

# Tuotteiden valmistuksen standardiaikojen määrittäminen

CASE: Yritys x

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Liiketalouden laitos  
Yrittäjyyden ja liiketoimintaosaamisen koulutus-  
ohjelma  
Kehittämishanke, opinnäytetyö  
Ilkka Kuningas

Lahden ammattikorkeakoulu  
Yrittäjyyden ja liiketoimintaosaamisen koulutusohjelma

KUNINGAS, ILKKA HERMAN: Tuotteiden valmistuksen standardiaikojen määrittäminen. Case: Yritys x

Opinnäytetyö, 60 sivua

Kevät 2011

## TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyössä määritetään tuotteiden valmistuksen standardiaikoja. Työn tavoitteena on rakentaa standardiaikojen avulla reaaliaikainen menetelmä todellisten toteutuneiden valmistusaikojen määrittämiseen. Tavoitteen saavuttamiseksi on tuotteille luotava niiden muuttujiin perustuvat valmistuksen standardiajat.

Tietoperustana on kustannuslaskenta, painottuen erityisesti standardikustannuslaskentaan. Standardiajan määritelmää käsitellään yhtenä kokonaisuutenaan. Empiirisen tiedon hankinnan menetelmänä paneudutaan työntutkimuksen teoriaan. Näiden lisäksi tietoperustassa käsitellään laatu- ja toiminnanohjausjärjestelmää.

Työn empiirinen osuus koostuu työntutkimuksesta. Näiden tutkimusten perusteella johdetaan valmistuksen standardiajan laskentakaavat. Standardiaikojen ja toteutuneiden aikojen keskinäistä vertailua analysoidaan tuotannon kahden vuoden seurannan perusteella. Lisäksi työssä paneudutaan mahdollisuuksiin standardiaikojen soveltamiseen toiminnanohjausjärjestelmässä.

Opinnäytetyön tuloksina saavutetaan tuotteiden valmistuksen standardiaikojen laskentakaavat, sekä menetelmä todellisten valmistusaikojen määrittämiseen toiminnanohjausjärjestelmässä. Tuloksia sovelletaan tarjouslaskennassa, jälkilaskennassa, tuotannonohjauksessa ja myöhemmin palkkauksessa.

Avainsanat: Standardikustannuslaskenta, standardiaika, työntutkimus

Lahti University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Entrepreneurship and Business Management

KUNINGAS, ILKKA HERMAN: Determination of Standard Manufacturing Time for Products. Case: Yritys x

Master's Thesis, 60 pages

Spring 2011

## ABSTRACT

---

The aim of this study was to determine the standard manufacturing time for products. The goal was to build a method for real-time manufacturing time determination of the actual manufacturing. In order to reach this goal, the manufacturing times based on product parameters had to be determined for the products.

The theoretical section of this study is based on cost accounting, the focus being on standard cost accounting. The concept of standard time is as a single entity. Other theoretical sections deal with work research as a method for data collection, quality issues and enterprise resource planning system.

The empirical part consists of a work research study. A formula for calculating the standard time was created based on these studies. Production was monitored with the formula for almost two years in order to compare and analyze the standard and real manufacturing times. This study also examines the possibilities of applying the standard time concept to the enterprise resource planning system.

A formula for calculating a standard time for manufacturing was created as the result of this study. Another result was a methodology for determining a real-time manufacturing time in the enterprise resource planning system. The results can be applied to offer calculation, second calculation, production management and later to payroll.

Keyword: Standard cost accounting, standard time, work research

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tavoitteet, tutkimusongelmat ja rajaukset	2
1.2	Tutkimuskonteksti ja -menetelmät	3
1.3	Tutkimuksen tietoperusta	6
2	TUOTTEIDEN STANDARDIKUSTANNUSTEN JA VALMISTUKSEN STANDARDIAJAN MÄÄRITTÄMINEN	9
2.1	Kustannuslajiryhmät ja kustannusten jakaminen	9
2.2	Kustannuslaskennan vaiheet	11
2.2.1	Kustannuslajilaskenta	12
2.2.2	Kustannuspaikkalaskenta	12
2.2.3	Suoritekohtainen kustannuslaskenta	13
2.3	Standardikustannuslaskenta	14
2.4	Standardiaika	17
2.5	Työntutkimus	18
2.6	Laatu	21
2.6.1	Laatukustannukset	22
2.6.2	Työn laatu	23
2.6.3	Laatujärjestelmä	24
2.7	Toiminnanohjausjärjestelmä	24
3	TUOTANNOLLINEN TOIMINTA JA SEN SEURANTA YRITYS X:SSÄ	27
3.1	Yritys x:n valmistavat tuotteet	27
3.2	Tuotantoprosessi	28
3.3	Kattoristikoiden laatu ja siihen liittyvät standardit ja valvonta	32
3.3.1	Puuraaka-aineen laadunvalvonta	33
3.3.2	Naulalevyjen laadunvalvonta	34
3.3.3	Ristikkorakenteiden valmistuksen laadunvalvonta	34

3.4	Tietojärjestelmärakenne	35
3.5	Nykyinen valmistusajan määrittysperiaate	37
3.6	Käytössä olevan toimintatavan kehityskohteet	37
4	TYÖNTUTKIMUKSEN TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTIA	40
4.1	Tuotantoprosessin vaiheet	40
4.2	Työntutkimuksen mittaukset sekä tulosten analysointi	41
5	STANDARDIAIKAMENETELMÄN KEHITTÄMINEN	44
5.1	Työntutkimuksesta johdettu standardiajan laskentakaava	44
5.2	Standardiajan laskentakaavalla seuratun tuotannon analysointi	45
5.3	Standardiaikamenetelmän soveltaminen yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään	47
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET	52
7	YHTEENVETO	54
	LÄHTEET	56

## 1 JOHDANTO

Suomen rakentamisen kokonaistuotanto on kasvanut lähes yhtäjaksoisesti 1990-luvun laman jälkeen kääntyen laskuun vuoden 2007 lopulla ja laskien merkittävästi vuonna 2008. Myös puutalojen ja muiden rakennuspuusepäntuotteiden tuotanto on seurannut yleistä rakentamisen kehittymistä. Vuonna 2009 talojen uudisrakentaminen väheni vielä 25 %. Viennin näkökulmasta puutalojen ja rakennuspuusepäntuotteiden vienti nelinkertaistui 1990-luvulla. Kasvu oli voimakasta vielä vuoteen 2007 asti. Vuoden 2008 aikana alkanut lama näkyi myös vientimäärissä. (Rakennusteollisuus RT ry 2010, 2 & Puutalojen... 2010, 28, 33.)

Laman vaikutuksesta liikevaihto ja kannattavuus ovat laskeneet merkittävästi. Puutuoteteollisuuden liikevaihto laski vuonna 2009 35 % edellisvuoteen verrattuna. Kannattavuuden näkökulmasta talonrakentajien kannattavuus pysyi tyydyttävänä taantumasta huolimatta. Puutuoteteollisuuden kannattavuus sen sijaan heikkeni merkittävästi. Vuoden 2010 aikana kannattavuus parani ja puutuoteteollisuusyritysten konkurssien määrä väheni. Puun hinnan vaihtelut vaikeuttavat kuitenkin alan toimintaa, koska raaka-aineen osuus on yleisesti noin 50 % kustannusrakenteesta. (Rakennusteollisuus RT ry 2010, 6 & Puutalojen... 2010, 46, 57.)

Tulevaisuudessa teollinen valmistaminen tulee keskittymään suurempiin yksiköihin. Tämä kuitenkin edellyttää suurempia volyymeja puurakentamisessa ja vakioituja tuotteita sekä toimintatapoja. Ympäristö- ja energianäkökohdat huomioiden puulla materiaalina tulee olemaan kilpailuetua. (Puutalojen... 2010, 46, 57.)

Toimiala-analyysin mukaan valmistuvista pientaloista 68 % on talopaketteja. Alkuvuoden 2010 aikana talopakettimyynti on ollut edellisvuotta edellä, esimerkiksi syyskuussa 2010 talopakettimyynti oli euroissa 47 % ja kappaleissa 43 % edellisvuotta parempi. (Puutalojen... 2010, 24-25.)

Naulalevyrakenteet ovat pääosin kattoristikosta. Tehdasvalmisteisia kattoristikoi- ta käytetään erityisesti omakoti- ja rivitaloissa, maatilarakennuksissa sekä soveltuvilta osin liike- ja julkisessa rakentamisessa. Naulalevyrakenteiden kysyntä on seurannut näiden rakennuskohteiden määrän kehitystä. Pääasiassa kohteet ovat

uudisrakennuksia, sen sijaan korjausrakentamisessa naulalevyrakenteiden käyttö on vähäisempää. Naulalevyrakenteiden kysyntä on voimakkaasti kausiluonteinen, vaikka viime vuosina valmistalojen osuuden lisääntyminen on tasoittanut kausivaihteluja. Kysyntä on kasvanut laman aiheuttaman notkahduksen jälkeen noin 400 000 ristikkoon vuodelle 2010, ollen parhaimmillaan jopa 650 000 ristikkoa vuodessa. (Puutalojen... 2010, 27, 36.)

Naulalevyrakenteiden myynti on pääosin kotimarkkinavetoista. Suurimmat asiakasryhmät ovat rakennusliikkeet, talotehtaat sekä yksityiset kuluttajat. Vientimarkkinat ovat välillisiä kotimaisten talotehtaiden vientitoimituksia. Venäjä ja Eurooppa ovat suomalaisen rakennuspuusepänteollisuuden tärkein vientimarkkina-alue. (Puutalojen... 2010, 27.)

### 1.1 Tutkimuksen tavoitteet, tutkimusongelmat ja rajaukset

Tutkimuksen päätavoitteena on luoda menetelmä todellisten tuotannon valmistusaikojen määrittämiseen. Menetelmän tarkoituksena on tuottaa reaaliaikaista tietoa jokaisen tilauksen valmistumisesta. Menetelmän antamia tuloksia sovelletaan myynnin tarjouslaskennassa ja jälkilaskennassa sekä tuotannon kuormitettavuuden ennakkoinnissa. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on tuotteille luotava valmistuksen standardiaikamalli.

Tutkimuksen ongelmana on rakentaa menetelmä tuotannon tilauskohtaisten todellisten valmistusaikojen määrittämiseen. Tutkimusongelma ratkaistaan hakemalla vastaukset seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten luodaan tuotteille niiden muuttujiin perustuvat valmistuksen standardiajat?
2. Miten määritetään todelliset tuotannon valmistusajat?

Tutkimus rajataan tuotteiden todellisten valmistusaikojen määrittämiseen ja standardiaikamallin kehittämiseen. Tutkimuksen tietoperustassa paneudutaan myös kustannuslaskentaan, jossa keskitytään erityisesti standardikustannuslaskentaan.

Lisäksi keskitytään standardiajan ja työntutkimuksen tietoperustaan, laatu- ja turvallisuusnäkökulmiin sekä toiminnanohjausjärjestelmään.

## 1.2 Tutkimuskonteksti ja -menetelmät

Tutkimus keskittyy puisten naulalevyillä toisiinsa liitettävien tuotteiden valmistusaikoihin sisältäen puuosien sahauksen sekä kokoonpanotyön vaatiman asetteen teon ja varsinaisen kokoonpanon. Jokainen valmistettava tuote on yksilöllinen ja sen ominaisuudet perustuvat CAD-pohjaisella suunnitteluohjelmistolla määritellyyn suunnitelmaan. Kokoonpanoa edeltänyt puuosien sahaus ja varsinainen kokoonpano tehdään naulalevyrakenteilta vaadittavien toleranssien mukaisesti.

Tutkimus käsittää Yritys x:n tuotantohallissa seurattua normaalia tuotantoa. Normaalilla tarkoitetaan tuotantoa, joka muodostaa yli 90 prosenttia yrityksen vuosittaisesta tilauskannasta. Marginaalinen osuus tilauskannasta ei edusta normaalia tuotantoa ja sen osalta johdettavat tulokset vääristäisivät normaalituotannon tuloksia. Lisäksi marginaalinen osuus tilauskannasta sisältää lukuisia erilaisia tilauksia, jotka poikkeavat selvästi normaalista ja eivät ole pitkällä aikavälillä toistuvia.

Vuodenajoista kevät tai syksy on tuotannon edustavuuden kannalta parhaimmat, koska tällöin tilauskanta sisältää sekä sesonkiajalle, että sesonkiajan ulkopuolelle tyypillisiä tilauksia. Yrityksen taloudellisen tuloksen kannalta sesonkiaika on tärkein, mutta myös sesongin ulkopuolisen ajan kustannustason ymmärtäminen on tärkeää. Tämä tuo tärkeyden tutkimusten tulosten validiteetille kaudesta riippumatta. Syys- tai kevätkauden etuina on myös sen ajallinen sijainti varsinaisten vuosilomakausien ulkopuolella, jolloin vakituiset työntekijät ovat töissä ja sijais työvoimaa ei ole käytössä.

Tuotannon tilauskohtaisia läpimenoaikoja mitataan tuotannossa tehtävällä työaikatutkimuksella. Työaikatutkimus toteutetaan normaaliaikatutkimuksena, koska tavoitteena on selvittää tuotannon normaali valmistusnopeus. Tämä tarkoittaa normaalioloissa vakiomenetelmillä tehtyä työtä. (Uusi-Rauva & Haverila 2009, 492-493)



Tutkimuksessa tuotantoprosessi jaetaan työvaiheisiin, joille määritetään käytetty työaika. Tutkimuksessa mitataan tuotantoa useita työvuoroja, jolloin saadaan mitattua useilla tuotetyypeillä monia toistokertoja. Toteutustavassa ulkopuolinen tarkkailija mittaa sekuntikellolla eri työvaiheiden kestoja. Mittauksissa on kuitenkin huomioitava ja tutkittava tuotetyyppien keskinäisen järjestyksen vaikutus valmistusaikaan. Tällä tarkoitetaan tuotannon ohjauksen onnistumista siirryttäessä tuotetypistä toiseen, eli mahdollisimman pienillä asetteenteon muutoksilla. Tämän vaikutus on huomioitava määritettäessä työaikatutkimuksen tulosten pohjalta määritettyjä eri tuotetyyppien muuttujiin perustuvia standardiaikoja.

Työaikamittauksissa selvitetään mahdollisimman laajasti eri tuotetyyppien, kattoristikkomallien, valmistamiseen kuluva aika. Eri tuotetyyppien eroavaisuuksien ja yhtäläisyyksien lisäksi tutkitaan tiettyjen perusasioiden vaikutusta ajankäyttöön. Etsitään vastausta ennakkokäsitykseen, että voidaanko yleistää jonkin tietyn tuoterakenteen ominaisuuden vaikutus ajankäyttöön. Kattoristikot sisältävät niin sanottuja solmupisteitä, jotka ovat ristikkorakenteen eri puuosien keskinäisiä risteyspisteitä, joissa puuosat kiinnitetään naulalevyillä toisiinsa. Yleisenä käsityksenä on, että näiden solmupisteiden lukumäärällä on suora korrelaatio ristikkorakenteen valmistusaikaan. Myös ristikkorakenteen vaatimalla puuosien määrällä uskotaan olevan samansuuntainen vaikutus valmistusaikaan. Solmupisteet ja puuosien lukumäärä eivät kuitenkaan korreloi kaikissa tuotetyypissä samalla tavalla.

Normaaliaikatutkimuksen mittaukset on tehty syksyllä vuonna 2006. Tutkimuksessa analysoidaan niiden tuloksia ja tulosten perusteella tehdyn seurannan antamia tuloksia. Tutkimuksessa on myös mahdollista toteuttaa tai ainakin suositella uutta normaaliaikatutkimusta. Teknologia ja työtavat kehittyvät jatkuvasti, joten määrääjain tehtävät tutkimukset voivat olla perusteltuja. Edellyttäen kuitenkin, että tutkimuksessa saavutettu standardiaikojen laskentamenetelmä on menetelmänä validi.

Tutkimuksella saavutettuja tuloksia sovelletaan yhtiön kustannuslaskentaan niin hinnoitteluun kuin jälkilaskentaan. Saavutettuja tuloksia sovelletaan myös tuotannonohjaukseen, jossa opitaan tiettyjen muuttujien vaikutuksia läpimenoaikoihin ja

täten kehitetään ohjausta saatujen tuloksien pohjalta. Kokonaisuutena ajatellen normaaliaikatutkimuksen tulokset ovat pohjana jatkotutkimuksille niiden tulosten hyödyntämisestä käytäntöön.

Tutkimuksen lähestymistavan filosofisena viitekehyksenä on logiikka, joka perustuu toteen näyttämisen ja todistamisen periaatteisiin (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 130). Työaikamittauksilla selvitetään työntekijän tuoteyksikköä kohden tekemä työmäärän. Työmäärä arvioidaan harjaantuneen työntekijän normaalioloissa tekemän työn perusteella. Normaaliaikatutkimuksen sovelluskohteena ovat tapaukset, joissa työvaiheet toistuvat samanlaisina. (Uusi-Rauva & Haverila 2009, 492) Normaaliaikatutkimuksella määritetään kattoristikoiden valmistusprosessin eri vaiheiden kestoa normaalilla työvauhdilla tehden. Tutkimuksen onnistumisen kannalta on oleellista jakaa valmistusprosessin vaiheet oikealla tavalla huomioiden eri tuotteiden eroavaisuudet valmistusprosessiin.

Tutkimusstrategiana on kvantitatiivinen kenttätutkimus. Tutkimus on selittävää tutkimusta, koska siinä etsitään selitystä ongelmalle kausaalisten syy-seuraussuhteiden muodossa. Tutkimuksessa on myös kartoittavan tapaustutkimuksen piirteitä. (Hirsjärvi, ym. 2009, 134, 138–140.) Teoreettisesti valmistusajan määrittäminen mukailee valmistuksen prosessikuvausta, jota hyödynnetään normaaliaikatutkimuksessa. Teoreettisesti määritellen jokaisella tuotteella ajatellaan olevan samanlainen valmistusprosessi, jonka eri vaiheet ovat yleistettävissä muille tuotteille.

Tutkimuksessa tutkijan rooli on määritellä vastaukset tutkimuskysymyksiin. Tutkimustulosten validiteetista ja realibiteetista vastaa tutkija, koska normaaliaikatutkimukseen liittyy työn joutuisuuden arvioinnin kautta tulkintaa.

### 1.3 Tutkimuksen tietoperusta

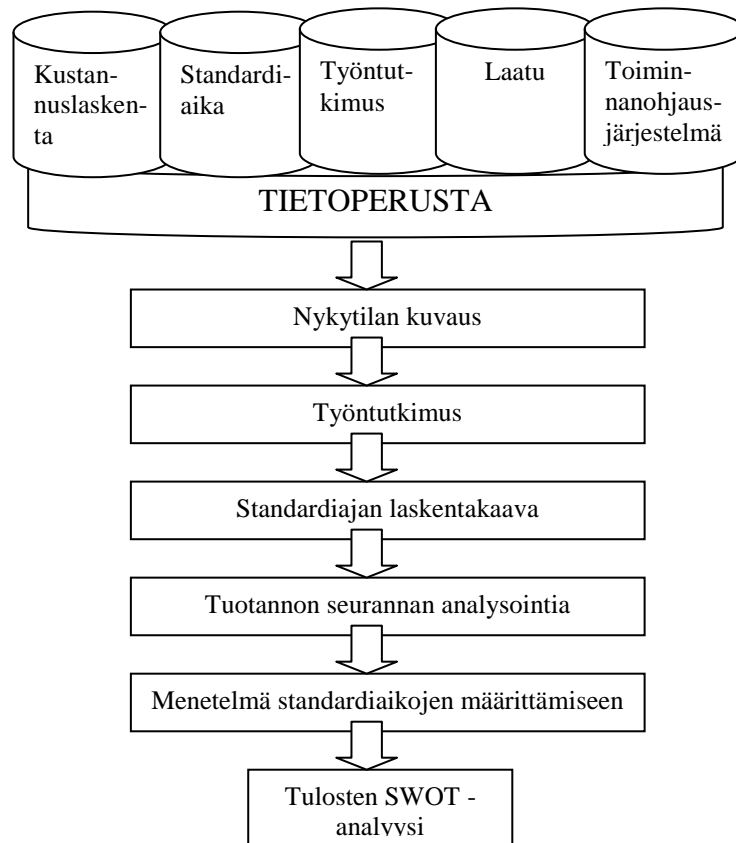
Tuotannon valmistusaikojen tutkimukseen sovelletaan kirjallisuudesta löytyvää ja teollisuudessa käytettyä normaaliaikatutkimusta. Normaaliaikatutkimus soveltuu tapauksiin, joissa työvaiheet on mahdollista määritellä selkeästi. Tutkimuksessa työvaiheet jaetaan pieniin osiin, joiden vaiheajat mitataan erikseen. (Uusi-Rauva & Haverila 2009, 492-493.) Yrityksessä erityisesti tuotteiden kokoonpano on apuvälineistä huolimatta käsityövaltaista ja erityistä tarkkuutta vaativaa. Tutkimuksen fokuksena on selvittää eri tuotetyyppien valmistuksen lainalaisuudet, joista ei ole aikaisempaa tietoa.

Työaikatutkimuksen avulla tutkitaan mahdollisuutta luoda matemaattiset mallit eri tuotetyyppien valmistusajoille riippuen tuotteen muuttujista. Työaikatutkimuksella tutkitaan myös eri tuotantolinjojen ja menetelmien keskinäisiä tehokkuussuhteita, joiden tietoja on mahdollista hyödyntää tuotannonohjauksessa. Liiketoiminnan käyttöön hyväksyttäviltä malleilta vaaditaan paljon. Hyvän mallin neljä tärkeätä ominaisuutta ovat validiteetti, reliabiliteetti, käytännöllisyys ja relevanssi. (Lönqvist & Mettänen 2003, 34; Uusi-Rauva 1997, 46-47.)

Tuotteen kustannusrakenteeseen kuuluvat työn lisäksi myös raaka-ainekustannukset sekä kiinteät kustannukset. Kiinteät kustannukset määräytyvät yrityksen enimmäistuotantokyvyn mukaan tiettynä ajanjaksona. (Kinnunen, Lepiniemi, Puttonen, Virtanen 2002, 165-166.)

Aikaisemmissa tehdyissä tutkimuksissa, erityisesti opinnäytetöissä on käsitelty aihepiiriä monen eri teollisuuden alan näkökulmasta. Pitkälä (2006) tutki opinnäytetyössään osavalmistuksen läpäisyajoja sekä työjaksojen aikoja. Lisäksi tutkimus käsitti valmistuksen jalostavan työn osuuden määrittämistä kokonaisajasta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää tuoteyksikköä kohden käytetty valmistusaika kokonaisuudessaan. Tutkimusmenetelminä käytettiin ajankäyttötutkimuksia ja työnmittauksen menetelmiä. Tani (2008) perehtyi opinnäytetyössään telakan tasolohkolinjan läpäisyajan parantamiseen. Työ käsitti tarkan työntutkimuksen, jossa selvitetään eri työvaiheiden läpimenoajat. Näitä läpimenoajoja kehitettiin opinnäytetyössä Lean management periaatteita soveltamalla.

Salejärvi (2009) tutki opinnäytetyössään valmistavan teollisuuden tuotantokoneen tuntikustannuksia. Kustannuslaskennassa hyödynnettiin keskimääräis- ja normaalikalkyylejä. Aikalaskennassa määritettiin myös koneiden standardiaikoja. Hynynen (2007) perusti opinnäytetyössään huonekaluteollisuudelle toimintajärjestelmään integroidun standardiaikalaskentamenetelmän. Kyseisellä menetelmällä on mahdollista määrittää valmistettavan tuotteen standardiaika perustuen tuotteen tiettyihin muuttujiin. Aallosvirta ja Teräväinen (2010) määrittelivät opinnäytetyössään palvelualan hinnoittelumallia työajan empiirisen tutkimuksen perusteella. Kustannuslaskennassa oli käytetty toimintolaskennan periaatteita. Jokaiselle toiminnolle oli määritelty kustannukset empiirisen tutkimuksen perusteella. Seuraavassa kuviossa 1 on esitetty tämän opinnäytetyön rakenne.



KUVIO 1. Työn rakenne

Tietoperusta koostuu viidestä eri asiakokonaisuudesta, jotka kaikki ovat työn kokonaisuuden kannalta linkittyneinä toisiinsa. Tietoperustan ensimmäinen osuus käsittelee kustannuslaskentaa paneutuen erityisesti standardikustannuslaskentaan,

toisessa osuudessa käsitellään standardiaikaa ja kolmannessa työntutkimusta. Neljännessä osuudessa käsitellään laatu näkökulmia ja viidennessä osuudessa toiminnanohjausjärjestelmää eli yrityksen sähköisen toiminnanohjausjärjestelmän antamia mahdollisuuksia.

Työn empiirinen osuus koostuu yrityksen tuotannon ja nykyisen toimintamallin kuvauksella. Työntutkimuksen osuudessa paneudutaan yrityksen tuotantoprosessin vaiheisiin työntutkimuksen ja työn vaihe aikojen, rakenne aikojen määrittämisen näkökulmasta. Työntutkimuksen tulosten analysoinnin jälkeen työssä johdetaan laskentakaava standardiaikojen määrittämiseksi. Seuraavassa vaiheessa analysoidaan standardiajan laskentakaavalla seurattua tuotantoa. Lopussa määritetään menetelmä standardiaikojen määrittämiseen eli konkreettinen toimintatapa toiminnanohjausjärjestelmän antamilla mahdollisuuksilla.

## 2 TUOTTEIDEN STANDARDIKUSTANNUSTEN JA VALMISTUKSEN STANDARDIAJAN MÄÄRITTÄMINEN

### 2.1 Kustannuslajiryhmät ja kustannusten jakaminen

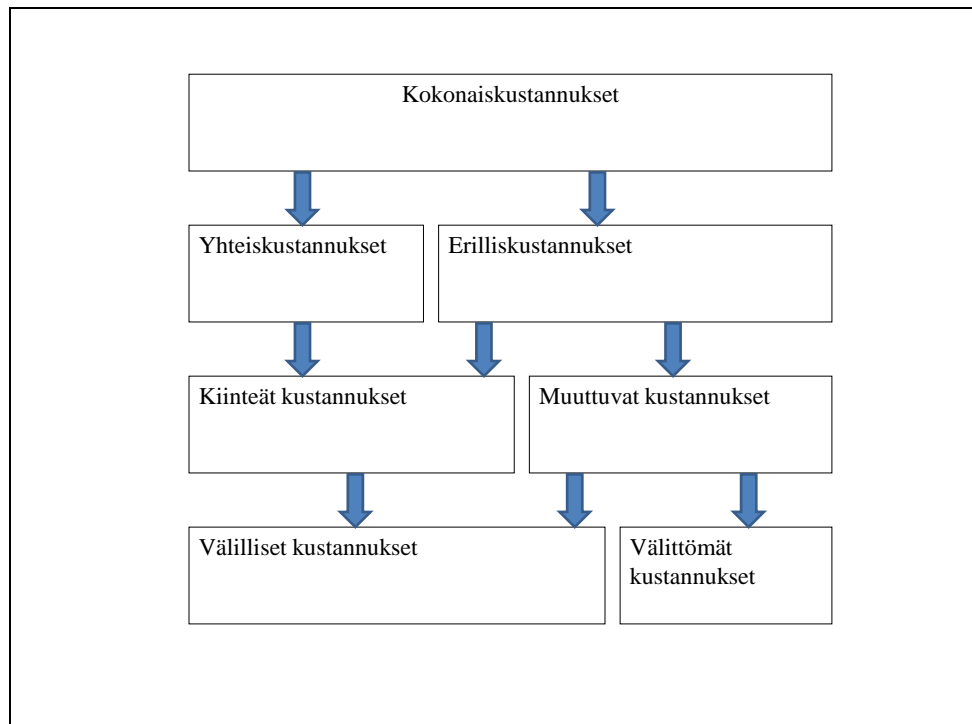
Laskentatoimessa kustannusten ja tuottojen kohdistamiseen sovelletaan yleistä ohjetta, aiheuttamisperiaatetta. Laskennan kohteelle tulisi osoittaa vain ne tuotot ja kustannukset, jotka suoranaisesti aiheutuvat kyseiselle kohteelle. Käytännössä tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, joten tästä aiheutuu useat laskentatoimen ongelmat. Yrityksen kustannusrakenne on suuresti riippuvainen yrityksen harjoittamasta liiketoiminnasta. Valmistusyrityksen tapauksessa voidaan erottaa neljä kustannuslajiryhmää:

- ainekustannukset
- työkustannukset
- muut lyhytvaikutteiset kustannukset
- pääomakustannukset

(Kinnunen ym. 2002, 163; Kinnunen, Leppiniemi, Martikainen & Virtanen 2000, 250.)

Ainekustannuksia ovat valmistusprosessissa jalostettavien raaka-aineiden sekä niihin kuuluvista osista ja tarvikkeista koostuvia kustannuksia. Työkustannukset koostuvat palkkakustannuksista ja niihin liittyvistä lakisääteisistä maksuista. Muihin lyhytvaikutteisiin kustannuksiin kuuluvat esimerkiksi kiinteistöjen kunnossapito- ja ylläpitokustannukset sekä ulkopuolelta hankitut palvelut. Pääomakustannukset muodostuvat pitkävaikutteisten tuotannon tekijöiden, kuten rakennusten, koneiden ja laitteiden poistoista ja niiden sitoman pääoman koroista. (Kinnunen ym. 2002, 164.)

Kokonaiskustannukset voidaan jaotella kahteen osaan kuvion 2 mukaisesti kolmella eri tavalla. Jakotapojen keskinäiset suhteet on esitetty kuviossa 2.

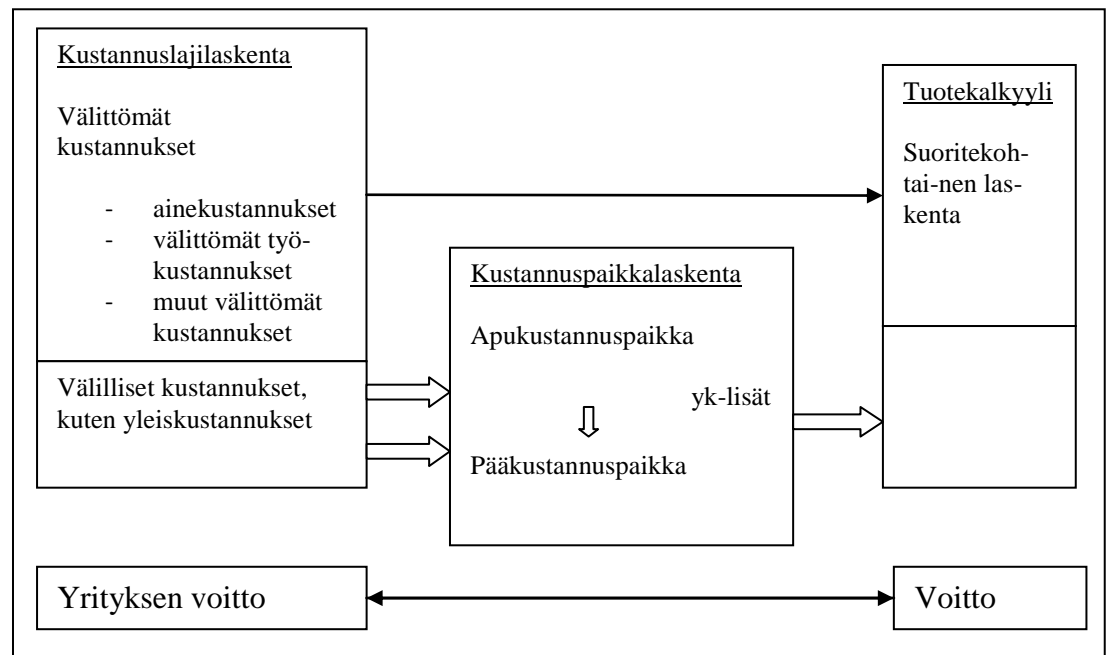


KUVIO 2. Kustannusten erilaisia luokittelutapoja. (mukaillen Kinnunen ym. 2002, 164-167; Kinnunen ym. 2000, 252-254.)

Yhteiskustannuksiksi jaotellaan ne kustannukset, joita ei voida aiheuttamisperusteella kohdistaa yksittäiselle laskentakohteelle. Niiden vaikutus on usealle laskentakohteelle yhteinen. Tietyn laskentakohteen erilliskustannuksia ovat ne kustannukset, jotka kyseinen laskentakohde on aiheuttanut. Kustannusten jakaminen muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin ei ole yksikäsitteinen ja se riippuu toiminnan volyymin muutoksesta ja tarkastelujakson pituudesta. Muuttuvien kustannusten määrä riippuu tuotanto- ja myyntivolyymista. Kiinteiden kustannusten määrä on riippumaton toiminnan volyyymista. Välillisten ja välittömien kustannusten erona on niiden kohdistaminen laskentakohteelle. Välittömät kustannukset voidaan luontevasti kohdistaa laskentakohteelle. Välilliset kustannukset tunnetaan myös yleiskustannuksina. (Kinnunen ym. 2002, 164-167; Kinnunen ym. 2000, 252-254.)

## 2.2 Kustannuslaskennan vaiheet

Kustannuslaskenta on laskentatoimen osa, jonka tehtävänä on suoritekohtaisten kustannusten määrittäminen (Jyrkkiö & Riistama 2002, 60-62). Seuraavassa kuviossa 3 on esitetty kustannuslajilaskennan, kustannuspaikkalaskennan ja tuotekalkyylien keskinäistä perusasetelmaa mukaillen Neilimo & Uusi-Rauva (2005, 114).



KUVIO 3. Kustannuslajilaskennan, kustannuspaikkalaskennan ja tuotekalkyylien keskinäinen suhde.

Kuviossa 3 on kuvattu kustannuslajilaskennan, kustannuspaikkalaskennan ja tuotekalkyylien välistä suhdetta, sekä myös yrityksen voiton ja tuotekohtaisen voiton välistä suhdetta. Kustannusten laskentaan on kuvion 3 mukaisesti monta eri reittiä, mutta selvästi myös yhteisiä keskinäisiä tekijöitä (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 114).

Kustannuslaskennan tehtäviin kuuluu yrityksen tuotantoprosessin kuvaaminen ja analysointi, koska suoritteiden kustannusten laskennassa on tarpeen tuntea suoritteiden ja niiden aikaansaamisesta aiheutuneiden kustannusten riippuvuussuhteet. Kustannuslaskennassa on kolme vaihetta:



1. Kustannuslajilaskenta, jossa selvitetään kokonaiskustannukset lajeittain laskentakaudella.
2. Kustannuspaikkalaskenta, jossa välilliset kustannukset kohdistetaan toiminnoille ja kustannuspaikoille.
3. Suoritekohtaisessa kustannuksessa välittömät kustannukset kohdistetaan suoritteille. Suoritteille kohdistuvat osuudet selvitetään erilaisin kohdistamisperiaattein. (Jyrkkiö & Riistama 2002, 60-62.)

### 2.2.1 Kustannuslajilaskenta

Välittömien kustannusten kohdistamisessa tuotteille ei yleensä ole ongelmia, mutta välillisten kustannusten kohdistaminen on paljon monimutkaisempaa (Pellinen 2006, 87). Kustannuslajilaskennassa selvitetään ensimmäiseksi yrityksen tuotanto-toiminnan kustannukset lajeittain tarkasteltavalla laskentakaudella. Kustannuslajien määrä vaihtelee yrityksen koosta ja toimialasta riippuen muutamasta kymmenestä satoihin lajeihin. (Jyrkkiö & Riistama 2002, 89.)

### 2.2.2 Kustannuspaikkalaskenta

Kustannuspaikkalaskenta mahdollistaa vastualueen kustannustarkkailun ja luodellytykset suoritekohtaisen laskennan yleiskustannuslisien määrittelyyn. Kustannuspaikan toiminta on oltava yksikäsitteisesti mitattavissa, mikä tarkoittaa normaalia vastuujakoaluetta yksityiskohtaisempaa kustannuspaikkajakoa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 121.) Kustannuspaikkalaskentaa käytetään yleisesti väli-vaiheena suoritekohtaisten kustannusten selvittämisessä sekä yrityksen toiminnan tehokkuuden tarkkailussa. Välillisiä kustannuksia kohdistetaan kustannuspaikoille aiheuttamisperiaatteella. Kustannuspaikoille kohdistetaan ne kustannukset, jotka ovat aiheutuneet sen toiminnasta. (Jyrkkiö & Riistama 2002, 117 & 121.)

Kustannuspaikaksi määritellään yrityksen pienintä sellaista toiminnan yksikköä tai vastuualuetta, jonka kustannuksia seurataan. Tällöin määritetään tarkastelukohteen tiettyä ajanjaksona syntyneet kustannukset. Kustannuspaikkojen ryhmittä-

minen voidaan tehdä sen perusteella, miten toiminta liittyy lopullisten suoritteiden aikaansaamiseen, kuten pää- ja apukustannuspaikka. Tai ryhmittelynä voidaan käyttää tuotantoprosessin toimintoja. Pääkustannuspaikkojen toiminta kohdistuu välittömästi lopullisten suoritteiden aikaansaamiseen. Apukustannuspaikkojen toiminnan tarkoituksena on avustaa pääkustannuspaikkoja. Tuotantoprosessin toimintojen mukainen ryhmittely tarkoittaa yrityksen toiminnan kokonaisuuden muodostavien prosessien mukaista jakamista, kuten esimerkiksi ainekustannuspaikat, valmistuksen kustannuspaikat, myynnin ja hallinnon kustannuspaikat. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 121; Jyrkkiö & Riistama 2002, 118-119.)

### 2.2.3 Suoritekohtainen kustannuslaskenta

Suoritekohtaista kustannuslaskentaa voidaan selvittää suoritekalkyylien avulla, jotka ovat esitetty seuraavassa:

- minimikalkyyli
- keskimääräiskalkyyli
- normaalikalkyyli

Minimikalkyylin tarkoituksena on kohdistaa suoritteelle vain muuttuvat kustannukset. Muuttuvat kustannukset aiheutuvat suoraan suoritteiden aikaansaamisesta. Kiinteät kustannukset aiheutuvat kapasiteetista, eikä niitä täten jaeta suoritteille. Keskimääräiskalkyyliissä suoritteille kohdistetaan kaikki seurantajakson kustannukset, myös keskimääräiset kiinteät kustannukset. Keskimääräiskalkyylin heikkous esiintyy kausiluontoisessa toiminnassa, jossa alhaisen toimintasuhteen aikana suoritteet saavat kannettavaksi myös valmistamatta jääneiden suoritteiden kiinteitä kustannuksia. Normaalikalkyyli huomioi tämän epäkohdan kohdistamalla suoritteille vain sen osan kiinteitä kustannuksia, joka normaalilla toiminta-asteella määräytyy. Eli käytännössä normaalikalkyylin kustannukset muodostuvat kaikista muuttuvista kustannuksista ja normaalilla toiminta-asteella jaetuista kiinteistä kustannuksista. (Fogelholm & Karjalainen 2001, 67-68; Jyrkkiö & Riistama 2002, 131-134; Kinnunen ym. 2000, 256-258; Neilimo Uusi-Rauva 2005, 116-119; Pellinen 2006, 188-121; Riistama & Jyrkkiö 1996, 156-160.)

Tuotekalkyyleja sovelletaan myös tuotteiden valmistusarvojen ja omakustannusarvojen määrittämiseen. Valmistusarvolla tarkoitetaan tuotteen aines- ja valmistuskustannuksia. Omakustannusarvolla tarkoitetaan kaikkien toimintojen kustannuksia. Minimikalkyylistä saadaan minimivalmistusarvo, eli tällöin valmistusarvoon sisällytetään vain muuttuvia kustannuksia. Keskimääräiskalkyyllillä saadaan valmistusarvo, johon on sisällytetty aines- ja valmistuskustannukset. Normaalivalmistusarvo saadaan soveltamalla tuotteen normaalikalkyylin laskentamallia. Omakustannusarvoa määritetään myös kalkyylien avulla, jotka sisältävät tuotteille kuuluvat kustannukset yrityksen kaikista toiminnoista. Normaalikalkyylinä saadaan normaali omakustannusarvo ja keskimääräiskalkyylinä omakustannusarvo. (Jyrkkiö & Riistama 2002, 135-136; Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 120.)

### 2.3 Standardikustannuslaskenta

Standardin ajatellaan olevan toistuvaisuustavoite, johon toteutunutta tulosta verrataan. Standardeja voidaan luoda mille tahansa toistuvalla toiminnalla, mutta pääosin ne ovat käytössä varsinaisen tuotannon tehokkuuden valvonnassa. Standardien määrittelyyn ei ole olemassa yksikäsitteisiä ohjeita. Standardien avulla tulisi määritellä, mitä pitäisi tapahtua, eikä vaan todennäköisintä tapahtumaa. Kustannuslaskennan näkökulmasta standardikustannuslaskenta tuottaa rahamääräisen eroavaisuuden tavoitteiden ja toteuman välille. Standardeihin perustuvat kustannuslaskelmat määrittellään olevan tavoitelaskelmia. Tarjoushinnoittelu perustuu yleensä erilaisiin standardiarvoihin. Nämä eivät kuitenkaan saa olla epärealistisia tavoitearvoja. Standardit jaetaan kolmeen päätyyppiin: (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 171-173.)

- Perusstandardit:
  - Tarkoituksena on pitää standardin raja-arvot muuttumattomana usean laskentakauden. Ei huomio muuttuneita olosuhteita, joten vanhentuneita standardeja ei ole syytä käyttää.

- Teoreettiset standardit
  - Tavoitetasot asetetaan parhaan mahdollisen suoritustason mukaan. Poikkeamat tavoitteista aina epäsuotuisia
- Normaalistandardit
  - Tasot perustuvat kokemuksiin ja laskelmiin. Tavoitteeksi asetetut tasot vastaavat hyvää suoritustasoa normaaliolosuhteissa.

(Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 171-173; Riistama & Jyrkkiö 1996, 334.)

Standardikustannusjärjestelmä on maailmalla yleisesti käytössä kehittyneissä ja kehittyvissä maissa. Standardikustannusjärjestelmällä on monia sovelluskohteita, kuten esimerkiksi kustannusten kontrolloinnissa, budjetoinnissa, varaston arvon määrittämisessä sekä kustannustehokkuuden kehittämisessä. (Zoysa & Herath 2007, 271 & 281; Sulaiman, Ahmad & Alwi 2005, 120-121.)

Standardikustannusajattelu ei sovi tapaukseen, jossa tuotteiden elinikä on lyhyt. Tämä tarkoittaa kovaa kilpailua ja uusien substituuttien nopeaa tunkeutumista markkinoille. Standardikustannusten esteinä arvioidaan olevan niiden tasojen oikeanlainen määrittäminen. (Zoysa & Herath 2007, 275-277.)

Standardikustannuslaskennassa määritetään etukäteen kustannuslajeittain tuotteiden standardikustannukset. Todellisia tuotannosta syntyneitä kustannuksia verrataan standardikustannuksiin. Menetelmässä jokaiselle tuotteelle määritellään standardikustannuslaskelma, jossa on tuotteen standardikustannukset kustannuslajeittain ja osastoittain. Standardikustannusten ja toteutuneiden kustannusten välillä olevien erojen syitä analysoidaan. Erot voivat johtua työn huonosta tuottavuudesta, laatuvirheistä tai resurssien huonosta käytöstä. Ongelmia voi olla myös raaka-aineissa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 173-177; Fogelholm & Karjalainen 2001, 76 & 108.)

Zoysa & Herath (2007, 273) listaa standardien ja toteuman välisien vaihteluiden eroja seuraavasti neljään eri vaihtoehtoon, jotka aiheuttavat erot standardien ja toteutumien välille:

1. hinnoittelusysteemin virheet
2. sopimattomat standardit
3. hallitsemattomat satunnaismuuttujat
4. työvaiheiden toimintojen vaihtelut

Tuotekohtaisessa kustannuslaskennassa tuotteen standardikustannus määräytyy tuoterakenteen mukaisista materiaaleista sekä osista ja standardivalmistusajoista sekä toimintoja ja yleiskustannusten ennalta lasketuista yksikköhinnoista. Kustannuspaikkojen näkökulmasta todelliset kustannukset poikkeavat aina tuotteille suunnitelluista kustannuksista, koska osa kapasiteetista jää käyttämättä, mikä aiheuttaa tuotteille kohdistumattomia työkustannuksia. (Granlund & Malmi 2004, 89-90.)

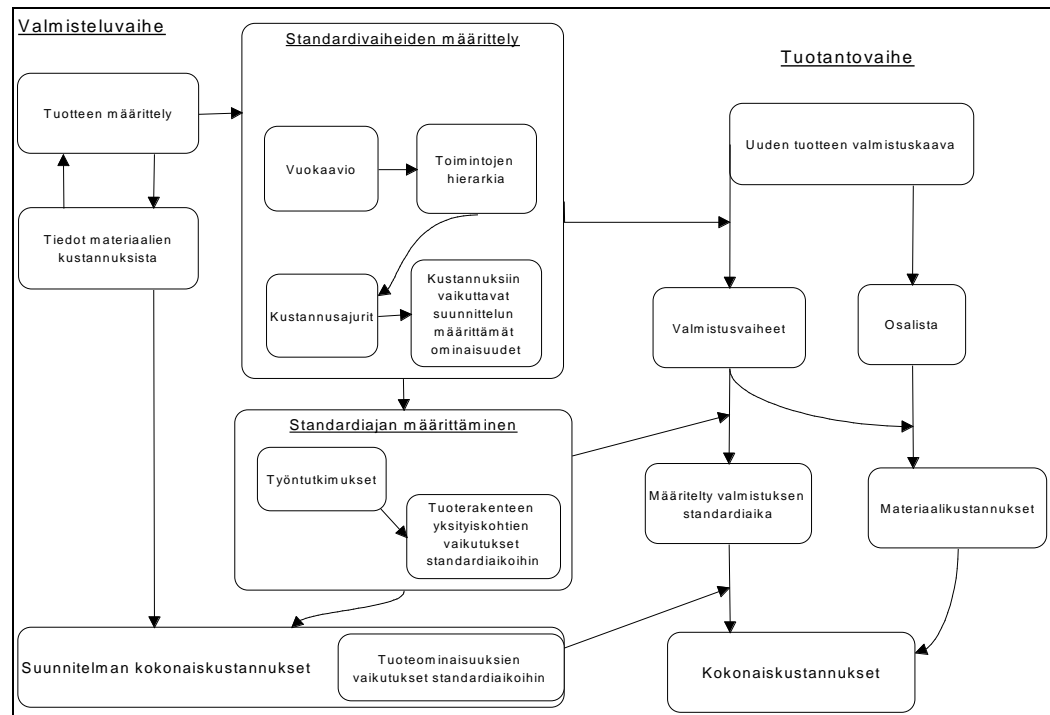
Aineskustannusstandardeja tarkasteltaessa on huomioitava hintastandardin perustana oleva laskentakauden hintataso. Hintastandardi pitäisi asettaa aineiden osto-  
hetkellä, eikä vasta aineesta käytettäessä, koska tällöin päivitetty standardi ovat  
heti käytettävissä. Standardien antaman hyödyn kannalta on tärkeää, että niitä  
seuraava johtoporras analysoi standardien saavuttamista ja poikkeamia jatkuvasti.  
(Riistama & Jyrkkiö 1996, 333-337.)

Työkustannusstandardit tarkoittavat työkustannusten määräststandardeja eli aika-  
standardeja. Työaikastandardien asettaminen perustuu työntutkimuksen tuloksiin,  
jossa on määritelty työvaiheiden kestot. Tietyn tuotteen valmistamisen aikastan-  
dardi saadaan laskemalla yhteen tuotteen valmistamiseen kuuluvien vaiheiden  
vaiheajat yhteen. (Riistama & Jyrkkiö 1996, 340.)

Välillisten kustannusten osalta standardeja ei ole mahdollista määrittää, kuten  
välittömien kustannusten osalta. Välillisten kustannusten standardit ovatkin pää-  
osin tavoitteeksi asetettuja yleiskustannuksia, joista tehdään standardiyleiskustan-  
nuslisiä suoritekalkyylejä laadittaessa. (Jyrkkiö & Riistama 2002, 224-225.)

Kuviossa 4 on esitetty tuotteen valmisteluvaiheen ja valmistuksen välistä yhteyttä  
kokonaiskustannusten muodostumisessa. Valmisteluvaiheessa keskeisinä element-  
teinä ovat tuotteen ominaisuudet, materiaalien kustannukset, valmistuksen stan-

standardivaiheiden määrittely sekä vaiheiden kestot, joita kutsutaan standardiajan määrittämiseksi. Nämä yhdessä muodostavat kokonaiskustannukset.



KUVIO 4. Tuotteen valmisteluvaiheen ja tuotantovaiheen yhteys kokonaiskustannusten muodostumisessa mukaillen (Jiao & Tseng 1999, 744).

Kuvion 4 mukaisesti valmisteluvaiheella on suora linkki tuotantovaiheeseen. Tämä käsittää uuden tuotteen valmistuskaavan, valmistamiseen tarvittavan komponenttilista, materiaalikustannukset sekä valmistusvaiheet standardiajoilla. (Jiao & Tseng 1999, 744-745.)

## 2.4 Standardiaika

Aikastandardien määrittämisen perusteena käytetään yleensä työntutkimusta. Jokaiselle työvaiheelle määritellään oma aikastandardi, jossa huomioidaan varsinaisen työsuorituksen lisäksi tarpeelliset valmistelu- ja aseteajat. Tuotteen standardiaika määritetään laskemalla yhteen kaikki kyseisen tuotteen valmistuksen työvaiheiden aikastandardit. (Jyrkkiö & Riistama 2002, 224-225.) Täten standardiaika

on kokonaisuudessaan joukko aikoja, jotka määrittelevät tekemiseen tarvittavien vaiheiden ajat (Mo, Sigit & Myers 2007, 103).

Työaikoihin liittyvien standardien on oltava työntekijöiden saavutettavissa, jotta työntekijät eivät pidä niitä tavoitteina (Zoysa & Herath 2007, 275). Aikastandardit asetetaan yleensä siten, että niiden saavuttaminen on mahdollista, mutta ei helppoa. Täten poikkeamat standardien ja toteumien välillä ovat yleensä epäsuotuisat. (Jyrkkiö & Riistama 2002, 224-225.) Standardit on lisäksi perustettava muutamaan ulkoisten muutosten vaikutusten perusteella (Zoysa & Herath 2007, 275). Standardiaika on tärkeä elementti tuotannon tuottavuuden kehittämisessä (Ko, Myung & Jae 2007, 324).

Perusteet standardiajan määrittämiselle voi perustua tuotteen tiettyyn ominaisuuteen tai sen valmistuksen vaikeustasoon. Ruokailuvälineitä valmistavassa yrityksessä standardiajan määrittämisessä käytettiin tuotantoajan ja valmistuksen vaikeusasteen vaihteluiden tilastollisia analyysejä. Analyyseillä huomioitiin kulloinkin kyseessä olevien ominaisuuksien vaihteluiden voimakkuutta. (Ko ym. 2007, 322-323.)

## 2.5 Työntutkimus

Työntutkimuksen määritelmä on ihmisten, materiaalien ja tuotantovälineiden yhteistoiminnan järjestelmällistä tutkimista tarkoituksena löytää paras menettelytapa. Tutkimuksessa keskitytään myös hyvien työolosuhteiden kehittämiseen ja työn tekemiseen tarvittavan ajan määrittämiseen. (Uusi-Rauva, Haverila & Kouri 2009, 490-493; Mo ym. 2007, 103.) On määritelty, että työntutkimuksessa pelkän ilmiön kuvaaminen ei riitä, vaan oleellista on saada esille ilmiötä aiheuttavia mekanismeja ja kehitysmahdollisuuksia (Engeström 1995, 110). Työympäristössä tapahtuvien muutosten ja kehityksien jälkeen työntutkimukset olisi uusittava (Mo ym. 2007, 103).

Työntutkimuksen tavoitteet on esitetty seuraavassa:

- Ajankäytön tehostaminen, jolla tarkoitetaan käytettävissä olevan ajan mahdollisimman tehokas hyödyntäminen vähentäen apu-, tauko- ja häiriö-aikoja.
- Työnkulun tehostaminen suunnittelemalla tuotantoprosessiin kuuluvat työvaiheet tehokkaammalla tavalla.
- Työvaiheiden tehostaminen kehittämällä työvaiheeseen kuuluvia toimintoja.
- Työliikkeen yksityiskohtainen parantaminen tehokkuuden, ergonomian ja työturvallisuuden kehittämiseksi. (Uusi-Rauva ym. 2009, 490-493.)

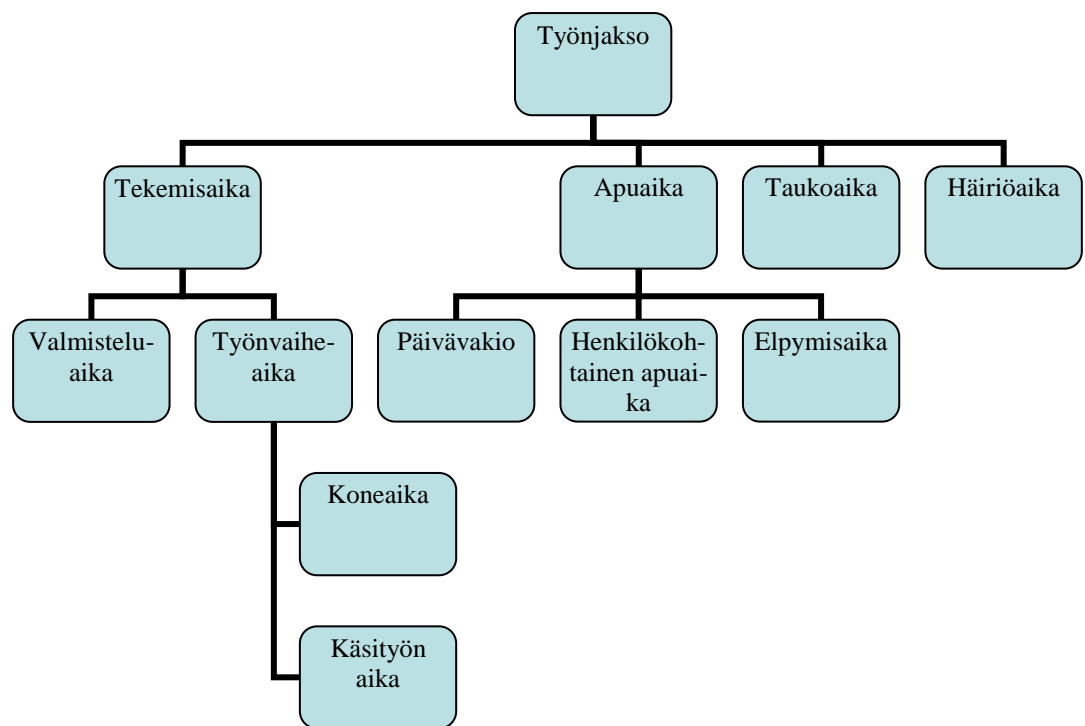
Varsinaisella työnmittauksella tarkoitetaan työntekijöiden tuotetta, tuoteyksikköä kohden tekemän työmäärän tutkimista. Työmäärän arvioinnissa sovelletaan harjaantuneen työntekijän normaalioloissa vakiomenetelmillä tekemää työtä. Työnmittauksissa voidaan soveltaa seuraavia menetelmiä:

- kelloaikatutkimus
- havainnointitutkimus
- haastattelu
- vertailu
- aikalaskelmat
- laskelmat

Kelloaikatutkimuksen kaksi muotoa ovat normaaliaikatutkimus ja jatkuvan ajankäytön tutkimus. Normaaliaikatutkimuksen sovelluskohteita ovat työt, joissa työvaiheet toistuvat samanlaisia. Työprosessin vaiheet jaetaan pieniin osiin, joiden ajat mitataan erikseen. Jatkuvan ajankäytön sovelluksissa työvaiheet eivät toistu ja järjestys ei ole vakiintunut. Ajallisesti jatkuvan ajankäytön tutkimuksen kesto-aika on suurempi, koska mittaukset tehdään suurempina kokonaisuuksina. (Uusi-Rauva ym. 2009, 490-493.)



Havainnointitutkimuksessa työaika jaotellaan eri aikalajeihin. Haastattelun tarkoituksena on saada karkeita arvioita eri työtehtäviin kuluneesta ajasta. Vertailu on menetelmä, jossa vertaillaan samantyyppisiä töitä keskenään. Vertailussa voidaan käyttää apuna standardiaikajärjestelmiä. Tarkoituksena on määrittää työvaiheille standardiajat. Aikalaskelmalla tarkoitetaan lähinnä kokonaisaikojen laskemista työkiertoon kuluneen ajan avulla. Laskelma on menetelmä, jossa valmistusaika voidaan määrittää laskemalla yhteen eri osien, vaiheiden käyttämät ajat. (Uusi-Rauva ym. 2009, 490-493.) Yleisesti ajankäyttötutkimuksissa työaika jaetaan varsinaiseen tehokkaaseen työaikaan ja erilaisiin apuaikoihin, kuten kuviossa 5 on esitetty.



KUVIO 5. Työnjakso jaettuna eri aikalajeihin mukaillen (Uusi-Rauva ym. 2009, 491.).

Tekeminen jaetaan työn valmistelu aikaan ja työvaiheeseen, jossa työntekijä voi vaikuttaa omalla panoksellaan käsin tehtävän työn aikaan, mutta kone aikaan ei. Apuaika sisältää pääosin työolojen ylläpitämisen vaatimaa siivousta ja huoltoa. Henkilökohtainen apuaika on henkilökohtaisia tarpeita varten varattu aika. Elpymisajat määritellään työn rasittavuudesta johtuviksi lepo ajoiksi. Häiriö aikoihin kuuluvat laite, kone ja muut häiriöt. (Uusi-Rauva ym. 2009, 491.)

Työprosessin mallintamisen tarkoituksena on jonkin työn tai järjestelmän olennaisten piirteiden pelkistäminen tarkasteltavan kysymyksen näkökulmasta (Lepänen 2000, 9). Työprosessien yksityiskohtaisessa kuvaamisessa käytetään yleisesti vuokaaviota. Kaaviosta on nähtävissä kaikki vaiheet kuvallisessa muodossa. Työntutkimuksen mittaukset perustuvat tähän työstä laadittuun vuokaavioon, jossa eri työvaiheet on määritelty. (Lecklin 1997, 199; Mo ym. 2007, 104.)

Työntutkimuksen mittauksissa on kerrottava työntutkimuksen tarkoitus, jotta tilanne olisi mitattavalle kohteelle mahdollisimman luonnollinen. Työntutkimuksen mittauksissa on huomioitava mitattavan henkilön osaamistaso. (Mo ym. 2007, 103.)

Työntutkijan havaintoja ohjaavat hänen teoreettiset perusolettamukset ja intressit. Puuttumattomuusajattelun tavoitteena onkin halu säilyttää tutkijan puolueettomuus. Puuttumattomuusajattelun arvostajat uskovat tutkijan vaikuttavan aina lopputulokseen välillisesti tai välittömästi, tahattomasti tai tahallisesti. (Engeström 1995, 109 & 133.)

## 2.6 Laatu

Yrityksen kannattavuuden näkökulmasta tuottavuuden rinnalla on myös laatu. Laatu ei ole yksikäsitteinen asia. Usein laadulla tarkoitetaan asiakkaan odottamien toiveiden ja tarpeiden tyydyttämistä. Eli tuotteen laadulla tarkoitetaan siis tuotteen soveltuvuutta käyttötarkoitukseen. Tuotteen laadun ohella ovat myös palvelun ja toiminnan laatu. Toiminnan laatu on tehokkuutta ja virheettömyyttä suhteessa asiakkaan odottamaan lopputulokseen. Asiakkaita voivat olla myös yrityksen sisäiset asiakkaat, kuten prosessin seuraava vaihe. Laadunhallinnalla käsitetään toimintaprosessien jatkuvaa ja systemaattista seurantaa ja parantamista. Tavoitteena on vähentää virheitä, korjauksia, tarpeettomia työvaiheita, odotusaikoja sekä ylilaaatua. Laadunhallinnalla ja tuottavuuden kehittämisellä on täten yhteneviä tavoitteita. (Uusi-Rauva 1997, 35-36; Kinnunen, Laitinen, E. Laitinen, J. Leppiniemi & Puttonen 2007, 111-112.)

### 2.6.1 Laatukustannukset

Laatukustannukset syntyvät yleisesti tilanteessa, jossa tuote tai palvelu ei täytä asiakkaan odotuksia. Laadun parantamisen näkökulmina on parantaa asiakastyytyväisyyttä sekä vähentää tuotteiden laadullista hajontaa ja virhemääriä. Virheellisestä toiminnasta ja virheellisistä tuotteista aiheutuvat laatukustannukset voidaan yleisesti jakaa neljään ryhmään:

- ulkoiset virhekustannukset
- sisäiset virhekustannukset
- valvontakustannukset
- ennaltaehkäisevän toiminnan kustannukset

Ulkoiset virhekustannukset muodostuvat asiakkaan havaitseman virheen tai laadun puutteen korjaamisesta. Tällöin prosessin laadunvalvonta on pettänyt ja virheellinen tuote tai toiminta on toimitettu asiakkaalle. Nämä ulkoiset virheet ovat yrityksen kannalta kaikkein vaarallisimpia.

Sisäiset virhekustannukset ovat yrityksen prosesseissa havaittuja virheitä ja puutteita, jotka korjataan ennen tuotteen toimittamista asiakkaalle. Nämä virheet sisältävät paljon yrityksen oman toiminnan aiheuttamia virheitä, kuten suunnitteluvirheitä. Yleisesti yritysten suurimmat laatukustannukset ovat sisäisiä virhekustannuksia.

Laadun valvontakustannuksiksi käsitetään laadunvalvonnasta ja – tarkastuksesta aiheutuneita kustannuksia. Laadun valvontaan kuuluu keskeisesti lopputuotteen tarkastaminen ja täten laadun varmistaminen. Muita tähän keskeisesti liittyviä kustannuksia ovat auditoinnit ja katselmukset, testaukset ja koeajot, tiedon keruu ja analysointi, virheiden käsittelyrutiinit sekä valvonta- ja mittauslaitteiston ylläpito.

Ennaltaehkäisevän toiminnan aiheuttavia kustannuksia ovat kustannukset, jotka aiheutuvat mahdollisten virhelähteiden ja laaturiskien poistaminen ennakolta.

Tyypillisiä menetelmiä laaturiskien ennakointiin ovat suunnittelu, kehittäminen ja koulutus. (Lecklin 1997, 172-175.)

Edellä esitetyt kustannukset voidaan yhdistää kahteen osaan: virhekustannukset ja ennalta ehkäisevän toiminnan kustannukset. Lisäksi laatukustannuksiksi on huomioitava vielä menetettyjen kauppojen katetuottoja. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 322-326; Kinnunen ym. 2007, 111-112; Lecklin 1997, 172-175.) Laatukustannusten määrittämiselle ei kuitenkaan ole yhteistä ohjetta, vaan niiden tarkastelutapa on yrityskohtainen. Laatukustannuksia voidaan seurata esimerkiksi yrityksen toimintaan suhteutettujen mittaristojen avulla. (Lecklin 1997, 171.)

## 2.6.2 Työn laatu

Välillisesti työn laadun mittari on asiakastyytyväisyys. Reklamaatiot kertovat suoraan myös asiakaspalautteen tuotteen tai palvelun laadusta. (Lönnqvist 2003, 62.) Asiakastyytyväisyys syntyy tuotteen laadusta. Työn, toiminnan laaduksi tarkoitetaan töiden tehokasta ja oikeata tekemistä. Tuotteen laatu on siten seurausta toiminnan laadusta. (Andersson & Tikka 1997, 17-18.)

Työn laatuun liittyy keskeisesti henkilöresurssit, joten heidän merkitys laatuun on suuri. Henkilöillä on oltava riittävä koulutus, ammattitaito ja kokemukseen perustuva pätevyys tekemänsä työn tuotevaatimusten täyttämiseen. Henkilöstöllä on suora vaikutus tuotteen ominaisuuksien tuotevaatimusten täyttymiseen. Henkilöstön pitää lisäksi olla tietoinen yrityksen laatupolitiikasta. Myös motivoituneisuudella on merkitystä työn laatuun. Motivaatioon vaikuttaa parantavasti työntekijän tietoisuus oman työn tärkeydestä kokonaisuuteen, ja omat vaikutusmahdollisuudet yrityksen laadun parantamiseen. Laatu tarkoittaa myös virheistä oppimista. Varsinkin uusissa ympäristöissä toimiessa, ei virheiltä voi välttyä. Virheet on analysoitava ja kehitettävä ratkaisu niiden korjaamiseen tulevaisuudessa. (SFS-EN ISO 9001, 22; Lecklin 1997, 213-217.)

Prosessimaisen toimintamallin tavoitteena on kehittää laadunhallintajärjestelmän vaikuttavuutta ja tehostaa asiakkaan vaatimusten toteuttamista, eli parantaa asia-

kastyytyväisyyttä parantuneen laadun avulla. Tuotteen toteuttaminen, eli työ, on yksi prosessimaisen laadunhallintajärjestelmän vaihe. (SFS-EN ISO 9001, 8)

### 2.6.3 Laatujärjestelmä

Laatujärjestelmällä tarkoitetaan yrityksen laadun johtamisessa, hallinnassa ja kehittämisesä käytettävää järjestelmää. Se voidaan myös määritellä rakenteeksi, jolla johto viestii ja vie strategiat ja suunnitelmat järjestelmällisesti läpi koko organisaation. Oikein rakennettuna laatujärjestelmä helpottaa toiminnan johtamista, suunnittelua, toteuttamista sekä valvontaa. Laatujärjestelmä on toiminnan pelisäännöt sanelema järjestelmä. Laatujärjestelmä ei ole riippuvainen yrityksen koosta. Laatujärjestelmä monitasoisuus ja laajuus suhteutetaan kunkin yrityksen tarpeisiin. (Uusi-Rauva ym. 2009, 383-384; Lecklin 1997, 35 & 39.)

Laatujärjestelmän yhtenä tavoitteena on laatuksustannusten vähentäminen. Yrityksellä on oltava seurantajärjestelmä, jolla laatuksustannukset saadaan määritetyksi. Laatuksustannuksia yleisesti vähentäviä tekijöitä ovat virheiden vähentäminen ja prosessisyklin nopeuttaminen. Prosessin nopeuttamisen yhteydessä tarkoitetaan myös turhien vaiheiden poistamista. (Lecklin 1997, 176.)

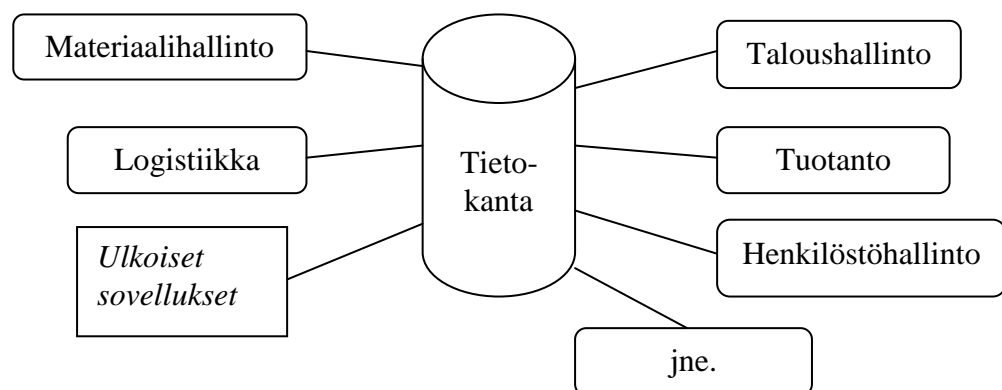
Yksi laatusertifikaateista on SFS-EN ISO 9001. SFS-EN ISO 9001 -standardit määrittelevät laatujärjestelmälle asetetut vaatimukset. Standardin vaatimuksina on ylläpidettävä laatujärjestelmää, jonka yhtenä osana on yrityksessä luotu laatuksi- kirja ohjaamaan laatujärjestelmän vaatimuksia. (Lecklin 1997, 38.)

## 2.7 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmien kehittäminen alkoi 1970-luvulla Material Re- quiremenst Planning (MRI) ohjelmistolla, jota seurasi 1980-luvulla Manufactu- ring Requirements Planning (MRI II). Näiden järjestelmien jälkeen kehitettiin toiminnanohjausjärjestelmä Enterprice Resource Planning (ERP). (Kakouris & Polychronopoulos 2005, 68.) ERP -järjestelmä määritellään ohjelmistoksi, joka

käsittää kaikki esimerkiksi yrityksen talouteen, asiakkaisiin, jalostusketjuun ja henkilöstöön liittyvät tietovirrat. ERP -järjestelmä on yksi kokonaisvaltainen tietokanta, johon kaikki yrityksessä oleva data integroidaan. (Granlund & Malmi 2004, 31-34; Malhohra & Temponi 2010, 28.)

Organisaation jäsenet keräävät, varastoivat, käsittelevät, vertaavat ja käyttävät tietoa tästä järjestelmästä. Ohjelmallinen rakenne sisältää eri ohjelmistomoduuleita, jotka käsittävät omat toimintaympäristön, kuten palkkahallinto, myynti ja tuotannon ohjaus. Tietokannasta tätä tietoa jaetaan eri ohjelmistomoduuleille, kuten myynnin, taloushallinnon ja tuotannon moduuleihin. Tässä integraatiossa on tavoitteena tilanne, jossa organisaatiossa oleva tieto esitetään yksikäsitteisenä ja samana jokaisessa sitä käsittelevässä ohjelmistomoduulissa. (Granlund & Malmi 2004, 31-34; Malhohra & Temponi 2010, 28-29.) ERP:n päätehtävänä on siten tukea informaation jakamista yrityksen arvoketjussa (LAW & Ngai 2007, 418). Kuviossa 6 on esitetty tämä ERP -järjestelmän pelkistetty rakenne.



KUVIO 6. Esimerkki ERP -järjestelmän perusrakenteesta mukailen (Granlund & Malmi 2004, 33).

ERP ohjelmistot on räätälöity eri teollisuuden alan tarpeisiin. Siitä on rakennettu yksi ohjelma, jolla on mahdollista toteuttaa kaikki yrityksen liiketoiminta. (Jacobs & Weston 2007, 362-363.) ERP -järjestelmä käsittää kokoelman hyviä ohjelma-moduuliratkaisuja. Näiden moduuliratkaisuiden ominaisuudet ovat yleensä parhaita mahdollisia ohjelmistointegraation näkökulmasta. Integraation toiminnallisuuden kustannuksella on joidenkin moduulien ominaisuuksista luovuttava. (Gran-

lund & Malmi 2004, 31-34.) Tietoviikon artikkelissa ”Kun Erp ei riitä” (Mäkinen 2010) tutkimusyhtiö Market-Vision pääanalyytikko Mika Rajamäki kertoo ERP järjestelmien pääongelmana olevan niiden integroinnin muihin tietojärjestelmiin. Rajapinnat muiden tietojärjestelmien kanssa eivät kohtaa erityisesti silloin, kun vastakkain on täysin erikseen räätälöityjä järjestelmiä.

Tietoviikon artikkelissa ”Kun Erp ei riitä” (Mäkinen 2010) Solteqin Sipilä kertoo ERP:n tehtävän olevan tiedon tuottaminen tulevaisuuden suhteen tehtävän päätöksenteon tueksi. ERP:n rinnalle suositellaan Business Intelligence (BI) ratkaisuja. BI -ratkaisuista katsotaan olevan hyötyä. Niillä on mahdollista laajentaa ERP:n soveltamista erityisesti suunnittelumallien ja ennustamiseen tarkoitettujen järjestelmien näkökulmasta.

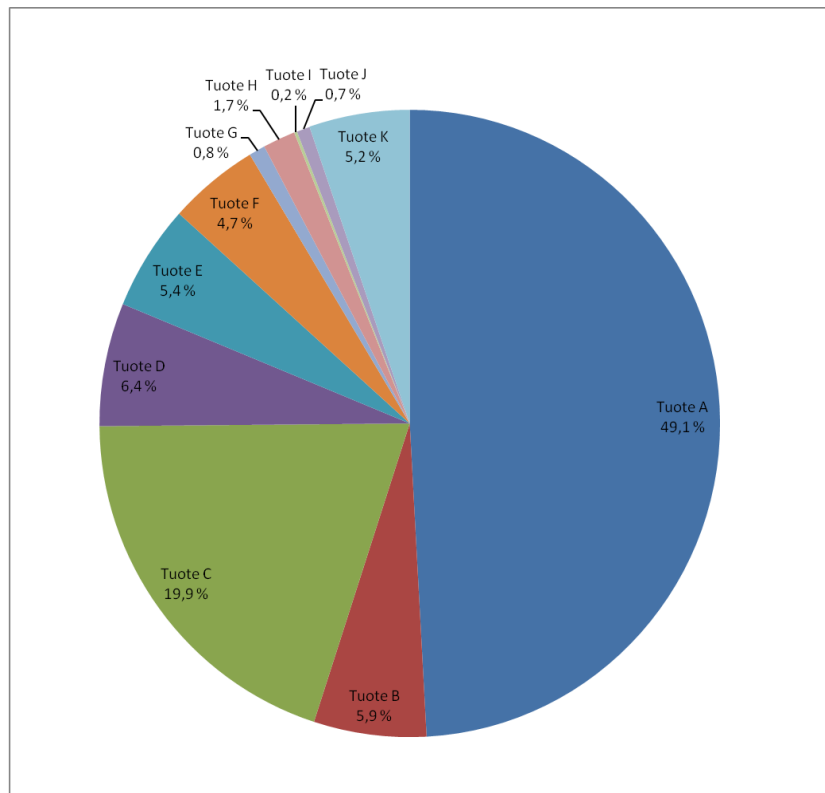
Käytössä havaittuja ERP-järjestelmien ongelmia on niiden tuottaman tiedon määrä, oikeellisuus tai käyttökelpoisuus. Usein tuotetaan vanhentunutta ja virheellistä tietoa liikaa. Ohjelmistotalo InfoBuildin julkaisemassa selvityksessä suomalaisyri-  
tysten työntekijöiden työviikosta kuluu kolme tuntia viikossa sopimattoman tiedon aiheuttamien ongelmien selvittelyyn. (Mäkinen 2010)

Seuraavaksi empiirisessä osuudessa tarkastellaan tarkemmin yritystä ja yrityksen nykyistä toimintamallia. Lisäksi paneudutaan työajantutkimukseen sekä sen tuloksiin. Tutkimuksista johdettuun standardiajan määrittämisen kaavaan sekä siitä johdettuun tuotannon seurantaan. Lopussa kehitetään standardiaikamenetelmän käyttöä ERP -toiminnanohjausjärjestelmässä tavoitteena automaattinen päivittäinen toimintatapa.

### 3 TUOTANNOLLINEN TOIMINTA JA SEN SEURANTA YRITYS X:SSÄ

#### 3.1 Yritys x:n valmistavat tuotteet

Yritys x valmistaa rakennusten puisia naulalevyliitoksilla valmistettuja kantavia rakenteita omakoti-, rivi- ja pienkerrostaloihin. Lisäksi valmistetaan valumuottien rakenteita esimerkiksi siltarakenteisiin. Asuinrakentamisessa ratkaisut keskittyvät kattorakenteisiin, eli kattoristikoihin. Kantavia rakenneratkaisuja ovat myös asuinkerrosten väliset kantavat välipohjat. Kattoristikoiden päämallit voidaan jakaa 11 eri tyyppiin, jotka on esitetty kuviossa 7



KUVIO 7. Yritys x:n valmistamien tuotetyyppien prosentuaaliset jakaumat vuonna 2009.

Kattoristikoiden mallin valintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten talon kattotyyppi. Lisäksi huomioidaan huonetilan katon muoto ja mahdollinen väliaikainen oleskelu tai varastointitila, kuten ullakkotila. Kehäratkaisuilla ja käyttöullakkorakenteilla toteutetaan asuinhuoneita ullakkotilaan.



Kattoristikot suunnitellaan aina yksilöllisesti asiakastarpeen mukaisesti. Sama vakiomuotoinen malli voi rakenteeltaan olla suunnittelun ja valmistusteknisen näkökulman perusteella täysin erilainen, koska kuormituksien ja rakennusten tukivaihtoehtojen johdosta ristikon puurakennetta ja liitosten lukumäärä sekä sijainti voivat vaihdella suuresti.

Kuvion 7 mukaisesti suurin yksittäinen ristikkotyyppi on tuote A 49 % osuudellaan. Kyseinen tyyppi sisältää kuitenkin monenlaisia ristikoita, joiden yhteinen nimittäjä on niiden ulkomuodon muotoviivat. Sisäiseltään rakenteeltaan tuotteet voivat poiketa suuresti toisistaan, mutta tuote A:n 49 % osuus sisältää monimutkaisia rakenteita sekä paljon yksinkertaisia rakenteita.

### 3.2 Tuotantoprosessi

Kattoristikoiden valmistamiseen vaadittavat raaka-aineet ovat puutavara ja metalliset naulalevyt. Sahatavara on vientikuivaa, suhteellinen kosteus 18 – 20 %. Tuotannon ensimmäisessä vaiheessa puutavara höylätään loppukäytön vaatimaan mitaan sekä lajitellaan lujuuden mukaan standardin SFS-EN 338 mukaisiin C-luokkiin. Jokaiseen lajiteltuun kappaleeseen leimataan lujuuden mukainen C-luokka sekä Yritys x:n lajittelukoneen lupatunnus ja tunnistekoodi sahatavaran toimittajasta puun alkuperän selvittämiseksi. Lujuuslajitellut puutavaraniput väli-varastoidaan katokseen odottamaan seuraavaa prosessia eli sahausta.

Sahausprosessin osalta kevään 2011 aikana tehtävät investoinnit tuovat muutoksen sahauskapasiteettiin, sahausnopeuteen ja näiden kautta myös sahauksen standardiaikaan ja kustannuksiin. Sahaus tulee keskittymään kahdelle pääsahauslinjalle. Sahauksen työajan ja kustannusten seurannan näkökulmasta tilanteeseen tulee muutoksia kevään 2011 aikana. Vanhassa toimintamallissa sahauksesta aiheutuviin työtuntien jakaminen tilauksille niiden todellisen toteuman mukaan oli vaikeata, koska saman tilauksen puuosia sahattiin kahdella, kolmella jopa neljällä eri sahalla. Jokaisella sahalla oli toisistaan poikkeavat läpimenoajat. Uudessa toimintamallissa seuranta on vanhaa toimintamallia tarkempi.

Sahauksessa sahattavan kappaleen muodolla on merkitystä sahausnopeuteen. Sahattavien puuosien ominaisuudet voivat vaihdella suuresti, koska ne voivat sisältää erikoismuotoja, joiden sahaamisen läpimenoaika poikkeaa selvästi normaalin puuosan sahauksen läpimenoajasta. Erikoismuotoja sisältävien kappaleiden määrä ei ole merkittävä suhteessa sahattavien kappaleiden kokonaismäärään. Hyvinä standardiaikana voidaan käyttää keskimääräistä puuosan sahausaikaa, jolloin riskikoerän eli tilauksen sahaus aika saadaan kertomalla sahattavien puuosien lukumäärä keskimääräisellä puuosan sahausajalla. Eli laskennassa prosessiaikana käytetään yhden puuosan keskimääräistä sahausaikaa eli sahauksen standardiaikaa.

Uudessa toimintamallissa keskimääräistä puuosan sahausaikaa voidaan seurata sopivissa aikajaksoissa, kuten esimerkiksi viikkotasolla, jolloin muuttujana olevaa keskimääräistä puuosan sahausaikaa voidaan päivittää seurannan tuloksien mukaisesti. Puuosan sahaus aika ei vaihtelee kausiluonteisesti. Vaikuttavina tekijöinä voisi olla loma-aikojen sijaistyövoiman käyttö tai selvä tilauskannan poikkeama normaalista tilauskannasta. Tilauskannan poikkeamalla tarkoitetaan esimerkiksi erikoispuuosia sisältävien sekä kappalemäärältään pienien tilausten merkittävää osuutta tilauskannasta. Sahausprosessin nopeuteen vaikuttaa haittaavasti pienet (alle 2-4 kappaletta) tilauksen eräkoot, koska saha pystyy sahaamaan puuosia samalla nopeudella samanaikaisesti yhdestä neljää kappaletta päällekkäin. Kappalemääräisesti pienien tilausten puuosien lukumäärä ei riitä sahauksen tehokkuuden kannalta sahausnopeuden optimiin.

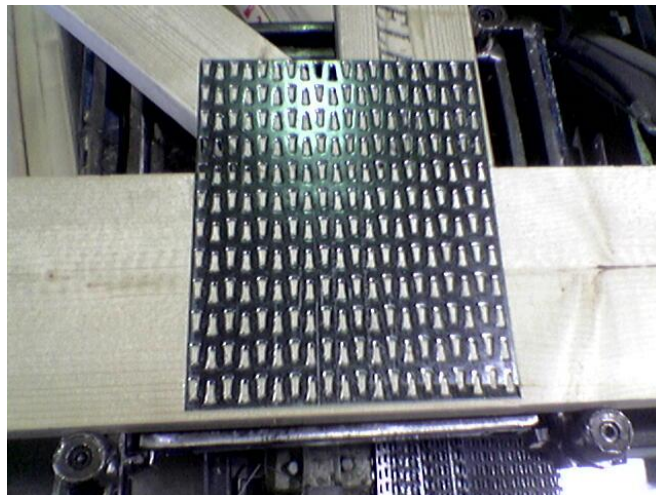
Jokaisesta kattoristikkosuunnitelmasta, kattoristikkokuvasta, tulostetaan luettelo puuosista paperiversiona ja sähköisenä tiedostona. Tässä tulosteessa on kaikkia puuosien sahauksen vaatimat mitta-, lujuus- ja muototiedot. Näiden ohjeiden mukaisesti sahausprosessissa katkotaan ja muotoillaan puutavarat kattoristikoiden rakenteiden vaatimalla tavalla.

Sahan- tai sahalinjan valintaan vaikuttavat tekijät ovat sahattavan erän koko, kappaleiden pituus sekä kulma ja erikoisemmat erikoistyöstövaatimukset. Erikoistyöstövaatimuksia esiintyy usein kattoristikoiden räystäösosissa, joihin tehdään loveuksia sekä porataan reikiä tukikaiteen kiinnittämistä varten. NaulalevyraKEN-

teet määrittelevät vaadittavien toleranssien vaatimukset mittatarkkuuden kontrollointiin sahauksen laadunvalvonnassa.

Sahauksen jälkeen tehdään varsinainen kattoristikoiden kokoonpano. Yrityksellä on useita kokoonpanolinjoja, joiden valintaan vaikuttaa monia tekijöitä. Suurimmat linjavalintaan vaikuttavat tekijät ovat ristikon tyyppi, ulkomitat ja puuosien liitospaikat. Lisäksi valintaan vaikuttaa myös eri linjojen kuormitettavuus ja erityisesti linjojen kustannustehokkuus. Kokoonpanolinjat ovat teknillisiltä ominaisuuksiltaan erilaisia. Jokaisella kokoonpanolinjalla ei ole edes teknisesti mahdollista valmistaa kaikki tuotetyyppejä.

Puu-naulalevyrakenne muodostuu metallisilla naulalevyillä yhteen liitetystä puuosista. Solmupisteeksi kutsutaan pistettä, jossa naulalevy liittää kaksi tai useampaa puuta toisiinsa. Seuraavassa kuviossa 8 on esitetty naulalevyparilla puristettu puuosien solmupiste.



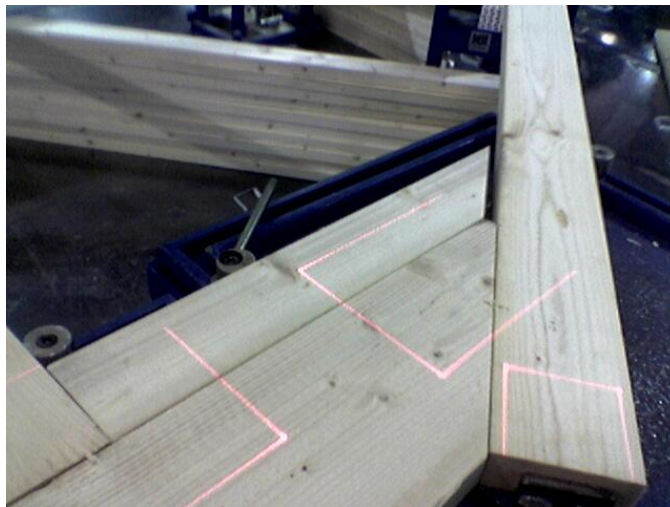
KUVIO 8. Solmupiste, jossa puuosat liittyvät toisiinsa molemmin puolin puuta puristettavilla naulalevyillä.

Solmupisteessä on aina naulalevy pari eli yksi naulalevy molemmin puolin puuta. Puuosien määrä ja täten myös solmupisteiden määrä vaihtelee ristikkotyypin, koon ja rakenteelta vaadittavan kantavuuden mukaan. Sama ristikkotyyppi voi käsittää eri määrän puuosia ja täten myös eri määrän solmupisteitä. Koska tyyppiltään ja ulkomitoiltaan sama ristikkorakenne voi sisältää erilaisen sisäisen puusi-

en eli sauvojen rakenteen. Lujuusopin näkökulmasta on olemassa kahden eri tyy-  
pin sauvoja, veto- tai puristussauvoja. Tuotannon kannalta tämä tarkoittaa solmu-  
pisteen kohdalle laitettavien asetepukkien erilaista sijoittelua erilaisen sauvajaon  
yhteydessä.

Ristikoiden kokoonpano tehdään kahden eri tekniikan avulla asetepukkien tai ase-  
tepöydän avulla. Jokaisen naulalevyliitoksen, eli puuosien risteyskohdissa on ase-  
tepukki tai -pöytä. Puuosat tuetaan ohjaimien ja vasteiden avulla omille paikoil-  
leen. Puuosien sijoittelun jälkeen liitoskohtiin asetetaan suunnitelman mittatieto-  
jen perusteella naulalevyt oikeille paikoilleen. Naulalevyt sijoitetaan aina pareit-  
taan, molemmille puolille puuta, kuten kuviossa 8 oli esitetty.

Osoitinlaserit heijastavat ristikkosuunnitelman mukaisesti puuosien ja liitoksissa  
käytettävien naulalevyjen paikkoja, kuten kuviossa 9 on esitetty naulalevyjen pai-  
kat. Osoitinlaserin käyttämät tiedot tulostuvat sähköisesti suunnitteluohjelmasta.



KUVIO 9. Osoitinlaser heijastaa naulalevyjen paikat.

Osoitinlaserin tehtävänä on piirtää värillisiä viivoja asetepöydälle osoittamaan  
puuosien reunakohtia ja liitoksissa käytettävien metallisten naulalevyjen paikkoja.  
Tarkoituksena on nopeuttaa asetteentekoa, kuin helpottaa varsinaista kokoonpa-  
noa. Osoitinlaserit auttavat kokoonpanoa hyvän ja tasaisen laadun saavuttamises-  
sa.

Naulalevyjen puristamiseen on käytössä kaksi erilaista tuotantoteknologiaa. Vanhin teknologia on C-kirjaimen malliset hydraulipuristimet, joilla naulalevyparit puristetaan puuhun puuosien solmupisteissä. Uudempi naulalevyjen puristustekniikka on palkkipuristintaso. Tällä puristustasolla on mahdollista puristaa useita solmupisteitä samanaikaisesti.

Erityisesti kokoonpanoprosessin laadunvalvonnalla on tarkat määritykset. Laadunvalvontaa tehdään jokaisen tilauksen valmistuksessa. Laatukäsikirjassa määritetään tehtävät tarkastukset. Ristikkorakenteiden päämittoja, liitoksien sijaintia ja naulalevyjen sijoittelua koskevat toleranssit määräytyvät standardin SFS-EN 14250 ja tuoteryhmäohjeen TR22:2010:n mukaisesti.

Tuotannonohjauksen näkökulmasta ristikoiden valmistusprosessista kokoonpanoprosessi on keskeisessä asemassa. Sarjakoon vaikutuksella on merkitystä koska ennakkokäsityksen mukaisesti kokoonpanon asetteen teko ilman aputoimintoja vie saman ajan sarjakoosta riippumatta. Tuotannon ohjauksen tavoitteena on ohjata samanlaiset kattoristikot peräkkäin samalle linjalle. Tällä tavoitellaan mahdollisimman pieniä asetepukkien siirtämisiä eri suunnitelmien välillä. Asetteen teon aputoimintoihin tällä ei ole suoraa korrelaatiota. Erityisesti eri kattoristikotyypien välillä asetepukkien lukumäärä ja sijoittelu kokoonpanoalueella vaihtelee merkittävästi. Esimerkkinä voisi tarkastella pulpettiristikkoa ja kehäristikkoa, joiden ulkomuodot poikkeavat selvästi toisistaan.

### 3.3 Kattoristikoiden laatu ja siihen liittyvät standardit ja valvonta

Kantavien puu-naulalevyrakenteiden (NR-rakenteet) valmistuslupa keskittyy olennaisilta osiltaan laadullisiin vaatimuksiin sisältäen valmistuksen laadunvalvonnan dokumentoinnin. Valmistuslupa noudattelee standardin SFS-EN 14250, tuotevaatimukset naulalevyrakenteisille rakenteille, ohjeita ja määräyksiä. Valmistusluvan todisteena on jokaiseen valmiiseen tuotteeseen leimattava NR-leima. NR-leimassa on valmistajan lupanumero, valmistusajankohta sekä valmistettuun tuotteeseen liittyvän suunnitelmakuvan kuvanumero eli työnnumero.

Ristikkosuunnitelman suunnittelija sekä tarkastaja allekirjoittavat paperille tulostettavan ristikkorakenteen suunnitelman. Tuotannossa paperiseen suunnitelmaan kirjataan valmistuksen aikaiset laadunvalvonnallisten tarkastusmittausten tulokset sekä nimikirjaimet tuotteen valmistajasta. Täten alkuperän jäljittäminen on mahdollista, koska valmistajalla on lakisääteinen velvoite säilyttää jokaisen valmistetun tuotteen suunnitelmat paperisena versiona 10 vuotta niiden valmistusajankohdasta lukien.

Standardin SFS-EN 14250 pohjalta valmistettu kansallinen tuoteryhmäohje TR22:2010, naulalevyrakenteet, toimii valmistajan käsikirjana standardissa esitetyille vaatimuksille. Yritys x:lla on lisäksi käytössä sisäinen Factory Production Control manual (FPC –käsikirja), joka vaaditaan tuotannon laadunvalvonnan käsikirjaksi tuotteiden CE-merkintäoikeuden johdosta. Yritys x:lla on oikeus CE-merkitä niin lujuuslajiteltu puutavara kuin lopputuote eli puunaulalevyristikkorakenne. FPC -käsikirja auditoidaan ulkoisesti kahdesti vuodessa NR-valmistusluvan auditoinnin yhteydessä. FPC -käsikirjan merkitys on määrittää ja kuvata yrityksen tuotannon laatutoimintoja tuoteryhmäohjetta tarkemmin kohdeyrityksen toiminnan näkökulmasta. FPC -käsikirjassa kuvataan tuotannon laadunvalvonnan toimenpiteet, niiden dokumentoinnit sekä poikkeavan raaka-aineen ja tuotteen menettelytavat.

### 3.3.1 Puuraaka-aineen laadunvalvonta

Valmistettavissa tuotteissaan käytetään CE -merkittyä koneellisesti standardin SFS-EN 14081-1 sekä tuoteryhmäohjeen TR24:2010 mukaisesti lujuuslajiteltua puutavaraa. Koneellinen lujuuslajittelu tehdään rakennesahatavaran standardissa SFS-EN 338 esitettyihin lujuusluokkiin C14-C45. Jokaiseen koneellisesti lujuuslajiteltuun kappaleeseen merkitään standardin SFS-EN 338 mukainen lujuusluokka lajittelukoneen antamien tulosten pohjalta. Koneellisen lujuuslajittelun laadunvalvonta tehdään rikkovalla aineenkoetuskoneella standardin SFS-EN 408 mukaisella taivutustestillä. Rikkova aineenkoetus antaa kappaleen taivuttamiseen vaaditun voiman (F) sekä kappaleen kimmomoduulin (E). Tuloksien on ylitettävä kyseisen lujuusluokan raja-arvot. Koneellisen lujuuslajittelun ja rikkovan aineen-

koetuskoneen tulokset tallennetaan. Visuaalista laadunvalvontaa tehdään sahausprosessissa ja ristikoiden kasausprosessissa SFS-EN 5878 INSTA 142-standardin mukaisesti lujuusluokkiin C30, C24 ja C18. Lisäksi visuaalisessa lujuuslajittelussa poistetaan kappaleet, jotka poikkeavat standardin SFS-EN 14250 määrittelemistä rajoista raaka-aineiden mitta- ja muotovioissa.

### 3.3.2 Naulalevyjen laadunvalvonta

Valmistettavissa tuotteissa käytetään vain Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) lausunnolla olevia hyväksytyjä naulalevyjä. VTT:n testauksella on vakuutettu naulalevyjen ylittävän niiltä vaadittavat standardin SFS-EN 14545 mukaiset vaatimukset. Lisäksi naulalevyjen toimittajat ovat sertifiointin piirissä, joten ulkopuolinen auditoija tarkastaa heidän sisäistä laadunvalvontaa.

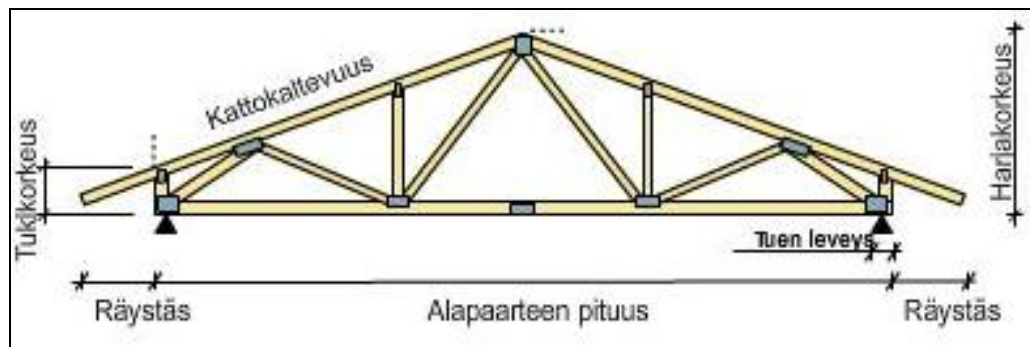
### 3.3.3 Ristikkorakenteiden valmistuksen laadunvalvonta

Naulalevyrakenteiden valmistus noudattaa standardin SFS-EN 14250 mukaisia ohjeita. Ohje määrittelee tuotteiden mitta- ja muototoleranssit sekä materiaaliominaisuudet. Tuoteryhmäohje TR22:2010, naulalevyrakenteet, käsittää kokonaisuutena tuotannolta vaaditut vaatimukset viitaten standardin SFS-EN 14250 ohjeisiin. Tehtaan sisäinen tuotannon laatukäsikirja FPC -käsikirja noudattaa standardia SFS-EN 14250 ja tuoteryhmäohjetta TR22:2010 ohjeistaen yrityksen ristikkorakenteiden valmistuksen järjestelmällisen laadunvalvonnan piiriin.

### 3.4 Tietojärjestelmärakenne

Yrityksessä on käytössä toiminnanohjausjärjestelmänä Visma Software L7 ERP -ohjelmisto. Tämä järjestelmä toimii keskuksena muille yrityksessä toimiville järjestelmille, kuten kattoristikoiden suunnitteluohjelmalle ja työajanseurannan ohjelmistolle.

Kattoristikoiden suunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto kuuluu hyväksyttyihin suunnitteluohjelmistoihin. Suunnittelussa käytetään Eurocode 5:n mukaisia säännöksiä. Suunnittelu etenee asiakkaalta saatavien mittatietojen ja kuormitustietojen pohjalta. Asiakkailta saataviin mittatietoihin kuuluvat ristikoiden äärimitat. Kuormitustietoihin kuuluvat katon katemateriaali, tuulikuorma ja rakennuskohteen maantieteellisen sijainnin mukaan määräytyvät lumikuormat sekä mahdolliset muut huomioitavat kuormat. Vaativimmissa kohteissa rakennuksen rakennesuunnittelija määrittelee rakenteelle tarkemmat mitat, mallin ja kuormitukselliset vaatimukset. Yleisesti rakennuskohteen rakennesuunnittelija toimittaa ristikoiden kaaviokuvat ristikkosuunnitteluun. Seuraavassa kuviossa 10 on esitetty tilaukseen tarvittavat tarjouspyyntölomakkeen välttämättömät lähtötiedot.



KUVIO 10. Kattoristikoiden suunnittelun vaatimat lähtötiedot.

Tietojärjestelmän näkökulmasta myynti syöttää asiakkaan nimi ja osoitetiedot sekä asiakkaan antamat kuvion 10 mukaiset mittatiedot ERP -järjestelmään. ERP -järjestelmään tehdystä tilauksesta syntyy suunnitteluohjelmaan lähetettävä siirtotiedosto, dat-tiedosto, sisältäen asiakkaan nimi ja osoitetiedot sekä myynnin täyttämät mitta ja mahdolliset kuormitustiedot. Suunnittelussa kyseiset nimi ja osoitetiedot valitaan suunniteltavalle työlle niiden otsikkokenttään työnumeron ohella.



Valmiista ristikkosuunnitelmasta tulostetaan paperisia versioita valmistajalle, asiakkaalle ja rakennusvalvonnalle. Valmistava yritys arkistoi ristikkosuunnitelmat kymmenen vuoden ajaksi.

Kattoristikoiden suunnitteluohjelma tuottaa suunnitelmista tiedostoja myös ERP -järjestelmään. Palautuvat tiedot viittaavat suunnittelujärjestelmään lähetettyihin tilauksen tunnistetietoihin. Suunnitteluohjelma palauttaa ERP -järjestelmään tekstitiedostona ristikkosuunnitelman vaatimat materiaalit tarpeet.

Tuotantokoneet ja osoitinlaserit ovat varsinaisesta ERP -järjestelmästä erillisiä järjestelmiä. Kattoristikoiden suunnitteluohjelma tuottaa tiedostoja ristikkosuunnitelmista tuotantokoneille. Tuotantokoneet lukevat työstettävien kappaleiden mittatiedot suoraan sähköisestä tiedostosta, mikä nopeuttaa koneiden asetteiden tekoa ja poistaa mahdollisuuden inhimilliseen virheeseen. Osoitinlaserit heijastavat suunnitteluohjelman lähettämän tiedoston mukaisen rakenteen kuvan asetepöydälle.

Yrityksen järjestelmään on käyttöön otettu työajan seurannan ohjelmisto. Tämä tarkoittaa konkreettisesti tuotannossa ja toimistossa olevia muutamia kosketusnäyttöllisiä kirjauspäätteitä ja niihin liitettyjä viivakoodinlukijoita. Jokaisella työntekijällä on henkilökohtainen leimauspää, jolla pääosin kirjaudutaan sisään ja ulos. Ohjelmistolla on mahdollista leimata myös viivakoodeja hyödyntäen. Viivakoodeilla on tarkoitus lukea ristikkosuunnitelman eli kuvan paperiversiosta työnumero ja täten seurata tuotannossa tilausten valmistumista. Eli työajan seurantaan tarkoitetun ohjelmiston tavoitteena ei ole pelkästään sisään ja ulos kirjausten eli läsnäolokirjausten vastaanotto, vaan toimia apuvälineenä tilausten eri työvaiheiden kirjaamisessa.

Työajanseurantaohjelmisto toimii kiinteässä yhteydessä ERP -järjestelmän kanssa. ERP -järjestelmä lähettää työajanseurannalle tiedoston, jonka työajanseuranta palauttaa täydennettynä ERP -järjestelmään. Tiedostoa käytetään tilauksiin liittyvien tietojen välityksissä. Henkilöstön läsnäolokirjauksissa tiedostoliikenne on yksisuuntaista vain työajanseurannasta ERP -järjestelmään.

### 3.5 Nykyinen valmistusajan määrittämisperiaate

Tuotannon tehokkuutta seurataan kuukausittaisilla tuotantoraporttien yhteenvedoilla. Yhteenvedot kootaan naulalevyrakenteiden valmistusluvan velvoittamasta tuotantopöytäkirjasta. Valmistusluvan velvoitteiden lisäksi tuotantopöytäkirjaan kirjataan oman toiminnan seuraamista tukevia muuttujia valmistetuista tuotteista. Kuukausittaisen yhteenvedon tärkeimpänä informaationa on kasauseräkohtainen sekä suurempana tarkasteluyksikkönä tehdashallikohtainen kattoristikoiden läpimenoaika. Läpimenoaika lasketaan valmistettujen kappaleiden ja niiden valmistamiseen käytettyjen työtuntien avulla. Tarkentavana informaationa valmistusaika lasketaan myös kattoristikoissa olevien puuosien lukumäärien suhteen, mikä tasapainottaa vertailua huomioiden kattoristikoiden vaikeusastetta. Laskennassa ei kuitenkaan huomioida sarjakokoa ja erityisesti sarjakoona tilastollista jakautumaa.

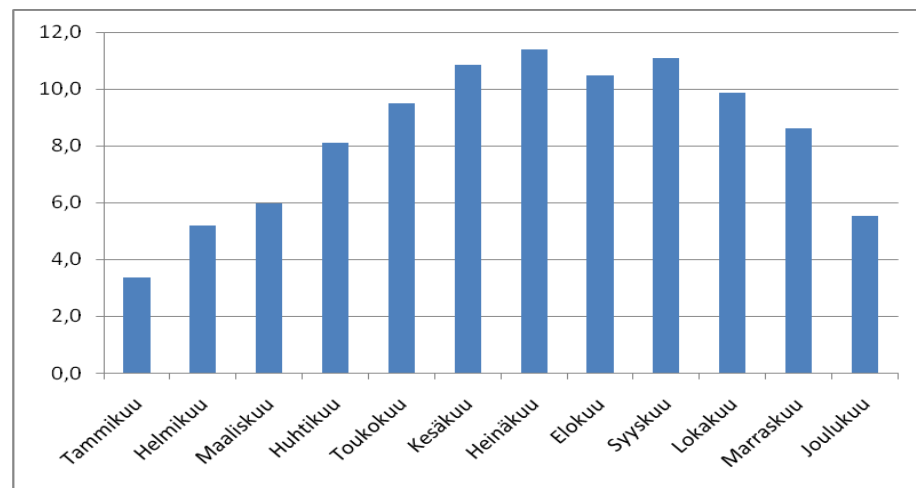
Kustannuslaskennan näkökulmasta ainoa käytettävissä oleva informaatio on kattoristikoiden valmistuksen keskiarvoaika. Kattoristikko voi täten olla 5 tai 15 metriä pitkä ja siinä voi olla 7 tai 27 puuosaa, mutta laskennassa valmistusaika käytetään samaa keskiarvoa. Sarjakoko voi vaihdella yhdestä kappaleesta 20 tai reilusti suurempaa, mutta valmistusaikalaskennassa ei huomioida kokonaisuudessaan sarjakoona vaikutusta.

### 3.6 Käytössä olevan toimintatavan kehityskohteet

Yrityksessä on tarvetta kehittää menetelmää tuotannon valmistusaikojen määrittämiseen. Nykyisellä toimintamallilla tilauskohtaisia valmistusaikoja ei ole saatavilla. Käytössä on pitkällä aikavälillä määritettyjä keskiarvoja. Jokainen valmistettava tilaus suunnitellaan asiakkaan tarpeiden mukaisesti, joten myös valmistusaika vaihtelee tilauskohtaisesti. Lisäksi tuotannossa valmistetaan useita tilauksia samanaikaisesti, joten todellisten valmistusaikojen määrittäminen vaatii myös matemaattiseen malliin perustuvaa menetelmää. Reaaliaikainen tieto tuotannon valmistusajoista palvelee niin tuotannon suunnitteluprosessia kuin myyntiprosessia. Myyntiprosessi hyödyntää tuotannosta saatavaa tietoa jälkilaskentaan ja hinnoitte-

luun. Tuotannon suunnitteluprosessi hyödyntää tätä tietoa tuotannon kuormittavuuden analysointiin.

Kattoristikkotuotannon yhtenä ominaispiirteenä on kausiluonteisuus, mikä lisää vaatimuksia tuotannon kuormitettavuuden analysoinnille. Kuviossa 11 on vuoden tuotantomäärien jakautuminen eri kuukausien välille prosentuaalisena osuutena vuoden kokonaismäärästä.



KUVIO 11. Vuoden 2009 tuotantomäärien kuukausikohtaiset prosentuaaliset osuudet vuoden kokonaismäärästä.

Kuvion 11 mukaan rakentamisen sesonkiaika on kesällä sulan maan aikana. Kattoristikkotuotanto seuraa tarkkaan pientalorakentamista. Tuotantokapasiteetin näkökulmasta suuret vaihtelut vuositasolla luovat haasteen kapasiteetin hallinnalle.

Kattoristikoiden valmistaminen sisältää paljon samoja elementtejä eri tuotetyypistä riippumatta. Puuosien sahauksessa koneiden asetteentekoajat ovat samat riippumatta sahattavasta kappaleesta. Sahattavien puuosien lukumäärä taas vaihtelee suuresti eri tuotetyypistä, mikä tuo eroja eri tuotetyyppien välille. Kokoonpanon asetteen teossa asetepukkien siirtäminen kattoristikoiden solmupisteisiin on lähes samanlaista tuotetyypistä riippumatta. Ainoastaan solmupisteiden lukumäärä ja niiden sijainti vaihtelevat eri tuotetyyppien välillä. Varsinaisen kokoonpanon näkökulmasta puuosien ja solmupisteiden määrä vaikuttaa kokoonpanon kokonais-

aikaan. On kuitenkin huomioita, että myös rakenteen vaikeusasteella on vaikutusta kokoonpanon kokonaisaikaan.

Työntutkimuksissa vuonna 2006 on tutkittu tuotannon työvaiheita normaaliaika-tutkimuksella. Tavoitteena oli tutkia tuotannon valmistuksen rakenneaikoja, joista määräytyy tuotteen valmistusaika. Työvaiheet jaettiin tuotantoprosessin mukaisesti selkeisiin vaiheisiin ennen työntutkimusta. Seuraavassa kappaleessa käsitellään työvaiheiden jakoa ja työntutkimuksen tuloksia.

## 4 TYÖNTUTKIMUKSEN TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTIA

Empiirisesti, mittaamalla ja havainnoimalla, kerätty aineisto käsittää eri tuotteiden työvaiheiden valmistusajat. Eri tuotteilla on erilaisia ominaisuuksia, joten tutkimuksessa etsitään kausaalisilla syy-seuraussuhteilla eri ominaisuuksien vaikutuksia kokonaisuutena. Engeströmin (1995, 51) mukaan kausaalisuudesta esiintyy toimintajärjestelmässä, jossa syy seuraussuhteet eivät ole ymmärrettävissä lineaarisina, yksisuuntaisina ja välittöminä. Tavoitteena on vahvistaa vanhoja käsityksiä tai löytää uusia vaikutussuhteita. Normaaliaikatutkimusten tulosten perusteella määritetään syy-seuraussuhteita eri tuotetyypeille ja niiden ominaisuuksille.

Tutkimus toteutettiin teollisuudessa tunnettuna normaaliaika-aikatutkimuksena, jossa mitattiin asetteen tekemiseen käytettäviä aikoja sekä kokoonpanon aikoja eri työvaiheille. Mittauksissa oli käytössä joutuisuuden määrittäminen. Mitatut ajat ovat siten normalisoituja aikoja, jotka vastaavat normaalijoutuisuudella tehtyä työsuoritusta. Työvaiheiden rakenneajat mitattiin työntutkijan tutkimuskellolla sekä mitausten tulokset kirjattiin tutkimuslomakkeeseen. Tutkimuksen mittaukset teki työntutkija JTO Palvelut Oy:stä ja mukana mittauksissa oli opinnäytetyön tekijä. Ajankohdallisesti mittaukset tehtiin vuonna 2006 viikoilla 34 ja 35.

### 4.1 Tuotantoprosessin vaiheet

Ennen työntutkimuksen normaaliaikatutkimuksia kasaustilanteen jaettiin työvaiheisiin laatuvarmistuksen SFS-EN ISO 9001 mukaisen kokoonpanon työvaiheiden perusteella. Työvaiheet jaettiin toiminnallisesti selviin toistuviin vaiheisiin, joiden sisältävät tehtävät on selvästi määriteltävissä. Tavoitteena oli riittävän tarkka, mutta mahdollisimman selkeä jako. Työvaiheet ovat yrityksen omaa osaamista ja täten niitä ei näytetä opinnäytetyössä.

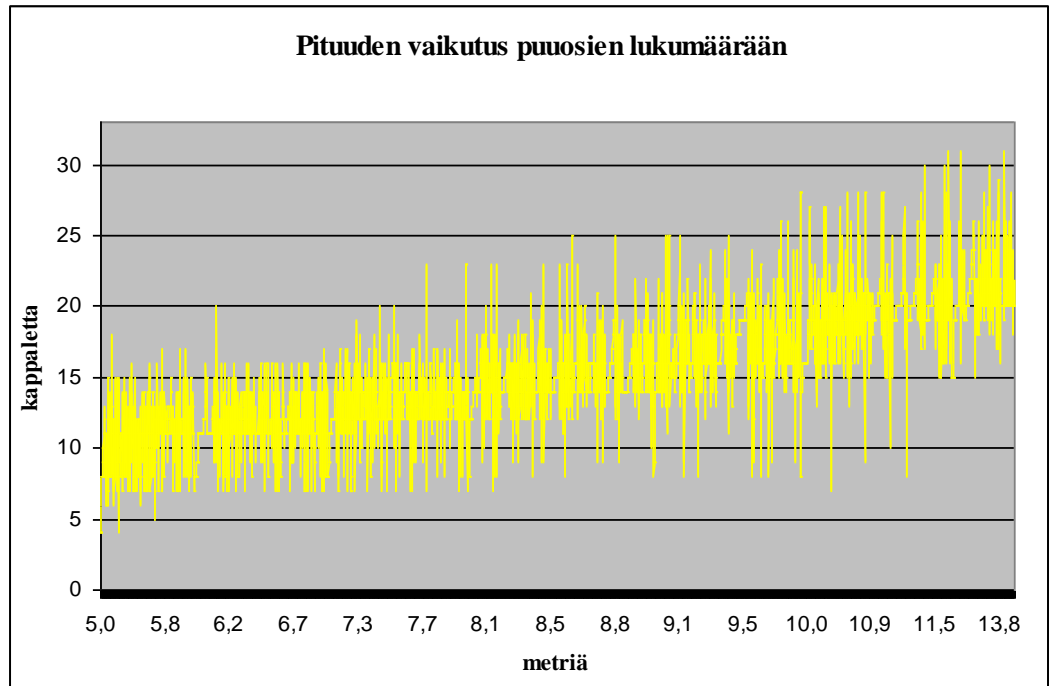
## 4.2 Työntutkimuksen mittaukset sekä tulosten analysointi

Työntutkimuksen tulosten laskennassa on aikayksikkönä käytetty 1 cmin, eli senttiminuuttia, joka on minuutin sadasosa. Laskentamalleissa lukuarvo 100 cmin vastaa yhtä minuuttia ja 50 cmin 30 sekuntia. Vertailulaskelmataulukossa aikayksikkönä on minuutti ja minuutin kymmenesosa aikalaskelmien helpottamiseksi.

Työntutkimuksen tuloksissa esitetyt työvaiheiden ajat ovat työntutkimuksessa mitattujen tulosten keskiarvoja. Tutkimuksen otos keskittyi tuotteiden päätyyppeihin ja näiden tuotetyyppien toistuviin mittauksiin, joten mittauksissa oli tämän avulla poistettu kaikki marginaalisten tuotetyyppien aiheuttamat poikkeamat. Täten on perusteltua esittää työvaiheiden vaiheaikojen tulokset keskiarvoina mittauksen otoksen tuloksista. Työntutkimuksen tulokset ovat yrityksen omaa tietoa, joten tuloksia ja niiden analyysyä ei näytetä opinnäytetyössä.

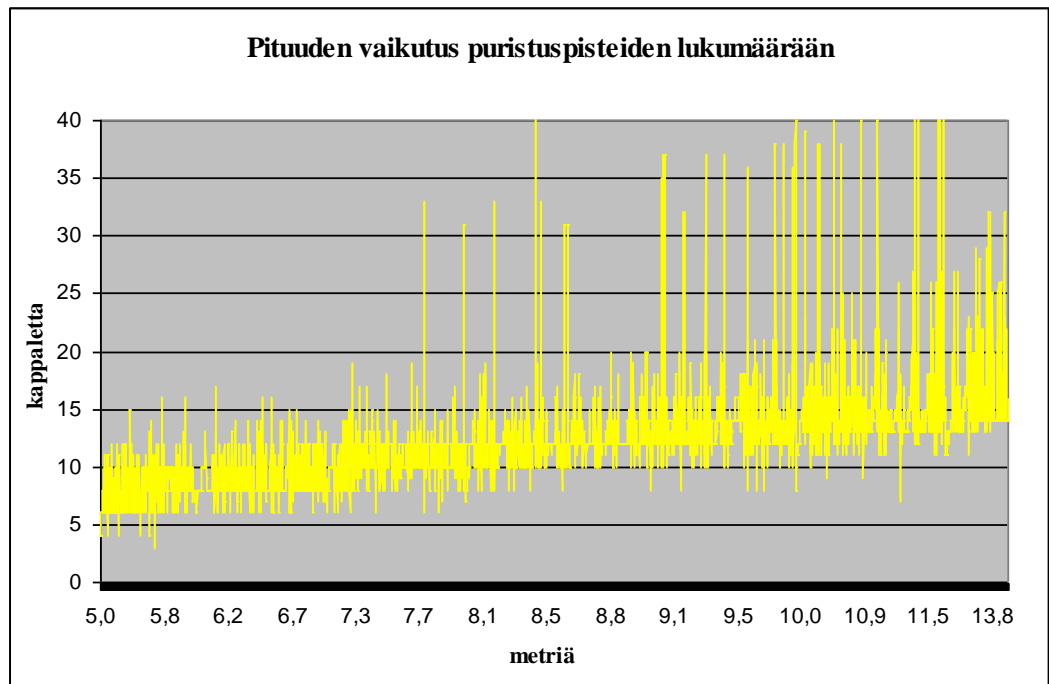
Työntutkimuksissa oli kuitenkin selvästi havaittavissa, että työvaiheiden ajat eivät ole suuresti riippuvaisia tuotetyypistä. Kokoonpanon asetteen teon työvaiheet, kuten asetepukkien siirtäminen ovat riippumattomia tuotetyypistä. Työvaiheiden kesto on keskimäärin samanlainen tuotetyypistä riippumatta. Tutkimuksessa oli havaittavissa puuosien ja puristuspisteiden lukumäärän olevan tuotteen valmistusajan kannalta keskeisimmät muuttujat.

Seuraavissa kuvioissa 12 ja 13 on tutkittu puuosien ja puristuspisteiden lukumäärää ristikon pituuden suhteessa. Tietokantana on käytetty yrityksen päätuotetyyppejä yhden vuoden tuotannosta. Yleisesti sanoen kuvioissa 12 ja 13 on huomattavissa puuosien ja naulalevyparien vaihtelevan ristikon tietyllä pituusmitalla, mikä tarkoittaa ulkomuodoltaan samanlaisen ristikon rakenteen vaihtelevan suuresti. Kuvioista 13 on selvästi havaittavissa, että samanmittaisessa ristikossa puuosien määrä vaihtelee lähes 50-70 % molempiin suuntiin.



KUVIO 12. Puuosien lukumäärä ja sen vaihtelu suhteessa ristikon pituuteen.

Kuviosta 13 on havaittavissa puristuspisteiden lukumäärän vaihtelussa olevan joitakin voimakkaita eroja, mutta pääosin vaihtelu on kuitenkin puuosien vaihtelua pienempää. Tuotteiden pituusmitat keskittyvät 9-12 metrin välille, eli ne ovat keskeisimmät pituudet.



KUVIO 13. Puristuspisteiden lukumäärä ja sen vaihtelu suhteessa ristikon pituuteen.

Toimialalla yleisesti käytössä olevan ajatuksen mukaan kattoristikon pituusmitalla on suora vaikutus materiaalin määrään sekä työmäärään. Kuvioden 12 ja 13 mukaan puuosien ja myös puristuspisteiden lukumäärä vaihtelu ei suoraan seuraan pituusmittaa. Tämän perusteella pituusmittaa ei voida käyttää tuotteen työmäärän muuttujina.

Edellä esitetyt kuviot 12 ja 13 sekä työntutkimus vahvistavat puuosien ja puristuspisteiden lukumäärän olevan keskeisiä muuttujia tuotteiden valmistuksen standardiaikoja määritettäessä. Nämä muuttujat määrittelevät kokoonpanon työajan. Standardiaikamenetelmän kehittämisen näkökulmasta naulalevyparien ja puuosien lukumäärät ovat keskeisiä muuttujia. Seuraavassa kappaleessa kehitetään standardiajan laskentakaavoja sekä menetelmää todellisten valmistusaikojen määrittämiseen standardiaikojen perusteella. Perustietona käytetään työntutkimusta sekä siitä johdettuja päätelmiä ja tulkintoja.



## 5 STANDARDIAIKAMENETELMÄN KEHITTÄMINEN

### 5.1 Työntutkimuksesta johdettu standardiajan laskentakaava

Työntutkimuksen perusteella määritettiin työvaiheiden mukainen standardiajan laskentakaava. Laskentakaava perustuu tuotteen ominaisuuksiin, kuten puuosien ja naulalevyparien lukumäärään. Naulalevyparien lukumäärällä haetaan keskeistä yhteyttä solmupisteisiin, koska jokaisessa solmupisteessä on naulalevy pari. Sahauksen osalta muuttujina käytetään ainoastaan puuosien lukumäärää. Sahauksen läpimenoaikaa ei tutkittu työntutkimuksessa, vaan vaiheajana käytetään tuotannossa aiemmin määriteltyä keskimääräistä puuosan sahausaikaa. Kevään 2011 aikana sahausprosessi tulee muuttumaan, joten puuosan sahausajan vaiheaja määritetään uudelleen.

Kokoonpanossa on kaksi selvää vaihetta, asetteen teko ja varsinainen kokoonpano. Asetteen teolla tarkoitetaan asetepukkien ja ohjaimien sijoittamista kokoonpanoalueelle siten, että puuosien ja naulalevyjen asettelemisella voidaan valmistaa suunnitelman mukaisia ristikoita. Käytännössä asete on valmis silloin, kun ensimmäinen ristikko on valmistettu. Tällöin on varmistettu asetteen oikeellisuus ensimmäisen ristikon tarkistusmittauksilla. Asetteen tekoon kuuluu myös asetteen teon aputoiminnot. Asetteen teon aputoimintoihin kuuluvat valmistettavan suunnitelman puuosien ja naulalevyjen jakaminen mahdollisimman lähelle asetepukkeja, jotta varsinaisessa kokoonpanossa liikematkat olisivat mahdollisimman vähäiset. Apuaikojen ajankäyttö on riippuvainen sarjakoon suuruudesta. Standardiaikakavassa huomioidaan myös sarjakoon eli samanlaisten ristikoiden lukumäärän vaikutus. Sarjakoolla on vaikutusta erityisesti asetteen teon apuaikoihin, koska puuosien ja naulalevyjen käsittelyaika on riippuvainen niiden lukumäärästä.

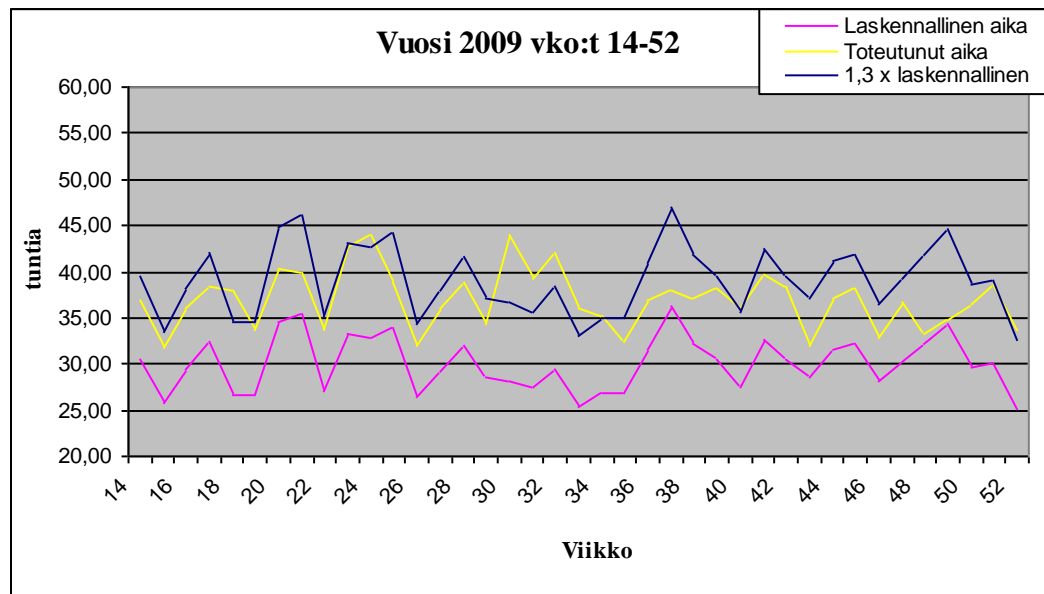
Seuraavassa on esitetty laskentakaavat sahauselle (kaava 1) ja kokoonpanolle jaettuna ne erikseen kokoonpanon asetteen teolle (kaava 2) ja yhden kappaleen varsinaiseen kokoonpanoon (kaava 3). Asete tehdään vain kerran tiettyä tilausta kohden, joten aseteajan kaavaa ei kerrota tilauksen kappalemäärällä. Aseteajan kaavan rakenteessa on huomioitu tilauksen kappalemäärä. Ristikkotilauksen ko-

koonpanoaika saadaan kertomalla yhden kappaleen kokoonpanoaika tilauksen kappalemäärällä. Laskentakaavat ovat yrityksen omaa osaamista, joten tämän johdosta niitä ei näytetä opinnäytetyössä.

## 5.2 Standardiajan laskentakaavalla seuratun tuotannon analysointi

Työaikamittausten perusteella luotua periaatetta standardiajan määrittämiselle on käytetty uuden tuotantohallin seurannassa vuodesta 2009 alkaen. Seurannassa on ollut mukana kaikki kyseisessä tuotantohallissa tehdyt tilaukset. Seurattu aineisto käsittää noin 13 000 tilausta. Seurannalla on tutkittu toteutuneiden työtuntien ja standardiaikojen muodostamien työtuntien keskinäistä suhdetta. Todellisia ja standardiajoista muodostuneita työtunteja on mitattu vuorokohtaisesti. Työvuorossa työntekijöiden tekemät todelliset työtunnit lasketaan yhteen ja määritetään työvuoron aikana valmistettujen tilausten standardiajoista muodostunut yhteenlaskettu työaika, vuorokohtainen standardiaika. Vertailussa on täten mukana todellinen ja standardiaikojen muodostama työaika.

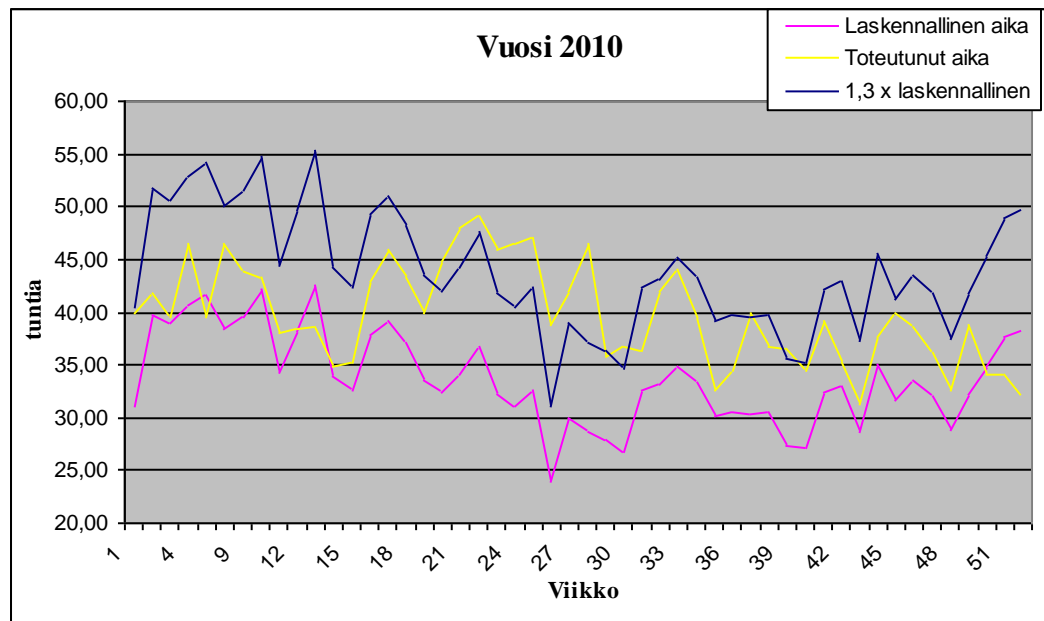
Kuviossa 14 ja 15 on esitetty kuvaajilla viikkotasolla standardiajan ja todellisen käytetyn työajan vertailu. Viikkotason vertailu koostuu viikon kymmenestä työvuorosta. Standardiajan ja todellisen työajan vertailu huomioi normaalista poikkeavan työryhmän koon. On kuitenkin huomioitava, että työryhmän koolla on merkitystä optimaalisen tehokkuuden saavuttamiseen. Normaalista koosta poikkeava, joko vähemmän tai enemmän työntekijöitä, työryhmä aiheuttaa tuotannon valmistukseen hetkellisiä seisokkeja, koska työntekijät odottavat jonkin työvaiheen aloittamista. Valmistusprosessi normaalilla asetemäärällä edellyttää tietyn määrän työntekijöitä, jotta monien tilausten samanaikainen valmistaminen on mahdollisimman keskeytyksetöntä, kuten työaikamittauksissa oli havaittavissa.



KUVIO 14. Standardiajan ja toteutuneen ajan vertailua viikkotasolla vuodelta 2009.

Kuviossa 14 on standardiajan ja todellisen työajan lisäksi lisätty 1,3 kertoimella korjattu standardiaika. Standardiaika on kirjallisuusosuudessa esitetyn mukaisesti tavoiteaika, joka pyritään saavuttamaan. Vertailukertoimella 1,3 saavutetaan toteutunutta aikaa hieman suurempikin aika, jolloin voidaan todeta oikean vertailukertoimen olevan vuoden 2009 osalta pienempi kuin 1,3. Standardiajan ja todellisen ajan kuvaajat seuraavat muodoltaan ja liikkeiltään toisiaan, joten keskinäinen korrelaatio on kuvaajien perusteella selvästi näiden kahden arvon välillä havaittavissa.

Kuviossa 15 on kuvion 14 tapaan verrattu standardiajan ja toteutuneen todellisen ajan keskinäistä suhdetta. Lisäksi kuvaajaan on lisätty vertailukertoimella 1,3 kerrottua laskennallista aikaa, joka on suuruudeltaan hieman toteutunutta aikaa suurempi. Kuvaajat seuraavat toisiaan niin muodoiltaan kuin vaihtelun suunnalla.



KUVIO 15. Standardiajan ja toteutuneen ajan vertailua viikkotasolla vuodelta 2010.

Molemmista kuvioista 14 ja 15 on havaittavissa viikkojen 22-34 välillä todellisen ja laskennallisen työajan välillä olevan suurin ero. Tämä johtuu osaltaan sijaistyövoiman käytöstä, mikä laskee työn tehokkuutta kesän lomakaudella. Lisäksi tilauskannan tilaukset ovat kesäaikana kokovuoden tilauskantaan verrattuna tuotannollisesti hieman keskiarvoa vaikeampia.

### 5.3 Standardiaikamenetelmän soveltaminen yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään

Opinnäytetyössä kehitettyjä standardiaikoja ja erityisesti menetelmää niiden reaaliaikaiseen määrittämiseen voidaan soveltaa laajasti yrityksen ERP -järjestelmässä. Tarjouslaskennan näkökulmasta valmistuksen standardiaika antaa ennusteen valmistuskustannuksista tuotteen tarjouslaskentaan. Lisäksi standardiaika palvelee yrityksen tuotannonohjausta ERP -järjestelmän tuotannonohjauksessa ennustamalla tuotteen valmistusaika. Jälkilaskennan näkökulmasta standardiajat ovat keinot määrittääkseen todelliset valmistusajat. Myös palkkauksen näkökulmasta standardiaikamenetelmää voidaan tulevaisuudessa hyödyntää.

Käytännön tasolla standardiaikojen soveltaminen tarkoittaa, että muuttujiin perustuva standardiaikojen määrittäminen voidaan hyödyntää suoraan ristikoiden suunnitteluohjelman tekemässä suunnitelmassa. Suunnitteluohjelmalla on käytettävissä kaikki standardiajan laskennan tarvitsemat keskeiset elementit, joten ratkaisuna on standardiajan laskentakaavan muodostaminen ristikoiden suunnitteluohjelmaan. Täten ohjelma generoi siirtotiedostoon valmistusajan automaattisesti jokaisesta suunnitellusta tuotteesta ja välittää tämän tiedon ERP -järjestelmään. Seuraavassa on yhteenvetona tutkimuksessa kehitetyn siirtotiedoston sisältö.

Tiedosto sisältää:

- Tuotteen yleistiedot
- Tuotteen tekniset tiedot
- Standardiaika suunnittelulle
- Standardiaika puuosien sahaukselle
- Standardiaika kokoonpanolle
  - Asetteen teon standardiaika
  - Varsinaisen kokoonpanon standardiaika
- Materiaalitiedot puumateriaaleista
- Materiaalitiedot naulalevyistä

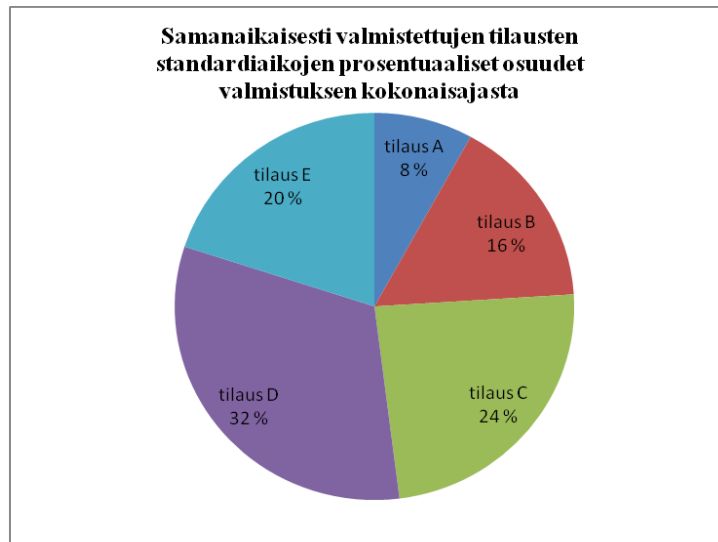
Opinnäytetyössä tutkittiin myös ristikoiden suunnitteluohjelman antamien tuotteiden valmistuksen standardiaikojen hyödyntämistä työajanseurantaohjelmassa. Työajanseurantaohjelmistolla seurataan läsnäolotunteja, mutta on myös mahdollista seurata tilausten valmistumista. Ristikkosuunnitelman kuvaan voidaan tulostaa viivakoodi, jossa on tilauksen työnumero. Tämä on tunnistetieto, jolla voidaan yhdistää tietokannassa oleva tiedosto tiettyyn tilaukseen. Tietokannan tiedostoja luodaan niin ristikoiden suunnitteluohjelmalla kuin ERP -järjestelmällä. Kyseessä olevan tiedoston työaikoihin liittyvät tiedot välitetään ERP -ohjelman välityksellä työajanseurantaohjelmalle. ERP -ohjelmisto on keskus, minkä välityksellä tietoliikenne kulkee. Työajanseurantaohjelmisto käyttää näitä tietoja määrittämään valmistetuille tilauksille niiden todellisen valmistusajat.

Todellisia valmistusaikoja ei ole mahdollista määrittää pelkillä työn aloitus ja lopetus leimauksilla, koska useita tilauksia tehdään samanaikaisesti ja työryhmän

koko vaihtelee tilauksen työvaiheen mukaan. Esimerkiksi asetteen teossa on yleensä vain yksi työryhmän jäsen. Varsinaisessa kokoonpanossakin työryhmän jäsenmäärä vaihtelee sen mukaisesti, minkälaisia muita tilauksia on samanaikaisesti kokoonpanossa. Työntutkimuksessa oli havaittavissa työryhmän jäsenten keskinäisen yhteistyön olevan oleellisen tärkeätä tehokkaassa kokoonpanoprosessissa. Jokaisen työryhmän jäsenen on tiedettävä tarkalleen oma roolinsa työryhmässä.

Työajanseurantaohjelman mahdollisuudet toteutuneiden työaikojen määrittämiseen perustuvat tuotannossa työvuoron aikana valmistettujen tilausten muodostavan nipputyön määrittämiseen. Opinnäytetyössä rakennettiin ratkaisuksi vuoro-kohtainen nipputyöjärjestelmä. Nipputyön muodostavat tilaukset, jotka tehdään samassa työvuorossa tietyllä tekopaikalla tietyllä työryhmällä. Täten nipputyö ajatellaan nipuksi erilaisia tilauksia, jotka katsotaan valmistetuksi tietyllä aikavälillä. Tällöin toteutuneet työajat jaetaan nipussa oleville tilauksille niille määritettyjen standardiaikojen suhteessa. Eli todellinen työaika on standardiaikojen suhteen määräytynyt työaika. Työntekijöiden työssäoloaika on yksikäsitteisesti määrittävissä. Nipputyö menetelmä on siis keino määrittää todelliset työajat.

Seuraavassa kuviossa 16 on esitelty pelkistetyllä mallilla kokonaistyöajan jakautumista eri tilauksille standardiaikojen suhteessa. Kokonaisaika on työryhmän tekemä todellinen työaika, eli aika minkä työntekijät ovat olleet työpaikalla vähennettynä tauot. Samanaikaisesti tehtyjen tilausten standardiajat lasketaan yhteen ja kukin tilaus saa standardiaikansa mukaisen osuuden yhteenlasketuista standardiaikojen muodostamasta summasta. Täten jokaiselle tilaukselle tulee niiden kuvion 16 mukainen prosentuaalinen osuus käytetystä todellisesta työajasta.



KUVIO 16. Samanaikaisesti valmistettujen tilausten prosentuaaliset osuudet kokonaisajasta.

Standardiajat määrittävät työn ennakoitun tuotantoajan, jonka avulla määritetään todellinen tuotantoaika. Tällä menetelmällä saavutetaan mahdollisimman tarkka valmistusaika. Työaikaleimauksien määrä on minimoitava, koska on panostettava työn tehokkuuteen ja täten keskityttävä vain oleelliseen. Työaikaleimauksien avulla todellisen valmistusajan mittaaminen olisi muutenkin mahdotonta, koska työskentely tapahtuu jaksoittain vaihtelevalla miehityksellä. Virhettä kehityksessä nipputyön laskentamallissa syntyy ainoastaan siinä tapauksessa, jos tiettyä tuotetyyppeä painotetaan standardiaikojen määrittelyssä todellisuudesta poikkeavalla tavalla. Seuraavassa on käytännön esimerkki laskentamalli työryhmän jäsenten työtunneista sekä työvuoron aikana tehdyistä nippuun kuuluvista tilauksista.

TAULUKKO 1. Työryhmän jäsenten tekemät työtunnit

Työntekijä	Tuloaika	Lähtöaika	Tehdyt työtunnit
Jukka	6:00	14:30	8
Ville	6:00	14:30	8
Jaakko	6:00	14:30	8
Pekka	6:00	14:30	8
Jouni	6:00	14:30	8
Yhteensä			40

Taulukossa 1 on kuvattu työryhmän jäsenten tekemät todelliset työtunnit. Näiden yhteenlaskettu summa on tilausten valmistamiseen käytetyt kokonaistyötunnit.

Seuraavassa taulukossa 2 on esitetty työryhmän työvuoron aikana tekemä työnip-pu ja työnipun yhteenlaskettu standardiaika. Lisäksi taulukossa 2 on esitetty stan-dardiaikojen suhteessa määritetty toteutunut valmistusaika. Työryhmän todelliset työtunnit määräytyvät taulukon 1 mukaisesti.

TAULUKKO 2. Tilaukset ja niiden standardiajat sekä niiden pohjalta lasketut toteutuneet valmistusajat.

Työt työtunniste	Kappaletta kpl	Asete K / E	Standardiaika asete	Standardiaika kasaus/kpl	Standardiaika yhteensä	Toteutunut valmistusaika
291234_10	25	E	10,05	0,19	4,75	5,58
291234_20	15	K	0,83	0,21	3,98	4,68
291234_30	5	K	0,88	0,17	1,73	2,03
291234_40	8	K	0,84	0,14	1,96	2,30
291234_50	4	K	0,61	0,13	1,13	1,33
293300_10	19	K	0,95	0,24	5,51	6,47
293300_20	7	E	0,92	0,22	1,54	1,81
293300_30	8	K	0,74	0,21	2,42	2,84
293300_40	6	K	0,72	0,17	1,74	2,04
293300_40	18	K	0,69	0,16	3,57	4,20
296600_10	9	K	0,82	0,19	2,53	2,97
296600_20	6	K	0,63	0,19	1,77	2,08
296600_30	2	K	0,32	0,14	0,6	0,71
296600_40	4	K	0,29	0,13	0,81	0,95
Yhteensä	136				34,04	40

Työajanseurantaohjelman toiminnan näkökulmasta yhden työryhmän yhden vuo-ron tekemät tilaukset muodostavat yhden työnipun. Laskennan kannalta järjestel-mään on kerrottava tieto työryhmän jäsenten määrästä, jolloin laskennassa huomi-oidaan todelliset työtunnit. Teknisesti tämä on kuitenkin mahdollista toteuttaa tekopaikkaleimauksilla ja nipputyön kirjauksilla. Tämä kuitenkin edellyttää työ-ryhmän jäseniltä oikeat sisääntuloleimaukset työvuoron alussa. Ainoastaan yhden työryhmän jäsenen tehtävänä on kirjata työryhmän tekemät tilaukset järjestel-mään. Tällöin järjestelmään tehtävien leimauksien määrät ovat mahdollisimman vähäiset ja vältetään saman asian toistoilta.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET

Seuraavaksi tarkastellaan opinnäytetyössä luotuja standardiaikoja ja menetelmää standardiaikojen muodostamiseen sekä niiden soveltamista yrityksen liiketoiminnassa. Tarkastelussa sovelletaan nelikenttä SWOT (Strenght, Weaknesses, Opportunities, Treths) analyysiä. Eli selvitetään standardiaikojen ja menetelmän vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat. Seuraavassa kuviossa 17 on esitetty tämä analyysi.

<p>Vahvuudet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jokaiselle tilaukselle, tuotteelle määritellään valmistuksen standardiaika ja standardiaikamenetelmän määrittelemä toteutunut valmistusaika.</li> <li>- Standardiajat perustuvat muuttujiin, jotka ovat keskeisiä tekijöitä valmistuksen työmäärään määrittelyssä.</li> <li>- Erityisesti standardiaikojen avulla määritelty toteutunut valmistusaika antaa riittävän tarkka arvon.</li> </ul>	<p>Heikkoudet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Työaikamittaukset on tehty vuonna 2006.</li> <li>- Standardiaikamenetelmän soveltaminen käytäntöön työajanseurantaohjelman avulla edellyttää kurinalaista toimintatapaa.</li> <li>- Tilaukset suunnitellaan yksilöllisesti, täten standardiaika on teorian mukainen arvo, ei täysin eksakti arvo.</li> </ul>
<p>Mahdollisuudet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valmistuksen standardiaikoja on mahdollista hyödyntää tarjouslaskennassa, jälkilaskennassa ja palkkauksessa sekä tuotannonohjauksessa.</li> <li>- Menetelmää on mahdollista kehittää paremmaksi.</li> </ul>	<p>Uhat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Standardiaikamenetelmän implementointi käytännön työkaluksi.</li> <li>- Luottamuksen puute teoriaan.</li> </ul>

KUVIO 17. Standardiaikojen ja standardiaikamenetelmän SWOT-analyysi.

### *Vahvuudet*

Työssä johdettiin tuotteiden muuttujiin perustuvat valmistuksen standardiajan laskentakaava sekä menetelmä standardiaikojen hyödyntämiseen ERP -järjestelmässä. Menetelmä standardiajan soveltamiseen ERP -järjestelmässä perustuu tuotteiden standardiajan laskentakaavaan, mutta menetelmän antamat tulokset perustuvat tuotannon reaaliaikaiseen seurantaan nipputyömenetelmän avulla. Suurimpana vahvuutena on jokaiselle tilaukselle määritettävä valmistuksen standardiaika ja toteutunut valmistusaika. Tuloksia voidaan soveltaa 94 % kaikista tilauksista.

### *Heikkoudet*

Työ perustuu vuoden 2006 työaikamittauksiin. On kuitenkin huomioitava, että työssä määritettiin menetelmä tilauskohtaisten valmistusaikojen määrittämiseen, joka hyödyntää työntutkimuksen tuloksia. Täten työntutkimuksen tulosten tarkkuutta on mahdollista päivittää uusilla tutkimuksilla. Tärkeimpänä asiana tilauskohtaisten standardiaikojen määrittämisen menetelmään ei ole työvaiheiden vaiheikojen oikeellisuus, vaan oikea työvaiheiden määrittely. Standardiaikamenetelmän soveltaminen työajanseurantaohjelmistossa vaatii kurinalaista toimintatapaa. Standardiaika on itsessään tuoteominaisuuksiin perustuvaa teoriaa, ei eksaktia tietoa.

### *Mahdollisuudet*

Standardiaikalaskennan menetelmällä on sovellusmahdollisuudet ERP -järjestelmän tarjouslaskennassa, jälkilaskennassa, tuotannonohjauksessa sekä palkkauksessa. Tarjouslaskennassa kuten myös tuotannonohjauksessa käytetään standardiajan laskentakaavan antamia tuloksia. Jälkilaskennan näkökulmasta työajan seurantajärjestelmän nipputyön menetelmä antaa toteutuneen valmistusajan. Täten standardiaikojen suhteen määritellyt todelliset tilauskohtaiset valmistusajat on mahdollista määritellä. Todelliset valmistusajat perustuvat käytettyyn työaikaan, joten ne ovat todellisia valmistusaikoja. Palkkauksen näkökulmasta tuotteiden valmistuksen standardiaikamenetelmä on oltava mahdollisimman selkeä, yksikäsitteinen ja tasapuolinen eri tuotantolinjojen ja kaikkien tuoterakenteiden suhteen.

Valmistuksen tilauskohtaisia standardiaikoja voidaan tarkentaa tuotannosta saatujen todellisten valmistusaikojen suhteessa, joten näiden kahden ajan välistä eroa on mahdollista pienentää. Tarkentamisella tarkoitetaan standardiajan laskentakaavaan tehtäviä päivityksiä toteutuneiden valmistusaikojen seurannalla.

### *Uhat*

Suurimpana uhkana on standardiaikamenetelmä implementointi käytännön työkaluksi sekä luottamuksen puute teoriaan. Standardiaika on teoriaa, joka pohjautuu työajanmittauksiin. Jokainen tilaus on yksilöllinen, mutta tuotteen ominaisuudet sisältävät standardiaikalaskennassa käytettäviä olennaisia muuttujia. Laskennan on perustuttava aina teoriaan.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä on saavutettu asetut tavoitteet vastaamalla molempiin tutkimuskysymyksiin. Työssä johdettiin standardiajan laskentakaavat sekä menetelmä tuotannossa valmistettujen tilauksien tilauskohtaisten valmistusaikojen määrittämiseen. Konkreettisesti ajatellen työssä luotiin suunnitteluohjelmaan integroitava standardiajan laskentakaava sekä ERP -järjestelmässä sovellettava nipputyömenetelmä toteutuneiden valmistusaikojen määrittämiseen.

Standardiaikojen laskentakaava on hyödynnettävissä kaikissa yrityksen päätuotetyypeissä, käsittäen 94 % yrityksen tilauskannasta. Harvinaisimpien ja erikoisimpien tuotteiden tuoterakenteissa standardiajan laskentakaava ei anna riittävän tarkkaa tulosta, joten näiden suhteen kaava ei suositella hyödynnettäväksi. Näiden tuotteiden tuoterakenteet poikkeavat suuresti työntutkimuksessa otannan tuotteista. Lisäksi näiden tuotteiden prosentuaalinen osuus koko tilauskannasta on pieni. Tämän marginaalisen osuuden perusteella ei ole järkevää muuttaa päätuotetyypin perusteella luotua menetelmää, eikä myöskään luoda niille omaa menetelmää niiden keskenään poikkeavien ominaisuuksien johdosta.

Työn eteneminen ja eri asiakokonaisuuksien keskinäiset suhteet seurasivat tietoperustan kuviossa 4 esitettyä rakennetta tuotteen standardivaiheiden ja standardiajan määrittelyyn liittyen. Työn aihealueen rakentumisen näkökulmasta kuvio 4 on tiivistelmä keskeisistä asioista. Työ noudatteli johdannossa esitettyjen aikaisempien tutkimuksien periaatteita ja saavutuksia. Myös Hynynen (2007) teki opinnäytetyössään toimintajärjestelmään integroidun valmistuksen standardiaikamenetelmän. Menetelmä perustui myös tuotteen ominaisuuksiin käyttäen niitä muuttujinaan.

Tutkimuksen luotettavuutta heikentää vuodelta 2006 olevat työnajantutkimukset. Ajankohdallisesti työntutkimus toteutettiin tulosten oikeellisuuden kannalta parhaana mahdollisena ajankohtana, vakituinen työvoima oli töissä ja tilauskanta oli pitkän ajan keskiarvon mukainen. Työaikamittausten tutkimukset käsittivät kahden viikon tuotannon seurannan. Näiden työaikatutkimusten pohjalta tehtiin standardiajan käyttäytymisen tuotannollinen seuranta lähes kahden vuoden ajalta. Seurattu aineisto käsitti 13 000 tilausta sekä kaikki kausiluonteisen tuotannon vuodenaajat. Tuotannon seurannan arvioidaan olevan riittävä vakuuttamaan standardiaikamallin käyttäytymistä suhteessa toteutuneeseen valmistusaikaan. Työn lopputulosten kannalta prosessin jakaminen selviin työvaiheisiin ja laskentamenetelmä on työn tavoitteiden kannalta tärkeimmät asiat, kuten johtopäätöksissä todettiin.

Kehityskohteeksi suositellaan uusia työntutkimuksia, joilla päivitetään työvaiheiden rakenneajat. Seuraavana kehityskohteena olisi standardiaikajärjestelmän menetelmän implementointi tarjouslaskennan ja jälkilaskennan perustyökaluksi. Lisäksi standardiaikamenetelmän kehityskohteita olisi standardiaikojen soveltaminen palkkauksessa. Palkkaus olisi tällöin mahdollista perustua tehtyyn työmäärään, koska työntutkimuksista tehdyn päätelmän mukaisesti kokoonpanon asetteen teolla on suuri rooli kokoonpanon kokonaisajassa. Tällöin palkkauksen näkökulmasta tilaukset standardoitaisiin niiden kokonaistyömäärän, valmistusajan suhteen.

## LÄHTEET

### **Painetut lähteet**

Andersson, P. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY.

Engeström, Y. 1995. Kehittävä työntutkimus; perusteita, tuloksia ja haasteita. Helsinki: Painatuskeskus Oy

Fogelholm, J. Karjalainen, J. 2001. Tuotantotoiminnan mittaaminen. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy.

Granlund, M. Malmi, T. 2004. Tietotekniikan mahdollisuudet taloushallinnon kehittämisessä. Jyväskylä: Gummeruksen Kirjapaino Oy.

Hirsjärvi, S. Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Otavan kirjapaino Oy.

Jacobs, F.R. Weston, F.C. 2007. Enterprise resource planning (ERP) – A brief history. Julkaisussa Journal of Operation Management. 25 (2007). p. 357-363.

Jiao, J. Tseng, M.M. 1999. A pragmatic approach to product costing based on standard time estimation. Julkaisussa International Journal of Operations & production Management. Vol. 19 Iss: 7. p. 738 – 755.

Jyrkkiö, E. Riistama, V. 2002. Laskentatoimi päätöksenteon apuna. Porvoo: WSOY.

Kakouris, A.P. Polychronopoulos, G. 2005. Enterprise Resource Planning (ERP) System: An Effective Tool for Production Management. Julkaisussa Management Research World. Volume 28 number 6. p. 66-78.

Kinnunen, J. Leppiniemi, J. Puttonen, V. Virtanen, K. 2002. Tietoa yrityksen taloudesta. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Kinnunen, J. Laitinen, E. Laitinen, J. Leppiniemi, J. Puttonen, V. 2007. Avain laskentatoimeen ja rahoitukseen. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Kinnunen, J. Leppiniemi, J. Martikainen, T. Virtanen, K. 2000 Yrityksen taloushallinnon perusteet. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Ko, C.S. Myung, S.C. Jae, J.R. 2007. A case study for determining standard time in a multi-pattern and short life-cycle production system. Julkaisussa Computers & Industrial Engineering 53/2007. pp 321-325.

LAW, C.C.H. Ngai, E.W.T. 2007. ERP systems adoption: An exploratory study of the organizational factors and impacts of ERP success. Julkaisussa Information and Management. 44 (2007) p. 418-432.

Lecklin, O. 1997. Laatu yrityksen menestystekijänä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Leppänen, A. 2000. Työprosessin mallintaminen tukemaan työn ja osaamisen kehittymistä. Työterveyslaitos, Helsinki: Paino Miktor 2000

Lönnqvist, A. Mettänen, P. 2003. Suorituskyvyn mittaaminen – tunnusluvut asiantuntijaorganisaation johtamisvälineenä. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Malhohra, R. Temponi, C. 2010. Critical Decisions for ERP integration: Small business issues. Julkaisussa International Journal of Information Management 30 (2010). p. 28-37.

Mo, J.P.T. Sigit, A. Myers K. 2009. Development of a product model for manufacturing planning and control in a made-to-order business. Julkaisussa Journal of Manufacturing Technology Management. Vol. 20 No. 1/ 2009. pp. 97-112.

Neilimo, K. Uusi-Rauva, E. 2005. Johdon laskentatoimi. Helsinki: Edita Prima Oy.

Pellinen, J. 2006. Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Riistama, V. Jyrkkiö, E. 1996. Operatiivinen laskentatoimi: perusteet ja hyväksikäyttö. Espoo: Weiling + Göös.

Sulaiman, M. Ahmad, N.N.N. Alwi, N.M. 2005. Is standard costing obsolete? Empirical evidence from Malaysia. Julkaisussa Managerial Auditing Journal. Vol. 20 Iss: 2. p.109 – 124.

TR22:2010. Tuoteryhmäohje. Naulalevyrakenteet. Julkaisija Inspecta Oy.

TR24:2010. Tuoteryhmäohje. Puun koneellinen lujuuslajittelu. Julkaisija Inspecta Oy.

Uusi-Rauva, E. Haverila, M. Kouri, I. Miettinen A. 2009. Teollisuustalous. Kuudes painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.

Uusi-Rauva, E. 1997. Tuottavuus – mittaa ja menesty. Toinen painos. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy.

Zoysa, D.Z. Herath, S.K. 2007. Standard costing in Japanese firms: Reexamination of its significance in the new manufacturing environment. Julkaisussa Industrial Management & Data Systems. Vol. 107 Iss: 2. p.271 – 283.

### **Verkkojulkaisut:**

Aallosvirta, J. Terävinen, T. 2010. Palvelukokonaisuuksien hinnoittelumalli. Opinnäytetyö [Verkkojulkaisu]. Lahden ammattikorkeakoulu, Liiketalouden koulutusohjelma. [Viitattu 20.2.2011]. Saatavissa ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden Theseus -tietokannassa: <https://publications.theseus.fi/handle/10024/7954>

Hynynen, K. 2007. Tarjouslaskennan kehittäminen ja mittarointi. Opinnäytetyö [Verkkojulkaisu]. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. Tuotantotekniikka. [Viitattu 20.2.2011]. Saatavissa ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden Theseus -tietokannassa: <https://publications.theseus.fi/handle/10024/7984>

Mäkinen, V. 2010. Kun Erp ei riitä. Tietoviikko [Verkkojulkaisu]. Julkaistu 16.4.2010. [Viitattu 4.3.2011]. Saatavissa: <http://lehtiarkisto.talentum.com.aineistot.phkk.fi/lehtiarkisto/search/show?eid=1649161>

Pitkälä, J. 2006. Osavalmistuksen kustannustehokkuuden arviointi. Opinnäytetyö [Verkkojulkaisu]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Konetekniikan osasto. [Viitattu 20.2.2011]. Saatavissa Doria -julkaisuarkisto: <http://www.doria.fi/handle/10024/29972>

Puutalojen ja rakennus- ja puusepäntuotteiden valmistus. 2010. Työ- ja elinkeinoministeriön ja ELY -keskusten julkaisema toimialaraportti [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 10.12.2010]. Saatavissa: <http://www.temtoimialapalvelu.fi>

Rakennusteollisuus RT ry:n suhdannekatsaukset[Verkkojulkaisu]. 2010. [Viitattu 10.12.2010]. Saatavissa: <http://www.rakennusteollisuus.fi/RT/Tilastot+ja+julkaisut/RT%3an+suhdannekatsaukset/>

Salejärvi, T. 2009. Tuotantokoneiden tuntikustannukset. Opinnäytetyö [Verkkojulkaisu]. Lahden ammattikorkeakoulu, Liiketalouden koulutusohjelma. [Viitattu



20.2.2011]. Saatavissa ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden Theseus - tietokannassa: <https://publications.theseus.fi/handle/10024/2930>

Tani, I. 2008. Tasolohkolinjan läpäisyajkojen tarkastelu ja kehittäminen Lean management periaatteita soveltaen. Opinnäytetyö [Verkkojulkaisu]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Konetekniikan osasto. [Viitattu 20.2.2011]. Saatavissa Doria - julkaisuarkisto: <http://www.doria.fi/handle/10024/42249>

### **Standardit:**

SFS-EN ISO 9001: 2008. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-EN 14250: 2004. Naulalevyrakenteet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-EN 14081-1: 2005. Koneellinen ja visuaalinen lujuuslajittelu. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto .

SFS-EN 338: 2010. Rakenteellinen sahatavara. Lujuusluokat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto .

SFS-EN 5878 INSTA 142: 2010. Visuaalinen lujuuslajittelu. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-EN 408: 2003. Rikkova aineenkoetus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-EN 14545: 2008. Metalliset kiinnikkeet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

Eurokoodi 5-EN 1995: 2004. Puurakenteiden suunnittelu. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.