

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
LUT School of Business and Management  
Tuotantotalouden koulutusohjelma

**Jussi Lindström**

**TUOTELASKENTATYÖKALU AUTOTEOLLISUUDEN TUOTTEIDEN  
SOPIMUSVALMISTUKSEEN**

Tarkastaja: professori Timo Pirtilä

## TIIVISTELMÄ

<b>Tekijä:</b> Jussi Lindström	
<b>Työn nimi:</b> Tuotelaskentatyökalu autoteollisuuden tuotteiden sopimusvalmistukseen	
<b>Vuosi:</b> 2017	<b>Paikka:</b> Turku
Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tuotantotalouden osasto, Toimitusketjun johtaminen 65 sivua, 11 kuvaa ja 3 taulukkoa Tarkastaja: Professori Timo Pirttilä	
<b>Hakusanat:</b> Laskentamalli, autoteollisuus, kustannuslaskenta	
<b>Keywords:</b> Calculation model, automotive industry, cost calculation	
<p>Työn kohdeyrityksenä toimii elektromeekaniikkaan erikoistunut sopimusvalmistusyritys, jolla on kokemusta autoteollisuuden tuotteiden valmistuksesta 1960-luvulta lähtien. Työn tavoitteena on luoda tuotelaskentatyökalu parantamaan tuotekohtaisen kustannusinformaation tarkkuutta ja luotettavuutta. Laskentatyökalua voidaan hyödyntää uusien projektien hinnoittelussa sekä jälkilaskennassa. Työ koostuu teoreettisesta kirjallisuuden ja tutkimusten tutkimisesta sekä tuotelaskentatyökalun luonnista ja analysoinnista. Työ on tehty konstruktiiivisella tutkimusotteella.</p> <p>Luotu laskentatyökalu soveltuu tietyssä tuotantoyksikössä valmistettavien autoteollisuuteen kuuluvien tuotteiden tuotekustannuslaskentaan. Työkalussa on hyödynnetty aikaisempien projektien toteutuneita projektikustannuksia, joita on vertailtu arvioituihin kustannuksiin. Kokonaiskustannusten jyvitys on tapahtunut teoriassa esitettyjen laskentamenetelmien avulla tuotantoprosessiin ja -menetelmään soveltuvasti.</p>	

## ABSTRACT

<b>Author:</b> Jussi Lindström	
<b>Subject:</b> Product cost calculation model for automotive part manufacturing	
<b>Year:</b> 2017	<b>Place:</b> Turku
Master's Thesis. Lappeenranta University of Technology, School of Business and Management, Supply chain and operations management 65 pages, 11 figures and 3 tables Supervisor: Professor Timo Pirttilä	
<b>Keywords:</b> Calculation model, automotive industry, cost calculation	
<b>Hakusanat:</b> Laskentamalli, autoteollisuus, kustannuslaskenta	
<p>The target company in this study is a medium sized contract manufacturer specialized in serial production of mechanics and electronics. The company has experience of automotive industry since the 1960s. The aim of this study is to create a product calculation model to improve the cost calculations accuracy and reliability. The calculation model can be used in post-processing but also to give information for the sellers in quotation process. The study consists of theoretical part and empirical part. The study is made with a constructive study method.</p> <p>The created costing model is suitable for cost calculations of automotive product manufacturing in specific production unit. The costing model is not scalable to other production units or production types. The information exploited is collected from the company's data. The past manufacturing costs and estimated calculations have been in a significant role in the process. The total costs of production have been divided with the methods presented in theoretical part.</p>	

## **ALKUSANAT**

Viimeiset asekeleet tästä virstanpylvästä on käynnissä. Haluan kiittää teollisuusneuvos Heikki Ajankoa ja Stera Technologies Oy:tä tämän työn mahdollistamisesta. Kiitos kuuluu myös työn ohjaajalle Timo Pirttilälle ja muille Lappeenrannan teknillisen yliopiston henkilökunnalle laadukkaasta ja mielenkiintoisesta opetuksesta.

Näistä vuosista jäi käteen paljon oppia ja hauskoja muistoja. Tiivis opiskelijahenki on Lappeenrannassa uskomatonta, mistä ei unohda yhdessä koettuja hetkiä kuin ihmisiäkään. Opettajien, perheen ja ystävien tuki ovat edellytyksiä hyvään.

Turussa 22.5 2017

Jussi Lindström

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	9
1.1	Tavoitteet ja rajaukset	10
1.2	Tutkimuksen toteutus	11
1.3	Työn rakenne	13
2	TUOTANTOPROSESSIT	16
2.1	Tuotannontekijät	16
2.2	Tuotantomuodot	17
2.3	Laskennan piirteet eri tuotantoprosesseissa	18
3	KUSTANNUSLASKENTA	20
3.1	Muuttuvat ja kiinteät kustannukset	20
3.2	Kustannuslajilaskenta	21
3.2.1	Työkustannukset	22
3.2.2	Ainekustannukset	25
3.2.3	Muiden lyhytvaikutteisten tuotannontekijöiden kustannukset	25
3.2.4	Pitkävaikutteisten tuotannontekijöiden kustannukset	26
3.3	Elinkaarilaskenta	27
4	TUOTEKOHTAINEN LASKENTA	29
4.1	Suoritekalkyyli	30
4.1.1	Minimikalkyyli	31
4.1.2	Keskimääräiskalkyyli	31
4.1.3	Normaalikalkyyli	32
4.2	Jakolaskenta	33
4.3	Lisäyslaskenta	35
4.4	Toimintopohjainen laskentamalli	36

5	KOHDEYRITYS	40
5.1	Kohdeyrityksen tuotantoprosessit	40
5.2	Laskentatyökalun kehittämisen lähtökohdat kohdeyrityksessä	41
5.3	Kohdeyrityksen kustannukset autoteollisuuden tuotannossa	43
6	LASKENTATYÖKALUN KEHITTÄMINEN	46
6.1	Työkalun rakenne	47
6.2	Työkalun syötteiden valinta	50
6.3	Toimivuuden testaaminen ja arviointi	54
6.4	Työkalun jatkokehitys ja muut mahdollisuudet	55
7	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	57
7.1	Työn keskeiset tulokset	57
7.2	Tulosten arviointi, oikeellisuus ja merkittävyys	58
7.3	Jatkotutkimuskohteet ja suositukset	60
8	YHTEENVETO	61
	LÄHTEET	64

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Konstruktivisen tutkimuksen osat. (Kasanen et al. 1991).....	12
Kuva 2. Kustannuslajilaskennan jaottelu (Vehmanen & Koskinen 1997)....	20
Kuva 3. Kustannusten ryhmittely lajeittain. (Riistama & Jyrkkö 1994, s. 95).....	22
Kuva 4. Aikaan perustuvan tuotanpalkkion laskenta. (Pellinen 2006, s. 104).....	24
Kuva 5. Perinteinen laskentajärjestelmä ja toimintolaskentajärjestelmä (Horngren et al. 1996, s. 136).....	37
Kuva 6. Laskentatyökalun kehittämisen lähtökohdat kohdeyrityksessä.....	41
Kuva 7. Arvioitujen ja toteutuneiden kustannusten vaihtelu.....	42
Kuva 8. Esimerkki toimintolaskennasta.....	45
Kuva 9. Laskentamallin tulostus eri tilanteissa (Fogelholm et al. 2001, s. 51).....	46
Kuva 10. Laskentatyökalun käytön eteneminen.....	47
Kuva 11. Tuotekohtaisten syöttötietojen syöttöikkuna.....	50

## TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Työn rakenne panos-tuotos -kaaviossa .....	14
Taulukko 2. Keskimääräiskalkyylin laskentaesimerkki. (Riistama & Jyrkiö 1994, s. 159) .....	31
Taulukko 3. Kustannuslajien laskentatavat.....	44



## 1 JOHDANTO

Teollisuuden kova kilpailu vaatii alalla toimijoilta hintakilpailukykyä sopimusten saavuttamiseksi. Tuotteiden hinnoittelu perustuu usein laskettuihin valmistuskustannuksiin ja haluttuun katteeseen, jolloin valmistuskustannuksien laskenta on tärkeää. Liian alhainen hinta saattaa tuottaa tappiota yritykselle kun taas liian korkea hinta voi estää kaupan syntymisen, mikäli kilpailija tarjoaa paremman hinnan (Niazi et al. 2006). Sopimusvalmistuksen tyypillinen hinnoittelu on muuttuvaa, jolloin tuotteille sovitaan hinnat tietylle ajanjaksolle kerrallaan. Tällöin hintaa voidaan muuttaa kyseisen ajanjakson jälkeen. Kuluneen ajanjakson jälkeen asiakas voi vaihtaa toimittajaa ja toimittaja voi tarkastaa tarjoamansa hinnan. Kyseinen toimintamalli on myyjille ja tarjouslaskijoille kuormittavaa, minkä takia kustannusten tarkka, mutta yksinkertainen selvittäminen on välttämätöntä.

Kohdeyritys on erikoistunut asiakkaiden tuotteiden sopimusvalmistukseen, jolloin tuotteiden lukumäärä tuotantoyksikköä kohden on satoja. Kyseisten tuotteiden valmistukseen käytetään samoja tiloja ja laitteita. Valmistettavat eräkoot riippuvat valmistettavista tuotteista, mutta vaihtelee voimakkaasti asiakkaiden tarpeiden muutoksen mukaan. Tällöin kustannusten seuranta ja jakaminen hankaloituu, kun tarkkaa tietoa valmistuksen kustannuksista ei pystytä helposti saamaan. Sopimusvalmistuksessa valmistettavien tuotteiden materiaalikustannukset ja suorat työkustannukset voidaan määrittää melko tarkasti, mutta laitteiden, kiinteistön sekä välillisten kustannusten kohdistaminen tuotetasolle on vaikeaa.

Kohdeyrityksessä valmistettavien tuotteiden laskentaan on tarpeellista kehittää laskentatyökalu, jonka avulla voidaan jakaa tuotantoyksikön kaikki kustannukset tuotetasolle, jotta voidaan varmistua tuotteiden kannattavuudesta ja kehittää oikeiden tuotteiden kannattavuutta.

## 1.1 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on kehittää Microsoft Excel -pohjainen tuotelaskentatyökalu, jolla pystytään tunnistamaan yrityksen autoteollisuudelle valmistettavien tuotteiden kustannukset. Kustannusten ja kannattavuuden tarkastelu on tärkeää tuotteiden valmistuksen tarjousvaiheessa, jolloin hinta tulee saada oikealle tasolle. Laskentamallia pystytään hyödyntämään myös jälkilaskennassa ja tulevien projektien kustannusten tarkastelussa. Laskentatyökalu pyrkii huomioimaan kaikki valmistuksesta koituvat kustannukset siten, että tuotelaskelman teko on helppoa ja nopeaa.

Autoteollisuus kehittyy jatkuvasti eteenpäin ja eri tuotantomenetelmät muuttuvat. Tämä kehitys on muuttanut osien piirteitä ja ne muuttuvat yhä monimuotoisemmiksi. Laskentatyökalussa huomioidaan yrityksen tällä hetkellä valmistettavien tuotteiden valmistusmenetelmät eikä pohdita mahdollisten tulevien tuotteiden ominaispiirteitä. Työ keskittyy kyseisten tuotteiden valmistukseen edellyttävien kustannusten käsittelyyn kuten tuotannon välittömiin ja välillisiin muuttuviin kustannuksiin sekä tilojen ja laitteiden kiinteisiin kustannuksiin. Laskennasta on jätetty pois hallinnolliset kulut, joista suurimmat yksittäiset kustannukset syntyvät kirjanpidosta, tilintarkastuksesta sekä tilinpäätöksen teosta (Työ- ja elinkeinoministeriö 2010).

Laskentamallissa pyritään kattamaan kaikki tuotannon aiheuttamat kulut, minkä tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää tarjouslaskennassa. Vaikka asiakkaan kaikkien tuotteiden yhteenlasketut kustannukset tiedetään, ei niiden jaottelu ole yksiselitteistä. Työssä tutkitaan kustannusten jaotteluperiaatteita, jonka avulla saadaan tuotteille sopiva jakoperuste ja laskentatyökalusta saatava tieto olisi mahdollisimman todenmukaista.

Työlle asetettu päätutkimuskysymys on:

- *Miten yrityksessä voidaan varmistaa tarjottavien tuotteiden kannattavuus?*

Työssä käytetään päätutkimuskysymyksen apuna täydentäviä alakysymyksiä:

- *Miten kustannukset voidaan ja tulee kohdistaa eri tuotteille niiden yhtäaikaisessa valmistuksessa?*
- *Mitkä muuttujat ovat kriittisimpiä tuotteiden kannattavuudelle?*
- *Miten tuotteiden kustannuksia voidaan arvioida ja millä tarkkuudella?*

## 1.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksessa perehdytään kirjallisuudessa esiteltyihin kustannuslaskennan teorioihin ja tapoihin, mitä hyödynnetään työn empiirisessä osassa. Työn laskentamalli luodaan yrityksen ongelman pohjalta hyödyntämällä yrityksessä kerättyä kustannusinformaatiota sekä sovelletaan teoriassa esille tulevia kustannuslaskennan tapoja.

Laskentamallin luominen on ratkaisu ongelmaan eli tapa saavuttaa lähtötilasta haluttu lopputulos. Työssä käytetään konstruktivisen tutkimuksen menetelmää, joka nähdään soveltavana tutkimuksena tiedon tuottajana johonkin tiettyyn tavoitteeseen. Konstruktivinen tutkimus eroaa siten perustutkimuksesta, jonka tarkoituksena on lisätä tietoa ja ymmärrystä ilman normatiivisia tavoitteita. Konstruktivinen tutkimus pyrkii konkreettisempiin ja testattuihin tuloksiin kuin myöskin soveltavana tutkimuksena tunnettu analyttinen mallinrakennus. Analyttisessä mallinrakennuksessa on tyypillistä mallin todistaminen, mutta käytännön toimivuus voi silti jäädä epäselväksi. (Kasanen et al. 1991)

Kasanen et al. (1991) ovat havainnollistaneet konstruktivisen tutkimuksen etenemistä kuvassa 1. Tutkimus lähtee liikkeelle ongelman etsimisellä tai tunnistamisella, joka varsin usein on selvillä jo alkuvaiheessa. Ongelman

ratkaisu vaatii tutkimuskohteeseen tutustumista ja esitedon hankintaa, minkä jälkeen ratkaisua voidaan alkaa konstruoidaan. Saatua ratkaisua on luotettavuuden vuoksi testattava ja se voidaan osoittaa toimivaksi saavutettaessa oikeanlaisia tuloksia. Toimivuuden lisäksi ratkaisua tulee verrata teoriaan ja näyttää kytkennät siihen sekä osoittaa ratkaisun uutuusarvo. Uutuusarvon täydentämiseksi tutkimuksessa tarkastellaan lisäksi ratkaisun soveltamisalueen laajuutta. (Kasanen et al. 1991)



Kuva 1. Konstruktivisen tutkimuksen osat. (Kasanen et al. 1991)

Tutkimuksen tärkein vaihe on itse konstruktion luominen, joka on edellytyksenä tutkimusprosessin jatkumiselle. Tutkimukseen kuuluva konstruktion testausvaihe ja tiedon luotettavuuden todentaminen vaatii paljon aikaa. Kasanen et al. (1991) toteavat, että lyhyellä aikavälillä tuloksista voidaan saada oikea kuva, mutta tarkempi luotettavuus selviää vasta pidemmän aikajakson jälkeen. Tässä työssä pyritään luomaan vain malli ja testaamaan konstruktion toimivuutta lyhyellä aikavälillä. Konstruktivistisesta tutkimusotetta leimaa käytännön ongelmanratkaisun sitominen teorian ja ratkaisun toimivuuden tarkasteluun ja onnistuessaan täyttää tieteen tunnusmerkit eli objektiivisuuden, kriittisyyden, autonomisuuden sekä edistyvyyden. Konstruktion totuudellisuuden mittarina voidaan käyttää konstruktion toimivuutta, jonka varmistamiseksi on pohdittava soveltavan tieteen kolmea tunnusmerkkiä; relevanssia, yksinkertaisuutta ja helppokäyttöisyyttä. (Kasanen et al. 1991)

Työn alkaessa on ensin tutkittu kirjallisuudessa esiintyneisiin kustannuslaskentatapoihin ja malleihin sekä niiden tyypilliseen käyttötarkoitukseen. Tämän jälkeen on kerätty kohdeyrityksestä tuotannon kustannuksia ja tuotantoaikoja sekä arvioitu yrityksen kustannuslähteitä. Yrityksestä saatua dataa on analysoitu ja datasta on karsittu pois poikkeavat luvut, koska näiden poikkeavuuksien syitä ei pystytä jälkikäteen arvioimaan. Tuotelaskentatyökalun suunnittelussa on huomioitu kaikki kustannuslähteet ja ne on ryhmitelty eri ryhmiin, jolloin työkalun käytöstä saadaan yksinkertaisempi. Laskentatyökalun luonnin jälkeen työkalun tuloksia vertailtiin aikaisempiin tuloksiin ja korjattiin huomattavat virheet.

### **1.3 Työn rakenne**

Työ koostuu kahdeksasta pääluvusta, joista ensimmäinen on johdanto. Johdanto määrittää työn taustan, tavoitteet ja menetelmät. Luvut 2-4 käsittelevät aihepiirin teoriataustaa. Luku kaksi käsittelee tuotantoprosessien ominaispiirteitä ja niistä syntyviä kustannuksia. Luvussa kolme tutkitaan kirjallisuuden esittämiä kustannuslaskennan tehtäviä, hyötyjä sekä ongelmia. Lisäksi luvussa kolme esitetään eri kustannuslajeja ja yleisen tason laskentamenetelmiä. Luvun neljä teoriatarkastelu viedään tuotetasolle ja tutkitaan, miten yrityksen kustannukset voidaan jaotella tuotetasolle.

Luvut viisi ja kuusi käsittelevät kohdeyritystä ja sen käyttöön tehtävää laskentamallia. Luvuissa yhdistetään kirjallisuudesta saatua teoretietoa sekä yrityksen empiiristä tietoa. Luvussa seitsemän analysoidaan työn tuloksia ja laskentamallin toimivuutta sekä pohditaan tiedon oikeellisuutta ja merkittävyyttä. Työ päätetään luvussa kahdeksan yhteenvetoon koko työstä. Työn rakenne on esitetty taulukossa 1, johon on eritelty lukujen hyödyntämät lähtötiedot, käsitelty aihe sekä saatava tieto.

Taulukko 1. Työn rakenne panos-tuotos -kaaviossa

<b>PANOS</b>	<b>TIEDONKÄSITTELY-PROSESSI</b>	<b>TUOTOS</b>
Työn taustaa ja vaikutus kohdeyritykseen. Tietoa tutkimusmenetelmistä .	LUKU 1: JOHDANTO Tiedon muodostaminen	Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tavoitteet. Tutkimusmenetelmien hyödyntäminen tavoitteiden saavuttamiseksi.
Tuotannontekijät Tuotantomuodot Automaatio Rajaukset Tutkimuskysymykset	LUKU 2: TUOTANTOPROSESSIT Olemassa olevan teorian tiedon jäsentäminen ja rajaaminen	Tuotantoprosessien tyypilliset piirteet ja kustannustyyppit.
Laskennan tehtävät ja haasteet Laskentamenetelmät Kustannuslajilaskenta Rajaukset Tutkimuskysymykset	LUKU 3: KUSTANNUSLASKENTA Olemassa olevan teorian tiedon jäsentäminen ja rajaaminen	Miten kustannuksia voidaan kohdistaa ja mitkä muuttujat ovat kriittisimpiä tuotteiden kannattavuudelle.
Suoritekalkyyliit Toimintopohjainen laskenta Rajaukset Tutkimuskysymykset	LUKU 4: KUSTANNUSTEN KOHDISTAMINEN TUOTTEILLE Olemassa olevan teorian tiedon jäsentäminen ja rajaaminen	Miten kustannukset voidaan kohdistaa mahdollisimman tarkasti.
Tiedot kohdeyrityksestä	LUKU 5: KOHDEYRITYS Tiedon rajaaminen ja hyödyntäminen	Tarvittavien tietojen rajaaminen Yrityksen luonteen avulla saadut kriittiset piirteet
Tutkimuskysymykset Yrityksen ongelmakohdat Yrityksen kustannukset	LUKU 6: LASKENTATYÖKALUN KEHITTÄMINEN Mallin rakentaminen Teoreettisen ja empiirisen tiedon yhdistäminen ja analysointi	Vastaus tutkimuskysymyksiin

Tutkimuskysymykset Työn tavoitteet	LUKU 7: TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET Tulosten analysointi Laskentamallin tuotoksen tarkkuus ja sen analysointi	Työn tulokset ja niiden luotettavuuden analyysi
Työn tulokset Työn tavoitteet	LUKU 8: YHTEENVETO Koko työn tarkastelu	Tulosten koonti Työn päättäminen

## 2 TUOTANTOPROSESSIT

### 2.1 Tuotannontekijät

Tuotanto on muunnos- eli valmistusprosessi, jossa tuotantotekijöitä käytetään synnyttämään tuotantoprosessin suoritteita (Uusi-Rauva, Haverila ja Kouri 1993, s. 325). Tuotannontekijät muodostuvat resursseista, jotka mahdollistavat tuotantotoiminnan. Uusi-Rauva et al. (1997) jakaa tuotannontekijät neljään luokkaan: työhön, pääomaan, materiaaliin ja tietoon. (Uusi-Rauva et al. 1997, s. 327) Vehmanen & Koskinen (1997) erottavat tuotannontekijät hieman tarkemmin toisistaan niiden vaikutuksien perusteella suoritteiden syntymiseen. Osa tuotannontekijöistä voi olla lyhytaikaisia, kun taas osa pitkäaikaisia. Lyhyt- ja pitkäaikaisuus määräytyy sen mukaan, miten suoritteiden synnyttäminen vaikuttaa tuotannontekijöiden tarpeeseen. (Vehmanen & Koskinen 1997, s. 41-42)

Vehmanen ja Koskinen (1997) jakavat tuotannontekijät neljään ryhmään:

- alkeistuotantotekijät
- inhimilliset tuotannontekijät
- potentiaalityöntekijät
- dispositiiviset tuotannontekijät

Alkeistuotantotekijöillä tarkoitetaan lyhytaikaisia tuotannontekijöitä, joiden käyttö riippuu tuotantonopeudesta. Kyseiset tuotannontekijät voidaan jaotella vielä erikseen välittömiin ja välillisiin tuotannontekijöihin niiden käyttötarkoituksen mukaan. Materiaalit ja tarvikkeet ovat välittömiä alkeistuotantotekijöitä, koska ne liittyvät suoraan tuotettavaan suoritteeseen. Suoritteiden tuottamiseen vaadittavia välillisiä alkeistuotantotekijöitä ovat esimerkiksi sähkö ja jäähdytysvesi. Näitä vaaditaan suoritteen suorittamiseksi ja niiden tarve määräytyy valmistettavien suoritteiden määrällä, mutta ne eivät fyysisesti kuulu suoritteeseen vaan ovat välttämättömiä suoritteen suorittamiseksi. Täten



alkeistuotannontekijöitä tarvitaan koko ajan tuotannon ollessa käynnissä. (Vehmanen & Koskinen 1997, s. 42)

Inhimilliset tuotantotekijät pitävät sisällään henkilöiden tekemää työtä, ne voivat olla välittömiä tai välillisiä. Kuten alkeistekijät, voi inhimillisetkin tuotantotekijät jakaa lyhyen ja pitkän aikavälin tekijöihin. Lyhyen aikavälin inhimilliset tekijät tarkoittavat välitöntä työtä suoritteiden suorittamiseksi. Välitön työ voi olla tuotantonopeudesta riippuvainen, jolloin se luokitellaan käyttötekijöihin yhdessä alkeistuotantotekijöiden kanssa. Välillinen työ pitää sisällään johdon ja muun työn kuten valmistusprosessia palvelevan työn, mitkä vaikuttavat pitkäaikaisesti suoritteiden suorittamiseen eivätkä ole aina riippuvaisia tuotantonopeudesta. Dispositiivinen tuotantotekijä on johtamistyötä, joka ei ole riippuvainen tuotantonopeudesta. (Vehmanen & Koskinen 1997. s. 42)

Vehmanen & Koskisen (1997) luokittelun potentiaalityöntekijöillä kuvataan suoritteiden suorittamiseen vaadittavia laitteita, rakennuksia ja immateriaalioikeuksia. Nämä tekijät ovat pitkäaikaisia, eivätkä riipu tuotantonopeudesta. Potentiaalityöntekijät mahdollistavat muiden tekijöiden ohella suoritteiden tuotantoprosessin, mutta eivät ole yhtä toistuvia hankintoja kuin muut tekijät. (Vehmanen & Koskinen 1997. s. 42-43)

## **2.2 Tuotantomuodot**

Tuotantomuodot ovat perustana tuotantojärjestelmän suunnittelulle sekä tuotantoprosessin kehittämiseen ja ohjaamiseen. Tuotantomuoto määräytyy aina tuotteen valmistusmäärien ja tekniikan perusteella, joten siihen ei pystytä merkittävästi vaikuttamaan. Tuotantomuodot voidaan jaotella tuotteen, valmistusaloitteen ja tuotantoerän koon mukaan. Tässä keskitytään tuotantoerän koon perusteella määräytyvään tuotantomuotoon. (Uusi-Rauva et al. 1993, s. 331)

Eräkoon perusteella jaoteltavaan tuotantoon kuuluvat yksittäis-, sarja- ja yhteinäistuotanto, jotka kukin valikoituu tuotteen perusteella, eikä niihin yleensä voida vaikuttaa. Yksittäistuotannossa valmistetaan tuotteita yksi kappale kerrallaan. Yleensä tämä tapahtuu kun myynti on hyvin pientä tai tuote on hyvin suuri eikä sitä kannata varastoida. Sarjatuotannossa valmistettavia tuotteita valmistetaan aina tietty erä kerrallaan, minkä avulla pyritään nostamaan tehokkuutta. Tehokkuuden nousu pohjautuu usean toiston kautta tapahtuvan oppimisen avulla sekä asetusten vähentymisellä. Yhtenäistuotanto on massatuotantoa, jossa valmistus on jatkuvaa eikä valmistuvia tuotteita voida erotella selkeästi toisistaan, esimerkiksi polttoaineet ja mekaaninen metsäteollisuus. (Uusi-Rauva et al. 1993, s. 333-336)

Kun yksittäistuotannossa valmistetaan aina uusi tuote, vaati se valmistuksen opettelua. Sarjatuotannossa suoritteet toistuvat toinen toisen perään, jolloin oppiminen kehittyy suoritemäärän kasvaessa. Oppiminen on havainnoitu tuotekustannusten laskiessa sarjatuotannossa, jolloin on myös kehitetty työmenetelmiä ja -välineitä. Oppimiskäyrän vuoksi tuotannon kasvattaminen laskee yhä edelleen kustannuksia, mikä edesauttaa hintakilpailukyvyn saavuttamisessa. (Uusi-Rauva et al. 1993, s. 339-340)

Oppimisen lisäksi suuret valmistusmäärät pienentävät tuotteiden yksikkökustannuksia kiinteiden kustannusten jakaantumisella. Tuotteiden muuttuvat kustannukset, eli välittömät työ- ja materiaalikustannukset, pysyvät lähes muuttumattomina, mutta koneiden ja laitteiden kiinteät kustannukset jakaantuvat useampaa yksikköä kohden. (Uusi-Rauva et al. 1993, s. 340-341)

### **2.3 Laskennan piirteet eri tuotantoprosesseissa**

Tuotanto- ja valmistusprosessit eroavat laskennallisesti hyvin paljon toisistaan, minkä vuoksi jokaiselle valmistusprosessille tarvitaan oma

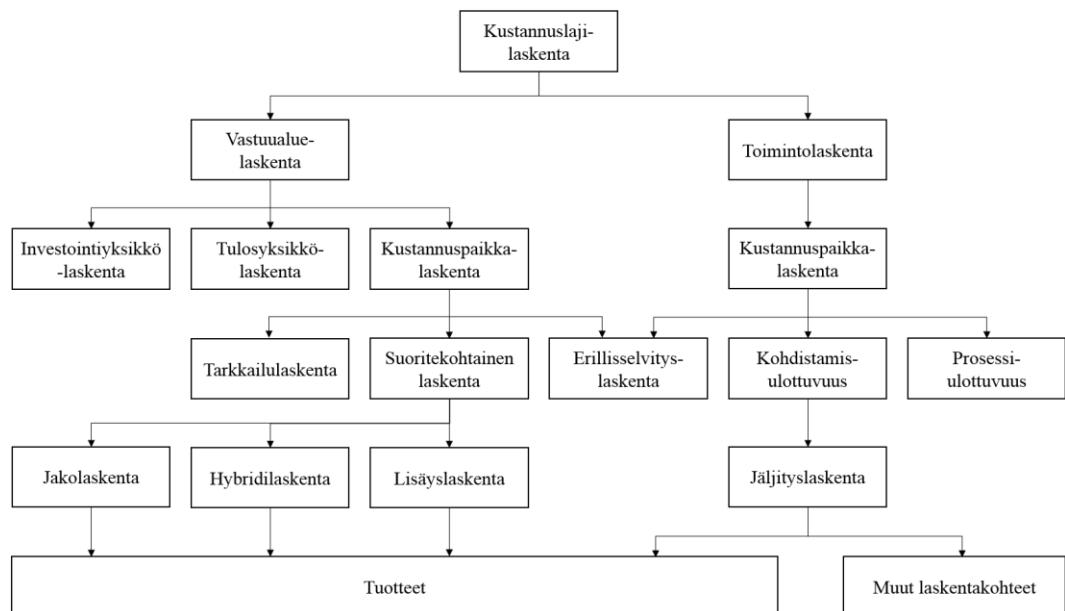
laskentamalli. Suurin laskentajärjestelmään vaikuttava tekijä on valmistuksen peruste, onko se tilaus- tai sarjakohtaista vai tuotelinjatyyppistä tai jatkuvaa valmistusta. Näissä tyypeissä sarjojen koot vaihtelevat suuresti, mikä vaikuttaa laskentajärjestelmän valintaan. Myös tuotantoympäristön ymmärtäminen on tärkeää, ovatko valmistettävien tuotteiden tuotantopanokset kiinteitä kokoonpantavia tuotteita (konvergoiva valmistusprosessi) vai nestemäisiä prosessityyppisiä tuotteita (divergoiva valmistusprosessi). (Fogelholm 1997, s. 15)

Konvergoivaan valmistusprosessiin kuuluu kiinteässä muodossa olevien osien yhdistäminen haluttuun lopputuotteeseen. Valmistusprosessille on tyypillistä kokoonpanokeskeisyys, valmistusjärjestelmien tasapainottamisen tarve, vaihdot sekä kustannusten selvittäminen kustannuskertymien avulla. Tuotantolinja on suunniteltu tiettyjen tuotteiden valmistusta varten, joissa kappaleiden käsittely ja valmistus on tehokasta. Tuotantolinjoilla voidaan valmistaa vain yhtä tuotetta tai muutamaa tuotetta kuitenkin siten, että koneiden asetuksia on suurten valmistusmäärien vuoksi vähän. Koneita voi olla useampia, jotka kukin tekevät yhden vaiheen tuotteen valmistuksessa. Laskentajärjestelmään vaikuttaa, käyvätkö koneet samalla tuotantonopeudella vai eroavatko koneiden tuotantonopeudet toisistaan, mikä hankaloittaa laskentajärjestelmän valintaa. (Fogelholm 1997, s. 15-21)

Tuotantolinjan pelkistettynä muotona toimii solutyypinen valmistus, jossa tuotteen valmistuksen edellyttämät vaiheet muodostavat itsenäisen ryhmän. Solutyypiselle valmistukselle on tyypillistä sujuva materiaalivirta, mikä ehkäisee välivarastojen syntyminen ja tuotteet liikkuvat nopeasti solun sisällä laitteelta toiselle. Soluvalmistuksessa tuotannon laskenta perustuu koko solun valmistusnopeuteen, eikä yksittäisten vaiheiden nopeuteen, vaikka ne voivatkin vaihdella merkittävästi toisistaan. Tuotteen valmistuksen edellyttävien laitteiden ollessa yhdessä paikassa, koko solu määrittää valmistusnopeuden. (Fogelholm 1997, s. 21-22)

### 3 KUSTANNUSLASKENTA

Kustannuslaskenta perustuu kustannuslajikohtaiseen seurantaan, mihin vaikuttavat toimiala, organisointi ja asetetut tavoitteet. Kustannuslaskennalla pyritään saamaan informaatiota päätöksentekotilanteisiin vastuualueittain ja laskentakohteittain. Kuvassa kaksi on kuvattu kustannuslajilaskennan jaottelua eri menetelmiin.



Kuva 2. Kustannuslajilaskennan jaottelu (Vehmanen & Koskinen 1997)

#### 3.1 Muuttuvat ja kiinteät kustannukset

Uusi-Rauva et al. (1993) määrittelevät muuttuvat kustannukset kustannuksiksi, jotka kasvavat tai vähenevät tuotantomäärästä riippuen. Muuttuvien kustannusten tunnistaminen voi olla joissakin yhteyksissä hankalaa, mutta yleisimmin muuttuviksi kustannuksiksi lasketaan raaka-aineet, käyttötarvikkeet, osat, alihankintatyö, valmistukseen kuluva tuntipalkka ja osittain kaluston kunnossapito. Tuotantoon kuluva työpalkka on kyseenalainen muuttuva kustannus, sillä on vaikeaa määrittää tarkasti

kustannuksen muuttuminen tilanteessa, jossa tuotantomäärät muuttuvat merkittävästi. (Uusi-Rauva et al. 1993, s. 147-148)

Kiinteät kustannukset ovat taas kustannuksia, joihin ei vaikuta tuotantomäärät vaan pysyvät vakioina kaikissa tilanteissa tai muuttuvat hyppäyksittäin. Huomioon pantavaa on, että muuttuvat kustannukset ovat kiinteitä valmistusyksikköä kohden, mutta kiinteät kustannukset ovat muuttuvia valmistusyksikköä kohden. Kun tuotantomäärä kasvaa, jakaantuu kiinteät kustannukset useammalle valmistusyksikölle, jolloin yksikkökohtainen kustannus pienenee. (Uusi-Rauva et al. 1993, s. 148-149)

### **3.2 Kustannuslajilaskenta**

Yrityksen tuotantotoiminnan kustannusten määrittäminen ja selvittäminen suoritetaan yleisesti tuotannotekijöittäin, jotka koostuvat eri kustannuslajeista. Kustannuslajit jaotellaan kirjanpidon kululajien mukaisesti. Riippuen mihin laskentaa käytetään, voidaan kustannuslajeja tarkentaa tarpeen mukaan, jolloin saadaan informatiivisempaa tietoa kuin ainoastaan kirjanpidon kululajeja käyttämällä. Tuotannotekijät ryhmitellään tässä yhteydessä työsuorituksiin, aineisiin sekä lyhyt- ja pitkävaikutteisiin tuotantovälineisiin, mitkä pitävät sisällään eri kustannuslajeja. Jaottelu on esitelty kuvassa kolme. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 94-95; Vehmanen & Koskinen 1997, s. 87-88)

<b>Tuotannontekijöiden ryhmät</b>	<b>Vastaavat kustannusten ryhmät</b>
Työsuoritukset	Palkkakustannukset Lakisääteiset henkilösivukustannukset Vapaaehtoiset henkilösivukustannukset
Aineet	Ainekustannukset
Lyhytvaikutteiset tuotantovälineet	Tarvikekustannukset Vuokrakustannukset Valaistus- ja energiakustannukset Kuljetus- ym. palvelukustannukset
Pitkävaikutteiset tuotantovälineet	Poistokustannukset Korkokustannukset Vakuutuskustannukset

Kuva 3. Kustannusten ryhmittely lajeittain. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 95)

Kuvassa esiintyvien kustannuslajien lisäksi voi olla joistakin kymmenistä useisiin satoihin muita kustannuslajeja, riippuen yrityksen koosta. Ainekustannukset voidaan jakaa ainetyyppien mukaisesti kustannuslajeihin sekä poistot voidaan jakaa eri tyyppisten poistettavien kohteiden mukaisesti lajeihin. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 95; Vehmanen & Koskinen 1997, s. 87-88)

### 3.2.1 Työkustannukset

Työkustannusten laskenta perustuu palkanlaskennan vaatimiin laskelmiin, jotka pitävät sisällään palkat, verot ja sivukulut. Työkustannusten laskennassa hyödynnettävä bruttopalkka pitää sisällään rahanarvoiset etuudet, jotka työnantaja maksaa sekä välilliset työvoimakustannukset kuten vuosilomapalkat, lomaltapaluuraha, sairauden aiheuttamat poissaolot sekä sosiaaliturva- ja eläkekustannukset. Palkkakustannuksista henkilösivukustannusten suhteellinen osuus on Suomessa noin 60 %. Työkustannusten laskennassa on tärkeää kohdistaa kustannukset oikein. Työkustannukset voidaan kohdistaa valmistettaville tuotteille tai yleiskustannustileille. (Pellinen 2006, s. 99, 105)

Valmistettaville tuotteille kohdistettavien työkustannusten rekisteröintiin voidaan hyödyntää työajan seurantakortteja, joihin jokainen työntekijä merkitsee mihin tuotteeseen ja mihin sen osa-alueeseen aikaa on käytetty. Tarkka kirjaaminen voi olla vaikeaa ja on mahdollista, että se hidastaa työn etenemistä. Kirjaamisen epätarkkuus taas vaikuttaa heikentävästi tiedon laatuun ja analysointiin. Ajankäytön merkinnän epätarkkuuteen voi olla syynä huolimattomuus, kun ymmärrys sen tarpeellisuudesta on puutteellinen. Lisäksi tarkkaa tietoa ei välttämättä haluta antaa, mikäli sillä voi olla negatiivisia vaikutuksia kuten työhön arvioidun valmistusajan alittuessa ei haluta osoittaa työn todellista nopeutta. Jatkossa työtahdilta vaadittaisiin nopeampaa vauhtia kun luvut osoittavat sen olevan mahdollista. (Pellinen 2006, s. 105)

Työkustannusten epätarkkoihin merkintöihin vaikuttaa kustannuslajien määrittelyt. Tuotteiden valmistus pitää sisällään yleensä muutakin kuin suoraa arvoa lisäävää työtä, kuten tuotteiden siirtämistä, laadun varmistusta sekä erilaisia mahdollisia odotusaikoja. Mahdolliset odotukset voivat johtua piirustusten tai ohjeiden puuttumisesta sekä materiaalien puutteista. Nämä tuotteiden valmistukseen vaikuttavien aikojen laskentamenetelmät voivat erota eri yrityksissä, mutta myös henkilöiden välillä ja tämä aiheuttaa mahdollisuuden epätarkkaan merkintään. (Pellinen 2006, s. 105-106)

Työkustannuksia on useita eri tyyppisiä ja ne voivat vaihdella yrityksissä osastoittain sekä tuotteittain. Tyypillisiä palkkaustapoja ovat aikapalkkaus, urakkapalkkaus, tuotantopalkkiopalkkaus ja tantiemipalkkaus, joista usein aikapalkkausta käytetään joko yksinään tai muiden palkkaustapojen kanssa rinnan. Aikapalkkauksessa on palkan eli yritykselle kustannuksen perustana kalenteriaika. Tällöin palkka ja kustannus eivät perustu tuotettavaan määrään tai laatuun vaan käytettyyn aikaan ja ajankäytön seuranta on kustannusten kohdistamiseksi tärkeämpää kuin esimerkiksi

urakkapalkan tapauksessa. Urakkapalkka perustuu ennalta sovittuun urakkahintaan, jota urakan jälkeen voidaan vertailla saman työn kustannukseen aikapalkkana. Urakkapalkkauksessa työntekijän valmistettaessa tuotteita normaalijoutuisuutta nopeammin, saa hän paremman tuntiansion kuin aikapalkkauksella. Kun tuotantonopeus on normaalijoutuisuutta hitaampi, saa hän saman summan kuin nopeammalla joutuisuudella, mutta tuntikohtainen hinta on pienempi. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 96)

Tuotantopalkkiopalkkauksessa maksetaan normaalia työsuorituksesta riippumatonta aikapalkkaa sekä työsuorituksen mukaista tuotantopalkkiota. Tuotantopalkkioiden laskentatapoja on monia ja ne voivat perustua säästettyyn aikaan, joka on osittain verrattavissa urakkapalkkaan. Kuvassa neljä on esitetty esimerkki aikaan perustuvan tuotantopalkkion määräytymisestä kun arvioitu työn kesto on kahdeksan tuntia ja aikapalkka on 10 €/h. (Pellinen 2006, s. 103-104)

Jos työntekijä suoriutuu tehtävästä 7 tunnissa,

työajan säästö on  $100\% * (8-7) / 8 = 12,5 \%$

Hyvitys  $0,125 * 10 \text{ €} = 1,25 \text{ €/h}$

Palkkalaskelma:

Ansio (7h) =  $7 * (10+1,25) = 78,75 \text{ €}$

Aikapalkan mukaan korvaus olisi ollut  $7 * 10 \text{ €} = 70 \text{ €}$ , ja

tuotantopalkkiohyvitys:  $78,75 - 70 = 8,75 \text{ €}$

Kuva 4. Aikaan perustuvan tuotantopalkkion laskenta. (Pellinen 2006, s. 104)

Toisessa menetelmässä määrittävä tekijä on suoritteiden määrä tietyssä ajassa. Mikäli suoritteiden määrä ylittää normaalijoutuisuudella saatujen



suoritteiden määrän, voidaan maksaa tuotantopalkkiota asteittain nousevan taulukon mukaisesti. (Pellinen 2006, s. 103-104)

### 3.2.2 Ainekustannukset

Ainekustannukset koostuvat tuotannontekijöistä, joiden muotoa pyritään muuttamaan tuotantoprosessin avulla. Näihin lukeutuvat raaka-aineet, joita muovaamalla saadaan komponentteja tai myyntinimikkeitä. Monissa tuotantoprosesseissa käytetään alikokoonpanoja ja ostettavia komponentteja, jotka kaikki kuuluvat kokoonpantavan tuotteen ainekustannuksiin. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 107; Vehmanen & Koskinen 1997, s. 88-89)

Ainekustannuksiin lukeutuu materiaalin tai komponentin ostohinnan lisäksi mahdolliset tulli-, kuljetus- ja varastointikustannukset. Mikäli tuote tai komponentti on jo varastossa, ei hankintahinta ole välttämättä oikea käytön arvostuksen menetelmä. Toinen mahdollinen tapa käytön arvostamiseen on hankintahinnan lisäksi jälleenhankintahinta, joka sopii tilanteeseen, jossa komponenttien hinnat ovat muuttuneet tai saatavuus heikentynyt. (Uusi-Rauva et. al. 1993, s. 157-158)

### 3.2.3 Muiden lyhytvaikutteisten tuotannontekijöiden kustannukset

Ainekustannuksien joukoon kuuluvat kustannukset riippuvat suoraan tuotettavasta määrästä. Näiden materiaalien ja komponenttien lisäksi tuotanto edellyttää muiden tuotannontekijöiden olemassaoloa. Tuotteiden valmistuksen apuna käytettävien aineiden kuten öljyn, puhdistusaineiden ja paineilman kustannukset kuuluvat lyhytvaikutteisten tuotannontekijöiden kustannuksiin. Näitä edellytetään tuotantoprosessin läpiviemiseksi, mutta ne eivät suoraan kohdistu tuotteen rakenteeseen. (Vehmanen & Koskinen 1997, s. 88-89)

Tuotantoprosessissa käytettävien koneiden ja laitteiden käyttö ja huolto kuuluvat myös lyhytvaikutteisiin tuotannontekijöihin. Koneet ja laitteet vaativat sähköä, öljyä sekä huoltoa tai osa koneista ja laitteista voi olla vuokrattuja, josta syntyy omat kustannukset. Tuotantoon käytetään myös yrityksestä riippuen erilaisia konsultteja, vakuutuksia sekä tietoliikennettä, jotka synnyttävät lyhytaikaisten tuotannontekijöiden kustannuksia, mikäli ne liittyvät suoraan tuotantoprosessiin. Nämä kaikki sisältyvät lyhytvaikutteisten tuotannontekijöiden kustannuksiin. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 118; Vehmanen & Koskinen 1997, s. 90)

### 3.2.4 Pitkävaikutteisten tuotannontekijöiden kustannukset

Pitkävaikutteisten tuotannontekijöiden hankinnat aiheuttavat kustannuksia. Nämä kustannukset ovat pääasiassa pääomakustannuksia, kuten poistoja, korkoja sekä vakuutuksia. Pääomakustannukset riippuvat tuotteen ja tuotantoprosessin ominaispiirteistä, miten pitkävaikutteisia tuotannontekijöitä voidaan kohdistaa tuoteille. Joissakin tapauksissa myös liikennevakuutukset voidaan jakaa tuotetasolle asti. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 118-120)

Pitkäaikaiseen käyttöön tarkoitettujen koneiden ja laitteiden kustannuksia pyritään kohdistamaan niiden käyttöajalle poistojen avulla. Poistot voidaan tehdä käytön mukaan sillä perusteella, miten sen käyttö jaksottuu elinkaarensa aikana. Toinen yleinen keino poistoille on ajan mukainen poisto, jolloin oletetaan koneen ja laitteen vanhenevan ajan perusteella riippumatta niillä tehtävien suoritteiden määrästä ja ajoittumisesta. Ongelmalliseksi poistot tekevät tarve päättää poistomenetelmä jo hyödykkeen hankintavaiheessa. Uudentyyppisen koneen tai laitteen käyttö voi olla elinkaarensa alussa verrattaen vähäisellä käytöllä tulevaan nähden, jolloin käytön mukainen poisto on hankalaa määrittää. (Pellinen 2006, s. 110-111)

Pääomakustannuksien sisällä pidetyt korot ovat hinta, joka maksetaan sidotusta rahasta. Korke voidaan ottaa mukaan kustannuslaskentaan tai siihen sisällytetään vain maksetut korot tai koko pääoman korot, vaihtoehtoja on monia. Korot voidaan käsittää myös pääoman tuottona. Kustannuslaskentaa varten korkotekijät voidaan määrittää monella eri tavalla ja hankaluutena voi olla varsinaiseen toimintaan sitoutuneen pääoman määrän määrittäminen. (Pellinen 2006, s. 110; Vehmanen & Koskinen 1997, s. 91-92)

### **3.3 Elinkaarilaskenta**

Eri laskentajärjestelmien raportit perustuvat yleensä tiettyjen aikajaksojen tapahtumien perusteella tehtyihin laskelmiin. Elinkaarilaskenta yhdistää useamman aikajakson ja kytkee tuotteen koko elinkaaren kustannukset yhteen suunnittelusta tuotteen poistumiseen. (Järvenpää et al. 2001, s. 130-131)

Elinkaarikustannukset vaihtelevat tuotteittain ja toimialoittain. Tyypillisesti elinkaarikustannukset syntyvät elinkaaren alkuvaiheilla tuotekehityksen ja suunnittelun vuoksi. Tuotekehitykseen ja suunnitteluun keskitytään huolella, koska tällöin tuotteen kustannuksiin pystytään merkittävästi vaikuttamaan. Suunnitteluvaiheessa noin 80-90 % tuotteen kustannuksista tiedetään vaikka ne toteutuvat vasta myöhemmin. (Järvenpää et al. 2001, s. 130-131)

Elinkaarikustannukset aiheutuvat tuotekehityksestä, suunnittelusta, tuotannosta, logistiikasta ja potentiaalituotannon tekijöiden investoinneista. Elinkaarilaskennan etuna on tuotteen kaikkien kustannusten syntymistavan selvittäminen ja pitkän tähtäyksen ja tulevaisuuden tarkastelun selvittäminen. Käytännön ongelmana on kuitenkin kustannusten kohdistaminen tuotteille, varsinkin investointien pääomakustannusten ja tuotekehitysmenojen osalta, koska tulevaisuuden volyymin ja elinkaaren

pituuksien ennustaminen voi olla haastavaa. (Järvenpää et al. 2001, s. 130-131)

#### 4 TUOTEKOHTAINEN LASKENTA

Tuotekustannuslaskentaa voidaan lähestyä usemmasta eri näkökulmasta sen suoritustavan mukaan. Yleisesti eri keinot ovat intuitiivinen, parametrinen tekniikoin, analogisen mallin tai analyttisen mallin avulla. Tarkimmat tuotekustannuslaskelmat saavutetaan yleensä analyttisen mallin avulla, jolloin jo suunnitteluvaiheessa voidaan hyödyntää tieto-taitoa ja aikaisempien tuotteiden tuotannosta saatua tietoa sekä vaikuttaa yksityiskohtiin, tuotantotapoihin, painoon ja materiaaliin. (Shehab & Abdalla 2002)

Tuotelaskelmat kuuluvat yrityksen sisäiseen laskentaan, mitä hyödynnetään hinnoittelussa ja yrityksen toiminnoissa kuten esimerkiksi valmistuskapasiteetin määrittämisessä. Yrityksissä hyödynnetään yhä edelleen toteutuneisiin valmistuskustannuksiin perustuvia laskelmia, jotka eivät nosta arvoonsa tuotelaskelmien tärkeyttä. (Fogelholm & Karjalainen 2001, s. 42-43)

Cooper & Kaplan (1988) esittävät, että tuotelaskelmien pohjautuminen toteutuneisiin valmistuskustannuksiin perustuvat varhaiseen tuotantoaikaan, jolloin tuotevalikoima oli suppeampi ja kustannusten suora kohdistaminen valmistettaviin tuotteisiin oli helpompaa. On yleistä, että tästä syystä useita erilaisia tuotteita valmistavissa yrityksissä tehdään hinnoittelua, tuotevalikoimaa ja tuotantomenetelmiä koskevia päätöksiä virheellisten tietojen pohjalta. (Cooper & Kaplan 1988).

Kustannusperusteisen hinnoittelun perustana on tuotekohtaisten kustannusten selvittäminen, johon lisätään haluttu myyntivoitto. Tuotekohtaisilla laskelmilla on myös muita perusteita. Tuotekohtaisten kustannuksien tunnistamisella voidaan selvittää tuotteiden tulosvaikutuksia, tukea tuotesuunnittelua, vertailla tuotantotapojen ja valmistusmenetelmien kannattavuuden eroja ja yleisen kustannustietouden lisäämiseen. Lisäksi

tuotekohtaisella laskennalla voidaan tehdä tuotannollisia investointipäätöksiä, miten kannattavaa on esimerkiksi käyttää automatisoitua tuotantoa. (Uusi-Rauva 1989, s. 7)

Tuotekohtaisen kustannuslaskennan tuottamaa tietoa hyödynnetään usein lähtötietona yrityksen päätöksenteossa. Kustannuslaskentaa voidaan suorittaa eri tarkkuudella, riippuen sen käyttötarkoituksesta. Tarkkuus taas riippuu laskentatilanteesta ja aiheuttamisperiaatteesta. Laskentatilanteella tarkoitetaan päätöstilannetta, jossa kustannustietoja käytetään hyväksi. Aiheuttamisperiaate taas tarkoittaa, miten kustannukset kohdistetaan ja jaksotetaan eri toiminnoista tuotteelle. Tämä on yleisesti kustannuslaskennan haaste, kun kustannusten kohdistaminen ei ole tuotannon monimuotoisuuden vuoksi yksiselitteistä. (Uusi-Rauva 1989, s. 7-8) Tuotteet pitävät sisällään helposti laskettavia ja haastavammin laskettavia kustannuksia. Tämän vuoksi kustannuksia pyritään luokittelemaan niiden syntymisen ja laskettavuuden perusteella. (Uusi-Rauva 1989, s. 20)

Riistaman ja Jyrkkiön (1994) mukaan kustannuslaskentaa käytetään aikaansaatuisten kustannusten selvittämisessä. Saatuja tuloksia voidaan myös hyödyntää suunnittelussa eli aikaansaatavien suoritteiden kustannusten määrittämisessä. Kustannuslaskentaan kuuluu tuotannontekijöiden käytön riippuvuuden selvittäminen suoritteiden määrään, joka eroaa yrityksittäin. Saadulla tiedolla tarkkaillaan myös eri valmistusmenetelmien kannattavuutta, jolloin kustannuksia koskevan informaation tulee tukea tätä. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 53-54)

#### **4.1 Suoritekalkyytit**

Selvitettäessä tuotekohtaisia kustannuksia, tulee ratkaista, mitkä kustannukset kohdistetaan tuotteelle. Kohdistamiskeinoina ovat kolme eri

tyypistä suoritekalkyylia: minimi-, keskimääräis- ja normaalikalkyyli. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 156)

#### 4.1.1 Minimikalkyyli

Minimikalkyylin perustana on kohdistaa ainoastaan muuttuvat kustannukset tuotteelle, joka on rajakustannus. Tällöin kustannukset ovat suoraan verrannollisia valmistettavien tuotteiden määrään. Tällä laskentatavalla suoritteiden muuttuvat kustannukset voitaisiin laskea kappaleittain, mutta riittävään tarkkuuteen päästään laskemalla tietyllä ajanjaksolla syntyneiden muuttuvien kustannusten suhteellinen määrä valmistettaviin tuotteisiin. Kiinteitä kustannuksia ei jaeta tuotteille, vaan ne kuvitellaan kapasiteetista aiheutuneiksi. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 156)

#### 4.1.2 Keskimääräiskalkyyli

Keskimääräiskalkyyllissä lasketaan tuotteen muuttuvien kustannuksien lisäksi potentiaalteknologian aiheuttamat kiinteät kustannukset mukaan. Näin ollen ajatellaan, että kaikki laskentakauden aikana syntyneet kustannukset ovat aiheutuneet tuotteiden valmistuksesta. Keskimääräiskalkyyliin vaikuttaa toiminta-aste, koska kiinteät kustannukset pysyvät vakiona, mutta tuotteiden määrän muuttuessa myös muuttuvat kustannukset muuttuvat. Jos tuotantoyksikössä voidaan valmistaa 1000 tuotetta tietyllä ajanjaksolla, yhden tuotteen muuttuvat kustannukset ovat 5 €/tuote ja kiinteät kustannukset 10 000 €, tällöin keskimääräiskalkyyli lasketaan taulukon kaksi mukaisesti. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 157-158)

Taulukko 2. Keskimääräiskalkyylin laskentaesimerkki. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 159)

Toiminta-aste	100 %	75 %	50 %
Valmistettava kappalemäärä	1000 kpl	750 kpl	500 kpl

Muuttuvat kustannukset	$5 \text{ €} * 1000 \text{ kpl} = 5000 \text{ €}$	$5 \text{ €} * 750 \text{ kpl} = 3750 \text{ €}$	$5 \text{ €} * 500 \text{ kpl} = 2500 \text{ €}$
Kiinteät kustannukset	10 000 €	10 000 €	10 000 €
Kustannukset yhteensä	15 000 €	13 750 €	12 500 €
Keskimääräiskalkyyli	$\frac{15\,000 \text{ €}}{1000 \text{ kpl}} = 15 \text{ €/kpl}$	$\frac{13\,750 \text{ €}}{750 \text{ kpl}} = 18,33 \text{ €/kpl}$	$\frac{12\,500 \text{ €}}{500 \text{ kpl}} = 25 \text{ €/kpl}$

Muuttuvien kustannusten ollessa vakiot, vain kiinteät kustannukset vaikuttavat keskimääräiskalkyyliin toiminta-asteen muuttuessa. Kiinteät kustannukset jaetaan keskimääräiskalkyyliä laskettaessa aina tietyn aikajakson aikana valmistettujen tuotteiden kesken, eli mikäli tuotteiden määrä on alhainen, niihin kohdistuu enemmän kiinteitä kustannuksia ja keskimääräiskalkyyli kasvaa. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 157-159)

#### 4.1.3 Normaalikalkyyli

Normaalikalkyyllilla lasketaan tuotteen muuttuvien- ja kiinteiden kustannusten summa normaalilla toiminta-asteella. Tällöin eliminoidaan toiminta-asteen muutosten vaikutukset tuotteen yksikköhintaan ja huomioidaan vain normaalissa tuotantotilanteessa kohdistuvat kiinteät kustannukset. Taulukon 2 esimerkin mukaisilla luvuilla normaalikalkyyli olisi toiminta-asteesta riippumatta 15 €/kpl, kun muuttuvat kustannukset ovat vakio ja kiinteät kustannukset jaetaan normaalin toiminta-asteen eli tässä tapauksessa 100 % toiminta-asteen mukaan. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 159-160)

Keskimääräis- ja normaalikalkyylien käyttöä perustellaan kiinteiden kulujen välttämättömyydellä tuotteiden valmistuksen mahdollistamiseksi. Tällöin myös ne kustannukset tulee kohdistaa tuotteille. (Riistama & Jyrkkiö



1994, s. 160-161) Uusi-Rauva (1989) painottaa kalkyylien tarkastelussa aikajänteen tärkeyttä. Tuotekalkyytit ovat hyvin herkkiä kustannusheilahteluille, mikäli kalkyyleja tarkastellaan lyhyellä aikavälillä. Tuotekohtaisessa laskennassa tulisi juuri tästä syystä käyttää pitkän tähtäimen tuotekustannusten arviointia. (Uusi-Rauva 1989, s. 88-89)

Osakalkyylien käytöstä voi aiheutua näkemysongelmia, mikäli niitä ei tarkastele kriittisesti. Tarkastelujakson pituus voi vaikuttaa, onko kustannus muuttuva vai kiinteä. Lyhyellä aikavälillä muuttuvista kustannuksista voi tulla kiinteitä kun taas pitkällä aikavälillä lähes kaikki kustannukset ovat muuttuvia. Tällöin voidaan nähdä potentiaalikulannuksetkin muuttuvina kustannuksina. Kun muuttuvien ja kiinteiden kustannusten suhde on epäselvä, voi minimikalkyyli menettää otettaan todellisuudesta. Vaikka keskimääräiskalkyyli voi vaihdella ajanjaksoittain, on se silti järkevästi sovellettuna toimiva kalkyyli pitkällä aikavälillä, jonka tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää hinnoittelussa ja tuotevalinnoissa. (Uusi-Rauva 1989, s. 90)

## **4.2 Jakolaskenta**

Jakolaskennalla tarkoitetaan laskentamenetelmää, jossa tuotantoprosessin eri toiminnoille syntyneet kustannukset jaetaan tasan valmistettujen suoritteiden kesken. Yhdelle toiminnolle tai kustannuspaikalle kertyneet kustannukset tietyllä aikavälillä jaetaan aikavälin aikana valmistettujen tuotteiden kesken. Tällöin tuotekohtainen laskenta suoritetaan kustannuspaikkojen kautta, eikä tuotekohtainen laskenta ole tarpeen ennen jakolaskentaa. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 164-166)

Jakolaskentaa käytetään usein yhteinäistuotannossa, jossa valmistetaan ainoastaan yhtä tuotetta, rinnakkaistuotannossa, jossa voidaan valmistaa kahta tuotetta tai vaihtuvassa joukkotuotannossa. Näillä tuotantotyypeillä

kustannusten jakaminen on selkeämpää. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 164-166)

Suora jakolaskenta soveltuu vain yhteinäistuotantoon, jolloin lasketaan suoritteiden määrä tietyllä ajanjaksolla ja kustannukset jaetaan niiden kesken. Suorassa jakolaskennassa tulee huomioida ajanjakson alun ja lopun keskeneräinen tuotanto. Mikäli tuotantoprosessi ei ole jatkuva, tulee keskeneräisen tuotannon jalostusarvo määritellä oikeiden kustannusten selvittämiseksi. Jos taas tuotanto on jatkuvaa, voidaan olettaa keskeneräisen tuotannon olevan jokaisena ajanjaksona yhtenevä. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 166-173)

Rinnakkaistuotannossa käytetään yleisesti jakolaskennan sovellusta sivutuotemenetelmää. Rinnakkaistuotannossa päätuotteen yhteydessä voi valmistua sivutuotetta, jonka arvo on mitätön tai hyvin pieni. Kustannuslaskennassa näitä voidaan pitää arvottomina, jolloin sivutuotteiden aiheuttamat kustannukset kohdistuvat päätuotteille. Joissakin tapauksissa sivutuotteita voidaan myydä päätuotetta merkittävästi alemmalla hinnalla, jolloin siitä saadut myyntitulot voidaan vähentää päätuotteen kustannuksista. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 173)

Vaihtuvaan joukkotuotantoon soveltuu ekvivalenssilaskenta, jota käytetään kun useampaa eri tuotelajia valmistetaan samantyyppisillä valmistusmenetelmillä ja aineilla. Valmistusmenetelmillä on normaali toiminta-aste, johon yksittäisten tuotteiden materiaalitarpeita tai tuotantoaikoja voidaan verrata. Tämä vertailuluku on ekvivalenssiluku, jonka avulla tietyn ajanjakson aikana syntyneet kustannukset jaetaan tuotteiden kesken. Poikkeavuudet tuotantoajoissa aiheuttavat poikkeamaa myös kustannuksissa, mikä tulee tunnistaa ja mitata niiden vaikutus syntyneeseen eroon. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 174-176)

### 4.3 Lisäyslaskenta

Lisäyslaskenta soveltuu laskentakohteisiin, jossa valmistetaan useita satoja erilaisia tuotteita vaihtelevina eräkokoina. Valmistus voi olla lisäksi jaettu eri vaiheisiin, jolloin aiheuttamisperiaatteen seuraaminen on erittäin hankalaa. Lisäyslaskennalla mahdollistetaan erä- ja sarjatuotannon kustannuslaskenta tuotetasolla. Lisäyslaskennassa kustannukset jaetaan välittömiin ja välillisiin kustannuksiin, joista välittömät kustannukset on helposti määriteltävissä. Välilliset kustannukset taas jaetaan erilaisten jakoperusteiden avulla, kuten yleiskustannuslisin. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 176)

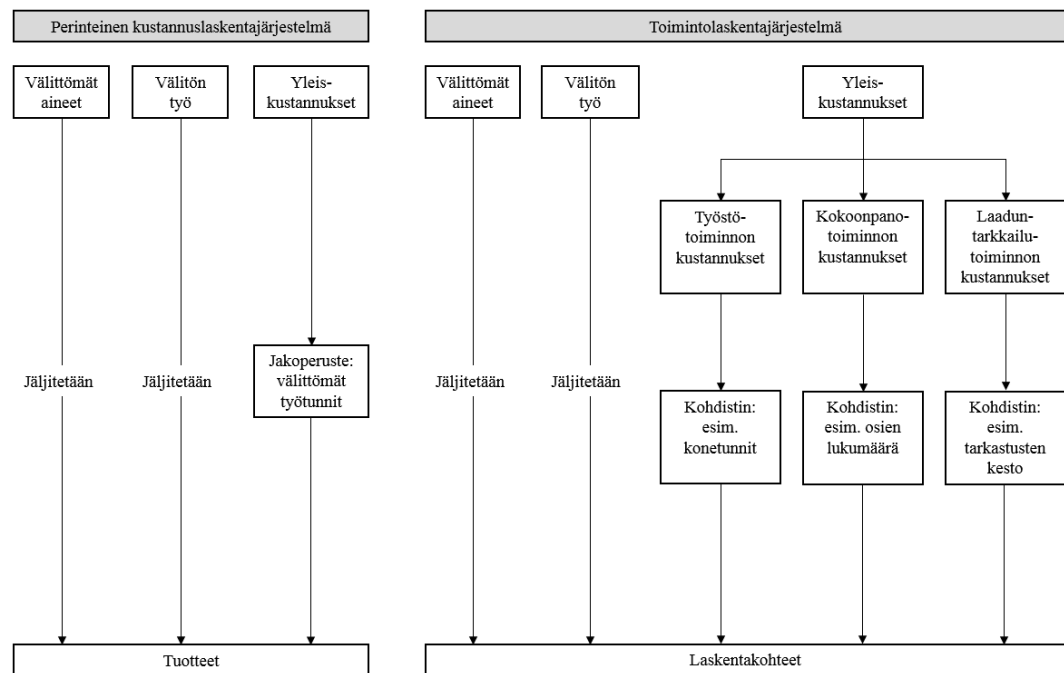
Erä- ja sarjatuotannossa valmistettavia tuotteita valmistetaan työmääräimien mukaan, joka rajaa kustannuslaskentaa. Erän välittömät aine- ja materiaalikustannukset kohdistetaan aina työmääräimelle, josta kustannukset voidaan jakaa työmääräimen mukaisen valmistuserän tuotteille. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 176-181)

Lisäyslaskennassa suoritettava välillisten kustannusten kohdistaminen yleiskustannuslisin auttaa todenmukaisen tuotekustannuksen selvittämisessä. Yleiskustannuslisillä tarkoitetaan mittaa, joka kuvaa valmistuserän kuluttamaa resurssia. Täten yleiskustannuslisä kuvaa esimerkiksi tuote-erän kuluttamaa konetuntia. Yleiskustannuslisä lasketaan jakamalla laskentakauden välilliset kustannukset suoritteiden määrällä. Saatu yleiskustannuslisä on euromääräinen, mutta myös prosentuaalisia lisiä on käytössä. Tuotekohtaisessa laskennassa voidaan käyttää yhtä yleiskustannuslisää tai jakaa yleiskustannukset pienempiin osiin kuten valmistuksen, markkinoinnin, hallinnon sekä tutkimus- ja kehittäelytoimintojen yleiskustannuksiin. (Riistama & Jyrkkiö 1994, s. 182-186)

#### 4.4 Toimintopohjainen laskentamalli

Perinteinen kustannuslaskenta on volyymiperusteista, jossa kustannukset jaetaan usein joko myyntimäärän tai tuotantomäärän mukaan. Tässä vertikaalisessa tarkastelussa ei kuitenkaan huomioida eri tuotteiden vaatimaa eroa resurssitarpeessa. Toimintolaskennalla pyritään jakamaan yrityksessä syntyviä yleisiä kustannuksia niiden resurssitarpeiden mukaan, mikä vaihtelee paljon tuotteiden välillä. Tällöin kustannukset kohdistetaan tuotteille, jotka todella kuluttavat resursseja sekä tuotteille kohdistetaan ainoastaan niistä aiheutuvat kulut. (Lumijärvi et al. 1995, s. 13-14)

Toimintolaskennalla tarkoitetaan toimintopohjaista kustannuslaskentaa, jossa toimintojen välillisiä kustannuksia selvitetään ja eritellään yrityksen eri toimintojen välillä. Kustannuksia voidaan jakaa toimintokohtaisista kustannuksista edelleen laskentakohteille, kuten tuotteille tai asiakkaille. Toimintolaskenta perustuu eri kustannusten jakamisesta toiminnoille, josta lasketaan toimintoja käyttävien kohteiden kyseisen toiminnan kulutus. Toimintolaskennan avulla pystytään laskemaan seurattaville asioille sen vaatimat resurssit tarkemmin, joka on esitetty kuvassa viisi. (Laitinen 2003, s. 269-273)



Kuva 5. Perinteinen laskentajärjestelmä ja toimintolaskentajärjestelmä (Horngren et al. 1996, s. 136)

Toimintolaskennan onnistumisen edellytyksenä on, missä laajuudessa sitä voi ja kannattaa hyödyntää. Prosessilla voidaan kuvata koko yritysprosessia tai jotakin sen osaa. Yrityksen tulee tunnistaa ongelmakohdat ja rajata toimintolaskennan käyttöä sitä koskeviin asioihin, eli mitä laajempi ongelma on, sitä laajemmalle toimintolaskennan tulee ulottua. Pienissä yrityksissä projektit ovat yritykseen nähden suuria, jolloin rajaamista ei välttämättä tarvitse ja kannata tehdä. Sama pätee myös tuotetason kannattavuutta tarkasteltaessa. Mikäli toimintolaskenta rajataan vain osaan yritystä, tulee rajauksen kohteena oleva tuote tai yrityksen osa olla tarpeeksi riippumaton yrityksen muusta toiminnasta, jolloin riippuvuuksia muihin toimintoihin olisi mahdollisimman vähän. (Järvenpää et al. 2001, s.96-97; Laitinen 2003, s. 288-289)

Muita rajaavia tekijöitä ovat aika, tarkkuus ja kattavuus. Toimintolaskentaa otettaessa käyttöön ajankohta, josta toimintaa tarkastellaan, tulee valita huolella. Tarkasteltava ajanjakso on hyvä olla mahdollisimman tuore, jolloin toimintolaskennasta saatavat tulokset ovat mahdollisimman luotettavia.

Ajanjaksossa tulee kuitenkin tarkastella myös kausivaihtelujen merkitystä, jotta tuloksista voidaan analysoida normaalista hiljaisempien ajanjaksojen poikkeavuudet. Ajan lisäksi jakamisen tarkkuus on pohdittava tarkoin. Äärimmäisyyteen viety toimintolaskenta on työlästä ylläpitää eikä se vastaa enää tarkoitustaan. Laskentamenetelmän tarkoituksena on tarkemman tiedon lisäksi tuottaa tietoa selkeämmin ja yksinkertaisemmin. Toimintolaskennan kattavuudella voidaan rajata pois aiheuttamisperiaatteen hankalasti tunnistettavat osa-alueet. (Laitinen 2003, s. 291-293)

Toimintolaskennan käytössä sen yksi peruseriaatteista on laskennan toimintojen määrittely. Määrittely etenee yrityksessä ylhäältä alaspäin, jotta looginen järjestys voidaan säilyttää. Toimintojen määrittelyn kulkiessa yritystasolla ylhäältä alaspäin voidaan samanaikaisesti pohtia toimintojen merkittävyyttä ja haluttu laskentataso voidaan helpommin saavuttaa. Tällöin toiminnoista saadaan varmemmin mielekkäitä ja itsenäisiä kokonaisuuksia. Toiminnon pitää olla itsenäisen kokonaisuuden lisäksi olennainen yritysprosessin kannalta, jonka mitattavuus on mahdollista. Toimintojen jaottelu voidaan tehdä esimerkiksi työvoimakustannuksien perusteella, josta edelleen eri osastojen tai osa-alueiden työvoimakustannuksiin. Eri osastot jaetaan omiin toimintoihinsa, joiden kuluttamaa resurssia pyritään seuraamaan. Työvoimakustannusten jako päätetyille toiminnoille edellyttää toimintojen työaikaseurantaa. Työaikaseurannalla pyritään saamaan tarkka resurssien käyttö toiminnoille, jota hyödynnetään työvoimakustannusten jaottelussa. Mikäli työajanseurantajärjestelmä ei ole mahdollista, tulee työaika arvioida toiminnoittain. (Järvenpää et al. 2001, s.97-98; Laitinen 2003, s. 296-306, 315-316)

Toimintojen määrittelyn jälkeen niiden synnyttämät kustannukset tulee olla jaettavissa suoritteille toimintokohdistimien mukaan. Toimintokohdistimet ovat kustannuksia synnyttäviä suoritteita, joita laskennan kohteet käyttävät. Toimintokohdistimena voi toimia tuotannollisessa toiminnassa konetunnit,

joita eri laskennan kohteet käyttävät tarpeensa mukaan tai markkinoinnissa asiakaskontaktien määrä. Toimintokohdistimien määrittelemine on laskennan tarkkuuden kannalta tärkeää ja siten niiden määrittelemine vaatii monipuolista pohdintaa. Kohdistimet eivät voi olla volyymisidonnaisia, sillä laskentakohteeseen sitoutuva määrä ei aina riipu lineaarisesti volyymistä. (Laitinen 2003, s. 322-324; Järvenpää et al. 2001, s. 89)

## 5 KOHDEYRITYS

Työn kohdeyrityksenä toimiva Stera Technologies on kansainvälisesti toimiva elektroniikan ja mekaniikan sopimusvalmistaja. Yhtiö on muodostettu vuonna 2007, mutta juuret alihankintatuotannosta kantavat 1960-luvun alkupuolelle asti. Autoteollisuuden alihankkijana Steralla on kokemusta 1960-luvun lopulta lähtien useasta eri automallista ja valmistettavasta tuotteesta, joista uusimmat tuotannot alkoivat vuosina 2013 sekä 2016 ja jotka jatkuvat edelleen. (Stera, 2016)

### 5.1 Kohdeyrityksen tuotantoprosessit

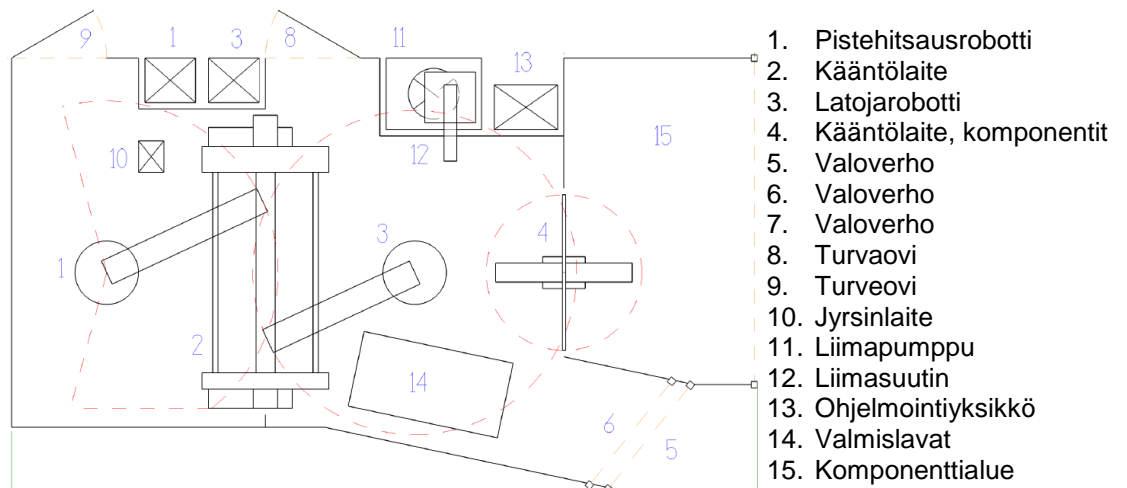
Stera Technologies Oy on erikoistunut ohutlevymekaniikkaan sekä elektroniikkaan ja johdinsarjoihin. Tuotantotyytit ja eräkoot vaihtelevat tuotteittain yksittäistuotannosta laajaan sarjavalmistukseen. Autoteollisuuden käyttöön valmistettavat tuotteet koostuvat pääosin ohutmetallituotteista, joiden valmistuksessa käytetään puristusta sekä hitsausta.

Yrityksen pitkä kokemus ohutmetallin puristustyöstä on kehittänyt vaadittavien työkalujen toimivuutta sekä suurten tuotantomäärien kustannustehokasta valmistusta. Piste- ja MIG-hitsaus ovat yritykselle tuttuja, mutta tuotannon laajuus ja autoteollisuuden tarkat laatuvaatimukset ovat vaatineet hitsauksen luotettavuuden kehitystä. Automatisaation hyödyntäminen on edesauttanut tuotannon tasalaatuisuutta sekä aikaa, vaikkakin sen käyttöönotto vaatii enemmän panostuksia.

Autoteollisuuden tuotteiden valmistuksessa käytetään puristimia, käsipistehitsauskoneita sekä robottisoluja. Robottisolut koostuvat hitsausroboteista, kääntöpöydistä sekä joissakin soluissa on käytössä kappaleenkäsittelyrobotteja, jotka korvaavat työntekijöiden työtä.



Robottisolun rakenne ja investointeihin vaikuttavia koneita ja laitteita on kuvattu kuvassa kuusi.



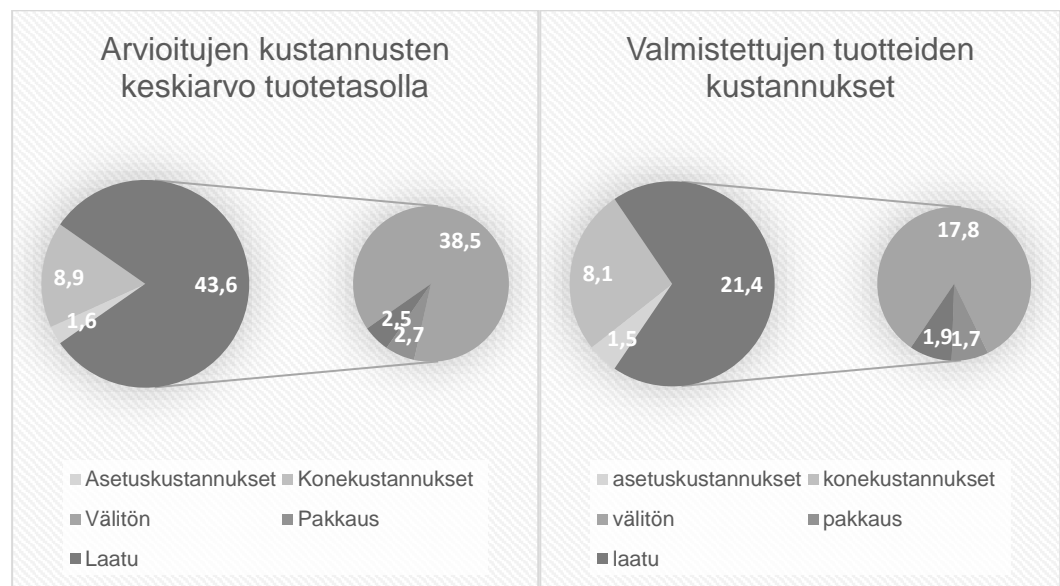
Kuva 6. Kappaleenkäsittelyrobotilla varustettu hitsaussolu

## 5.2 Laskentatyökalun kehittämisen lähtökohdat kohdeyrityksessä

Yritys on valmistanut nykyisiä autoteollisuuden käyttöön meneviä tuotteita vuodesta 2013 asti. Tätä ennen yrityksellä ei ole ollut kokemusta näin laajasta hitsaustuotannosta eikä myöskään yhtä automatisoidusta tuotannosta. Autoteollisuuden tuotteet vaativat Steralta suuria investointeja tuotannon aloittamiseksi, joten tuotelaskelmiin käytetään paljon aikaa kannattavuuden varmistamiseksi. Tällä hetkellä tuotekohtainen laskenta on epätarkkaa, koska laitteiden kustannuksia ei ole kohdistettu tuotetasolle. Aikaisemmassa tuotelaskennassa on arvioitu valmistuksen kustannuksia tuotteittain eikä investointeja ole yritetty jyvittää tuotetasolle asti. Stera seuraa koko tuoteryhmän kannattavuutta ja tämän lisäksi tuotekohtaisesti laatukustannuksia sekä tuotannon muuttuvia kustannuksia.

Autoteollisuuden tuotteiden valmistus aiheuttaa moninaisia kustannuksia niin suunnittelusta, investoinneista, välillisestä ja välittömästä työstä sekä kiinteistä potentiaalityöntekijöiden kustannuksista.

Tuotannossa olevien tuotteiden muuttuvien kustannusten rakenne koostuu pääasiassa työkustannuksista, koska materiaali on asiakkaan omistuksessa. Tällöin yksikköhinnat kasvavat suhteessa enemmän, kun kiinteät kustannukset lasketaan tuotetasolla mukaan. Kuvassa seitsemän on eroteltu arvioidut kustannukset ja toteutuneet kustannukset.



Kuva 7. Arvioidujen ja toteutuneiden kustannusten vaihtelu

Arvioiduissa ja toteutuneissa kustannuksissa on suuria vaihteluja varsinkin välittömän työn vertailussa. Välittömän työn todellisen kustannuksen ollessa arvioitua pienempää huomataan laskennan olevan erittäin epätarkkaa, mikä johtuu tässä tapauksessa uusien tuotantomenetelmien käyttöönotosta ja niiden kokemusten vähyydestä yrityksessä. Aiemmin hinnoittelu ja kustannuslaskenta on tehty arvioihin perutuvalla tuotekohtaisella laskennalla, jossa suurimpana vaikuttajana on ollut tuotantoaika. Tuotteen kokoa, vaadittavia investointeja eikä pakkauskaluston ja sisäisen logistiikan tarvetta ole otettu huomioon.

Yrityksen ja autoteollisuudessa toimivan asiakkaan yhteistyön jatkumisesta käytyjen neuvottelujen seurauksena Stera haluaa saada tarkemmat

tuotekohtaiset kustannuslaskelmat, jotta kannattavimmat ja vähiten kannattavat tuotteet voidaan tunnistaa. Laskelmien teon apuna on toteutuneen tuotannon investointikustannukset sekä tuotetasolla valmistusaikojen kehittyminen. Kiinteiden kustannusten jyvittäminen auttaa yhteistyön kehittämisessä ja kannattavan liiketoiminnan saavuttamisessa.

### **5.3 Kohdeyrityksen kustannukset autoteollisuuden tuotannossa**

Tuotelaskenta lähtee liikkeelle valmistusmenetelmien suunnittelusta sekä tuotantomäärien arvioinnista. Sopimukset asiakkaan kanssa ovat määräaikaista valmistussopimuksia, joita jatketaan automallin tuotannon jatkuessa. Ennakoivassa tuotelaskennassa tämä hankaloittaa investointien jaksottumisajan määrittämistä eikä investointien kustannuksia pystytä absoluuttisesti jakamaan tuotetasolle vaan on päätettävä investointien haluttu takaisinmaksuaika. Investointien poistot ovat kirjanpidossa ja tuotekustannuksissa erilaisia, kirjanpidossa valitaan haluttu poistomenetelmä kun taas investointien vaikutusta tuotetasolle voidaan muuttaa. Investointeihin lukeutuvat tuotantoon vaadittavat koneet ja laitteet, robottisoluihin kuuluvat turvalaitteet ja laadunvarmistusmenetelmät sekä tuotteiden valmistukseen käytettävien jigien eli tuotemuottien valmistus. Jigisuunnittelu ja -valmistus tarjotaan usein sekä erikseen että jyvitettyinä osahintoihin.

Suunnittelukustannukset ovat satojentuhansien tuotteiden valmistuksessa vähemmän merkittävässä roolissa, mutta myös marginaalit ovat pieniä ja ne lukeutuvat tuotteiden valmistukseen liittyviin kustannuksiin. Suunnittelu painottuu valmistusmenetelmien ja robottisolujen suunnitteluun sekä valmistuksessa käytettävien jigien suunnitteluun. Näistä valmistusmenetelmien suunnittelu vie ajanjaksollisesti vähiten aikaa, mutta kuormittaa enemmän henkilöitä kun taas jigisuunnittelu suoritetaan pidemmällä aikavälillä, mutta harvemman henkilön toimesta.

Henkilötyötuntien määrä kahdessa pääsuunnitteluryhmässä kertyy projektia kohden lähes yhtä paljon.

Tuotannon alkamisajankohdan jälkeen syntyviä kustannuksia ovat välilliset ja välittömät työkustannukset, huoltokustannukset, kiinteät kustannukset kuten kiinteistön vuokra ja kulutukseen perustuvat sähkö ja vesi sekä tuotantoon liittyvien tukitoimintojen kustannukset. Kustannuksissa tulee huomioida myös ulkoistuksen aiheuttamat kustannukset. Yrityksellä ei ole kaikkia tarvittavia resursseja itsellään, joten tietyissä tilanteissa joudutaan ostamaan suunnittelua, sähkötöitä ja konsultaatiota yrityksen ulkopuolelta.

Laskentatyökalussa on hyödynnetty teoriassa ja tutkimuksissa esille tulleita laskentamenetelmiä. Taulukossa kolme on ryhmitelty laskentatyökalussa huomioitujen kustannusten laskentamenetelmiä tuotetasolle.

Taulukko 3. Kustannuslajien laskentatavat

<b>Kustannus</b>	<b>Laskentatapa</b>
Jigien suunnittelu	Lisäyslaskenta
Jigien valmistus	Lisäyslaskenta
Investoinnit	Lisäyslaskenta
Huolto	Toimintolaskenta
Sähkö	Toimintolaskenta
Vuokra	Jakolaskenta
Vakuutukset	Lisäyslaskenta
Toimihenkilötyö	Toimintolaskenta
Välitön työ	Lisäyslaskenta
Välillinen työ	Toiminto- ja lisäyslaskenta
Konekustannukset	Toimintolaskenta

Konekustannuksien jakamisessa hyödynnetään toimintolaskentaa, jossa robottisolujen kustannukset jaetaan pistehitsauksien lukumäärän perusteella tuotetasolle. Pistehitsauksien lukumäärä kuvaa paremmin esimerkiksi vaadittavan sähköön ja jäähdytysveden määrää kuin aika. Tuotantoajat eroavat tuotteista riippuen, jolloin robottisolut eivät ole käynnissä ajallisesti yhtä paljon. Eri tuotantoaikojen vuoksi kustannusten

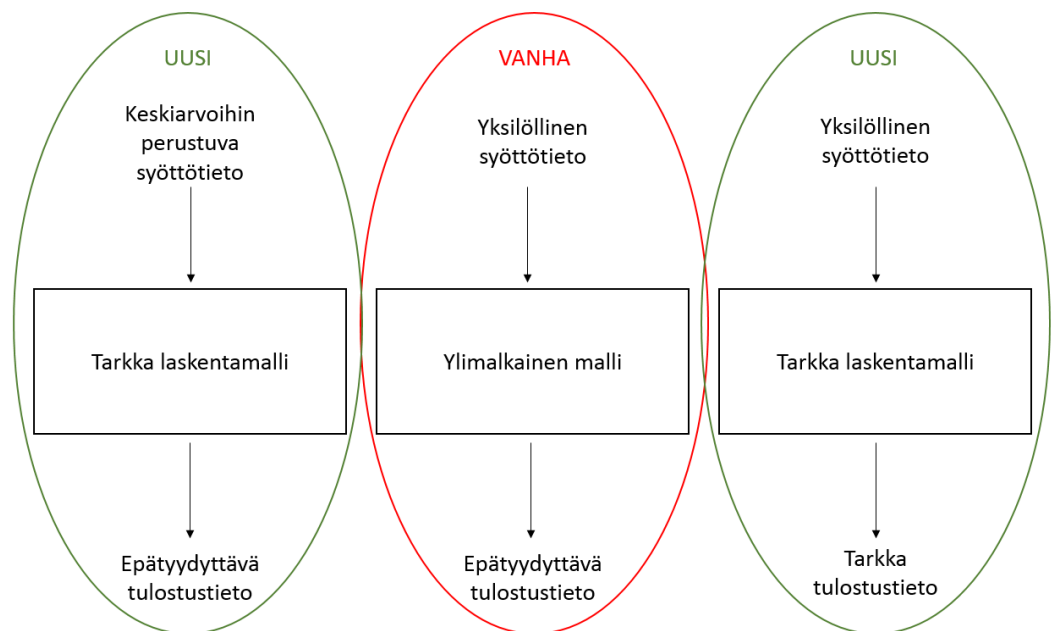
tarkastelujaksona käytetään yhtä viikkoa, jolloin kaikkien tuotteiden tuotantomäärät ovat yhtä suuria. Kuvassa kahdeksan on esitetty esimerkkilasku konekustannusten laskennasta.

Kustannukset viikossa		
Sähkö: 1000 €		
Vesi: 600 €		
Hitsaustarvikkeet: 400 €		
Pitsehitsauksien määrä: 23 000 kpl		
Kustannukset yhtä hitsausta kohden = 0,089 €		
	Kustannukset per erä	Kustannukset per tuote
Tuote A		
Valmistusmäärä: 500 kpl	266,67 €	0,53 €
Hitsauksia per tuote: 6 kpl		
Tuote B		
Valmistusmäärä: 500 kpl	533,34 €	1,07 €
Hitsauksia per tuote: 12 kpl		
Tuote C		
Valmistusmäärä: 500 kpl	1200,02 €	2,40 €
Hitsauksia per tuote: 27 kpl		

Kuva 8. Esimerkki toimintolaskennasta

## 6 LASKENTATYÖKALUN KEHITTÄMINEN

Laskentatyökalun on tarkoitus toimia hinnoittelun ja jälkilaskennan välineenä, johon tietoja syötettäessä saadaan ulos tuotekohtaiset kustannukset. Laskentatyökalun toteuttamisessa on pyritty soveltamaan sekä tarkkaa syöttötietoa että arvioihin perustuvia syöttötietoja. Fogelholm et al. (2001) on kuvannut syöttötietojen ja laskentamallien tarkkuuksien vaikutuksia saataviin tuloksiin kuvassa yhdeksän, johon on myös kuvattuna Steran vanhan laskentatapa sekä uuden laskentatyökalun periaatteet.



Kuva 9. Laskentamallin tulostus eri tilanteissa (Fogelholm et al. 2001, s. 51)

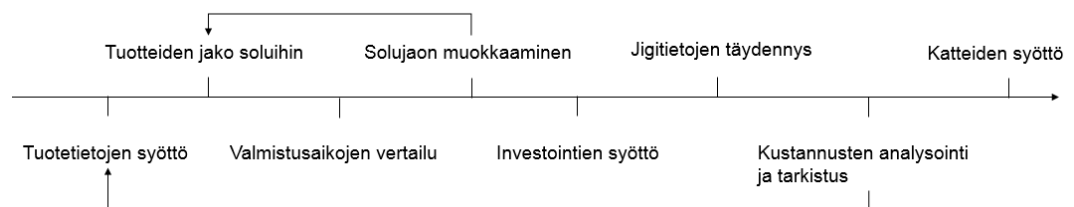
Laskentamallissa hyödynnettävien tuotteiden valmistus eroavat toisistaan monimutkaisten muotojen, fyysisen koon, pakkaustavan sekä esimerkiksi hitsauksen ja liimauksen määrän perusteella. Jokaisen erilaisen valmistettavan tuotteen ollessa erilainen, ovat kustannukset hyvin vaihtelevia ja niiden laskentaan ei pystytä kaikissa tilanteissa käyttämään tarkkoja syöttötietoja. Huomioonottaessa suunnittelukustannukset, ei pystytä tarkkaan etukäteen arvioimaan suunnitteluun kuluvaan aikaan, jolloin hinnoittelukäytössä tulostustieto on epätarkkaa. Laskentamallin

myöhemmässä, tuotannonaikaisessa käytössä voidaan kustannuksia korjata ja jälkilaskennasta saadaan tarkempaa.

Valmistukseen liittyvien kustannuksien syntyyn vaikuttaa monet asiat samanaikaisesti, joten tarkan tulostustiedon saaminen on lähes mahdotonta. Fogelholm (1997) kuvaa laskentamallien olevan yleisesti kirjanpidon tuloslaskelman mukaisia, jossa joudutaan tuotelaskennassa hyödyntämään yleiskustannuslisiä. Tämä aiheuttaa kustannusten kohdistumisen vain yhden parametrin avulla, mikä ei anna riittävän tarkkaa informaatiota. Tuotekustannuslaskennan tarkkuuden parantamiseksi ja sen hyödyntäminen erityisesti hinnoittelussa edellyttäisi monipuolisempaa tarkastelua. (Fogelholm 1997, s. 12-13)

## 6.1 Työkalun rakenne

Laskentatyökalu on jaettu viiteen eri osa-alueeseen; jigit, muut investoinnit, tuotteet, tuotteiden jako robottisoluihin ja tuotekustannukset. Jaottelun perustana on valmistukseen vaikuttavien kustannusten syntymisajankohta ja yrityksen henkilöstön rooli eri osa-alueissa. Edellä mainitut viisi osa-aluetta ovat selkeitä kokonaisuuksia, jotka eivät ole täysin suoraan riippuvaisia toisistaan. Laskentatyökalun on oltava helppokäyttöinen, jolloin osa-alueiden lukumäärän tulee olla mahdollisimman pieni, mutta eroteltuna toisistaan työkalun käytettävyyden parantamiseksi. Työkalun käytön eteneminen on esitetty kuvassa kymmenen.



Kuva 10. Laskentatyökalun käytön eteneminen

Tuotteet-välilehdellä syötetään valmistettavien tuotteiden ominaispiirteet. Lähtökohtana on, että tuotteiden tiedot syötetään piirustuksesta saatavalla informaatiolla. Kuvasta saatava informaatio pitää sisällään tuotteen mitat, työvaiheet ja työtapahtumien lukumäärän jokaisessa työvaiheessa. Tuotteet-välilehdellä tapahtuu tuotekohtainen laskenta aikaisempaan yrityksestä saatuun tietoon perustuen. Laskenta ottaa huomioon tilanteet eri vuorojärjestelmissä, laskee tuotantoajan perustuen historiaan ja tämän tuotteen suoritteiden lukumäärään. Tämä tieto siirtyy suoraan muualle laskentatyökalun käyttämiin kohteisiin. Tällöin laskentakaavat ovat selkeämmin näkyvillä ja helposti muokattavia tulevaisuudessa.

Seuraava vaihe laskentatyökalun käytössä on tuotteiden jako robottisoluihin, jossa hyödynnetään tuotet-välilehdellä esiintyvää dataa. Kyseisellä välilehdellä pyritään yhdistämään eri tuotteita valmistettavaksi samassa solussa. Usein yhden tuotteen valmistus ei käytä koko robottisolun kapasiteettia, jolloin voidaan valmistaa samassa solussa kahta tai useampaa tuotetta samanaikaisesti tai vuorotellen. Tämän välilehden tarkoituksena on jakaa tuotteet ensin vaadittavien valmistusmenetelmien mukaisesti, minkä jälkeen voidaan tuotteet jakaa keskenään eri soluihin. Tuotteet-välilehdellä laskettua vaihekohtaista tuotantoaikaa hyödynnetään koko solun mahdollisen kapasiteetin laskennassa. Useiden tuotteiden samanaikaisessa valmistuksessa optimaalisimmat tuoteyhdistelmät ovat vaikeita löytää. Laskennan suorittaminen hinnoittelutarkoituksessa edellyttää eri yhdistelmien kokeilua, jolloin optimaalisin tuotekokonaisuus voi jäädä huomiotta. Jälkilaskennassa on helppoa todeta tietyn solun teoreettinen vapaa kapasiteetti, jota tietoa voidaan hyödyntää tuotantoyhdeistelmien parantamisessa.

Investoinnit pitävät sisällään kaikki tuotantoon tarvittavat koneet ja laitteet kuten robotit, kääntöpöydät, turva-aidat, muut turvallisuusvälineet, trukit, 3D-mittalaitteet ja materiaalit. Investoinnit pystytään määrittämään tuotteiden ja tarvittavien robottisolujen lukumäärän perusteella.



Investointien laskennassa käytetään apuna aikaisempien projektien syntyneitä kustannuksia ja arvioitu niiden perusteella tarvittavien investointien loppusumma. Laskentatyökalua käytettäessä jälkilaskennassa, voidaan kenttiin syöttää suoraan toteutuneet investointikustannukset. Muut investointikustannukset ovat sekä kaikille tuotteille kuuluvia investointeja että tuotekohtaisia investointeja. Nämä kustannukset ovat eroteltu valmistuspaikkakohtaisesti toisistaan.

Jigisuunnittelun ja valmistuksen kustannukset riippuvat tuotantonopeudesta, valmistuspaikasta, tuotteiden jaottelusta soluihin sekä valmistusmääristä. Jigeistä syntyvät kustannukset ovat jaoteltu suunnittelukustannuksiin, jotka ovat vakiot lukumäärästä riippumatta sekä valmistuskustannuksiin, jotka ovat riippuvaisia jigien määrään. Jigien määrään vaikuttaa valmistettavan tuotteen tuotantomäärät ja tuotantonopeus. Robottisoluisissa on mahdollista valmistaa useampaa osaa samanaikaisesti, jolloin jigien rakenne tai lukumäärä voivat erota. Pienillä tuotantomäärillä tai nopeilla tuotantoajoilla pärjätään yhdellä jigillä, mutta jigien määrä kasvaa hyppäyksittäin tuotantomäärien kasvaessa. Jigien valmistus- ja suunnittelukustannukset ovat eroteltu keskenään, jolloin työkalun loppulaskennassa käytettävän tuotteiden tuotantomäärien mukainen jigitarve kertoo tarvittavien jigien lukumäärän ja huomioi suunnittelukustannusten jakaantumisen kaikille valmistettaville osille.

Edellisissä neljässä välilehdessä rakennetaan eri kustannuslähteille syötteiden avulla tuotantoaikoja ja kustannuksia, jotka kootaan yhteen tuotekustannukset-välilehdelle. Tuotekustannukset-välilehdellä pystytään vertailemaan normaalikalkyylin mukaisesti tuotekohtaisia kustannuksia ja hinnoittelutilanteessa syöttämään haluttuja katteita ja lisiä tuotehintoihin.

## 6.2 Työkalun syötteiden valinta

Syötteillä tarkoitetaan kustannusalkoita ja kohdistusparametreja, joita syöttämällä saadaan laskentamallista ulos haluttu tulos. Tuotantoyksikössä, jossa valmistetaan satoja erilaisia tuotteita samoissa tiloissa, on joidenkin kustannusten tarkka jakaminen robottisoluihin ja tuotekohtaisesti vaikeaa. Haasteita aiheuttavat välilliset työt sekä kiinteiden kustannusten jakamisperuste.

Laskentatyökalun käyttö alkaa tuotteiden syöttötietojen antamisella. Tuotteista on tiedossa tarjoushetkellä tai jälkilaskentahetkellä piirustuksen antama tieto sekä elinkaaren arvioitu pituus ja tuotantomäärät. Laskentatyökalussa syötetään piirustuksesta saatavat mitat, eri työvaiheet, työvaiheiden sisältämän työn määrä, esimerkiksi pistehitsauksien lukumäärä ja liimapalon pituus. Tuotteiden syöttötiedoille tarkoitettu ikkuna on esitetty kuvassa 11.

The screenshot shows a software window titled "UserForm3" with a close button in the top right corner. The window contains several input fields and checkboxes for product data entry:

- Left Column (Text Fields):**
  - Nimike
  - Nimikenumero
  - Piirustusnumero
  - Vuosivolyymi
  - Jigien määrä
  - Paino (kg)
  - Mitta X (mm)
  - Mitta Y (mm)
  - Mitta Z (mm)
- Right Column (Checkboxes and Text Fields):**
  - Pistehitsaus (kpl)
  - Käsnähitsaus (kpl)
  - Niittaus (kpl)
  - Liimaus
  - Palon pituus (mm)
  - Palon leveys (mm)
  - Palon korkeus (mm)
  - Uunitus? (radio buttons for Kyllä and Ei)
- Bottom (Buttons):**
  - Syötä
  - Sulje

Kuva 11. Tuotekohtaisten syöttötietojen ikkuna.

Piirustusta hyödynnetään myös myöhemmässä vaiheessa jigisuunnittelussa. Tuotteen fyysiset mitat ja paino vaikuttavat tuotteen pakkauseräkokoon, mikä taas vaikuttaa optimaalisiin tuotantoeräkokoihin ja sisäisen logistiikan aiheuttamiin kustannuksiin. Tuotteet-välilehdellä tietojen syötön jälkeen laskentatyökalu laskee ennaltamääriteltujen syöttötietojen avulla jokaisen työvaiheen edellyttämän tuotantoajan ja yhdellä robottisolulla valmistuvien tuotteiden määrän eri vuoromenetelmillä. Tämä tieto siirtyy robottisolujen jaottelun käyttöön. Laskentaan käytetyt syöttötiedot kuten yhden pistehitsauksen kuluttaman ajan tai tuotannonaloituksen asetusajan määrittelyä voidaan muuttaa yksinkertaisesti välilehden otsikkorivillä. Jokainen samanlainen työ on oletettu kestävän yhtä kauan tuotteesta riippumatta. Hitsausrobotin nopeus on vakio, mutta eroa voi aiheuttaa robotin siirtymisaika pisteestä toiselle. Tämä ero on tuotekohtaisesti niin pieni, että sen tarkempi laskenta ei ole järkevää. Tuotteiden kustannusten eroon vaikuttaa siis työvaiheessa olevan työn lukumäärän erotus.

Tuotanto edellyttää erilaisia välillisiä töitä kuten laadunvarmistusta ja logistiikka, minkä laskennassa on käytettävä keskiarvoja ja yksinkertaistettava laskentaa. Logistiikan aiheuttamat kustannukset voidaan laskea tarkemmin kun huomioidaan tuotteen valmistus- ja varastopaikat tehtaassa. Tällöin logistiikan kokonaiskustannukset voidaan jakaa metriperusteisesti tuotteille. Yksinkertaisemmassa laskentatavassa huomioidaan ainoastaan tuotteiden pakkauskoot, jolloin logistiikan kokonaiskustannukset jaetaan siirrettävien lavojen määrällä tietyllä tuotantomäärillä ja tästä edelleen yhden kuormalavan logistiikkakustannukset jaetaan pakkauskoon mukaisesti tuotteille. Sisäinen logistiikka toimii myös muun tuotannon tukena, jolloin näistä aiheutuvien kustannuksien suhteita autoteollisuuden tuotteiden kustannuksiin on vaikeaa arvioida. Laskentamallissa oletetaan sisäisen logistiikan synnyttävän kaikki kustannukset autoteollisuuden tuotteille ja

laskentatapana on käytetty kuormalavakohtaista kustannusta, jotka on jaettu tuotteiden pakkauseräkokojen mukaisesti tuotteille.

Muita välillisiä kustannuksia ovat laatutoiminnasta syntyvät kustannukset. Autoteollisuus on hyvin tarkoin määritellyt vaadittavat laatutoiminnat ja mittaustuloksia on kerättävä ennaltamäärätyin tavoin. Tuotannonaikainen laadunvalvonta pitää tuotteista riippuen eri määrän 3D-mittauksia, joiden tuotekohtainen tiheys voi muuttua, riippuen tuotannon sujuvuudesta ja virheellisten tuotteiden lukumäärästä. Mikäli tuotannossa havaitaan virheellinen tuote, tulee mittaustiheyttä lyhentää. Kustannuslaskennassa virheellisten tuotteiden aiheuttaman lisämittauksen määrää on mahdotonta arvioida, joten laskentamalli ei ota huomioon tätä mahdollisuutta. 3D-mittauksessa kapasiteetin määrää laitteen nopeus eikä henkilöstön lisäämisellä voida lisätä kapasiteettia. Laskentamallissa on yksinkertaistettu laadunvarmistuksen kustannuksia jakamalla sen aiheuttamat kustannukset tasan kaikkien tuotteiden kesken.

Investointien laskenta tapahtuu omalla välilehdellään, johon tarvittavien koneiden ja laitteiden määrä tulee solujaottelun välilehdeltä. Investoinnit pystytään laskemaan hyvin tarkasti jo etukäteen kun hyödynnetään edellisten projektien kustannuksia. Vaadittavien koneiden ja laitteiden jakaminen tuotetasolle on myös selkeää kun tiedetään tuotteiden valmistuspaikat. Investointien elinkaaret ovat kuitenkin usein pitkäaikaisempia kuin niillä valmistettavien tuotteiden elinkaari, mikä tulee ottaa huomioon laskennassa. Laskentatyökalussa investointeihin määritellään haluttu aika, jossa laitetta käytetään tietyn tuotteen valmistukseen. Investoinnit pitävät hyvin arvoaan, joten niiden jäännösarvo tulee arvioida laskentatyökaluun. Kun investoinnin kokonaismäärästä vähennetään koneen jäännösarvo, saadaan investoinnille kustannus, joka halutaan saada tuotteen valmistusaikana maksettua takaisin. Tämä kustannus jaetaan koneella tai laitteella valmistettavan tuotteen arvioidun lukumäärän mukaisesti tuotetasolle lisäyslaskentaa hyödyntäen.

Hinnoittelukäytössä tieto voi olla epätarkka, mutta jälkilaskennassa pystytään laskemaan tarkasti investointien vaikutus tuotekohtaiseen kustannukseen.

Jigien suunnittelun ja valmistuksen kustannuksien laskentaan käytettävät syöttötiedot luetaan tuotteen piirustuksista. Piirustuksissa on määritelty autoteollisuuden edellyttämien säännösten mukaisesti jigien tukipisteiden lukumäärä, mikä on yksi suurimmista kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä. Jigisuunnitteluun kuluva aika on tuotekohtaista ja sen arvioiminen etukäteen on summittaista. Laskentatyökalussa jigisuunnitteluun kuluvan ajan määrittämiseen jaotellaan tuotteet kolmeen eri kategoriaan; helppo, normaali ja vaikea. Vaikeusaste arvioidaan tuotteen kolmiulotteisin monimuotoisuuden, tukipisteiden ja tuotteen koon mukaan, jolloin saadaan hyvin karkea arvio, mutta kuitenkin suuntaa-antava suunnittelu-aika. Vaikeusasteen määrittely antaa suoraan jigien suunnitteluun kuluvan ajan ja vaikuttaa jigien tarvittavien materiaalien kustannusten arviointiin vaikeusasteen mukaisella kertoimella. Jigeissä on myös perusosia, jotka lasketaan suoraan jigien lukumäärän ja tukipisteiden lukumäärien mukaan. Jigisuunnittelussa materiaalien ja työn hinta voivat muuttua, joten näitä oletusarvoja voidaan muuttaa rivikohtaisesti.

Tuotteiden jako robottisoluihin tapahtuu omalla välilehdellään, johon syötetyt tuotteet ja niiden valmistusajat ja -vaiheet tulevat näkyviin. Välilehden tarkoituksena on yksinkertaisesti testata tuotteiden yhdistelmiä ja niiden tarvittavaa tuotantoaika eri robottisoluissa. Välilehdellä tulee syöttää haluttu päiväkohtainen tuotantomäärä tai vaihtoehtoisesti haluttu vuorojärjestelmä. Tuoteriveille syötetään aseman numero, jolloin työkalu esittää vaadittavien työvuorojen määrän tai robottisolun käyttöasteen halutulla vuorojärjestelmällä. Tuotteita voi yhdistellä ja muuttaa solusta toiseen, jolloin nähdään yksinkertaisesti, miten tuotteet kannattaa yhdistää keskenään mahdollisimman hyvän käyttöasteen saavuttamiseksi.

Kustannukset-välilehdelle syötetään hinnoittelukäytössä haluttuja katteita ja tuotannon työntekijöiden, koneiden ja laitteiden sekä huoltojen tuntihintoja. Kustannukset-välilehdellä pystytään vertailemaan tuotteiden kustannusrakenteita ja moniportaisessa tarjousvaiheessa on helppoa muuttaa tarjottavaa hintaa katteita muuttamalla. Samalla tunnistetaan kunkin tuotteen kustannusrakenne ja pystytään analysoimaan tuotannon kriittisimpiä riskitekijöitä.

### **6.3 Toimivuuden testaaminen ja arviointi**

Laskentatyökalussa on käytetty hyödyksi sekä vanhaa kokemusperäistä tietoa, että arvioituja lukuarvoja. Aikaisemmista projekteista on saatavilla syntyneet kokonaiskustannukset ja tarkat tuotekohtaiset tuotantoajat eri ajanjaksoilla, joita on hyödynnetty laskentatyökalun luonnissa ja testauksessa. Toimivuuden testaamista ja tiedon oikeallisuutta ei pystytä tarkasti todentamaan, koska absoluuttista totuutta kustannuksien jakaantumisesta ei tiedetä. Laskentamallin ainoa absoluuttinen vertailu voidaan suorittaa kokonaiskustannuksien vertailussa, ovatko tietyn projektin kokonaiskustannukset yhtä suuret kuin kirjanpidossa on laskettu.

Laskentatyökalun toimivuutta on testattu kahden eri autoteollisuuteen liittyvällä projektilla, joista toinen alkoi vuonna 2013 ja toinen 2016. Molempien projektien kokonaiskustannukset ovat tiedossa projektitasolla. Näistä projekteista on myös eroteltu eri osa-alueiden kustannuksia ja tuotantoaikoja, joita on käytetty laskentatyökalun tuottaman tuloksen vertailussa. Vuonna 2013 alkanut projekti oli täysin uudenlainen Stera Technologies Oy:lle, jolloin tarjousvaiheen arviot kustannuksista olivat vaikeaa laskea. Laskentatyökalun luonnin tarkkuuden saavuttamiseksi verrattiin ensin aikaisempien projektien suunniteltuja kustannuksia ja työaikoja toteutuneisiin kustannuksiin ja työaikoihin. Valmistusmenetelmät ovat uuden tuotannon alkamisen jälkeen kehittyneet merkittävästi, mikä on

vaikuttanut myös kustannusten kasvuun, mutta myös tuotantonopeuden kehittymiseen.

Laskentatyökalussa käytettiin aluksi keskimääräisiä arvoja toteutuneista valmistusnopeuksista sekä investointien kokonaismäärästä. Laskentatyökalun kehittymisen edetessä analysoitiin tuotantonopeuksien kehittymistä oppimisen seurauksena ja pystyttiin tunnistamaan tuotantoaikojen nopeutuminen. Laskentatyökalussa on käytetty tuotantoaikojen mediaaniarvoja, jolloin tuotannon alussa oleva keskiarvosta paljon poikkeava tuotantoaika jätettiin huomiotta. Tämä tuotannon alussa näkyvä hitaus on poistettavissa yrityksen tulevilla projekteilla, joten sen merkitys tulevilla kustannuslaskennan tarkkailussa ei ole merkittävää.

Kasanen et al (1991) pitää konstruktion totuudellisuuden mittarina konstruktion toimivuutta, johon liittyy relevanssi, yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyys. Laskentatyökalu huomioi monipuolisesti tuotantoon liittyvät kustannukset esitettynä yksinkertaisesti. Käyttäjä etenee loogisesti työkalun käytössä ja tulos perustuu osittain toteutuneisiin työaikoihin ja kustannuksiin. Tällöin voitaneen todeta laskentatyökalun auttavan yritystä tuotteiden kannattavuuden tarkastelussa.

#### **6.4 Työkalun jatkokehitys ja muut mahdollisuudet**

Laskentatyökalu toimii hinnoittelun ja jälkilaskennan tukena, mutta tuotantoon vaikuttavien asioiden moninaisuuden vuoksi kaikkien kustannuslähteiden ristikkäisiä vaikutuksia on hankalaa määrittää ennalta. Laskennan tuottaman tiedon epätarkkuus johtuu keskimääräisten arvojen käytöstä ja valmistuksen poikkeustilanteiden vaikutuksista, joita ei pystytä ennakoimaan. Myös tuotantoympäristö on monimutkainen, kun samoja resursseja käytetään laskettavaan projektiin, mutta myös muihin projektiin kuulumattomiin toimintoihin.

Työkalu antaa suuntaa kustannusten suhteista tuotteiden välillä ja syötettävää tietoa pystytään tarkentamaan. Olennaista on, mikä on riittävä tarkkuus kustannuksille, jotta tulosta pystytään järkevästi hyödyntämään. Laskentatyökalun kehityksessä voidaan tulevaisuudessa hyödyntää yhä enemmän historiadataa, jota analysoimalla voidaan tarkentaa syöttötietoja. Varsinkin jigsaw-suunnittelussa pystytään syöttötietoja tarkentamaan paljon. Osien yhtäläisyyksiä pystytään mallintamaan 3D-piirustuksista, mutta niiden kriittisiä ja yhteneviä muotoja sekä kriteereitä ei ole vielä pystytty yhdistämään.

Tuotannolliset poikkeustilanteet aiheuttavat paljon vaikeasti seurattavaa ja kerättävää dataa. Häiriötilanteen analysointi ja syy-seuraussuhteen havainnoiminen sekä toistuvuus antaisivat arvokasta tietoa niin tuotannon kehitykseen kuin huoltotoimenpiteiden ja konerikkojen ennakointiin.

Yrityksen tulee kehittää laskentatyökalun kattavuutta koko tuotantoyksikön käyttöön, jolloin kaikkien valmistettavien kustannusten resurssitarpeet voidaan huomioida ja kustannuslaskennan oikeellisuus paranee. Tällöin keskimääräisten lukujen käyttöä voidaan vähentää ja hyödyntää toimintolaskentaa laajemmin. Nyt on oletettu tiettyjen resurssien kuuluvan kokonaisuudessaan laskettavaan kohteeseen, vaikka todellisuudessa resurssien kulutus ei ole lasketun suuruinen.

Teollinen internet kehittyy jatkuvasti. Teollisen internetin sovellutuksilla pystytään jo keräämään reaaliaikaista tietoa tuotannosta ja tuotantonopeuksista sekä häiriöistä. Reaaliaikaista tietoa pystytään yhdistämään toiminnanohjausjärjestelmien tietoihin, jotka yhdessä luovat tarkkaa dataa. Tämän tarkan datan analysointi ja hyödyntäminen on usein kerättävään dataan ja mahdollisuuksiin verraten varsin pientä. Teollisen internetin välityksellä saatavaa dataa voidaan hyödyntää myös suoraan laskentatyökalun käytössä yhdistämällä ne toisiinsa. Mittaaminen on edullista, mutta täytyy osata löytää ne kriittiset tekijät kerätystä datasta.



## 7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1 Työn keskeiset tulokset

Työn tavoitteena oli luoda tuotelaskentatyökalu Stera Technologies Oy:lle, millä voi selvittää, miten autoteollisuuden käyttöön tarkoitettujen tuotteiden kannattavuus voidaan varmistaa tarjousvaiheessa. Pää tavoitteen saavuttamiseksi on käytetty apuna kriittisimpiä muuttujia kannattavuudelle, kustannusten arviointikeinoja ja tarkkuutta sekä kustannusten jakoperusteita sekä kohdistamista tuotetasolle yhtäaikaisessa osavalmistuksessa.

Tuotannollisessa toiminnassa yrityksen kustannusten syntyperää tulee pohtia, miten se vaikuttaa tuotetasolla kustannuksiin ja minkä laatuista kustannukset ovat. Kustannuksia voidaan jakaa tuotantotekijöiden mukaisesti, jolloin tunnistetaan helpommin kustannusten vaikutukset, ovatko ne lyhyen vai pitkän aikavälin kustannuksia. Autoteollisuuden tuotteiden valmistuksen kustannuksien laskennassa tulee huomioida niin paljon eri kustannuksia, että tuotannontekijät tulee tunnistaa, mutta kustannuslaskenta on monimutkaisempaa tuotannontekijöiden ryhmittelyllä. Esimerkiksi inhimilliset tuotantotekijät pitävät sisällään niin välitöntä kuin välillistä työtä, tuotantoa palvelevaa työtä sekä työstä joka ei ole lainkaan riippuvainen tuotantonopeudesta. Tuotannontekijöiden luokittelun sisällä kustannukset tulee laskea eri tavoin, jolloin laskentatyökalun käytettävyys kärsii ja on helpompaa erotella kustannukset tuotantonopeudesta riippuvaiset ja ei riippuvaiset toisistaan.

Eri tuotantomuodot ja -prosessit ovat hyvä perusta laskennan lähtökohdille. Fogelholm (1997) toteaa jokaisen tuotantoprosessin vaativan oman laskentamallinsa eri tuotantoprosessien suurien eroavaisuuksien vuoksi. Autoteollisuudessa valmistetaan hyvin vaihtelevia tuotteita suurina määrinä, jolloin valmistusmenetelmät ja eräkoot eroavat paljon. Joissakin tuotteissa

valmistusprosessi on hyvin jatkuvaa kun taas toisilla, nopeamman läpimenoajan omaavilla tuotteilla tilaus- tai sarjakohtaista. Laskentatyökalussa tulee ottaa huomioon tuotteen ominaispiirteet ja erotella eri valmistusvaiheet omiksi laskentariveiksi, jolloin laskentatyökalusta saadaan selkeä ja yksinkertainen käyttö. Solutyypisessä tuotannossa laskenta tapahtuu solun sisäisen valmistusnopeuden mukaan. Haasteina solutyypisen tuotannon kustannuksien määrittelyssä aiheutuu solun investointien ja käytön jakamisperuste. Jakamisperusteena voidaan käyttää hitsauspisteiden lukumäärää, tuotantoon kuluva aikaa tai kappaleen massan aiheuttamaa kuormaa. Laskentamallin tarkoituksena on helpottaa kustannusten määrittämisessä ja on huomioitava hyötynäkökulma, mikä on relevanttia tietoa. Tällöin solutyypisessä tuotannossa voidaan kustannukset jakaa työsuoritteiden lukumäärällä, kuten hitsauspisteiden lukumäärällä.

Sopimusvalmistustyyppisessä tuotannossa ei voida määrittää yhtä oikeaa tapaa laskea tuotteiden kustannuksia vaan laskentatavan valinnassa on huomioitava tuotteen ominaisuudet. Tuotteiden valmistustavoissa on suuria eroja, optimaaliset eräkoot vaihtelevat tuotantoaikojen ja pakkauseräkokojen mukaan. Liimattavissa osissa on huomioitava lyhyt varastointiaika, mikä taas vaikuttaa eräkokojen valintaan.

## **7.2 Tulosten arviointi, oikeellisuus ja merkittävyys**

Laskentatyökalun toiminnan periaatteet ja kustannusten syntymisen toiminnot ovat päteviä tuotantotavoista ja -muodoista riippumatta. Kaikki tuotannollinen toiminta synnyttää samoja kustannuksia, mutta laskentamenetelmät voivat vaihdella. Laskentatyökalussa käytetyt laskentamenetelmät eivät sovellu suoraan muiden tyyppisille valmistettaville tuotteille vaan laskentamenetelmät ovat valikoitu tuotetyyppien perusteella yksilöidysti.

Laskentatyökalu on luotu tietäntyyppisten autoteollisuuteen kuuluvien tuotteiden kustannusten laskentaan Stera Technologies Oy:n Turun tuotantoyksikössä, jossa valmistetaan sopimusvalmistuksena myös muita tuotteita. Laskentamalli on räätälöity tuotantoyksikköön sopivaksi. Laskentamalli huomioi kaiken tuotannon vaikutuksen kiinteisiin kustannuksiin, jolloin laskentatyökalun käyttö ei sovellu muihin tuotantoyksiköihin. Valmistusmenetelmät ovat myös yksilöllisiä ja ovat räätälöityjä juuri kyseiseen tuotantoyksikköön sopivaksi. Laskentaan vaikuttaa koneiden, laitteiden ja jigien laatu, joiden kustannukset muuttuvat valmistusympäristön muuttuessa. Koneiden ja laitteiden kehittyessä vain tuotantonopeuden säätö on mahdollista, mutta uusia valmistusmenetelmiä tai työvaiheita ei pysty laskemaan nykyisellä laskentatyökalulla.

Laskennan tuloksen oikeellisuutta on analysoitu toteutuneiden tuotantoaikojen ja kokonaiskustannusten seurannalla. Tuotekohtaisen kustannusten oikeellisuutta ei pystytä osoittamaan vaikka mikään ei viittaa tuloksen virheellisyyteen. Aikaisemman projektin toteutuneita kokonaiskustannuksia on verrattu laskentatyökalusta saatuun kokonaiskustannukseen, jossa on käytetty edellisen projektin tuotantomääriä. Kokonaiskustannukset ovat eronneet vain marginaalisesti, mihin vaikuttaa myös laskentatyökalussa vanhan tiedon hyödyntäminen. Tuotekohtaisissa kustannuksissa ja hinnoissa on ollut suuria vaihteluja johtuen jakamisperusteen erilaisuudesta. Laskentatyökalun tuotekohtaisessa jakamisperusteessa on hyödynnetty toteutuneita tuotantoaikoja, joten tiedon oikeellisuus on parempi kuin vanhassa laskutavassa, joka on tehty ennen projektin alkua. Oikeellisuuteen vaikuttaa kuitenkin käyttäjäkohtainen arviointi. Laskentatyökalun subjektiivinen arviointi ja keskimääräisten arvojen käyttö aiheuttaa tuloksiin virhettä. Laskentatyökalun antamiin tuloksiin ei siis voida vielä täysin nojata, vaan suhtautua siihen kriittisesti.

Tulosten oikeellisuus pätee toistaiseksi ainoastaan edellisten projektien kohdalla. Tulevaisuudessa hyödynnettävän laskentatyökalun toiminta edellyttää samankaltaisten tuotantoprosessien ja -menetelmien käyttöä.

### **7.3 Jatkotutkimuskohteet ja suositukset**

Kustannusten huono tuntemus aiheuttaa kovin kilpaillussa markkinasegmentissä haasteita oikean hintatason määrittämisessä. Liian korkeat hinnat johtavat kilpailijoiden aseman parantumiseen kun taas liian matalat hinnat eivät ole yritykselle pitkällä aikavälillä kannattavia. Jälkilaskennalla pystytään myös tunnistamaan tarkemmin vapaan kapasiteetin määrä.

Tieteellisessä tutkimuksessa jatkotutkimuskohteena pitäisi perehtyä yritykselle hyödyllisen informaation tunnistamiseen sekä panoksien ja tulosten väliseen odotettuun suhteeseen. Yrityksen on vaikeaa määrittää etukäteen, mikä määrä tietoa on riittävää ja kuinka paljon sitä kannattaa analysoida, jotta sitä voidaan hyödyntää. Yrityksien riskinä on liiallinen analysoiminen varsinkin tulevaisuudessa teollisen internetin kehittyessä ja laajentuessa. Tiedon määrä kasvaa jatkuvasti, mutta relevantin tiedon löytäminen ja tulkitseminen tuottaa haasteita.

## 8 YHTEENVETO

Työ on tehty Stera Technologies Oy:n autoteollisuuden tuotteiden sopimusvalmistuksen kustannusten laskentaan. Laskentatyökalun lähtökohtana on ollut tarkemman kustannustiedon saaminen yrityksen tulevien samankaltaisten projektien hinnoittelua varten. Yrityksellä on hyvä käsitys autoteollisuuteen valmistettavien tuotteiden kokonaiskustannuksista, mutta yritys ei tunnista eikä pysty erottelemaan kustannuksia tarpeeksi tarkasti tuotetasolla, jotta se voisi analysoida yritykselle kannattavimpien tuotteiden luonnetta. Laskentatyökalu on Microsoft Excel-pohjainen malli, joka on helppokäyttöinen ja jota voidaan hyödyntää yksinkertaisesti hinnoittelussa sekä aikaisempien projektien jälkilaskennassa.

Työssä on käsitelty kustannuslaskennan eri menetelmiä ja niiden soveltuvuutta eri tyyppisiin kustannuslähteisiin ja tuotantomuotoihin. Työn alussa on tutkittu kirjallisuuden esittämiä kustannuslaskentatapoja, joita on hyödynnetty konstruktivisen tutkimuksen jälkimmäisessä osassa laskentatyökalun luonnissa. Teoriaan painottuvassa osassa on hyödynnetty aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja tutkimusaineistoa. Laskentatyökalun luonnissa on yhdistetty sekä teoriassa esitettyä tietoa että kohdeyritykseltä saatua kvalitatiivista tietoa sekä aikaisempien projektien kustannusarvioita ja toteumia.

Laskentatyökalu soveltuu yrityksen tämänhetkisen tuotannon kustannuslaskentaan. Laskentatyökalun hyödyntämiseen tarkoitettavat tuotteet ovat tuotantotavoiltaan samankaltaisia ja yleisiä autoteollisuudessa. Laskentatyökalu on jaettu viiteen osaan yksinkertaistamaan käyttöä. Kolmessa ensimmäisessä osassa työkaluun annetaan syötteitä halutuista tuotteista, joista järjestelmä laskee tuotantoaikoja sekä tarvittavia resursseja. Kahdessa jälkimmäisessä

osassa dataa voidaan käsitellä ja hakea optimaalisia tuotantoyhdistelmiä sekä hinnoittelua.

Vaikka laskettavien tuotteiden tuotantotavat ovat hyvin samankaltaisia, vaihtelevat laskentaperusteet paljon tuotteesta. Tuotteen kustannuksiin ja optimaaliseen tuotantotapaan vaikuttaa niin moni asia, että kaikkia syy-seuraus-suhteita ei pystytä huomioimaan. Laskentatyökalussa on jouduttu tekemään arvioita ja käyttämään tarkan datan lisäksi keskiarvoihin perustuvaa tietoa, jotta työkalua on yksinkertaista käyttää. Kustannuksien oikeellisuudessa ja tarkkuudessa on painotettu kustannusten suuruutta, jolloin epätarkemmin määriteltyjen pienten kustannusten vaikutus tulokseen ei olisi merkittävä.

Työn ja tuotteiden monimutkaisuuden vuoksi ei voida todeta kirjallisuudessa ja tutkimuksissa esitettyjä laskentatapoja yksiselitteisesti parhaiksi vaan kustannusten kohdistusperiaatteen valinta täytyy tehdä tuotekohtaisesti. Tuotteiden valmistuksessa merkittävimmät kustannukset syntyvät välittömästä työstä, konekustannuksista sekä investointikustannuksista. Välittömät työ- ja investointikustannukset pystytään laskemaan lisäyslaskentaa soveltaen kun taas konekustannukset on varmimmin laskettava toimintolaskennan menetelmällä.

Autoteollisuuden tuotekustannuslaskentaan liittyy suorien tuotantokustannuksien lisäksi paljon välillisiä työkustannuksia, kiinteitä kustannuksia sekä potentiaalityöntekijöistä riippuvia välillisiä kustannuksia. Tuotannossa käytettävien jiggien laskennassa joudutaan käyttämään karkeita arvioita suurten suunnittelukustannusten osuuden vuoksi, joita ei pystytä etukäteen arvioimaan tarkasti. Laskentatyökalussa voi siis olla paljon virhemarginaalia, jota pystytään pienentämään tulevaisuudessa keräämällä enemmän toteutuneita kustannuksia.

Laskentatyökalun tuottama tulos on aikaisempiin projekteihin verrattuna kokonaiskustannuksissaan tarkkaa ja oikeellista, mutta tuotekohtaisten kustannusten tarkkuutta ei pysty täysin varmistamaan. Laskentatyökalu perustuu toteutuneeseen tuotantotietoon, jolloin voidaan todeta työkalun tuottaman tuloksen olevan oikeellisempaa ja yritykselle hyödyllisempää kuin aikaisemmin tuotettu informaatio.

Laskentatyökalu on räätälöity kohdeyrityksen yhden valmistusryhmän käyttöön, joten sitä ei pystytä käyttämään muissa tuotantoprosesseissa tai muissa tuotantoyksiköissä sen omalaisuutensa vuoksi. Laskentatyökalua voidaan laajentaa käytettäväksi myös muissa valmistusprosesseissa, jolloin myös autoteollisuuden valmistettavien tuotteiden kustannuslaskenta tarkentuu kompromissien ja oletusten vähentyessä.

## LÄHTEET

Cooper, R. & Kaplan, R. 1988. Measure Costs Right: Make the Right Decisions. *Harvard Business Review*. Vol. 66, nro. 5, s. 96-103.

Fogelholm, J. 1997. Tuotantolaitosten laskentajärjestelmät ja niiden kehittäminen. Espoo, Suomen ATK-kustannus. 112 s.

Fogelholm, J. & Karjalainen, J. 2001. Tuotantotoiminnan mittaaminen. Helsinki, WSOY. 135 s.

Garrison, R. 1985. Managerial Accounting. 4. p. Plano, Texas, Business Publications. 814 s.

Horngren, C., Sundem, G. & Stratton, W. 1996. Introduction to Management Accounting. 10. p. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall. 837 s.

Järvenpää, M., Partanen, V. & Tuomela T. 2001. Moderni taloushallinto – Haasteet ja mahdollisuudet. Helsinki, Edita. 359 s.

Kasanen, E., Lukka, K. & Siitonen, A. 1991. Konstrukttiivinen tutkimusote liiketaloustieteessä. Liiketaloudellinen Aikakauskirja 3/1991.

Laitinen, E. 2003. Yritystoiminnan uudet mittarit. 3. uud. p. Helsinki, Talentum. 512 s.

Lumijärvi, O., Kiiskinen, S. & Särkilahti, T. 1995. Toimintolaskenta käytännössä. 2. p. Porvoo, WSOY. 123 s.

Niazi, A., Dai, J., Baladani, S. & Seneviratne, L. 2006. Product Cost Estimation: Technique Classification and Methodology Review. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 128, nro. 2, s. 563-575.



Pellinen, J. 2006. Kustannuslaskenta ja kannattavuusajattelu. 2. uud. p. Talentum. 319 s.

Riistama, V. & Jyrkkö, E. 1994. Operatiivinen laskentatoimi. 13. p. Jyväskylä, Weilin+Göös. 413 s.

Shehab, E. & Abdalla, H. 2002. An Intelligent Knowledge-Based System for Product Cost Modelling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 19, nro. 1, s. 49-65.

Stenbacka, N. 2011. Hitsaustalous ja tuottavuus. Helsinki, Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys. 159 s.

Stera Technologies. 2016. [verkkodokumentti] <http://stera.com/fi/about-us/>

Uusi-Rauva, E. 1989. Tuotekohtaisen kustannuslaskennan kehittäminen modernissa tuotantolaitoksessa. Mänttä, Metalliteollisuuden Kustannus. 141 s.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M. & Kouri, I. 1993. Teollisuustalous. Tampere, Tammer-Paino. 463 s.

Vehmanen, P. & Koskinen, K. 1997. Tehokas kustannushallinta. Porvoo, WSOY. 400 s.

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2010. Selvitys yrityksille aiheutuvista hallinnollisista kustannuksista. MEE Publications, Kilpailukyky 8/2010.