



## **Tuotannon tietojärjestelmän elinkaarikustannukset**

Lasse Kiljunen

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

Haaga-Helian amk-tutkinnot

Amk-opinnäytetyö

2022

## Tiivistelmä

<b>Tekijä(t)</b> Lasse Kiljunen
<b>Tutkinto</b> Tradenomi
<b>Raportin/Opinnäytetyön nimi</b> Tuotannon tietojärjestelmän elinkaarikustannukset
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> 39 + 6
<p>Tuotannon prosessit suoritetaan tarkasti suunniteltuna, ja tukemassa näitä tuotannon prosesseja, on tuotannon alan organisaatioilla käytössä tietojärjestelmiä. Tuotannon tietojärjestelmän hankinta tulee tehdä tarkkaan, jotta järjestelmä saadaan tukemaan tuotantoa halutulla tavalla ja tasolla. Opinnäytetyössä käsitellään tuotannon tietojärjestelmän hankintaa ja kilpailutusta käyttämällä hyödyksi kuvitteellista organisaatiota, jota kutsutaan työssä nimellä Organisaatio X. Työssä esille otettavassa mallitapauksessa Organisaatio X on hankkimassa tuotannon tietojärjestelmää, ja on saanut kolmelta eri palveluntarjoajalta tarjouksen. Organisaation tulee saada valittua tarjouksista oman toimintansa kannalta paras vaihtoehto.</p> <p>Opinnäytetyön tietoperusta koostui yleistasolla tietojärjestelmistä, tuotannon tietojärjestelmistä sekä niiden yleisten käytäntöperiaatteiden toimista. Tietojärjestelmien lisäksi tietoperustassa käsitellään elinkaarikustannuslaskennan perusteita sekä muita elinkaarikustannuslaskentaan liittyviä toimenpiteitä.</p> <p>Tietoperustan pohjalta luotiin taulukkopohjainen työkalu, jota käytettiin hyödyksi kuvaamaan Organisaation X elinkaarikustannusten laskemista sekä tietojärjestelmän ominaisuuksien arviointia. Lopullinen päätös parhaasta tarjouksesta koostui yhdistelmästä elinkaarikustannuksia ja arvioituja tietojärjestelmän ominaisuuksia.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tietopohja tietojärjestelmistä, elinkaarikustannuksista sekä saada luotua erityisesti tuotannon tietojärjestelmän valintaprosessia auttava, yleistason työkalu. Työkalun toiminnan tavoitteena oli määrittää tarjouksista niistä ennalta annettujen tietojen perusteella hinnaltaan sekä toiminnaltaan paras vaihtoehto, samalla havainnollistaen millä perustein kyseinen vaihtoehto valittiin.</p> <p>Työn tuloksena tuotiin esille työssä tuotetun työkalun toimintaa. Toiminnan esittelyssä valittiin kuvitteelliselle organisaatiolle sen saamista tarjouksista sopivin vaihtoehto. Sopivimman vaihtoehdon määrittävään lopulliseen päätökseen otettiin huomioon sekä vaihtoehtojen sisältämät elinkaarikustannukset että itse syötetyt arviot vaihtoehtojen sisältämistä ominaisuuksista ja niiden tasosta.</p>
<b>Asiasanat</b> Elinkaari, Elinkaarikustannukset, LCCA, Tietojärjestelmät, Hankinta

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
1.1	Tausta .....	1
1.2	Käsitteitä .....	3
2	Tuotannon tietojärjestelmä .....	4
2.1	Tietojärjestelmä käsitteenä .....	4
2.2	Tietojärjestelmän elinkaari .....	5
2.3	Tuotannon tietojärjestelmä .....	6
2.4	Tuotannon tietojärjestelmän toimintoja .....	7
3	Elinkaarikustannukset .....	10
3.1	Elinkaarikustannukset käsitteenä .....	10
3.2	Elinkaariajattelu .....	11
3.3	Kokonaiskustannukset .....	11
3.3.1	Hankintakustannukset .....	12
3.3.2	Energiakustannukset .....	13
3.3.3	Käyttö-, ylläpito- ja huoltokustannukset .....	13
3.3.4	Ympäristökustannukset .....	13
3.3.5	Korvauskustannukset .....	14
3.3.6	Muut kustannukset .....	14
3.4	Elinkaarikustannusanalyysi .....	14
3.5	Elinkaarikustannusten laskeminen .....	18
3.5.1	Nykyarvon laskeminen .....	18
3.5.2	Elinkaarikustannusten laskukaavat .....	19
3.5.3	Nettonykyarvo .....	20
3.5.4	Yksittäinen nykyarvo .....	21
3.5.5	Yhtenäinen nykyarvo .....	21
4	Tuotannon tietojärjestelmän elinkaarikustannukset .....	23
4.1	Ongelma ja tavoite .....	23
4.2	Mahdolliset vaihtoehdot .....	23
4.3	Elinkaarikustannukset .....	23
4.4	Diskonttaaminen nykyarvoon .....	24
4.5	Elinkaarikustannusten havainnollistaminen .....	24
4.6	Syötettyjen tietojen epävarmuus .....	24
4.7	Ei rahallisesti mitattavien kustannusten ja hyötyjen vaikutukset .....	25
5	Taulukkotyökalun toiminta ja käyttöohjeet .....	26
6	Tulokset .....	28

6.1	Kustannukset .....	28
6.1.1	Havainnollistaminen .....	30
6.1.2	Elinkaarikustannusten tulokset.....	33
6.1.3	Elinkaarikustannusten nykyarvo.....	33
6.2	Ei-rahallisesti mitattavat hyödyt .....	34
6.3	Lopputulos .....	35
6.4	Pohdintaa.....	35
	Lähteet.....	37
	Liitteet.....	40
	Liite.1. Työkalu (Excel) .....	40

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Tuotannossa syntyvät tuotteet tai palvelut ovat merkittäviä yhteiskunnan toiminnan kannalta. Tuotannon toiminnan takaamiseksi tuotannon eri prosessit suoritetaan tarkasti suunniteltuna, ja tuke-  
massa näitä tuotannon prosesseja on tuotannon alan organisaatioilla käytössä tietojärjestelmiä. Tietojärjestelmiä on olemassa monia erilaisia, joista jokaisella järjestelmällä on oma käyttötarkoi-  
tuksensa.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään käsittelemään tuotannon tietojärjestelmiä. Tuotannon tietojär-  
jestelmät tukevat tuotannon toimintaa eri tavoin. Tuotannon tietojärjestelmän hankinta tulee  
tehdä tarkkaan, jotta järjestelmä saadaan tukemaan tuotantoa halutulla tavalla ja tasolla. Hankin-  
taa tehdessä on hyvä tietää, mihin osa-alueisiin tietojärjestelmän hankinnassa tullaan panosta-  
maan eniten. Tässä opinnäytetyössä tuotettavan sisällön sekä tuotoksen tavoitteena on auttaa or-  
ganisaatiota valitsemaan kolmesta eri tarjousvaihtoehdosta sopivin luomalla organisaation käyt-  
töön tuleva, ennakkotietojen pohjalta kustannuksia sekä muita tekijöitä vertaileva työkalu.

Opinnäytetyössä otetaan esille tuotannon tietojärjestelmän hankintaa ja kilpailutusta käyttämällä  
hyödyksi kuvitteellista organisaatiota, jota kutsutaan työssä nimellä Organisaatio X. Kuvitteelli-  
sessa tapauksessa Organisaatio X on hankkimassa tuotannon tietojärjestelmää, ja on saanut kol-  
melta eri tietojärjestelmien tarjoajalta tarjouksen. Tarjoukset sisältävät tiedot järjestelmien eritel-  
lyistä kustannuksista sekä tietoa järjestelmien sisältämisestä ominaisuuksista. Organisaation tulee  
saada valittua tarjouksista oma toiminta ja hankkeen elinkaaren pituus huomioon ottaen, paras  
vaihtoehto. Oman toiminnan kannalta sopivimman vaihtoehdon valintaan otetaan huomioon tar-  
jousvaihtoehtojen sisältämiä ominaisuuksia. Ominaisuuksille arvioidaan pisteytys asteikolla 1–10,  
pisteytysten perustuen arvioitavan ominaisuuden tasoon suhteessa muihin tarjousvaihtoehtoihin.  
Elinkaaren pituuden kohdalla, lopullisissa kustannuksissa otetaan huomioon pelkän hankinnan ker-  
taluontoisen hinnan lisäksi myös jatkuvat kustannukset koko elinkaaren ajalle. Opinnäytetyössä  
tilannetta sekä lopullisia tuloksia kuvataan kuvitteellisen mallitapauksen avulla, jossa käytettävät  
arvot ovat myös täysin kuvitteellisia esimerkkiarvoja.

Kuvitteellisen tilanteen lisäksi opinnäytetyön tietoperustassa käsitellään tietojärjestelmiä, tuotannon  
tietojärjestelmien yleisiä toimintaperiaatteita sekä toimintaperiaatteisiin pohjautuvia poimintoja, joita  
valitaan käytettäväksi tässä työssä tuotoksena syntyvään työkaluun. Tietojärjestelmien lisäksi opin-  
näytetyössä luodaan perusteet elinkaarikustannusten laskemiseen ja laskemisprosessia edeltäviin  
toimenpiteisiin.

Elinkaarikustannusten laskeminen ja määrittäminen on merkittävä osa opinnäytetyötä. Elinkaari-kustannusten mittaaminen on kaikkein yksinkertaisin ja helposti tulkittavin tapa taloudelliselle arvioinnille (Fuller 2016). Laskemalla elinkaarikustannukset organisaatio pystyy arvioimaan investointihetken lisäksi käyttökustannuksia, jotka saattavat varsinkin energiaa käyttävien laitteiden kohdalla olla suuremmat kuin alkuperäinen hankintahinta. Elinkaarikustannuksista pohjautuvat työkalut on suunniteltu sovellettavaksi esimerkiksi tuotteiden ja tarjousten arviointiin sekä keskinäiseen vertailuun. Työkaluja voidaan käyttää hyödyksi myös tarvekartoituksen sekä hankinnan suunnittelussa, sillä ne auttavat arvioimaan esimerkiksi käyttö- ja investointikustannusten osuuksia. (Motiva. 2018)

Opinnäytetyössä syntyvä tuotos on taulukkopohjainen työkalu (Excel). Työkalun tehtävänä on määrittää tarjouksista niistä ennalta annettujen tietojen perusteella hinnaltaan sekä toiminnaltaan paras vaihtoehto, samalla havainnollistaen millä perusteella kyseinen vaihtoehto valittiin. Käyttäessä tuotosta, syötetään siihen kunkin tarjousvaihtoehdon kustannukset sekä ominaisuuksista tehdyt pisteytykset. Näiden syötettyjen tietojen perusteella määritetään lopullinen, sopivin vaihtoehto sekä havainnollistetaan saatuja tuloksia. Excelistä saatuja tuloksia voidaan havainnollistaa myös SAS Visual Analytics -ohjelmalla, halutuilla ja reaaliajassa päivittyvillä tavoilla. Tämä havainnollistaminen voi tapahtua esimerkiksi porautumalla tiettyyn kustannustyyppiin, mahdollistaen yksityiskohtaisemman vaihtoehtojen välisen tarkastelun, keskittyen samalla vain tiettyihin tekijöihin.

## 1.2 Käsitteitä

### Elinkaari

”Tuotteen tai palvelun vaiheet, mukaan lukien raaka-aineiden hankinta ja tuotteesta syntyvien jätteen loppukäsittely tai palvelun lopettamiseen liittyvät tapahtumat” (Tieteen termipankki 2022).

### LCC

Elinkaarikustannus (life-cycle cost), ”kustannus, joka tuotteesta tai toiminnasta aiheutuu sen elinkaaren aikana” (Rakennetun ympäristön sanasto 2020).

### LCA

Elinkaariarviointi (life-cycle assessment), ”menettely, jossa selvitetään, mitä ympäristövaikutuksia tuotteella tai toiminnalla on koko sen elinkaaren ajan” (Ympäristösanasto TSK 27 1998).

### Diskonnttaus

”Diskonttauksella tarkoitetaan tulevaisuudessa tapahtuvan maksun nykyarvon laskemista. Laskujen rahoituksessa diskonttaus ilmenee siten, että pitkissä laskujen maksuehdoissa rahoituksen hinta on lyhyempiä suurempi.” (Rahoittamo).

## 2 Tuotannon tietojärjestelmä

### 2.1 Tietojärjestelmä käsitteenä

Tietojärjestelmä on laaja käsite, jonka voidaan useimmin katsoa koostuvan yhdistelmästä laitteistoja, ohjelmistoja, dataa, ihmisiä ja prosesseja. Tätä toimivaa kokonaisuutta käytetään hyödyksi datan keruussa, varastoinnissa, organisoinnissa sekä jakelussa organisaation sisällä. (Bourgeois, David T. & Smith, James L. & Wang, S & Mortati, J. 2019)

Tietojärjestelmien toiminta oikeissa käsissä voi edesauttaa organisaation tehokkuutta, virtaviivaistaa sen toimintaa ja maksimoida sen voittoja. Tietojärjestelmiä on monenlaisia. Jokaisella tietojärjestelmän tyypillä on oma tarkoitus, ja ne erikoistuvat eri rooleihin. Erilaisia tietojärjestelmien toimintoja ovat esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmät (ERP), joiden tehtävänä on toimia koko organisaation ja sen sisältävien osastojen kattavana tiedonkulkukanavana, ja asiantuntijajärjestelmät (Expert system), joiden tehtävänä on jäljitellä tekoälyn avulla ihmisen päätöksentekotaitoja. (2U, Inc. 2020)

Tietojärjestelmien yleisimmät tyypit voidaan jakaa kuuteen eri kategoriaan:

1. Tietotyöjärjestelmä (Knowledge work system, KWS). Käytetään takaamaan organisaatiolle ja sen prosesseille jatkuvaa sekä päivitettyä tiedonhakua. KWS tarjoaa myös keinoja ja alustoja uuden tiedon luonnille sekä sen jakamiselle. Esimerkkejä tietotyöjärjestelmään perustuvista sovelluksista ovat suunnitteluprosessin automatisointi ja taloustiedon analysointi uusien teknologioiden avulla. (Emeritus. 2022)
2. Hallinnon tietojärjestelmä (Management information system, MIS). Auttaa aiemmin manuaalisesti tehtyjen prosessien automatisointia. Näitä prosesseja voivat olla esimerkiksi liiketoiminnan suunnitelmien, valintojen sekä suorituskyvyn mittaus. (Emeritus. 2022)
3. Päätöksentukijärjestelmä (Decision support system, DSS). Käytetään apuna päätöksenteossa ja ongelmanratkaisussa, analysoimalla etenkin tulojen, inventaarion sekä myyntilukujen dataa. (Emeritus. 2022)
4. Toimistoautomaatiojärjestelmä (Office automation system, OAS). Järjestelmän avulla automatisoidaan hallinnollisia prosesseja, kuten tiedon tallennusta ja dokumentointia. (Emeritus. 2022)

5. Tapahtumakäsittelyjärjestelmä (Transaction processing system, TPS). Käytetään parantamaan päivittäisten toimintojen sujuvuutta. Päivittäisiä toimintoja ovat esimerkiksi kaikkien organisaatiossa kerättävien tapahtumien lajittelu, muokkaus ja haku. (Emeritus. 2022)
6. Johdon tukijärjestelmä (Executive support system, ESS). Käytetään apuna johtotason päätöksenteossa sekä työnkulun ohjaamisessa. ESS käyttää usein DSS-järjestelmästä saatua dataa viestinnän ja laskennan parantamiseen sekä yleiseen yrityksen toimintojen monitorointiin. (Emeritus. 2022)

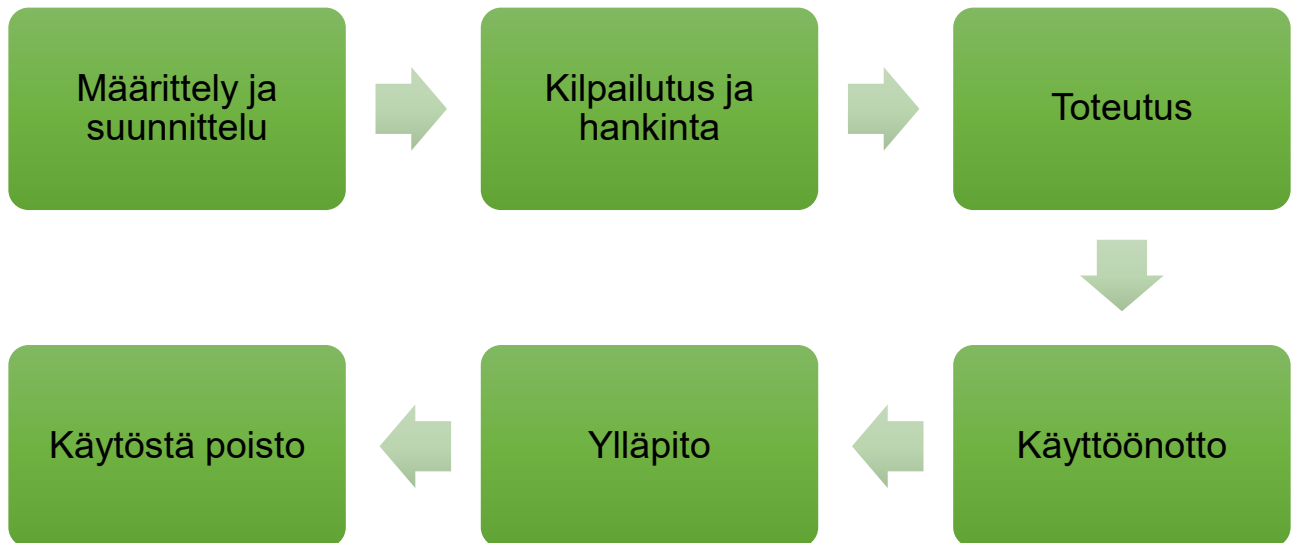
Nämä eivät ole ainoat järjestelmän tyypit mitä on olemassa, mutta useilla organisaatioilla on käytössä näihin kategorioihin lukeutuvia järjestelmiä.

Tietojärjestelmän ja sen tiedon toimintaa tulee suojata tarkasti sekä fyysisiltä, että sähköisesti aiheutuilta uhilta. Turvallisuuden takaaminen alkaa tietojärjestelmän fyysisestä tilasta. Tilan tulee olla rakenteellisesti turvallinen ja kulkua tiloissa voidaan rajoittaa turvallisuusalueiden avulla. Tietojärjestelmällä voi olla käytössä myös sen vaatimusten mukainen olosuhdevalvonta, jonka tarkoituksena on valvoa olosuhteita esimerkiksi vesivahingon, tulipalon, pölyn tai muiden haitallisten tekijöiden varalta. Tietojärjestelmän tietoa voidaan suojata riittävällä tiedon salassapidolla, riittävällä käyttöoikeuksien rajaamisella, henkilöstön riittävällä koulutustasolla sekä varautumalla toiminnan katkoihin esimerkiksi varavoiman ja järjestelmän kahdentamisen avulla. Tietojärjestelmän tai tiedon ollessa palveluntarjoajan ylläpidettävänä (esim. pilvipalvelut), tulee riittävien turvallisuusmenetelmien takaaminen ottaa huomioon myös palveluntarjoajan toimesta. (Tiedonhallintalautakunta. 2020)

## **2.2 Tietojärjestelmän elinkaari**

Tietojärjestelmän elinkaari kattaa kaikki vaiheet järjestelmän tarvekartoituksen ja käytöstä poiston välillä (kuva 1). Tietojärjestelmän hankintavaiheeseen kuuluu tarvekartoituksen lisäksi järjestelmän määrittely, suunnittelu, kilpailutus ja hankinta. Loput tietojärjestelmän elinkaaren vaiheet ovat toteutus, kehitys, käyttöönotto, ylläpito ja käytöstä poisto. (Tiedonhallintalautakunta. 2020)

Kokonaisuudessaan tietojärjestelmän elinkaaren vaiheet ovat siis:



Kuva 1. Tietojärjestelmän elinkaaren päävaiheet (Tiedonhallintalautakunta. 2020)

Tämän työn ohessa keskitytään järjestelmien kilpailuttamiseen. Kilpailuttamisessa on olennaista, että järjestelmäkohtaisiin hankintavaatimuksiin ja tarjouspyyntöihin sisällytetään myös esimerkiksi tietoturvaan koskevat vaatimukset. Kaikkien suunnitteluvaiheessa tehtyjen vaatimusten tulee kohdistua niin hankittavaan tietojärjestelmään kuin kaikille tahoille, jotka ovat osana tietojärjestelmän toteutusta, tarjoamista tai toimitusta. (Tiedonhallintalautakunta. 2020)

Tietojärjestelmän elinkaari on suhteellisen pitkä, arviolta noin 10–15 vuoden pituinen, joten valittaessa uutta järjestelmää, on hankintavaiheessa otettava huomioon muitakin tekijöitä kuin kertaluontoinen hinta. Jatkuvien kustannusten osuus järjestelmän elinkaaren aikaisista kustannuksista kasvaa usein suuremmaksi järjestelmän elinkaaren venyessä pidemmäksi. Ei pidä kuitenkaan olla unohtamatta hinta-laatusuhteen merkitystä, sillä mikäli laadusta säästetään liikaa, saadaan tuloksena vain lisää kustannuksia ja mahdollisesti jopa elinkaaren lyhenemistä. (Visma)

### 2.3 Tuotannon tietojärjestelmä

Tuotannon tietojärjestelmäksi voidaan luokitella järjestelmä, mikä osallistuu jollain tavalla tavaran ja/tai palvelujen seuranta- sekä hallintaprosessiin. Järjestelmä osallistuu usein prosessiin keräämällä laitteistosta ja/tai työntekijöistä tavaran tai palvelun tuotantoprosessille olennaista dataa, jota käytetään hyväksi tiedon raportoinnissa, analytiikassa, ja lopulta laadun sekä tehokkuuden optimoinnissa. Tuotannon tietojärjestelmää voidaan käyttää myös tuotantoprosessien monitoroinnissa ja hallinnassa. Tietojärjestelmä on mahdollista, ja usein räätälöidään osaksi suurempaa

kokonaisuutta, toimimaan muiden tietojärjestelmien, kuten toiminnanohjausjärjestelmän ja toimitusketjun ohella. Organisaatiot tarvitsevat tätä kokonaisuutta tukemaan tuotantolaitoksen toimintaa. (TheSharpener. 2022)

Erialaisten räätälöintien ja käyttötarkoitusten vaihtelun vuoksi tietojärjestelmien toteutukselle on olemassa suuri määrä vaihtoehtoja, ja järjestelmän toteutustapa on aina riippuvainen tietyn organisaation omista tarpeista. Tämän takia tiettyjen järjestelmien vaatimusten perusteella on haastava määrittää jokaisen järjestelmän hankintaan sopivaa mallia, jota pystyttäisiin aina noudattamaan. Tuotannon tietojärjestelmille on kuitenkin monessa tapauksessa otettu käyttöön toiminnanohjausjärjestelmiä (Enterprise resource planning, ERP), toimitusketjun hallinnan (Supply chain management, SCM) järjestelmiä ja itse tuotannon puolen tuotannonohjausjärjestelmiä (Manufacturing execution system, MES). (TheSharpener. 2022)

Tuotannon tietojärjestelmä toimiikin usein kerroksena toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) ja prosessinhallinnan järjestelmän välillä, luomalla näistä päätöksentekoa sekä tuotannon tehokkuutta ja optimointia parantavan kokonaisuuden. Toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) ja tuotannonohjausjärjestelmä (MES) toimivat usein käsi kädessä, ERP-järjestelmän antaessa tiedon tuotettavasta tuotteesta ja MES-järjestelmän integroidessa tämän tiedon tuotannon ympäristöön. Tuotannon tietojärjestelmien käyttö helpottaa erityisesti lääketeollisuuden sekä elintarvike- ja juomateollisuuden toimintaa, sillä näillä aloilla yritysten tarvitsee noudattaa tiukkoja sääntöjä, ja kaiken tiedon täytyy olla jäljitettävissä sekä seurattavissa. (SAP Insight)

## **2.4 Tuotannon tietojärjestelmän toimintoja**

Manufacturing Enterprise Solutions (MESA) julkaisi vuonna 1997 tuotannon tietojärjestelmien toiminnan kannalta olennaisen, 11 ydintoiminnon listaavan mallin nimeltä MESA-11. Mallissa listattavia ydintoimintoja käytetään vieläkin yleisesti parantamaan tuotannon tehokkuutta. Nämä 11 ydintoimintoa ovat:

1. Toimintojen hallinta
2. Tuotantoyksikköjen ilmoitukset
3. Tuotannon seuranta ja alkuperätiedot
4. Työvoiman hallinta
5. Laadunhallinta
6. Kunnossapidon hallinta
7. Datat kerääminen
8. Prosessinhallinta
9. Tulostulosanalyysi

10. Asiakirjahallinta

11. Resurssien jakaminen ja tila

(Epicor Software Corporation. 2022)

Ydintoimintoja hyödyntämällä voidaan jakaa tuotannon tietojärjestelmien toimintaa myös viiteen laajempaan toiminnan kategoriaan: tuotannon toiminnot, laatu, henkilöstöresurssit, datan keruu sekä järjestelmän integraatiot (kuva 2). Opinnäytetyössä tuotoksena syntyvässä työkalussa hyödynnetään edellä mainittua viittä kategoriaa pohjana tietojärjestelmän ominaisuuksien arvioinnille. Yksittäiset arvioitavat ominaisuudet koostuvat poiminnoista, jotka tehdään sekä näiden kategorioiden, että tuotannon toiminnan kannalta olennaisten ydintoimintojen pohjalta. (Lustgarten, S. 2020)



#### Tuotannon toiminnot

- Muutostenhallinta
- Konfigurointi
- Tuotannon osien seuranta ja saatavuus
- Työohjeet
- Prosessienhallinta
- Tuotannon valvonta
- Resurssien hallinta
- Materiaali- ja tuotantologiikka
- Koneohjelmien suorittaminen



#### Laatu

- Tarkastuslaitteiden hallinta
- Tilastollinen järjestelmänvalvonta
- Tuotteen konfiguroinnin validointi
- Validointi
- Vaatimusmukaisuuden hallinta
- Prosessitietojen käsittely



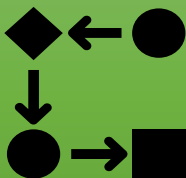
#### Henkilöstöresurssit

- Henkilöstöturvallisuus
- Kulunvalvonta
- Työajan kirjaaminen
- Henkilöstön pätevyudet



#### Datan keruu

- Tuotantotietojen hankinta
- Konetietojen kerääminen
- Tiedonkeruu prosessin aikana
- Tiedon eheys
- Tiedon salassapito
- Varmuuskopiointi



#### Järjestelmän integraatiot

- Datan varastointi
- Toimitus
- Käyttöönotto
- Pilvipalvelut
- Järjestelmän kahdentaminen ja varavoima
- Takuu
- Tietoturva
- Huolto
- Lisenssit
- Tukipalvelut

Kuva 2. Tuotannon tietojärjestelmän toiminnan kategoriat opinnäytetyössä (Lustgarten, S. 2020)

### 3 Elinkaarikustannukset

#### 3.1 Elinkaarikustannukset käsitteenä

Elinkaarikustannuksilla (Life-cycle cost/costing, LCC) tarkoitetaan kaikkia tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana syntyviä kustannuksia. Elinkaaren alussa nämä kustannukset sisältävät tuotteen tai palvelun ensisijaisen ostohinnan lisäksi myös mahdollisesti muita hankintaan liittyvät kuluja, kuten toimitus-, asennus-, ja vakuutusmaksut. Näiden kustannustekijöiden lisäksi tuotteella tai palvelulla tulee olemaan käyttöön ja ylläpitoon liittyviä kustannuksia, kuten varaosien tarve, muut huoltotarpeet, ulkoiset ympäristökulut sekä vesi-, energia-, ja polttoainekulut. Elinkaaren lopussa otetaan elinkaarikustannuksiin huomioon vielä kulut, jotka syntyvät tuotteen tai palvelun käytöstä poistamisesta ja hävittämisestä. (Euroopan Unioni 2016, luku 5.3.)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/24/EU mukaan on määritelty direktiivin artiklassa 68 elinkaarikustannuksien sisältöä sekä säännöstöä. Elinkaarikustannusten sisällöksi on listattu hankinta-, käyttö-, ja huoltokustannuksia, elinkaaren lopun kustannuksia sekä ympäristövaikutuksista aiheutuvia kustannuksia, mikäli ne ovat rahallisesti mitattavia. Säännöt keskittyvät pääosin tuomaan puolueettomuutta sekä arvioitavien tarjouksien toimittajille, että menetelmille, joita elinkaarikustannusten arvioinnissa käytetään. Nämä puolueettomuuteen perustuvat säännöt eritellen kuitenkin tulevan voimaan vain tilanteissa, joissa arvioidaan ulkoisista ympäristötekijöistä aiheutuvia kustannuksia, kuten kasvihuonekaasupäästöjä tai muita epäpuhtauspäästöjä. Artiklassa tuodaan esille tilanne, jossa lainsäätämisyjärjestyksessä hyväksyttävällä unionin säädöksellä on tuotu jokin tietty elinkaarikustannusten laskemistapa pakolliseksi. Tässä tilanteessa elinkaarikustannuksien laskemisessa olisi ainakin jokin yhteinen menetelmä, jota esimerkiksi kaikkien tietyn alan toimijoiden tulisi hyödyntää elinkaarikustannuslaskennassa. Elinkaaren aikana huomioon otettavat kustannukset, joita artiklassa listataan, ovat puolestaan hyvin vapaamuotoisia ja suppeita. Ymmärrettävästi, kustannusten ollessa liian yksityiskohtaisia tai ennalta määritettyjä, kustannuksien laskemisen hyödyt vaihtelisivat toimialakohtaisesti. (Direktiivi 2014/24/EU. 2022)

Direktiivin 2014/24/EU mukaiset elinkaarikustannuksen säädännöt ovat suurimmassa osassa tapauksia hyvin ehdottelevia ja suuntaa antavia, joten elinkaarikustannusten vertailuun käytettävillä työkaluilla ei ole tarkkoja sisällöllisiä kriteereitä, joita työkalun tulisi sisältää. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö alakohtaiseen elinkaarikustannuslaskuun löytyisi saatavilla olevia malliratkaisuja.

Vertaillessa järjestelmien tai laitoksien eri tarjous- tai toteuttamisvaihtoehtojen elinkaarikustannuksia, vaihtoehtojen käyttötarkoitus tulee olla sama, jotta kustannusten vertailu onnistuu. Tämä tarkoittaa sitä, että myös ympäristön, taloudellisten oletusten sekä vaatimustason tulee olla vastaavanlainen vertailtavien kohteiden välillä. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Elinkaarikustannusten tärkeimmät osat ovat omistamisen, käytön ja ylläpidon kustannukset sekä lopulta järjestelmän hävittäminen. Laskettaessa järjestelmän elinkaarikustannuksia, tulevat kustannukset muutetaan usein vertailtavaan muotoon muiden kustannusten kanssa diskonttaamalla ne nykyarvoon. Elinkaarikustannukset toimivat pohjana taloudelliselle analyysille, jota kutsutaan elinkaarikustannusanalyysiksi. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

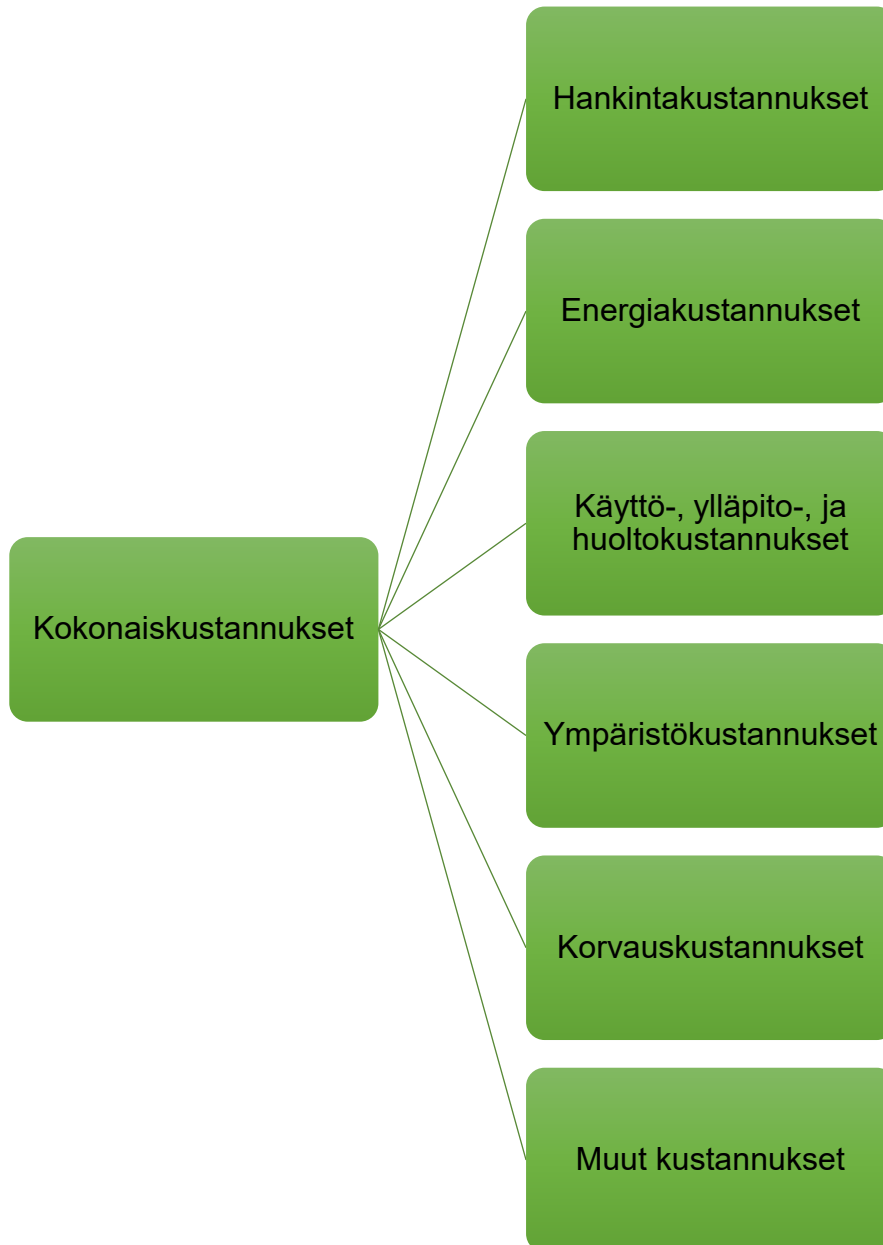
### **3.2 Elinkaariajattelu**

Elinkaariajattelulla tarkoitetaan ajattelutapaa, jossa kokonaiskustannuksiin lasketaan mukaan ympäristökustannukset. Ajattelutavan mukaan ympäristökustannukset tulee laskea sekä tuotteen tai palvelun valmistusprosessista sekä niin sanotuista epäsuorista kustannuksista, jotka syntyvät valmistusprosessin ulkopuolella tapahtuvista vaiheista. Nämä vaiheet voivat tapahtua joko ennen valmistusprosessia tai sen jälkeen. (Koskela, S. 2014)

### **3.3 Kokonaiskustannukset**

Kokonaiskustannuksilla, toisinaan myös elinkaarikustannuksiksi kutsuttuna, tarkoitetaan kaikkien muuttuvien ja kiinteiden kustannusten summaa. Kokonaiskustannuksiin lukeutuvat siis kaikki organisaation taloudellisten toimintojen suorittamiseen tarvittavat kulut. Kuluihin otetaan huomioon kaikki elinkaaren aikana tapahtuvat kustannusten muutokset, olivat ne sitten nousevia vai laskevia. Laskemalla kokonaiskustannuksia pysytään perillä yrityksen tuotoista. Tämän työn yhteydessä kokonaiskustannukset koostuvat yhden tarjousvaihtoehdon sisältämistä kustannuksista. (Economy-Pedia)

Opinnäytetyössä syntyvän työkalun selkeyttämisen sekä yleisesti kustannusten jaottelun selkeyden vuoksi on kustannukset hyvä jakaa heti niiden arviointiprosessin alkuvaiheessa kertakustannuksiin ja jatkuviin kustannuksiin. Kertaluontoisiin kustannuksiin lukeutuvat kaikki kertaluontoiset sekä epätasaisin väliajoin tapahtuvat kustannukset. Jatkuvat kustannukset koostuvat kaikista tasaisin väliajoin tapahtuvista kustannuksista, jotka jatkuvat joko samanhintaisena kustannuksena tai arvioitavissa olevan muutoksen omaavana kustannuksena. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)



Kuva 3. Kustannusten jaottelu yleisiin kustannusluokkiin

Kokonaiskustannukset (kuva 3) on tämän työn ohessa jaettu kuuteen tärkeimpään kustannusluokkaan, jotka kukin sisältävät mahdollisesti useita yksittäisiä kustannuksia. Nämä kuusi luokkaa ovat seuraavat.

### 3.3.1 Hankintakustannukset

Elinkaarikustannusten ensimmäisessä vaiheessa määritetään kaikki hankintakustannukset. Hankintakustannuksiin lasketaan kaikki kustannukset, jotka ovat kertaluontoisia, ja maksut tapahtuvat usein ennen minkään tavaran tai palvelun toimitusta tai käyttöä. Tähän lukeutuvat ensisijainen järjestelmän ostohinta sekä uuden laitteiston hinta. Hankintakustannukset otetaan

elinkaarikustannusanalyysiin suoraan mukaan muuttumattomana (Mearig, T. & Morris, L. & Morgan, M. 2018). Hankintakustannuksiin lukeutuvat myös kaikki suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät kustannukset (Fuller 2016) sekä mahdollisten valmistelujen ja tiedostojen käyttökustannukset. (Spickova, M & Myskova, R. 2015)

### **3.3.2 Energiakustannukset**

Energiakustannuksiin lasketaan sähkön, muun energialähteen, veden ja jätteidenpoistosta aiheutuvat jatkuvat kustannukset. Kustannukset lasketaan joko kuukausi- tai vuositasolla. Opinnäytetyössä syntyvässä työkalussa on mahdollista lisätä muita energiakustannuksia energiakustannuskategorian alle. Energian käytöstä aiheutuvat kustannukset määrittyvät käytettävän energian tyyppin, käyttötarkoituksen, tarvittavan määrän, vuodenajan sekä mahdollisesti monien muiden tekijöiden, kuten saatavuuden pohjalta. Arviot energian kustannuksille voivat pohjautuvat esimerkiksi energiaa arvioiviin laskentakaavoihin tai muihin teknisiin tietoihin. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

### **3.3.3 Käyttö-, ylläpito- ja huoltokustannukset**

Käyttö-, ylläpito- ja huoltokustannukset liitetään useimmissa tapauksissa samaan luokkaan. Näitä kustannuksia on yleisesti vaikea arvioida etukäteen, sillä käytön ja ylläpidon aikataulut sekä yleiset toimintaperiaatteet voivat aiheuttaa kustannusten runsasta vaihtelua jopa samanlaisten olosuhteiden omaavien laitosten välillä. Käyttökustannuksiin kuuluvat erilaisten tilattavien palveluiden maksut ja vakuutusmaksut. Ylläpitoon lukeutuvat yleiset tarkastukset ja takuutarkastukset. Huoltokustannuksiin kuuluvat joko ennalta määritetyt tai satunnaiset huoltotoihin liittyvät kustannukset. (Spickova, M & Myskova, R. 2015)

Palvelukustannuksiin kuuluvat kaikki ulkoiset ja maksulliset palvelut. Työkalussa palvelukustannukset voivat koostua erilaisista maksullisista lisensseistä, pakettimuotoisista palveluista tai yksinkertaisesti muu palvelu -muotoisista kustannuksista. Suojauskustannuksiin sisältyvät kaikki tietoturvaan sekä fyysisiin suojaustoimenpiteisiin liittyvät kustannukset. Työvoimaan voi kuulua joko organisaation oman henkilöstön tai ulkoisen työvoiman kustannukset. Asennuskustannukset sekä käynnistyskustannukset voivat olla kertaluontoisia uuden järjestelmän asennuksen yhteydessä, jolloin kustannukset sisältyisivät ensisijaiseen hankinnan hintaan. Asennuskustannukset voivat olla myös satunnaisin väliajoin tulevia kertamaksuja, minkä takia kustannukset voivat liittyä myös ylläpitoon tai huoltoon liittyviin toimenpiteisiin. (Lustgarten, S. 2020)

### **3.3.4 Ympäristökustannukset**

Ympäristökustannuksiin kuuluvat kaikki järjestelmän elinkaaren aikana ilmestyvät, ympäristövaikutuksista johtuvat kustannukset. Ympäristökustannuksia voivat olla jätteenpoiston ja jätteen

muodostumisen estämisestä johtuvat kustannukset, ympäristön suojelusta aiheutuvat kustannukset ja ilman sekä ilmaston saastumiselta suojaamisesta aiheutuvat kustannukset. (Terna S.p.A)

### **3.3.5 Korvauskustannukset**

Korvauskustannukset koostuvat vanhojen komponenttien, laitteiden tai rakennusjärjestelmien korvaustarpeesta, hyödykkeen tullessa elinkaarensa päähän. Korvauskustannuksiin kuuluvat myös tuotteen tai palvelun käytöstä poistamisesta aiheutuvat kustannukset. Korvauskustannuksiin on tämän työn ohessa sisällytetty myös jäännösarvon ja jälleenmyynnin kustannukset. Jäännösarvo koostuu elinkaarikustannusanalyysiin perustuvan koeajan loppuessa syntyvistä tuotoista, ja jälleenmyynti voi koostua esimerkiksi vanhan laitteiston tai laiteympäristön kierrätyksestä aiheutuvista tuotoista tai kuluista. Tietojärjestelmien kohdalla näiden kustannusten arviointiin voidaan käyttää hyödyksi arvioita tai tapahtuneita kustannuksia koskien ensisijaista järjestelmän laitteistoa tai muita järjestelmän osia. Korvauksen kustannusta voitaisiin arvioida esimerkiksi laskemalla korvauksen ajankohdalla elinkaareissa jäljellä olevien vuosien määrä ja kertomalla sen suhteen koko elinkaareen ensisijaisella järjestelmän hankinnan hinnalla (esim.  $5/10 \cdot \text{hankintahinta}$ ). (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

### **3.3.6 Muut kustannukset**

Muita kustannuksia ovat hyödyt tai kulut, jotka eivät lukeudu suoraan muihin luokkiin, tai niitä ei pystytä mittaamaan rahallisessa muodossa. Rahallisessa muodossa mittaamattomat kustannukset on kuitenkin saatava mukaan kustannusten laskuun ja näkyville jollain numeerisella asteikolla tai muulla visuaalisella tavalla. Työkalussa näitä tekijöitä arvioidaan asteikolla 1–10 tehtävällä pisteytyksellä, ja havainnollistetaan visuaalisesti muiden, rahallisesti mitattavien kustannusten yhteydessä. Pisteytys suhteutetaan työkalussa lopulta kustannuksien kanssa luomaan lopullisen tuloksen parhaasta vaihtoehdosta.

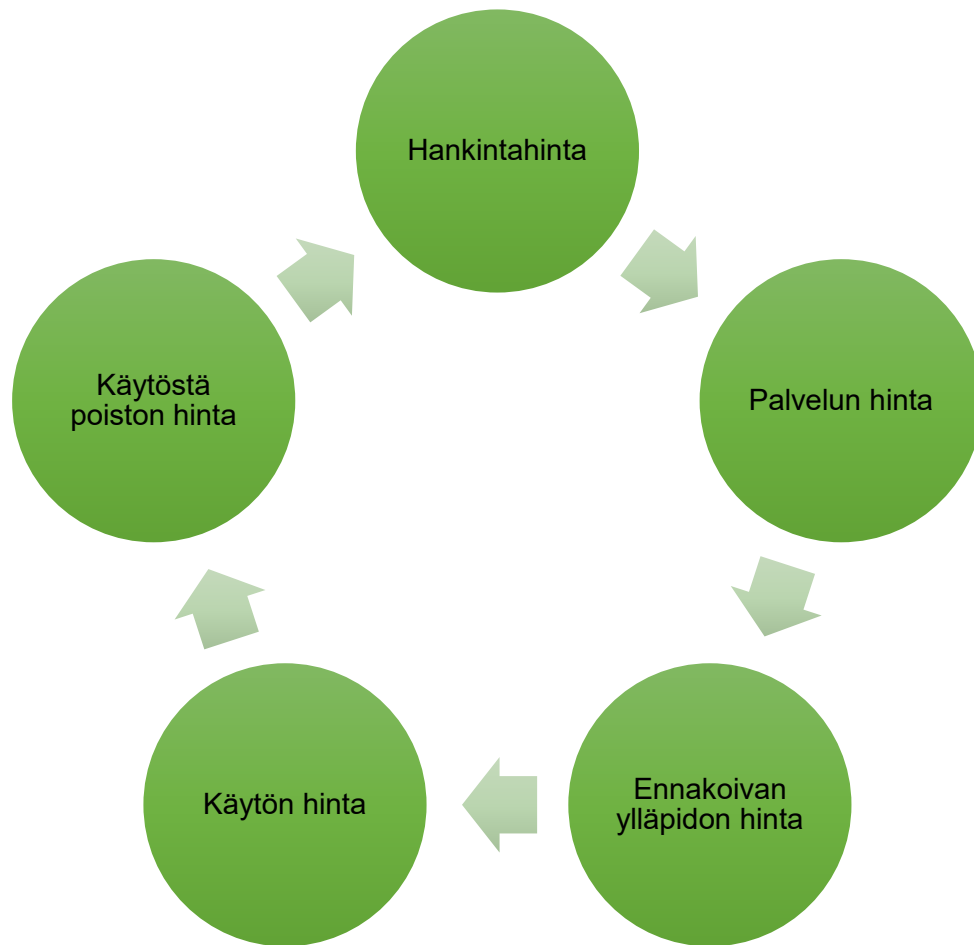
Muut kustannukset -kategoriaan kuuluvat työkalussa myös kaikki kustannukset, jotka ovat niin erityisiä tai yksityiskohtaisia etteivät ne lukeudu mihinkään muuhun, suurempaan kustannuskategoriaan. Tämänlaiset ylimääräiset kategoriat auttavat tuomaan kaikkien tarjousvaihtoehtojen kustannukset laskettavaksi saman työkalun alle.

## **3.4 Elinkaarikustannusanalyysi**

Elinkaarikustannusten analysoinnissa käytetään menetelmää nimeltä elinkaarikustannusanalyysi (Life-Cycle Cost Analysis, LCCA). LCCA toimii osana elinkaarikustannusten laskentaa, ja auttaa antamaan hankkeelle paremman arvion pidemmän aikavälin aikaisista kustannuksista. Menetelmän käyttö mahdollistaa projektin koko elinkaaren aikaisten kustannusten arviointia sekä vertailua.

Menetelmä on hyödyllinen erityisesti vertaillaessa keskenään saman suorituskyvyn omaavien vaihtoehtojen kustannuksia. (Fuller 2016)

Analyysin teko auttaa arvioimaan kustannusten lisäksi suurempaa kokonaisuutta, jossa on otettu pelkkien kustannusten lisäksi huomioon myös vaatimukset järjestelmän laadun sekä yleisen toimivuuden kannalta. Analyysi tulee suorittaa jo heti hankkeen suunnitteluvaiheessa, jotta sen vaikutukset ehditään nähdä elinkaarikustannuksissa. (CFI Team 2022a)



Kuva 4. Malli elinkaarikustannusanalyysin mukaisista kustannusten kiertokulusta (CFI Team, 2022a)

Elinkaarikustannusanalyysissä otetaan huomioon kaikki tuotteen tai palvelun elinkaaren aikaiset kustannukset, mukaan lukien ensisijaisen hankinnan, palvelujen, ennakoivan ylläpidon, käytön sekä käytöstä poiston kustannukset. (Kuva 4)

Elinkaarikustannusanalyysin tehtävänä on ottaa järjestelmän hankinnassa huomioon pelkkien kustannusten suuruuden lisäksi myös käyttötarkoitus. Järjestelmän eri vaihtoehtojen tulee täyttää tietyt, ennalta määritetyt vaatimukset esimerkiksi suorituskyvyn, turvallisuuden ja luotettavuuden osilta. Analyysin käyttö auttaa löytämään alhaisimpien kustannusten lisäksi paremman arvion

pidemmän aikavälin kustannustehokkuudelle, ottaen huomioon myös kyseisen aikavälin pituuden. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Elinkaarikustannusanalyysissä on kymmenen yleistä päävaihetta, joita tulee seurata. Nämä vaiheet ovat seuraavanlaiset:

1. Määrittele ongelma ja aseta tavoite
2. Tunnista mahdolliset vaihtoehdot
3. Määritä yhteiset oletukset ja parametrit
4. Arvioi kunkin vaihtoehdon kustannukset ja toteutumisaajat
5. Diskonttaa tulevat kustannukset nykyarvoon
6. Laske ja vertaile kunkin vaihtoehdon elinkaarikustannuksia
7. Laske tarvittaessa lisätoimenpiteitä projektin priorisoimiseksi
8. Arvioi syötettyjen tietojen epävarmuus
9. Harkitse ei-rahallisesti mitattavien kustannusten tai hyötyjen vaikutuksia
10. Kerro lopullisesta päätöksestä

(Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Elinkaarikustannusanalyysin aloitusvaiheessa on hyvä dokumentoida kaikki arvioinnin vaiheet. Dokumentoinnin tulisi olla rakenteeltaan selkeä, ja sen laajuus tulee suhteuttaa kyseessä olevan projektin laajuuteen (Kneifel, J. & Webb, D. 2022). Alla on taulukossa 1 kuvattuna malli dokumentoinnista ja arvioinnin vaiheista.

Taulukko 1. Malli elinkaarikustannusanalyysissä dokumentoitavista kohteista (taulukko suomen-  
nettu englannin kielestä) (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

<p><b>1 Projektin kuvaus ja laajuus</b> Yleistä tietoa Valinnan tyyppi Rajoitukset</p> <p><b>2 Vaihtoehdot</b> Tekninen kuvaus Perustelut Näkökohdat Ei-rahallisille</p> <p><b>3 Yleiset parametrit</b> Opiskelujakso Aloituspäivämäärä Palvelupäivämäärä Alennuksen korko Inflaatio Toiminnalliset oletukset Energian ja veden hinta-aikataulut</p>	<p><b>4 Kustannustiedot ja niihin liittyvät tekijät</b> Investointikustannukset Toimintakustannukset Energiankulutus, tyypeittäin Veden kulutus ja jätteen määrä Kustannusten ajoitus Kustannustietolähteet Epävarmuusarviointi</p> <p><b>5 Laskelmat</b> Diskonttaus Elinkaarikustannukset Täydentävät toimenpiteet</p> <p><b>6 Tulkinnat</b> Elinkaarikustannusten vertailu Herkkyyssanalyysi Epävarmuusarviointi</p> <p><b>7 Ei-rahalliset säästöt tai kulut</b> Kuvaus aineettomista hyödykkeistä</p> <p><b>8 Muut näkökohdat</b> Kertomus</p> <p><b>9 Suositukset</b></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ennen vaihtoehtojen vertailua, tulee ensin tunnistaa, mitkä vaihtoehdot ovat ylipäätänsä mukaan luettavia. Mahdolliset poisjätettävät vaihtoehdot voivat johtua esimerkiksi haluttujen ominaisuuksien puutoksista, turvallisuussyistä tai muista rajoituksista. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Elinkaarikustannusanalyysissa on suuri määrä huomioon otettavia kustannuksia. Elinkaaren aikana syntyy ensisijaisten hankintojen lisäksi kustannuksia käytöstä, ylläpidosta ja lopulta käytöstä poistosta, ja nämä kaikki vaiheet sisältävät myös useita yksittäisiä kustannuksia. Elinkaarikustannusanalyysin tehtävänä ei ole kuitenkaan ottaa elinkaarikustannusten laskentaan mukaan kaikkia yksittäisiä kustannuksia, vaan mukaan luettavat kustannukset tulee valita tutkittavan aiheen sekä vertailtavien kohteiden perusteella. Tutkittavan aiheen perusteella mukaan luettavia kustannuksia voidaan valikoida käyttämällä suoraan tarjoajilta saatavia tarjouksia, aiempia saman aiheen kustannuksia, tai alakohtaisia keskiarvoja. Vertailtavien kohteiden kustannusten perusteella voidaan analyysissa jättää huomioimatta esimerkiksi kustannuksia, jotka ovat samat jokaisessa vaihtoehdossa. Kustannukset, jotka ovat tapahtuneet jo ennen uusien vaihtoehtojen kustannuksia, ja kustannukset, joihin ei enää voida vaikuttaa, voidaan myös jättää pois analyysistä. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Kustannuksien arvioinnin alkuvaiheessa on tärkeä eritellä kustannukset ensisijaisiin hankintakustannuksiin ja tuleviin kustannuksiin. Hankintakustannukset tapahtuvat pääosin ennen uuden järjestelmän käyttöönottoa, ja tulevat kustannukset taas arvioidaan jatkuvan järjestelmän elinkaaren kaikissa vaiheissa. Tämä jaottelu auttaa arvioimaan hankintakustannuksien arvoa sekä takaisinmaksun määrää, ottaen huomioon kaikki tulevat kustannukset. Ensisijaisen hankintahinnan lisäksi on hyvin todennäköistä, että muita, kertaluontoisia investointeja tulee myös tulevaisuudessa. Tämän vuoksi kustannukset tulee eritellä myös investointikustannuksiin ja käyttökustannuksiin. Tämä jaottelu auttaa arvioimaan kaikkien merkittävien investointien ja säästöjen hyötyjä suhteessa jatkuviin, käytöstä johtuviin kustannuksiin. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

### **3.5 Elinkaarikustannusten laskeminen**

Elinkaarikustannusten laskennalle on olemassa monia erilaisia laskentakaavoja, riippuen minkälaisista lopputulosta kyseessä olevassa aiheessa lasketaan. Yksinkertaisimmassa elinkaarikustannusten laskemiseen käytettävässä laskukaavassa tulee olla tiedossa vuosittaiset elinkaarikustannukset, diskonttaukseen, eli tulevien kustannusten nykyarvoon muuttamiseen, käytettävän koron määrä sekä määritelty ajanjakso (aloituspiste maksuille sekä vuosien määrä). Laskuprosessiin sisältyy jokaisen yksittäisen kustannuksen (hankinta, omistus, käyttö, ylläpito, käytöstä poisotto) nykyarvon laskeminen ja keskeinen summaus. Tämä laskukaava sisältää useita ennalta laskettavia vaihteita, varsinkin, jos arvioitava vuosimäärä on suuri. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

#### **3.5.1 Nykyarvon laskeminen**

Elinkaarikustannusanalyysiin sisältyy lähes jokaisessa tapauksessa kustannuksien nykyarvon laskeminen. Nykyarvon laskemisella tarkoitetaan tulevaisuudessa tapahtuvien maksujen muuttamista,

niin sanottua diskonttaamista, vertailtavaan muotoon sekä ensisijaisten hankintahintojen, että kaikkien muiden, eri aikoina tapahtuvien kustannusten kanssa. Tämä vertailuun käytettävä pohja on yleensä ennalta määritetty päivämäärä (valitaan usein projektin aloituspäivämäärä), ja kaikki tulevat kustannukset diskontataan tähän yhteiseen muotoon. (Fuller 2016)

Nykyarvon laskeminen projektin eri ajankohtina tapahtuvista kustannuksista on tärkeää, sillä eri ajankohtina tapahtuvat kustannukset ovat eriarvoisia. Tällä tarkoitetaan sitä, että rahan arvo on tulevaisuudessa pienempi kuin nykyhetkellä. Tulevien kustannusten nykyarvon laskeminen ei kuitenkaan vastaa muutosta yleisen inflaation mukaiseksi. Diskonttauksen matematiikka on oikeastaan identtinen koronkoron laskuprosessin kanssa (Kneifel, J. & Webb, D. 2022). Tähän laskuprosessiin käytettävää korkoa kutsutaan diskonttauskoroksi. Diskonttauskorko kuvaa vähimmäispalautusta, jota sijoituksesta voi odottaa, ottaen huomioon sen riskitason. Diskonttauskoron avulla arvioidaan sijoituksen riski- sekä tuottotasoa; mitä suurempi korko, sitä suurempi riski sekä tuotto. (Wall Street Prep, Inc. 2022)

Diskonttauskorko voidaan laskea esimerkiksi investoijan odotuksista kassavirralle investoinnin riskitason, riskittömän koron, tai painotetun keskimääräisen pääomakustannuksen (Weighted average cost of capital, WACC) perusteella. WACC muodostuu yrityksen sen osakkeenomistajille maksettavan tuoton perusteella. (Wallstreetmojo Editorial Team)

Diskonttauskoron valitseminen on yleisellä tasolla, ilman minkään organisaation omaa suuntaa, hyvin hankalaa. Hyödynnetään työkalussa sen sijaan diskonttauskoron yleistä, 3–10 % (Kneifel, J. & Webb, D. 2022) vaihteluväliä.

### 3.5.2 Elinkaarikustannusten laskukaavat

Yleinen elinkaarikustannusten (LCC) laskuun käytettävä laskukaava:

$$LCC = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+d)^t}$$

Jossa:

LCC = Kokonaiset elinkaarikustannukset nykyarvona

$C_t$  = Kaikkien asiaankuuluvien kustannusten summa, mukaan lukien kertaluontoiset ja tulevat kustannukset, positiiviset kassavirrat vähennettynä, tapahtuu vuonna t,

N = Vuosien lukumäärä tutkimusjaksolla

d = Diskonttauskorko, jolla kassavirrat muutetaan nykyarvoon

(Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Yksityiskohtaisemmalle tasolle eritellympi, yleinen elinkaarikustannusten laskuun käytettävä laskukaava:

$$LCC = I + Repl - Res + E + W + OMR + X$$

Jossa:

$LCC$  = Kokonaiset elinkaarikustannukset nykyarvona

$I$  = Nykyarvon investointikustannukset

$Repl$  = Nykyarvon korvauskustannukset

$Res$  = Nykyarvon jäännösarvo (jälleenmyyntiarvo, romuarvo, talteenottoarvo) hävityskustannukset vähennettynä

$E$  = Nykyarvon energiakustannukset

$W$  = Nykyarvon vesikustannukset

$OMR$  = Nykyarvon ei-polttoaineperäiset, ylläpito, ja korjauskustannukset

$X$  = Nykyarvon muut kustannukset (hyötyjä kohdellaan negatiivisina kustannuksina)

(Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

### 3.5.3 Nettonykyarvo

Nettonykyarvo (Net Present Value, NPV) on kaikkien tulevien kassavirtojen diskonttausta nykyarvoon. Nettonykyarvon laskukaava on hyödyllinen investointien, projektien, ja täten myös elinkaarikustannusten hyötyjen arviointiin. Nettonykyarvo ottaa huomioon kaikkien kustannusten lisäksi niiden ajankohdat. Koska nettonykyarvon laskeminen on yksityiskohtainen ja yleisesti käytetty menetelmä, käytetään sitä hyödyksi myös tämän työn työkalun laskuprosessissa. (CFI Team. 2022b)

Nettonykyarvon laskukaava:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

Jossa:

$R_t$  = Nettokassavirta yhden jakson  $t$  aikana

$i$  = Diskonttauskorko tai palautus, joka voitaisiin ansaita vaihtoehtoisilla sijoituksilla

$t$  = Aikajaksojen lukumäärä

(Fernando, J. 2022)

### 3.5.4 Yksittäinen nykyarvo

Yksittäinen nykyarvo (Single Present Value, SPV) toimii työkaluna yksittäisten tai epäsäännöllisin väliajoin ilmestyvien kustannuksien nykyarvon laskemiselle (Kneifel, J. & Webb, D. 2022). Yksittäisen nykyarvon laskukaava:

$$PV = F_t * \frac{1}{(1 + d)^t} = F_t * SPV_{(t,d)}$$

Jossa:

$PV$  = Nykyarvo

$F_t$  = Vuoden lopussa ilmaantuva, tulevan rahan määrä

$t$  = Vuodet

$d$  = Diskonttauskorko

(Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Tämä on tehokas työkalu satunnaisesti ilmestyvien kertaluontoisten hankintojen, kuten järjestelmän päivitysten, korjausten tai asennustöiden laskemiseen. Kaava on sopiva, sillä näiden hankintojen kustannukset tapahtuvat luultavimmin epäsäännöllisesti ja/tai hyvin harvoin. Kustannukset tulee muuttaa myös laskukaavan mukaisesti nykyarvoon. Yksittäisen nykyarvon laskua ei kuitenkaan tule ottaa huomioon aivan elinkaaren alussa tapahtuville hankinnoille, sillä ne otetaan mukaan elinkaarikustannusten laskuun muuttumattomana, ilman nykyarvoon muuttamista. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

### 3.5.5 Yhtenäinen nykyarvo

Yhtenäinen nykyarvo (Uniform Present Value, UPV) on työkalu säännöllisten, tasaisin väliajoin, useimmiten vuosittain tapahtuvien maksujen nykyarvon laskemiselle. Muokattu yhtenäinen nykyarvo (Modified Uniform Present Value, UPV\*) taas on työkalu hinnaltaan epäsäännöllisten, vuosittain tapahtuvien maksujen laskemiselle. Nämä maksut muuttuvat vuosittain ennalta tiedetyllä vakiomäärällä (Kneifel, J. & Webb, D. 2022). Yhtenäisen nykyarvon laskukaava:

$$PV = A_0 * \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1 + d)^t} = A_0 * \frac{(1 + d)^n - 1}{d * (1 + d)^t} = A_0 = A_0 * UPV_{(t,d)}$$

Jossa:

$PV$  = Nykyarvo

$A_0$  = Säännöllinen kassavirta

$n$  = Vuodet

$d$  = Diskonttauskorko

(Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Muokatun yhtenäisen nykyarvon laskukaava:

$$PV = A_0 * \sum_{t=1}^n \frac{(1+e)^t}{(1+d)^t} = A_0 * \frac{(1+e)}{(d-e)} * \left[ 1 - \frac{(1+e)^n}{(1+d)^n} \right] = A_0 * UPV_{*(t,d)}$$

Jossa:

$PV$  = Nykyarvo säännöllisille määrille, jotka muuttuvat vuosittain eskalaatioasteella

$e$  = Eskalaatiokorko (positiivinen tai negatiivinen)

$n$  = Vuodet

$d$  = Diskonttauskorko

$A_0$  = Säännöllinen kassavirta

(Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

Suuri osa tietojärjestelmän käyttöön liittyvistä kustannuksista pystytään laskemaan käyttämällä yhtenäisen nykyarvon (UPV) laskukaavaa, sillä tähän lukeutuvat kaikki kuukausi- sekä vuositasolla tapahtuvat, saman hintaisena pysyvät kustannukset. Vuosittaisesti muuttuvia kustannuksia taas on vaikea arvioida etukäteen. (Kneifel, J. & Webb, D. 2022)

## 4 Tuotannon tietojärjestelmän elinkaarikustannukset

Opinnäytetyössä tuotettavan työkalun avulla tehtävään, tuotannon tietojärjestelmän tarjousvaihtoehtojen väliseen vertailuun käytetään pohjana kappaleessa 3.4 esille otettuja elinkaarikustannusanalyysin kymmenentä päävaihetta. Vaiheet ovat työkalussa käytettävien esimerkkiarvojen toiminnan vuoksi tiivistetty seuraavaan muotoon:

1. Määrittele ongelma ja aseta tavoite
2. Tunnista mahdolliset vaihtoehdot
3. Arvioi kunkin vaihtoehdon kustannukset ja toteutumisaajat
4. Diskonttaa tulevat kustannukset nykyarvoon
5. Laske ja vertaile kunkin vaihtoehdon elinkaarikustannuksia
6. Laske tarvittaessa lisätoimenpiteitä projektin priorisoimiseksi
7. Arvioi syötettyjen tietojen epävarmuus
8. Harkitse ei-rahallisesti mitattavien kustannusten tai hyötyjen vaikutuksia

Mallitapauksen avulla esille otettavia laskutoimenpiteitä sekä niiden tuloksia otetaan esille kappaleessa 6.

### 4.1 Ongelma ja tavoite

Työssä käytetään työkalun toiminnan kuvaamisena apuna mallitapausta, jossa organisaatio on saanut tietojärjestelmän hankintaprosessissa palveluntarjoajilta tarjousvaihtoehdot A, B ja C. Tavoitteena on työkalua hyväksikäyttämällä valita vaihtoehdoista sopivin, ottamalla huomioon tarjousten kustannusten lisäksi tarjouksissa listatut ominaisuudet.

### 4.2 Mahdolliset vaihtoehdot

Mahdollisina vaihtoehtoina käytetään kuvitteellisia tarjousvaihtoehtoja nimeltään vaihtoehdot A, B ja C. Vaihtoehtojen A, B ja C kustannusten arvot ovat myös kuvitteelliset. Kuvitteelliset arvot luodaan toistensa kanssa vertailukelpoisiksi, ja kaikille vaihtoehdoille annetaan elinkaaren pituudeksi 15 vuotta.

### 4.3 Elinkaarikustannukset

Elinkaarikustannukset lasketaan työkalussa eriteltynä kuuteen eri luokkaan. Nämä luokat ovat:

1. Hankintakustannukset
2. Energiakustannukset

3. Käyttö-, ylläpito-, ja huoltokustannukset
4. Ympäristökustannukset
5. Korvauskustannukset
6. Muut kustannukset

#### **4.4 Diskonttaaminen nykyarvoon**

Diskonttaus, eli nykyarvoon muuttaminen tehdään kaikille jatkuville kustannuksille, olivat ne kuukausi- tai vuositasolla. Diskonttaukseen käytetään nettonykyarvon laskukaavaa, Excelissä laskukaavaa NA. Käytetään Excelissä myös yleistä, 10 % diskonttauskorkoa. Jatkuvista kustannuksista laskettu nykyarvo summataan kertaluontoisten kustannusten kanssa, josta saadaan lopputuloksena elinkaarikustannusten nykyarvo. Työkalussa elinkaarikustannusten nykyarvoa ei työkalun yleistasollisen tavoitteen vuoksi käytetä lopullisena tuloksena, vaan viitteellisenä arvona, johon lopullisia, nykyarvoon muuttamattomia elinkaarikustannuksia voidaan peilata.

#### **4.5 Elinkaarikustannusten havainnollistaminen**

Opinnäytetyössä syntyvän työkalun taulukkoon syötettyjä tietoja havainnollistetaan työkalussa esittämällä yksinkertaiset kuvaajat vaihtoehtojen kustannusten aikajanasta sekä vaihtoehtojen sisältämistä kustannusten ja pisteytysten määristä. Aikajana havainnollistaa erityisesti jatkuvien kustannusten merkitystä ja suhdetta sekä hankinnan, että koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin. SAS Visual Analytics -ohjelmalla voidaan havainnollistaa taulukosta saatuja tuloksia esimerkiksi jakamalla kustannukset hankinnan kustannuksien ja jatkuvien kustannuksien, tai pisteytyksien eri luokkien välille.

#### **4.6 Syötettyjen tietojen epävarmuus**

Työkaluun syötetyt tiedot tulevat suoraan palvelun tarjoajilta, joten tarjouksista saadut tiedot ovat luotettavia. Epävarmuus syntyy tapauksessa, jossa joudutaan itse arvioimaan esimerkiksi käytön tai energian kustannuksia niiden ollessa puutteellisia tarjouksissa. Arvioidessa kustannuksia pidetään arviot ensisijaisesti yhdenmukaisina tarjousvaihtoehtojen välillä, ottaen kuitenkin huomioon palvelun tarjoajien antamien tietojen määrä ja sisältö.

Epävarmuutta työkalussa voi aiheutua kappaleessa 4.7 käsiteltävässä ei-rahallisesti mitattavien kustannusten ja hyötyjen kohdalla. Tässä tapauksessa hyötyjen mittaukseen käytettävät arvot pohjautuvat työkalun tai tietojen syöttäjän arviointiin. Nämä arvioitavat tiedot voivat vaihdella, riippuen kuka työkalua käyttää. Voidaan kuitenkin olettaa, että työkalun käyttäjä on henkilö, jolla on hankkeen kohdalla korkean tason näkemys tietojärjestelmän vaatimuksista sekä nykytilanteesta.

#### **4.7 Ei rahallisesti mitattavien kustannusten ja hyötyjen vaikutukset**

Kustannusten lisäksi työkalussa arvioidaan tietojärjestelmien hyötyjä, joilla ei ole suoranaista kustannusta. Näiden ominaisuuksien arviointi tapahtuu pisteyttämällä tarjouksien sisältämiä ominaisuuksia asteikolla 1–10. Pisteytyksen arviointi jää lopulta työkalun käyttäjän arviointikyvyn varaan, suhteuttamalla pisteytykset tarjousvaihtoehtojen välille ominaisuuden tason mukaan. Yksittäiset pisteytettävät hyödyt koostuvat yleisesti tuotannon tietojärjestelmille tärkeiden toimintojen sekä aiempien tarjouksien pohjalta. Tietojen syöttäjän arvioimat pisteytykset otetaan huomioon lopullisessa tuloksessa suhteuttamalla pisteet suoraan elinkaarikustannusten yhteyteen käyttämällä valittua painotusarvoa kustannusten ja pisteytyksen välillä.

Ei-rahallisesti mitattavien hyötyjen tuloksissa käytettävät kustannusten ja ominaisuuksien väliset painotusarvot on otettu käyttöön yleisesti hyväksytyyn, PAF-mallin pohjalta. Mallin mukaan on tärkeämpää maksaa ennakoivia sekä ennaltaehkäiseviä kustannuksia kuin laadusta johtuvia ongelmia myöhemmin elinkaaren aikana. Nämä ongelmatapauksista johtuvat kustannukset voivat taas ylittää jopa 15–35 % tasolle kustannuksista. (Leiva, C. 2016)

## 5 Taulukkotyökalun toiminta ja käyttöohjeet

Opinnäytetyössä syntyy tuotoksena Excel-taulukko, jonka avulla voidaan vertailla eri tarjousvaihtoehtojen elinkaarikustannuksia sekä ominaisuuksia toisiinsa. Tarjousvaihtoehdoilla A, B ja C on taulukossa omat sarakkeet, ja jokaisen vaihtoehdon kohdalla onnistuu myös elinkaaren pituuden vaihtaminen (kuva 5). Elinkaarikustannusten syöttövaiheessa hyödynnetään taulukossa jaottelua kertakustannuksiin ja jatkuviin kustannuksiin, kuukausi- tai vuositasolla. Kuukausi- ja vuositason kustannukset ovat eriteltyinä kustannuskategorian perässä. Mikäli merkintää ei ole, kustannus on kertaluontoinen. Esimerkki koulutuksen kertaluontoisesta, kuukausittaisesta sekä vuosittaisesta kustannuksesta löytyy kuvasta 6.

Vaihtoehto	A	B	C
Elinkaari (v)	15	15	15
Hankinta			

Kuva 5. Vaihtoehdot A, B ja C sekä elinkaaren pituus

Tietojen kirjaaminen tapahtuu taulukkoon vain vihreisiin soluihin, ja soluja voi jättää vapaasti tyhjäksi syötettävien tietojen sisällön perusteella. Tietojen syötön lisäksi aikajanalla ja lopullisilla tuloksilla on omat välilehdet. Syötetyt kustannukset tulevat lopuksi yhteenvedona kunkin vaihtoehdon kustannusten alle (kuva 7).

32	Koulutus			
33	Koulutus (/kk)			
34	Koulutus (/v)			

Kuva 6. Kertaluontoinen, kuukausittainen ja vuosittainen kustannus koulutukselle

43	<b>Korvaus</b>			
48	<b>Muut</b>			
51	<b>Yhteensä (kertakustannukset)</b>	<b>250 000 €</b>	<b>347 000 €</b>	<b>270 000 €</b>
52	<b>Yhteensä (jatkuvat/v)</b>	<b>10 000 €</b>	<b>3 000 €</b>	<b>14 000 €</b>
53	<b>Yhteensä elinkaaren lopussa</b>	<b>400 000 €</b>	<b>392 000 €</b>	<b>480 000 €</b>
54				

Kuva 7. Yhteenvedo elinkaarikustannuksista

Ominaisuuksien arviointi tapahtuu taulukossa klikkaamalla halutun tarjousvaihtoehdon alta tietyn ominaisuuden vihreää solua, jolloin solulle aukeaa mahdollisuus valita arvo asteikolla 1–10.

<b>Datan keruu ja hallinnointi</b>			
<b>Tuotantotietojen hankinta</b>	2	3	7
<b>Konetietojen kerääminen</b>	0	4	4
<b>Tiedonkeruu prosessin aikana</b>		2	
<b>Muu datan keruun ominaisuus</b>	3	7	
<b>Muu datan keruun ominaisuus</b>	6	4	6
<b>Data integrity</b>	3	7	8
<b>Tiedon salassapito</b>	4		
<b>Varmuuskopiointi</b>	4	5	8

Kuva 8. Esimerkki pisteytyksien syötöstä luokalla ”datan keruun ja hallinnoinnin pisteytykset”

Työkalussa listatut ominaisuudet on lajiteltu kuvassa 2 olevan jaottelun mukaisesti, joten esimerkiksi datan keruun ja hallinnoinnin alta löytyy vielä yksittäisiä, arvioitavia ominaisuuksia (kuva 8).

## 6 Tulokset

Tuloksissa otetaan esille mallitapauksessa käytetyt kuvitteelliset arvot ja niiden pohjalta tehtävät päätelmät sekä pohdinnat.

### 6.1 Kustannukset

Kustannukset koostuvat mallitapauksessa kappaleen 3.3 kuuden kustannusluokan mukaisesti (Kuvat 9–15).

Hankintakustannukset:

<b>Hankinta</b>			
Hankintahinta	100 000,0 €	200 000,0 €	250 000,0 €
Muu hankintakustannus	60 000,0 €	25 000,0 €	
Muu hankintakustannus			20 000,0 €
Muu hankintakustannus			
Asennus	12 000,0 €	3 000,0 €	30 000,0 €
Muu kertakustannus			
Muu kertakustannus			
Käyttöönotto			

Kuva 9. Elinkaarikustannusten hankintahinnat

Energiakustannukset:

<b>Energia</b>			
Energian kulutus (/v)	400,0 €	1 000,0 €	4 000,0 €
Sähkön kulutus (/v)	4 000,0 €	2 000,0 €	10 000,0 €
Veden kulutus (/v)			
Muu energian kulutus (/v)	1 000,0 €		
Muu energian kulutus (/kk)			

Kuva 10. Elinkaarikustannusten energian kustannukset

Käyttö-, ylläpito- ja huoltokustannukset:

<b>Käyttö, ylläpito ja huolto</b>			
Vakuutus (/v)			
Suojaus (/v)			
Muu suojauskustannus (/v)			
Lisenssit (/v)	10 000,0 €	2 000,0 €	
Muut lisenssit (/v)			
Muut lisenssit 2 (/kk)			
Palvelut (/v)			5 000,0 €
Palvelut (/kk)			
Huolto			
Huolto (/v)			
Ylläpito (/v)	15 000,0 €	4 000,0 €	20 000,0 €
Ylläpito (/kk)			
Työvoima			
Koulutus			
Koulutus (/kk)	500,0 €	2 000,0 €	4 000,0 €
Koulutus (/v)			
Käytöstä poisotto			
Muu ylläpitokustannus			
Muu ylläpitokustannus (/v)			

Kuva 11. Elinkaarikustannusten käytön, ylläpidon ja huollon kustannukset

Ympäristökustannukset:

<b>Ympäristö</b>			
Ympäristö			
Ympäristö (/kk)	600,0 €		
Ympäristö (/v)	200,0 €		
Ympäristö muu (/v)			

Kuva 12. Elinkaarikustannusten ympäristön kustannukset

Korvauskustannukset:

<b>Korvaus</b>			
Korvaus	200,0 €		2 000,0 €
Korvaus muu			
Jäännösarvo			
Jälleenmyynti			

Kuva 13. Elinkaarikustannusten korvauksen hinnat

Muut kustannukset:

<b>Muut</b>			
Muut kustannukset	1 500,0 €		
Muut kustannukset (v)			1 000,0 €

Kuva 14. Elinkaarikustannusten muut hinnat

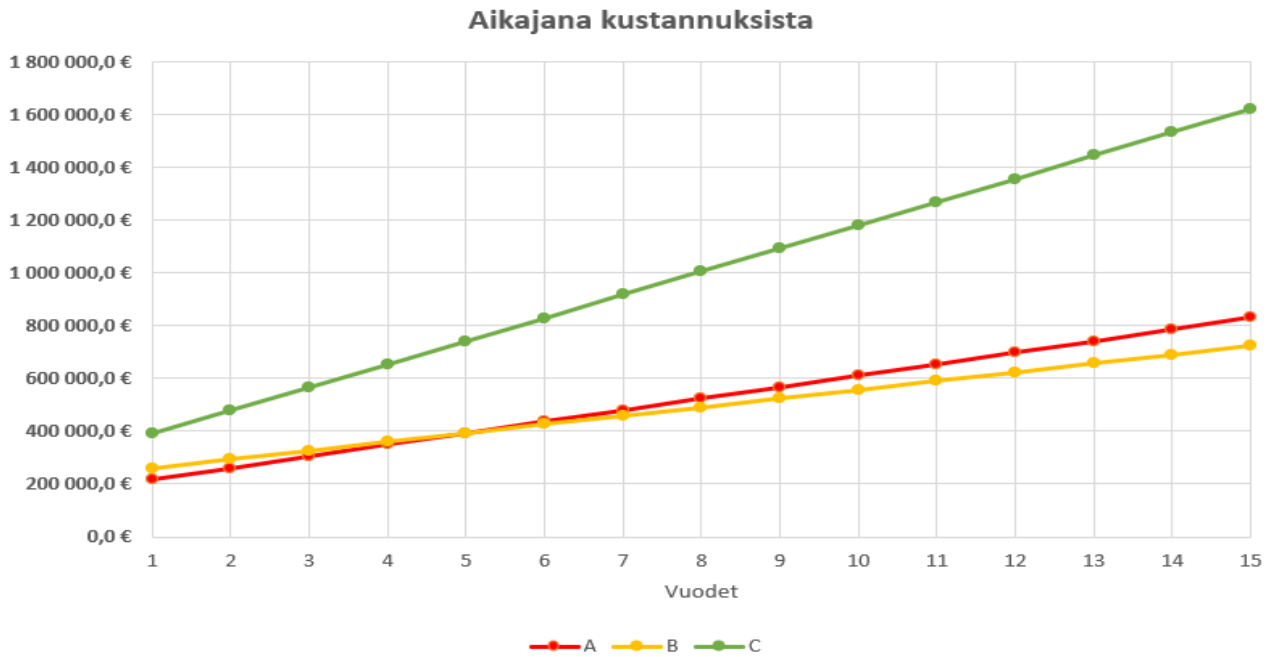
Kokonaiskustannukset:

<b>Yhteensä (kertakustannukset)</b>	<b>173 700 €</b>	<b>228 000 €</b>	<b>302 000 €</b>
<b>Yhteensä (jatkuvat/v)</b>	<b>36 400 €</b>	<b>37 000 €</b>	<b>88 000 €</b>
<b>Yhteensä elinkaaren lopussa</b>	<b>719 700 €</b>	<b>783 000 €</b>	<b>1 622 000 €</b>

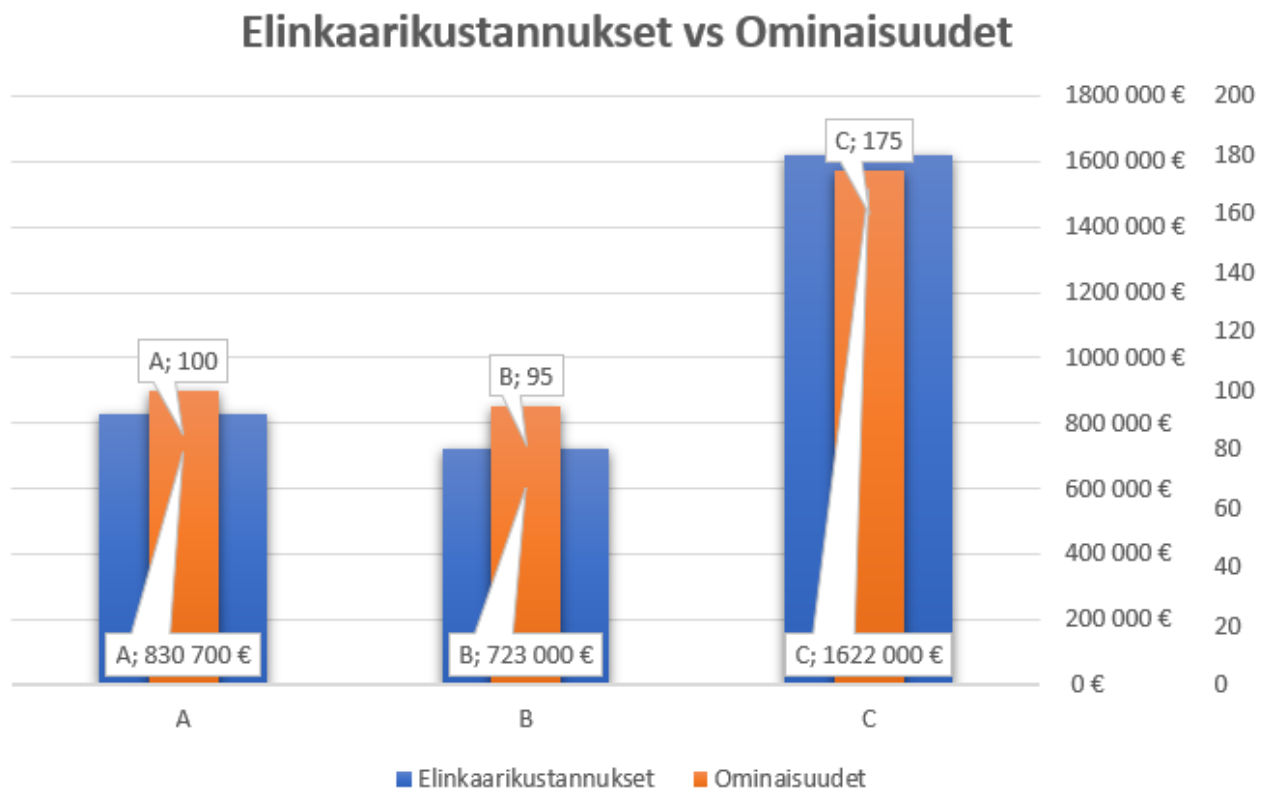
Kuva 15. Elinkaarikustannusten kokonaiskustannukset

### 6.1.1 Havainnollistaminen

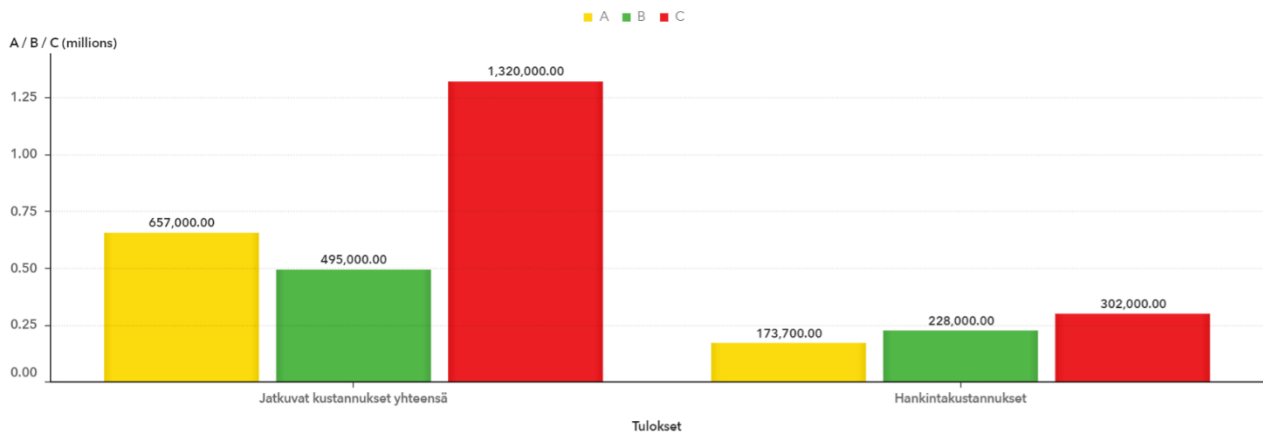
Aikajanamallinen kustannusten havainnollistaminen mahdollistaa seurannan vaihtoehtojen elinkaarikustannuksille. Aikajanamallinen kuvaaja korostaa erityisesti vaihtoehtojen jatkuvien kustannusten merkitystä sillä aloituspisteenä aikajanelle toimii kunkin vaihtoehdon hankintahinta (kuva 16). Pylväsmallisella kuvaajalla kuvataan tässä työssä useita näkymiä, kuten yleistä näkymää elinkaarikustannuksille ja ominaisuuksille (kuva 17). SAS Visual Analytics -ohjelman avulla luotavia näkymiä taas ovat elinkaarikustannusten jako hankinnan kustannuksiin ja jatkuviin kustannuksiin (kuva 18) ja ominaisuuksien pisteytyksien tulokset luokittain (kuva 19).



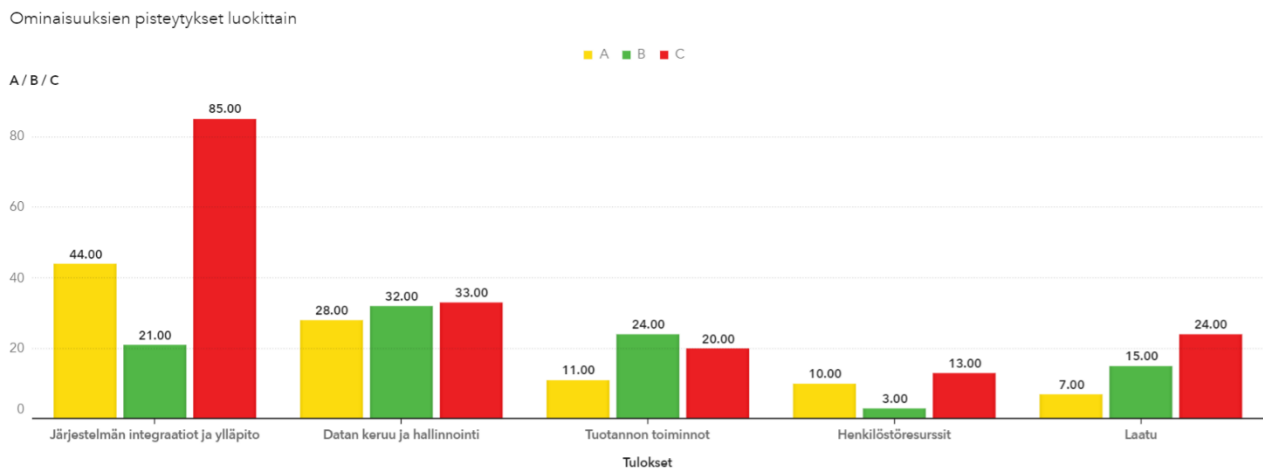
Kuva 16. Vaihtoehtojen A, B ja C elinkaarikustannukset koko elinkaaren aikana



Kuva 17. Elinkaarikustannukset sekä ominaisuudet vaihtoehtojen A, B ja C välillä



Kuva 18. Elinkaarikustannukset jaettuna hankinnan kustannuksiin ja jatkuviin kustannuksiin



Kuva 19. Syötettyjen ominaisuuksien pisteytysten tulokset luokittain

### 6.1.2 Elinkaarikustannusten tulokset

Elinkaarikustannukset koostuvat työssä ensisijaisista hankintakustannuksista, muista kertaluontoisista kustannuksista sekä jatkuvista kustannuksista arvioituna 15 vuoden ajalle. Lopullisen tuloksen laskemiseen käytetään nykyarvoon muuttamattomia elinkaarikustannuksia (kuva 20) sekä työkaluun syötettyjä pisteytyksiä.

	A	B	C
<b>Kustannukset</b>			
Hankintakustannukset	173 700,00 €	228 000,00 €	302 000,00 €
Jatkuvat kustannukset /v	43 800,00 €	33 000,00 €	88 000,00 €
Jatkuvat kustannukset yhteensä	657 000,00 €	495 000,00 €	1 320 000,00 €
<b>Elinkaarikustannukset</b>	<b>830 700,00 €</b>	<b>723 000,00 €</b>	<b>1 622 000,00 €</b>

Kuva 20. Elinkaarikustannusten lopputulos

Vaihtoehdolla A on matalin hankintahinta, ja vaihtoehto B seuraa hyvin lähellä. Korkeampien vuosittaisten kustannusten takia vaihtoehto A ohitti vaihtoehdon B viidennen vuoden kohdalla. Vaihtoehdolla C on selkeästi korkeammat kustannukset kaikin puolin, joten pelkkien elinkaarikustannusten mittausten mukaan vaihtoehto B olisi halvin.

### 6.1.3 Elinkaarikustannusten nykyarvo

Elinkaarikustannusten nykyarvo koostuu ensisijaisista hankintahinnoista ja muista kertaluontoisista kustannuksista sellaisenaan sekä jatkuvista kustannuksista diskontatuilla nykyarvoilla. Nykyarvot lasketaan vain vuosittaisista sekä kuukausittaisista kustannuksista.

Nykyarvoon laskettaessa, käyttämällä 10 % diskonttauskorkoa, vaihtoehto B on edelleen halvin. Vaihtoehto A ja B ovat tämän laskuprosessin tuloksena kustannuksiltaan lähempänä toisiaan kuin nykyarvoon muuttamattomissa arvoissa. Nykyarvoon muuttamattomiin elinkaarikustannuksiin nähden vaihtoehto C taas on muuttunut eniten, yli 40 %:lla alkuperäisiin elinkaarikustannuksiin verrattuna, sillä suurimmilla vuosittaisilla kustannuksilla on nykyarvoon muuttaessa suurimmat vaikutukset. Tämä kuitenkin tarkoittaa sitä, että elinkaaren aikana aiheutuvat kustannukset menettävät

arvoaan pidemmällä elinkaarella. (Kuva 21)

Nykyarvon korko	10 %	10 %	10 %
Jatkuvien kustannusten nykyarvo	333 146,28 €	251 000,62 €	669 335,00 €
<b>Elinkaarikustannusten nykyarvo</b>	<b>506 846,28 €</b>	<b>479 000,62 €</b>	<b>971 335,00 €</b>

Kuva 21. Elinkaarikustannukset muutettuna nykyarvoon

## 6.2 Ei-rahallisesti mitattavat hyödyt

Painotusarvot kustannusten ja ominaisuuksien välille tulevat asteikolta 15–35 % (Leiva, C. 2016). Otetaan tämän pohjalta kustannuksille käyttöön painotusarvo 70 % ja arvioitaville ominaisuuksille 30 %.

<b>Ominaisuudet</b>			
<b>Tuotannon toiminnot</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>20</b>
<b>Laatu</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>24</b>
<b>Henkilöstöresurssit</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
<b>Datan keruu ja hallinnointi</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>33</b>
<b>Järjestelmän integraatiot ja ylläpito</b>	<b>44</b>	<b>21</b>	<b>85</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>175</b>

Kuva 22. Ei-rahallisesti mitattavien hyötyjen pisteytykset

Ei-rahallisesti mitattavien ominaisuuksien pisteytykset ovat suurimmat vaihtoehdolla C, ja vaihtoehdot A ja B olivat liki samoissa pisteissä. Nämä pisteytykset vastaavat hyvin paljon vaihtoehtojen vastaavia elinkaarikustannuksia. Vaikka pisteytysten painotusarvo on lopullisessa tuloksessa 30 %, voi hyvin suurella tai pienellä pistemäärällä olla näkyvät vaikutukset lopputuloksessa, mikäli vaihtoehdot ovat lähellä toistensa tasoa. (Kuva 22)

### 6.3 Lopputulos

Lopullisissa tuloksissa nähdään kustannukset sekä ominaisuudet suhteutettuna toisiinsa (Kustannukset 70 % ja ominaisuudet 30 %). Lopullisessa tuloksessa pienin numero on paras vaihtoehto.

<b>Elinkaarikustannukset</b>	<b>830 700,00 €</b>	<b>723 000,00 €</b>	<b>1 622 000,00 €</b>
<b>Ominaisuudet pisteytys</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>175</b>
Kustannusten painotus %	70	70	70
Ominaisuuksien painotus %	30	30	30
Lasku			
Kustannusten suhteet	0,51	0,45	1,00
Ominaisuuksien suhteet	1,05	1,00	1,84
Painotukset kustannukset	0,36	0,31	0,70
Painotukset ominaisuudet	0,32	0,30	0,55
<b>Painotettu tulos</b>	✔ <b>0,245</b>	✔ <b>0,218</b>	✘ <b>0,313</b>

Kuva 23. Lopulliset tulokset vaihtoehtojen A, B ja C välillä

Suhteutettua elinkaarikustannukset ja pisteytykset jaolla 70–30, voidaan todeta, että vaihtoehto B on lopullisena tuloksena paras vaihtoehto. Vaihtoehdon A pisteet eivät riittäneet aivan vaihtoehdon B tasolle, vaikka verrattuna pelkkien elinkaarikustannusten laskentaan, olivat vaihtoehdot A ja B lopullisessa tuloksessa vielä lähempänä toisiaan. Vaihtoehto C on vielä lopullisessakin tuloksessa selvästi jäljessä muita vaihtoehtoja.

Ominaisuuksien pisteytysten kohdalla vaihtoehdolla C oli parhaat pisteet, mutta pisteiden suhteuttaminen kustannuksiin ei ollut riittävästi tukemaan vaihtoehdon C huomattavasti suurempia kustannuksia. Pysyäkseen kilpailukykyisenä, olisi vaihtoehdon C pitänyt saada ominaisuuksien pisteytyksistä paljon enemmän pisteitä. Vaihtoehdolla B oli vähemmän pisteitä kuin vaihtoehdolla A, mutta kustannusten suurempi painotusarvo mahdollisti vaihtoehdon B pysymisen sopivimpana vaihtoehtona. Hieman korkeammalla, 24 pisteen korotuksella vaihtoehto A olisi voinut olla paras vaihtoehto. (Kuva 23)

### 6.4 Pohdintaa

Työn tavoitteena oli luoda tietopohja tietojärjestelmistä, tuotannon tietojärjestelmistä, ja elinkaarikustannuksista sekä saada luotua erityisesti tuotannon tietojärjestelmän valintaprosessia auttava, yleistason työkalu elinkaarikustannusten laskentaan.

Työssä päästiin tietopohjan osalta halutulle tasolle, ja työssä tuotetun työkalun käyttö mahdollistaa yleistasollisten kustannusten laskun sekä ominaisuuksien arvioinnin. Vaikka kaikkia yksittäisiä kohtia ei saisi täytettyä tai kaikille kustannuksille ei ole olemassa juuri sitä omaa luokkaa, työkalu

on tehnyt tehtävänsä sen tarjotessa yleisen alustan, jonka käyttö onnistuu sujuvasti mahdollisimman monen toimesta. Työkalun tehtävänä onkin toimia juuri yleisellä tasolla, mahdollistaen käytävien osien valintaa omien tarpeiden pohjalta. Voidaan laskea esimerkiksi pelkkiä elinkaarikustannuksia, arvioida pelkkiä ominaisuuksia tai käyttää näitä molempia huomioivaa yhdistelmää. Työkalua käyttämällä saadaan selkeästi seurattua miten itse tulokset syntyvät, ja mitkä yksityiskohdat tulosten syntymiseen vaikuttavat milläkin tavoin. Työkalu mahdollistaa myös testimielessä tehtäviä toimenpiteitä, esimerkiksi miten paljon jonkin yksittäinen ominaisuuden taso tai jokin kustannus vaikuttaa kokonaiskustannuksiin nyt, ja miten paljon vaikutuksia on elinkaaren päässä.

Tulosten perusteella voidaan päätellä, että hankkeen alussa maksettavien, hankinnan kustannusten, määrät voivat olla hyvin kaukana lopullisista, koko elinkaaren aikaisista kustannuksista. Hankinnan kustannukset voivat pelkällään olla hyvin harhaanjohtavia, mihin tahansa suuntaan. Jatkuvien kustannusten merkitys korostuu erityisesti useita vuosia kestävä elinkaaren aikana. Lopputuloksesta voidaan päätellä myös, että suurin kokonaishinta ei vastaa aina automaattisesti samalla parhainta tasoa, sillä tason sekä muiden vaatimusten määrittäminen riippuu hyvin paljon järjestelmän hankkijasta. Halvin vaihtoehtokaan ei välttämättä ole sopivin, mikäli tietojärjestelmän sisältämistä ominaisuuksista sekä niiden tasosta on hinnan takia karsittu liikaa. Tuotannon tietojärjestelmän tapauksessa, järjestelmän toiminnan tasossa ei usein kannata säästää liikaa, sillä virheet ja ongelmatilanteet voivat keskeyttää tai haitata tärkeitä tuotantoprosesseja. Tämän takia eri tarjousvaihtoehtojen rahallisesti mittaamattomat tekijät ovat tärkeä saada arvioitua mahdollisimman tarkasti. Työn mallitapauksen tuloksissa näiden tekijöiden arvioinnit suhteutettiin kustannuksiin 30 % suhteella, joka taas pohjautui yleiseen arvioon ongelmatapauksista johtuvaan tappioon. Tämän yleisen arvion lisäksi organisaatio- tai järjestelmäkohtainen toiminta voi epätavallisten tilanteiden kohdalla muuttua eri tavalla eri järjestelmien kohdalla, joten arvio ongelmatapausten vaikutuksesta voi olla käytännössä vielä paljon suurempi.

Työkalun toimintaa voisi mahdollisesti kehittää tulevaisuudessa tehtävillä kehitystoimenpiteillä. Näitä toimenpiteitä voisivat olla esimerkiksi eri tarjousvaihtoehtojen sekä yleisesti tietojärjestelmien ominaisuuksien yksityiskohtaisemmalle tasolle vietävä arviointi, ja tiettyjen, toiminnan kannalta tärkeimpien tietojärjestelmän osien painottaminen laskettaessa lopullista tulosta. Painotus tapahtuu työkalun nykyisessä toiminnassa pääosin tietojen syöttäjän arvioimien pisteytyksien sekä kustannusten ja ominaisuuksien keskinäisen suhteutuksen pohjalta. Mikäli työkalussa painotettaisiin jo valmiiksi tiettyjä, pisteytettäviä luokkia, helpottuisi tietojen syöttäjän tehtävä siinä määrin, että ominaisuuksien arvioinnissa olisi myös toinen kerros. Tällöin syöttäjän ei tarvitsisi huolehtia samalla tavalla pisteytettävien ominaisuuksien arvoista suhteessa toisiinsa.

## Lähteet

2U, Inc. 2020. What is an Information System? Luettavissa: <https://www.mastersindatas-science.org/learning/what-is-an-information-system/>. Luettu: 10.09.2022.

Bourgeois, David T. & Smith, James L. & Wang, S & Mortati, J. 2019. Information Systems for Business and Beyond. Open Textbooks. Luettavissa: <https://digitalcommons.biola.edu/open-text-books/1>. Luettu: 10.09.2022.

CFI Team. 2022a. Life Cycle Cost Analysis. An approach used to assess the total cost of owning a facility or running a project. Luettavissa: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/finance/life-cycle-cost-analysis/>. Luettu: 08.08.2022.

CFI Team. 2022b. Net Present Value (NPV). The value of all future cash flows over an investment's entire life discounted to the present. Luettavissa: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/valuation/net-present-value-npv/>. Luettu: 19.10.2022.

Direktiivi 2014/24/EU. 2022. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/24/EU julkisista hankinnoista ja direktiivin 2004/18/EY kumoamisesta. Luettavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:02014L0024-20220101>. Luettu: 12.09.2022.

Economy-Pedia. Kokonaiskustannukset. Luettavissa: <https://fi.economy-pedia.com/11038479-total-cost>. Luettu: 14.09.2022.

Emeritus. 2022. The 6 types Of Information Systems And Their Applications. Luettavissa: <https://emeritus.org/in/learn/the-6-types-of-information-systems-and-their-applications/>. Luettu: 27.10.2022.

Epicor Software Corporation. 2022. Mikä on MES-järjestelmä? Luettavissa: <https://www.epicor.com/fi-fi/resources/articles/what-is-a-manufacturing-execution-system-mes/>. Luettu: 27.10.2022.

Euroopan Unioni. 2016. Buying Green! A Handbook on green public procurement. Luettavissa: [https://ec.europa.eu/environment/gpp/buying\\_handbook\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/gpp/buying_handbook_en.htm). Luettu: 13.09.2022.

Fernando, J. 2022. Net Present Value (NPV): What It Means and Steps to Calculate it. Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>. Luettu: 19.10.2022.

Kneifel, J. & Webb, D. 2022. NIST Handbook 135 Life-Cycle Costing Manual For The Federal Energy Management Program. Luettavissa: <https://nvlpubs.nist.gov/nist-pubs/hb/2022/NIST.HB.135e2022-upd1.pdf>. Luettu: 12.09.2022.

Koskela, S. 2014. Elinkaariajattelu. Luettavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/resurssitehokkuus/elinkaariajattelu](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/resurssitehokkuus/elinkaariajattelu). Luettu: 07.10.2022.

Leiva, C. 2016. 11 Ways to Reduce Cost of Quality with Integrated MES and EQMS. Luettavissa: <https://www.ibaset.com/11-ways-to-reduce-cost-of-quality-with-integrated-mes-and-eqms/>. Luettu: 21.11.2022.

Lustgarten, S. 2020. Core Features Of Manufacturing Execution Systems: What Functionality Should You Expect? Luettavissa: <https://tulip.co/blog/core-features-of-mes-manufacturing-execution-systems/#mes-core-functions>. Luettu: 17.11.2022.

Mearig, T. & Morris, L. & Morgan, M. 2018. Life Cycle Cost Analysis Handbook. State of Alaska – Department of Education & Early Development 2nd Edition. Luettavissa: <https://education.alaska.gov/facilities/publications/LCCAHandbook.pdf>. Luettu: 13.09.2022.

Motiva. 2018. Elinkaarikustannuslaskenta – LCC (Life Cycle Costing). Luettavissa: [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kestavat\\_julkiset\\_hankinnat/tietopankki/elinkaarikustannuslaskenta\\_lcc\\_%28life\\_cycle\\_costing%29](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/elinkaarikustannuslaskenta_lcc_%28life_cycle_costing%29). Luettu: 13.09.2022.

Rahoittamo. Diskonttaus ja viivästyskorkeiden laskeminen. Luettavissa: <https://www.rahoittamo.com/diskonttaus/>. Luettu: 10.09.2022.

Rakennetun ympäristön sanasto. 2020. Terminologiset sanastot. elinkaarikustannus. Luettavissa: <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/elinkaarikustannus>. Luettu: 13.09.2022.

SAP Insights. What is and MES (manufacturing execution system)? Luettavissa: <https://www.sap.com/insights/what-is-mes-manufacturing-execution-system.html>. Luettu: 17.11.2022.

Sieglinde Fuller. 2016. Life-Cycle Cost Analysis (LCCA). Luettavissa: <https://www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-lcca>. Luettu: 08.09.2022.

Spickova, M & Myskova, R. 2015. Costs Efficiency Evaluation using Life Cycle Costing as Strategic method. Luettavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221256711501638X>. Luettu: 07.10.2022.

Terna S.p.A. Costs For The Environment. Luettavissa: <https://www.terna.it/en/sustainability/environment/costs-environment>. Luettu: 17.11.2022.

TheSharpener. 2022. The Benefits Of A Production System. Luettavissa: <https://www.thesharpener.net/what-is-production-information-system-briefly-explain/>. Luettu: 13.09.2022.

Tiedonhallintalautakunta. 2020. Suosituskokoelma tiettyjen tietoturvaluusäännösten soveltamisesta. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2020:61. Luettavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162433/VM\\_2020\\_61.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162433/VM_2020_61.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Luettu: 27.10.2022.

Tieteen termipankki 2022. Ympäristötieteet:elinkaari. Luettavissa: <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:elinkaari>. Luettu: 12.09.2022.

TSK 27. 1998. Ympäristösanasto. elinkaariarviointi. Luettavissa: <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/lca>. Luettu: 14.09.2022.

Visma. Huomioithan hankinnan kokonaishinnan? Luettavissa: <https://www.visma.fi/vismapublic/tietojarjestelman-hankinta/hankintapaatos/>. Luettu: 14.09.2022.

Wall Street Prep, Inc. 2022. Discount Rate. Guide to Understanding the Discount Rate (WACC). Luettavissa: <https://www.wallstreetprep.com/knowledge/discount-rate/>. Luettu: 14.10.2022.

Wallstreetmojo Editorial Team. What is Discount Rate? Luettavissa: <https://www.wallstreetmojo.com/discount-rate/>. Luettu: 27.10.2022.

## Liitteet

### Liite.1. Työkalu (Excel)

Vaihtoehto	A	B	C
Elinkaari (v)	15	15	15
<b>Hankinta</b>			
Hankintahinta	100 000,0 €	200 000,0 €	250 000,0 €
Muu hankintakustannus	60 000,0 €	25 000,0 €	
Muu hankintakustannus			20 000,0 €
Muu hankintakustannus			
Asennus	12 000,0 €	3 000,0 €	30 000,0 €
Muu kertakustannus			
Muu kertakustannus			
Käyttöönotto			
<b>Energia</b>			
Energian kulutus (/v)	400,0 €	1 000,0 €	4 000,0 €
Sähkön kulutus (/v)	4 000,0 €	2 000,0 €	10 000,0 €
Veden kulutus (/v)			
Muu energian kulutus (/v)	1 000,0 €		
Muu energian kulutus (/kk)			
<b>Käyttö, ylläpito ja huolto</b>			
Vakuutus (/v)			
Suojaus (/v)			
Muu suojauskustannus (/v)			
Lisenssit (/v)	10 000,0 €	2 000,0 €	
Muut lisenssit (/v)			
Muut lisenssit 2 (/kk)			
Palvelut (/v)			5 000,0 €
Palvelut (/kk)			
Huolto			
Huolto (/v)			
Ylläpito (/v)	15 000,0 €	4 000,0 €	20 000,0 €
Ylläpito (/kk)			
Työvoima			
Koulutus			
Koulutus (/kk)	500,0 €	2 000,0 €	4 000,0 €
Koulutus (/v)			
Käytöstä poisotto			
Muu ylläpitokustannus			
Muu ylläpitokustannus (/v)			

<b>Ympäristö</b>			
Ympäristö			
Ympäristö (/kk)	600,0 €		
Ympäristö (/v)	200,0 €		
Ympäristö muu (/v)			
<b>Korvaus</b>			
Korvaus	200,0 €		2 000,0 €
Korvaus muu			
Jäännösarvo			
Jälleenmyynti			
<b>Muut</b>			
Muut kustannukset	1 500,0 €		
Muut kustannukset (v)			1 000,0 €
<b>Yhteensä (kertakustannukset)</b>	<b>173 700 €</b>	<b>228 000 €</b>	<b>302 000 €</b>
<b>Yhteensä (jatkuvat/v)</b>	<b>43 800 €</b>	<b>33 000 €</b>	<b>88 000 €</b>
<b>Yhteensä elinkaaren lopussa</b>	<b>830 700 €</b>	<b>723 000 €</b>	<b>1 622 000 €</b>

<b>Ominaisuudet</b>			
<b>Tuotannon toiminnot</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>20</b>
Muutoshallinta	3	2	4
Konfigurointi	0	9	
Tuotannon osien seuranta/saatavuus	4	4	1
Työohjeet	3	4	10
Prosessin hallinta			
Resurssien hallinta			
Materiaali- ja tuotantologistiikka	1	5	5
Koneohjelmien suorittaminen			
Muu tuotannon toiminto			
Muu tuotannon toiminto			
Muu tuotannon toiminto			
<b>Laatu</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>24</b>
Tarkastuslaitteiden hallinta	4	3	4
Tilastollinen järjestelmänvalvonta		5	3
Tuotteen konfiguroinnin validointi			
Validointi			
Vaatimustenmukaisuuden hallinta	3	2	9
Prosessitietojen käsittely		5	8
Muu laadun ominaisuus			
Muu laadun ominaisuus			
<b>Henkilöstöresurssit</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
Henkilöstöturvallisuus	3	3	6
Kulunvalvonta			
Työajan kirjaaminen	5		
Henkilöstön pätevydet			7
Muu henkilöstöresurssi			
Muu henkilöstöresurssi			

<b>Datan keruu ja hallinnointi</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>33</b>
Tuotantotietojen hankinta	2	3	7
Konetietojen kerääminen	3	4	4
Tiedonkeruu prosessin aikana		2	
Muu datan keruun ominaisuus	3	7	
Muu datan keruun ominaisuus	6	4	6
Data integrity	6	7	8
Tiedon salassapito	4		
Varmuuskopiointi	4	5	8
<b>Järjestelmän integraatiot ja ylläpito</b>	<b>44</b>	<b>21</b>	<b>85</b>
Datan varastointi	3		6
Toimitus	4	0	6
Käyttöönotto			
Pilvipalvelut	4	4	4
Järjestelmän kahdentaminen	4	1	6
Järjestelmän varavoima	4	5	10
Takuu	2	0	4
Tietoturva	9	4	7
Tietoturva			4
Huolto	4	5	7
Lisenssit	6	2	10
Tukipalvelu	4		4
Tukipalvelu	0	0	4
Muu integraation ominaisuus			8
Muu integraation ominaisuus			5
Muu ylläpidon ominaisuus			
Muu ylläpidon ominaisuus			
<b>Yhteensä</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>175</b>



Tulokset	A	B	C
<b>Kustannukset</b>			
Hankintakustannukset	173 700,00 €	228 000,00 €	302 000,00 €
Jatkuvat kustannukset /v	43 800,00 €	33 000,00 €	88 000,00 €
Jatkuvat kustannukset yhteensä	657 000,00 €	495 000,00 €	1 320 000,00 €
<b>Elinkaarikustannukset</b>	<b>830 700,00 €</b>	<b>723 000,00 €</b>	<b>1 622 000,00 €</b>
Nykyarvon korko	10 %	10 %	10 %
Jatkuvien kustannusten nykyarvo	333 146,28 €	251 000,62 €	669 335,00 €
<b>Elinkaarikustannusten nykyarvo</b>	<b>506 846,28 €</b>	<b>479 000,62 €</b>	<b>971 335,00 €</b>
<b>Ominaisuudet pistetytys</b>			
Tuotannon toiminnot	11	24	20
Laatu	7	15	24
Henkilöstöressurit	10	3	13
Datan keruu ja hallinnointi	28	32	33
Järjestelmän integraatiot ja ylläpito	44	21	85
<b>Yhteensä</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>175</b>
<b>Elinkaarikustannukset</b>	<b>830 700,00 €</b>	<b>723 000,00 €</b>	<b>1 622 000,00 €</b>
<b>Ominaisuudet pisteytys</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>175</b>
Kustannusten painotus %	70	70	70
Ominaisuuksien painotus %	30	30	30
Lasku			
Kustannusten suhteet	0,51	0,45	1,00
Ominaisuuksien suhteet	1,05	1,00	1,84
Painotukset kustannukset	0,36	0,31	0,70
Painotukset ominaisuudet	0,32	0,30	0,55
<b>Painotettu tulos</b>	✓ <b>0,245</b>	✓ <b>0,218</b>	✗ <b>0,313</b>