

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Kauppätieteiden osasto

Kandidaatintutkielma

Laskentatoimi

Elinkaarilaskenta ja sen haasteet teollisuusyritysten näkökulmasta
Life cycle costing and its challenges from manufacturing companies' point of
view

8.5.2011

Tekijä: Tommi Ristola 0360125

Opponentti: Eriika Karhumäki

Ohjaaja: Satu Pätäri

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	2
1.1	Tutkimuksen tausta	2
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelma	3
1.3	Tutkimuksen rajaukset	4
1.4	Tutkimusmenetelmä ja -aineisto.....	5
1.5	Työn rakenne	6
2	ELINKAARILASKENTA.....	7
2.1	Elinkaarilaskennan käsitelmäärittely	7
2.2	Elinkaarilaskennan historia.....	8
2.3	Elinkaarilaskennan perusajatus ja soveltamisen hyödyt	9
2.4	Elinkaarilaskennan toteuttaminen	15
2.4.1	Elinkaarikustannusten arvioiminen ja laskeminen	15
2.4.2	Epävarmuuden osuus elinkaarilaskennassa	19
2.4.3	Elinkaarilaskentamallit	20
3	ELINKAARILASKENNAN HAASTEET TEOLLISUUSYRITYKSISSÄ.....	25
3.1	Elinkaarilaskenta teollisuusyrityksissä.....	25
3.2	Yksittäiset haasteet	26
3.3	Haastetyypit.....	28
4	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	32
	LÄHDELUETTELO	35

LIITE 1: Haasteet artikkeleittain

1 JOHDANTO

Tässä luvussa kerrotaan aluksi tutkimuksen taustasta, sitten esitetään tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelma. Tämän jälkeen esitetään tutkimuksen rajaukset, sekä rajausperusteet. Seuraavana kerrotaan tutkimusmenetelmistä, sekä tutkimuksen aiheistosta. Lopuksi esitellään tutkimuksen rakennetta.

1.1 Tutkimuksen tausta

Elinkaarikustannuslaskenta (synonyymeina tässä työssä käytetään myös; elinkaarilaskenta, life cycle costing, LCC) on aiheena mielenkiintoinen erityisesti yritystoiminnassa jatkuvasti vallitsevan epävarmuuden takia. Elinkaarilaskennassa voidaan esimerkiksi pyrkiä arvioimaan ja mittaamaan jonkin tuotteen koko sen elinkaaren aikana aiheuttamat kustannukset ja tuotot, usein jo ennen tuotantopäätöksen tekemistä (White & Oswald, 1976, 39). Tällaisen tulevaisuuden ennustamiseen perustuvan laskentamallin toteuttamisen voidaan olettaa olevan hyvin monimutkaista jatkuvasti muuttuvassa taloudellisessa toimintaympäristössä. Toisaalta on myös mielenkiintoista ajatella minkälaisia mahdollisuuksia elinkaarilaskenta onnistuessaan tarjoaa yrityksen kilpailuedun kehittämiseksi. Jos tuotteen koko elinkaaren aikaiset kustannukset pystyttäisiin tarkasti määrittelemään ennen ostopäätöstä, voitaisiin investointipäätökset tehdä huomattavasti hankintahintoihin perustuvia päätöksiä tarkemmin.

Historiallisesti elinkaarilaskennan sovellukset ovat olleet suosittuja ainoastaan asevoimien, rakennusteollisuuden ja julkisen sektorin käytössä (Woodward, 1997, 335). Hyvösen (2003) suorittaman tutkimuksen mukaan vain viisi prosenttia suurista suomalaisista teollisuusyrityksistä oli käyttänyt elinkaarilaskentaa. Elinkaarilaskennan myöhemmin esiteltävät käyttötarkoitukset ja mahdolliset hyödyt näyttäisivät kuitenkin soveltuvan hyvin valmistustoimintaa harjoittaville yrityksille. Laskentamenetelmän pieni suosio teollisuudessa viittaisi siihen, että soveltamiseen liittyvät haasteet ovat merkittävämpiä, kuin sillä saavutettavat mahdolliset edut. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää aiempien tutkimusten avulla, minkälaisia nämä haasteet ovat.

Elinkaarilaskentaa ja sen soveltamista on tutkittu monipuolisesti. Tämän työn suurimpana yksittäisenä lähteenä toimii englantilaisen Dawid G. Woodwardin vuonna

1997 julkaistu artikkeli: "Life cycle costing—theory, information, acquisition and application", jossa alan teoriaa käsitellään perinpohjaisesti. Myös, erityisesti case-muotoisia, empiirisiä tutkimuksia on laadittu paljon. Esimerkiksi Korpi ja Ala-Risku (2008) arvioivat tutkimuksessaan erilaisia elinkaarilaskennan soveltamista käsitteleviä case-tutkimuksia ja vertailevat niitä aihepiirin teoriakirjoituksiin. Erilaisia soveltamiseen liittyviä haasteita löytyy paljon Korven ja Ala-Riskun tutkimuksesta, sekä muista aihepiirin tutkimuksista, mutta yhtä kokoavaa tutkimusta joka keskittyisi ainoastaan näihin haasteisiin ei kuitenkaan löydy. Tällä tutkimuksella pyrittiin täyttämään kyseistä aukkoa, ja jäsentämään elinkaarilaskennan soveltamisen haasteet helposti ja nopeasti ymmärrettäviksi.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelma

Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa erilaisia elinkaarilaskentaan liittyviä haasteita, sekä tyypitellä näitä. Haasteita ja mahdollisuuksia tutkittiin erityisesti teollisuusyritysten näkökulmasta. Päättötutkimusongelmaksi muodostui:

"Minkä tyyppisiä haasteita elinkaarilaskentaan sisältyy teollisuusyritysten näkökulmasta?"

Haasteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä erilaisia elinkaarilaskennan soveltamista vaikeuttavia seikkoja, joihin menetelmää soveltavien yritysten tulisi kiinnittää huomiota. Tyypeillä tarkoitetaan erilaisia samankaltaisten haasteiden tiivistettyjä joukkoja. Näitä tyyppejä muodostetaan tyypittelemällä, josta kerrotaan tarkemmin tutkimusmenetelmiä käsittelevässä alaluvussa.

Alatutkimusongelmien voidaan ajatella olevan:

"Minkälaisia haasteita aiemmista tutkimuksista löytyy?"

"Minkälaisiin ryhmiin näitä haasteita voidaan tyypitellä?"

Tutkimuksen tuloksista voi olla hyötyä esimerkiksi elinkaarilaskennan soveltamista harkitseville yrityksille, sekä tutkijoille jotka etsivät jäsennettyä tietoa työn aiheen mukaisista soveltamisen haasteista.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimus rajattiin koskemaan elinkaarikustannuslaskennan soveltamista teollisuusyritysten näkökulmasta. Elinkaarilaskennasta on olemassa erilaisia ympäristölaskenta-sovelluksia (Esimerkiksi Senthil Kumaran, Ong, Nee & Tan 2001), sekä rakennuksia ja rakentamista käsitteleviä sovelluksia (Esimerkiksi Val & Stewart 2003), joiden soveltamista teollisuusyrityksissä ei käsitellä tässä tutkimuksessa. Tällaisia erityissovelluksia ei huomiota tutkimuksessa, vaikka jotkut teollisuusyritykset hyödyntäisivätkin niitä omassa toiminnassaan.

Tilastokeskus (2008) määrittelee teollisuusyritykset ja niiden toiminnan seuraavasti: *”materiaalien, aineiden ja komponenttien mekaaninen, kemiallinen tai biologinen muuntaminen uusiksi tuotteiksi... Valmistusprosessin tuotos voi olla käyttöön tai kuluutukseen valmis lopputuote tai se voi olla välituote, jota on tarkoitus jalostaa edelleen... Yleissääntönä on, että valmistustoiminnassa materiaali muunnetaan uusiksi tuotteiksi. Se, mikä määritellään uudeksi tuotteeksi, voi olla jossain määrin subjektiivista... Toisaalta on toimintoja, joihin saattaa liittyä muuntamisprosessi, mutta joita ei luokitella valmistukseksi. Näihin kuuluvat... rakennuspaikalla tapahtuva rakenteiden kokoaminen ja valmistustoiminta”*.

Teollisuusyrityksiksi tässä tutkimuksessa luettiin määritelmän mukaisesti lähes kaikki valmistustoimintaa harjoittavat yritykset, lukuun ottamatta esimerkiksi rakennusalaa. Tutkimuksessa tarkasteltiin siis yleisen laskentatoimen elinkaarilaskennan haasteita teollisuusyritysten näkökulmasta aikaisemmin toteutettujen tutkimusten pohjalta. Näkökulma ei varsinaisesti estä työn tulosten soveltamista muihinkin, kuin valmistustoimintaa harjoittaviin yrityksiin. Tällöin on kuitenkin pohdittava tapauskohtaisesti harjoituksen mukaan, soveltuvatko esitetyt haasteet myös muunlaisiin yrityksiin.

Samana periaatteen mukaisesti, tämän työn materiaalina käytettyjä aikaisempia tutkimuksia ei rajattu ainoastaan teollisuusyrityksiä koskeviksi. Ainoastaan näistä tutki-

muksista kerättyjä haasteita rajattiin sen mukaan, ovatko ne sovellettavissa myös teollisuusyrityksiin. Selvästi teollisuusyrityksiin soveltumattomia elinkaarilaskentaan liittyviä haasteita ei sisällytetty työhön. Elinkaarilaskenta, ja siten myös tämä tutkielma, sisältyy sisäisen laskentatoimen kenttään.

1.4 Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

Työn alussa oleva, elinkaarilaskentaa yleisesti käsittelevä kirjallisuuskatsaus, laadittiin tutustumalla alan kirjallisuuteen ja aihetta käsitteleviin tieteellisiin artikkeleihin. Kirjallisuudesta poimittiin olennaiset määritelmät tutkimuksessa esiintyville erityisille käsitteille. Nämä määritelmät pyrittiin etsimään kyseisen tiedon alkulähteiltä, eli yhteydestä, joissa niitä on ensi kertaa käytetty.

Myös elinkaarilaskennan haasteisiin liittyvä luku toteutettiin aikaisempaan kirjallisuuden perustuvalla aineistolla, eli työ on täysin teoreettinen. Empiiristä aineistoa on mukana ainoastaan välillisesti aikaisempien tutkimusten kautta. Aineistona käytettiin sekä teoreettisia kirjoituksia, että empiriaan perustuvia tutkimuksia. Aineiston analysointi toteutettiin teemoittelemalla sekä tyypittelemällä.

Teemoittelu on perinteinen laadullisessa tutkimuksessa usein hyödynnetty aineiston analysointimenetelmä. Teemoittelussa aineistosta nostetaan esille tutkimusongelmaa valaisevia teemoja, ja sen avulla pyritään löytämään aineistosta olennaiset aiheet. Aiheiden löytymisen jälkeen ne erotellaan, eli esitetään erillään muusta tekstistä. Pelkät teemoittelemalla kerätyt sitaatit eivät yksinään välttämättä osoita pitkälle menevää analyysia ja johtopäätöksiä. (Eskola & Suoranta 2008, 174-175)

Toinen perinteinen analyysimenetelmä on tyypittely. Tyypittelyssä aineistoa ryhmitellään etsimällä siitä samankaltaisuuksia ja muodostamalla tyyppejä. Tyypit ovat eräänlaisia malleja, joiden avulla aineistosta muodostetaan selviä samankaltaisten tarinoiden ryhmiä. Tyypittely edellyttää aina tarinajoukon jäsentämistä, ts. teemoittelu. Tyypit tiivistävät ja tyypillistävät aineistoa, ja niissä esitetään asioita, joita yksittäisissä vastauksissa ei ole. (Eskola & Suoranta 2008, 181)

Tässä työssä aineistosta, eli pääasiassa tieteellisistä artikkeleista, etsittiin ensin teemoittelun avulla elinkaarilaskennan soveltamiseen liittyviä haasteita. Tämän jälkeen löydetyistä ja eritellyistä teemoista muodostettiin tyypittelyn avulla erilaisia ryhmiä, joiden avulla esitetään minkälaisia elinkaarilaskennan soveltamiseen liittyvät haasteet pääasiassa ovat.

1.5 Työn rakenne

Työn alussa esitellään elinkaarilaskennan käsitettä aikaisemman kirjallisuuden pohjalta. Ensin tarkastellaan elinkaarilaskennan käsitettä, ja sitten laskentamenetelmän historiaa. Seuraavaksi esitellään elinkaarilaskennan perusajatus, ja tarkastellaan sillä saavutettavia mahdollisia hyötyjä. Tämän jälkeen käsitellään varsinaisen elinkaarilaskennan suorittamista. Tässä aluvussa käsitellään ensin elinkaarikustannusten laskemista, ja sitten epävarmuuden osuutta elinkaarilaskennassa. Sitten esitellään kolme erilaista elinkaarilaskennan toimintamallia, jonka jälkeen seuraavassa aluvussa käsitellään erityisesti elinkaarilaskennan soveltamista teollisuusyrityksissä. Seuraavassa luvussa esitellään elinkaarilaskennan soveltamisen haasteita, ja muodostetaan niistä tyyppejä. Lopun yhteenvedossa ja johtopäätöksissä kerrataan työn tulokset ja pohditaan niiden merkitystä.

2 ELINKAARILASKENTA

Tässä osiossa tarkastellaan ja pohditaan elinkaarikustannuslaskennan käsitettä aikaisemman kirjallisuuden pohjalta. Teoriakirjallisuudesta esitetään tärkeitä ja olennaisia elinkaarilaskentaa kuvaavia tekstejä, ja niitä täydennetään omalla pohdinnalla, sekä hypoteettisilla esimerkeillä.

2.1 Elinkaarilaskennan käsitelmäärittely

Elinkaarilaskennalle (elinkaarikustannuslaskenta, life cycle costing, LCC) löytyy valtava määrä erilaisia synonyymeja tieteellisistä kirjoituksista. Tämän lisäksi on olemassa paljon erilaisia elinkaarilaskentaa muistuttavia laskentatapoja, tai elinkaarilaskennan erityissovelluksia. Ennen elinkaarilaskennan tarkempaa määrittelyä on selkeyden vuoksi hyödyllistä tarkastella erilaisia elinkaarilaskentaa kuvaavia termejä.

Elinkaarilaskennan soveltamista julkisissa hankinnoissa niin sanotussa ”white paperissa” käsitelleet Perera, Morton & Perfrement (2009, 16) tekivät seuraavanlaisia havaintoja erilaisista elinkaarilaskentaa viittaavista termeistä ja niiden käytöstä: Elinkaarilaskennan soveltajat ja neuvonantajat käyttävät monia erilaisia termejä kuvaaillessaan elinkaarilaskentaa ja sen erityissovelluksia. Perustermin life cycle costing, synonyymeina käytettiin esimerkiksi termejä whole life costing, full cost accounting, whole life value ja total cost of ownership. Perera et al esittävät, että näillä kaikilla tarkoitetaan elinkaarilaskentaa (life cycle costing), mutta että erilaisia termejä saatetaan käyttää kuvaamaan LCC:n käyttötapoja eri sektoreilla. Esimerkkeinä mainitaan, että termiä total cost of ownership käytetään usein tietojenkäsittely- ja kommunikatioteknologioiden yhteydessä, termiä whole life costing energialähteiden yhteydessä, termiä full cost accounting esimerkiksi kierrätyksen yhteydessä, ja termiä whole life value rakennusosalalla.

Myös Goh, Newnes, Mileham, McMahon & Saravi (2010, 689) esittävät listauksen elinkaarilaskennan synonyymeista, johon kuuluu: life cycle costing, through-life costing, whole-life costing, total cost, total life costing, total cost of ownership, gradle-to-grave costs, costs in use ja ultimate life cost. Kirjoittajat esittävät, että termien erot johtuvat eri tutkijoiden käyttämistä painotus- ja määritelmäeroista laskentatavasta

puhuttaessa. Edellisten synonyymien lisäksi Ahmed (1995, 261) kuvailee elinkaari-laskennalta vaikuttavaa laskentamenetelmää termillä design-to-cost.

Käsitteiden määritelmät alan kirjoituksissa ovat täynnä ristiriitoja sekä kirjoittajakoh-taisia eroja. Molemmissa yllä esitetyissä elinkaarilaskennan synonyymilistoissa esiin-tyy termi total cost of ownership, jonka kuitenkin esimerkiksi Ellram (1995) erittelee erilliseksi elinkaarilaskennasta poikkeavaksi menetelmäksi, jossa tarkastelunäkökul-ma on elinkaarilaskentaa laajempi, ja jossa keskitytään johonkin tiettyyn toimittajaan. Lisäksi Goh et al (2010, 689) esittävät rakennusalaan käsittelevän lähteen perusteella, että termi life cycle costing viittaa erityisesti elinkaarilaskentaan, jossa otetaan huo-mioon myös ympäristö- ja sosiaaliset tekijät. Termiä life cycle costing on kuitenkin käytetty varhaisimmista alan perusteoksista (esimerkiksi Harvey 1976) lähtien ku-vaamaan elinkaarilaskennan perusmuotoa, jossa ei yleensä oteta huomioon varsin-kaan sosiaalisia tekijöitä.

Tässä työssä elinkaarilaskennalla tarkoitetaan elinkaarilaskennan perusmuotoa, jota useimmiten kuvataan termillä life cycle costing, mutta josta lähteestä riippuen käyte-tään useita erilaisia termejä. Termistön sekavuudesta johtuen on kuitenkin mahdollis-ta, että jotkut työssä esitetyt asiat koskevat vain tiettyjä elinkaarilaskennan erityisso-velluksia.

2.2 Elinkaarilaskennan historia

USA:n puolustusministeriö kehitti elinkaarilaskennan 60-luvun alussa hankintojen tehokkuuden kasvattamista varten (Shields & Young 1991, 39). Alun perin kehitys aloitettiin, kun havaittiin asejärjestelmien aiheuttavan kohtuuttoman suuria kustan-nuksia elinkaariensa aikana (Lott 1967, 126). Elinkaarikustannuslaskenta otettiin myös ensimmäisen kerran käyttöön samassa puolustusministeriössä, ja suurin osa sen kehittämistä elinkaarilaskenta-menetelmistä oli tarkoitettu ainoastaan hankinta-tarkoituksiin. Elinkaarilaskennan kaltaisen järjestelmän tarve tuotantokäytössä nousi esille USA:n kansallisen tiedejärjestön järjestämässä konferenssissa vuonna 1984. Konferenssissa asetettiin erilaisia tuotantoon liittyviä tutkimuskohteita tärkeysjärjes-tykseen, ja suunnittelukompromissien elinkaaren aikaisten taloudellisten vaikutusten arviointi sijoittui kärkipäähän. (Asiedu & Gu 1998, 884) Menetelmä siis kehitettiin alun

perin ainoastaan hankintatarkoituksiin, mutta siitä on sittemmin kehitetty myös lukuisia tuotantotarkoituksiin suunniteltuja sovelluksia. Erilaisia nykyisin tunnistettuja käyttötarkoituksia esitellään tarkemmin seuraavassa alaluvussa.

Vaikka elinkaarilaskenta on käsitteenä vanha, alettiin sitä soveltamaan teollisuudessa vasta vuosia myöhemmin. Elinkaarilaskennan konsepti hyväksyttiin toimivaksi alusta lähtien, mutta sen varsinaista käyttöönottoa viivytti riittämätön tietotekninen tuki. Tietotekniikan kehittyessä elinkaarilaskennan soveltaminen tuli mahdolliseksi esimerkiksi tiedon varastoinnin ja prosessoinnin, sekä kommunikoinnin parantumisen ansiosta. Hyvä sisäinen kommunikointiverkko, historiallisen datan saatavuus tietokannoista, sekä nopeat ulkoiset kommunikointiyhteydet toimittajiin parantavat elinkaarilaskennan prosessia. (Pintelon, Du Preez & Van Puyvelde 1999, 12)

Nykyisten teollisuusyritysten taloudellisten tietojärjestelmien voidaan olettaa olevan niin tehokkaita, että elinkaarilaskennassa tarvittavan tiedon varastoinnin ja käsittelyn pitäisi olla mahdollista lähes jokaisessa yrityksessä. Teknologian tasoa ei voidakaan enää nykyaikana pitää elinkaarilaskennan haasteena.

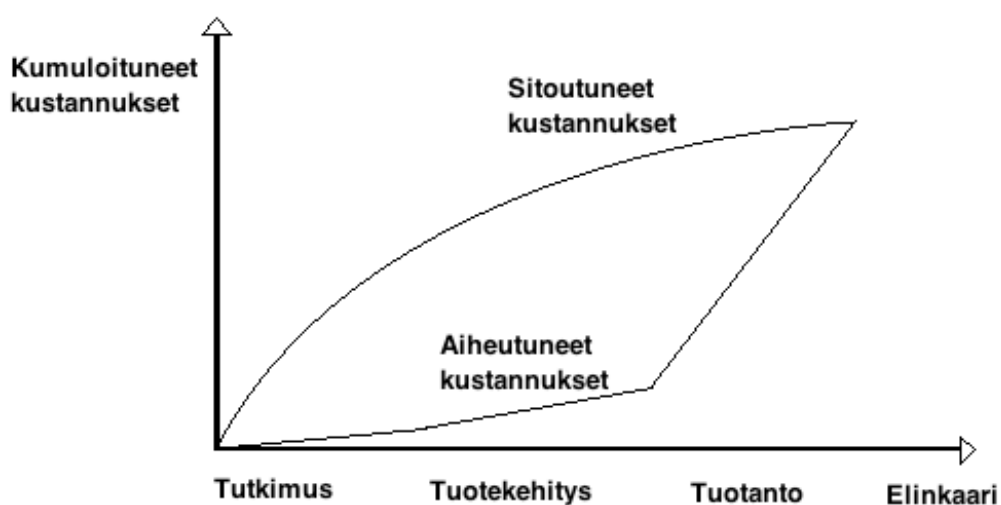
2.3 Elinkaarilaskennan perusajatus ja soveltamisen hyödyt

Elinkaarikustannuslaskenta on taloudellinen optimointitekniikka, jonka päätavoitteena on tunnistaa ja valita vaihtoehto, joka tuottaa suurimmat tuotot elinkaarensa aikana, eli toisin sanoen aiheuttaa pienimmät elinkaarikustannukset (Markeset & Kumar 2001, 116). Elinkaarikustannusten mittaamisesta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä molempien suuntaisien kassavirtojen, eli sekä kustannuksien että tulojen mittaamista. Laskentakohteita voivat olla esimerkiksi yrityksen tuotteet, asiakkaat, sekä kalusto. Menetelmää voidaan soveltaa esimerkiksi mitattaessa eri tuotantolaitteiden aiheuttamia kokonaiskustannuksia, tai jonkun tuotteen kehityksestä, markkinoinnista ja tuotannosta aiheutuvia kokonaiskustannuksia (Dahlen & Bolmsjö 1996, 460).

Elinkaarikustannuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä kaikkia laskentakohteen tukemisesta aiheutuneita kustannuksia suunnitteluvaiheesta aina laskentakohteen käyttöön päätymiseen (White & Oswald 1976, 39). Perinteisen hankintahinnan tarkastelun lisäksi kiinnitetään laskentamenetelmässä siis huomiota moniin muihinkin

yrityksen tulosta rasittaviin kustannuseriin. Tällaiset elinkaarikustannukset voivat olla moninkertaisia alkuperäiseen investointihintaan nähden (Woodward 1997, 335). Koska tuotteen koko elinkaaren aikaiset kustannukset saattavat olla huomattavasti alkuperäistä hintaa suurempia, on selvää, että niiden arvioimisesta ja mittaamisesta voi olla merkittävää hyötyä yritystoiminnassa. Elinkaarikustannusten arvon lisäksi siihen liittyvän varianssin tunnistaminen voi olla hyödyllistä mahdollisten arvojen vaihteluvälin arvioimisessa (van Noortwijk 2003, 185).

Yli 70 % tuotteen elinkaarikustannuksista sitoutuu jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa, joten suunnittelijat voivat vähentää tuotteidensa aiheuttamia kustannuksia huomattavasti kiinnittämällä huomiota suunnittelupäätöksensä elinkaarikustannusvaikutuksiin (Asiedu & Gu 1998, 883). Kustannusten varhainen sitoutuminen korostaa elinkaarilaskennan hyödyllisyyttä jo tuotesuunnittelun varhaisissa vaiheissa. Kustannusten varhaista sitoutumista esitetään alhaalla kuvassa 1. Ylempi viiva esittää sitoutuneita kustannuksia, ja alempi viiva aiheutuneita kustannuksia. Kumulatiiviset kustannukset ovat samat molemmille viivoille, mutta niiden ajoitus muuttuu. Alempi viiva esittää kustannusten syntymisen siinä vaiheessa, kun ne oikeasti syntyvät, ylempi taas siinä vaiheessa kun niiden syntymisestä epäsuorasti päätetään. (Maccarrone 1998, 151-152)

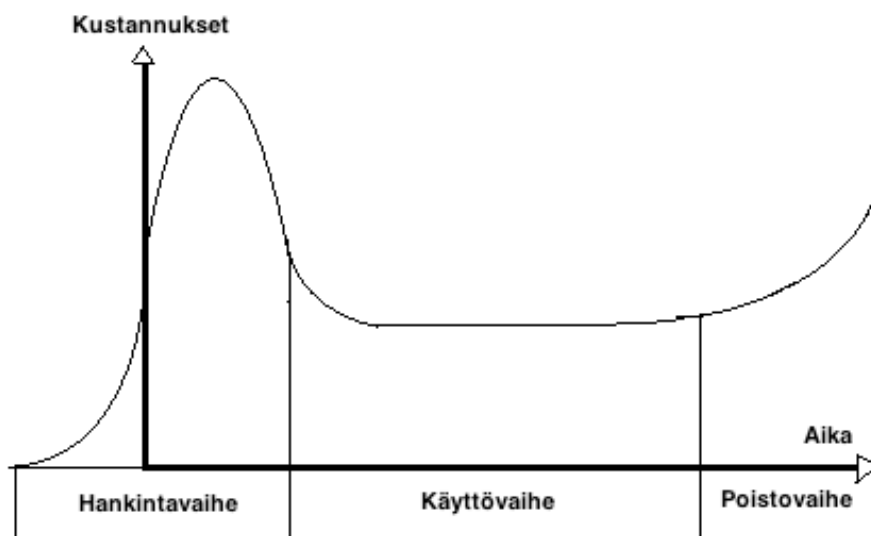


Kuva 1. Kustannusten sitoutuminen elinkaaren aikana (Maccarrone 1998, 151).

Kuvasta havaitaan, että tutkimusvaiheessa tehtävät päätökset voivat johtaa tulevien aiheutuneiden kustannusten valtavaan kasvuun. Tällainen kustannusten nousu saattaa olla seurausta esimerkiksi liian lyhyeen aikavälin tarkasteluun perustuvasta päätöksenteosta. Jos taas elinkaarinäkökulma otetaan mukaan aina tuotesuunnittelun alusta lähtien, pystytään sitoutuneet kustannukset, ja näin myös kuvan mukaiset varsinaiset elinkaaren aikana aiheutuneet kustannukset pitämään matalina.

Investointien oikeiden kokonaiskustannusten paljastamisen, ja tuotekehityksessä auttamisen lisäksi elinkaarilaskentaa soveltamalla voidaan kuvitella saavutettavan myös muunlaisia hyötyjä. Esimerkiksi teollisuusyrityksen tuottamien erilaisten tuotteiden aiheuttamien kustannuksien voidaan kuvitella vaihtelevan eri tavoin elinkaaren erivaiheissa. Eri aikakausien tuotekohtaisten kustannusrakenteiden paljastuminen elinkaarilaskennan avulla voi helpottaa esimerkiksi yrityksen budjetoinnin toteuttamista, ja auttaa tekemään investointipäätöksiä yrityksen aikakohtaisen rahatilanteen perusteella. Aikakohtaisten kustannusten paljastumisen hyödyt voidaan todeta myös tarkastelemalla tuotantolaitteen kustannusten jakautumista aikakohtaisesti.

Perinteisesti tuotantolaitteen elinkaari jaetaan kolmeen eri osaan, hankintavaiheeseen, käyttövaiheeseen ja käytöstä poistamis -vaiheeseen. Näissä vaiheissa aiheutuvat kustannukset ovat yleensä suuria hankinta ja käytöstä poistamis -vaiheissa, ja pienempiä käyttövaiheessa. Hankintavaiheessa kustannuksia aiheuttavat esimerkiksi ostohinta ja asennus, ja loppuvaiheessa korjaus ja toimintahäiriöt. Asennuksen jälkeen tuote toimii yleensä normaalisti, ja näin kustannukset käyttövaiheessa ovat alhaiset. Joissakin kirjoituksissa elinkaari jaetaan perinteisen näkemyksen sijaan neljään osaan, jolloin alkuun lisätään erityinen suunnitteluun keskittynyt vaihe. Kustannusten jakautuminen elinkaaren aikana on esitetty kuvassa 2. (Dahlen & Bolmsjö 1996, 460)



Kuva 2. Tuotantolaitteen kustannusten jakautuminen elinkaaren aikana (Dahlen & Bolmsjö 1996, 460).

Pohdittaessa hypoteettista tilannetta, jossa investointipäätös tehdään perinteisellä, pääasiassa hankintahintaan perustuvalla menetelmällä, otetaan edellisessä kappaleessa esitellyn ensimmäisen vaiheen kustannukset luultavasti parhaiten huomioon investointivaihtoehtoja vertailtaessa. Tällöin investoinnista aiheutuvat kustannukset vaikuttanevat odotetun kaltaisilta aina matalat kustannukset omaavan käyttövaiheen päättymiseen asti. Voidaankin olettaa, että ilman elinkaarilaskennan soveltamista, kuvion mukaisen tuotantolaitteen käyttöiän loppuvaiheen korkeat kustannukset voivat osoittautua yllätyksellisiksi, ja saattaa investoinnin tekijän tilanteeseen, johon tämä ei ole osannut ennalta varautua.

Saman aikakohtaisten kustannusten teeman mukaisesti elinkaarilaskentaa sovellettaessa voidaan miettiä erilaisten vaihtoehtoisten kustannusten aiheuttajien välisiä kompromisseja tuotteen elinkaaren eri vaiheissa (Taylor 1981, 32). Esimerkiksi tuotantolaitetta ostettaessa, korkean alkuperäisen investointihinnan voidaan olettaa johtavan halvempia vaihtoehtoja pienempiin huolto- ja ylläpitokustannuksiin. Woodward (1997, 340) esittääkin seuraavat samansuuntaiset esimerkit vaihtoehtoisista kustannuskohteista:

- Lisää tutkimus ja tuotekehitys-vaiheen resursseja kasvattaaksesi toimintavarmuutta ja vähentääksesi ylläpitokustannuksia.
- Lisää koneiden tehokkuutta suurentamalla kehitys/pääoma-kustannuksia vähentääksesi hylkytavarain määrää.
- Kuluta enemmän automaatioon, joka johtaa pienempiin koneiden miehityskustannuksiin.
- Osta kalliimpi, pidemmän eliniän omaava kone.

Kustannusten aiheuttajien välisillä kompromisseilla ei kuitenkaan tarkoiteta aina esimerkkien mukaista investointimenojen kasvattamista, ja siitä seuraavaa ylläpitokustannusten alenemista. Voidaan esimerkiksi kuvitella tilannetta, jossa yrityksen varallisuus on hetkellisesti alhainen, mutta on kuitenkin tiedossa, että varallisuus tulee kasvamaan lähitulevaisuudessa. Tällaisessa tilanteessa yritys voi investoida alhaisemman hankintahinnan laitteisiin, sillä on tiedossa, että yritys tulee selviämään korkeampien ylläpitokustannuksien aiheuttamista velvoitteista.

Edellä mainittujen lisäksi on tunnistettu suuri määrä erilaisia elinkaarilaskennan soveltamisesta saatavia mahdollisia hyötyjä. Dunk (2004, 401-402) kokosi näistä kattavan listauksen erityisesti toimittajanäkökulmasta:

1. Tuotteiden elinkaarikustannusten seuraamisen odotetaan mahdollistavan suunnittelun tehokkuuden arvioinnin yrityksissä, vertaamalla toteutuneita elinkaarikustannuksia suunniteltuihin, sekä tarkastelemalla niiden kustannusten jakautumista.
2. Hinnoittelupäätösten parantuminen.
3. Tuotteiden kannattavuuden seurannan parantuminen.
4. Ympäristönäkökulmasta parempien tuotteiden suunnittelussa auttaminen.
5. Tuotteiden ympäristövaikutusten ymmärryksen parantuminen.
6. Myynnin jälkeisiin toimintoihin, kuten takuuasioihin ja ylläpitokustannuksiin keskittymisen parantuminen.

Elinkaarilaskennan soveltaminen voi siis parantaa yritysten toimintaa lukuisilla eri osa-alueilla kustannusten pienentämisen lisäksi. Ensimmäisen kohdan mukaisesti voidaan oppia aiemmista suunnittelukokemuksista, ja hyödyntää niitä laadittaessa

uusia suunnitelmia. Hinnoittelussa voidaan ottaa huomioon oikeat yritykselle aiheutuvat kustannukset, jotka on selvitetty elinkaarilaskennan avulla. Tuotekohtaista kannattavuutta voidaan seurata tarkasti, kun osataan ottaa huomioon tiettyjen tuotteiden koko niiden elinkaaren aikana aiheuttamat kustannukset. Ympäristötietoutta voidaan parantaa erilaisilla elinkaarilaskennan ympäristösovelluksilla. Toimittajanäkökulmasta, myös myynnin jälkeisistä toiminnoista aiheutuvat kustannusvaikutukset ovat osa tuotteen elinkaarta, joten niitäkin on analysoitava tarkasti elinkaarilaskentaa suoritettaessa.

Hyötyjen tavoin, myös erilaisia käyttötarkoituksia on määritely paljon. Barringer & Weber (1996, 4) kokosivat näistä listan:

- Kustannustehokkuus-laskelmat (oma suomennos termille: "affordability studies") - voidaan mitata järjestelmän tai projektin elinkaarikustannusten vaikutusta pitkän tähtäimen budjetteihin ja liiketoiminnan tulokseen.
- Vertailulaskelmat - voidaan vertailla kilpailevien järjestelmien ja toimittajien elinkaarikustannuksia.
- Suunnittelukompromissit - voidaan vaikuttaa elinkaarikustannuksiin vaikuttaviin suunnitteluelementteihin.
- Korjaustason analyysit - voidaan kvantifioida ylläpitovaatimukset ja -kustannukset nyrkkisääntöjen käyttämisen sijaan.
- Takuu- ja korjauskustannukset - toimittajat sekä asiakkaat voivat oppia ymmärtämään aikaisen hajoamisen merkityksen kaluston valinnassa ja käytössä.
- Toimittajien myyntistrategiat - elinkaarilaskennan avulla toimittajat voivat yhdistää erityiset kalusteluokat tiettyihin käyttökokemuksiin ja hajoamisasteisiin, ja käyttää myyntivalttina parhaita etuja alhaisen hankintahinnan sijaan.

Erilaisia käyttötarkoituksia löytyy siis lukuisia, sekä toimittaja- että asiakasnäkökulmista. Valmistustoimintaa harjoittavat teollisuusyritykset voivat soveltaa elinkaarilaskentaa, sekä itse tuottamiinsa tuotteisiin, että hankkimiinsa tuotantovälineisiin lukuisilla eri tavoilla.

2.4 Elinkaarilaskennan toteuttaminen

Edellisessä alaluvussa esitettyjen hyötyjen saavuttaminen edellyttää onnistunutta elinkaarilaskennan toteutusta. Elinkaarilaskentaa käsittelevästä kirjallisuudesta löytyy monimuotoinen ja valtava määrä erilaisia elinkaarilaskennan tekniikoita ja soveltamistapoja. Joissakin näistä, elinkaarilaskenta ei vaikuta poikkeavan paljoakaan tavallisista tekniikan alan taloudellisen laskennan periaatteista. Toisissa taas elinkaarilaskentaan kuuluu hienostuneita matemaattisia ohjelmointitekniikoita, joilla tavoitellaan optimaalisia ylläpito- ja korjauskäytäntöjä. Joissakin elinkaarilaskennan toteutuksissa taas sovelletaan erilaisia yhdistelmiä esimerkiksi herkkyyss- ja riskianalyyseista. (Christensen, Sparks & Kostuk 2005, 252)

Tutkittaessa elinkaarilaskennan soveltamista hankinnoissa julkisella sektorilla, on myös havaittu, ettei suuri osa elinkaarilaskennan soveltajista käytä mitään tarkkaa elinkaarilaskentamenetelmää. Näissä sovelluksissa yhteisiksi piirteiksi havaittiin ainostaan, että niissä laskettiin rahalla saatua arvoa ajalta, jolloin vastuu laskentakohteesta kuului hankkijaorganisaatiolle, sekä rahalla saatua arvoa riippuen hankkijaorganisaation asettamasta rahan aika-arvosta. (Perera, Morton & Perfrement 2009, 11)

Vaikuttaa siltä, että tarkkojen toimintamallien sijaan elinkaarilaskennassa on kaikkein tärkeintä kaikki elinkaaren aikaiset kustannukset huomioon ottava ajattelutapa. Menetelmän soveltajat voivat valita jonkun valmiista toimintamalleista, tai kehittää omia tarpeitaan vastaavan mallin. Tämän perusteella elinkaarilaskentaa voitaisiin soveltaa myös vähävaraisissa ja pienissä teollisuusyrityksissä, ainakin periaatteellisella tasolla, jolloin yleinen ajattelutapa yrityksessä ottaisi huomioon tuotteiden koko elinkaaren, eikä monimutkaisten laskelmien järjestämiseen tarvitsisi kuluttaa paljoa resursseja.

2.4.1 Elinkaarikustannusten arvioiminen ja laskeminen

Käytännössä elinkaarilaskentaa toteutettaessa tunnistetaan tulevat kustannukset ja hyödyt ja muunnetaan ne nykyarvoon hyödyntämällä diskonttausta, jolloin voidaan arvioida projektin tai projektivaihtoehtojen taloudellista arvoa (Woodward 1997, 337). Kyse on siis pohjimmiltaan netto nykyarvo-laskelmasta, jossa ennakoitaan tulevia

kassavirtoja. Elinkaarilaskenta-kirjallisuudessa ehdotetaan pääasiassa kolmea peruseriaatetta uuden tuotteen elinkaarikustannusten arvioimiseksi (Maccarrone 1998, 152):

1. Analogiset mallit. Vertaillaan tuotetta muihin yrityksen tuottamiin tuotteisiin, tai kilpailijoiden tuotteisiin, jos tarvittavaa tietoa on saatavilla.
2. Parametrisillä malleilla, jotka suhteuttavat tuotteen kustannukset sen pääsuunnitteluparametreihin (esimerkiksi paino, ulottuvuudet, suoriutumistavoitteet).
3. Tuotantotekniikan avulla.

Osassa kirjallisuudesta näihin lisätään lisäksi seuraavat menetelmät (Goh et al 2010, 693-694):

4. Intuitiiviset tekniikat, joissa luotetaan asiantuntijan mielipiteeseen.
5. Ekstrapolointi toteutuneista kustannuksista.

Analogisissa malleissa saatetaan hyödyntää kvantitatiivista analyysiä, mutta siihen sisältyy myös subjektiivista arviointia kustannuksiin vaikuttavista seikoista. Mallissa epävarmuus on sitä pienempää, mitä samankaltaisemmat vertailtavat kohteet ovat. Parametrisissä malleissa käytetään tilastollisia menetelmiä suhteuttamaan kustannukset kustannusajureihin historiallisen datan ja matemaattisten kaavojen avulla. Mallin epävarmuus riippuu käytetyn datan ja kaavojen epävarmuudesta. Tuotantotekniikassa käytetään yleensä hierarkkista listaa kaikista kustannuselementeistä, joi- ta tarvitaan laskentakohteen toimintaan saattamiseen. Malli vaatii valtavasti työtä sekä dataa, ja sen epävarmuus riippuu käytetyn listan skaalasta. Intuitiiviset tekniikat pohjautuvat käytettyjen asiantuntijoiden tietämykseen ja kokemukseen, ja epävarmuus muodostuu asiantuntijoiden käyttämistä nyrkkisäännöistä ja kvalitatiivisista arvioista laskentakohteiden samankaltaisuudesta. Ekstrapoloinnissa hyödynnetään prototyypeistä ja aiemmista elinkaaren vaiheista kerättyjä kustannustietoja laajentamalla kustannukset koskemaan koko elinkaarta. Mallia käyttämällä saadaan muita menetelmiä luotettavammasta kustannustiedot, mutta tarvittavat kustannustiedot ovat saatavissa niin myöhään, että menetelmää on vaikeaa soveltaa varhaisessa hankin-

ta- tai suunnitteluvaiheessa. Mallin epävarmuus muodostuu olosuhdemuutoksista ekstrapoloinnin aikana. (Goh et al 2010, 693-694)

Erityisesti muihin saman yrityksen tuottamiin tuotteisiin vertailun voidaan ajatella olevan mielenkiintoinen menetelmä uuden tuotteen kustannusten arvioimiseksi. Jos toisen samankaltaisia valmistusmenetelmiä sekä materiaaleja käyttävän tuotteen elinkaarikustannukset ovat jo selvillä, pystyttäisiin uuden tuotteen kustannukset oletta-vasti arvioimaan melko tarkasti materiaalien sekä toimintojen käytön perusteella. Jo toteutuneiden kustannustietojen hyödyntäminen luultavasti poistaisi monia yllätyksiä, jotka saatettaisiin jättää huomioimatta puhtaasti teoriaan perustuvissa menetelmissä. Samalla periaatteella myös ekstrapoloinnin voidaan olettaa olevan hyvin tarkka menetelmä kustannusten arvioimiseksi. Intuiitivisten tekniikoiden, joissa luotetaan asiantuntijoiden mielipiteisiin, taas voidaan olettaa olevan hyvin epävarmoja, ja asiantuntijan kokemuksesta riippuvaisia menetelmiä. Teollisuusyritykset, jotka valmistavat samaa tuotetta massatuotantona, voivat hyötyä erinomaisesti samasta tuotteesta kerätyistä, jo toteutuneista elinkaarikustannuksista, jos samaa tuotetta valmistetaan pitkään. Tällöin tulisi kuitenkin ottaa huomioon muutokset tuotantotekniikassa ja materiaalien kustannuksissa.

Varsinaisen elinkaarilaskennan toteuttamiseen liittyen on tunnistettu seuraavia laskelmassa huomioitavia seikkoja:

- Alkuperäinen pääomakustannus
- Laskentakohteen elinikä
- Diskonttauskorko
- Käyttö- ja ylläpitokustannukset
- Hävityskustannukset
- Tieto ja palaute
- Epävarmuus ja herkkyysanalyysi

(Woodward 1997, 337-338)

Laskelman elementit ovat pääasiassa tuttuja perinteisistä investointilaskelmista, ja kuten aiemmin mainittiin, itse laskelma on käytännössä nettonykyarvolaskelma. Voi-

daan olettaa, että jonkinlaisia rahan aika-arvoon perustuvia laskelmia tehdään useimmissa teollisuusyrityksissä, joten varsinaisen laskelman suorittamisessa ei pitäisi olla suuria vaikeuksia, mikäli tarvittavat tiedot saadaan kerättyä. Epävarmuutta käsitellään seuraavassa alaluvussa. Listassa mainittu tieto ja palaute on hankitun pääoman hintaan liittyvää taloudellista, ajallista ja laadullista tietoa, sekä suunnittelu- ja operationaalisiin kompromisseihin, sekä näistä seuraavin ylläpitokustannuksiin liittyvää tietoa (Woodward 1997, 339). Onnistunut elinkaarilaskenta vaatii siis monipuolista tiedon keräämistä ennen investointipäätöstä, ja myös investointikohteen käytön ajalta.

Elinkaaren aikaisten kustannusten seuraamista varten on kerättävä riittävästi kustannuslaskenta-tietoja, yritysten kustannusten seuranta -käytännöt muodostavatkin perustan kustannusten seurantaan laskentakohteiden elinkaarten aikana (Lindholm & Suomala 2005, 285). Elinkaarilaskennassa tarvittavien tietojen kerääminen saattaa edellyttää yrityksen tietojärjestelmien uudelleenjärjestelyä, useimmiten laskelmissa tarvittavat tiedot kuitenkin kerätään jossakin muodossa jo valmiiksi, ja elinkaarilaskenta vaatii vain tiedon uudenlaista yhdistämistä (Woodward 1998, 340). Operationaalisen tiedon kerääminen ja analysointi on taloudellisen tiedon käsittelyn lisäksi tärkeä osa elinkaarilaskentaa, sillä tätä tietoa voidaan hyödyntää laskentakohteiden kustannusajureiden tunnistamisessa (Lindholm & Suomala 2005, 285).

Tästä seuraa, että onnistuneen elinkaarilaskennan toteuttaminen on hyvin vaikeaa ilman riittävän tarkkaa ja monipuolista kustannusten tietojärjestelmää. Jos oikeita tiettyyn laskentakohteeseen liittyviä kustannuksia ei saada selville, ei myöskään elinkaarilaskentaan kuuluvaa aiheutuneiden kustannusten seuranta ja vertailua suunniteltuihin kustannuksiin pystytä tekemään. Kustannustietojen seurannan voidaan kuitenkin olettaa olevan tärkeää useimmissa teollisuusyrityksissä, joten tietojärjestelmienkin tulisi olla kunnossa. Operationaalisen tiedon puuttumisen aiheuttama kustannusajureiden tunnistamatta jääminen taas voi vaikeuttaa mitattavan laskentakohteen tuotekehittelyä, sillä kehitystä on vaikeaa kohdistaa oikealle osa-alueelle, jos ei tiedetä mistä kustannukset aiheutuvat.

2.4.2 Epävarmuuden osuus elinkaarilaskennassa

Kustannusten arvioimiseen liittyy yleisesti merkittäviä epävarmuuden lähteitä. Arvioinnissa ennakoidaan tulevaisuutta, joka on tuntematon. Arviointihetkellä suurin osa kustannustiedoista koostuu yleensä historiallisista tuotekustannuksista, lisäksi tuotteen ominaisuuksiin ja valmistustekniikoihin liittyy yleensä suuria epävarmuuksia. Joidenkin tutkimuksen mukaan kustannusarviot konseptuaalisessa suunnitteluvaiheessa vaihtelevat välillä -30% - +50% lopullisista kustannuksista, kun yksityiskohtaisessa suunnitteluvaiheessa vaihteluväli on -5% - +15%. Perinteiseen kustannuslaskelmaan verrattaessa elinkaarilaskennan skaala, ja sitä myöten myös siihen liittyvä epävarmuus, on huomattavasti suurempi. Mitä pidempi laskentakohteen elinikä on, sitä suuremmaksi muodostuu siihen liittyvä epävarmuus, joka taas laskee elinkaarikustannuslaskelman validiteettia. Elinkaarilaskelmiin liittyy pääasiassa datan epävarmuutta, joka voi johtua esimerkiksi tarvittavan datan puutteesta laskentahetkellä, mallien epävarmuutta, joka voi johtua esimerkiksi riittävän määrittelyn puutteesta, sekä skenaarioiden epävarmuutta, joka voi johtua esimerkiksi teknisen kehityksen ennustettavuuden vaikeudesta. Elinkaarilaskentaa laadittaessa on yleensä tarpeen muuntaa subjektiivinen epävarmuus, objektiivisiksi, kvantitatiivisiksi luvuiksi, joita voidaan hyödyntää laskelmissa. Useimmat käytetyistä epävarmuuden mallinnoista perustuvat todennäköisyyksiin, ja niissä epävarmuutta voidaan kuvata esimerkiksi riskiluvuilla. Tavallisia kustannuslaskentatyökaluissa käytettyjä epävarmuuden laskentaan keskittyviä menetelmiä ovat esimerkiksi herkkyysanalyysi ja Monte Carlo simulaatio. (Goh et al 2010, 691-696)

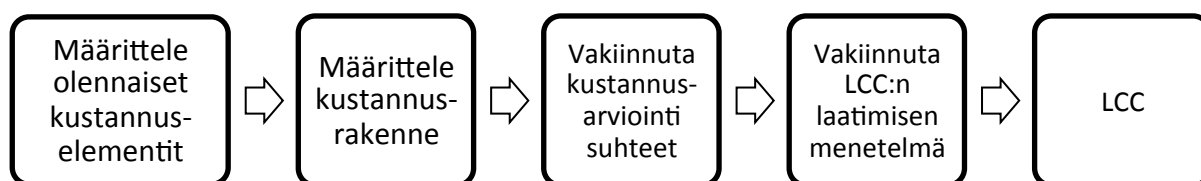
On selvää, että elinkaarilaskennan kaltaisessa tulevaisuuden ennakoimiseen pyrkivässä menetelmässä epävarmuuden osuus on merkittävä, ja että osuus on sitä merkittävämpi, mitä varhaisemmassa vaiheessa laskelma toteutetaan. Skenaarioiden epävarmuuteen on vaikea varautua, mutta datan ja mallien epävarmuutta voidaan vähentää huolellisella pohjatyöllä elinkaarilaskelmia laadittaessa. Epävarmuus tulisi vähentämisyriyksistä huolimatta ottaa kuitenkin aina huomioon erilaisten epävarmuustyökalujen avulla. Ennustukseen perustuvan laskentamenetelmän tulokset eivät ikinä voi olla täysin varmoja, ja tämä kannattaisi pitää mielessä lukuja tarkasteltaessa. Elinkaarilaskenta, johon ei kuulu riskianalyysia, on parhaimmillaan epätäydellinen, ja huonoimmillaan harhaanjohtava (Markeset & Kumar 2001, 116).

2.4.3 Elinkaarilaskentamallit

Lähellekään kaikkia lukuisista elinkaarilaskennan toteuttamisen menetelmistä ei ole mahdollista esitellä tämän laajuudessa työssä. Tästä johtuen, tässä alaluvussa käsitellään ainoastaan muutamia tärkeimmiksi katsottuja elinkaarilaskenta-menetelmiä.

Harveyn elinkaarilaskentamalli

Alla olevassa kuvassa 3 esitetään malleista ensimmäisenä Harveyn ehdottama yksinkertainen yleinen toimintamalli elinkaarilaskennalle. Harveyn malli ei ole yhtä yksityiskohtainen kuin jäljempänä esitetyt kaksi mallia.



Kuva 3: Harveyn elinkaarilaskentamalli Woodwardin (1997, 336) tiivistämänä.

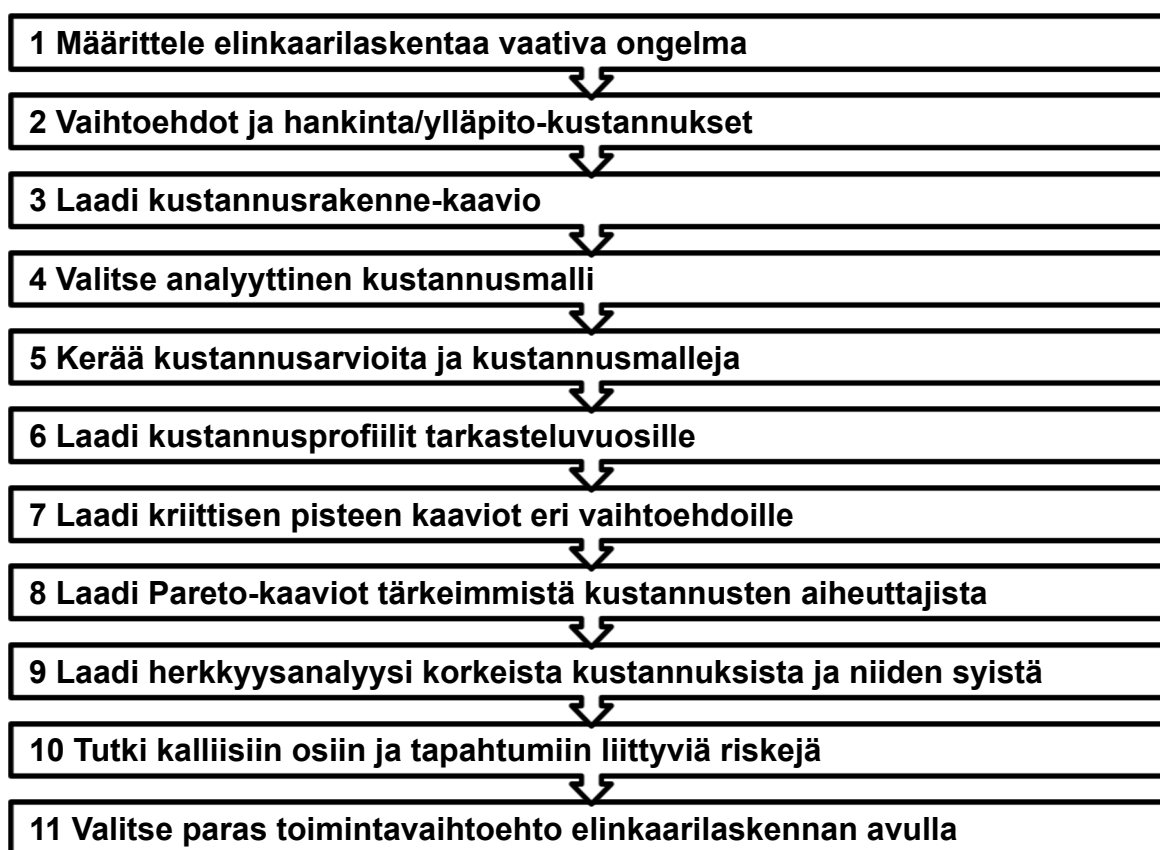
Harveyn mallissa olennaisilla kustannuselementeillä tarkoitetaan tuotteen elinkaaren aikaisia, tuotteeseen liittyviä kassavirtoja. Kassavirrat voivat tässä tapauksessa olla sekä kustannuksia, että tuottoja. Kustannusrakenteen määrittelyssä ryhmitellään kustannuksia mahdollisten kustannuskompromissien, eli vaihtoehtoisten kustannusten tunnistamiseksi. Kustannusarviointisuhde on arviointitarkoituksessa käytettävä matemaattinen kaava, jossa määritellään esineen tai toiminnon kustannus yhden tai useamman itsenäisen muuttujan funktiona. Elinkaarilaskennan laatimisen menetelmän vakiinnuttamisessa, valitaan laskentakohteen elinkaarikustannusten arvioimisessa käytettävä yksityiskohtainen menetelmä, jossa lasketaan vaiheittain elinkaarikustannukset. Lopuksi tehdään varsinainen elinkaarikustannus-laskelma. (Woodward 1997, 336-337)

Toimintamalli on hyvin yksinkertainen, ja siinä on vähän vaiheita erityisesti verrattaessa seuraavana esiteltäviin menetelmiin. Toisaalta toimintamalli saattaisi miellyttää

teollisuusyrityksiä, jotka haluavat soveltaa jotain valmista elinkaarilaskennan toimintamallia mahdollisimman vapaasti, mutta toisaalta yksityiskohtaisemmat menetelmät jättävät tarkasti noudatettuina vähemmän varaa mahdollisille virheille.

Fabryckyn & Blanchardin elinkaarilaskentamalli

Yhtenä alan perusteoksista pidetystä Fabryckyn & Blanchardin julkaisusta löytyy seuraava, hyvin yksityiskohtainen toimintamalli elinkaarilaskennalle. Malli on esitelty kuvassa 4.



Kuva 4: Fabryckyn & Blanchardin elinkaarilaskentamalli Barringer & Weberin (1996, 16) muotoilemana.

Mallissa määritellään ensin tilanne, johon elinkaarilaskentaa tarvitaan. Tämän jälkeen tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoja, joita vertaillaan keskenään, ja tutkitaan niiden kustannuksia. Kustannusrakennekaaviossa vertaillaan kustannuksia aiheuttavia tekijöitä eri vaihtoehtojen välillä. Analyyttisessä kustannusmallissa voidaan esimerkiksi

yhdistää kustannustietoja ja hajoamis-todennäköisyyksiä, varsinaisen nettonykyarvo-laskelman laatimisen helpottamiseksi. Viidennessä vaiheessa kerätään riittävät kustannustiedot laskelmaa varten. Tämän jälkeen jaetaan kustannukset niiden aiheutusvuosille, jotta voidaan ottaa huomioon rahan aika-arvo. Seitsemännessä vaiheessa tarkastellaan vertailtavien vaihtoehtojen kriittisiä pisteitä, jotta voidaan hahmottaa kiinteiden ja muuttuvien kustannuksien vaikutukset. Seuraavassa vaiheessa tunnistetaan tärkeimmät kustannusten aiheuttajat, jotta niihin voidaan kiinnittää erityistä huomiota vaiheen jälkeen tehtävissä herkkyysanalyyseissa. Lopuksi tutkitaan vielä riskejä, jonka jälkeen tehdään lopullinen päätös tehtyjen laskelmien perusteella. (Barringer & Weber 1996, 29-48)

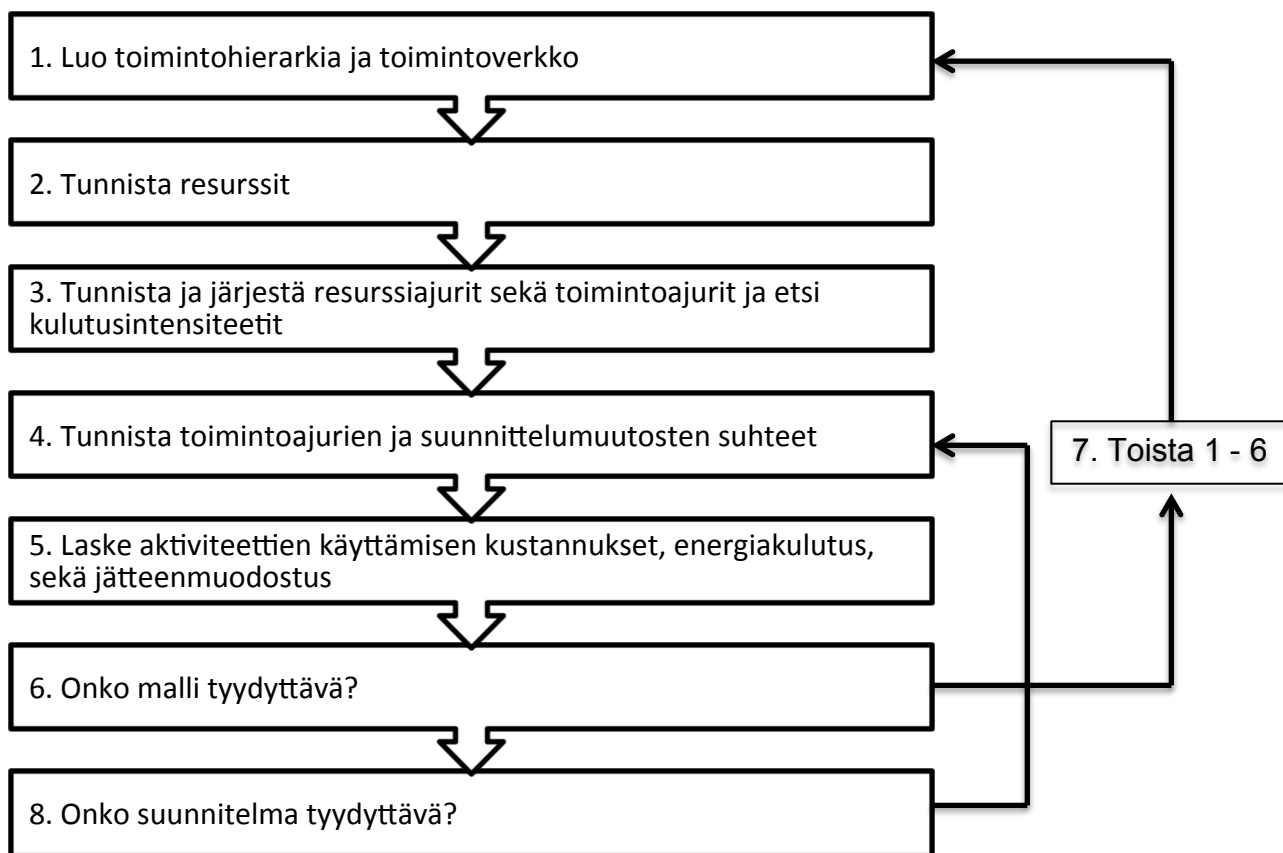
Tämä toimintamalli on huomattavasti yksityiskohtaisempi kuin Harweyn toimintamalli, mutta ei kuitenkaan aivan yhtä kokonaisvaltainen kuin seuraavana esiteltävä toimintoelinkaarilaskenta. Selvänä etuna Harweyn malliin on se, että tässä menetelmässä otetaan huomioon epävarmuuden olemassaolo, ja tehdään herkkyysanalyysi.

Eblemsvåg in toimintoelinkaarilaskenta

Toimintoelinkaarilaskenta on laskentamalli, joka yhdistelee elinkaarilaskentaa sekä toimintolaskentaa. Laskentamallissa otetaan huomioon sekä laskentakohteen ympäristövaikutukset että kustannusvaikutukset. Toimintoelinkaarilaskennassa hyödynnetään toimintolaskennan ylivertaisia kustannusten jäljitys- ja kohdistamisominaisuuksia elinkaarilaskennan suorittamisessa. Epävarmuuden osuus lasketaan Monte Carlo-simulaatioiden avulla. (Emblemsvåg 2001, 17-18)

Emblemsvåg kritisoi useimpia elinkaarilaskennan sovelluksia esittämällä, että ne ovat kustannuslaskennan sijaan kassavirta-analyyseja. Hänen mukaansa kassavirta-analyysien ongelmana on, että ne edustavat positiivista ja negatiivista kulutusta, joiden avulla tutkitaan ennalta määrättyä kapasiteettia jonkun työn tekemiseen. Kustannuslaskennassa sen sijaan seurataan resurssien kulutusta, sekä kysyntää tehtäville töille, jotka ovat tärkeämpiä, sillä johdon pitäisi sovittaa kapasiteetti kysyntään eikä toisin päin. Emblemsvåg myös kritisoi kirjallisuudessa usein esiintyvää ajatusmallia, jonka mukaan elinkaarilaskennassa tarvittavat kustannusten kohdistamistiedot voidaan kerätä olemassa olevista tietojärjestelmistä, tarkan kohdistamismeka-

nismien kehittämisen sijaan. Emblemsvågins elinkaarilaskentamalli on esitetty kuvassa 5. (Emblemsvåg 2001, 18; Settani & Emblemsvåg 2010, 221)



Kuva 5: Emblemsvågins toimintoelinkaarilaskenta-malli (Emblemsvåg & Bras 1998, 6)

Toimintoelinkaarilaskennassa toimintohierarkia muodostetaan tunnistamalla asiaankuuluvat toiminnot. Toimintoverkko on visuaalinen kuvaus toimintojen liittymisestä toisiinsa, sekä laskennan kohteina oleviin tuotteisiin. Resurssit ovat talouteen, energiaan tai jätteeseen liittyviä elementtejä joita toiminnot käyttävät. Ajurit tunnistetaan samoin kuin toimintolaskennassa, ja ne voivat olla esimerkiksi työntunteja. Kohta neljä liittyy tuotesuunnitteluun, ja siinä tarkastellaan vaihtoehtoisten suunnitteluelementtien suhteita toimintoajureihin. Lopuksi tehdään laskelmat ja pohditaan ovatko tulokset riittäviä. (Emblemsvåg & Bras 1998, 6-7)

Tämä viimeisenä esitelty menetelmä on kaikkein monimutkaisin ja kokonaisvaltaisin. Menetelmän perusperiaatteet myös poikkeavat suuresta osasta alan teoriakirjallisuudesta, ja Emblemsvåg kritisoikin näitä voimakkaasti. Menetelmä on varmasti tarkka ja monipuolinen, mutta samalla jopa tarpeettoman monimutkainen. Varsinkin jos elin-

kaarilaskentaa harkitseva yritys ei valmiiksi sovelle toimintolaskentaa, voi tällaisen laskentajärjestelmän luominen vaikuttaa kohtuuttoman monimutkaiselta ja työläältä. Kuitenkin menetelmä on saanut paljon huomiota myös muussa teoriakirjallisuudessa, ja sitä on pidettävä varteenotettavana elinkaarilaskennan toimintamallina.

3 ELINKAARILASKENNAN HAASTEET TEOLLISUUSYRITYKSISSÄ

Tähän lukuun on kerätty elinkaarilaskentaan liittyviä haasteita erilaisista teoreettisista kirjoituksista sekä empiirisistä tutkimuksista. Ensimmäisessä aluvussa esitellään elinkaarilaskennan soveltamista erilaisissa yrityksissä käsittelevä tutkimus, josta selviää esimerkkejä elinkaarilaskennan soveltamisesta teollisuusyrityksissä. Seuraavissa aluvuissa tuodaan teemoittelun avulla esille löydetyt haasteet, sitten muodostetaan niistä tyypittelyn avulla haasteet tiivistäviä tyyppejä.

3.1 Elinkaarilaskenta teollisuusyrityksissä

Korpi & Ala-Risku (2008, 245-254) tutkivat erilaisia elinkaarilaskentaa (ainoastaan termejä life cycle costing ja life cycle cost) käsitteleviä case-tutkimuksia. Tutkimuksessa tarkasteltiin yhteensä 55 erilaista vuoden 1991 jälkeen julkaistua case-tutkimusta, joita ei valikoitu toimialan perusteella. Tutkimuksessa käytettiin toimialaluokituksena hieman muokattua Yhdysvaltalaisista SIC-luokitusta. Tutkimuksista ainoastaan kuusi koski teollisuusyrityksiä (manufacturing), kun taas esimerkiksi tämän työn ulkopuolelle rajattua rakennusalaan käsitteli 34 tutkimusta. Teollisuusyrityksissä tehdyistä elinkaarilaskelmista lähes 70 % oli tehty asiakkaan näkökulmasta, ja loput mitattavan kohteen valmistajan näkökulmasta. Lähes kaikki teollisuusyritysten elinkaarilaskelmissa käytetyistä kustannustiedoista saatiin yritysten sisäisistä tietolähteistä, mutta myös julkisia tilastoja ja julkaistuja artikkeleita hyödynnettiin jonkun verran. Kustannusten arvioimiseen teollisuusyrityksissä havaittiin käytettävän pääasiassa tämänkin työn aluvussa 2.4.1 esiteltyjä parametrisiä malleja, mutta myös jonkun verran tuotantotekniikkaan perustuvia malleja. Yli 80 % teollisuusyritysten elinkaarilaskelmista havaittiin olevan deterministisiä, eli lopullisessa tuloksessa ei otettu huomioon epävarmuuden osuutta, toisin kuin stokastisissa laskelmissa.

Tämän tutkimuksen perusteella ei voi tehdä erityisen yleistäviä johtopäätöksiä, sillä tutkimuksen mittakaava on melko pieni. Kuitenkin voidaan havaita, että tutkimuksissa teollisuusyrityksissä elinkaarilaskentaa sovellettiin pääasiassa hankintojen yhteydessä, ja että suurin osa laskelmissa käytettävistä kustannustiedoista saatiin yritysten sisäisistä tietojärjestelmistä. Hankintojen yhteydessä on varmaankin helpompaa soveltaa ekstrapolointiin perustuvia tarkkoja laskentamenetelmiä, sillä suuntaa antavia

toteutuneita kustannuslukuja voidaan saada laskentakohteen toimittajalta. Sisäisistä laskentakohteista saadut kustannustiedot taas korostavat yritysten sisäisen tietojärjestelmien ja laskentakäytäntöjen roolia elinkaarilaskennassa. Determinististen laskelmien käyttämisen voidaan olettaa olevan yksinkertaisempaa kuin stokastisten, mutta kuitenkin myös epävarmuuden osuus olisi hyvä ottaa aina huomioon ettei laskelmien tuloksiin luotettaisi liian sokeasti.

3.2 Yksittäiset haasteet

Teemoittelun avulla elinkaarilaskentaan liittyviä haasteita löydettiin yhteensä kuudesta tieteellisestä artikkelista. Artikkeleita etsittiin erilaisista sähköisistä tietokannoista käyttämällä hakutermeinä erilaisia alaluvussa 2.1 esiteltyjä elinkaarilaskentaa kuvaavia termejä. Haasteisiin liittyvien teemojen etsimiseen artikkeleista ei käytetty erityistä menetelmää, vaan artikkelit luettiin yksi kerrallaan kokonaisuudessaan, etsien samalla aiheeseen liittyviä mainintoja. Teemoja löytyi yhteensä 26 kappaletta. Eri teemat on numeroitu, jotta ne voidaan helposti esittää seuraavassa, tyypittelyä käsittelevässä alaluvussa. Haasteet on esitetty myös liitteenä taulukkomuodossa (Liite 1).

1. Elinkaarilaskennassa tarvittavaa monipuolista tietoa on vaikea yhdistellä ymmärrettävällä tavalla (Wouters et al. 2005, 167).
2. Elinkaarilaskennan konseptin tuntemattomuus (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
3. Epävarmuus elinkaarilaskennan eduista (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
4. Elinkaarilaskentaa ei pidetä tärkeänä (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
5. Riittävän ja luotettavan datan puute (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
6. Yhtenäisten käytäntöjen puute (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
7. Vaikeuksia joidenkin kustannuselementtien(cost factors) määrittelyssä (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
8. Vaikeuksia arvioida muutosten vaikutuksia tuotteiden toimintaan (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
9. Epävarmuuden olemassaolo (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
10. Tuotteiden pitkät elinkaaret tekevät elinkaarilaskennasta vaikeaa (Lindholm ja Suomala 2005, 289).

11. Avainkonsepteja ja toimintamalleja pidetään usein epäjohdonmukaisina (Lindholm ja Suomala 2005, 289).
12. Tarpeeksi asiantuntevan työvoiman riittävyys yritysten sisällä. Onnistunut elinkaarilaskenta vaatii hyvin monialaisen tiimin, jonka järjestämiseen monien yritysten resurssit eivät riitä. (Elmakis & Lisnianski 2006, 8)
13. Yrityksen ylimmän johdon riittävän positiivinen suhtautuminen tuotteiden toimintavarmuuden varmistamiseen. Elinkaarikustannuksen mittauksella ja tuotteiden toimintavarmuudesta riippuvien ylläpitokustannusten tuntemisella on niin suuri yhteys, että onnistunut elinkaarilaskenta edellyttää johdon myönteistä suhtautumista toimintavarmuuteen. (Elmakis & Lisnianski 2006, 8)
14. Datan huono mitattavuus: Tämä haaste koskee sekä suunnitteluvaihetta (tärkein vaihe, sillä tässä vaiheessa elinkaarikustannusten käyrää käytetään vertailtaessa eri suunnitteluvaihtoehtojen vaikutuksia kokonaiskustannuksiin) että tarkkailuvaihetta, jossa budjetoituja elinkaarikustannuksia verrataan toteutuneisiin, varianssin tarkastelun ja oppimisen takia. (Maccarrone 1998, 152)
15. Elinkaarilaskennan toteuttamiseen kuluva aika. Oikein toteutettuna elinkaarilaskenta vaatii valtavasti aikaa, mikä saattaa haitata erityisesti ympäristöissä joissa aikaan perustuva kilpailu yritysten välillä on tavanomaista. (Maccarrone 1998, 152)
16. Elinkaarilaskenta ei ole tarkkaa tiedettä. Tämän johdosta kaikki saavat laskelmista erilaisia vastauksia. Ei ole oikeita ja vääriä vastauksia, on vain kohtuullisia ja kohtuuttomia. (Barringer & Weber 1996, 5-6)
17. Oikeita elinkaarilaskennan asiantuntijoita ei ole olemassa, sillä subjektit ovat liian laajoja ja syvällisiä. (Barringer & Weber 1996, 5-6)
18. Elinkaarilaskennan tulokset ovat ainoastaan arvioita jotka eivät voi ikinä olla tarkempia kuin syötetyt tiedot ja arvioihin käytetyt intervallit. Tämä koskee erityisesti kustannus-riski analyseja. (Barringer & Weber 1996, 5-6)
19. Elinkaarilaskenta-arvioista puuttuu tarkkuutta. Tarkkuuden virheitä on vaikea arvioida, koska tilastollisilla menetelmillä saadut varianssit ovat usein suuria. (Barringer & Weber 1996, 5-6)
20. Elinkaarilaskentamallit toimivat rajoitetuilla kustannustietokannoilla ja ope-
rointi- ja tukialueilta kerättävä tieto on kallista, sekä vaikeaa hankkia. (Barringer & Weber 1996, 5-6)

21. Elinkaarilaskentamallit täytyy kalibroida, jotta niistä saadaan paljon hyötyä. (Barringer & Weber 1996, 5-6)
22. Elinkaarilaskentamallit vaativat volyymeittain dataa, ja usein vain muutamia hippusellisia dataa on olemassa. Lisäksi suurin osa saatavilla olevasta tiedosta on epäluotettavaa. (Barringer & Weber 1996, 5-6)
23. Suurin osa elinkaarilaskennan vaatimista yksityiskohtaisesta tiedosta vaatii ekstensiivistä ekstrapolointia ja varsinaisten faktojen hankkiminen on vaikeaa. (Barringer & Weber 1996, 5-6)
24. Hankkijat pelkäävät vaikuttavansa liian tuhlaavaisilta sijoittaessaan korkeamman hankintahinnan tuotteisiin, vaikka tulevat ylläpitokustannukset olisivatkin alemmat. Tämän korjaaminen vaatisi yleistä elinkaarilaskennan ymmärrystä ja arvostusta. (Perera et al 2009, 5)
25. Elinkaarilaskennan käytännön sovelluksista löytyy vähän empiriaan perustuvaa, konkreettista tietoa, sen sijaan käsitteellistä tietoa potentiaalista soveltamisen hyödyistä ja soveltamisen teknisistä ongelmista löytyy paljon. Tämän uskotaan johtuvan tarkkojen kustannustietojen arkaluontoisuudesta. (Perera et al 2009, 6)
26. Monilla hankkijoilla ei ole tarpeeksi elinkaarilaskennan toteuttamiseen, ja tulosten hankintapäätöksiin sisällyttämiseen liittyvää ammattitaitoa. (Perera et al 2009, 6)

3.3 Haastetyypit

Haasteista muodostettiin tyyppejä ryhmittelemällä ensin samankaltaiset haasteet omiksi ryhmikseen, ja määrittelemällä niille sen jälkeen kaikkia ryhmiin kuuluvia haasteita hyvin kuvaavat nimet. Lopulliseksi tyyppien lukumääräksi tuli kuusi, ja jokaiseen tyyppiin löydettiin vähintään kolme erillistä haastetta.

Laskelmissa tarvittavan tiedon keräämisen vaikeuteen liittyvät haasteet

Haasteet: 5, 14, 20, 22, 23

Tähän tyyppiin kuuluvat kaikki elinkaarilaskelmissa tarvittavan datan hankkimiseen liittyvät haasteet. Haasteista käy hyvin ilmi sekä riittävän datan, että tarpeeksi luotettavaksi katsottavan datan keräämisen vaikeus (Lindholm ja Suomala 2005, 289). Ku-

ten aiemmin mainittiin, laskelmissa tarvittavan datan saatavuus riippuu suurimmaksi osaksi yrityksessä vallitsevista kustannuslaskentakäytännöistä, sekä käytössä olevista taloudellisista tietojärjestelmistä (Lindholm & Suomala 2005, 285). Voidaankin siis olettaa, että datan keräämiseen liittyvät haasteet ovat pienempiä yrityksissä, joissa on todella tarkat ja yksityiskohtaiset laskentakäytännöt. Erilaisista elinkaarikustannusten arviointimenetelmistä, kaikkein vaativinta on tarkkoja arvioita tuottavassa ekstrapoloinnissa vaadittavan tiedon kerääminen, sillä menetelmä vaatii varsinaisia toteutuneita laskentakohteen kustannustietoja (Goh et al 2010, 694). Riittävän datan keräämistä helpottanee Emblemsvägin toimintoelinkaari-laskennan kaltaisen, kokonaisvaltaisen, elinkaari-laskennan ja tarkan kustannuslaskennan yhdistävän toimintamallin käyttöönotto.

Laskelmien tarkkuuteen liittyvät haasteet

Haasteet: 9, 16, 18, 19, 21

Tähän tyyppiin kuuluvat kaikki elinkaari-laskelmista saatavien tuloksien epätarkkuuteen liittyvät haasteet. Nämä haasteet johtuvat pääasiassa epävarmuuden olemassaolosta, jota käsiteltiin aiemmin omassa alaluvussaan. Koska elinkaari-laskenta perustuu aina joltakin osin epävarman tulevaisuuden arvioimiseen, ei tämän kaltaisilta haasteilta voida välttyä. Laskelmien epävarmuus voidaan ainoastaan ottaa huomioon laskelmissa käyttämällä herkkyysanalyysin kaltaisia työkaluja. Tarkkuus, eli epävarmuuden osuus riippuu käytettävästä arviointimenetelmästä, mutta kuten aiemmin on mainittu, vaatii ekstrapoloinnin kaltaisten vähän epävarmuutta sisältävien menetelmien käyttäminen ekstensiivisten kustannustietojen keräämistä. Kuten haasteessa numero 21 mainitaan, voidaan tarkkuutta kuitenkin parantaa elinkaari-laskentamalleja kalibroimalla, eli oppimalla aiemmin tehdyistä laskelmista. (Goh et al 2010, 691-696 ; Barringer & Weber 1996, 5-6)

Elinkaari-laskentaan liittyvän ammattitaidon puutteeseen liittyvät haasteet

Haasteet: 1, 12, 17, 26

Tähän tyyppiin kuuluvat kaikki elinkaari-laskennan soveltajien ja neuvonantajien riittävään tietämykseen liittyvät haasteet. Haasteista käy hyvin ilmi elinkaari-laskennan kunnollisen soveltamisen monimutkaisuus. Jotkut elinkaari-laskennan toteuttamisen

toimintamalleista ovat hyvin monimutkaisia ja monivaiheisia. Elinkaarilaskennan toteuttamista käsittelevässä alaluvussa selvisi kuitenkin, että jotkut elinkaarilaskentamenetelmät ovat hyvin yksinkertaisia, eivätkä eroa paljoakaan tavallisesta taloudellisesta laskennasta (Christensen et al 2005, 252). Tässä suhteessa osa ammattitaitoon liittyvistä haasteista onkin hyvin ristiriitaisia, ja ne liittyvät ehkä osittain seuraavassa tyypissä käsiteltäviin elinkaarilaskennan tunnettuuteen liittyviin haasteisiin. Ammattitaidon puute vaikuttanee erilaisista elinkaarikustannusten arviointimenetelmistä eniten intuitiivisiin tekniikoihin, joissa luotetaan täysin asiantuntijoiden mielipiteisiin kustannuksia arvioidessa (Goh et al 2010, 693).

Elinkaarilaskennan konseptin ja sen hyötyjen tunnettuuteen liittyvät haasteet

Haasteet: 2, 3, 4, 13, 24, 25

Tähän tyyppiin kuuluvat kaikki haasteet, jotka johtuvat elinkaarilaskennan käsitteen, ja sitä soveltamalla saatavien hyötyjen vähäisestä tunnettuudesta. Myös haaste 13, joka käsittelee toimintavarmuuden tunnettuutta, luettiin mukaan tähän tyyppiin, sillä siinä korostetaan elinkaarilaskennan ja toimintavarmuuden välistä yhteyttä (Elmakis & Lisnianski 2006, 8). Tähän tyyppiin kuuluu kaikkein eniten haasteita, joka kertoo elinkaarilaskennasta saatavien hyötyjen tuntemattomuudesta. Hyötyjen tuntemattomuus saattaa osaltaan selittää elinkaarilaskennan vähäistä suosiota teollisuusyrityksissä. Teoriakirjoituksista löytyi paljon elinkaarilaskennalla saavutettavia hyötyjä, ja niitä esiteltiin alaluvussa 2.3, mutta haasteessa numero 25 korostetaankin tiedon puutetta empiriaan perustuvista käytännön sovelluksista (Perera et al 2009, 6). Onkin mahdollista, että elinkaarilaskennan suosiota jarruttaa toteutuneiden konkreettisten hyötyjen vähäinen esittäminen alan kirjoituksissa.

Mitattavien tuotteiden ominaisuuksiin liittyvät haasteet

Haasteet: 7, 8, 10

Tähän tyyppiin kuuluvat kaikki haasteet, jotka liittyvät jonkin elinkaarilaskennan osa-alueen suorittamiseen, jonkin tietyn laskentakohteen kohdalla. Lähdekirjallisuudessa ei kuitenkaan mainittu minkälaiset laskentakohteet ovat kyseessä. Haasteet koskevat kustannuselementtien määrittelyä, pitkiä elinkaaria, sekä muutoksia tuotteisiin (Lindholm ja Suomala 2005, 289). Kustannuksia aiheuttavien tekijöiden määrittelyn voi-

daan kuvitella olevan vaikeaa esimerkiksi sellaisessa tilanteessa, kun mitataan sellaisen uuden tuotteen kustannuksia, joka ei muistuta mitään yrityksen aikaisempaa tuotetta. Pitkien elinkaarien epävarmuutta lisäävää vaikutusta käsiteltiin aiemmin epävarmuutta käsittelevässä alaluvussa. Tuotteisiin tehtävien muutosten vaikutusten arvioimisen voidaan haasteellisuudesta huolimatta olettaa olevan helpompaa kuin täysin uusien tuotteiden elinkaarikustannusten arviointi. Tämän haasteen voidaankin kuvitella koskevan ainoastaan yrityksiä, jotka pyrkivät äärimmäisen pieneen epävarmuuteen laskelmissaan. Kokonaisuutena tähän tyyppiin kuuluvat haasteet ovat pitkiin elinkaariin liittyviä haasteita lukuun ottamatta hyvin tapauskohtaisia, eikä niitä kannata yleistää koskemaan kaikkia elinkaarilaskennan soveltajia.

Elinkaarilaskennan käytäntöjen ongelmiin liittyvät haasteet

Haasteet: 6, 11, 15

Tähän tyyppiin kuuluvat haasteet voidaan laskea kritiikiksi elinkaarilaskennan käytäntöjä ja toimintamalleja kohtaan. Yhtenä haasteena mainittu yhtenäisten käytäntöjen puute nousi hyvin esille myös muita teoriakirjoituksia tutkiessa, ja samaan asiaan liittyy myös käsitelmäärittely-alaluvussa esitelty elinkaarilaskentaa kuvaava sekava termistö (Lindholm ja Suomala 2005, 289). Muut haasteet koskevat epä johdonmukaisina pidettyjä toimintamalleja ja elinkaarilaskennan vaatiman pitkää aikaa (Lindholm ja Suomala 2005, 289 ; Maccarrone 1998, 152). Näiden voidaan molempien ajatella olevan seurausta teoriakirjoituksissa esitetyistä liian monimutkaisista elinkaarilaskentamalleista. Tähän tyyppiin liittyvien haasteiden kumoaminen vaatisi uusien yhtenäisten ja yksinkertaisen elinkaarilaskentamallien vakiinnuttamista. Toisaalta taas yksinkertaisemmilla ja pienemmän ajan vaativilla malleilla, ei voida olettaa saavutettavan yhtä tarkkoja tuloksia, kuin monimutkaisilla menetelmillä. Elinkaarilaskentaan kuluvan ajan voidaankin ajatella olevan erityisen merkittävä haaste ainoastaan sellaisille teollisuusyrityksille, joille on tärkeää kilpailla nopealla toiminnalla kilpailijoihin tai asiakkaisiin nähden (Maccarrone 1998, 152).

4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa tutkittiin elinkaarilaskennan soveltamisen haasteita teollisuusyritysten näkökulmasta. Tutkimus toteutettiin teoreettisena tutkimuksena tarkastelemalla aiheesta julkaistuja tieteellisiä artikkeleita ja muita julkaisuja. Lähteitä hyväksi käyttäen käsiteltiin ensin elinkaarilaskennan käsitettä monipuolisesti, ja esiteltiin sillä saavutettavia potentiaalisia hyötyjä. Tämän jälkeen käsiteltiin elinkaarilaskennan toteuttamista, ja vielä erikseen elinkaarilaskennan soveltamista teollisuusyrityksissä. Lopuksi esiteltiin tieteellisistä julkaisuista kerättyjä elinkaarilaskennan soveltamisen haasteita, ja muodostettiin niistä haasteet tiivistäviä tyyppisiä.

Työn päätutkimusongelma oli, minkä tyyppisiä haasteita elinkaarilaskentaan sisältyy teollisuusyritysten näkökulmasta. Päätutkimusongelma jaettiin kahteen erilliseen alatutkimusongelmaan, joiden tavoitteena oli yhdessä mahdollistaa päätutkimusongelmaan vastaamisen. Ensimmäinen alatutkimusongelma oli selvittää minkälaisia haasteita elinkaarilaskennan soveltamiseen teollisuusyrityksissä liittyy. Tämän tutkimusongelman vastaukseksi saatiin kirjallisuudesta kerätty listaus 26 erilaisesta haasteesta, joiden merkitystä ei erikseen käsitelty ennen tyypittelyvaihetta. Toisena alatutkimusongelmana oli muodostaa yksinkertaistavia tyyppisiä löydetyistä haasteista. Tämän alatutkimusongelman, ja samalla myös päätutkimusongelman, tuloksena muodostettiin kuusi erilaista haastetyyppiä:

- Laskelmissa tarvittavan tiedon keräämisen vaikeuteen liittyvät haasteet
- Laskelmien tarkkuuteen liittyvät haasteet
- Elinkaarilaskentaan liittyvän ammattitaidon puutteeseen liittyvät haasteet
- Elinkaarilaskennan konseptin ja sen hyötyjen tunnettuuteen liittyvät haasteet
- Mitattavien tuotteiden ominaisuuksiin liittyvät haasteet
- Elinkaarilaskennan käytäntöjen ongelmiin liittyvät haasteet

Kaikkein eniten erillisiä haasteita sisältyi neljänteen, elinkaarilaskennan konseptin ja sen hyötyjen tunnettuutta käsittelevään tyyppiin. Kahteen ensimmäiseen tyyppiin sisältyi viisi haastetta, kolmanteen neljä, ja kahteen viimeiseen ainoastaan kolme. Erilaisia elinkaarilaskennalla saavutettavia potentiaalisia hyötyjä esiteltiin monipuolisesti myös tässä työssä, mutta vaikuttaa kuitenkin siltä, että näiden hyötyjen, sekä koko

laskentamenetelmän tuntemattomuus, on merkittävä elinkaarilaskennan suosiota jarruttava haaste. Haasteista selvisi erityisesti, että elinkaarilaskennan soveltajat yrityksissä pitivät yrityksen muun henkilöstön tietämättömyyttä elinkaarilaskennasta haasteellisena. Vaikuttaa siis siltä, että elinkaarilaskennan soveltajien tulisi pyrkiä esittelemään elinkaarilaskennan hyötyjä organisaatioiden sisällä, jotta myös yrityksen muut toiminnot voisivat hyötyä elinkaariajattelusta. Tiedon keräämiseen liittyvät haasteet olivat merkittäviä, mutta voidaan kuitenkin ajatella, että laskelmissa tarvittavan tiedon kerääminen on sitä vaikeampaa, mitä tarkempia tuloksia laskelmista odotetaan. Lisäksi tehokkaat ja monipuoliset kustannustietojärjestelmät ja –käytännöt helpottavat elinkaarilaskennassa tarvittavien tietojen keräämistä. Laskelmien tarkkuuteen liittyvät haasteet selittyvät epävarmuuden olemassaololla tulevan tiedon arvioimiseen pyrkivissä laskelmissa. Epävarmuutta voidaan vähentää tarkempia lähtötietoja käyttämällä, mutta sen osuus voidaan myös ottaa huomioon laskelmien tuloksissa käyttämällä herkkyyksianalyysin kaltaisia työkaluja. Mitattavien tuotteiden ominaisuuksiin liittyviä haasteita on vaikeaa yleistää koskemaan useimpia elinkaarilaskennan soveltajia. Tyyppiin sisältyvä pitkien elinkaarien laskentaa hankaloittava vaikutus, on kuitenkin epävarmuutta käsittelevien teoriakirjoitusten perusteella itsestään selvä ongelma, jolta ei voi välttyä. Ammattitaidon puutteeseen liittyvät haasteet, sekä elinkaarilaskennan käytäntöjen ongelmiin liittyvät haasteet, korostavat elinkaarilaskennan ajoittaista monimutkaisuutta. Kuitenkin joitakin sovellettavia elinkaarilaskentamenetelmiä pidettiin lähdekirjallisuudessa hyvin yksinkertaisina. Myös yhtenäisten käytäntöjen puutetta pidettiin haasteellisena, joten elinkaarilaskennan tutkijoiden ja soveltajien tulisikin pyrkiä vakiinnuttamaan yksinkertainen perusmenetelmä elinkaarilaskennan suorittamiselle.

Moninaisten teoriakirjoitusten tutkimisen jälkeen, erityisesti yhtenäisyyden puutteen haasteellisuuteen on helppo yhtyä. Erilaisia elinkaarilaskentaa kuvaavia termejä havaittiin käytettävän ristiriitaisesti ja epäjohdonmukaisesti eri kirjoitusten yhteydessä, joka teki aiheen tutkimisesta ajoittain vaikeaa. Jos alan menetelmät ja termit saataisiin vakiinnutettua, voitaisiin olettaa mahdollisten soveltajien saavan nykyistä helpommin oikeellinen kuva elinkaarilaskennasta ja sen hyödyistä. Koska myös empiiristen todisteiden puute varsinaisista elinkaarilaskennan hyödyistä mainittiin yhtenä haasteena, voitaisiin jatkotutkimuksena tehdä empiiristä tutkimusta soveltamisella saavutetuista konkreettisista hyödyistä erilaisissa yrityksissä. Koska tarkkojen kus-

tannustietojen voidaan olettaa olevan arkaluontoisia, pitäisi myös löytää hyvä tapa kuvata näitä konkreettisia hyötyjä, jotta saadut tulokset voitaisiin julkaista kaikkien tarkasteltaviksi.

Tämän tutkimuksen tuloksena löydetyt haasteet ovat harkinnan mukaan sovellettavissa myös muihin kuin teollisuusyrityksiin. Useimmat löydetyistä haasteista ovat yleisluontoisia, ja niiden voidaan olettaa koskevan soveltajia useimmilla soveltamisaloilla. Teollisuusyritysten näkökulma valittiin työhön erityisesti elinkaarilaskennan matalan suosion takia kyseisellä alalla. Tutkimustuloksista ei kuitenkaan voida tehdä suoria johtopäätöksiä siitä, selittävätkö löydetyt haasteet laskentamenetelmän matalaa suosiota teollisuusyrityksissä. Tästä syystä, tätä kysymystä ei myöskään sisällytetty työn tutkimusongelmiin. Elinkaarilaskenta on suosittu laskentatapa rakennus- alalla, jonka voidaan kuitenkin olettaa eroavan valmistavasta teollisuudesta niin paljon, etteivät näiden alojen mahdolliset hyödyt ja haasteet ole suoraan vertailtavissa. Yhtenä mahdollisena jatkotutkimuksena voitaisiinkin vertailla elinkaarilaskennan soveltamisen hyötyjä ja haasteita teollisuusyritysten sekä rakennusyritysten näkökulmista.

Yhteenvetona voidaan todeta, että työn tutkimusongelmiin saatiin vastauksiksi monia erilaisia elinkaarilaskennan haasteita. Näiden haasteiden perusteella ei kuitenkaan voida tehdä suoria johtopäätöksiä elinkaarilaskennan matalasta suosiosta teollisuusyrityksissä. Jatkotutkimuksina voitaisiin esimerkiksi vertailla elinkaarilaskentaa korkean suosion rakennus- alalla, ja matalan suosion teollisuus- alalla, sekä tehdä empiiristä tutkimusta elinkaarilaskennan hyödyistä teollisuudessa.

LÄHDELUETTELO

Ahmed, N. U. (1995) A design and implementation model for life cycle cost management system. *Information & Management* 28, 4, 261-269.

Asiedu Y. & Gu, P. (1998) Product life cycle cost analysis: state of the art review. *International Journal of Production Research* 36, 4, 883-908.

Barringer, H & Weber, D. (1996) Life cycle cost tutorial. Fifth International Conference on Process Plant Reliability, October 2-4, Houston, TX.

Christensen, P. N., Sparks, G. A. & Kostuk, K. J. (2005) A method-based survey of life cycle costing literature pertinent to infrastructure design and renewal. *Canadian Journal of Civil Engineering* 32, 1, 250-259.

Dahlen, P. & Bolmsjö, G. S. (1996) Life cycle cost analysis of the labor factor. *International Journal of Production Economics* 46-47, 459-467.

Dunk, A. S. (2004) Product life cycle cost analysis: the impact of customer profiling, competitive advantage, and quality of IS information. *Management Accounting Research* 15, 4, 401-14.

Ellram, L. M. (1995) Total cost of ownership – An analysis approach for purchasing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 25, 8, 4-23.

Elmakis, D. & Lisnianski, A. (2006) Life cycle cost analysis: Actual problem in industrial management. *Journal of Business Economics and Management* 7, 1, 5-8.

Emblemsvåg, J. & Bras, B. (1998) ISO 14000 and Activity-Based Life-Cycle Assessment in Environmentally Conscious Design and Manufacturing: a Comparison. ASME Design Engineering Technical Conferences, September 14-17, Atlanta, Georgia.

Emblemsvåg, J. (2001) Activity-based life-cycle costing. *Managerial Auditing Journal* 16, 1, 17-27.

Eskola, J. & Suoranta, J. (2008) Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Jyväskylä: Gummerus.

Goh, Y. M., Newnes, L. B., Mileham, A. R., McMahon C. A. & Saravi, M. E. (2010) Uncertainty in Through-Life Costing—Review and Perspectives. *IEEE Transactions on Engineering Management* 57, 4. 689-701.

Hyvönen, T. (2003) Management accounting and information systems: ERP versus BoB. *European Accounting Review* 12, 1, 155-73.

Korpi, E. & Ala-Risku, T. (2008) Life cycle costing: a review of published case studies. *Managerial Auditing Journal* 23, 3, 240-261.

Lindholm, A & Suomala, P. (2005) Present and Future of Life Cycle Costing: Reflections from Finnish Companies. *Liiketaloudellinen aikakauskirja* 2005 2, 282-292.

Lott, J. (1967) Reliability Predictions and System Support Cost. *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems* 16, 3, 126-133

Maccarrone, P. (1998) Activity-based management. *European Journal of Innovation Management* 1, 3, 148-156.

Markeset, T. & Kumar, U. (2001) R&M and Risk-Analysis Tools in Product Design, to Reduce Life-Cycle Cost and Improve Attractiveness. *Annual Reliability and Maintainability Symposium*, Jan 22-25, Philadelphia: USA, 116-122

Perera, O., Morton, B. & Perfremont, T. (2009) Life Cycle Costing in Sustainable Public Procurement: A Question of Value. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.

Pintelon, L., Du Preez, N. & Van Puyvelde, F. (1999) Information technology: opportunities for maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 5, 1, 9-24.

Senthil Kumaran, D., Ong, S. K., Tan, R. B. H. & Nee, A. Y. C. (2001) Environmental life cycle cost analysis of products. *Environmental Management and Health* 12, 3, 260-276.

Settanni, E. & Emblemståg, J. (2010) Applying a non-deterministic conceptual life cycle costing model to manufacturing processes. *Journal of Modelling in Management* 5, 3, 220-262.

Shields, M. D. & Young, S. M. (1991) Managing product life cycle costs: an organizational model. *Cost Management Autumn*, 39-52.

Taylor, W. B. (1981) The Use of Life Cycle Costing in Acquiring Physical Assets. *Long Range Planning* 14, 6, 32–43.

Tilastokeskus (2008) Toimialaluokitus 2008 - C Teollisuus. [verkkodokumentti]. [Vii-tattu 19.4.2011]. Saatavilla <http://www.stat.fi/meta/luokitukset/toimiala/001-2008/c.html>.

Val, D. V. & Stewart, M. G. (2003) Life-cycle cost analysis of reinforced concrete structures in marine environments. *Structural Safety* 25, 4, 343-362.

van Noordwijk, J. M. (2003) Explicit formulas for the variance of discounted life-cycle cost. *Reliability Engineering and System Safety* 80, 2, 185-195.

White, G.E. & Ostwald, P.F. (1976) Life cycle costing. *Management Accounting* 57, 7, 39-42.

Woodward, D. (1997) Life cycle costing—Theory, information acquisition and applica-tion. *International Journal of Project Management* 15, 6, 335-344.

Wouters, M., J. C. Anderson & F. Wynstra (2005) The adoption of total cost of own-ership for sourcing decisions – a structural equations analysis. *Accounting, Organiza-tions and Society* 30, 2, 167–191.

Artikkeli	Vuosi	Haasteet
Wouters et al.	2005	Elinkaarilaskennassa tarvittavaa monipuolista tietoa on vaikea yhdistellä ymmärrettävällä tavalla
Lindholm & Suomala	2005	Elinkaarilaskennan konseptin tuntemattomuus
		Epävarmuus elinkaarilaskennan eduista
		Elinkaarilaskentaa ei pidetä tärkeänä
		Riittävän ja luotettavan datan puute
		Yhtenäisten käytäntöjen puute
		Vaikeuksia joidenkin kustannuselementtien(cost factors) määrittelyssä
		Vaikeuksia arvioida muutosten vaikutuksia tuotteiden toimintaan
		Epävarmuuden olemassaolo
		Tuotteiden pitkät elinkaaret tekevät elinkaarilaskennasta vaikeaa
		Avainkonsepteja ja toimintamalleja pidetään usein epäjohdonmukaisina
Elmakis & Lisnianski	2006	Tarpeeksi asiantuntevan työvoiman riittävyys yritysten sisällä. Onnistunut elinkaarilaskenta vaatii hyvin monialaisen tiimin, jonka järjestämiseen monien yritysten resurssit eivät riitä
		Yrityksen ylimmän johdon riittävän positiivinen suhtautuminen tuotteiden toimintavarmuuden varmistamiseen. Elinkaarikustannuksen mittauksella ja tuotteiden toimintavarmuudesta riippuvien ylläpitokustannusten tuntemisella on niin suuri yhteys, että onnistunut elinkaarilaskenta edellyttää johdon myönteistä suhtautumista toimintavarmuuteen
Maccarrone	1998	Datan huono mitattavuus: Tämä haaste koskee sekä suunnitteluvaihetta (tärkein vaihe, sillä tässä vaiheessa elinkaarikustannusten käyrää käytetään vertailtaessa eri suunnitteluvaihtoehtojen vaikutuksia kokonaiskustannuksiin) että tarkkailuvaihetta, jossa budjetoituja elinkaarikustannuksia verrataan toteutuneisiin, varianssin tarkastelun ja oppimisen takia
		Elinkaarilaskennan toteuttamiseen kuluva aika. Oikein toteutettuna elinkaarilaskenta vaatii valtavasti aikaa, mikä saattaa haitata erityisesti ympäristöissä joissa aikaan perustuva kilpailu yritysten välillä on tavanomaista

Barringer & Weber	1996	Elinkaarilaskenta ei ole tarkkaa tiedettä. Tämän johdosta kaikki saavat laskelmista erilaisia vastauksia. Ei ole oikeita ja vääriä vastauksia, on vain kohtuullisia ja kohtuuttomia
		Oikeita elinkaarilaskennan asiantuntijoita ei ole olemassa, sillä subjektit ovat liian laajoja ja syvällisiä
		Elinkaarilaskennan tulokset ovat ainoastaan arvioita jotka eivät voi ikinä olla tarkempia kuin syötetyt tiedot ja arvioihin käytetyt intervallit. Tämä koskee erityisesti kustannus-riski analyysija
		Elinkaarilaskenta-arvioista puuttuu tarkkuutta. Tarkkuuden virheitä on vaikea arvioida, koska tilastollisilla menetelmillä saadut varianssit ovat usein suuria
		Elinkaarilaskentamallit toimivat rajoitetuilla kustannustietokannoilla ja operointi- ja tukialueilta kerättävä tieto on kallista, sekä vaikeaa hankkia
		Elinkaarilaskentamallit täytyy kalibroida, jotta niistä saadaan paljon hyötyä
		Elinkaarilaskentamallit vaativat volyymeittain dataa, ja usein vain muutamia hippusellisia dataa on olemassa. Lisäksi suurin osa saatavilla olevasta tiedosta on epäluotettavaa
		Suurin osa elinkaarilaskennan vaatimista yksityiskohtaisesta tiedosta vaatii ekstensiivistä ekstrapolointia ja varsinaisten faktojen hankkiminen on vaikeaa
Perera et al.	2009	Hankkijat pelkäävät vaikuttavansa liian tuhlaavaisilta sijoittaessaan korkeamman hankintahinnan tuotteisiin, vaikka tulevat ylläpitokustannukset olisivatkin alemmat. Tämän korjaaminen vaatisi yleistä elinkaarilaskennan ymmärrystä ja arvostusta
		Elinkaarilaskennan käytännön sovelluksista löytyy vähän empiriaan perustuvaa, konkreettista tietoa, sen sijaan käsitteellistä tietoa potentiaalista soveltamisen hyödyistä ja soveltamisen teknisistä ongelmista löytyy paljon. Tämän uskotaan johtuvan tarkkojen kustannustietojen arkaluontoisuudesta
		Monilla hankkijoilla ei ole tarpeeksi elinkaarilaskennan toteuttamiseen, ja tulosten hankintapäätöksiin sisällyttämiseen liittyvää ammattitaitoa