



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VILLE NOKELAINEN  
TUOTELUOKITUSTEN MAHDOLLISUUDET UUDEN TUOTTEEN  
JA TUOTEMUUTOSTEN SUUNNITTELUSSA  
Diplomityö

Tarkastaja: Associate Professor (tenure track) Marko Seppänen  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty Talouden ja rakentamisen tiedekuntaneuvoston kokouksessa 9. maaliskuuta 2016

## TIIVISTELMÄ

**NOKELAINEN, VILLE:** Tuoteluokitusten mahdollisuudet uuden tuotteen ja tuotemuutosten suunnittelussa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 93 sivua, 1 liitesivu

Kesäkuu 2016

Tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotantotalous

Tarkastaja: Associate Professor (tenure track) Marko Seppänen

**Avainsanat:** vaatimuksienhallinta, tiedonhallinta, suunnittelu, tuotekehitys, kustannusten alentaminen

Nykypäivän yritykselle tiedonhallinta ja sen onnistunut soveltaminen, on tärkeä menestystekijä voimakkaasti kilpailluilla markkinoilla. Tiedon kerääminen ja sen analysointi tuotetta koskevista vaatimuksista tuotekehitystä ja tuotemuutoksia varten on siten tärkeä osa yritysten toimintaa. Tämän kerätyn tiedon hallinta sekä soveltaminen yrityksen tuottaman asiakasarvon parantamiseksi tulisi olla jokaisen yrityksen tavoitteena.

Tämän tapaustutkimuksen tavoitteena on tutkia luokituslaitosten luokitussääntöjen asettamia vaatimuksia uuden tuotteen ja tuotemuutosten suunnittelussa niiden helpottamiseksi. Samalla tarkastellaan tutkimustyön synnyttämän ja jäsentämän tiedon tuottamia etuja sekä mahdollisuuksia yrityksen toiminnalle.

Työssä perehdytään tutkimuskohteena olevaan tuotteeseen sekä siihen kohdistuvien luokitussääntöjen vaikutuksiin ja haasteisiin. Kirjallisuustutkimusosassa käydään läpi yrityksen tiedonhallintaan, tuotekehitys- ja suunnittelutoimintaan sekä laatukustannusten hallintaan liittyviä tekijöitä. Työssä esitellään sen aikana luotu matriisiperusteinen tutkimustyökalu luokitussääntöjen keräämiseen ja analysointiin. Kerätyn tiedon analysoinnilla pyrittiin ymmärtämään ja selvittämään tuotteeseen kohdistuvia vaatimuksia sekä tutkimaan tiedon mahdollisia hyödyntämistapoja yrityksen toiminnassa. Tällä pyrittiin osoittamaan työkalun hyödyt sekä mahdollisuudet yrityksen toiminnalle ja luomaan pohja työkalun kannattavuuden arvioinnille.

Luokitussääntöjen keräämisen käytetyn matriisin analyysi osoittaa sen olevan hyödynnettävissä uuden tuotteen ja tuotemuutosten suunnittelutyössä, tuotekehityksen ja projektisuunnittelun tukena sekä yrityksen muiden sidosryhmien ja toimintojen tukemisessa. Tulokset osoittavat, että työkalua ja sen tietoa voidaan hyödyntää suunnitteluparametrien selvittämiseen ja rajaamiseen sekä tukemaan modulaarisen tuotteen kehitystä. Työkalulla nähtiin myös olevan soveltamisen mahdollisuuksia yrityksen tuotetietoa käsittelevissä järjestelmissä ja sen eri sidosryhmissä, jotka osallistuvat luokitusprosessiin.

## ABSTRACT

**NOKELAINEN, VILLE:** Possibilities of Product Classifications for the Design of New Products and Product Changes

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 93 pages, 1 Appendix page

June 2016

Master's Degree Programme in Industrial Management and Engineering

Major: Industrial Management

Examiner: Associate Professor (tenure track) Marko Seppänen

**Keywords:** requirements management, information management, design, product development, cost reduction

Nowadays information management, and the application of the knowledge contain within, is an essential factor for a company which wishes to be successful in a highly competitive market. The collection of data and its analysis is an important factor for a company to be able to create a specification for a new product or for the development of an existing product. Information management and analysis of the data contained can be used to improve the customer's perception of a product, this should be an objective of every company.

The objective of this case study is to examine the rules and requirements set out by the classification societies, in order to identify opportunities for the development of new products or enhancements to existing product designs. The study will also try to detect from the gathered data other information that may prove to be beneficial to a company's operation.

The thesis focuses on observing and identifying how classification rules may affect product design and development, and on how the rules create challenges within the design and development cycle. Research on literature has given data related to information management, product design and development, and quality and cost management. In the course of the study a matrix based research tool was developed for the collection and analysis of the classification societies' rules. The analysis of the collected data was aimed at identifying opportunities or requirements for new product designs and for product developments. It was also considered how the data might be used in a wider scope to give information on a company's operations. It was envisioned that this would demonstrate the benefits of the research tool as a cost effective means of analysing and improving a company's operational model.

The analysis of the output from the matrix based research tool shows that it could be utilized effectively in the product design and development cycle. In addition it could provide valuable information to interested stakeholders or information related to improving a company's operation. The results from the tool show that the information created is capable of identifying design parameters and limits, as well as being able to support the modular development of a product. The research tool was seen to provide opportunities to develop a company's product information management system and to offer benefits to various stakeholders involved with the classification process.

## ALKUSANAT

Aloittaessani opintoni työni ohella vuonna 2012 en voinut uskoa että diplomityön ja siten opintojen loppuun vieminen saattaisi kestää näinkin pitkään. Työelämä kuitenkin asettaa haasteita opiskelulle ja oman aikataulun hallinta sekä joustavuus ovat olleet tärkeässä osassa onnistunutta suoritusta. Diplomityö päättää yhden vaiheen elämässäni, mutta samalla avaa monta uutta mahdollisuutta ja haasteetta.

Kiitän teitä kaikkia, jotka teitte mahdolliseksi tämän diplomityönä toteutetun tutkimuksen. Erityisesti haluan kiittää teitä, jotka mahdollistitte työelämän ja opiskelun yhdistämisen onnistuneesti näiden kuluneiden vuosien varrella.

Raumalla, 19.5.2016

Ville Nokelainen

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Taustaa tutkimukselle.....	2
1.2	Tutkimuskysymykset ja työn tavoite .....	3
1.3	Tutkimuksen ja työn rajaus .....	4
2.	TEORIATAUSTA .....	5
2.1	Tiedolla johtamisen peruskäsitteet.....	5
2.2	Tuotteen kehitys, elinkaari ja kustannukset .....	10
2.3	Kustomointi ja modulaarisuus.....	19
2.4	Suunnittelumenetelmät ja matriisityökalut .....	26
2.5	Yhteenveto taustateoriasta .....	37
3.	LUOKITUSONGELMA.....	39
3.1	Kohdeyritys .....	40
3.2	Luokituslaitos ja luokitusprosessi .....	40
3.3	Suunnittelu ja kertyvä hiljainen tieto .....	45
3.4	Yritys suunnitella moduloitu tuote.....	45
3.5	Koettuja ongelmia .....	47
3.6	Yhteenveto yrityksen kohtaamista haasteista.....	50
4.	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT.....	51
4.1	Tutkimusmenetelmät ja tutkimusprosessi .....	51
4.2	Tutkimustyyppit ja tutkimusstrategia.....	54
4.3	Aineiston kuvaaminen.....	55
4.4	Tutkimuksen arvioinnista.....	56
5.	TUTKIMUSTYÖKALU.....	59
5.1	Tavoitteet.....	59
5.2	Tarpeet ja vaatimukset .....	60
5.3	Matriisin suunnittelu ja toteutus.....	61
5.4	Testaus ja aineiston keräys.....	69
6.	TUTKIMUSTULOKSET .....	72
6.1	Tulosten analysointiperiaatteet.....	73
6.2	Matriisin analysoinnin tulokset.....	74
6.3	Matriisin hyödyt ja mahdollisuudet .....	79
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	85
7.1	Käytännön implikaatiot.....	85
7.2	Teoreettinen kontribuutio.....	87
7.3	Arviointi ja tunnistetut rajoitteet .....	87
7.4	Jatkotutkimus- ja kehitysaiheet .....	89
	LÄHTEET.....	90

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b>	<i>Työn rajauksen osajoukko luokitusääntöjen perusjoukossa</i> .....	4
<b>Kuva 2.</b>	<i>Tieto ja sen muodostuminen (Hawryszkiewicz 2009, s.73)</i> .....	7
<b>Kuva 3.</b>	<i>SECI-prosessispiraali (Nonaka et al. 2008, s.19)</i> .....	8
<b>Kuva 4.</b>	<i>Yrityksen kohtaamat osaamiskuilut (Pfeffer &amp; Sutton 2000)</i> .....	9
<b>Kuva 5.</b>	<i>Vaihe-portti -tuotekehitysprosessi (Cooper 2001, s.130)</i> .....	12
<b>Kuva 6.</b>	<i>Tuotteen yleinen elinkaarimalli (mukaiillen Haverila et al. 2009, s.265)</i> .....	13
<b>Kuva 7.</b>	<i>V-malli (Hull et al. 2011, s.19–20)</i> .....	15
<b>Kuva 8.</b>	<i>Kustomoinnin eri tasot (Huhtala &amp; Pulkkinen 2009, s.167)</i> .....	20
<b>Kuva 9.</b>	<i>Tuoterakenne (Slack et al. 2010, s.123)</i> .....	24
<b>Kuva 10.</b>	<i>Viisi modulaarisuuden tyyppiä (Österholm &amp; Tuokko 2001, s.10)</i> .....	25
<b>Kuva 11.</b>	<i>QFD-menetelmän mukainen laatutalo (Slack et al. 2010, s.126)</i> .....	27
<b>Kuva 12.</b>	<i>Laatutalo linkkinä suunnittelun eri vaiheisiin (Slack et al. 2010, s.127)</i> .....	28
<b>Kuva 13.</b>	<i>MFD-menetelmän vaiheet (Österholm &amp; Tuokko 2001, s.18)</i> .....	29
<b>Kuva 14.</b>	<i>Pughin valintamatriisi (mukaiillen Burge 2009; Erixon 1998, s.71)</i> .....	30
<b>Kuva 15.</b>	<i>DSM-matriisi ja tehtäväjärjestyksien kytkennät (mukaiillen Huhtala &amp; Pulkkinen 2009)</i> .....	32
<b>Kuva 16.</b>	<i>Kustannusten hallinnan menetelmien väliset näkökulmaerot (mukaiillen Knapp 2011, s.7)</i> .....	33
<b>Kuva 17.</b>	<i>Toiminnallisen analyysin soveltaminen DFA-menetelmässä (Whitney 2004; Boothroyd 2005)</i> .....	35
<b>Kuva 18.</b>	<i>Tuotteen pelkistetty luokitusprosessi myynnistä tehdaskokeeseen</i> .....	43
<b>Kuva 19.</b>	<i>Tuotteen pelkistetty luokitusprosessi tehdaskokeesta käytöstä poistoon</i> .....	44
<b>Kuva 20.</b>	<i>Aineiston, menetelmän ja ongelman vaikutukset (Laine et al. 2007, s.27)</i> .....	53
<b>Kuva 21.</b>	<i>Erilaisten tutkimustyyppien jaottelu ja tapaustutkimus (mukaiillen Holopainen, M &amp; Pulkkinen 2008, s.20–21; Gerring 2007)</i> .....	54
<b>Kuva 22.</b>	<i>Todisteketju ylläpitää tutkimuksen reliabiliteettia (Yin 2014, s.128)</i> .....	58
<b>Kuva 23.</b>	<i>Tutkimustyökalun moduulit ja niiden järjestely</i> .....	61
<b>Kuva 24.</b>	<i>Laivatyyppi- ja laitetyyppimoduulin rakenne</i> .....	62
<b>Kuva 25.</b>	<i>Luokitussääntömoduulin rakenne</i> .....	63
<b>Kuva 26.</b>	<i>Luokitussääntömoduulin rakenne ja sen osat</i> .....	64
<b>Kuva 27.</b>	<i>Muutoksenhallintamoduulin rakenne</i> .....	65
<b>Kuva 28.</b>	<i>Apu- ja vaatimusmoduulin rakenne</i> .....	66
<b>Kuva 29.</b>	<i>Dokumentti- ja luokituslaskemamoduulin rakenne</i> .....	67
<b>Kuva 30.</b>	<i>Tuoterakennemoduulin rakenne</i> .....	68

<b>Kuva 31.</b>	<i>Tuotteelle kohdistuvien luokitussääntöjen prosentuaalinen jakaantuminen eri vaatimustyyppien välillä.....</i>	<i>74</i>
<b>Kuva 32.</b>	<i>Tuotteelle kohdistuvien luokitussääntöjen prosentuaalinen jakaantuminen eri suunnittelulajien välillä.....</i>	<i>75</i>
<b>Kuva 33.</b>	<i>Luokitussääntöselvityksen vaikutus tuotteen tunnettuihin rajoitteisiin. ....</i>	<i>76</i>
<b>Kuva 34.</b>	<i>Vaaditut sertifikaatit voidaan suodattaa esiin luokkakohtaisesti suhteessa tuoterakenteeseen.....</i>	<i>80</i>
<b>Kuva 35.</b>	<i>Vaatimusten kohdentuminen projektille kopioidulle tuoterakenteelle ....</i>	<i>83</i>
<b>Kuva 36.</b>	<i>Ehdollisen sääntökohdan arviointi ja vaatimuksen lisäys toimitusprojektin tuoterakenteelle.....</i>	<i>84</i>

## LYHENTEET JA TERMIT

ABS	engl. American Bureau of Shipping, yhdysvaltalainen luokituslaitos.
BV	rans. Bureau Veritas, ranskalainen luokituslaitos.
DFA	engl. Design for Assembly, suunniteltu kokoonpantavaksi.
DFM	engl. Design for Manufacture, suunniteltu valmistettavaksi.
DFX	engl. Design for X, tarkoittaa yleisesti suunnittelumetologioita joissa tuote suunnitellaan tietyn lähtökohdan x mukaan, kuten esimerkiksi DFA.
DNV	norj. Det Norske Veritas, norjalainen luokituslaitos.
DNV_GL	norj. Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd, norjalaissomis-teinen luokituslaitosten yhteenliittymä.
DPM	engl. Design Property Matrix, suunnitteluominaisuusmatriisi.
DTC	engl. Design-to-Cost, prosessi tuotteen tai palvelun hinnanoptimoimiseksi suhteessa sen tuottamaan arvoon.
DTV	engl. Design-to-Value, katso VE.
ERP	engl. Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä.
et al.	lat. et alii tai et aliae, ja muut
GL	saks. Germanischer Lloyd, saksalainen luokituslaitos.
JIT	engl. Just-in-Time, johtamisfilosofia jonka tarkoituksena on parantaa tehokkuutta. Suomessa käytetään yleisesti termiä JOT eli Juuri oikeaan tarpeeseen.
LRS	engl. Lloyd's Register of Shipping, on luokituslaitos Iso-Britannian ja Pohjois-Irlannin yhdistyneistä kuningaskunnista.
luokituslaitos	suom. Luokituslaitos, laitos joka asettaa ja valvoo laivojen meriteknikan suunnittelu- rakenne- ja tarkastusvaatimuksia päämääränä edistää merenkulun turvallisuutta.
MFD	engl. Modular Function Deployment, modulaarisen toiminnon käyttöönottomenetelmä on menetelmä modulaarisen tuotteen kehittämiseksi.
NK	jap. Nippon Kampei, japanilainen luokituslaitos.
PDF	engl. Portable Document Format, Adoben kehittämä ohjelmistoriippumaton, siirrettävä tiedostomuoto.
PLM	engl. Product Lifecycle Management, tuotteen elinkaaren hallinta.
QFD	engl. Quality Function Deployment, laatufunktion käyttöönotto.
RINA	ital. Registro Italiano Navale, italialainen luokituslaitos.
RS	engl. Russian Maritime Register of Shipping, venäläinen luokituslaitos.
SECI	engl. Socialization Externalization Combination Internalization, tiedon luomisen prosessimalli jonka neljä vaihetta ovat tiedon sosialisointi, ulkoistaminen, yhdistäminen ja sisäistäminen.
VE	engl. Value Engineering, arvoanalyysi on menetelmä tuotteen kustannusten alentamiseksi, ilman sen tuottaman asiakasarvon laskua.



# 1. JOHDANTO

Yritysten tulee olla selvillä tuotteisiinsa liittyvistä vaatimuksista. Näitä ovat esimerkiksi tuotteen hinta, asiakas, turvallisuus, suorituskyky ja muut vastaavanlaiset vaatimukset. Lisäksi yrityksen tulisi tuntea merkittävät tuotetta koskevat osa-alueet ollakseen kilpailukykyinen markkinoilla, joilla on kilpailevia tuotteita tarjoavia toimijoita. Yrityksen toimintastrategia määrittelee, kuinka yritys tulkitsee nämä vaatimukset. Yritys valitsee kilpailutekijöihin liittyvän liiketoimintastrategian tai taktiset tavoitteet, joiden perusteella se kohdistaa resurssinsa tuotteidensa kehittämiseen ja tehokkuuteen.

Oman strategiansa ja asiakkaan tuotteelle asettamien tarpeiden lisäksi yritykseen ja sen tuotteisiin kohdistuu yleisiä vaatimuksenmukaisuuksia kuten lakeja, standardeja, yhteiskunnallisia vaatimuksia sekä muita normistoja. Yrityksen on seurattava näitä normeja toimiakseen markkinoilla täyttäen toiminnalleen sekä sen markkinoille tarjoamalleen tuotteistolle asetetut vaatimuksenmukaisuudet. Tämän tiedon kerääminen, tulkinta, hyödyntäminen ja hallinta ovat osa yrityksen kilpailukykyä, joten se tulee tehdä mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti välttämällä turhaa, tuotteen asiakasarvoa alentavaa toimintaa. Mikäli yritys hallitsee tietoa innovatiivisesti ja tehokkaasti, voi tiedon hallinta ja sen tuottama arvo tuoda yritykselle kilpailuetua muihin samalla markkinasektorilla toimiviin yrityksiin nähden.

Yrityksen ja sen tarjoaman tuotteen asiakkaalle tuottama arvo on monen eri osa-alueen summa. Menestyksenkäs toiminta edellyttää yrityksen sidosryhmien yhteistyön tehokkuutta, jossa keskinäinen tiedonvälitys ja jako toimivat. Tähän yritys tarvitsee työkalut, tavan hallita osaamistaan sekä tietoaan osana sen toiminnan eri osa-alueita. Kerättyä tietoa voidaan hyödyntää yrityksen eri toiminnoissa ja pyrittäessä parantamaan sen asiakkaalle tuottamaa arvoa. Yrityksen tuotekehitykselle on usein arvokasta tuntea tuotetta koskevat vaatimukset ja näiden vaatimusten asettama liikkumatila. Myös osavalmistuksen on tärkeää tuntea samoista vaatimuksista johtuvat valmistustekniset asiat, kun taas projektinvedon on tunnettava tuotetta ja sen toimittamista koskevat dokumenttivaatimukset. Markkinointiosasto voi hyödyntää tietoa tuotteen täyttämistä vaatimuksista omassa markkinointityössään, jos tällä voidaan tuoda myönteistä erottuvuutta kilpailijoihin nähden. Yrityksen hyvä tuntea tuotetta koskevat vaatimukset ja näin mahdollisesti tuoda asiakkaalle lisäarvoa yritykseen kertyneen tiedon ja erikoisosaamisen kautta. Tämä tukee yrityksen kilpailukykyä sen kilpailijoita vastaan tälläkin osa-alueella. Tämän tiedon hallintaan käytettävät menetelmät lasketaan tiedon hallinnan ja tietojohdamisen alle ja joita voidaan hyödyntää yrityksen eri toiminnan alueilla.

## 1.1 Taustaa tutkimukselle

Kansainväliseen monitoimialakonserniin kuuluva teknologiateollisuusyritys valmistaa erilaisia meriteollisuuden tuotteita. Yrityksen eräällä osastolla on käynnissä tuotekehitysprojekti, jonka päätavoitteena on uuden modulaariseen tuoterakenteen omaavan päätuotteen toimittaminen osaston edustamalle tuotesektorille. Tuotekehitysprojektin tavoitteena on lisäksi kehittää uusi modulaarinen konetuote yrityksen aiemman moduulituotteen korvaajaksi täyttäen tuotekehitysprojektin tavoitteet. Yrityksen osastolla on aiempaa kokemusta päätuotteen moduloinnista, josta se on voittanut tuotekehityspalkinnon.

Tuotekehitysprojektin tavoitteena on alentaa tuotteen yksikkökustannuksia ja näin parantaa yrityksen kilpailukykyä markkinasektorilla, jonka sisäinen kilpailu on koventunut viime vuosien aikana merkittävästi eri kilpailijoiden ja vaikean markkinatilanteen takia. Lisäksi pyritään parantamaan päätuotteen vastaavuutta asiakkaiden esittämiin toiveisiin tuotteen toiminnollisuudesta ja laadusta.

Yrityksessä on siirrytty uuteen toiminnanohjausjärjestelmään, jonka vuoksi käynnissä on kattava suunnittelujärjestelmien yhtenäistämiprojekti konsernin eri toimipisteiden välillä. Tämä yhtenäistämiprojekti kattaa PLM-järjestelmän (Product Lifecycle Management) eli tuotteen elinkaaren hallitsemiseen käytettävän järjestelmän sekä erilaiset tuotesuunnittelun käyttämät ohjelmistot. Siirtyminen uusiin järjestelmiin vaatii vanhoihin ohjelmistoihin integroitujen toiminnollisuuksien siirtämistä uusiin järjestelmiin sekä täysin uusien ratkaisujen kehittämistä.

Osana tätä tuotekehitys- ja modernisointiprojektia on yrityksen osaston tarpeena selvittää sen erään erikoistuotteen suunnitteluun ja luokittamiseen liittyviä vaatimuksia niin tuotekehityksen kuin projektisuunnittelun taholtakin. Muita sidosryhmiä edellä mainituille tarpeille on yrityksen materiaalihakintojen suunnittelussa, huollossa, projektinvedossa ja muissa tuotteen toimitukseen liittyvillä osastoilla, joilla on tarve tuntea näiden vaatimusten sisältö.

Merkittävä osuus kyseisten laitteiden suunnitteluvaatimuksista tulee yleisten koneenrakennusstandardien lisäksi meriluokituslaitoksilta. Säännöt ohjaavat laivanrakennusta ja niiden varustukseen liittyviä yksityiskohtia, jotka kohdistuvat laivaan asennettaviin koneisiin ja laitteisiin. Haasteena on tuntea näiden luokituslaitosten yhteiset vaatimukset sekä eroavaisuudet sekä näiden kohdistuvuus yrityksen tarjoamaan ja sen yksittäisiin tuoteperheisiin ja niiden tuotteisiin. Yrityksen pitää tuntea luokituslaitoksen säännösten vaatimukset niin laitteen rakentamisen kuin sen suorituskyvyn kannalta. Lisäksi yrityksen pitää tuntea tuotteiden dokumentoinnille ja luokituslaitoksen sertifiointivaatimukset, jotka muodostavat yrityksen tuotteelle kohdistuvat luokituskulut. Yritys kokee haasteelliseksi tuntea eri luokituslaitosten sen tuotteelle asettamat erilaiset vaatimukset, jotka vaikuttavat tuotteen materiaaleihin, toteutukseen sekä suorituskykyyn.

## 1.2 Tutkimuskysymykset ja työn tavoite

Työn tutkimusongelma keskittyy yrityksen mainitun osaston erikoistuotteeseen kohdistuvien luokituslaitosten sääntöjen ja niiden tuotteeseen kohdistuvien vaikutusten tutkimiseen. Työn aiheen valinnan taustalla oli tutkijan kiinnostus tuotevaatimuksia kohtaan ja tarve selvittää mitä yhteisiä sekä erityisvaatimuksia meriluokituslaitoksilla on yrityksen erikoistuotteeseen. Lisäksi haluttiin tietää mitä muita mahdollisia hyötyjä työn lopputulokseksi saadulla matriisilla voisi olla. Tutkimuksessa luotu matriisi tulee kuitenkin kehittää niin, että se on laajennettavissa koskemaan muita tuotteita tulevaisuudessa. Työssä esitettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

### Pääkysymys 1

Mitä luokituslaitosten luokitussääntöjä yrityksen tuotteeseen kohdistuu?

#### Apukysymys 1.1

Miten näitä luokitussääntöjä voidaan koota analysoitavaksi kokonaisuudeksi?

#### Apukysymys 1.2

Kuinka tätä koottua tietoa voidaan hallita ja päivittää?

### Pääkysymys 2

Mitä etua yritykselle on näiden luokitusvaatimusten tuntemisesta?

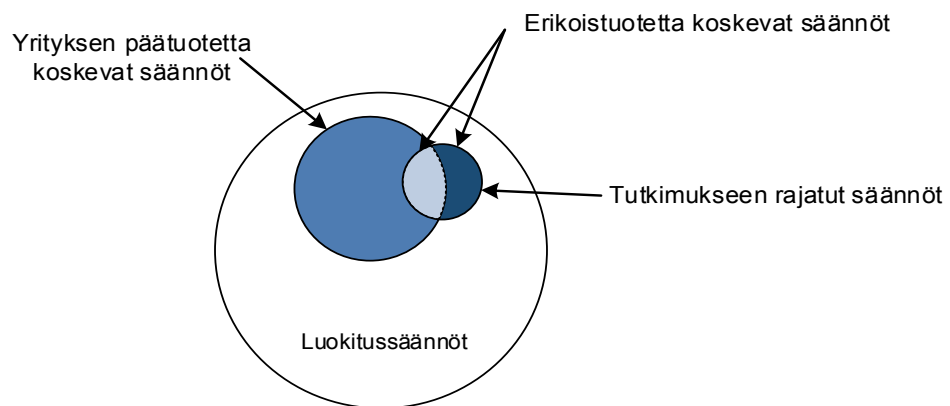
#### Apukysymys 2.1

Millä tavoin koottua luokitussääntötietoa saatettaisiin hyödyntää?

Tutkimuksessa etsitään vastauksia esitettyihin pääkysymyksiin ja apukysymysten tarkoituksena on ohjata tutkimusta sekä sen työkalujen kehitystä tutkimuksen tavoitteiden täyttämiseksi. Tässä työssä tehdyn tutkimuksen tavoitteena on tarjota kohdeyrityksen osastolle ymmärrys sen tuotteeseen kohdistuvista meriluokituslaitosten vaatimuksista ja mahdollistaa tämän tiedon hallinta sekä päivitettävyyys työn valmistumisen jälkeen. Tarkoituksena on tehostaa yrityksen tuotekehityksen ja projektisuunnittelun toimintaa. Työn osatavoitteena on paikallistaa mahdollisia kustannusoptimointikohteita luokitussääntöjen alaisissa asioissa sekä kohdistaa luokitussäännöt tuotteen tuoterakenteelle. Lisäksi tutkitaan mille muille yrityksen sisäisille sidosryhmille matriisi voi tarjota hyötyjä. Sivutavoitteena on myös tukea erikoistuotteen modulointia aikaisemmin moduloitua päätuotetta vastaavalla tavalla.

### 1.3 Tutkimuksen ja työn rajaus

Tutkimus rajataan koskemaan yhtä yrityksen tuotetta ja tähän erikoistuotteeseen kohdistuvia luokituslaitosten sääntöjä. Lisäksi rajataan päätutkimuksesta ulos yleisesti koneita koskevat luokituslaitoksen säännöt, joita kuitenkin sovelletaan tähän tuotteeseen. Tämän rajauksen tarkoituksena on kaventaa tutkimuksen kenttää suuren lähdemateriaalin määrän vuoksi. Kuva 1 havainnollistaa tutkimuksen rajauksen muodostamaa ja tutkimuskohteena olevaa luokituslaitosten joukkoa, luokituslaitosten asettamien luokituslaitosten muodostamassa perusjoukossa.



*Kuva 1. Työn rajauksen osajoukko luokituslaitosten perusjoukossa*

Lisäksi tutkimus päätettiin rajata koskemaan alla listattujen luokituslaitosten säännöstöjä tutkimuksen lähdemateriaalin suuren laajuuden vuoksi sekä työkuorman rajoittamiseksi ja työn hallittavuuden helpottamiseksi. Rajaus tehtiin valitsemalla yrityksen mielestä merkittävimmät luokituslaitokset, joiden mukaisesti luokitettaviin laivoihin tutkimuksen kohteena olevia tuotteita toimitetaan. Näitä luokituslaitoksia olivat:

- American Bureau of Shipping (ABS)
- Bureau Veritas (BV)
- Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd (DNV\_GL)
- Lloyd's Register of Shipping (LRS)
- Registro Italiano Navale (RINA)
- Russian Maritime Register of Shipping (RS)

Työn tarkoituksena ei ole tulkita luokituslaitosten tarkkaa merkitystä yrityksen tuotteelle, koska tutkija ei ole kaikkien alojen asiantuntija. Tämä tehtävä jätetään yrityksen asiantuntijoille, joille tässä työssä luotava tutkimustyökalu kehitettiin mahdollistamaan tuotetta koskevien luokituslaitosten laajempi analysointi ja hyödyntämisen.

## 2. TEORIATAUSTA

Tässä kappaleessa käsitellään työssä hyödynnettävää taustateoriaa ja siten tuodaan esille työn teoreettinen viitekehys. Tavoitteena on esittää mahdollisimman laaja teoreettinen pohja kuvaamalla työssä hyödynnettäviä teorioita sekä kuvata niihin mahdollisesti liittyviä menetelmiä. Teorian tarkoituksena oli myös tukea työssä käytetyn tutkimustyökalun kehitystä tutustuttamalla työkalun kannalta merkitykselliseen taustatietoon. Taustateorioiden valintaa pyrittiin perustelemaan työn tutkimusongelman perustana olevalla kohdeyrityksen tarpeella tutkijan parhaan ymmärryksen mukaisesti. Teoriataustan valinta tehtiin työn tutkimusongelman alustava asettelun valmistuttua ja tutkijan perehdyttyä kohdeyrityksen toimintaan sekä tuotteistoon, jota työ koskee.

Kohdeyrityksen tarpeena on hallita tutkimustyökalun avulla kerättyä tietoa ja päivittää sitä, joten teoriataustaksi päätettiin ottaa tietojohdamisen tiedonhallintaa ja sen säilyttämistä koskevaa teoriaa. Tämä tuki työssä kehitettävän ja tutkimusaineiston keräämiseksi sekä analysoimiseksi käytetyn työkalun toimintaa ja kehitystä. Tutkimuksen tarkoituksena on erityisesti hyödyttää kohdeyrityksen tuotekehitystoimintaa sekä muuta toimintaa, johon työn kohteena olevat luokitussäännöt vaikuttavat yrityksen päivittäisessä toiminnassa. Tämän vuoksi teoriataustaan sisällytettiin vaatimusten hallintaa sekä tuotekehityksen tarpeita ja innovaatioita käsitteleviä teorioita. Kohdeyrityksen päätuotteen voimakkaan modulaarisuuden vuoksi päätettiin syventyä myös modulaarisen tuotteen hallintaan sekä kehitykseen keskittyviin teorioihin, koska työkalun tarkoitus on tukea työn kohteena olevan tuotteen modulointia. Toisaalta tutkijan tuli myös tuntea tutkimustyön loppupäätelmien vuoksi yritysten sidosryhmien toimintaa yleisellä teoriatasolla, jotta tutkimustyöstä tehtävien johtopäätösten ja ratkaisumallien esittäminen helpottui.

Ongelman asettelu tälle työlle kuvataan seuraavassa luvussa, vaikka tutkimustyön kannalta perehtyminen yrityksen kohtaamaan ongelmaan ja ongelman alaisena olevaan tuotteeseen tehtiin ennen alustavan teoriapohjan valintaa. Tällöin työn taustaan perehtymätön lukija saa käsityksen työn ongelmaan vaikuttavasta teoriasta ennen varsinaisen tutkimusongelman käsittelyä.

### 2.1 Tiedolla johtamisen peruskäsitteet

Tietojohdaminen ja tiedon hallinta ovat nykyaikaisen ja yhä enenevässä määrin tietopohjaisten yritysten menestyksen ja kilpailukyvyn avaintekijöitä. Yrityksen tiedon ja osaamispääoman merkityksen korostuminen on kasvattanut tarvetta ymmärtää yrityksen aineetonta pääomaa eli osaamista sen yhtenä resurssina. Tämä kehitys johtuu siitä, että yritystoiminnalle välttämättömien laitteiden ja koneiden hankinta ja omistaminen on

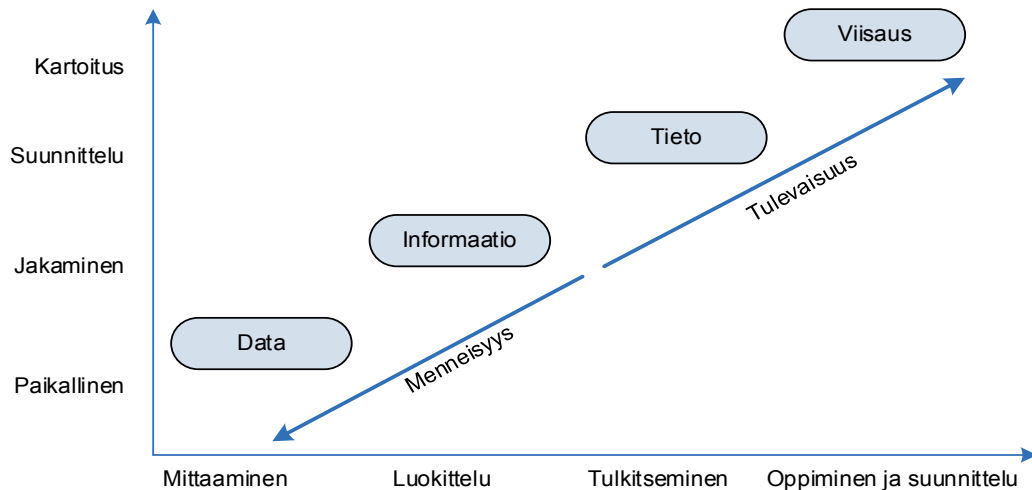
muuttunut yhä helpommaksi kilpailijoiden välillä. Näin yrityksen osaamispääoman ja sen hallinnan merkitys yrityksen kilpailukyvyllä on noussut yhdeksi tärkeimmistä tekijöistä. Osaamispääomaksi lasketaan yritykseen kertynyt tieto sekä sen työntekijät, joiden vapaa siirtyvyys yritysten välillä on kasvattanut yritysten tietojohdamisen ja tiedonhallinnan merkitystä. Osaavan työntekijän siirtyessä muualle voi työntekijälle kertyneen osaamisen hankkiminen uudelleen olla vuosien projekti, etenkin jos työntekijän hiljaista osaamista ei pyritä tallentamaan yrityksen osaamispääomaan kirjallisessa ja hallitussa muodossa (Ojala 2008, s.11–13; Nonaka & Teece 2001, s.44–46; Hawryszkiewicz 2009, s.72–73)

Kilpailukyky perustuu yrityksen kykyyn hyödyntää tietoa ja kehittää nopeasti uutta osaamista, etenkin nyt kun kilpailukenttä on tasoittunut valmistustekniikan parantuneen saatavuuden myötä. Kaikkien yritysten tuotteet perustuvat osaamiseen. Osaaminen taas perustuu tietoon, jonka määrä ja hallinta lisäävät eroavaisuuksia yritysten kilpailukyvyssä. Kilpailu käydään jatkossa yhä useammin osaamisesta, oppimisesta, oppimisen nopeudesta ja tiedon hyödyntämisestä, tietotekniikan hyödyntämisestä, innovatiivisuudesta sekä suhteista asiakkaisiin ja yhteistyökumppaneihin. Näitä tekijöitä hyödyntämällä yritys voi oppia ja kilpailla yhä tehokkaammin. Yrityksen tärkeimmät resurssit ja kyvykkyydet ovat kestäviä, vaikeasti tunnistettavia sekä ymmärrettäviä ja vaikeasti siirrettäviä taikka kopioitavia. Jos yritys hallitsee omistamansa resurssit, ovat ne yrityksen menestymisen kulmakiviä, joihin yrityksen tulisi perustaa strategiansa. (Ojala 2008, s.23–24; Hawryszkiewicz 2009, s.9; Ricceri 2008, s.3; Stähle & Grönroos 1999, s.76–77)

### 2.1.1 Tieto ja sen tuottaminen

Pragmaattinen näkökulma tietoon on mieltää se objektiksi, jota voidaan siirtää, varastoida ja arvottaa. Toinen näkökulma on nähdä tieto sen amorfisen luonteen kautta jonaakin mikä antaa ihmisille tunteita ja ajatuksia ja joista he voivat kehittää uusia ideoita. Näiden kahden ajatusmallin ero tulee esille hiljaisen ja eksplisiittisen tiedon välillä. (Hawryszkiewicz 2009, s.73–74) Tiedon voi määritellä myös ihmisymmärrykseksi jotakin spesifistä kohdetta kohtaan, joka on hankittu tutkimisen ja kokemuksen kautta. Tieto pohjautuu oppimiseen, ajatteluun ja perehtymykseen ongelmalla koskettavalla alueella. (Koskinen 2010, s.61–62)

Kuva 2 esittää tiedon spektrinä, jonka alimmalla tasolla tekemisen ja oppimisen kautta syntyvä data. Informaatio on dataa, joka on järjestetty jollain tarkoituksen mukaisella tavalla. Tieto on taas informaation tulkitsemista ja uusien oivallusten tekoa. Viisaus tai osaaminen antaa näkemystä uusissa tilanteissa ja niiden ratkaisuisissa. Viisaus on myös kykyä siirtää tietoa ja kokemusta kontekstista toiseen. (Hawryszkiewicz 2009, s.72–73; Prusak 1997, s.6–7)

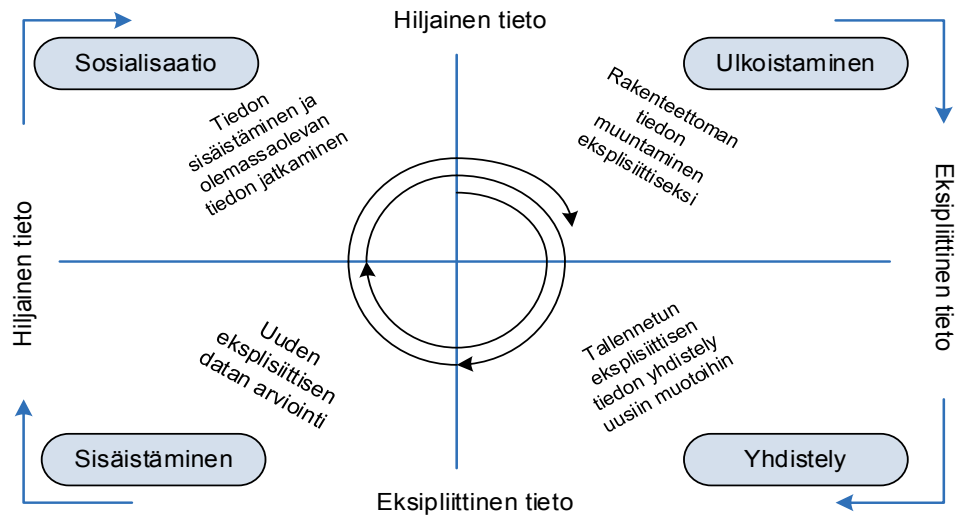


**Kuva 2.** Tieto ja sen muodostuminen (Hawryszkiewicz 2009, s.73)

Tietojohtamisessa tieto jaetaan usein kahteen eri kategoriaan, hiljaiseen ja eksplisiittiseen eli käsitteelliseen tietoon. Käsitteellinen tieto on luonteeltaan tieteellisempää, dokumentoitua ja tallennettua. Hiljainen tieto on epävirallista ja usein oppimisen kautta syntyvää vaikeasti määriteltävissä tai tallennettavissa olevaa tietoa. Hiljainen tieto on sellaista, josta sitä omaava yksilö ei ole välttämättä itsekään tietoinen, koska tiedon hyödyntäminen voi olla tiedostomaton kognitiivinen prosessi. Myös organisaatiolla saattaa olla hiljaista tiedostamatonta tietoa. (Hawryszkiewicz 2009, s.73–74; Nonaka & Teece 2001, s.245–249; Nonaka et al. 2008, s.9, 18–19; Tidd & Bessant 2013, s.575)

Tiedon tuottaminen ja sen assimilaatio ovat pääprioriteetteja missä tahansa strategiassa. Organisaatiolla on usein paljon huonosti hyödynnettyä tietoa tai pääsy tietoon, jota ei osata hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla. Tämän takia organisaatiolla on kaksi päämäärää: tiedon luominen ja sen hyödyntäminen tehokkaasti. Tämän lisäksi on varmistettava tiedon helppo saatavuus ja siirtyminen organisaation sisällä. Uuden tiedon löytämiseksi sen jakamista tulisi helpottaa organisaatiossa verkostoitumalla ja siten tehostamalla organisaation tiedonluontia ongelmanratkaisun kautta. (Hawryszkiewicz 2009, s.75–76)

Kuva 3 esittää Nonakan tiedonluonnin SECI-prosessia (Socialization, Externalization, Combination, Internalization). Se on suosittu malli uuden tiedon tuottamisesta. Sen ensimmäinen vaihe on *sosialisaatio*, jossa yksilöt tuovat yhteen kokemuksiaan ja jakavat näkemyksiään keskenään. Tämä vaihe on hiljaisen tiedon siirtämistä ja jakamista. Seuraava vaihe on tiedon *ulkoistaminen* eli vaihe, jossa osa tästä kertyneestä hiljaisesta asiantuntemuksesta tulkitaan tai muunnetaan eksplisiittiseen muotoon, jotta sitä voidaan käyttää yleisesti. (Nonaka et al. 2008, s.18–26; Hawryszkiewicz 2009, s.78–79)



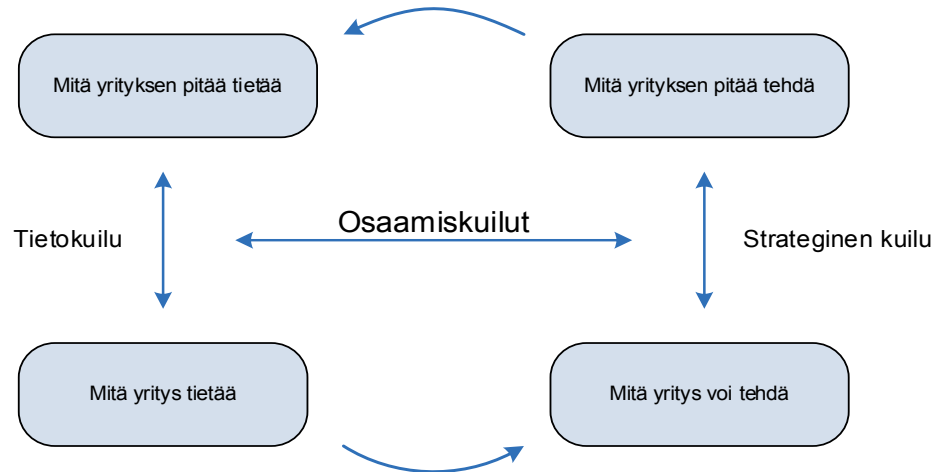
**Kuva 3.** SECI-prosessispiraali (Nonaka et al. 2008, s.19)

Kolmannessa vaiheessa uutta eksplisiittistä tietoa *yhdistellään* jo olemassa olevaan tietoon taikka teoriaan eli tietoa sovelletaan käytännössä taikka teoriassa. Tämän yhdistelyn lopputuloksia tarkastellaan ja *sisäistetään*, jolloin syntyy uutta hiljaista tietoa. Tämän vaiheen jälkeen prosessi alkaa toistaa itseään synnyttäen yhä edelleen uutta tietoa vanhan tiedon pohjalta. (Hawryszkiewycz 2009, s.78–79; Nonaka et al. 2008, s.18–26)

### 2.1.2 Osaamiskuilut esteenä

Vaikka yrityksellä olisi tietoa tai tietolähteitä on kuitenkin organisaation osaaminen tärkeässä asemassa yrityksen kilpailukyvyyn muodostumisessa. Kuilua osaamisen ja tiedon välillä kutsutaan tietokuiluksi, joka kuvaa tekemisen ja tiedon välistä osaamiskuilua. Kuva 4 esittää näitä kahta erilaista yrityksessä esiintyvää osaamiskuilua. Tietokuilu kuvaa yrityksen nykytietämyksen ja yritykselle tarpeellisen tiedon välistä tietokuilua. Tämän kuilun vuoksi yritys ei osaa tehdä sitä mitä sen pitäisi tehdä. Strateginen kuilu kuvaa yrityksen nykyistä toimintakykyä ja yritykseltä vaadittua osaamista. Nämä kaksi kuilua yhdistyvät sykliseksi yrityksen osaamisen ja sen toiminnalle asetettavien vaatimusten välille. Yrityksen on yritettävä kuroa umpeen edellä mainittu kuilu voidakseen tehdä mitä siltä odotetaan ja vastataksaan markkinoiden vaateisiin. Tietokuilu osaamisen ja tekemisen välillä tarkoittaa siis yrityksen, organisaation taikka yksilön kyvyttömyyttä hyödyntää olemassa olevaa ja kertynyttä tietoa osaamisen muodossa. Tämän tietokuilun kurominen umpeen onkin näin ollen yksi yrityksen kilpailukyvyyn tekijöistä. (Pfeffer & Sutton 2000, s.7–15)





**Kuva 4.** Yrityksen kohtaamat osaamiskuilut (Pfeffer & Sutton 2000)

(Pfeffer & Sutton 2000) esittävät useita erilaisia syitä miksi yrityksen eivät ole kyenneet muuttamaan keräämäänsä tietoa konkreettisiksi tuloksiksi. Heidän mukaansa ei riitä vain, että yritys tietää mitä pitää tehdä, kun yrityksessä keskustellaan toimisen sijaan tai kun muistaminen korvaa ajattelun. He esittävät että osaamisen ja tekemisen välille jäävä aukko on tärkeämpi kuin välinpitämättömyyden ja tietämisen välille jäävä. Heidän mukaansa tulisi keskittyä tiedonhallinnan filosofiaan ja siihen, miten se ohjaa mitä yritykset tekevät ja miksi ne tekevät, kuin siihen miten tiedonhallinta toteutetaan teknisesti.

(Pfeffer & Sutton 2000) esittelevät kirjassaan myös edellä mainitun mukaisia esteitä yrityksen toiminnalle, jotka estävät yritystä toimimasta korvaten toiminnan jonkin muun tekemisellä. Näitä esteitä ovat puhuminen, muisti, pelko ja sisäinen kilpailu. *Puhuminen* on toiminnan este, se estää muuttamasta tietoa toiminnaksi, jos puhumista pidetään tekemisenä ja oikea muutos tai toiminta jää toteuttamatta. *Muisti* korvaa usein ajattelun: ihmiset tekevät usein kuten on ennenkin tehty ja unohtavat kriittisen tarkastelun ja uusien ratkaisujen kehittämisen. *Pelko* on este, jos se estää kyseenalaistamasta vanhaa tietoa tai toimintatapaa, sen välttämiseksi yrityksessä vallitsevan ilmapiirin tulisi olla turvallinen ja luotettava. Pelko voi estää tiedonkulun johdolle joka luo väärän kuvan organisaatiosta ja toimimisen tarpeesta, se voi johtaa huonojen uutisten piilotteluun tai tiedon vääristelyyn. *Mittaaminen* muuttuu esteeksi, jos mittaukseen käytetyt mitat vievät huomion pois oikeasti tärkeistä asioista, koska mittaamattomat asiat jäävät helposti huomioimatta ja mitatut asiat tulevat tehdyksi. Tämän vuoksi mittaamisen tulisi ohjata organisaatiota, muttei olla niin voimakas toiminto, että se korvaa tiedon punnitsemisen ja viisauden sen hyödyntämisessä. *Sisäinen kilpailu* on este, jos se johtaa tiedon pimitämiseen, osaamisen tunnustamisen välttelyyn, sisäisten erojen liialliseen tarkasteluun tai ihmisten jakoon voittajiin ja häviäjiin. Puuttamalla näihin esteisiin on mahdollista muuttaa yritykseen kertynyt tieto tekemiseksi ja näin kuroa sen kohtaamat osaamiskuilut kiinni. (Pfeffer & Sutton 2000, s.29–243)

### 2.1.3 Tiedon kerääminen ja säilytys

Tiedon luominen ja sulauttaminen ovat merkittävässä osassa useimmissa strategioissa. Tämän vuoksi organisaatiot kohtaavat kahdenlaisia päämääriä joihin niiden tulisi pyrkiä. On tunnistettava parhaat tavat luoda uutta tietoa ja osattava käyttää tätä tietoa tehokkaasti. Yrityksen liiketoiminnalle tärkeiden tietojen kerääminen tulisi tehdä organisaation määrittelemien tavoitteiden ja menestystekijöiden pohjalta. (Lecklin 2006, s.254; Hawryszkiewicz 2009, s.74–75)

Kerättävälle tiedolle asetetaan erilaisia vaatimuksia kuten oikeellisuus, tuoreus, yhdenmukaisuus, helppokäyttöisyys, käytettävyyys, muunneltavuus. Mikäli tieto on virheellistä, eivät hienotkaan mallit taikka järjestelmät anna oikeaa lopputulosta. Tämän lisäksi virheellinen tieto voi aiheuttaa kustannuksia sekä laatuongelmia. Tiedon pitää olla ajanmukaista, jotta sen hyödyntäminen muuttuvassa maailmassa hyödyttää yrityksen toimintoja. Yhdenmukaisuusvaatimus tarkoittaa tiedon helppoa siirrettävyyttä, järjestelmistä tai sovelluksista toisiin. Helppokäyttöisyys tarkoittaa sitä, että tieto on saatavissa helposti käyttöön yrityksen eri toiminnoille. (Lecklin 2006, s.256–257)

Tiedon hankinta voi tapahtua tietokantojen, verkostoitumisen, ongelmanratkaisun tai muunlaisen tiedon etsinnän kautta. Uutta tietoa voi löytää organisaatiosta tai sen ulkopuolelta. Eksplisiittisen tiedon löytämisen ja luomisen lisäksi on tarpeellista säilyttää sitä tulevaa käyttöä varten. Kokemusperäinen tieto on hyödyllistä, koska se tarjoaa näkemyksen tuleviin toimiin. Tällaisen tiedon varastoa kutsutaan organisatoriseksi muistiksi. Sillä tarkoitetaan vanhojen virheiden toistamisen ehkäisyä ja hyvien lopputulosten julkituomista. Tiedon tallentamisessa ja varastoinnissa on kaksi lähestymistapaa. Nämä ovat ihmisten hiljainen tieto ja kirjallinen eksplisiittinen tieto. Eksplisiittisen tiedon varastoinnin ensiaskel on luoda tietovarasto organisaation käyttöön. Hiljaisen tiedon varastointitapaa voidaan kutsua henkilöityväksi ja jossa tietoa säilyttävät yksilöt ja joita voidaan käyttää uusien tilanteiden ratkaisussa. (Hawryszkiewicz 2009, s.76–77)

## 2.2 Tuotteen kehitys, elinkaari ja kustannukset

Tuotekehitys ja innovointi ovat toimintaa, jonka tavoitteena kokonaan tai osittain uusien tuotteiden tuominen markkinoille. Kuten sen englanninkielinen nimi vihjaa, on tuotekehityksen rooli kaksiosainen. Se yrittää joko tutkimuksen avulla tuottaa uutta tietoa tai innovaatioita jonkun määritellyn ongelman ratkaisemiseksi tai tilaisuuteen tarttumiseksi. Toinen puoli liittyy kehitykseen, jonka tehtävänä on yrittää käyttää tai muuntaa käytettävään muotoon tutkimuksen tuottama uusi tieto tai luodut innovaatiot. (Haverila et al. 2009, s.270; Slack et al. 2010, s.119)

Tuotekehityksen toteutustapa liittyy yrityksen valitsemaan tuotekehitysstrategiaan, joka voi olla edelläkävijä, seurailija tai kopioija. Tuotesuunnittelusta puhutaan, kun tarkoitetaan tuoteparannusten kehittämistä. Uuden tuotteen kehittäminen on haasteellinen pro-

sessi. Se testaa markkinatiedon, teknisen osaamisen, taloudellisen kyvykkyyden sekä halun ja kyvyn kilpailla markkinoilla. Tuotekehitystä varten pitää tunnistaa asiakastarpeet. Asiakkaan ottaminen mukaan aikaisessa vaiheessa parantaa tuotteen vastaavuutta asiakkaan tarpeisiin ja vähentää kustannuksia vähentämällä hukkia ja epätodellisia tuotevaihtoehtoja. Lähtökohtia tai ajureita tuotekehitystoiminnalle voidaan erotella useita erilaisia: (Haverila et al. 2009, s.270–271; Lecklin 2006, s.102; Belcher et al. 1996, s.41–43)

- Hukkaraaka-aineen hyödyntäminen
- Kilpailun koveneminen
- Kysynnän lasku tai vaihtelu
- Käyttämätön kapasiteetti
- Lainsäädännölliset ja talouspoliittiset seikat
- Materiaalien kehittyminen
- Muuttuvat asiakastarpeet
- Teknologian edistysaskeleet
- Tuotteiden lyhemmät elinkaaret
- Tuottojen lasku
- Yhteiskunnalliset muutokset tai trendit

Tuotekehityksen tavoitteena on kehittää uusia tuotteita, joita tuottamalla yritys voi varmistaa kannattavamman toiminnan, ja siten varmistaa toiminnan jatkuvuus, parantaa yrityksen markkina-asemaa ja lisätä asiakkaiden määrää. (Haverila et al. 2009, s.270; Cooper 2001, s.8–9; Tidd & Bessant 2013, s.35–39)

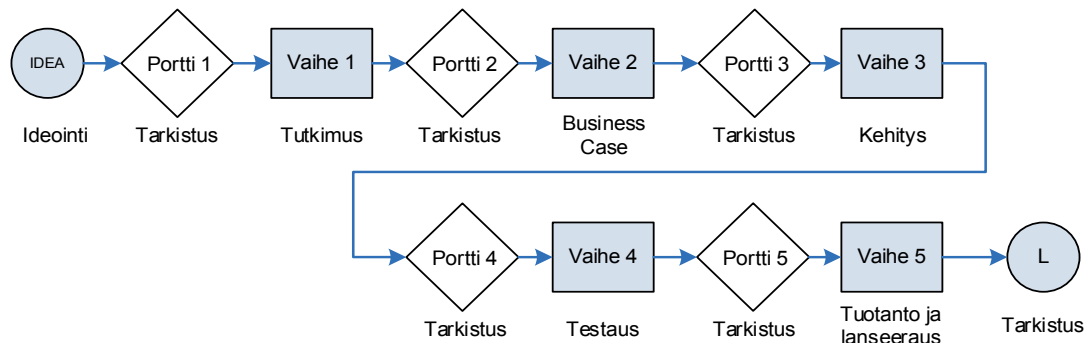
Cooper (Cooper 2001, s.14–15) luokittelee uudet tuotteet kirjassaan kahdella tapaa. Ensimmäinen luokka on yritykselle kokonaan uusi tuote, jota yritys ei ole itse koskaan ennen valmistanut tai myynyt, mutta joku muu yritys on saattanut niin tehdä. Toinen luokka on Markkinoille uusi tai innovatiivinen tuote, joka on ensimmäinen laatuaan markkinoilla. Cooper myös mainitsee kirjassaan kuusi erilaista uuden tuotteen tyyppiä tai luokkaa, jotka on voitu tunnistaa eli tuote voi olla: (Haverila et al. 2009, s.270–271)

- Kokonaan uusi, ennennäkemätön tuote
- Kustannustehokkaampi
- Lisäys nykyiseen tuotelinjaan
- Parannus tai revisio
- Uudelleen positioitu eri kohderyhmälle
- Uusi tuotelinjaan

Useimmat yritykset tarjoavat useampaa edellä esitetystä uuden tuotteen tyypeistä. Vain pieni osa uusista markkinoille tuoduista tuotteista on todella uusia ja pääpaino painottuu muihin, uuden tuotteen tyypeihin. (Cooper 2001, s.15; Haverila et al. 2009, s.271)

Cooper on esitellyt vaihe-portti -menetelmän tuotekehitysprosessin systematisoimiseksi ja hänen lähestymistavassaan tuotekehitysprosessi ositetaan 4–6 eri vaiheeksi. Näiden vaiheiden on tarkoitus kerätä tietoa, jotta prosessi voisi siirtyä seuraavaan askeleeseen.

Kuva 5 esittää tätä vaihe-portti tuotekehitysprosessia ja sen eri vaiheita. (Haverila et al. 2009, s.272–273; Cooper 2001, s.113–153)



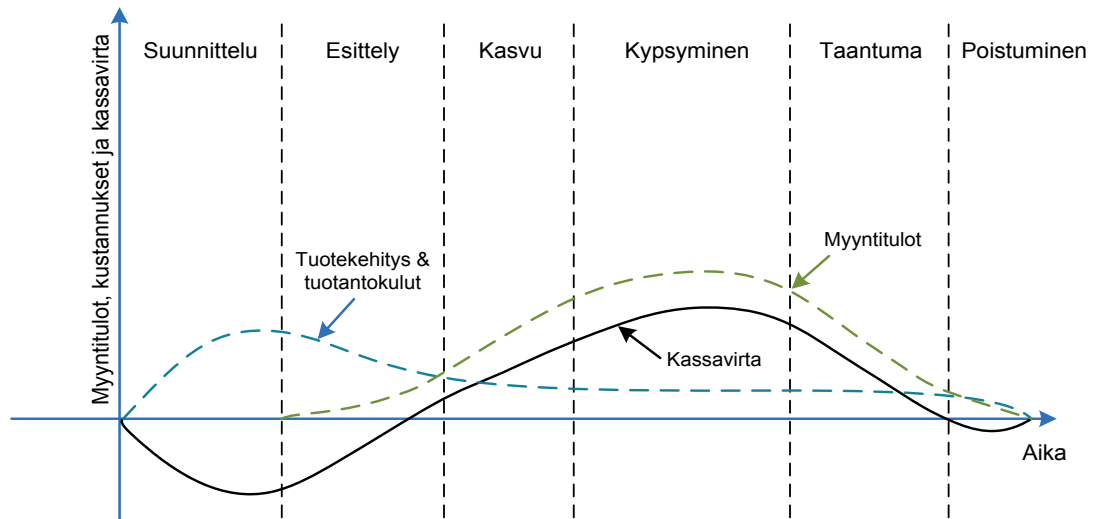
**Kuva 5.** *Vaihe-portti -tuotekehitysprosessi* (Cooper 2001, s.130)

Jokaisessa näissä vaiheista tehdään työtä useamman eri sidosryhmän toimesta. Jokaisen vaiheen välissä on tarkistuspiste, joka sisältää joukon kysymyksiä. Prosessin edistymiseksi kaikkiin tarkistuspisteen kysymyksiin on saatava myönteinen vastaus. Ellei myönteisiä vastauksia saada, voi projekti keskeytyä tai palataan porttia edeltäneisiin vaiheisiin. (Haverila et al. 2009, s.272–273; Cooper 2001, s.113–153)

Prosessin ensimmäinen vaihe on ideointi, johon kuuluvat markkinointitutkimukset, innovointi, perustutkimus. Toisessa vaiheessa karsitaan ideoita tekemällä kysynnän selvitykset ja kannattavuusarviointit. Kolmanneksi arvioidaan jäljelle jääneitä ideoita, asiakkaan hyötyjen ja teknisen toteutettavuuden kautta. Neljänneksi suoritetaan liiketaloudellinen analyysi, jossa arvioidaan myyntituottoja, markkinointikustannuksia, kannattavuutta, tuotantokustannuksia ja investointeja. Viidenneksi kehitetään tuote ja testataan sitä tekemällä pakkaus- ja nimitestit, koemarkkinointi, prototyypit, mallikappaleet ja koe tuotetaan tuote. Kuudenneksi luodaan liiketoimintasuunnitelma, joka sisältää markkinointi- ja tuotantosuunnitelman. Viimeisenä vaiheena on tuotteen lanseeraus markkinoille aloittamalla tuotteen tuotanto ja markkinointi sen loppukäyttäjille ja toimitusketjun muille merkitseville toimijoille. (Haverila et al. 2009, s.274; Cooper 2001, s.113–153)

## 2.2.1 Tuotteen elinkaarikustannukset

Tuotteen elinkaarimalli kuvaa tuotteen, myynnin ja voiton kehitystä ajan suhteen. Kuva 6 esittämä käyrä kuten elinkaarimallikin on yleistys, eikä se pidä paikkaansa kaikkien tuotteiden kohdalla. Elinkaarimalli antaa käsityksen tuotteen tyypillisestä käyttäytymisestä markkinaolosuhteissa esittäen sen elinkaaren. Käyrän tarkoitus on auttaa ymmärtämään tuotekehityksen ja markkinoinnin rooleja tuotteen eri elinvaiheissa. Käyrän tärkeä implikaatio on se, että tuotteen jokainen elinvaihe tarvitsee hieman erilaisen strategian yritykseltä. (Slack et al. 2010, s.72; Haverila et al. 2009, s.264–265; Hill & Hill 2009, s.75)



**Kuva 6.** Tuotteen yleinen elinkaarimalli (mukailten Haverila et al. 2009, s.265)

*Suunnitteluvaiheessa* yrityksen tulee tunnistaa sen tuotteen markkinat, tehdä tuotekehitystä, suunnitella, mallintaa ja valmistella tuotantoaan uutta tuotetta varten. Kassavirta on negatiivinen tässä vaiheessa, koska myyntiä ei ole ja tuotekehitys sekä tuotannon valmistelukulut aiheuttavat suurimmat kustannukset. *Esittelyvaiheessa* tuote tai palvelu annetaan ulos yleiseen tietoisuuteen. Se luultavasti tarjoaa jotain uutta asiakkaille, eikä sillä ole monia kilpailijoita. Tässä vaiheessa asiakkaan tarpeita ei välttämättä vielä ymmärretä tarpeeksi hyvin. *Kasvuvaiheessa* tuotteen tunnettavuus markkinoilla lisääntyy ja yhä useammat asiakkaat hyväksyvät tuotteen käyttöönsä. Kilpailijat saattavat tulla mukaan kasvaville markkinoille. Kasvava kysyntä voi aiheuttaa vaikeuksia tuotannolle ja sen järjestelylle. Kassavirta kääntyy vähitellen positiiviseksi, koska tuotanto- ja jakelukustannusten kasvu suhteessa myyntiin on pientä. Tuotteen brändiä ja asiakasuskollisuutta pyritään vahvistamaan kilpailukyvyyn säilyttämiseksi ja parantamiseksi markkinoilla. *Kypsyysvaiheessa* tuotteen myynnin kasvu hidastuu ja kilpailun kiristyminen pakottaa laskemaan hintoja. Tämän seurauksena tuotteen kannattavuus heikkenee ja mahdollisessa tuotannon ylikapasiteettitilanteessa yritys joutuu kilpailemaan markkinaosuudestaan. Tämä vaihe on kestoltaan pidempi kuin muut tuotteen elinkaaren vaiheet ja tässä vaiheessa ensimmäiset kilpailijat alkavat poistua markkinoilta markkinatilanteen kypsymisen vuoksi. *Taantumavaiheessa* tuotteen myynti lähtee laskuun. Syynä tähän voivat olla kilpailevat tuotteet tai asiakastarpeissa tapahtuneet muutokset. Myynnin pienentyessä kassavirta pienenee ja saattaa lopulta kääntyä negatiiviseksi. Tässä vaiheessa tuotteen hinta määrittelee sen suhteen tehtäviä päätöksiä ja tuotteen mahdollista poistumista markkinoilta koska se on muuttunut kannattamattomaksi. (Haverila et al. 2009, s.266–267; Slack et al. 2010, s.72; Sääksvuori & Immonen 2008, s.193–194)

Arvioitaessa tuotteen elinkaaren eri vaiheiden tehokkuutta Sääksivuori & Immonen (2008, s.193–194) mittaisivat suunnitteluvaiheen ja esittelyvaiheen tehokkuutta tuotteen markkinoille tuontiajalla. He pitivät tätä hyvänä tehokkuuden indikaattorina suunnitte-

lulle ja tuotannosuunnittelulle. Kasvuvaiheessa tärkein ongelma on kyky tuoda tuote markkinoille tarpeeksi isolla volyymilla, joten paras tehokkuuden indikaattori on volyymituotannon aloitukseen kulunut aika tuotteen ensiesittelystä. Kypsymisvaiheessa fokuksen siirtyessä volyymista marginaalien ja kysynnän herättämiseen, he pitävät parhaana indikaattorina markkinamuutoksien seuraamiseen kuluva ajanjakso, joka mittaa tuotemuutosten joustavuutta. Laskuvaiheessa tärkein päätös on tuotteen valmistuksen lopetus. Tällöin pitää harkita tuotteen huoltotarjontaa ja muita siihen liittyviä palveluita, joiden ajallinen elinikä voi olla huomattavasti pidempi kuin itse tuotteen valmistuksen lopettamisen ajankohta. Eli tässä vaiheessa tulee harkita tuotteen markkinaikää ja tuotteen operatiivista käyttöikä suhteessa huollon kannattavuuteen. Tälle elinkaaren kohdalle ehdotetaan tehokkuuden indikaattoriksi ajanjaksoa tuotteen kypsymisvaiheesta tuotannon lopetukseen, eli ajankohta jolloin tuote siirtyy uusmyynnistä pelkän huollon piiriin.

Perera et al. (1999, s.1) mukaan yrityksen kilpailukyky kansainvälisillä markkinoilla riippuu merkittävästi sen tuotteiden kustannuksista, laadusta sekä yrityksen kyvystä lanseerata tuotteita markkinoille ajoissa. Tuotteen elinkaaren huomioiminen suunnittelutyössä mahdollistaa näiden tavoitteiden täyttämisen. Elinkaarikustannusten alentaminen on näin mahdollista ja voidaan ottaa huomioon suunnitelturatkaisujen kustannusvaikutukset tuotteen koko elinkaaren aikana.

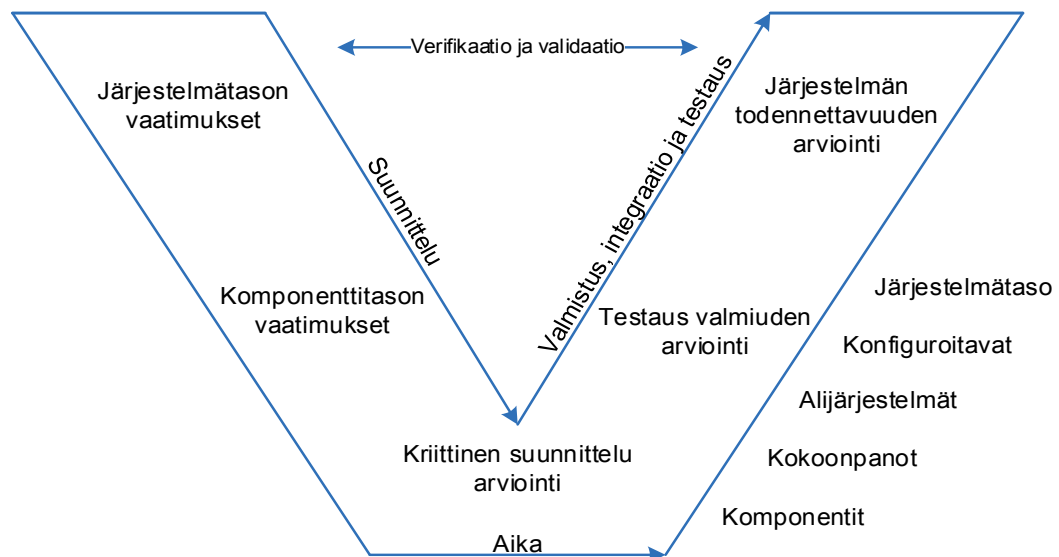
## 2.2.2 Vaatimukset ja niiden mukaisuus

Vaatimus on määritelty tuotekehityksessä ja prosessien optimoinnissa dokumentoituna, yksittäisenä, fyysisenä ja funktionaalinen tarpeena, jonka suunnitelman, tuotteen tai prosessin pitää kyetä suorittamaan. Vaatimusta käytetään useimmin järjestelmäsuunnittelussa, ohjelmistotekniikassa tai yritystasolla. Se on selvitys, joka tunnistaa tarpeellisen attribuutin, ominaisuuden, kyvyn, tai laadun jolla on arvo asiakkaalle, organisaatiolle, käyttäjälle tai jollekin muulle osapuolelle. Spesifikaatio viittaa joukkoon tarkasti määriteltäviä vaatimuksia, jotka tulisi täyttää materiaalilla, suunnittelulla, tuotteella tai palvelulla. Tyypillisen tekniikan alan mukaisessa lähestymistavassa vaatimusjoukkoa käytetään tuotekehityksen suunnitteluprosessin syötteenä. Kirjatut vaatimukset osoittavat, mitkä elementit ja toiminnot ovat tärkeitä projektille. (*Form and Style for ASTM Standards* 2015; Hull et al. 2011, s.6)

Vaatimuksen määritelmä tuo esiin sen monet eri puolet ja kasvot, joiden mukaan ne määritellään erilaisissa tilanteissa. Tuote ja prosessi ovat kokonaisia ratkaisuja, jotka sisältävät vaihtelevan sekoituksen vaatimuksista rakennettuja tuotteita sekä tehtäväaskelia rakennettavien asioiden käyttämiseksi eli prosesseja. Täten vaatimukset määrittelevät prosessin ja tuotteen. Tämän lisäksi saattaa olla vaatimuksia, jotka määrittelevät kuinka tuotetta pitäisi kehittää. Operatiiviset, toiminnalliset, luonteenomaisuudet tai rajoitteet ovat vaatimuksia, luonteenomaisuudet kattavat suorituskyvyn, käytettävyyden, turvallisuuden, huollettavuuden ja muunlaisia määritelmiä. Testattavia ja mitattavia vaatimuk-

sia käytetään varmistamaan, että ratkaisut tai suunnitelmat ovat hyväksyttäviä. Tämän mahdollistamiseksi pitää vaatimusten olla määrällisesti mitattavissa. Tuotteen tai prosessin hyväksynnälle tarpeellinen vaatimus korostaa vaatimusten moniulotteista roolia. Niiden tehtävänä on määritellä, mitä pitäisi suunnitella ja kehittää sekä kuinka ratkaisu pitäisi testata ja hyväksyä. Vaatimukset vaikuttavat jo kaikkein varhaisimmassa vaiheessa tuotteen ja prosessin kehitykseen, mutta myös kehitystyön myöhempiin vaiheisiin. Kuluttaja- ja laatuvaatimukset tulevat monesta lähteestä kuten säätelyelimiltä, sisäisiltä laatutoiminnoilta ja käyttäjiltä. (Hood et al. 2008; Hull et al. 2011, s.6–7)

*Systemisuunnittelun V-mallin prosessi* tarjoaa yhden tavan parantaa kustannustehokkuutta monimutkaisissa järjestelmissä. Sitä voidaan käyttää kehitysprojektien suunnittelussa ja toteutuksessa parantamaan projektin hallintaa ja sen onnistumisen mahdollisuuksia. Kuva 7 esittämä V-mallin prosessi tarjoaa toteutustavan vaatimuksenmukaisuuden verifiointiin ja varmennukseen. (Hull et al. 2011, s.10–13,19)



**Kuva 7.** V-malli (Hull et al. 2011, s.19–20)

Malli painottaa vaatimusten ajamaa suunnittelua ja testausta. Malli määrittelee, kuka tekee mitäkin ja milloin mitäkin tehdään projektin aikana. Prosessin mukaisten suunnitteluelementtien ja hyväksyntätestien pitää olla jäljitettäviä yhteen tai useampaan järjestelmävaatimukseen. Jokainen vaatimus pitää olla linkitetty suunnitteluelementteihin ja testeihin. Päämääränä on tehdä vain niitä asioita, joita tarvitaan sekä tehdä mahdollisimman vähän asioita, jotka eivät perustu alkuperäisiin vaatimuksiin. V-mallin tavoitteena onkin minimoida projektin riskit parantamalla kontrollia ja läpinäkyvyyttä, parantaa laatua ja taata se validoinnin sekä verifiointin avulla. Pienentää kustannuksia ja parantaa kommunikaatiota erikseen määriteltyjen roolien avulla. V-mallista puhuttaessa pitää huomioida, ettei mallille ei ole yhtä yhteistä esitys- tai toteutustapaa. Vaan että toteutus on sidoksissa valittuun mallikategoriaan sekä projektiin, johon mallia ollaan soveltamassa. (Hull et al. 2011, s.10–13,19)

### 2.2.3 Laadun merkitys

Laadun käsitettä on kirjallisuudessa lähestytty muutamasta eri näkökulmasta. Laatu on jatkuvaa asiakkaan odotuksiin vastaamista; tuotteen tai palvelun kykyä täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset. Se on myös tuotteen kykyä vastata tuotemäärittelyihin ja standardeihin. Asiakkaan laadun määritelmää on siis lähestytty asiakkaan mielipiteen ja odotusten kautta eli koetun laadun kautta. Teollisuus tai yritysasiakkaiden keskuudessa laatua on lähestytty yleisemmin kriteereiden ja raja-arvojen kautta. Tällöin laatu määritellään tuotemäärittelyjen ja standardien avulla, jotka määrittelevät milloin tuotteet ovat virheellisiä tai hyväksyttäviä. (Goetsch & Davis 2010, s.4; Slack et al. 2010, s.666; Haverila et al. 2009, s.371–372; Soin 1998, s.5; Wheeler & Poling 2001, s.3–4)

Olli Lecklin (2006, s.155) mukaan laatukustannukset ovat kustannuksia, joita syntyy yrityksen varmistessa tuotteiden vastaavan asiakasvaatimuksia. Laatukustannuksia on hänen mukaansa kahta eri päätyyppiä:

1. Laatua edistäviä kustannuksia, joilla pyritään virheiden ehkäisyyn ja poistoon
2. Huonosta laadusta johtuvia kustannuksia

Laatua edistäviin kustannuksiin kuuluvat sen edistämiseksi tehdyt investoinnit, kuten laadukkaan johtamisjärjestelmän rakentaminen. Huonosta laadusta johtuvat kustannukset ovat seurausta siitä, että tehdään vääriä asioita. Lecklin käyttää kirjassaan neljää eri ryhmää erotellakseen laatukustannuksia: (Lecklin 2006, s.155)

- Ulkoiset virhekustannukset
- Sisäiset virhekustannukset
- Laadun ylläpitokustannukset
- Huonon laadun ehkäisykustannukset

Laatukustannuksia on usein pidetty yrityksissä vähäisinä ennen systemaattista tarkastelua. Tarkasteluiden perusteella laatukustannukset ovat yritysten liikevaihdosta 15–30 % etenkin palveluyrityksistä puhuttaessa. Laatukustannukset eivät kuitenkaan ota huomioon virheiden aiheuttamia välillisiä kustannuksia. Asiakkaiden tyytymättömyys tuotteen laatuun voi johtaa kauppojen menetyksiin. Lecklinin mukaan niiden osuus on huomattavan suuri. Laatukustannusten merkitys yrityksen tulokselle on merkittävä, koska ne vaikuttavat suoraan tulokseen. Laatukustannusten vähentämisellä voidaan näin ollen saada aikaan tuloksia pienemmällä vaivalla kuin yrityksen liikevaihdon kasvattamisella. Laatukustannukset ja niiden hallinta kytkeytyvät yrityksen tuloksenteokkykyyn ja menestystekijöihin. (Lecklin 2006, s.155–156; Haverila et al. 2009, s.375)

*Ulkoiset virhekustannukset* aiheutuvat asiakkaan havaitseman virheen korjauksesta. Laadunvarmistus on pettänyt ja virhe on päätenyt asiakkaalle asti. Ulkoiset virheet ovat yrityksen kannalta vaarallisia, koska niiden korjaus kallista ja niillä on negatiivinen vaikutus yrityksen imagoon. Usein käytetty yleistys virheen korjauskuluista tuotteen eri



toimitusvaiheissa on, että virheen korjaaminen tuotannossa on 10 kertaa kalliimpaa ja asiakkaalle asti päätyessään 100 kertaa kalliimpaa kuin suunnittelussa. Ulkoisia virhekustannuksia ovat muun muassa: (Lecklin 2006, s.156)

- Menetetyt tuotot
- Myöhästymissakot
- Rästitoimitusten kustannukset
- Takuukustannukset
- Vahingonkorvaukset
- Virheiden korjauskulut
- Virheiden käsittelykulut

*Sisäiset virhekustannukset* johtuvat yrityksen sisällä tapahtuvista virheistä ja ne korjataan ennen asiakkaalle päätymistä. Myös toiminnan huono suunnittelu ja sähläyksestä aiheutuvat kustannukset voi lukea tähän ryhmään. Työntekijöiden ja toimittajien laatu-putteet lisäävät kustannuksia. Monissa yrityksissä suuri osa laatukustannuksista on sisäisiä, sisäisistä laatukustannuksia ovat: (Lecklin 2006, s.157; Soin 1998, s.116)

- Korjauslinjat
- Suunnitteluvirheet
- Tietojärjestelmähäiriöt
- Toimittajien huono laatu
- Virhekappaleet
- Ylityöt

*Laadun ylläpitokustannukset* ovat laadun ylläpitämisestä syntyneitä kuluja. Laadun ylläpitokulut syntyvät tuotteiden tarkastamisesta, laadunvarmistuksesta ja virheiden ehkäisykuluista. *Huonon laadun ehkäisykustannuksia* syntyy virheiden ennakoivan poiston suorittamisesta, kun tuotteesta pyritään poistamaan virhelähteitä ja laaturiskejä. Tyypillisiä ennakointimenetelmiä ovat suunnittelu, kehittäminen ja koulutus. Ehkäisykustannusten periaatteena on, että ne maksavat itsensä takaisin vähentyneiden laatukustannusten seurauksena. Yleisesti sanoen sisäisen laadun ylläpitäminen mahdollistaa kilpailukyvyn parantamisen, alentuneiden kustannusten avulla. Ulkoisen laadun parantaminen vaikuttaa asiakastyytyvyyteen, lojaalisuuteen ja jatkokauppojen mahdollisuuksiin. (Lecklin 2006, s.157–158; Soin 1998, s.2–3, 116)

Laatukustannusten vähentämiseen voidaan käyttää laatujärjestelmää ja laadunkehitystä, jotka jatkuvan parantamisen menetelmien kanssa vähentävät laatupoikkeamien määrää. Laatukustannusten seuraamiseksi yrityksessä tulisi olla seurantajärjestelmä laatukustannusten jatkuvaan ja kausittaiseen seuraamiseen. Laatukustannusten vähentämisen apuna voidaan käyttää ongelmanratkaisun työkaluina kalanruototekniikkaa ja virheanalyysia, virheiden kustannusvaikutukset selvittämiseksi. Kaksi yleisimmin käytettyä laatukustannuksien pienentäjää ovat virheiden vähentäminen ja prosessisyklin nopeuttaminen. Syklin nopeuttamisen ajatus on, että asiakas maksaa vain arvoa tuottavista vaiheista. (Lecklin 2006, s.159–160; Soin 1998, s.116–117; Wheeler & Poling 2001, s.5–6)

## 2.2.4 Lean

Lean on jatkuvan parantamisen lähestymistapa, joka painottaa turhan tekemisen eli hukkan vähentämistä ja eliminointia. Sitä käytetään usein Just-In-Time (JIT) tuotannon yhteydessä mutta toisin kuin JIT, Lean on kokonaisvaltainen filosofia. Hukan vähentämisen tarkoituksena on lisätä asiakkaan kokemaa arvoa. Hukkaa ovat esimerkiksi virheet, tuotteet joita kukaan ei halua, turhat prosessin vaiheet ja asioiden siirtely tarpeettomasti. Ideaalitilanteessa kaikki toiminta organisaatiossa, joka lisää asiakkaan kokemaa arvoa, voidaan Lean-ajattelua periaatteessa soveltaa kaikkeen yrityksen toimintaan. Lean ei ole pysyvä tila johon pyritään, vaan se on jatkuva oppimisen ja kehittymisen prosessi. (Tuominen 2010; Slack et al. 2010, s.451, 663; Huhtala & Pulkkinen 2009, s.183; Hill & Hill 2009, s.76–77)

Lean-ajattelu kehitettiin alun perin resurssipulasta kärsivässä japanilaisessa autonvalmistaja Toyotassa, jossa resurssien niukkuus pakotti kehittämään uuden tavan ajatella tehokkuutta. Se reagoi resurssien puutteeseen keskittymällä virtaustehokkuuteen. Tämän seurauksena haluttiin tehdä vain oikeita asioita. Toyotalle se oli valmistaa tuotetta, jonka asiakas halusi. Tämän tehokkuusajattelun seurausta olivat seitsemän tunnistettua hukkaa, jotka eivät lisänneet tuotteen asiakasarvoa: (Modig et al. 2013, s.74–75)

- Tarpeeton tuotanto
- Turha odottelu
- Tarpeettomat materiaalien ja tuotteiden kuljetukset
- Tarpeeton työ
- Tarpeeton varastointi
- Tarpeettomat työntekijän liikkeet
- Tarpeettomat virheet

Asioiden oikein tekeminen ja ongelmien pitäminen kehittämisen ja parannusten perustana on Leanille ominainen ajatus. Ongelma tai hukka on asia, joka pitää tunnistaa, analysoida sekä poistaa heti lopullisesti. Virhettä ei saa päästää asiakkaalle asti. (Modig et al. 2013, s.74–75)

Womack ja Jones esittivät vuonna 1996 julkaisussaan viisi toteutukseen liittyvää periaatetta Leanille, joiden avulla organisaatio voisi halutessaan parantaa toimintaansa ja prosessiensa virtausta. Tämä viisivaiheinen jatkuvan parantamisen prosessi on seuraavanlainen: (Modig et al. 2013, s.80)

1. Määritä arvo asiakkaan näkökulmasta
2. Tunnista virtauksen vaiheet ja poista hukka
3. Järjestä arvoa tuottavat vaiheet, niin että arvo virtaa asiakasta kohti
4. Kun virtaus on valmis, anna asiakkaiden vetää
5. Etsi täydellisyyttä, kunnes hukkaa ei enää ole

Yritys voi saavuttaa merkittäviä tuloksia, kun riittävän suuri osa sen prosesseista toimii Leanin periaatteiden mukaisesti. Lean perustuu kahteen keskeiseen peruseriaatteeseen: materiaalien ja tiedon jatkuvaan virtaukseen sekä johdon jatkuvaan sitoutumiseen investointeihin ja jatkuvan parantamisen edistämiseen. Toyotalla kesti vuosikymmeniä luoda Lean-kulttuuri ja päästä siihen tilanteeseen missä se nyt on. Silti Toyota uskoo, että se on vasta matkan alussa. (Tuominen 2010)

## **2.3 Kustomointi ja modulaarisuus**

Kappaleen tarkoitus on kuvata moduloinnin ja modulaarisen suunnittelun merkitystä tuotteelle ja itse modulointiin liittyviä menetelmiä. Modulaarisuus lähtee halusta hallita tuotteen kasvavaa monimutkaisuutta ja sen aiheuttamia hankaluuksia tuotteen hallinnassa ja valmistuksessa. Tuotteen modulointiin ja monimutkaisuuden hallintaan on tarjolla useita eri työkaluja, joista joitakin käydään läpi tämän kappaleen sisällössä.

Aihetta lähestytään massakustomoinnin kautta päätyen kustomoinnin ja sen osittain aiheuttamaan monimutkaisuuden lisääntymiseen. Monimutkaisuutta käsitellään sen hallitsemiseksi käytettävien menetelmien kautta käsitellen myös monimutkaisuuden aiheuttamia ongelmia tuotteessa ja sen hallinnassa. Monimutkaisuuden hallinnan ja kustomoinnin apuna käytettävää modulointia käsitellään sen tuomien etujen ja perusvaatimusten kautta. Vaatimusten kautta päädytään lopulta tuoterakenteeseen sekä eri tapoihin moduloida tuotetta ja sen tuoterakennetta.

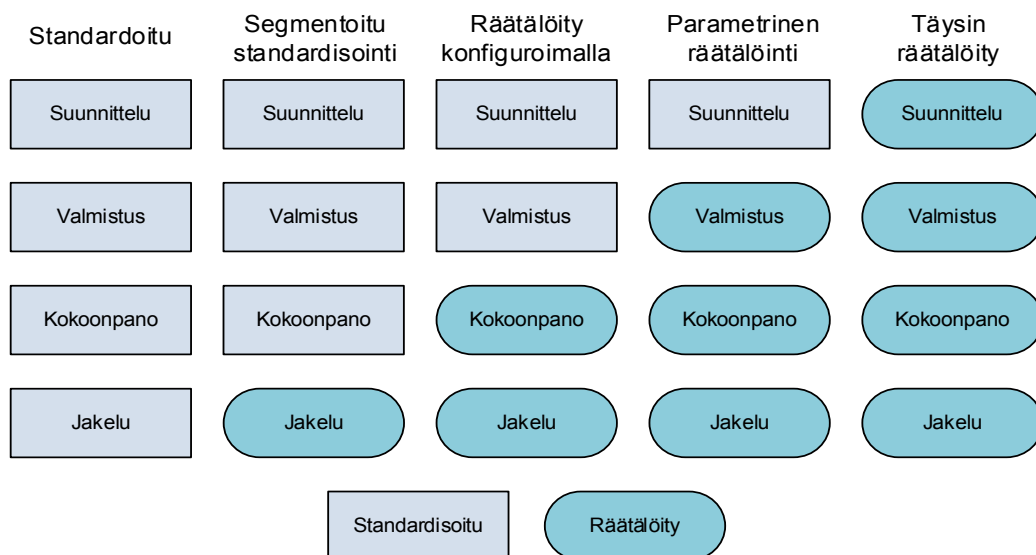
### **2.3.1 Massakustomointi**

Massakustomointi tai massaräätälöinti määritellään kyvyksi tuottaa tuotteita tai palveluja suurella volyyymilla, mutta kuitenkin kyeten asiakaskohtaisiin muutoksiin yksittäisten asiakkaiden tai asiakasryhmien kesken ilman, että kustannukset tai läpimenoaika lisääntyisivät merkittävästi. Massakustomointi on yksi yrityksen ja sen operaatioiden toiminnan joustavuuden ilmentymä. Massakustomoinnin toteuttamiseen ei ole kuitenkaan määritelty helposti yleistettäviä metodeja johtuen suuresta määrästä erilaisia tuotantojärjestelmiä ja tuotteita, jotka vaativat kukin omanlaisensa strategian massakustomoinnin toteuttamiseksi. (Slack et al. 2010, s.47, 664; Swamidass 2002, s.275)

Tavanomaisesti kustomoidut tuotteet ovat alhaisen tuotantomäärän tuotteita, joita tuotetaan matalan tuotantomäärän prosesseilla. Nämä prosessit selviävät hyvin korkean varioituavuuden tuotteista. Samalla tavalla massatuotettavat tuotteet luottavat massatuotannon prosesseihin, jotka kykenevät standardoitujen tuotteiden tuottamiseen suurella volyyymilla ja alhaisilla kustannuksilla. Massakustomoinnin paradoksi onkin tuotteen korkean varioituavuuden yhdistäminen massatuotantoon, massatuotettavien uniikkien tuotteiden tarjoamiseksi markkinoille, matalin kustannuksin ja suurella volyyymilla. (Swamidass 2002, s.276)

Massakustomoijan tulisi tunnistaa markkinapotentiaali alhaisen kulutason kustomoinnille, tunnistaa kustomoitavat toiminnot, joita markkinat tarvitsevat, suunnitella tuote, jota voidaan kustomoida massatuotantotasolla ja valmistaa tämä tuote kustannustehokkaalla tavalla. Massakustomointia voi lähestyä erottamalla kaksi asiaa, joista ensimmäinen on kustomoinnin luonne. Milloin tuotetta voidaan pitää kustomoituna eikä vain tuotemäärän kasvattamisena? Toinen asia on "massa" massakustomoinnissa. Kuinka uniikkeja tuotteita voidaan kehittää massatuotannon tapaan? Yksi tapa lähestyä massakustomointia on modulointi. Modulaarisuus on kriittinen toimenpide skaalauksessa tai "massan" lisäämisessä massakustomoinnissa. Tässä on kuitenkin joitakin ongelmia. (Swamidass 2002, s.275–276)

Mintzberg määritteli vuonna 1988 kustomoinnin kolme seuraavaa muotoa; puhdas, räätälöity ja standardisoitu. Puhdas kustomointistrategia aloittaa tuotteen suunnittelun aivan alusta alkaen jokaiselle yksittäiselle asiakkaalle. Tämä kustomointityyppi vaikuttaa koko tuotantoketjuun suunnittelusta, tuotantoon ja toimitukseen asti, toimittaen erittäin yksilöllisen tuotteen. Räätälöity kustomointi muuttaa perustuotetta täyttämään asiakkaan spesifiset tarpeet. Tällöin asiakkaan vaikutus jää toimitusketjussa tuotannon tasolle, jossa standardituotteen muutokset tapahtuvat. Standardikustomoinnissa lopputuote kootaan standardikomponenteista. Tässä tapauksessa asiakas valitsee tuotanto- ja toimitusprosessin standardivaihtoehtojen listasta. (Swamidass 2002, s.277) Kuva 8:n mukaisesti Pulkkinen ja Vanhatalo esittelevät käsitellessään tuotearkkitehtuuria kuusi erilaista kustomoinnin variointistrategiaa. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.167)



**Kuva 8.** Kustomoinnin eri tasot (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.167)

Massakustomoinnin perimmäinen ongelmana on että sen avulla pitäisi tarjota uniikkeja kustomoituja tuotteita mutta kustannustehokkaalla tavalla. Pohjimmiltaan se siis tarvitsee massatuotantoa toimiakseen. Tämän vuoksi massakustomoijien pitää yleensä valita jonkinlainen moduloinnin tyyppi yrittäessään ratkaista massakustomoinnin perusongelmaa. Kuva 10 esittää kuutta eri modulaarisuuden tyyppiä. (Swamidass 2002, s.277–278)

### 2.3.2 Monimutkaisuuden hallinta

Monimutkaisuuden vähentäminen on katsottu tuotteiden- ja palveluiden suunnittelijoiden keskuudessa yleisesti hyveeksi, koska yleensä eleganteimmat ja parhaimmat suunnitteluratkaisut ovat usein yksinkertaisia ja toimivia. Yrityksen tuottaessa useita erilaisia tuotteita ja palveluita kasvaa kokonaisuus helposti monimutkaiseksi, joka puolestaan kasvattaa yrityksen kustannuksia. Tämän monimutkaisuuden hallitsemiseksi ja vähentämiseksi suunnittelijat ovat omaksuneet useita erilaisia menetelmiä ja lähestymistapoja. Kolme yleistä tapaa monimutkaisuuden vähentämiseksi ovat standardisoiminen, yhdenmukaistaminen ja modulointi. (Slack et al. 2010, s.124)

Standardisointi tarkoittaa sitä astetta, jolla prosessien, tuotteiden tai palveluiden variaatioita estetään suhteessa kuluneeseen aikaan. Yritykset yrittävät joskus vähentää monimutkaisuutta standardisoimalla tuotteitaan, palveluitaan tai prosessejaan. Standardisointi mahdollistaa monimutkaisuuden rajoittamisen, joka hyödyttää asiakasta. Toisaalta standardisointi saattaa poistaa joitakin tuotteita, joiden asiakkaille on löydettävä korvaava tuote. Samankaltaistaminen tarkoittaa yhteisten komponenttien käyttöä tuotteessa taikka palvelussa, joka puolestaan vähentää monimutkaisuutta. Esimerkiksi Airbus käyttää suuressa osaa konemalleistaan samanlaisia järjestelmiä ja saman tyyppisiä ohjaamoita, joka osaltaan vähentää monimutkaisuutta. Modulointi tarkoittaa tuotteen jakamista moduuleiksi, joilla yhteenliittymistä varten vakioidut rajapinnat. Modulointia ja modulaarista tuotetta käydään läpi tarkemmin edellä olevassa kappaleessa 2.3.3 Tuotteen moduulointi. (Slack et al. 2010, s.124, 668; Swamidass 2002, s.277)

Lindemann käsittelee monimutkaisuuden hallinnan perusideaa seuraavasti: Jokaista järjestelmää, osista koostuvaa teknistä tuotetta tai projektia, joka koostuu prosessiaskeleista, ihmisistä tai dokumenteista voidaan luonnehtia sen osakomponenttien välisten riippuvuuksien avulla. Käytännössä tämä suuri keskinäisten riippuvuuksien määrä tekee järjestelmistä vaikeita hallita. Kun järjestelmään tuodaan uusi komponentti, siitä johtuvat riippuvuussuhteiden muutokset ja niiden leviäminen koko riippuvuussuhteiden ketjussa aiheuttavat merkittäviä muutoksia koko järjestelmään. Järjestelmän rakenteiden väliset riippuvuudet muodostavat rakenteita kuten riippuvuusketjuja, silmukkoja tai hierarkiapuita. Mikäli nämä rakenteet voidaan tunnistaa, on mahdollista ennustaa monimutkaisten järjestelmien käyttäytymistä (Lindemann et al. 2009, s.1–2)

Järjestelmään kohdistuvista muutoksista Lindemann väittää, ettei yhteen spesifiseen päämäärään, kuten kustannuksiin tai kokoonpanoon voi tarjota kattavaa parannusta järjestelmään, koska riippuvuussuhteet voivat levittää yhdessä järjestelmän komponentissa tapahtuneen muutoksen useisiin muihin järjestelmän muihin komponentteihin. Täten on parempi suunnitella järjestelmän komponenttiin kohdistuvat muutokset ottamalla sen vaikutukset huomioon koko järjestelmän riippuvuussuhteiden näkökulmasta. Lindemann esittää kirjassaan monimutkaisuuden hallintaan näkökulman, joka keskittyy objektien välisiin yhteyksiin tuotesuunnittelussa. Näiden yhteyksien muodostamien tähdis-

töjen tutkiminen tarjoaa monia mahdollisuuksia analysointiin, ohjaukseen ja optimointiin, puhuttaessa monimutkaisista tuotteista ja palveluista. (Lindemann et al. 2009, s.2)

Yleinen strategia on välttää tai vähentää monimutkaisuutta ja näin sen aiheuttamia ongelmia. Ongelmana tässä on, ettei siten yritetä hallita monimutkaisuutta vaan vähennetään sitä. Monimutkaisuuden kanssa työskennellessä tulisi ymmärtää, että se voi tarjota hyötyjä ja mahdollisuuksia eikä sen vähentäminen automaattisesti takaa parannusta tilanteeseen. Lindeman kuvaa markkinoiden vaativan yhä enemmän toimintoja sisältäviä tuotteita joiden vaatimat ratkaisut johtavat monimutkaisuuteen, vaikka tuotteiden suunnittelussa olisi pyritty yksinkertaisuuteen. (Lindemann et al. 2009, s.2) Pääpainona tuntuu olevan monimutkaisuuden hallitsemisen näkeminen mahdollisuutena ja osaamisena, jonka hallinta voi tuoda sen osaajalle kilpailuetua. Markkinoiden monimutkaisuus, tuotteiden monimutkaisuus, organisaatioiden ja prosessien lisääntynyt monimutkaisuus esittää siis haasteita sen hallintaa kohtaan.

Monimutkaisuuden hallitsemattomuus voi aiheuttaa ongelmia ja haasteita tuotesuunnittelussa. Tämän seurauksena monimutkaisuuden haasteita pitää erityisesti harkita. Mikäli monimutkaisuutta ei pyritä hallitsemaan, sen seurauksena voi olla: (Lindemann et al. 2009, s.30)

- Abstraktio joka aiheuttaa ajattelun hitautta
- Liian nopeat päätökset eli vaikutusten huomioimatta jättäminen
- Lokerointi, jatkuva suunnittelu ja tiedonhankinta
- Metodismi
- Ongelmaan sisältyvien ongelmien huomioimatta jättäminen
- Prosessin yksinkertaistaminen
- Sivuvaikutusten huomioimatta jättäminen
- Toimiminen ennen yksityiskohtaisia tavoitteita
- Vain tunnettujen ongelmien ratkaiseminen
- Yhteen keskeiseen parametriin yksinkertaistaminen

Näiden monimutkaisuuden hallitsemattomuuden aiheuttamien virheiden seurauksina on ajattelun hitautta, ammattitaidon suojelua ja tiedon kirjaamisen vähyyttä. Nämä puutteet aiheuttavat ongelmia tuotteiden kehityksessä, koska monimutkaista ongelmaa ei ole kyetty ymmärtämään ja näin ratkaisemaan sen vaatimalla tavalla. Kolme monimutkaisuuden hallitsemiseksi esitettyä strategiaa ovat: (Lindemann et al. 2009, s.30–31)

- Monimutkaisten järjestelmien tiedonkeruu ja arviointi
- Monimutkaisuuden välttäminen ja vähentäminen
- Monimutkaisuuden hallinta ja kontrollointi

Kontrolloidun monimutkaisuuden mahdollisuuksia ovat muun muassa, joustavuus asiakkaaseen päin ja näin ylläpitää kilpailukykyä. Se voi myös toimia suojana tuotteen plagiointia vastaan, koska sitä ei voi suoraan kopioida tai imitoida tuotteesta. Se helpottaa muutosten seuraamusten hallintaa ja tunnistamista. (Lindemann et al. 2009, s.36)

### 2.3.3 Tuotteen modulointi

Moduloinnilla tarkoitetaan tuotteen jakamista yksittäisiin yksiköihin, moduuleihin, joilla tarkasti määritellyt ja vakioidut sekä standardoidut rajapinnat. Nämä rajapinnat mahdollistavat moduulien yhdistettävyyden ja vaihdettavuuden toistensa kesken. Näillä modulaarisilla suunnitteluperiaatteilla voidaan vähentää komponenttien kokonaismäärää ja lisätä näin tuotteen yhteisten komponenttien määrää luoden yhteisiä standardikomponentteja. Tämä johtaa tuotevariaatioiden parempaan hallintaan, koska varioinnin vaikutus rajataan koskemaan vain osaa kokonaistuotteesta. Standardoinnin ja moduloinnin välillä erona on se, että moduloinnin avulla ei pyritä vähentämään asiakkaille tarjottavaa tuotevalikoimaa. Sen avulla pyritään tunnistamaan eri asiakasryhmien tuotteelle asettamat erilaiset vaatimukset ja näin rajaamaan tuotteen varioituvuus sen kaupallisesti tärkeisiin strategisiin ominaisuuksiin. Tuotteen modulointia voidaan näin ollen myös pitää yhtenä massakustomoinnin muotona. (Österholm & Tuokko 2001, s.8–9; Erixon 1998, s.53–56; Slack et al. 2010, s.124–125, 664; Swamidass 2002, s.277)

Pyrkimyksenä moduloinnissa on tuotteen fyysisen ja toiminnallisen rakenteen samankaltaisuus sekä moduulien välisten vuorovaikutusten minimointi ja rajapintojen yksinkertaistus. Tämän vuoksi moduulien tulisi toteuttaa yhtä tai useampaa toimintoa jakamatta sitä useamman eri moduulien kesken. Tämä jakamattomuus mahdollistaa yksittäisten moduulien helpomman itsenäisen suunnittelun, koska moduulien väliset rajapinnat ovat määrääviä ja eri moduulien välisten keskinäisten riippuvuussuhteiden määrä on minimoitu. (Österholm & Tuokko 2001, s.8; Erixon 1998, s.54–55)

Moduloinnin positiivisia vaikutuksia ovat tuotteiden suunnittelun yhdenaikaistamisen aikaansaama kehitysajan lyhentyminen sekä tuotteeseen kohdistuvien teknologisten ja markkinaperäisten riskien pienentyminen. Samalla voidaan nopeuttaa tuotteeseen tehtäviä muutoksia, koska muutosten vaikutus kohdistuu vain yhteen tuotteen osaan eli moduuliin. Tuoteperheen moduloinnilla voidaan parantaa tuotannon laatua ja lyhentää läpimenoaikaa tekemällä kokoonpano rinnakkaisena prosessina, koska moduulit ovat erikseen testattavissa olevia toiminnallisia yksiköitä. Samalla syntyy kustannussäästöjä, koska standardoituja moduuleita voidaan tuottaa suuremmalla volyyymilla verrattuna moduloimattomiin yksittäisiin osiin tai kokoonpanoihin. (Österholm & Tuokko 2001, s.8; Slack et al. 2010, s.124; Erixon 1998, s.55–56)

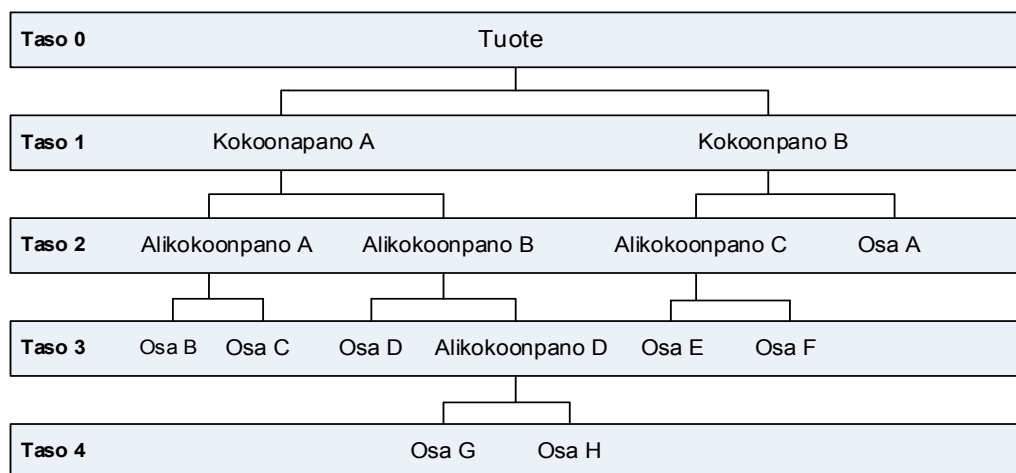
Perustana moduloinnille ja sen onnistumiselle on yksityiskohtainen, systemaattinen ja markkinatarpeisiin pohjautuva asiakastarpeiden selvittäminen. Selvityksen tarkoitus on varmistaa, että tarjottavat tuoteominaisuudet perustuvat oikeaan markkinatarpeeseen. Selvityksessä on huomioitava tuotteen erilaiset käyttöympäristöt sekä asiakassegmentit, joiden tarpeet voivat vaihdella keskenään. Markkinatarpeiden selvittämisen jälkeen ne pyritään muuttamaan tuoteominaisuuksiksi, yrityksen strategisiksi näkemien ja valitsemien tuoteominaisuuksien sekä teknisten ratkaisujen avulla. (Österholm & Tuokko 2001, s.8–9; Erixon 1998, s.55)

Tuotteen jako moduuleihin perustuu yrityksen tekemiin valintoihin sen strategian ja kykyjen perusteella. Nämä syyt ovat modulointia ohjaavia tekijöitä, jotka syntyvät yrityksen eri toimintojen, tuotteen elinkaaren ja sen kokeman toimintaympäristön asettamien vaatimusten seurauksena. Tuotteen teknisten ratkaisujen perusteella muodostetaan tuotteen modulaarinen tuoterakenne. Tuotteen moduuleina voidaan pitää sen alikokoonpanoja tai myös sen yksittäisiä osia tai komponentteja, jotka täyttävä moduulille asetettavat vaatimukset. (Österholm & Tuokko 2001, s.8–9)

### 2.3.4 Tuoterakenne ja sen modulointi

Tuoterakenne voidaan määrittellä hierarkkiseksi koko tuotteen muodostavien osien luokitteluksi kuvaten materiaalit, osat, alikokoonpanot ja muut kappaleet. Se voidaan myös määrittellä joukoksi tavoitteita ja näiden välisiä suhteita, jotka yhdessä muodostavat rakenteellisen näkökulman tuotteesta. Tässä mallissa kaikki määritellään jotakin tarkoitusta varten, määrätään tavoitteet, joiden kautta tuotteen rakenne syntyy ja miten nämä ovat suhteessa toisiinsa. (Do et al. 2008; Brière-Côté et al. 2010, s.2)

Tuoterakenne voidaan kuvata kaaviona, joka esittää tuotteen osakomponentit ja kokoonpanot sekä kuinka ne tuodaan yhteen. Kuva 9 esittää tuoterakennetta ja sen alikokoonpanojen ja osakomponenttien yhteenliittymistä tuoterakenteen eri tasojen tai tuotteessa olevien erilaisten rajapintojen kautta. (Slack et al. 2010, s.123, 666)



**Kuva 9.** Tuoterakenne (Slack et al. 2010, s.123)

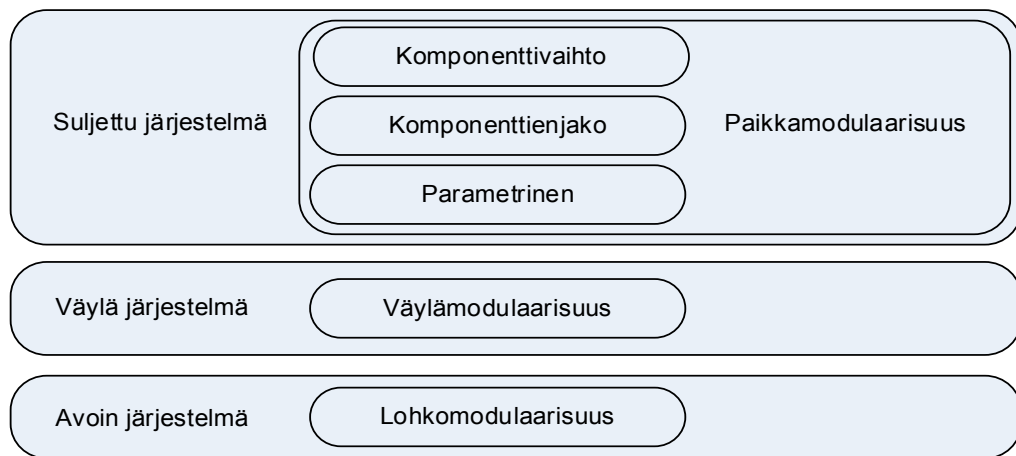
Tuoterakenteella on modulaarisessa tuotteessa kaksi ominaisuutta. Ensimmäinen on, että moduulit toteuttavat yhtä tai useampaa toimintoa. Toinen on että moduulien väliset rajapinnat ja niiden välinen vuorovaikutus on tarkasti määriteltyä sekä välttämätöntä tuotteen perustoiminnoille. Ideaalitapauksessa tuotteen jokainen toiminto toteutetaan omana osamoduulinaan eli jokaisessa yksittäisessä moduulissa on vain yksittäinen toiminto, moduulien välisten vuorovaikutuksien ollessa mahdollisimman vähäisiä ja tar-



koin määriteltyjä. Tämän kaltainen rakenne tekee mahdolliseksi muutokset yksittäisissä moduuleissa ilman että ne vaikuttavat niihin liittyviin moduuleihin. Modulaarisen tuoterakenteen etuna on mahdollisuus muuttaa ja suunnitella moduuleita varsin itsenäisesti ilman, että koko kokonaisuus muuttuu. (Österholm & Tuokko 2001, s.9–12)

Modulaarista tuoterakennetta suunnitellessa tulisi pyrkiä moduulien pieneen kokonaisuuteen siten, että voidaan täyttää merkittävimmät asiakastarpeet. Tämä on mahdollista sijoittamalla variointia vaativat asiakastarpeet omaan moduuliinsa. Tällöin aikaisemmin määriteltyä asiakastarvetta ei tarvitse poistaa. Yhdisteltävistä asiakastarpeista muodostetaan niin monta erilaista moduulien yhdistelmää niin, että kaikki halutut asiakastarpeet voidaan täyttää. (Österholm & Tuokko 2001, s.9–10)

Modulaarista tuoterakennetta voidaan hahmottaa jakamalla moduulit viiteen eri perustyyppiin niiden välisten rajapintojen mukaan. Kuva 10 esittää näitä viittä modulaarisuuden tyyppiä, jotka on jaettu kolmeen eri modulaarisuuden järjestelmään. Nämä modulaarisuuden järjestelmät ovat paikka-, väylä- ja lohkomodulaarisuus. Näiden viiden lisäksi kuudentena modulaarisuuden tyyppinä voidaan pitää yhdistelmämodulaarisuutta, joka yhdistelmä aiemmin mainituista. (Österholm & Tuokko 2001, s.10; Erixon 1998, s.53–54; Swamidass 2002, s.277–278)



**Kuva 10.** Viisi modulaarisuuden tyyppiä (Österholm & Tuokko 2001, s.10)

Paikkamodulaarisuus, jossa moduulityypit liitetään ennalta määriteltyyn asentoon rajapinnan avulla, voidaan jakaa kolmeen eri osaan: Komponenttinvaihto, komponenttienjako ja parametrinen osa. Komponenttimodulaarisuudessa voidaan vähintään kaksi eri komponenttia yhdistää samaan tuotteeseen. Komponenttienjakomodulaarisuudessa voidaan samaa komponenttia käyttää useiden eri tuotteiden välillä. Parametrisessä modulaarisuudessa yhtä tai useampaa standardoitua komponenttia käytetään yhdessä parametrisesti muuntuvan komponentin kanssa. Lohkomodulaarisuudessa tuotteen variantit muodostuvat moduuleista, joita voidaan yhdistellä useilla eri tavoilla moduloinnissa määriteltyjen rajapintojen avulla. Väylämodulaarisuudessa moduuleilla on rajapinta,

joka mahdollistaa moduulien kiinnittämisen toisiinsa useissa eri asennoissa. (Österholm & Tuokko 2001, s.10; Erixon 1998, s.53–54; Swamidass 2002, s.277–278)

Tuotteiden moduuleita voi luokitella myös useilla eri tavoilla niiden tärkeyden, käytön taikka toiminnollisuuden perusteella. Moduuleita voidaan myös jaotella toimintomoduleihin tai valmistusmoduuleihin, riippuen siitä johtuuko tuotteen modulaarisuus sen toiminnoista vai valmistukseen käytetystä järjestelmästä. (Österholm & Tuokko 2001, s.11; Erixon 1998)

## 2.4 Suunnittelumenetelmät ja matriisityökalut

*“Give us the tools and we will finish the job”*

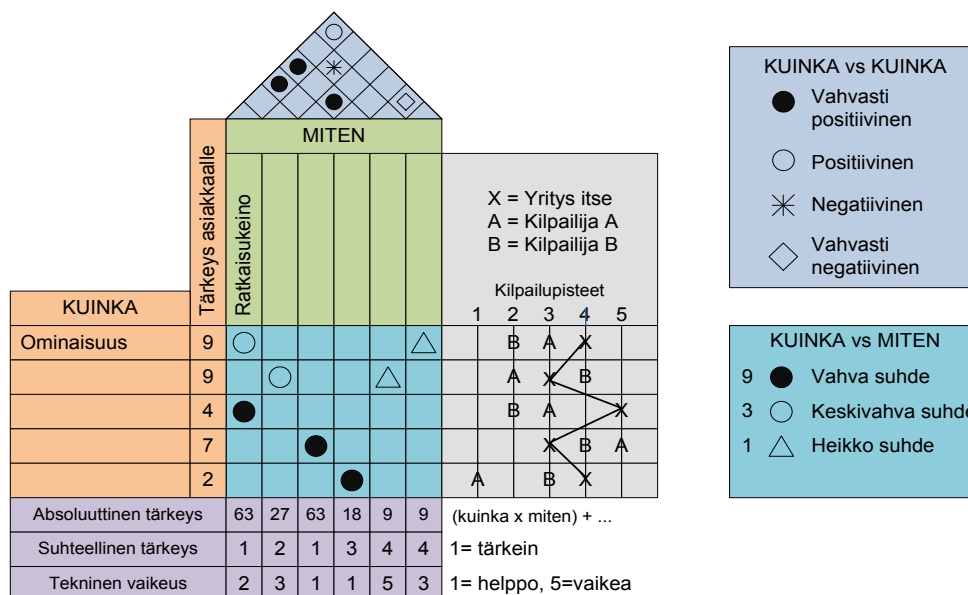
*-Winston Churchill 9.2.1941*

Suunnittelumenetelmät eli metodit ovat suunnittelun apuvälineitä, joilla jokaisella on oma asemansa työkaluina. Niiden oikea valinta ja käyttö suunnittelutoiminnassa helpottaa suunnittelutyötä sekä parantaa monimutkaisten kokonaisuuksien hallittavuutta. Niiden tarkoituksena on ohjata suunnittelijoita lopullista lopputulosta kohti ja niiden oikeanlainen ja myös intuitiivinen soveltaminen voi olla tarpeen.

Tarkoitus on luoda näkymä erilaisiin suunnittelumetodeihin. Tässä tapauksessa keskitytään pääasiallisesti erilaisiin matriiseihin perustuviin menetelmiin, joista osa on vakiintuneita ja melko hyvin hyväksytyjä kehitystyökaluja ja jotkut vähemmän vakiintuneita. Näistä työkaluista jokaisella on oma kannattajakuntansa sekä oma kritisoijiansa ryhmä niiden soveltajien keskuudessa.

### 2.4.1 Quality Function Deployment

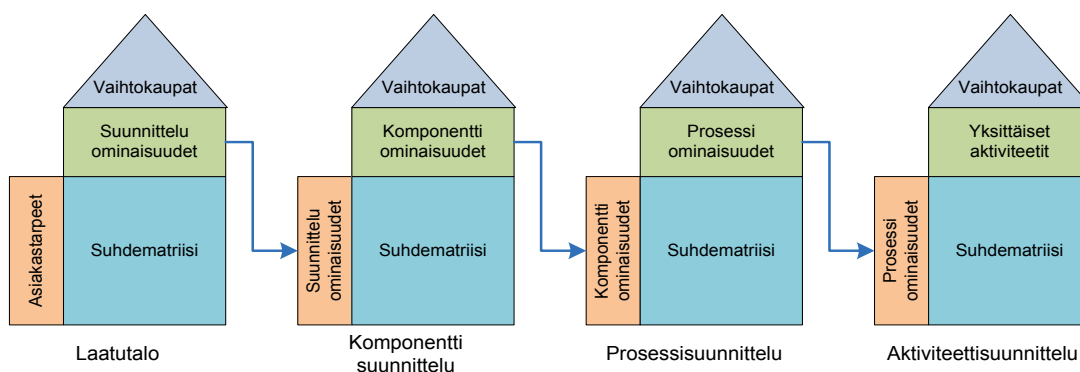
Quality Function Deployment (QFD) eli laatufunktion käyttöönotto on alun perin Japanissa kehitetty systemaattinen suunnittelun arvioinnin ja parannuksen työkalu. Sen avulla fokusoidaan ja järjestellään systemaattisesti asiakkaiden tarpeita suunnittelu- ja tuotantomäärittysten asettamisessa tutkimalla asiakastarpeiden ja suunniteltuparametrien välisiä suhteita. Menetelmän avulla yritetäänkin vangita "asiakkaan ääni" ja saada se kuuluviin koko tuotekehitys- ja valmistusprosessin ajan aina valmiiseen tuotteeseen saakka. Markkinoinnin, suunnittelun ja tuotannon tietotaito kerätään yhteen jo projektin alkuvaiheessa, jotta voidaan varmistaa tuotteen suunnittelun noudattavan asiakkaiden tarpeita ja toivomuksia. Yksi keskeinen kysymys, johon QFD vastaa, on että ovatko yrityksen nykyiset valmistusprosessit riittävän hyviä vastaamaan asiakkaiden vaatimuksiin tai ylittämään ne. (Lecklin 2006, s.185–186; Slack et al. 2010, s.125–126; Eder & Hosnedl 2007, s.401–402; Wilson 2005, s.84; Swamidass 2002, s.402; Soin 1998, s.43)



**Kuva 11.** QFD-menetelmän mukainen laatutalo (Slack et al. 2010, s.126)

Laatutalo tai laatumatriisi on QFD-menetelmän keskeinen työkalu, joka kuvaa asiakkaiden tarpeiden muodostamien vaatimusten välistä suhdetta tuotteen tai palvelun keskeisiin suunnittelulementteihin. Tämän laatumatriisin avulla selvitetään elementtien ja vaatimusten välinen vuorovaikutus, niiden merkitys asiakkaalle sekä kilpailevien tuotteiden tai yritysten kilpailukyky. Kuva 11 esittää laatutaloa ja sen eri matriiseja. Laatutalo muodostuu asiakasvaatimuksista ja toiveista, jotka vastaavat kysymykseen "Kuinka", tavoitteista ja teknisistä ratkaisuksista jotka vastaavat kysymykseen "Miten", kilpailu-, vaihtokauppa- eli korrelaatiomatriisista, sen oikealla sivulla olevasta suunnittelumatriisista sekä suhde- ja teknisestä matriisista, joka kertoo tuotteeseen suunniteltavista ominaisuuksista. Suhdematriisi laatutalon keskellä kertoo valmistajalle mitä asiakasvaatimukset merkitsevät sille. Laatutalon oikealla puolella olevaa suunnittelumatriisia käytetään ratkaisukeinojen vertailuun suhteessa tuotteen ominaisuuksiin tai valmistusmenetelmiin vertailemalla niitä yrityksen kilpailijoihin, sisäisiin prosesseihin tai muihin tavoitteisiin, käyttämällä apuna pisteyttämistä. (Lecklin 2006, s.185–186; Goetsch & Davis 2010, s.426; Wilson 2005, s.85; Eder & Hosnedl 2007, s.402)

Laatumatriisin laatimisen jälkeen rakennetaan kuva 12 esittämässä komponenttisuunnittelun vaiheessa tuotemäärittelyt, ottamalla suunnittelun vaatimukset asiakkaan vaatimuksiksi. Kolmannessa vaiheessa otetaan tuotemäärittelyt prosessisuunnittelun syöteiksi ja neljännessä vaiheessa prosessin määrittely tuotantovälineiden ja -menetelmien eli aktiviteettisuunnittelun lähtökohdaksi. Nämä neljä keskenään linkitettyä laatutaloa mahdollistavat myöhemmässä vaiheessa tapahtuneiden suunnittelu- tai tuotantomuutoksien vaikutuksen arvioinnin alkuperäisiin asiakastarpeisiin ja niiden muodostamiin vaatimuksiin nähden. (Lecklin 2006, s.185–186; Slack et al. 2010, s.127; Crawford & Benedetto 2003, s.265)

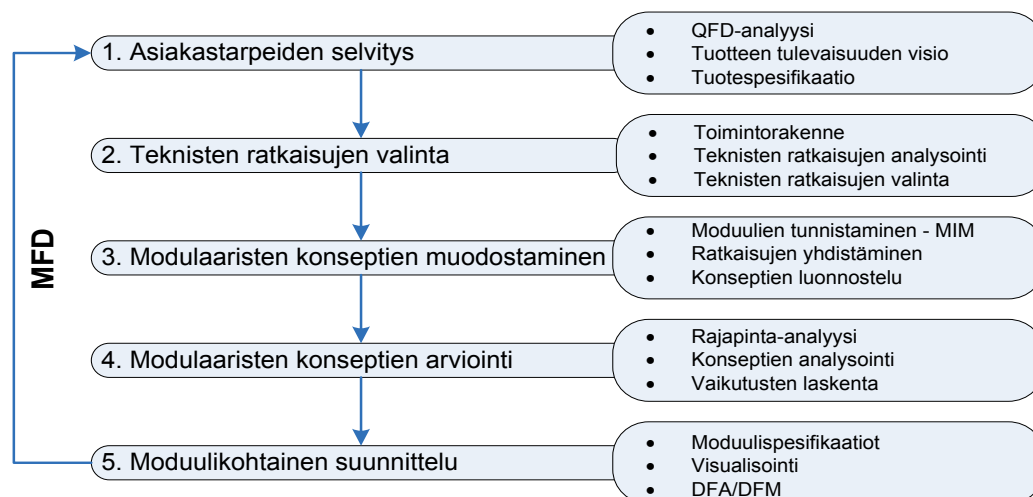


**Kuva 12.** Laatumat linkkinä suunnittelun eri vaiheisiin (Slack et al. 2010, s.127)

Tarkemmin esitettynä QFD-prosessissa voidaan kuitenkin kehittää yhteensä kuusi erilaista matriisia. Laatumatin asiakasvaatimusmatriisia käytetään asiakastarpeiden vertailussa teknisten ratkaisujen matriisiin. Teknisten ratkaisujen eli suunnitteluominaisuuksien matriisia käytetään vertailussa asiakastarpeiden matriisin kanssa. Näitä kahta matriisia käytetään vastaamaan kysymyksiin siitä mitä asiakas haluaa, mitkä ovat tekniset ratkaisut suhteessa asiakkaan toiveisiin, mitä teknologioita tai ratkaisuja vaaditaan ja mitä vaihtokauppoja pitää tehdä suhteessa asiakastarpeisiin ja tekniikkoihin. Kilpailumatriisia käytetään vertailemaan sovellettuja tekniikkamatriisin eli suunnitteluominaisuuksien ratkaisuja nykyisen valmistusprosessin tai kilpailukyvyn mukaan. Suhdematriisia käytetään kilpailumatriisin kanssa vertailemaan yrityksen tai kilpailijoiden kyvykkyyttä. Teknistä matriisia käytetään varmistamaan, että oikeat parametrit ja prosessit tulevat valituiksi. Korrelaatiomatriisia käytetään vertailemaan prosessiparametreja lopullista tuotetta varten kehitettyihin spesifikaatioihin. Tässä vaiheessa voidaan tehdä säätöjä sen varmistamiseksi, että tuotettu tuote on sellainen kuin loppuasiakas haluaa. QFD-prosessin yhtenä lähtökohtana on varmistaa olemassa olevien resurssien käyttö optimaalisesti, organisaation tuottaman asiakasarvon maksimoimiseksi. (Goetsch & Davis 2010, s.427)

## 2.4.2 Modular Function Deployment

Modular Function Deployment (MFD) on systemaattinen menetelmä modulaarisen tuotteen kehittämiseksi. MFD-menetelmä koostuu viidestä eri päävaiheesta, joiden sisältämät työvaiheet riippuvat kohteena olevasta tuotteesta (Kuva 13). Kuten modulointi, menetelmä alkaa asiakastarpeiden ja niihin liittyvien tuoteominaisuuksien selvittämällä. Tähän selvitykseen MFD-menetelmä käyttää Quality Function Deployment eli QFD-menetelmää analysointiin. Tämän jälkeen analysoidaan tuotteen toimintovaatimukset ja valitaan niiden pohjalta tarpeelliset tekniset ratkaisut. (Österholm & Tuokko 2001, s.18–19; Erixon 1998, s.65)



**Kuva 13.** MFD-menetelmän vaiheet (Österholm & Tuokko 2001, s.18)

Kolmas vaihe on moduulikonseptien systemaattinen valinta sekä mahdollisten moduulikandidaattien tunnistaminen moduulin osoitusmatriisiin eli MIM-matriisiin (Module Indication Matrix) avulla. Tämän työvaiheen jälkeen arvioidaan valittuja konsepteja. Viimeisessä vaiheessa MIM-matriisia voidaan käyttää uudestaan Design for Assembly (DFA) ja muiden DFX-menetelmien käyttömahdollisuuksien löytämiseksi moduulikohtaista suunnittelua varten. (Österholm & Tuokko 2001, s.18–19; Erixon 1998, s.65)

*Ensimmäisessä vaiheessa* menetelmässä selvitetään asiakastarpeet segmentoimalla markkinat, asiakastarpeiden tunnistaminen ja sovellettu QFD-analyysi. Tässä vaiheessa tulisi varmistua, että valitut tuoteominaisuudet ovat lähtöisin todellisesta asiakastarpeesta. Asiakastarpeiden ja niiden tärkeysjärjestyksen vaihdellessa segmenttien välillä käytetään segmenttikohtaisten asiakastarpeiden selvittämiseen menetelmässä segmentointipuuta, joka jakaa markkinoiden segmentit ja tarpeet. Asiakastarpeiden selvittämisen jälkeen menetelmän apuna voidaan käyttää QFD-analyysiä muuttamaan asiakastarpeet suunnitteluvaatimuksiksi tai tuoteominaisuuksiksi. Toinen vaihtoehtoinen tapa on käyttää askel askeleelta analyysia niin sanottua osakkeenomistaja-listaa apuna käyttäen. (Österholm & Tuokko 2001, s.19–21; Erixon 1998, s.66)

*Toisessa vaiheessa* valitaan tekniset ratkaisut tuotteelle. Tämän työvaiheen tärkeimmät vaiheet ovat toimintorakenteen luominen, teknisten ratkaisujen analysointi ja niiden valinta. QFD-analyysin asiakasvaatimukset pyritään analysoimaan teknisten ratkaisujen löytämiseksi toimintorakenteen avulla, joka on systemaattinen menetelmä toimintorakenteen ja teknisten ratkaisujen löytämiseksi. Toimintopuun lisäksi voidaan käyttää apuna kuva 14 esittämää Pughin valintamatriisia, jossa teknisten ratkaisujen negatiivisia ja positiivisia puolia verrataan keskenään. Teknisten ratkaisujen valinta voidaan siis tehdä vertailemalla niitä tuotannon tavoitteiden perusteella MFD-metodissa. (Österholm & Tuokko 2001, s.22–23; Erixon 1998, s.71)

		Suunnittelukonseptit								
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Valintakriteerit	Ryhmä	A	S	S	+					
		B	S	+	+					
		C	S	-	+					
Käyttökä	Luotettavuus	Luotettavuus	S	S	+					
		Kestävvyys	S	S	S					
		Vähähuoltainen	S	S	-					
Plussat		0	1	4						
Miinukset		0	1	1						
Yhteispisteet		0	0	3						
Painotetut pisteet		...	...	...						

**Kuva 14.** Pughin valintamatriisi (mukaillen Burge 2009; Erixon 1998, s.71)

Stuart Pughin kehittämä valintamatriisi mahdollistaa suunnittelukonseptien vertailun, johtaen lopulta asetetut kriteerit parhaiten täyttävän konseptin tai konseptien valintaan. Matriisi sallii myös laadullisen optimoinnin mahdollistamalla hybridi suunnittelukonseptien luomisen. Pughin matriisi on helppokäyttöinen ja melko helposti ymmärrettävä matriisityökalu. Matriisin pisteytyksessä voidaan käyttää myös painotusta, jolloin tärkeiksi katsotut ominaisuudet voidaan tuoda esiin. Vaihtoehtojen arviointi tehdään antamalla kaikille suunnittelukonsepteille tai tässä tapauksessa teknisille ratkaisuille arvio jokaisen valintakriteerin suhteen. Arviona käytetään määreitä parempi (+), huonompi (-) tai yhtä hyvä (s) ja lopuksi summataan yhteen annetut plussat ja miinukset. (Burge 2009; Österholm & Tuokko 2001, s.24; Erixon 1998, s.71–72)

*Kolmannessa vaiheessa* muodostetaan modulaariset konseptit moduulin osoitusmatriisia eli MIM-matriisia apuna käyttäen. Tällöin verrataan valittuja teknisiä ratkaisuja modulointia ohjaaviin yhtiön strategisiin valintoihin. Näitä valintoja kutsutaan moduuliajureiksi. Päämääränä tässä vaiheessa on löytää mahdollisimman monia moduulikandidaatteja. MIM-matriisi täytetään käyttäen oletuksena, että jokainen tekninen ratkaisu on erillinen moduuli. Näin matriisin avulla etsitään näiden moduulien yhdistelymahdollisuuksia. Modulointia ohjaavia tekijöitä eli moduuliajureita arvioidaan MIM-matriisissa käyttäen painotettua asteikkoa samalla tapaa kuin MFD-matriisissa, vahva (9), keskivahva (3) ja heikko (1). Jos ratkaisujen välillä ei ole yhteyttä moduuliajuriin, jätetään matriisin solu tyhjäksi. Jos MIM-matriisin teknisellä ratkaisulla on monia tai ainutlaatuisia vahvasti painotettuja ajureita, viittaa se siihen, että tämä tekninen ratkaisu voi mahdollisesti muodostaa moduulin tai se voi toimia moduuli perustana. Jos ajureita on vain muutamia tai heikosti painotettuja viittaa tämä siihen, että ominaisuus saattaa olla helposti yhdistettävissä teknisiin ratkaisuihin, joilla on samanlainen ajurirakenne. (Österholm & Tuokko 2001, s.24–25; Erixon 1998, s.72, 77–78)

*Neljännessä vaiheessa* arvioidaan edellisessä vaiheessa muodostettuja modulaarisia konsepteja. Arvioidaan mitkä niistä pitäisi valita, mitä vaikutuksia moduulilla on tuotekehitykseen tai tuotantoon, kuinka paljon parempi moduuli on nykyiseen ratkaisuun verrattuna? Näihin kysymyksiin yritetään vastata käyttämällä rajapintamatriisia moduulien välisten rajapintojen arvioimiseksi. Moduulin rajapinta voi olla kiinteä, liikkuva, väliainetta siirtävä tai muu rajapinnaksi katsottava toiminnollisuus. Rajapintamatriisi tuo ilmi myös ei-toivotut liitynnät, joista on pyrittävä eroon joko tuotteen uudelleen suunnittelulla tai kokoonpanojärjestyksen muutoksella. (Österholm & Tuokko 2001, s.30–32; Erixon 1998, s.83–85)

*Viidennessä* ja viimeisessä MFD-prosessin vaiheessa on moduulikohtainen suunnittelu, jonka tarkoituksena konseptien parantelu moduulitasolla. Tämän vaiheen lopuksi luodaan luoduille moduuleille moduulispesifikaatiot, jotka voivat sisältää moduulien tekniset tiedot, kustannustavoitteet, niihin määritellyt tulevaisuuteen suunnitellut muutokset ja varianttien lukumäärän. (Österholm & Tuokko 2001, s.37; Erixon 1998, s.103, 105)

### 2.4.3 Design Structure Matrix

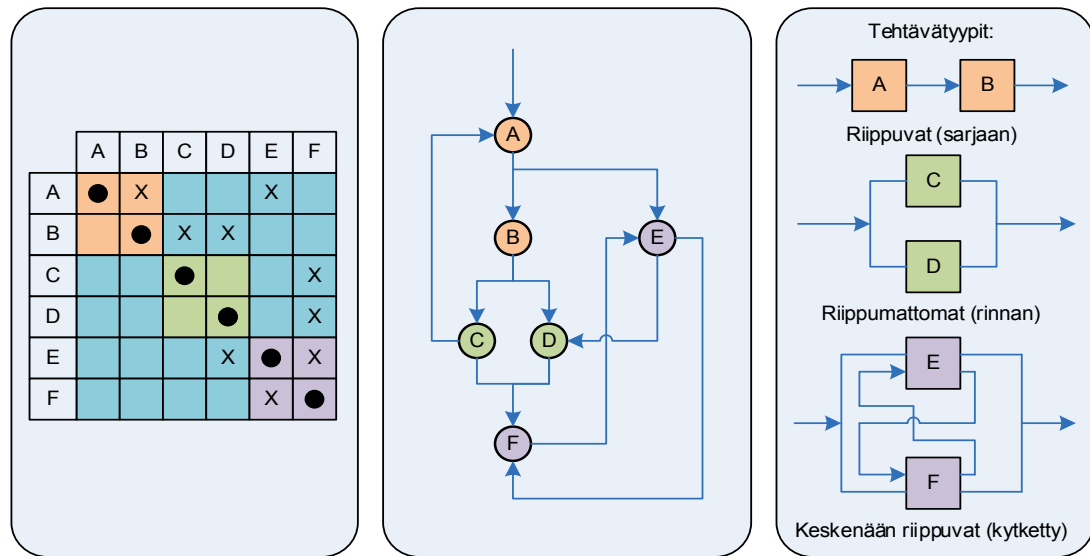
Suunnittelun rakennematriisi eli Design Structure Matrix (DSM) on työkalu, jota käytetään elementtien ja relaatioiden, kuten suunnittelutehtävien ja suunnitteluhankkeen sekä niiden keskinäisten vuorovaikutuksien tai kytkentöjen, kuvaamiseen ja analysointiin. Tätä työkalua käytetään kahdentyyppisiin ongelmiin; projektien hallintaan ja järjestelmien analysointiin. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.311; Eder & Hosnedl 2007, s.395,)

Rakennematriisia käytetään ryhmittelemään aktiviteetteja niiden vuorovaikutussuhteiden minimoimiseksi. Menetelmä perustuu tuotearkkitehtuuriin ja siitä seuraaviin komponenttien välisiin liitosrajapintoihin. DSM-matriisi esittää nämä rajapintojen väliset vuorovaikutussuhteet kehitystehtävien joukosta. Se esittää tarvitsevatko nämä tehtävät fyysistä taikka informaationaalista syötettä toisilta tehtäviltä, jotta ne voidaan suorittaa. (Swamidass 2002, s.265–266; Huhtala & Pulkkinen 2009, s.311)

DSM-matriisi luodaan listaamalla tuotteen määräävät muuttujat eli ominaisuudet. Matriisissa informaatiota vastaanottavat tehtävät eli määrittäjät listataan pystysuorille riveille ja informaatiota toimittavat tehtävät eli ominaisuudet merkitään vaakariveille. Ominaisuudet, jotka määrittävät toisen ominaisuuden, ovat kyseisen ominaisuuden suhteen määrittäjiä eli edeltäjiä. Keskinäiset riippuvuussuhteet merkitään symmetriseksi kootun matriisin soluihin. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.311–313) Matriisin lävistäjälle ei merkitä yleensä mitään, koska silloin elementti riippuisi paradoksaalisesti itse itsestään. Matriisin lävistäjän eritellään usein jollain ennalta sovitulla tavalla.

Kuva 15 mukaisesti tehtävät tai ominaisuudet merkitään DSM-matriisin niiden suoritusjärjestyksessä, kun matriisi kuvaa tehtäviä ja niiden välisiä riippuvuussuhteita. Kolme tehtävien välistä perustyyppistä vuorovaikutussuhdetta ovat riippuvat eli sarjassa suori-

tettavat tehtävät, riippumattomat eli rinnakkaiset tehtävät ja keskenään riippuvat tehtävät jotka ovat toisiinsa kytkeytyneitä. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.312–313)



*Kuva 15. DSM-matriisi ja tehtäväjärjestyksien kytkennät (mukailten Huhtala & Pulkkinen 2009)*

Tehtävien eli matriisin rivien ja sarakkeiden järjestystä voidaan muuttaa etsittäessä niiden optimaalista suoritusjärjestystä. Tämän toimenpiteen tavoitteena tehtävien välisten riippuvuussuhteiden määrän minimointi niin, että tehtävien mahdollisimman harva tehtävä iteroi keskenään. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.312–313)

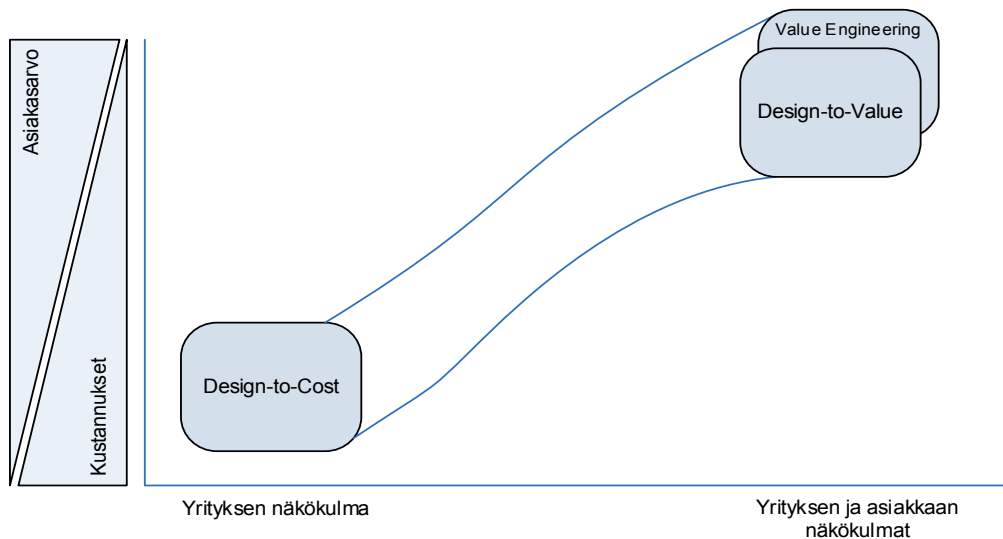
DSM-matriisia voidaan käyttää soveltaen moduloinnin ja konfiguraation apuvälineenä, kun matriisin avulla mallinnetaan osien välisiä riippuvuussuhteita, ryhmitellään osia riippuvuuksien mukaan klustereiksi tai verrataan matriisissa ryhmiteltyjä rakenteita systemaattisesti. Matriisia käytetään myös modulaaristen rakenteiden määrittelyssä siten, että tuotteen osat mallinnetaan sarakkeille ja riveille tehtävien tapaisesti. Tavoitteena on etsiä moduulikonsepteja ryhmittelemällä matriisin lohkoja uudelleen sopivien moduulien löytämiseksi. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.313)

#### 2.4.4 Design-to-Cost ja Design-to-Value

Design-to-Cost (DTC) on yksi kustannusten hallintaan käytettävä menetelmä tai tapa, jolla lähestytään tuotekehitys- ja valmistuskustannuksia systemaattisilla työkaluilla. Menetelmän lähtökohtana on se, että kustannukset on suunniteltu tuotteeseen jo konseptitasolta lähtien ja niiden poistaminen tuotteesta on näin ollen jälkikäsin vaikeaa. Menetelmän perusideana onkin nähdä kustannukset yhtenä suunnitteluparametrina ja seurata niitä tuotteen elinkaaren aikana niiden hallitsemiseksi. Keskeinen ajatus on tehdä iteraatiivista suunnittelua niin kauan, että projekti saavuttaa annetun budjetin. Tämä saavutus saadaan usein aikaiseksi tuotteen suorituskyvystä tinkien. DTC-menetelmä on usein yrityksen johdon ajama prosessi, joka itsessään luo kustannuksia sen toistavan prosessi-



luonteen vuoksi. Kuva 16 esittää eri menetelmien välistä näkökulmaa asiakasarvon tuottamiseen kustannussäästöjen avulla. (Huhtala & Pulkkinen 2009; Edwimb & Resit 1991)



**Kuva 16.** Kustannusten hallinnan menetelmien väliset näkökulmaerot (mukaillen Knapp 2011, s.7)

Design-to-Value (DTV) ja Value Engineering (VE) ovat toinen kustannusten hallintaan tuotekehityksessä ja -valmistuksessa käytetty systemaattinen menetelmä tai tapa, joka lähestyy kustannusten hallintaa enemmän asiakkaan näkökulmasta. Sen lähtökohtana on harkita kustannussäästöjä tuotteen asiakasarvon kannalta. Tarkoituksena on tunnistaa tuoteominaisuudet, joita asiakkaat arvostavat eniten ja mitä vähiten. Päämääränä on poistaa tuotteesta mahdollisimman monta asiakasarvoa tuottamatonta ominaisuutta ja alentaa näin kustannuksia. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

Value Engineering eli arvoanalyysi on kohdehinnoittelun ydin. Se on kehitetty tuotteen, komponenttien ja sen toimintojen analysoimiseksi systemaattisesti. Päämääränä on saavuttaa kustannussäästöt heikentämättä tuotteen suorituskykyä, luotettavuutta, laatua, turvallisuutta, kierrätettävyyttä tai käytettävyyttä. Menetelmä analysoi tuotetta ja sen valmistusprosessin suunnittelua ja alentaa kustannuksia yksinkertaistamalla näitä kahta toimintoa. Sen tavoitteena on myös estää turhien kulujen syntyminen ennen palvelun tai tuotteen valmistusta. Menetelmän ensimmäinen vaihe on tunnistaa osat, jotka tulevat olemaan kustannuslennusten tai uudelleensuunnittelun kohteena. Arvioitaville komponenteille voidaan antaa arvoindeksi sen perusteella, kuinka hyödyllinen se on asiakkaalle, eli tuottaako osa tai joku toiminto olemassaolollaan asiakasarvoa enemmän kuin sen poistaminen. Erittäin alhaisen arvoindeksin osakomponentit ovat kustannussäästöjen kohteena ja paremman indeksin osakomponentit ovat mahdollisten parannusten kohteena. (Swamidass 2002, s.403; Slack et al. 2010, s.127–128)

## 2.4.5 Design for Assembly

Design for Assembly (DFA) -menetelmän tarkoituksena on koottavuuden sekä tuotettavuuden helpouden ja tuotteen yksinkertaistamisen edistäminen. Menetelmän onnistunut käyttö johtaa usein osakomponenttien määrän laskuun, jolloin se oikein toteutettuna pienentää kustannuksia ja lyhentää kokoonpanoaikaa. Menetelmässä säästöjä kokoonpanossa haetaan yhdistämällä osia yhteen sekä muuttamalla suunnittelua kokoonpanon helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi. Lisäksi menetelmä voi johtaa laadun parantumiseen kokoonpanovirheiden vähentyessä ja tuotteen ylläpidettävyyden helpottuessa yksinkertaisemman tuoterakenteen johdosta. (Swamidass 2002; Boothroyd et al. 2011; Boothroyd 2005)

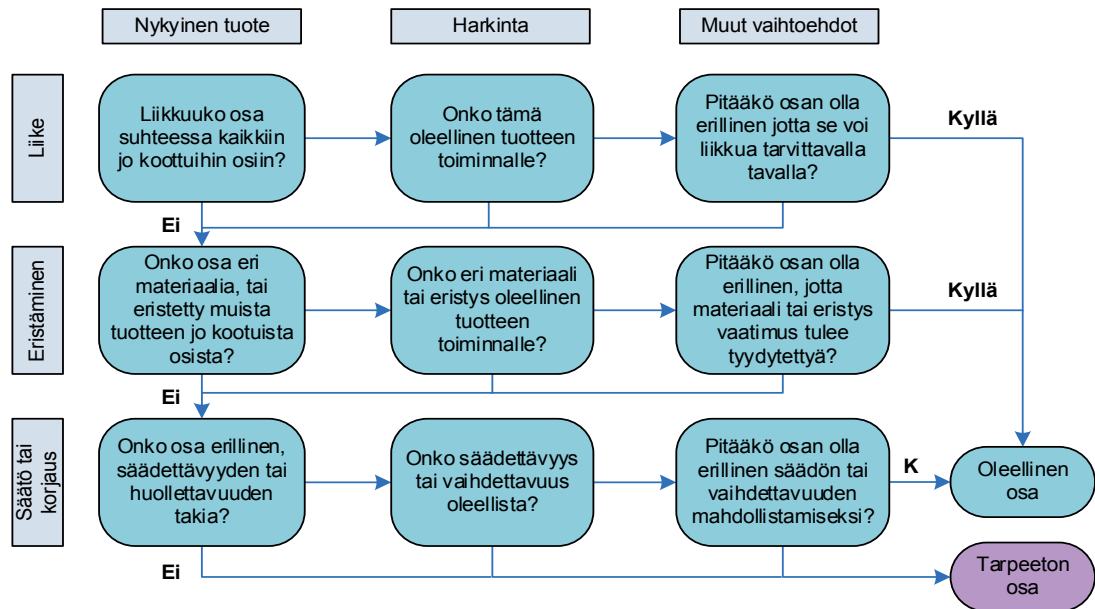
Whitneyn mukaan DFA-menetelmää voidaan pitää tuotekehityksen integraation ja tuotearkkitehtuurin luomisen edistävänä tekijänä. DFA-menetelmä painottaa tuotearkkitehtuurin kehittämisessä kokoonpanojen komponenttimäärien vähentämistä. Tällä on väistämättä vaikutuksia tuotearkkitehtuurin, joka on pakotettu yksinkertaistumaan menetelmän käytön seurauksena. Whitney mainitsee kuusi erilaista yritysten kehittämää ja käyttämää DFA-menetelmää kirjassaan: (Whitney 2004, s.393–394)

- Boothroydin DFA-menetelmä
- Hitachin luotettavuuden- ja kokoonpantavuuden arviointi
- Westinghousen DFA-laskentatyökalu
- Toyotan ergonomian arviointityökalu
- Sonyn DFA-menetelmä

Whitney kirjoittaa, että useimmat DFA-menetelmää käyttävien tutkijoiden ja käyttäjien ymmärtäessä osien lukumäärän vähentämisen toivottavuuden, vain DFA-menetelmän alkuperäinen kehittäjä Geoff Boothroyd, esittää omassa menetelmässään systemaattisen lähestymistavan tämän menetelmän hyödyntämiseksi. Boothroydin DFA-Menetelmän ideana on tutkia jokaista osakomponenttia kolmen eri kriteerin suhteen, jotka voisivat oikeuttaa sen sisällyttämisen tuotteeseen tai sen poistamisen tuotteen rakenteesta kokonaan. Hänen mukaansa tärkein tunnistettava kokoonpanokustannusten alentamiseen vaikuttava tekijä, oli tuotteen yksittäisten osien määrän vähentäminen. Nämä kolme edellä mainittua kriteeriä ovat: (Whitney 2004, s.385–388; Boothroyd 2005; Boothroyd et al. 2011, s.10–11)

1. Tuotteen toimiessa, liikkuuko osa suhteessa kaikkiin muihin osiin kokoonpanon koottuihin osiin? Pieniä liikkeitä, jotka voivat johtua osaan sisällytetyistä integraalisista saranoista ei huomioida.
2. Pitääkö osan olla eri materiaalista tai olla eristetty kaikista muista jo kootuista osista?
3. Pitääkö osan olla erillinen kaikista muista jo kootuista osista, koska muutoin jonkun toisen osan kokoonpano tai purkaminen olisi mahdotonta?

Mikäli yhteenkään näistä kysymyksistä ei voida vastata yksittäisen osan kohdalla kyllä, niin teoriassa tämä osa voidaan yhdistää toisen osan kanssa tai poistaa kokonaan. Näitä kriteereitä käytetään säälimättä käyttämällä tuotteen pääfunktioita tarkastelun fokukseksi. Kuva 17 esittää näiden kolmen esitetyn peruskysymyksen avulla tehtyä ja sovellettua prosessinomaista DFA-analyysiä. (Whitney 2004; Boothroyd 2005; Boothroyd et al. 2011, s.10–11)



**Kuva 17.** Toiminnallisen analyysin soveltaminen DFA-menetelmässä (Whitney 2004; Boothroyd 2005)

Näihin kolmeen kysymykseen perustuvassa yksinkertaistamisen analyysissä on kuitenkin joitakin tärkeitä huomioitavia asioita. Esimerkiksi usein menetelmän analyysin seurauksena kiinnikkeet ovat tarpeettomia osia ja ne tulisi korvata tuotteessa toisin teknisin ratkaisuin. Tämän vuoksi poistettavien osien merkitystä tuotteelle tulee harkita erityisen tarkkaan. Mikäli menetelmää sovelletaan oikein, nämä kolme kriteeriä pakottavat suunnittelijan pohtimaan, kuinka tuotetta voidaan yksinkertaistaa. Lisäksi Boothroydin esittämässä menetelmässä arvioidaan yksittäisten osien käsittelyaikaa ja liitettävyyttä toisiinsa, käyttäen apuna taulukoita joissa arvioidaan osien käsittelyn vaikeutta ja niiden liitettävyyttä toisiinsa. (Whitney 2004, s.394; Boothroyd 2005)

Hitatchin käyttämän kokoonpanonpantavuuden arviointimenetelmä perustuu pisteytykseen, jossa kokoonpanolle tai osakokoonpanolle annetaan tietty alkupistemäärä. Tästä pistemäärästä aletaan vähentää pisteitä, näiden pistevähennysten suuruus riippuu osan kokoonpanoprosessin luonteesta. Menetelmässä kuvataan 20 erilaista määriteltyä tilannetta, jotka vähentävät osan kokonaispistemäärää. Prosessin lopuksi saadaan pistemäärä, joka kuvaa jokaisen yksittäisen osan tai kokoonpanon kokoonpanantavuutta. Luotettavuuden arviointimenetelmä arvioi laajemmin kokoonpanon onnistumista ja tuotteen toimintavarmuutta. Menetelmän käyttämä pisteytys on samanlainen kuin kokoonpanta-

vuuden arviointimenetelmässä mutta se lisää työkalun erilaisten kokoonpanotehtaiden vertailuun. Menetelmän tavoitteena on tuotteen viallisuuden tai sen valmistusprosessin erojen havaitseminen eri tehtaiden välillä. (Whitney 2004, s.388–391)

Westinghousen DFA-laskurilla voidaan Boothroydin menetelmän tavalla analysoida komponentteihin liittyvää käsiteltävyyden ja liitettävyyden vaikeutta. Tarvittavia tietoja tämän menetelmän hyödyntämiselle ovat komponenttien muoto, koko, symmetria, liitettävät rajapinnat, liitosten suunnat, välykset ja muut merkitsevät tekijät, jotta menetelmää voidaan käyttää analysointiin. Westinghousen kehittämä laskuri on pyörivä liukukiekko, joka koostuu kahdesta levystä ja läpinäkyvästä osoittimesta levyjen kummallakin puolella. Toyotan ergonomian arviointimenetelmän perustana on autoteollisuudessa tyypillinen tapa käsitellä ja siirtää suuria ja painavia komponentteja tai kokoonpanoja, joiden ergonomian analysointi on järkeenkäypää työergonomian kannalta. Komponenttien paino ja kannattelu aiheuttavat työntekijään kohdistuvaa rasitusta ja työskentelyasennon vaikuttaessa tähän myös. Sonyn menetelmä pakottaa jokaisen suunnittelijan tekemään kaikista luomistaan konsepteistaan räjäytyskuvan tuotteen kokoonpanoa varten. Tämä pakottaa Sonyn suunnittelijat harkitsemaan tuotteen kokoonpantavuutta jo tuotteen varhaisessa suunnitteluvaiheessa ennen tuotantoa ja kokoonpanoa. (Whitney 2004, s.391)

## 2.4.6 Design for Manufacturing

Design for Manufacturing (DFM) -menetelmän ideana on, että triviaalilta vaikuttavalla asialla voi olla merkittäviä kustannusvaikutuksia tuotannossa, joten suunnittelupäätöksiä vaikutusta pitäisi arvioida jo hyvin aikaisessa tuotesuunnittelun vaiheessa. Menetelmää käytetäänkin usein tuotteen valmistuskustannuksien minimointiin. (Swamidass 2002, s.292). Menetelmän tavoitteena on DFA-menetelmän tapaisesti valmistuksen helpottaminen, halventaminen, yksinkertaistaminen, tekeminen luotettavammaksi ja niin edelleen Whitneyyn mukaan DFX-menetelmien tavoitteiden saavuttamiseksi suunnittelijoiden pitää usein muuttaa suunnitelmiaan ja laajentaa fokuksaan suunnitellessaan niin, että muut kuin tuotteen suoritusvaatimukset otettaisiin vakavasti huomioon. (Whitney 2004, s.379)

Mika Lohtander esittelee näkemyksensä valmistettavuuden analysoinnista (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.238–239) toimittamassa kirjassa. Hänen mukaansa valmistettavuuden arviointia voidaan lähestyä useista näkökulmista kuitenkin mainiten, että helpoin tapa arvioida on miettiä, onko tuote valmistettavissa joko kyllä tai ei. Lohtanderin mukaan laadullisten määreiden kuten hyvä, keskimääräinen tai huono perusteella on valmistettavuuden arviointi vaikeaa johtuen tuotantoprosessien ja henkilöiden käsityseroista näiden käsitteiden välillä. Laadullinen vertailu on hänen mukaansa mahdollista vain paikallisesti ja kappaleiden kesken, mikäli niiden arvostelu on mahdollista erikseen määriteltujen prosessien kannalta. Valmistusaika ja kustannukset ovat kaksi yleistä valmistuksen määrällistä kriteeriä sen vaatavuutta arvioitaessa.

Yhä enemmän käytetään DFA- ja DFM-menetelmän yhdistelmää, yhdistettynä yhdeksi DFMA-menetelmäksi. Jolloin yhdistetään valmistettavuuden suunnittelu ja kokoonpanon helppouden suunnittelu yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, jossa näitä kahta menetelmää käytetään yhdessä tuotesuunnittelun tekemiseen. (Boothroyd et al. 2011)

## 2.5 Yhteenveto taustateoriasta

Yrityksien toiminta perustuu osaamiseen ja tietotaitoon omalla alallaan, menestyksenkäiden ja asiakasvaatimukset täyttävien tuotteiden valmistamiseksi. Yrityksien tulee siten osata luoda, säilyttää, tulkita, jakaa ja hyödyntää synnyttämäänsä tai keräämäänsä tietoa oman toimintastrategiansa mukaisesti. Yrityksien toiminta ja kilpailuun vastaimiskyky perustuu sen kykyyn kuroa umpeen sen osaamiskuilut, eli synnyttää uusia ratkaisuja ja tietoa. Tuotteen kehitysprosessi vaatii tietoa asiakkaan ja markkinoiden tarpeesta ja tätä tietoa yrityksen pitää kerätä ja analysoida ratkaisujen synnyttämiseksi. Tässä prosessissa yritys joutuu ottamaan huomioon tuotteen elinkaaren ja sen eri vaiheet arvioidessaan uuden tuotteen mahdollisuuksia ja sen ratkaisuja. Yrityksen kohtaamat asiakastarpeet muodostuvat asiakkaan vaatimuksista tuotteille ja yritys joutuu ratkaisuissaan punnitsemaan eri vaatimuksien muodostamaa asiakasarvoa. Yrityksen tavoitteena tulisikin olla asiakkaan tarpeiden täyttäminen niin että tuotteen tuottaman asiakasarvo olisi mahdollisimman korkea kuitenkin täyttämällä kaikki vaatimuksenmukaisuudet joita asiakas joko suoraan tai välillisesti asettaa tuotteelle. Vaatimuksenmukaisuuden seuraaminen onkin yksi yrityksen kohtaamista haasteista, jota sen tulee jatkuvasti suorittaa tuotteiden laadun ja ominaisuuksien varmistamiseksi suhteessa asiakkaan vaatimuksiin. Näiden vaatimusten täyttämättömyys aiheuttaa asiakasarvon laskua ja negatiivisia vaikutuksia yrityksen tuottamaan asiakasarvoon, tämän takia yrityksen tulee kiinnittää toiminnassaan huomiota sen tuotteiden ja toiminnan laatuun, jolla on vaikutus asiakkaan kokemaan arvoon ja yrityksen imagoon. Yrityksen tulee kiinnittää huomiota laatuunsa sekä turhan hukkatyön tekemisen minimointiin, jotta se voi tuottaa toiminnallaan mahdollisemman paljon arvoa asiakkaalleen.

Yritykset yrittävät tehostaa toimintaansa ja parantaa tuottamaansa asiakasarvoa monin eri keinoin, yrittäen kuitenkin tarjota asiakkailleen kuitenkin mahdollisimman monipuolisia tuotteita kustannustehokkaasti. Peruseriaate pyrkiä tähän kustannustehokkuuteen on pyrkimys suunnitella tuotteesta pois mahdollisimman moni arvoa tuottamaton ominaisuus ja keskittyä arvoa tuottavien ominaisuuksien maksimoimiseen. Yksi tapa pyrkiä tähän päämäärään on suunnitella tuotteet mahdollisimman helpoiksi valmistaa ja kokoonpanna hyödyntäen erilaisia suunnittelumenetelmiä. Yksi tapa hallita erilaisten asiakastarpeiden aiheuttamaa monimutkaisuutta niin tuotteelle asetettavien ulkoisten vaatimusten kuin suorien asiakasvaatimusten osalta on moduloida tuote. Tällä pyritään hallitsemaan monimutkaisuutta, parantamaan laatua ja tarjoamaan mahdollisimman monipuolinen muunneltavuus tuotteelle. Tämä voidaan toteuttaa jakamalla tuote yksiköihin, joilla on tarkasti määritellyt ja vakioidut sekä standardisoidut rajapinnat, jotka mahdol-

listavat moduulien yhdisteltävyyden keskenään. Tuotteen moduloimiseksi yrityksen tulee tuntea tuotteelta odotetut ominaisuudet ja sitä kohtaavat vaatimukset, jotta tuote voidaan jakaa mahdollisimman tehokkaasti yhdisteltäviin ja kustannustehokkaisiin moduuleihin. Kun vaatimukset ja asiakkaan tarpeita vastaavat tekniset ratkaisut on saatu selvitettyä, voidaan tuotteen moduulien muodostamista analysoida eri tavoin. Tämän analyysin lopputuloksena ovat moduuliaihiot, joista yritys voi valita parhaiten tuotteeseensa sopivat moduulien kehitystä varten.

Tässä työssä tutkitaan tuotetta koskevia vaatimuksia ja niiden kohdistuvuutta tuotteen eri osille. Tavoitteena on selvittää tuotteelle ja sen osille kohdistuvat vaatimukset, näitä vaatimuksia analysoimalla voidaan joko nykyistä tuotetta vaatimuksen mukaistaa tai suunnitella kokonaan uusi, modulaarinen tuote käyttäen selvitystä moduuliaihioden määrittelyn apuna. yrityksen tavoitteiden mukaisesti. Pyrkimyksenä on myös selvittää selvitystyön tuloksien hyödyllisyyttä ja soveltamiskohteita yrityksen toiminnassa.

### 3. LUOKITUSONGELMA

Kappaleessa tutustutaan tutkimuksen taustaan tutkimusongelman ymmärtämiseksi. Taivoitteena on tutustua yrityksen toimintaan, niiltä osin kuin sen voidaan perusteltavasti nähdä liittyvän käsiteltävään tutkimusongelmaan ja sen ymmärtämiseen. Selvitys perustuu kohdeyrityksen asiantuntijoiden haastatteluihin, sisäiseen dokumentaatioon ja tutkijan muuhun omaan selvitystyöhön yrityksen toimintatavoista ja prosesseista. Työn tausta-aineistoon tutustuttiin tutkimustyökalulle asetettavien vaatimusten selvittämiseksi, sekä yrityksen kohtaamien ongelmien ymmärtämiseksi.

Tutkimusongelman perusta on yrityksen tarve tuntea, sen tuotteisiin kohdistuvat meriluokituslaitosten luokitussäännöt ja niiden luokitusvaatimukset. Yrityksen pitää tuntea näiden sääntöjen vaikutus tuotteen tuotekehitykseen, toimitussuunnitteluun, valmistukseen, ominaisuuksiin, suorituskykyyn, materiaaleihin ja muuhun sen toimintaan. Tutkimuskohteeksi valittiin yrityksen erikoistuote ja tähän juuri tähän tuotteeseen liittyvät vaatimukset. Tutkittavan tuotteen kohdalla tarve on akuutti, koska toisin kuin yrityksen päätuote, joka on pitkälle modulaarinen ja jonka luokitustarpeet tunnetaan paremmin, ei kohteena olevaa tuotetta ole vielä moduloitu. Tämän ollessa yksi syy siihen, ettei sen suunnittelun tukena ole vastaavan laajuista yhtiön sisäistä aineistoa. Erityinen puutos on tähän erikoistuotteeseen kohdistuvien luokitussääntöjen tuntemuksen puute, koska systemaattista selvitystyötä luokitussäännöistä ei ole tehty tätä tuotetta koskien.

Luokitussääntöjen puutteellinen tuntemus aiheuttaa yritykselle joitakin ongelmia ja haasteita, näitä ongelmia kuvataan tarkemmin myöhemmissä kappaleissa. Luokitussäännöt ja niiden asettamat vaatimukset, toimivat rajoittavina parametreina tuotteen tuotekehityksessä ja toimitussuunnittelussa. Pääsääntöisesti luokitussäännöt asettavat minitason jonka tuotteen tulee täyttää, ollakseen vaatimusten mukainen. Näiden vaatimusten alittaminen johtaa laatuongelmaan, jonka ydin on vaatimusten luokitussääntöjen asettamien vaatimusten puutteellinen selvitystyö. Luokituslaitos ja sen säännöt ohjaavat myös luokitus- ja hyväksyntäprosessia, jonka tarkoituksena on taata vaatimuksenmukaisuus. Vaatimuksenmukaisuutta käsiteltiin yleisesti aiemmassa luvussa 2.2.2.

Yrityksen tulee tuntea tämän luokitusprosessi sekä siihen liittyvän luokituslaitokselle toimitettavan dokumentaation vaatimukset. Nämä vaatimukset pitää tuntea koska ne ovat edellytys yrityksen oman ja sen asiakkaan luokitusaineiston hyväksynnälle ja tehokkaalle toiminnalle. Juuri oikean sisällön toimittaminen lisää tehokkuutta vähentäen hukkatyön määrää.

### 3.1 Kohdeyritys

Tutkimuksen kohteena on teknologiateollisuutta edustava kansainvälinen yritys, jolla on Suomessa toimintaa. Kohdeyrityksen eräästä tuoteryhmästä vastaavalla osastolla on erikoistuote, joka on työn tutkimuskohde. Tämä erikoistuotetyyppi on suunnattu tiettyyn käyttöön ja sisältää sisällään useamman erilaisen, hieman käyttötarkoitukseltaan poikkeavan tuotteen. Tutkimuskohde ei ole osaston päätuote, vaan päätuotetta pienemmälle markkinasegmentille tarkoitettu erikoistuote. Yrityksen tuotteeseen kohdistuu luokituslaitosten sääntöjen aiheuttamia vaatimuksia, jotka yrityksen tulee täyttää toimiakseen menestyksekkäästi markkinoillaan.

Yrityksessä on siirrytty vuonna 2010 uuteen ERP-järjestelmään (Enterprise Resource Planning) mutta monet tähän ERP-järjestelmään kytkeytyvät järjestelmät, kuten suunnittelujärjestelmät ovat yhä muutosvaiheessa. Uusien järjestelmien integrointi sekä vanhojen järjestelmien ominaisuuksien siirto uusiin järjestelmiin on koettu haasteelliseksi. Yrityksen vanha ERP-järjestelmä johon suunnittelujärjestelmän osaluettelointi on sisäänrakennettu, pysyy yhä käytössä nyt vuonna 2016.

Kohdeyrityksen osastolla on ollut käynnissä vuodesta 2011 sen päätuotteeseen kohdistuva tuotekehitysprojekti, jonka tarkoituksena on ollut osaston päätuotteen uudelleen modulointi aiemmin esitetyn luku 2.3.3 esittämää teoriaa mukailemalla. Tällä on pyritty vastaamaan markkinoiden muuttuneisiin tarpeisiin, niin laajemman suorituskykyportfolion kuin kustannustehokkuuden avulla, joka onkin tuotekehitysprojektin päätavoite. Päätuotteen kustannusvähennystavoite on noin viidenneksen vähennys tuotteen valmistuskuluihin. Muiden tuotteiden osalta markkinoiden kustannustehokkuuden parannusvaatimus on myös aiheellinen, jotta yritys pystyy vastaamaan kilpailijoiden aiheuttamaan hintakilpailuun.

### 3.2 Luokituslaitos ja luokitusprosessi

Tässä kappaleessa käsitellään luokituslaitoksia ja niiden toimintaa sekä merkitystä menenkulkuteollisuudelle. Niiden asettamat vaatimukset ohjaavat laivojen ja laitteiden valmistusta sekä käyttöä erinäisillä tavoilla. Kappaleessa kuvataan joitakin työn kannalta merkityksellisiä luokituslaitoksen asettamia vaatimuksia liittyen dokumentointiin ja testaukseen.

Luokitusprosessia kuvataan tässä kappaleessa yrityksen tuotteen osalta, kuvaten sen eri vaiheita ja prosessissa mukana olevia tahoja sekä niiden toimintaa. Tavoitteena on luoda yleiskuva yrityksen tuotetta koskevaan luokitusprosessiin ja ymmärtää sitä yleisellä tasolla. Prosessia kuvataan kaupan saannista sen huoltotoiminnan loppumiseen saakka, pelkistetyn prosessikaavion avulla.



### 3.2.1 Luokituslaitos

Luokituslaitos on merenkulun alalla toimiva yksityinen laitos, joka määrittelee ja ylläpitää laivojen sekä offshore laitteistojen rakentamiseen ja käyttöön liittyviä teknisiä standardeja. Luokituslaitos varmistaa sekä varmentaa näiden standardien noudattamisen laivojen ja laitteiden rakentamisessa suorittamalla tarkastuksia. Ne eivät kuitenkaan ota mitään vastuuta turvallisuudesta, tuotteen käyttöön sopivuudesta tai merikelpoisuudesta. (*Classification Societies - What, Why and How?* 2015)

Luokituslaitokset asettavat tekniset säännöt ja vaatimukset, varmistavat että suunnitelmat ja laskelmat täyttävät nämä säännöt, tarkastavat alukset ja merirakenteet niiden rakennuksen ja käyttöönoton aikana, sekä säännönmukaisesti niiden käyttöä aikana, säännösten noudattamisen varmistamiseksi. Luokitustarkastajat tarkastavat alukset, varmistaakseen että niiden komponentit ja koneistot on rakennettu kunkin luokituslaitoksen asettamien standardien mukaisesti. (*Classification Societies - What, Why and How?* 2015)

Luokituslaitosten säännöt ohjaavat siis laivanrakennuksessa käytettävien tuotteiden suunnittelua ja asettavat niiltä vaadittavan minitason. Yhdessä muiden standardien ja kansallisten tai kansainvälisten säädösten kanssa, jotka voivat vaikuttaa laivaan asennettavaan tuotteeseen asettamalla sille erilaisia vaatimuksia. Tuotteita tarkastetaan eri tavoin, liittyen niiden käyttötarkoitukseen laivalla. Tarkimmin arvioituja ja tarkastettuja laitteita luokituslaitosten toimesta ovat muun muassa ohjaus- ja propulsiolaitteet. Sekä muut laitteet joiden toiminta katsotaan välttämättömäksi, joko kokonaan tai osittain laivan, sen miehistön, matkustajien, luonnon tai muun vastaavan turvallisuuden varmistamiseksi.

Luokitusprosessin aikana luokituslaitokselle toimitetaan hyväksyntää varten erilaisia dokumentteja, luokitussäännöissä ilmaistujen vaatimusten mukaan, tätä aineistoa kutsutaan luokitusaineistoksi. Dokumentin lähetysvaatimus ilmaistaan luokituslaitoksen säännöissä usein käyttämällä seuraavia tai niiden kaltaisia termejä:

- Lähetettävä hyväksyttäväksi
- Lähetettävä tiedoksi
- Voidaan täyttää tyyppihyväksynnällä (tyyppihyväksyttämättömien tuotteiden dokumentit lähetetään hyväksyttäväksi)
- Käsitellään paikallisesti (luokituslaitoksen paikallinen konttori)
- Lähetettävä pyydettyäessä
- Toteutettaessa (esitetään määritellyn tilanteen yhteydessä.)
- Aluskohtaisesti

Luokituslaitokselle toimitetaan erilaisia dokumentteja kuten teknisiä piirustuksia, laatusuunnitelmia ja muita vastaavia asiapapereja. Näiden lisäksi joistakin määritellyistä tuotteista ja niiden osista joudutaan laitetyyppikohtaisesti toimittamaan dokumentteja

joiden avulla, tuotteen luokitussääntöjen mukaisuus pyritään osoittamaan. Näitä toimittavia dokumentteja voivat olla muun muassa:

- Tuotesertifikaatti
- Materiaalisertifikaatti
- Luokan sertifikaatti
- Tehtaantodistus
- Luokan tyyppihyväksyntä
- Testiraportti
- Ainetta rikkomattoman testin raportti

*Tuotesertifikaatti* on hyväksyntädokumentti, jonka sen myöntäjäorganisaatio on vahvistanut ja allekirjoittanut. Dokumentista ilmenee tuote, jota se koskee ja vaatimuksenmukaisuudet jotka se täyttää. Tämän dokumentin myöntämiseksi, sen kohteena olevalle tuotteelle pitää tehdä määritellyt testit tai ottaa siitä näytepalat. Tehtyjen testien pitää olla sertifikaatin myöntäjäorganisaation tai sen edustajan valvonnan alaisuudessa tehtyjä. *Materiaalisertifikaatti* on dokumentti, jonka sen myöntäjäorganisaatio on vahvistanut ja allekirjoittanut. Se ilmaisee että tuote täyttää ne materiaali vaatimukset, joihin dokumentissa viitataan sekä sisältää materiaalitestien tulokset. *Luokan sertifikaatti* ilmaisee että tuote täyttää sen myöntäneen luokituslaitoksen asettamat vaatimukset. Tämän dokumentin vahvistaa ja allekirjoittaa luokituslaitoksen tarkastaja. *Tehtaantodistus* on luokituslaitoksen sääntöjen mukaisuutta vakuuttava dokumentti, joka kohdistuu tuotteelle tai materiaalille. *Luokan tyyppihyväksyntä* sertifikaatti on luokituslaitoksen myöntämä osoitus tuotteen vaatimustenmukaisuudesta. *Testiraportti* on tuotteen valmistajan kirjoittama dokumentti, jossa todetaan että sen kohde täyttää luokan säännöt ja että testaus on suoritettu tuotantonäytteille. *Ainetta rikkomattoman testin raportti* on testauslaitoksen vahvistama ja allekirjoittama dokumentti, jossa todetaan testaus suunnitelma, testin kohde, missä ja milloin testi on suoritettu, sekä henkilöt jotka ovat olleet läsnä testitilanteessa. (*Rules for classification: Ships - dnvgl-ru-ship-pt1ch3* 2016)

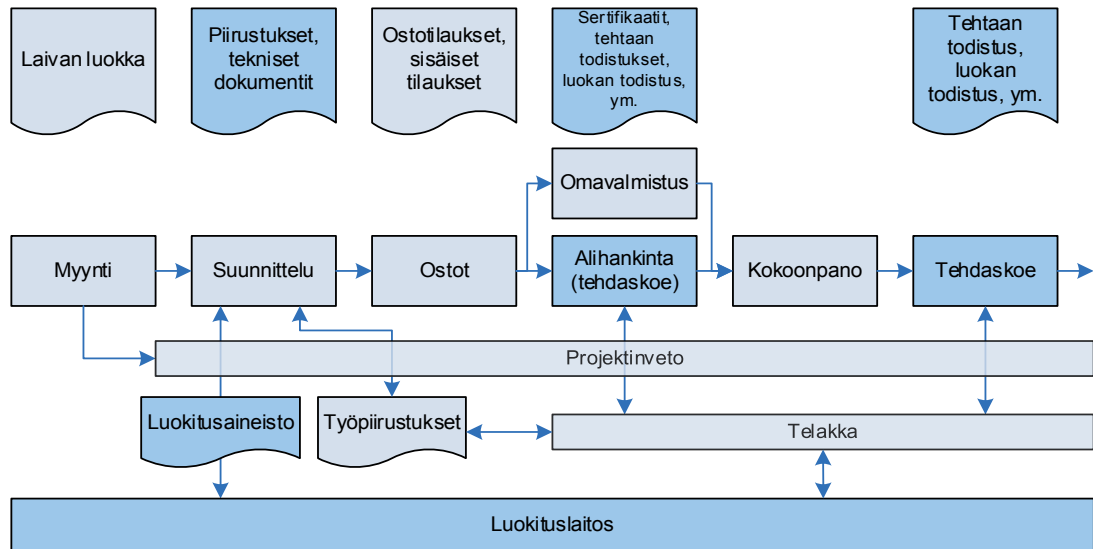
### 3.2.2 Tuotteen luokitusprosessi

Luokituslaitos määräytyy varhaisessa vaiheessa, kun varustamo tilaa telakalta aluksen ja sopii käytettävästä luokituslaitoksesta omien tarpeidensa mukaisesti. Tämä valinta määrittää laivan varustelulle asetetut perusvaatimukset, yhdessä asiakkaan asettamien tarpeiden kanssa. Asiakkaalla tarkoitetaan yleisimmin telakkaa, joka tilaa tuotteen yritykseltä, vaikkakin laivanvarustamolla on usein viimeinen sana varustelun määrittämisessä. Yritykselle luokka määrittyy tarjousvaiheessa, kun telakka pyytää laitteista tarjouksen ja aloittaa myyntineuvottelut.

Kauppan solmimisen jälkeen siitä avataan yrityksen sisäinen projekti, jonka hallintaan asetetaan projektinvetäjä. Tämä projektinvetäjä vastaa projektin budjetista, aikataulusta ja kokonaistoimituksesta. Projektinvetäjä toimii pääsääntöisenä yhteyshenkilönä ja tiedon kauttakulkukanavana kohdeyrityksen sekä projektin muiden sidosryhmien välillä.

Projektin sidosryhmiä ovat kohdeyrityksen eri osastot, lisäksi projektinvetäjä pitää yhteyttä telakkaan ja joissakin tapauksissa myös laivanvarustamoon. Laivanvarustamon pääsääntöisen kontaktin ollessa telakka, jonka kautta tieto pääsääntöisesti kulkee yritykselle päin.

Kuva 18 mukaisesti toimitusprojekti siirtyy myynniltä projektisuunnittelulle, joka tekee projektille hyväksyntäpiirustukset tai suoraan työpiirustukset. Projektinvetäjä kokoaa nämä muun aineiston ohessa luokitusaineistoon, joka lähetetään luokituslaitokselle hyväksyntää varten.



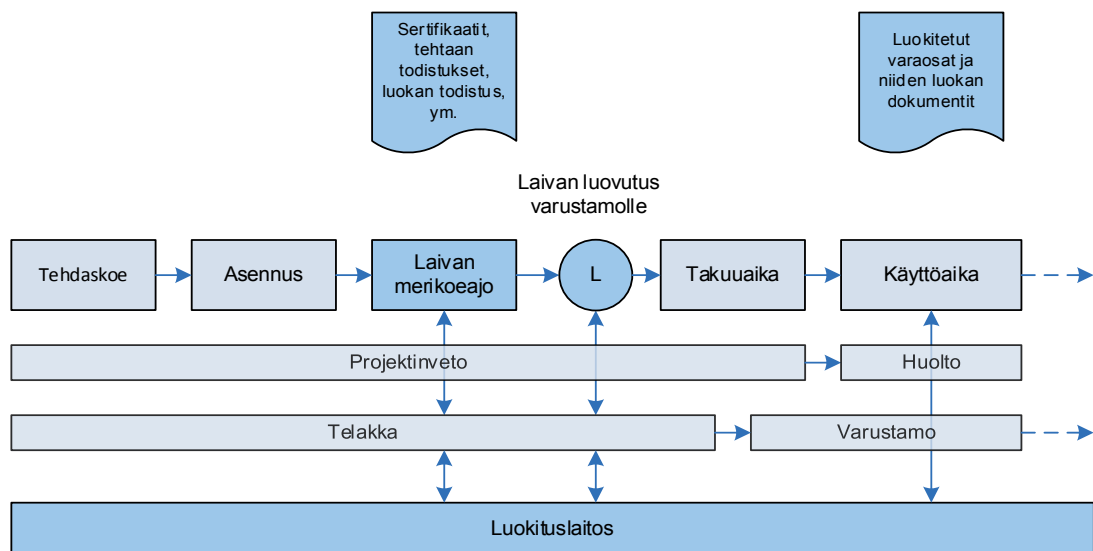
**Kuva 18.** Tuotteen pelkistetty luokitusprosessi myynnistä tehdaskokeeseen

Varsinaista luokitusaineistoa ei koskaan lähetetä täydellisenä asiakkaalle eli telakalle, koska se sisältää yritykselle luottamuksellista tietoa; esimerkiksi valmistuskuvien muodossa. Luokitusaineiston sisältö muodostuu piirustuksista, sertifikaateista ja laskelmista, joilla pyritään osoittamaan tuotteen vaatimuksenmukaisuus ja saamaan näin luokan hyväksyntä luokitusaineistolle. Luokitusaineisto pyritään hyväksyttämään ennen ostotoiminnan aloittamista, mutta aina näin ei ole mahdollista tehdä, kiireisen aikataulun takia. Mikäli luokitusaineistoa ei hyväksytä, siihen tehdään tarpeelliset muutokset ja se lähetetään takaisin luokituslaitokselle tarkistettavaksi ja hyväksyttäväksi.

Suunnittelusta piirustukset, osalistat ja muu suunnittelumateriaalit siirtyvät operatiiviselle osastolle ja siellä ensimmäisenä ostotoiminnolle, joka suorittaa materiaalien sisäiset sekä ulkoiset tilaukset. Riippuen luokitusvaatimuksista eri komponentit ja kokoonpanot toimitetaan tehtaan todistuksilla, tai ne testataan luokan tarkastajan läsnä ollessa. Nämä sertifikaatit toimitetaan projektinvetäjälle, joka toimittaa ne telakalle. Joka taas liittää dokumentit omaan, laivaa koskevaan luokitusaineistoonsa, jonka se toimittaa luokituslaitokselle.

Kokoonpanossa tarvittavat osavalmistuksen- ja alihankkijoiden osat kootaan yhteen ja testataan, tarvittaessa testaus tehdään luokituslaitoksen tarkastajan valvonnassa. Joissakin tapauksissa paikalla on myös telakan- tai laivan omistajan edustaja, valvomassa testin suoritusta ja tuotteen vaatimuksenmukaisuutta. Luokituslaitoksen tarkastajan läsnä ollessa leimaa tarkastaja tuotteen testipöytäkirjat ja itse tuotteen luokituslaitoksen leimalla, jos se täyttää vaatimukset. Nämä dokumentit toimitetaan projektinvetäjälle joka toimittaa ne edelleen varustamolle joka liittää ne omaan luokitusaineistonsa.

Kuva 19 kuvaa tehdaskokeen jälkeistä ajanjaksoa, jonka kuluessa tuote on toimitettu telakalle ja asennettu varusteltavaan laivaan. Laivan merikoeajolla suoritetaan tuotteelle sen viimeiset testaukset ja vaatimuksenmukaisuuden tarkistelu, yleensä luokituslaitoksen tarkastajan läsnä ollessa. Vasta tässä vaiheessa tuotteelle saadaan lopullinen luokituslaitoksen hyväksyntä, joka toimitetaan jälleen kerran osaksi telakan luokitusaineistoa. Telakka voi luovuttaa laivan vasta kun sen luokitusaineisto on hyväksytty luokituslaitoksen toimesta, joten vaatimuksenmukaisuuden täyttäminen on tärkeä osa yrityksen asiakkaan tarpeiden täyttämistä.



**Kuva 19.** Tuotteen pelkistetty luokitusprosessi tehdaskokeesta käytöstä poistoon

Laivan luovutuksen jälkeen yrityksen toiminta luokituslaitoksen kanssa rajoittuu, luokitettavaksi vaadittujen tuotteiden varaosien luokittamiseen ja niihin liittyvien aineistojen toimittamiseen laivanvarustamolle. Laivanvarustamo tarvitsee näitä aineistoja säännönmukaisissa luokituslaitoksen tarkastuksissa, joiden tarkoituksena on varmistaa laivan vaatimuksenmukaisuus ja osoittaa näin laivan merikelpoisuus luokituslaitokselle. Telakka ei voi normaalisti luovuttaa laivaa sen asiakkaalle ennen kuin laivan luokitusaineisto on hyväksytty, joten luokitusprosessin läpikäyminen on kriittinen tekijä. Takuuajan päätyttyä vastuu tuotteesta siirtyy projektitoiminnalta huollolle, joka vastaa tuotteesta ja asiakkaan välisestä kommunikaatiosta tuotteen huoltoajan loppuun saakka.

### 3.3 Suunnittelu ja kertyvä hiljainen tieto

Suunnittelutoiminto tekee toimitusprojektikohtaisen suunnittelun, pohjautuen sen saamiin myyntidokumentteihin. Tyypillinen toimitusprojekti pitää sisällään mekaniikkasuunnittelun, hydraulikkasuunnittelun ja sähkösuunnittelun johon sisältyy automaatiojärjestelmän ohjelmointi. Suunnittelu käyttää apunaan suunnittelutyössään listoja ja taulukoita joita hyödynnetään luokitusvaateiden tarkastelussa luokkakohtaisesti. Suunnittelijoiden luokitussääntöjen tuntemus perustuu kokemukseen työskentelystä osaston tuotteiden parissa ja heidän kohtaamiinsa ongelmiin eri projektien aikana.

Tämän takia osaston suunnittelijoille on kertynyt ajan saatossa merkittävä määrä arvokasta ja dokumentoimatonta hiljaista tietoa luokituslaitosten vaatimuksista, joka noudattelee luvussa 2.1.1 käsiteltyä hiljaisen tiedon määritelmää. Tämä tieto on hiljaista yritykseen kertynyttä osaamista, joka katoaa helposti suunnittelijoiden jäädessä eläkkeelle tai vaihtaessa työpaikkaa. Tieto katoaa koska sitä ei ole dokumentoidussa muodossa tai sen sijainnin tuntee vain asianomainen suunnittelija. Tietoa ei myöskään ehditä siirtää uusille suunnittelijoille, koska uuden suunnittelijan rekrytointiin ei saada lupaa tai ylimenokausi suunnittelijoiden välillä jää liian lyhyeksi tai sitä ei ole.

Toimitusprojektin aikana suunnittelijat piirtävät hyväksyntäkuvat ja valmistuskuvat tuotteesta telakan hyväksyttäväksi. Samalla he tarkastavat jossakin määrin myyntidokumenttien paikkaansa pitävyyttä, erityisesti laitteen suorituskyvyn ja optimoinnin osalta, ajan sen salliessa. Kun laitteen tuotantokuvat saadaan tehtyä, suunnittelu kokoaa laitteiston tuoterakenteen suunniteltujärjestelmässä ja merkitsee laitteen niille osille luokitustarpeet, joille se ei järjestelmästä tule suoraan tai ole merkittynä. Suunnittelu merkitsee samoin ehdolliset luokitussäännöt, joissa luokitusvaade perustuu jonkinlaiseen parametriin; kuten esimerkiksi tehoon, paineeseen muuhun vastaavaan suureeseen. Tällöin suunnittelu tarkastaa luokitustarpeen taulukoista, joihin on koottu luokkakohtaisesti kutakin kokoonpanoa koskevat säännöt rajoineen.

Suunnittelu kokee muuttuvat säännöt ongelmallisiksi, koska niistä ei aina saada tietoa tai yksinkertaisesti muutosta ei huomata suunnitteluprosessin aikana. Koska luokitussääntöjä on niin paljon, ettei yksittäinen henkilö voi työnsä ohella tutustua niihin kaikkiin. Tämän takia jäävät monet sääntömuutokset huomaamatta, kunnes ne ensikerran tulevat vastaan jossakin vaiheessa toimitusprojektia.

### 3.4 Yritys suunnitella moduloitu tuote

Toisin kuin yrityksen osaston päätuote, tutkimuksen kohteena olevaa erikoistuotetta ei ole moduloitu luvussa 2.3.3 esitetyllä tavalla. Tuotteen suunnittelu on perustunut vähittäisiin lisäyksiin sekä vanhojen laitteiden suunnittelurakenteiden muokkaamiseen uusiin toimitusprojekteihin. Vuonna 2001 erikoistuotetta yritettiin moduloida yrityksen päätuotteen tapaisesti, jonka pitkälle viety modulaarisuus sallii sen moduuleista luotavan yli

miljoona erilaista ja toimivaa laitetta. Vaikka kaikilla mahdollisilla moduuliyhdistelmillä ei ole tässä tapauksessa järkevää käyttökohdetta. Osaston päätuotteen modulaarisuus perustuu standardimoduuleihin ja niiden liitännäisrajapintoihin, joilla on määritellyt kiinnitysmittat, momentinkesto ja muita vastaavia parametreja. Modulaarisuustyypiltään päätuote on yhdistelmämodulaarinen, sisältäen paikka-, osa-, lohko- ja paranmetrisesti modulaarisia moduuleita. Tuotteen moduulit noudattelevat luvussa 2.3.4 mainittuja modulaarisuuden tyyppisiä.

Vuonna 2001 aloitetussa tuotekehitysprojektissa käytettiin hyödyksi MFD-menetelmää ja sen monia matriisimuotoisia työkaluja. MFD-menetelmää kuvaillaan tarkemmin luvussa 2.4.2. Tuotekehitysprojekti jouduttiin lopettamaan resurssien puutteen vuoksi, koska yrityksen johto ei nähnyt tuotteen moduloinnin jatkamista tärkeänä, tämän erikoistuotteen osalta. MFD-projektissa kuitenkin hajotettiin tuotteen tuoterakenne osiin ja tämä tieto oli yhä saatavilla, tässä työssä hyödynnetylle tutkimustyökalulle.

Projektin aikana oli suoritettu asiakastarpeiden kartoitusta ja segmentoitu tuotetta telakan ja laivanomistajan näkökulmista, painottaen laivanomistajan tarpeita. Segmentointi oli tehty luvussa 2.4.2 mainittuun ja sen mukaiseen Pughin valintamatriisiin ja siinä oli vertailtu asiakastarpeita muun muassa suorituskyvyn (useita erilaisia), turvallisuuden, laitteen koon, asennuksen helppouden, helppokäyttöisyyden, toimitusajan, hyötysuhteen ja luokitettavuuden suhteen.

Tämän jälkeen oli luotu lukujen 2.4.1 ja 2.4.3 mukainen sovellettu MFD-menetelmän mukainen QFD-matriisi, jossa asiakasvaatimuksia oli vertailtu tuoteominaisuuksiin ja nämä oli pisteytetty QFD-matriisille tyypilliseen tapaan. Asiakastarpeiden sarakkeissa oli käytetty ylemmässä kappaleessa mainittuja asiakastarpeita. Tuoteominaisuuksina eli teknisinä ratkaisuinä, oli käytetty joukkoa erilaisia asiakastarpeita tyydyttäviä ominaisuuksia.

Design Property Matrix eli DPM-matriisi tai suomeksi tuoteominaisuusmatriisiin josta aiemmin mainittu luvussa 2.4.2 oli selvitetty ja hajautettu tuoterakenne sen pääkokoonpanojen alle, erotellen jokainen pääkomponentti erikseen. DPM-matriisi oli alustavasti pisteytetty, mutta ei täysin valmis. Kehityssuunnitelma oli hahmoteltu ja sisälsi tuoteominaisuudet, sekä lyhyen kuvauksen tuotteen ominaisuuden aiotusta kehityssuunnasta.

Tuotteen teknisiä ratkaisuja oli listattu niiden funktioiden mukaisesti ja niiden sen päivän ratkaisu oli kuvattu dokumentaatioissa. Näiden ominaisuuksien tuotekehityssuunnille oli hahmoteltu ratkaisuvaihtoehtoja ja kehityssuuntaa. MIM-matriisia josta mainittu aiemmin luvussa 2.4.2 oli alustavasti koottu tuotteen eri pääkomponenttien kesken ja sen rajapintoina oli käytetty muun muassa kiinnityspintaa, ohjausta, ympäristöä, öljynvirtausta, tiivistettä, vääntömomenttia, värähtelyä ja kuormaa. Nämä rajapinnat ja niiden määrittäminen noudattelivat luvussa 2.3.4 mainittuja moduulien rajapintoja.

## 3.5 Koettuja ongelmia

Tässä kappaleessa käsitellään yrityksen kokemia ongelmia sisäisestä ja ulkoisesta näkökulmasta tarkasteltuna. Osa mainitusta ongelmista saattaa esiintyä aiemmissa kappaleissa, kun yrityksen eri toimintoja ja tuotetta on käsitelty. Kuitenkin nähtiin että ongelmat on hyvä jaotella ulkoisen ja sisäisen näkökulman mukaan ongelmakohtien tarkastelemiseksi.

Sisäisen näkökulman ongelmat liittyvät yrityksen sisälle rajoittuviin ongelmiin sen tiedonhallinnassa, vaatimuksenmukaisuuden tavoittelussa ja siten myös laadun ylläpidossa. Ulkoisen näkökulman ongelmat liittyvät yrityksen ulkopuolelle näkyviin ongelmiin eli niihin jotka yrityksen asiakas voi nähdä ja kokea. Tarkastelemalla näitä kahta näkökulmaa koottiin yhteen yrityksen kokemia ongelmakohtia, joita luokitussääntötiedon ja niiden aiheuttamien vaatimusten tuntemuksen puute sen seuraamukset voivat aiheuttaa.

### 3.5.1 Sisäisiä näkökulmia

Luokituslaitosten sääntöjen tunteminen ja sääntötiedon hallinta on koettu hankalaksi tehtäväksi yrityksen organisaation eri sidosryhmien toimesta, koska niiden hallintaan ei ole kehitetty kunnollista prosessia taikka työkalua ajan saatossa. Luokitustiedon ja sen hyödyntämiseen ei myöskään ole ollut nimettyä asiantuntijaa, joka olisi ylläpitänyt tätä tietoa kokonaisuudessa. Tämä on johtanut tilanteeseen jossa tuotteeseen luokitussääntöjen täyttämiseksi tehdyt muutokset ja päivitykset ovat usein olleet lisäys tyyppisiä. Ne ovat perustuneet luokitussäännön aiheuttaman vaatimuksen tiedostamiseen vasta myynti, hyväksyntä, tuotanto, käyttöönotto vaiheessa tai sen jälkeen. Useimmin vaatimuksen täyttämättömyys on tullut esille jossakin vaiheessa luokituslaitoksen tarkastusprosessia, koska ei ole ollut selvyyttä kaikista tuotteeseen kohdistuvista luokituslaitoksen säännöistä. Näissä tapauksissa on tilanteen yli yritetty päästä vetoamalla aiemmin hyväksytettyyn laitekantaan, mutta kaikissa tilanteissa tämä ei ole onnistunut, aiheuttaen yritykselle ei toivottuja laatukuluja ja myöhästymisiä. Nämä ongelmat yrityksen tiedonhallinnassa (luku 2.1) ovat aiheuttaneet sille sisäisiä- ja ulkoisia laatukustannuksia (luku 2.2.3), jotka vaikuttavat yrityksen kilpailukykyyn markkinoilla. Samalla nämä ongelmat muodostava yrityksessä osaamiskuilon, koska yritys ei tiedä mitä sen pitäisi tietää luokitussäännöistä ja niiden vaatimuksista (luku 2.1.2).

Yrityksessä tiedostetaan se fakta, että luokitussäännöt päivittyvät vuosittain ja joka vuosi tulee sääntöpäivityksiä. Tämän lisäksi tulee kokonaan uusia sääntökohtia jotka sisältävät ennestään tuntemattomia ja uusia vaatimuksia. Tähän faktaan on kuitenkin reagoitu huonosti, osittain syynä on ollut että selvitystyöhön ei ole ollut selviä resursseja, vaan suunnittelijat ovat joutuneet vastaamaan itse sääntömuutosten huomioimisesta. Ongelmaa on korostanut se, ettei yrityksellä ole työkalua luokitussääntötiedon kokonaisvaltaiseen hallintaan. Sekä se fakta että vanhojen suunnittelijoiden jäädessä eläkkeelle uuden ja vanhan suunnittelijan välille ei useinkaan ole jäänyt ylimenokautta, jolloin kertynyttä

hiljaista tietoa olisi voitu siirtää. Tämä on aiheuttanut sen että hiljaista tietoa on päästetty ulos yrityksestä, eikä sitä ole voitu siirtää, vaan se pitänyt luoda uudestaan. Tieto on kyllä saatavissa luokitusäännöissä, mutta yksittäisen suunnittelijan mahdollisuudet käydä läpi useiden luokkien koko omaa alaa koskeva säännöstö, on heikko. Yrityksen oma dokumentoitu tieto on tallennettu hajanaisesti, eikä sen hallinnalle ole ylläpidettyä ja yhteistä työkalua, tämän vuoksi tiedon löytäminen on välillä koettu hankalaksi. Yrityksen ongelmana ovat puutteet sen tiedonhallinnan työkaluissa ja itse tiedon keräämisessä ja käsittelyssä (luku 2.1.3) ja hiljaisen tiedon muuntamisessa käsiteltävään muotoon (luku 2.1.1).

Edellä mainituilla ongelmilla on ollut seurannaisvaikutuksia, joiden seurauksena on tiedon uudelleen hakemista. Tämän seurauksena organisaation sekä sen yksilöiden työn tehokkuus on kärsinyt, kun tietoa on pitänyt hakea, sisäistää ja soveltaa yhä uudelleen eri yksilöiden toimesta. Koska tieto on usein muistinvaraista eikä sitä hallita kunnolla, aiheuttaa tämä luotettavuusongelmia tiedon luotettavuuden arvioinnissa, jos tietoa joutuu soveltamaan harvoin. Esimerkkinä vain yhtä yksittäistä luokituslaitosta koskevat säännöt ja niiden muodostamat vaatimukset.

Luokitusääntöjen kohdistuvuus tuotteen kokoonpanoihin ja niiden komponentteihin ei ole ollut kunnolla tiedossa, koska luokan säännöistä ei ole ollut yhtä työkalua ja tiedon on joutunut hakemaan useista eri lähteistä. Samat ongelmat ovat esiintyneet myös kohdeyrityksen päätuotteessa mutta ongelma on pahempi tutkittavan erikoistuotteen kohdalla, koska kyseessä on erikoissovelluksesta, jota koskee päätuotteesta poikkeavia luokitusääntöjä. Näistä asioista johtuu se että tuotteen ja sen toimintojen jäljitettävyyden luokitusääntöjen asettamiin vaatimuksiin ei ole toivotulla tasolla. Koska todisteketju luokitusäännöstä tuotteen ominaisuuteen ei ole kunnossa, on se johtanut tilanteeseen jossa ei välttämättä tiedetä mitä kuuluu luokitaa tai testata ja miksi tai miksi luokitetaan ylipäätään. Ongelma on mahdollinen erityisesti eri luokituslaitosten poikkeavien sääntöjen tapauksissa, erityisesti jos yksittäisen luokituslaitoksen sääntö ja vaatimus poikkeaa kaikista muista luokista. Yrityksen ei ole siksi kyennyt yhdistämään tuotetta koskevia vaatimuksia (luku 2.2.2) tuotteen varhaisiin suunnitteluprosessin vaiheisiin jolloin sen pitää tuntea tuotteen asiakasvaatimukset (luku 2.2) tämä vaikeuttaa myös tuotteen modulointia ja sen rajapintojen sekä ominaisuuksien määrittelyä (luku 2.3.4).

Tuotteen suunnittelun kannalta tarkkojen vaatimusten puutteellinen tunteminen, on saattanut johtaa ylilyönteihin tuotteen varmuuskertoimien määrittelyssä. Ylilyönneillä on haluttu varmistaa että tuote täyttää eri luokituslaitosten vaatimukset, toisaalta kyse voi olla myös siitä että omiin laskelmiin ei ole aivan täysin luotettu. Tai jonkin teknisen yksityiskohdan analysointi on osoittautunut niin vaikeaksi, että ylimääräinen varmuus on koettu hyväksi lisäkustannuksien ja kohonneen lopputuotteen hinnan uhallakin. Kuitenkin näillä tapauksilla on yksi yhteinen tekijä, tiedon tai sen soveltamisen puute jäljitettävällä tavalla. Tämän tiedon tulisi olla sellaista että sitä voisi helposti katselmoida ja varmentaa jälkikäteen.



### 3.5.2 Ulkoisia näkökulmia

Ulkoisen tarkastelunäkökulman avulla voidaan tarkastella havaittuja ongelmia yrityksen ulkopuolelta, siten kuin ne näkyvät yrityksen kanssatoimijoille ja erityisesti sen asiakkaille. Luokitusvaatimusten huono tunteminen voi näkyä yrityksen ulkopuolelle monin eri tavoin, joita tutkija yrittää analysoida asiakkaan perspektiivistä.

Yksi asiakkaalle näkyvimmistä seurauksista ovat tuotteessa esiintyvät ulkoiset laatu-poikkeamat, (luku 2.2.3) jotka johtuvat luokitussääntöjen huonosta tuntemuksesta. Laatu-poikkeamaksi voidaan määritellä tapahtuma, joka johtuu luokitussäännön täyttämättömyydestä. Tässä tapahtumassa asiakas ei saa sellaista tuotetta jota on odottanut, jolloin tuotteen asiakkaalle tuottama arvo ei ole odotusten mukainen eikä tuota asiakasarvoa. Laatu-poikkeama voi olla näin ollen ollen suorituskykypuute, väärä materiaali, puuttuvat ominaisuudet tai muu vastaava asia joka johtuu luokitussäännön täyttämättömyydestä. Asian vakavuus vaihtelee puutteen ominaisuuden mukaan, osa on merkityksettömiä, kun taas turvatoiminnon puuttuminen tai väärä varmuuskerroin voivat johtaa kuolemaan tai merkittävään onnettomuuteen. Näillä voi olla vakavia imagollisia, laillisia tai taloudellisia vaikutuksia, niin laitetoimittajalle kuin tuotetta käyttävälle asiakkaalle. Esimerkkinä merkittävästä imago ja turvallisuusviasta merenkulussa, voidaan käyttää erään valmistajan peräsinlaitteen akselin katkeamista ja peräsimen putoamista merenpohjaan laivan menettäessä ohjauskykynsä.

Yrityksen osaaminen on myös yksi osa sen imagoa. Huono luokitussääntöjen tunteminen ei anna asiakkaalle hyvää kuvaa yrityksen toiminnasta, etenkin jos se huomataan, kun tuote on jo asennettuna laivaan ja sitä joudutaan korjaamaan vaatimusten mukaiseksi. Tilanne on samanlainen jos asiakas itse huomaa tuotteen olevan vaatimusten vastainen ja joutuu huomauttamaan siitä yritykselle. Tilanne voi saada asiakkaan epäilemään tuotteen laatua tai sen toimittaman yrityksen osaamisen tasoa. Asiakas ei välttämättä enää hanki tuotetta toista kertaa pahimmassa tapauksessa, koska se ei luota yrityksen ammattitaitoon ja kykyyn tuottaa asiakkaalle tarpeeksi arvoa. Tilanne vastaa luvussa 2.2.3 mainittua imagotappiutilannetta joka johtuu yrityksen laadun heikkouksista.

Halvempi hinta on yksi kaupan teon peruste ja ylimitoittamalla tai tarjoamalla ylimäärisiä, asiakkaalle tarpeeksi arvoa tuottamattomia ominaisuuksia, ei laitevalmistaja paranna asemaansa kilpailuilla markkinoilla. Asiakas ei välttämättä ole valmis maksamaan tuotteesta korkeampaa hintaa, yrityksen imagon tai tuotemerkin takia. Tämän takia on tärkeää tuntea kaikki asiakasarvoa tuottavat ja tuottamattomat elementit, hukan eliminoimiseksi ja asiakasarvoa tuottavien elementtien hyödyn maksimoimiseksi. Luokitussääntöjen vaikutus yrityksen kilpailutekijöihin pitää siis tunnustaa ja hyödyntää, jotta yritys voi tarjota parempaa asiakasarvoa, ylilaatu on hukkaa. Yrityksessä onkin tavoitteena käyttää erilaisia menetelmiä kuten Leania (luku 2.2.4) ja vastaavia kustannustehokkuutta ja asiakasarvoa parantavia tapoja kuten VE-menetelmää (luku 2.4.4).

### 3.6 Yhteenveto yrityksen kohtaamista haasteista

Kohdeyrityksen ongelmat liittyvät luokituslaitosten sääntöjen tuntemuksen puutteisiin, jotka vaikeuttavat tuotteen suunnittelua ja aiheuttavat ongelmia yrityksen tuotteen toimitusprosessissa. Yrityksen tarpeena on tuntea säännöt vaatimusten mukaisen tuotteen toimittamiseksi, luokitusprosessin suorittamiseksi ja tuotekehityksen mahdollistamiseksi. Suunnittelutoiminta hyödyntää sääntöjä vaatimuksenmukaisuuden saavuttamiseksi ja tuotteen kehittämiseen, luokitussääntöjen määrittelemien rajoitusten puitteissa. Yrityksen tulevaisuuden tavoitteena on moduloida tutkimuksen kohteena oleva tuote sen päätuotteen tapaan ja myös tämän vuoksi luokitusvaatimusten tunteminen on tärkeää, koska luokitussäännöt ohjaavat myös moduuliaihioiden muodostumista.

Luokituslaitoksien ylläpitämä luokitusprosessi on monivaiheinen ja -tasoinen vaatimuksenmukaisuuden varmistamisprosessi, joka koskettaa laivoja ja sen varusteluun käytettäviä laitteita. Näiden vaatimustenmukaisuus ja siten myös niiden tunteminen on ollut yritykselle ongelmallinen tehtävä, koska aktiivista luokitussääntöjen kartoitusta ei ole yrityksessä tehty. Tämän vuoksi yritys kohtaa sille ennestään tuntemattomia vaatimuksia. Näiden vaatimuksien tuntemuksen puute aiheuttaa yritykselle ongelmia luokitusprosessissa, jotka ilmenevät ylimääräisinä luokituskuluina, laatukuluina, selvityskuluina ja imagotappioina. Nämä eivät ole yritykselle suotuisia asioita sen kilpailukyvyn kannalta.

Luokitussääntötiedon kerääminen on ollut yrityksessä vähittäistä ja on perustunut uudelleen suunnitteluun ennestään tuntemattomia luokitussääntöjä kohdatessa. Luokitussääntöjen kartoituksen puute on johtunut lähinnä resurssipulasta, jonka takia kartoitukseen ei ole voitu käyttää suunnittelun aikaa. Toisaalta yrityksessä on myös luotettu tuotteen olevan jo suurilta osin vaatimuksien mukainen ja etteivät mahdolliset poikkeamat ole niin suuria, että niistä aiheutuvat kulut olisivat kyllin merkittäviä. Toisaalta tästä ei ole tehty tarkkaa selvitystä, joka olisi selvittänyt vaatimuksenmukaisuuden puutteiden aiheuttamia kuluja. Nykyinen kilpailutilanne asettaa kuitenkin haasteita yrityksen toiminnalle, ja sen on kehitettävä toimintaansa kilpailussa pärjätäkseen. Luokitussääntötieto on yrityksessä kerääntynyt suurilta osin hiljaiseksi tiedoksi ja hajanaiseksi dokumenttien kollaasiksi. Tämän tiedon keräämiselle ja hallinnalle ei ole ollut selvää prosessia eikä vastuullista tahoja, joka olisi huolehtinut luokitussäännöstön selvitystyöstä ja sääntöjen kohdistamisesta tuotteelle.

Tässä työssä pyritään selvittämään yritykseen tuotteeseen kohdistuvat luokitussäännöt ja näiden vaatimusten tyypit kohdistettuna tuoterakenteelle. Lisäksi analysoidaan ja tutkitaan tämän selvityksen tuloksien hyödyllisyyttä yrityksen eri toiminnolle ja eri hyödyntämismahdollisuuksia tälle kootulle ja muokatulle tiedolle. Tällä pyritään osoittamaan selvityksen ja siihen käytetyn työkalun hyödyllisyys yritykselle ja sen toiminnalle.

## 4. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä kappaleessa kuvataan työssä käytettävää tutkimusaineistoa ja sen analysointiin käytettyjä tieteellisiä metodeita eli menetelmiä ja niiden merkitystä tehdyille tutkimukselle. Tiede on tieteellisen tutkimusprosessin ja sen tuloksista muodostuva kokonaisuus. Tiede vahvistaa itseään uusien tutkimustulosten myötä, väärän tiedon kumoutuessa. Tieto rakentuu yleensä vanhojen tutkimustulosten pohjalle, jolloin vanha tutkimustieto ja sen tulokset toimivat uuden tiedon lähdemateriaalina. Tieteelle on olennaista sen tulosten toistettavuus, luotettavuuden varmistamiseksi ja toteen näyttämiseen. Olennaista on myös tutkimusaineiston keräämiseen käytettyjen menetelmien tunnettavuus, uuden ja vanhan tiedon vertailukelpoisuuden varmistamiseksi. Tämän vuoksi tieteessä käytettäviltä metodeilta vaaditaan eritoten: loogisuutta, objektiivisuutta, yleistettävyyttä, todennettavuutta sekä teorian ja havaintojen välistä yhteensopivuutta. (Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.13; Aaltola & Valli 2010, s.13–14)

### 4.1 Tutkimusmenetelmät ja tutkimusprosessi

Tutkimustoiminta on systemaattinen prosessi, minkä tarkoituksena on uuden tiedon lisääminen. Tutkimusmenetelmien eli tutkimusmenetelmien käytön tarkoituksena on auttaa ja ohjata tutkijaa tutkimuksen tekemisessä, tutkimusprosessin eri vaiheissa. Metodien valinnassa tulee kiinnittää huomiota siihen että tutkittava ongelma määrää metodin, eikä toisinpäin. Tutkimusprosessiin kuuluvat yleensä seuraavat vaiheet: (Järvinen & Järvinen 2000, s.3; Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.18)

1. Tutkimuksen suunnittelu
2. Tutkimusongelman ja tavoitteiden määrittely
3. Tutkimusstrategian laatiminen
4. Aineiston laatiminen
5. Aineiston kerääminen
6. Aineiston kuvaaminen
7. Aineiston analyysi
8. Tulkinta ja johtopäätökset
9. Arviointi
10. Raportin laatiminen ja tulosten julkaisu

Tutkimusprosessin ensimmäinen vaihe on tutkimuksen suunnittelu, jonka lähtökohtana on tutkimusidea. Se on ongelma tai kysymys, jolle halutaan saada ratkaisu. Tällöin tavoitteena on selvittää, mitä aiotaan tehdä ja mitä tutkimuksella halutaan selvittää. Tutkimusongelman tunnistaminen sekä sen määrittely ovat tärkeä osa tutkimusprosessia. Tutkimussuunnitelma onkin siten looginen tapahtumaketju, joka kytkee empiirisen da-

tan tutkimuksen alustavaan tutkimuskysymykseen ja lopulta sen päätelmiin. (Järvinen & Järvinen 2000, s.3–4; Yin 2014, s.28; Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.18)

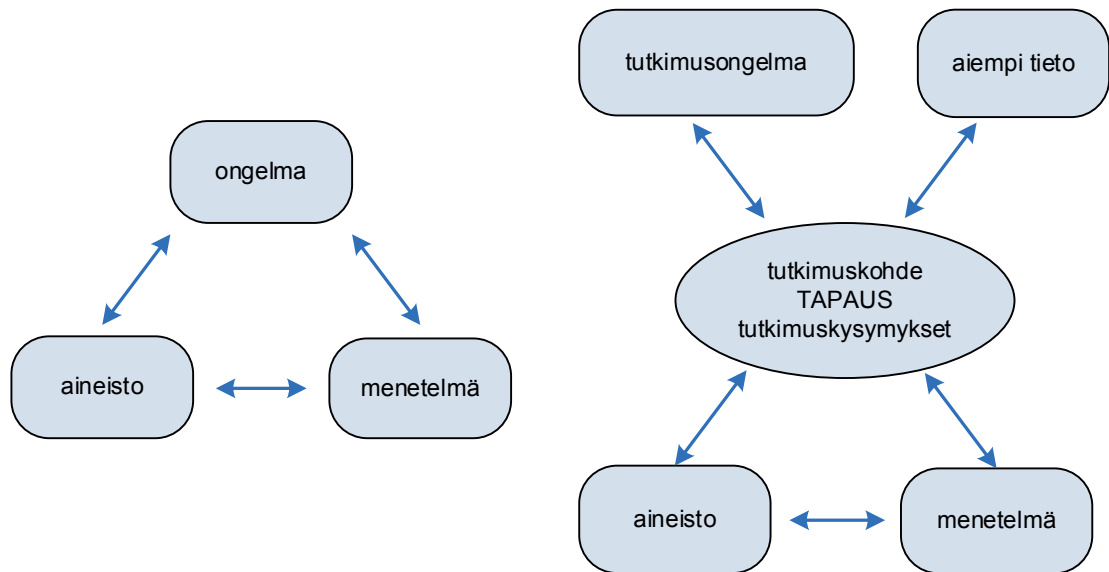
Toisessa vaiheessa asetetaan tutkimusongelman asettaminen ja tutkimuksen tavoitteiden määrittäminen. Tässä vaiheessa tutkija määrittelee, mitä tullaan tekemään ja mitkä ovat tutkimukselle asetetut tavoitteet. Toisen vaiheen suorittamisessa on noudatettava huolellisuutta tiedonhankinnan systemaattisuuden varmistamiseksi. Tässä vaiheessa laaditaan tutkimusstrategia, jonka aikana valitaan tutkimuksessa käytettävä tutkimusmetodi. Tämän lisäksi voidaan päättää tutkimuksen aikataulusta, otantamenetelmästä, suorittajasta, aineiston keräystavasta. (Järvinen & Järvinen 2000; Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.18–20) Tapaustutkimuksen suunnittelulle erityisen tärkeää on asettaa tutkimuskysymykset, väitteet, analyysin yksiköt, logiikka joka liittyy väitteet tutkimusaineistoon ja kriteerit tutkimuksen löydösten tulkitsemiseen. (Yin 2014, s.29)

Tutkimusaineiston kokoamiseen tutkija voi käyttää useita eri menetelmiä joita ovat esimerkiksi haastattelu, kysely, havainnointi, tekstiaineistojen keruu niin arkistotiedoista kuin kirjallisuudesta, kokeilut, mittaaminen. Tutkimusongelma vaikuttaa kerättävään aineistoon sekä valittuun tutkimusmenetelmään. Näin ollen näiden kahden kesken vallitsee keskinäinen riippuvuussuhde. Tämän vuoksi erilaiset tutkimusongelmat vaativat erityyppisen aineiston keruuta ja tutkimusasetelmia. Tutkijan tulee myös tiedostaa erilaisiin aineistotyyppisiin liittyvät vahvuudet ja heikkoudet. Aineiston merkittävimpiä käyttötarkoituksia on tukea ja täydentää tutkimuksen muiden lähteiden näyttöä. (Järvinen & Järvinen 2000, s.153–171; Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.18–20; Yin 2014, s.103–118)

Triangulaatiomallia voidaan käyttää havainnollistamaan, aiemmin mainittua tutkimusongelman, aineiston ja menetelmän välistä riippuvuussuhdetta tapaustutkimuksessa jossa käytetään toisiaan täydentäviä aineistoja, menetelmiä ja näkökulmia. Triangulaatiosta voidaan erotella neljä erityyppistä triangulaatiotyyppiä: (Laine et al. 2007, s.23–27)

- Aineistotriangulaatio
- Menetelmätriangulaatio
- Teoriatrangiulaatio
- Tutkijatriangulaatio

Aineistotriangulaatiolla ongelman ratkaisemiseksi kerätään useita erilaisia tutkimusaineistoja. Menetelmätriangulaatio tarkoittaa useiden eri menetelmien käyttöä samassa tutkimuksessa. Tutkijatriangulaatiossa tutkimukseen osallistuu useampia tutkijoita aineistonkerääjinä tulosten analyysoijina ja tulkitsijoina. Teoriatrangiulaatiolla tutkittavaa ilmiötä lähestytään eri teorioiden näkökulmasta. Kuva 20 kuvaa triangulaatiomallia yleisesti ja tapaustutkimuksen näkökulmasta, havainnollistamalla tapauksen tutkimiseen liittyviä suhteita. (Hirsjärvi et al. 1997, s.233)



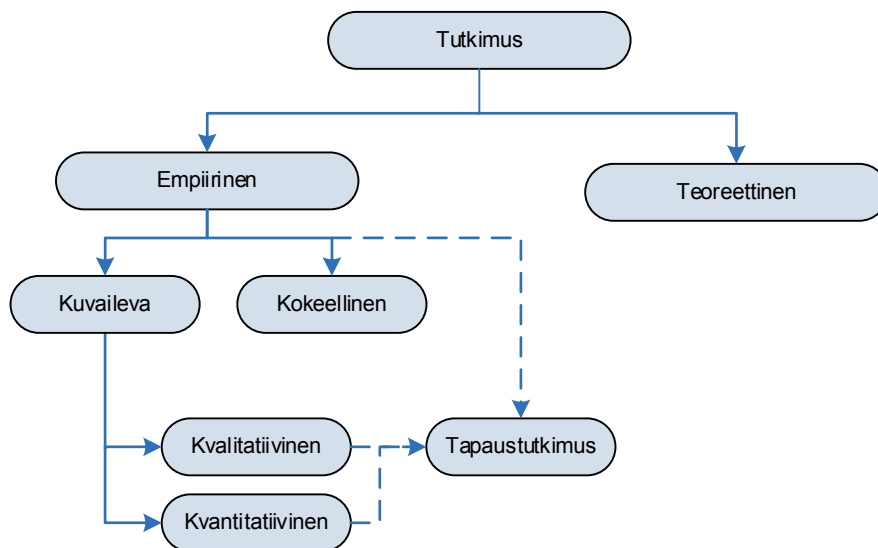
**Kuva 20.** Aineiston, menetelmän ja ongelman vaikutukset (Laine et al. 2007, s.27)

Tulosten tulkitseminen on tutkimustyössä keskeisessä asemassa, koska ilman tulosten tulkintaa, tutkimuksen avulla tehdyt havainnot voivat jäädä ilman merkitystä. Tämän asian takia tulosten tulkinnalla on tärkeä asema tutkimuksen tavoitteiden täyttämässä ja sen johtopäätöksissä. Tulosten tulkitseminen koostuu tapaustutkimuksessa tutkimisesta, taulukoimisesta, testaamisesta tai muutoin tutkimusdatan yhdistelystä empiirisen löydöksiä tuottamiseksi. Ennen tutkimuksen lopuksi kirjoitettavaa tutkimusraporttia on tärkeää arvioida tutkimuksen tekemisessä käytettyjä menetelmiä ja sen tuloksia aiempaan tutkimustietoon. (Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.19–20; Yin 2014, s.132)

Tämä tutkimus suunniteltiin yhteistyössä tutkimuskohteena olevan yrityksen edustajan kanssa ja ottamalla huomioon yrityksen toiveita tutkimuksen toteutuksessa. Tutkimusongelmaksi määrittyi yrityksen erääseen erikoistuotteeseen kohdistuvat laivaluokituslaitosten luokitussääntöjen muodostamat vaatimukset ja mahdolliset hyödyt joita tutkimustyökaluun koottu aineisto voisi tarjota. Tutkimuksen tavoitteena oli siis koota ja tutkia tuotteeseen kohdistuvia luokitusvaatimuksia sekä niiden mahdollisuuksia tuotekehitys ja projektisuunnitteluympäristössä. Tutkimus päätettiin toteuttaa kirjallisuus- ja tapaustutkimusmuotoisena. Aineisto koottiin työn rajauksessa määriteltyjen laivaluokituslaitosten säännöstöistä läpikäymällä yrityksen tuotetta koskevat säännöt työn rajausta vastaavassa laajuudessa. Tämän aineiston yhteen kokoamiseen käytettiin Excel- taulukkolaskentasovellusta yrityksen toivomuksesta. Aineiston kuvaamiseen ja analysointiin käytettiin erilaisia menetelmiä taulukoista erilaisiin visuaalisiin keinoihin. Tulosten tulkinnasta vastasi työn suorittaja, joka kirjoitti näiden tulkintojen pohjalta tutkimustyön johtopäätökset.

## 4.2 Tutkimustyypit ja tutkimusstrategia

Tutkimukset jaetaan yleisimmin tutkimusotteen eli tutkimusstrategian mukaan päätyypeiltään empiirisiin ja teoreettisiin tutkimuksiin. Tutkimusstrategia on erilaisten menetelmien muodostama kokonaisuus, jonka tehtävänä on ohjata tutkimuksen menetelmien valintaa ja käyttöä. Teoreettisen tutkimuksen tavoite ei ole käytännön sovellusten etsiminen vaan uuden tiedon sekä menetelmien tuottaminen, hahmottamalla käsitteellisiä malleja, selityksiä ja rakenteita aiemman tutkimustiedon perusteella. Empiirinen tutkimus on taas soveltavaa tutkimusta, jonka tavoite on perustutkimukseen pohjautuvaa tietoa. Siinä tulokset saadaan tekemällä havaintoja tutkimuksen kohteesta analysoimalla ja mittaamalla. Empiirinen tutkimus jaetaan usein kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen tutkimukseen tutkimuksessa kerätyn aineiston mukaisesti, vaikka tutkimusaineisto voi sisältää kumpaakin aineistoa. Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus muodostuu erilaisista käytännöistä, joiden avulla pyritään vastaamaan kvalitatiivisen tutkimuksen peruskysymyksiin "miten?", "miksi?" ja "millainen?" Näillä kysymyksillä pyritään ymmärtämään tutkimuskohteen laatua, ominaisuuksia sekä merkityksiä. Kvantitatiivinen tutkimus on määrällistä ja se yrittää vastata kysymykseen "mikä?", "missä?", "kuinka usein" tai "kuinka paljon". Kvantitatiivinen tutkimus perustuu tutkimuskohteen kuvaamiseen ja tulkitsemiseen käyttäen täsmällisiä ja laskennallisia menetelmiä, joissa tieto ilmaistaan täsmällisesti numeraalisessa muodossa kuten tilastoina. Kuva 21 esittää eri tutkimustyyppjä ja niiden alalajeja ja tapaustutkimuksen suhdetta metodeihin. (Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.7–9; Yin 2014)



**Kuva 21.** Erilaisten tutkimustyyppien jaottelu ja tapaustutkimus (mukailten Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.20–21; Gerring 2007)

Empiirinen tutkimuksen tutkimusstrategioina esitetään kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimus, mutta tämän lisäksi empiirinen tutkimus voidaan jakaa kokeelliseen, seuraavaan ja tapaustutkimukseen (Gerring 2007, s.8–13). Tapaustutkimus ei tarkasti ottaen

ole itsessään metodi, vaan tapa soveltaa useita eri tutkimusmenetelmiä. Tämän vuoksi tapaustutkimus on enemmän tutkimustapa tai tutkimusstrategia, jonka sisällä käytetään tapauskohtaisesti erilaisia aineistoja tai menetelmiä. Tapaustutkimuksen kohde on usein jonkin tapahtuman kulku tai ilmiö, jota tarkastellaan pienen joukon tai tapauksen avulla. Tapaustutkimuksella pyritään vastaamaan peruskysymyksiin "miten" ja "miksi" (Laine et al. 2007, s.9; Yin 2014, s.9)

Tämä tutkimus edustaa empiiristä tutkimusta ja on tyypiltään case eli tapaustutkimus, jonka metodologiaan kuuluu sovellettu kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimusmalli. Päämääränä on ymmärtää tutkittavaa tapausta ja sen merkitystä yrityksen toimintaan ja tuotteeseen joka on tämän tutkimuksen tulosten vaikutuspiirissä. Tutkimusstrategiassa päätettiin kehittää aineiston tutkimiseen työkalu, joka oli myös yrityksen vaatimuksena tutkimusaineiston datan hallinnan työkaluksi. Tutkimustulokset ovat tietoa, joka on syntynyt kehitetyn tutkimustyökalun eli niin sanotun matriisin hyödyntämisen ja tulkinnan tuloksena sen jälkeen, kun työssä koottu tutkimusaineisto on syötetty siihen. Tutkimus ja kehitystulosten arvioinnin tekee työn suorittaja. Tutkimuksen perusjoukkona ovat yrityksen tuotteeseen kohdistuvat laivaluokituslaitosten säännöt tutkimuksen rajauksen asettamissa rajoissa.

Tutkimuksessa käytetään siis pääosin induktiivista logiikkaa analyysin, jossa ensiksi muotoillaan tutkimusongelma. Jonka jälkeen kerätään aineisto, jolle tehdään tutkimusongelman mukaisia kysymyksiä. Näiden kysymysten tekemisen jälkeen kerätään esimerkiksi tematiikoiden tai luokitellen analyysin tulokset. Tuloksissa etsitään yleisiä linjoja tai soveltamismahdollisuuksia. Tällöin työn teoreettisen luonteen mukaisesti ja sen tavoitteiden mukaisesti sekä sen teoriaosuus ja kerätty aineisto asettavat tutkimuksen painopisteen tutkimuksen loppuun.

### **4.3 Aineiston kuvaaminen**

Tutkimusaineiston kuvaamisella pyritään osoittamaan tutkimuksessa käytettävän aineiston luotettavuus ja käyttökelpoisuus tutkimusaineistona. (Hirsjärvi et al. 1997, s.223) Tämä tutkimus kohdistui meriluokituslaitosten luokitussääntöihin, jotka koskevat yrityksen tuotetta ja vaikuttavat myös yrityksen muuhun toimintaan. Otantana olivat siis luokitussäännöt, jotka koskivat yrityksen tuotetta. Tutkimuksen aineiston luotettavuus oli tutkimuksen alkuperäisen olettaman mukaan luotettavaa vaikkakin aineistossa oli jonkin verran tulkinnanvaraisuuksia.

Tausta aineiston keräämiseen käytettiin yrityksen henkilöstön haastatteluita, joiden avulla kerättiin tietoa yrityksen prosessien toiminnasta, tuotteesta ja luokituslaitosten sekä niiden sääntöjen merkityksestä. Tausta aineistossa käytettiin myös yrityksen sisäistä dokumentaatiota laajalti.

## 4.4 Tutkimuksen arvioinnista

Tutkimussuunnitelman tulisi edustaa joukkoa loogisia toteamia, joiden tulisi täyttää tutkimuksessa ennalta määritellyt laatuksiteerit. Tehtävää tutkimusta tulisikin arvioida eli reflektoida kriittisesti tarkastelemalla tutkimuksen kattavuutta sekä siinä käytetyn aineiston luotettavuutta. Tätä arviointia tulisi tehdä koko tutkimusprosessin ajan tutkimustyön laadun parantamiseksi. (Yin 2014, s.45)

Tässä kappaleessa käsitellään tutkimuksen arviointiin liittyvää teoriaa, keskittymällä erityisesti validiteetin ja reliabiliteetin arviointiin keskittävään teoria-aineistoon sekä sivuten muita tutkimuksen arviointiin liittyviä tekijöitä. Varsinaisen tutkimuksen arviointi tehdään tämän tutkimuksen johtopäätöksissä, jossa arvioidaan sen validiteettia, reliabiliteettia ja tutkimukselle tunnistettuja rajoitteita sekä muita tutkijan mielestä tutkimuksen lopputuloksille merkitseviä asioita.

### 4.4.1 Verifiointi ja falsifiointi

Verifiointi ja falsifiointi viittaavat hypoteesin testaukseen ja sen oikeaksi tai vääräksi osoittamiseen. Tutkimustyön osana voidaan pitää verifiointia eli tutkimustyön laadun todentamista, jossa vertaamalla työlle asetettuja tavoitteita toteutuneeseen työhön. Verifiointi viittaa mekanismiin, jota käytetään tutkimustyön aikana vähitellen parantamaan tutkimustyön ja sen tulosten luotettavuutta, validiteettia ja siten tutkimuksen tieteellistä kurinalaisuutta. Tutkimukselle asetettujen vaatimusten ja edellytysten täytyminen vahvistetaan verifiointilla käyttäen kokeellisia sekä objektiivisia menetelmiä. (Yin 2014)

### 4.4.2 Validiteetti

Validiteetti kuvaa tutkimuksen luotettavuutta, eli onko tutkittu sitä mitä tutkimuksessa pitikin tutkia. Tutkimuksen tekemisen kannalta sen validiteetti on tärkeä tutkimuksen päämäärien saavuttamiseksi. Mikäli tutkimuksen validiteetti on heikko, ei ole merkitystä, vaikka itse tutkimuksen reliabiliteetti olisi hyvä, koska tutkimuksessa ei ole tutkittu sitä tapausta jota piti tutkia. Tutkimusmenetelmän tai mittarin validius on heikko, jos ne eivät vastaa sitä todellisuutta, jota tutkija uskoo tutkivansa. Esimerkiksi jos kyselytutkimuksen vastaajat käsittävät kysymykset eri tavalla kuin tutkija on tarkoittanut ne ymmärrettäviksi. (Yin 2014, s.45–46; Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.16; Hirsjärvi et al. 1997, s.231–232; Gerring 2007, s.151)

Tutkimuksen laatua voidaan arvioida yleisesti eräiden loogisten testien avulla. Näiksi testeiksi luetaan yleisesti tutkimuksen luotettavuuden, uskottavuuden, yhdenmukaisuuden ja tutkimusaineiston luotettavuuden arviointi. Tapaustutkimuksen tutkimussuunnitelman validiteettia voidaan arvioida empiirisessä tutkimuksessa käytettyjen neljän testin avulla: (Yin 2014, s.45–47; Gerring 2007, s.151)



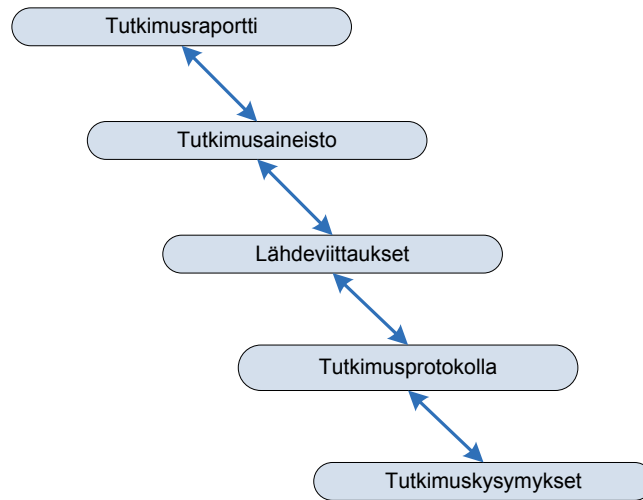
- Konstruktion validiteetti
- Sisäinen validiteetti
- Ulkoinen validiteetti
- Luotettavuus eli reliabiliteetti

*Konstruktion validiteetin* testauksella pyritään selvittämään, onko tutkimuksessa onnistuttu tunnistamaan oikeat tutkimuskeinot, käsitteistölle jota ollaan tutkimassa. Tämä testi on erityisen haastava tapaustutkimukselle, koska tutkijat usein epäonnistuvat tarpeeksi toimivien mittarien kehittämisessä ja teorian yhdistämisessä mitattaviin ominaisuuksiin. Konstruktion validiteetin varmistamiseksi ehdotetaan käytettäväksi taktiikoita joihin kuuluvat; useiden lähdedokumenttien käyttäminen, todisteketjujen luominen ja avainlähteiden käyttäminen tutkimuksen esivedoksen katselmuksessa. (Yin 2014, s.45–47)

Validiteetti jaetaan usein sisäiseen ja ulkoiseen validiteettiin. *Ulkoisen validiteetin* käsite kertoo tutkimuksen yleistettävyydestä, eli voidaanko hypoteesia soveltaa suhteessa muuhun populaatioon. Ulkoisen validiteetin avainelementti on siis mallin tai otoksen edustavuus. Sisäisen validiteetti kertoo mittaako tutkimus sitä mitä sen on tarkoitus mitata tai tutkia. Sisäisen validiteetin arviointia käytetään havainnollisessa tai kausaalisesa tutkimuksessa mutta ei kuvaavassa tai kartoittavassa tutkimuksessa. *Sisäisen validiteetin* testauksessa pyritään etsimään kausaalista suhdetta eli syy- ja seuraussuhdetta. Tällä pyritään osoittamaan, että joillakin tapahtumilla on osoitettava suhde ja nämä suhteet voidaan erottaa näennäiskorrelaatioista eli siitä, että todellista syy- ja seuraussuhdetta ei ole tapahtumien välillä. Sisäinen validiteetti tutkii siis tutkijan esittämän hypoteesin oikeellisuutta. (Yin 2014, s.45–49, 238–239; Gerring 2007, s.43–44, 217)

#### 4.4.3 Reliabiliteetti

Reliabiliteetilla tarkoitetaan tutkimuksen luotettavuutta ja toistettavuutta se kertoo tutkimuksen tarkkuudesta sekä kyvystä tuottaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Tavoitteena on, että toistettaessa sama tutkimus käyttäen samoja prosedureja tutkimustyössä päädytään samaan lopputulokseen. Luotettavuutta voidaan arvioida esimerkiksi toisto- tai rinnakkaismittauksilla. Reliabiliteetin tavoitteena on minimoida virheiden määrä ja ennakkoluulojen vaikutus tutkimustuloksiin. Tärkeä ennakoehdo tutkimuksen toistettavuudelle on tutkimuksessa käytettävien menetelmien dokumentoiminen heti tutkimuksen alusta alkaen. Samaten tärkeää on arvioida tutkimuksen reliabiliteettia jo sitä suoritettaessa sen toistettavuuden varmistamiseksi. Reliabiliteetti voidaan yksinkertaisimmillaan todeta esimerkiksi kahden tutkijan päätyessä samanlaiseen lopputulokseen. Kuva 22 esittää todisteketjua jonka ylläpito on tapaustutkimuksen informaation reliabiliteetille tärkeää, jotta ulkopuolinen tarkkailija pystyy seuraamaan tutkimuksen aineistosta johdettuja johtopäätöksiä tutkimuskysymyksistä lopullisiin lopputuloksiin asti. (Yin 2014, s.48–49; Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.17; Hirsjärvi et al. 1997, s.231; Vilka 2007, s.149)



**Kuva 22.** Todisteketju ylläpitää tutkimuksen reliabiliteettia (Yin 2014, s.128)

Tapaustutkimuksessa reliabiliteetin varmistamiseksi voidaan käyttää kahta erilaista taktiikkaa eli tapaustutkimusprotokollan käyttämistä sekä tutkimustietokannan luomista tutkimuksen apukeinoiksi. (Yin 2014, s.48–49, 127; Holopainen, M & Pulkkinen 2008, s.17; Hirsjärvi et al. 1997, s.231)

#### 4.4.4 Objektiivisuus

Objektiivisuudella tarkoitetaan tehdyn tutkimuksen puolueettomuutta, eli tutkimuksen tekijä pyrkii olemaan vaikuttamatta tutkimuksen tuloksiin. Tällä pyritään tutkimuksen puolueettomuuteen ja siten tutkimuksen validisuuteen. Objektiivisuudella pyritään vahvistamaan tutkimuksen kausaalisuutta ja vähentämään näennäiskorrelaation tai muun virheen aiheuttajan vaikutusta tutkimuksen lopputuloksiin. Tutkijan tehtävänä on pyrkiä ottamaan etäisyyttä tutkittavan asian ja omien uskomuksiensa, asenteidensa tai arvostuksiensa suhteessa tutkimuskohteeseen, jotta niiden vaikutus tehtyyn tutkimukseen jäisi mahdollisimman vähäiseksi. Tutkimuksen lopputuloksien tulkintaan vaikuttaa mihin viitekehykseen tutkija päättää asettaa saamansa tutkimustulokset. (Laine et al. 2007, s.54–55; Vilkkä 2007)

## 5. TUTKIMUSTYÖKALU

Tämän kappaleen tarkoituksena on esittää yrityksen osaston erikoistuotteeseen kohdistuvien luokitusääntöjen keräämiseen, tallentamiseen ja analysoinnin apuna käytettävän tutkimustyökalun pääkohdat. Kappaleessa esitellään suunnittelun, toteutuksen, testauksen ja lopulta tutkimusaineiston keräämisen toteutus. Tavoitteena on esittää luokitusääntöjen ja tuotteen osakomponenttien välinen todisteketju sekä osoittaa tutkimuksen toistettavuutta esittämällä tiedonkeräämiseen käytetty työkalu ja kuvata tutkimusaineiston siirtoa työkaluun.

Tutkimustyökalu suunniteltiin yrityksen toivomien reunaehtojen mukaisesti. Tämä tarkoitti Excel taulukkolaskentaohjelmaan rakennettua matriisimuotoista taulukkoa, jonne tutkimusdata kerättiin analyysiä varten. Tämä työkalu kehitettiin sille asetettujen tavoitteiden ja erikoistuotteen vaatimien ratkaisujen pohjalta hyödyntäen yrityksen kokemuksia sen päätuotteen luokitusääntöjen analysointiin käytetystä työkalusta.

Matriisin kehittämisen apuna käytettiin yrityksessä 2012 sen päätuotteen luokitusääntöselvityksen yhteydessä käytettyä matriisia ja siitä saatuja kokemuksia. Tämä työkalu oli valitettavasti jäänyt yrityksessä käyttämättä sen sisältämien ongelmien sekä resurssipulan takia. Tämän tutkimustyökalun vaatimuksien määrittelyssä otettiin huomioon näitä ongelmakohtia Excelin asettamien rajoitusten puitteissa. Nämä ongelmat liittyivät luokitusääntöjen kohdistamiseen ja analysointiin. Työkalun perusrakenne tarkistettiin kokonaan alusta alkaen yrityksen erikoistuotteen vaatimien ratkaisujen mukaiseksi.

### 5.1 Tavoitteet

Matriisimuotoisten työkalujen lopullinen tavoite on kerätä koko yrityksen ja sen kaikkien tuotteiden luokitusääntö analysoitavaan ja hallittavaan muotoon. Tämä tutkimus on rajattu kuitenkin vain osaston erikoistuotteeseen ja vain sitä suoraan koskeviin luokitusääntöihin jättämällä pois yleiset luokitusääntöt, jotka koskevat myös tätä tuotetta. Tämä rajaus on tehty työn hallittavuuden takia, jotta kerättävän tutkimusaineiston määrä ei kasvanut liian suureksi tutkijan resursseihin nähden.

Työkalun tavoitteena on koota erikoistuotetta koskeva luokitusääntö yhteen paikkaan, analysoitavaan ja hallittavaan muotoon. Tällä toimenpiteellä tavoitellaan hyötyjä tuotekehitystyölle ja tuotemuutosten suunnittelulle sekä muille toiminnoille, jotka matriisista voivat yrityksessä saada etua toiminnassaan. Matriisin on määrä toimia tuotekehitystyön apuna tuotetta koskevien vaatimusten kartoittamisessa ja niiden täyttämässä sekä mahdollisen modulaarisen tuoterakenteen kehittämisen apuvälineenä. Niin mo-

duloimisessa kuin tuotteen normaalissa tuotekehityksessäkin eri luokituslaitosten luokitussääntöjen muodostamaa vaatimusjoukkoa käytettäisiin tuotteen raja-arvojen tai moduulien määrittelyyn.

Työkalun tulee mahdollistaa siihen syötettyjen luokitussääntöjen luokituslaitoskohtainen ja luokituslaitosten välinen vertailu suhteessa tuoterakenteeseen sekä siinä oleviin kokoonpanoihin ja osakomponentteihin. Työkalun avulla pyritään sekä vaatimuksemukaisuuteen että tuoteoptimointiin. Tavoitteena on asiakasarvon maksimointi ja tuotteen hinnan kilpailukykyisenä pitäminen suhteessa yrityksen kilpailijoihin. Matriisin avulla suunnitteluratkaisujen ja vaatimusten välinen suhde kyetään jäljittämään lopputuotteen ratkaisuihin tai luokituslaitoksen sääntöön.

## 5.2 Tarpeet ja vaatimukset

Työkalulle asetetut tavoitteet perustuvat pääosin tuotekehityksen ja tuotemuutosten suunnittelutyön tarpeisiin. Toisaalta osatavoitteita, jotka eivät olleet ristiriidassa ensin mainittujen kanssa, löytyi projektinvedolta, materiaalihallinnalta ja toimitussuunnittelulta. Yrityksen toiveesta työkalu toteutettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Työkalulle asetettiin suunnitteluvaiheessa seuraavan kaltaisia tavoitteita ja vaatimuksia, joiden mukaan työkalun tulee sisältää tai siihen tulee voida merkitä:

- Laivatyyppit jota sääntö koskee
- Laivatyyppin alalajit jota sääntö koskee
- Yrityksen tuotteen laitetypit jota sääntö koskee
- Säännön asettama vaatimustyyppi
- Luokituslaitoksen sääntökohdan leipäteksti
- Luokituslaitos joka on asettanut säännön
- Sääntökohdan numero ja julkaisuvuosi
- Säännön sivunumero alkuperäisdokumentissa
- Säännön alkuperäisdokumentin nimi
- Sääntökohdan liittyminen luokituslaskelmiin
- Sääntökohdan liittyminen toimitettavaan dokumentaation
- Sääntökohdan liittyminen vaadittavaan sertifiikaattiin

Työkalussa tarpeellisiksi ominaisuuksiksi katsottiin toimintoja, joiden avulla matriisia voidaan ylläpitää, käyttää analyysiin ja laajentaa. Matriisin suunnitteluvaiheessa kartoitettiin seuraavia toimintoja ja vaatimuksia, joiden katsottiin olevan tärkeitä matriisin hyödynnettävyydelle:

- Matriisin tulee olla Excel-muotoinen taulukko
- Tietoa tulee voida lisätä, muokata, poistaa ja ylläpitää
- Tietoa tulee voida suodattaa analyysia varten
- Muutoksenhallinnan tulee ilmaista tiedon muuttaja ja ajankohta
- Muutoksenhallinnan tulee ilmaista, onko sääntö korvattu tai vanhentunut
- Matriisin tulisi olla laajennettavissa muille tuotteille tai laitetyypeille

Nämä vaatimukset muodostavat pohjan tutkimuksessa käytettävän työkalun kehitykselle ja sen ominaisuuksille. Vaatimusten kirjoittaminen tehtiin luvussa 2.2.2 esitetyn teorian mukaisesti, määrittelemään vaatimusten avulla mitä pitää kehittää. Työkalun ominaisuuksia arvioitiin kehitysprosessin läpi ja sen testausvaiheessa mahdollisten ongelmien, muutos- ja parannuskohteiden löytämiseksi. Yrityksen asiantuntijoiden kokemuksia hyödynnettiin arvioitaessa matriisin ominaisuuksia sekä siihen kerättäviä tietotyyppejä.

### 5.3 Matriisin suunnittelu ja toteutus

Tutkimustyökalun kehitys ja suunnittelu perustuvat yrityksen toiminnasta tehtyyn taustatutkimukseen ja siinä tehtyihin havaintoihin. Lisäksi yrityksen toiveet matriisin ominaisuuksissa otettiin huomioon niin pitkälti kuin sen katsottiin olevan työn aikataulun suhteen mahdollista ja sopien työn rajaukseen.

Matriisin suunnittelussa harkittiin siltä tarvittavien ominaisuuksien ryhmittelyä tutustumalla luokituslaitosten säännöstöön sekä tulevan datan analysointiin. Matriisin rakennetta määritteli se, etteivät kaikki luokituslaitoksen säännön koske tutkimuskohteena olevaa tuotetta, jonka vuoksi niiden analysointi olisi työn kannalta turhaa. Matriisi päätettiin järjestää niin, että matriisin täyttöjärjestys olisi mahdollisimman luonnollinen ja tehokas. Käytännössä tämä tarkoitti matriisin riveittäistä täyttöjärjestystä vasemmalta oikealle.

Matriisin osat jaettiin moduuleihin, joiden tarkoituksena oli helpottaa matriisin hahmottamista sekä jakaa sen kehitystyön kannalta pienempiin ja helpommin käsiteltäviin osiin. Kuva 23 esittää mainittua matriisin moduulijakoa niiden järjestelyjärjestyksessä. Seuraavissa kappaleissa esitettyjen moduulien yhteen koottu tutkimustyökalun matriisi on esitetty tämän työn liitteenä, sen työn selittämisen kannalta merkittävien osien (liite A).

Moduulit								
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Laivatyyppi	Laitetyyppi	Luokitus-sääntö	Muutoksen hallinta	Apu	Vaatus	Luokitus-laskelma	Dokumentti	Tuoterakenne
1		Sääntö 1						
2		Sääntö 2						
3		Sääntö 3						
4		Sääntö 4						
...		Sääntö ..						
n		Sääntö n						

**Kuva 23.** Tutkimustyökalun moduulit ja niiden järjestely

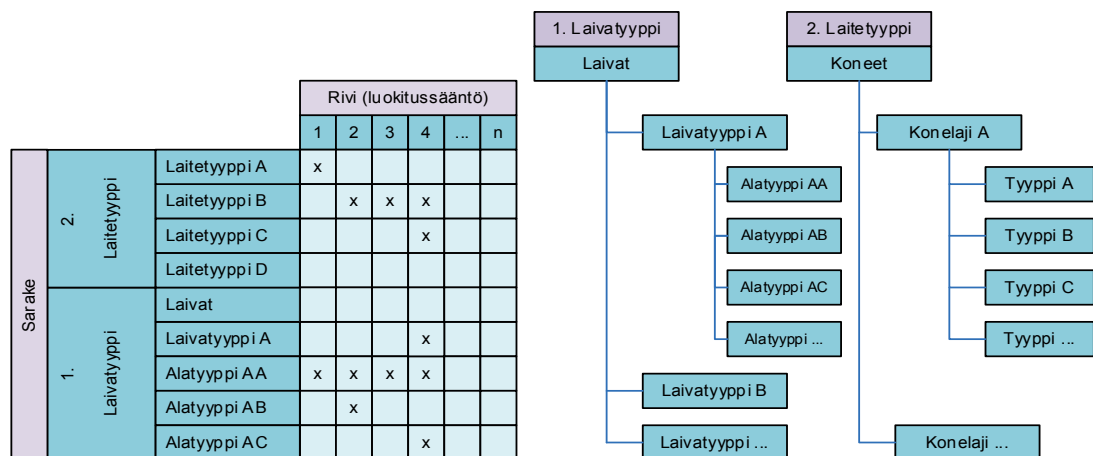
Modulaarisuuden kannalta matriisin moduulien välinen rajapinta on hyvin yksinkertainen. Moduulien rajapintoja on käsitelty yleisellä teoriatasolla kappaleessa 2.3.4. Kaikkien tutkimustyökalun moduulien rajapinta on luokitus-sääntö, joka luokan ja julkaisu-

vuoden kanssa muodostaa taulukon avaintietueen. Koska oli mahdollista, että yksittäinen sääntökohta jaettaisiin useammalle riville, lisättiin lisäksi sekvenssinumero varmistamaan uniikin avaimen muodostuminen. Avaimen muodostamista käsitellään myöhemmin luokitussääntömoduuli kappaleessa.

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi joidenkin matriisin moduulien rakennetta ja niiden ratkaisuja. Tarkoituksena on kuvata yleisellä tasolla matriisimuotoisen tutkimustyökalun kehitystä tämän tutkimustyön tarkoitukseen. Lisäksi pyritään esittämään matriisin rakenne ja siten mahdollistaa työn luotettavuuden arviointi sekä toistettavuus.

### 5.3.1 Laivatyyppi- ja laitetyyppimoduuli

Tämän moduulin tarkoituksena on kohdentaa luokitussääntö sen kohdentuvuuden mukaan ensin yksittäiselle laivatypille. Luokituslaitoksen säännöt erottelevat muun muassa laivat, tankkerit, teräslaivat, offshore-alkukset, hinaajat, laivasto alukset ja muun tyyppiset alukset. Kuva 24 mukaisesti laivatyyppin kohdennus tehtiin luokitussäännön perusteella ensin laivan päätyyppiin ja sen jälkeen myös laivatyyppin alalajiin, mikäli sääntö erityisesti koskee vain tätä tyyppiä. Tällä ratkaisulla pyrittiin varmistamaan tiedon analysoinnin mahdollisuuksia ja säilyttämään niin sanottu emo-lapsi -suhde. Koska luokituslaitosten säännöt koskettavat eri tavalla tuotteen hieman erilaiseen käyttöön tarkoitettuja variantteja, oli tarkoituksellista jakaa tuote myös sen alalajeihin laitemoduulissa.



**Kuva 24.** Laivatyyppi- ja laitetyyppimoduulin rakenne

Tämä rakenne tukee matriisin laajennettavuutta, koska tutkimuskohteena olevan tuotteen laivatyyppin lisäksi voidaan tyyppien määrää kasvattaa lisäämällä matriisiin uusi sarake. Sama laajennettavuus koskee konetyyppiä, joista tässä tutkimuksessa käsiteltiin vain yhtä lajia. Konelajilla tarkoitetaan laitejakoa esimerkiksi evävakaimiin, kansikoneisiin, potkurilaitteisiin tai tutkajärjestelmiin. Konelaji voi siis sisältää sähköjärjestelmän, hydraulikkajärjestelmän ja mekaanisia laitteita sekä edellä mainittujen yhdistelmiä.

Laitetyypin jaottelu tässä tutkimuksessa kuvaa lähinnä laitteen käyttöfunktion eroa, koska luokituslaitos asettaa erilaisia vaatimuksia hieman erilaiseen käyttöön tulevalle laitteelle. Käyttöfunktio yrityksen erikoistuotteen tapauksessa voi tarkoittaa sitä että laitteeseen lisätään lohko, joka suorittaa määrättyä tehtävää tai että laitetta käytetään hieman erilaisessa käyttötilanteessa. Laitteen kannalta katsottuna tämä voi tarkoittaa, että lisättävän lohkon, tai lohkon ja siihen liittyvän voimalinjan pitää täyttää luokitus säännön vaatimukset tai koko laitteen pitää täyttää lisätyn lohkon vaatimukset.

### 5.3.2 Luokitussääntömoduuli

Sääntömoduuli pitää sisällään varsinaisen luokituslaitoksen sääntökohdan tekstin tai otsikon. Otsikkorakenne päätettiin säilyttää matriisissa koska aiempien kokemusten mukaan, sääntökohtien arviointi saattaa muuttua vaikeaksi otsikkotiedon kadotessa. Näin käy, koska joskus otsikointi antaa tärkeää tietoa sääntökohdasta ja sen kohdistuvuudesta. Kuva 25 mukaisesti luokitussäännön viitetietojen tallentamiseksi matriisiin luotiin kentät luokituslaitoksen, säännön julkaisuvuoden, sääntökohdan osanumeron, kappalenumeron, jaoksen, sääntökohdan, jaksonumeron, otsikkotiedon, tyyppin, sivunumeron, sivukorjauksen ja dokumenttiniimen tallentamista varten.

		Rivi (luokitussääntö)							
		1	2	3	4	5	...	n	
Sarakke	3. Luokitussääntö	Sääntöteksti	Rule...	Rule...	Rule...	1. He...	Rule...		
		Luokituslaitos	DNV_GL	RS	LRS	BV	BV		
		Julkaisu	2016	2015	2015	2015	2015		
		Kirja	5	17	4	D	D		
		Kappale	10	2	3	14	14		
		Jaos	11	0	4	2	2		
		Sääntökohta	3.7.3	2.4.3.1	3.1.1	2.9.0	2.9.1		
		Alakohta	0	0	0	0	0		
		Otsikko	0	0	0	1	0		
		Tyyppi	R	R	R	R	R		
		Sivunumero	25	523	128	56	56		
		S. korjaus	3	5	0	5	3		
		Dokumentti	A	B	C	D	F		

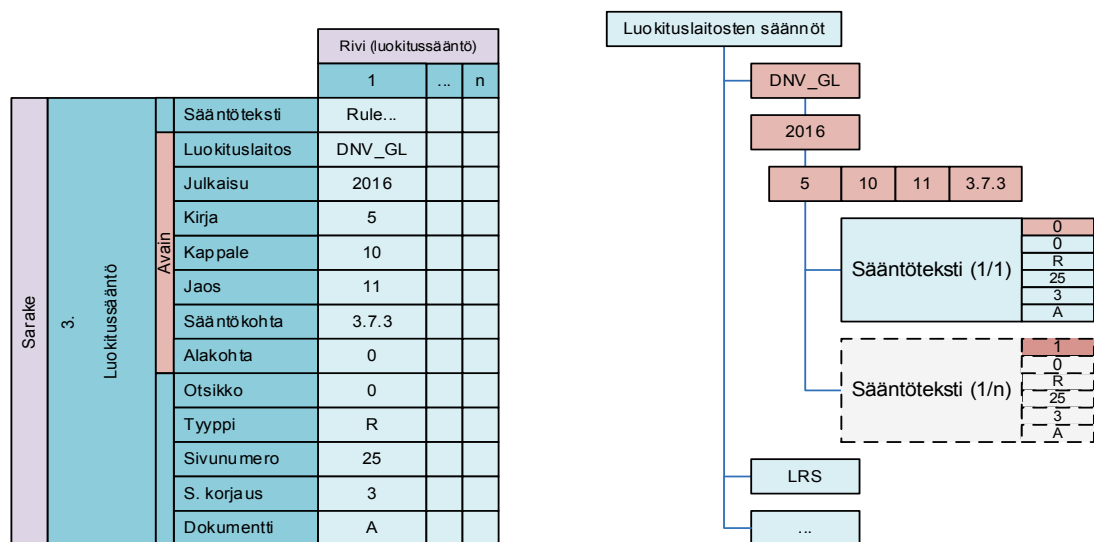
**Kuva 25.** Luokitussääntömoduulin rakenne

Helppokäyttöisyyden parantamiseksi lisättiin matriisiin hyperlinkki, jonka klikkaaminen suorittaa makron, joka yhdistää klikatun sääntö- tai otsikkorivin, sääntödokumentin nimen, sivunumeron ja offsetin tiedostolinkiksi. Tämä linkki avaa tallennetun luokitus säännön PDF-dokumentin (Portable Document Format) oikealta sivulta tarkasteltavaksi lukuohjelmaan. Tämä on erityisen hyödyllistä sääntökohdan sisältäessä kuvan tai laskentakaavoja, koska Exceliin ei voida suoraan kopioida kuvia tai taulukoita. Samalla

luotiin tapa päästä nopeasti käsiksi alkuperäiseen luokitussäännöstöön ja sen sääntökohtaan.

Otsikkotiedon tallentaminen mahdollistaa otsikkotasojen tarkastelun ja määritellyn otsikon alle kuuluvien sääntöjen helpon suodatuksen, mikäli tutkija haluaa analysoida sääntökohtaa ja sen mahdollista liittymistä muihin sääntöihin. Rakenteen säilytys mahdollistaa myös pelkän otsikkotason haun, jos sääntökohdan merkitys tai sovelluskohde jää otsikon puuttumisen vuoksi epäselväksi.

Luokitussääntö, luokan, julkaisuvuoden ja sekvenssinumeron kanssa muodostaa matriisissa uniikin avaimen. Kuva 26 esittää tämän avaimen ja luokitussääntömoduulin rakennetta. Kyseinen avain on hyödyllinen linkitettäessä sääntöä muihin sääntöihin tai lisätessä uusia sääntöjä matriisiin, jolloin vanhat ja uudet sääntökohdat voidaan halutesa linkittää toisiinsa. Samalla avain kertoo välittömästi mistä luokituslaitoksesta, julkaisusta ja sääntökohdasta on kyse.



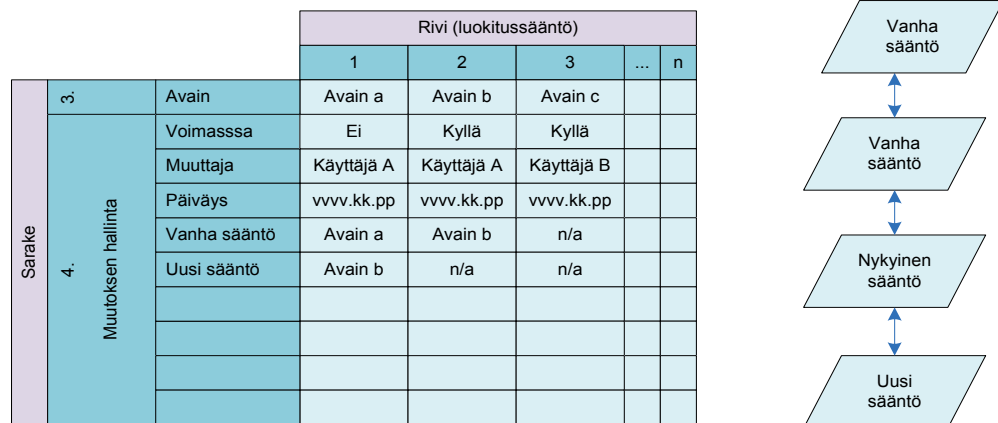
**Kuva 26.** Luokitussääntömoduulin rakenne ja sen osat

Ominaisuus mahdollistaa eri julkaisuvuosien sääntökohtien linkittämisen toisiinsa, vaikka kappalejakoon tai muuhun merkintätapaan tehtäisiin muutoksia luokituslaitoksen toimesta. Muutosketjun seuraamisen tulisi olla mahdollista, mikäli mainitut linkitykset tehdään esitetyllä tavalla työkalun ylläpitäjien toimesta. Sääntökohtien linkittämistä toisiinsa kuvataan seuraavassa kappaleessa, joka käsittelee tutkimustyökalun muutosenhallintamoduulia.



### 5.3.3 Muutoksenhallintamoduuli

Muutoksenhallintamoduulin tarkoituksena on mahdollistaa matriisin muutosten jonkinasteinen seuranta, Excelin rajoituksista huolimatta. Moduuliin merkitään haluttaessa vanha ja uusi sääntökohta, käyttämällä uniikkia luokitussääntömoduulissa muodostunutta avainta. Tällä tavoin sääntömuutosten seuranta mahdollistuu ja sääntöhistoriaa voidaan tutkia, koska sääntökohdan muutoshistoria voidaan suodattaa esiin eri tavoin. Muutoksenhallintamoduulin merkitään myös sääntökohdan aktiivisuus tai passiivisuus eli onko se uusin matriisiin kopioitu säännön versio, jota on noudatettava tuotteessa ja sen suunnittelussa. Kuva 27 mukaisesti samalla merkitään matriisiin rivin muutospäivä ja muutoksen tekijä, jolloin muuttaja ja päivämäärä saadaan esille. Työkalusta jätettiin tarkoituksella pois käyttäjien muutoshistorian tallennus, koska arvioitiin ominaisuuden toteuttamisen Exceliin vaativan liikaa aikaa tai olevan mahdotonta.



*Kuva 27. Muutoksenhallintamoduulin rakenne*

Muutoksenhallinnan ja tiedonhallinnan kannalta nähtiin ongelmalliseksi Excelin puutteet muutoksenhallinnan luomisessa työkaluun. Todellisessa muutoksenhallinnassa tulisi voida tallentaa muutoshistoria ja muutoksenteijät. Samoin tahattomien tai tahallisten muutosten estäminen on toivottava ominaisuus. Näiden toimintojen toteuttaminen pelkkään Exceliin pohjautuvassa työkalussa saattaa olla erittäin haastavaa, koska ohjelmisto ei ole tällaiseen tarkoitettu eikä siten tue ominaisuutta.

### 5.3.4 Apu- ja vaatimusmoduuli

Apu- ja vaatimusmoduulien tarkoitus on tuoda esille sääntökohdan aiheuttaman vaatimuksen perustyyppi sääntökohdan alustavan analysoinnin perusteella. Vaatimukset jaettiin suorituskykyä, materiaalia, suunnittelua, luokituslaskelmaa ja luokitusprosessia kuvaaviin perusvaatimuksiin muiden ohella. Apumoduulin koottiin erilaisia sääntöjen tut-

kintatyössä hyödylliseksi nähtyjä tietoja, kuten säännön kohdistuvuus mekaniikka-, sähkö-, hydraulikka- tai ohjelmistosuunnitteluun. Näihin tyyppihin suodattamisen nähtiin hyödyttävän sääntökohtien lopullista analysointia, koska näin sääntökohdat voidaan jakaa tulkittavaksi eri asiantuntijoille organisaatiossa. Samalla voidaan analysoida vaatimuksien jakautumista eri suunnittelulajien kesken. Kuva 28 esittää Apu- ja Vaatimusmoduulien rakennetta ja niihin tehtäviä merkintöjä, joiden päätarkoituksena on sääntöjen analysoinnin helpottaminen.

		Rivi (luokitussääntö)						
		1	2	3	4	...	n	
Sarake	6 Vaatus	Suorituskyky	x					
		Materiaali		x				
		Suunnittelu			x			
		Luokitusprosessi				x		
		...						
	5. Apu	Mekaniikka	x	x				
		Sähkö	x		x	x		
		Hydraulikka						
		...						

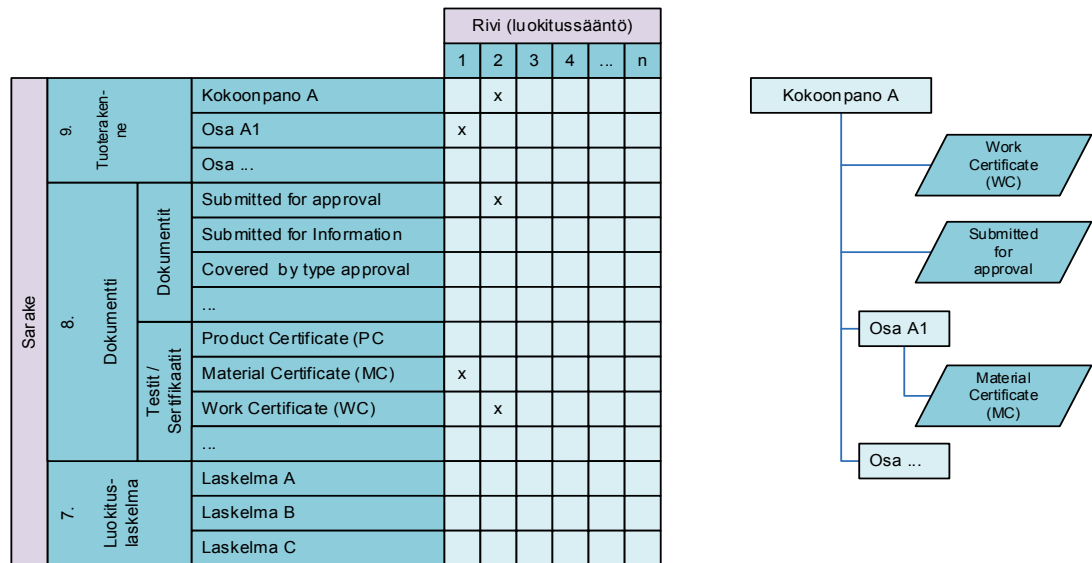
**Kuva 28.** Apu- ja vaatimusmoduulin rakenne

Näiden moduulien määrittäminen alkutilanteessa on tärkeää matriisiin lopullisen analysoinnin helpottamiseksi, koska se helpottaa erilaisten vaatimusten suodatusta suuresta määrästä sääntöjä. Tämä on hyödyllistä analysoitaessa matriisiin sisältämää tietoa, kun siitä koostetaan käytettäväksi tarkoitettua suunnittelumateriaalia tai ohjeistusta. Asiantuntijoille on myös hyödyllistä saada työkalusta ulos omaan erikoisalaan liittyvä säännöstö.

### 5.3.5 Dokumentti- ja luokituslaskelmamoduuli

Dokumentti- ja luokituslaskelmamoduulien tarkoituksena on ilmaista sääntökohdan aiheuttama vaatimus tuotteen, kokoonpanon tai osan liittyminen luokituslaskelmiin, toimitettaviin dokumentteihin tai vaadittaviin sertifikaatteihin. Liitettäessä tämä tieto tuoterakenteeseen saadaan esille tuotteelle, kokoonpanolle tai sen osalle vaadittu laskelma, dokumentaatio ja sertifikaattirakenne. Suodattamalla rakennetta tuotteen ja sen eri tyyppien osalta, voidaan matriisista tuottaa toimitusprojektin laitteiston vaatima dokumentaatio, luokituslaskelmat ja sertifikaatit eli testaukset ja todistukset. Koska yksittäinen sääntökohta voi olla moniselitteinen, ei pelkkä kohdentaminen tuoterakenteelle aina riitä. Tämän vuoksi pitää yhtenä ratkaisukeinona lisätä binäärisen tiedon lisäksi vaatimuksen tyyppi, joka tässä tapauksessa oli luokan todistus, ehdollinen luokan todistus tai tehtaantodistus. Näiden vaatimustyyppien tarkoitusta käydään läpi seuraavassa tuoterakennemoduulia käsittelevässä kappaleessa. Kuva 29 esittää dokumentti- ja luoki-

tuslaskelmamoduulien rakennetta ja niiden yhteenliittymistä tuoterakennemoduuliin siihen kohdistuvien vaatimusten esiintuomiseksi.



**Kuva 29.** Dokumentti- ja luokituslaskemamoduulin rakenne

Dokumenttimoduulin rakenne pohjautuu ongelman kuvauksessa esitettyyn luokituslaitosten tyypillisesti vaatimiin dokumenttityyppeihin ja yrityksen kokemukseen toimitettavista materiaaleista. Dokumentaation laajuutta voidaan joutua analysoimaan erikseen myöhemmässä vaiheessa, vaikkakin luokituslaitoksen kyseessä ollessa tämä useimmiten tarkoittaa valmistuskuvia kokonaisuudessaan. Luokituslaskelmamoduulin rakenne perustuu yrityksen tiedossa oleviin laskelmiin, jonka vuoksi tähän moduulin joudutaan mahdollisesti myöhemmin lisäämään aiemmin tuntemattomia laskelmatyyppejä.

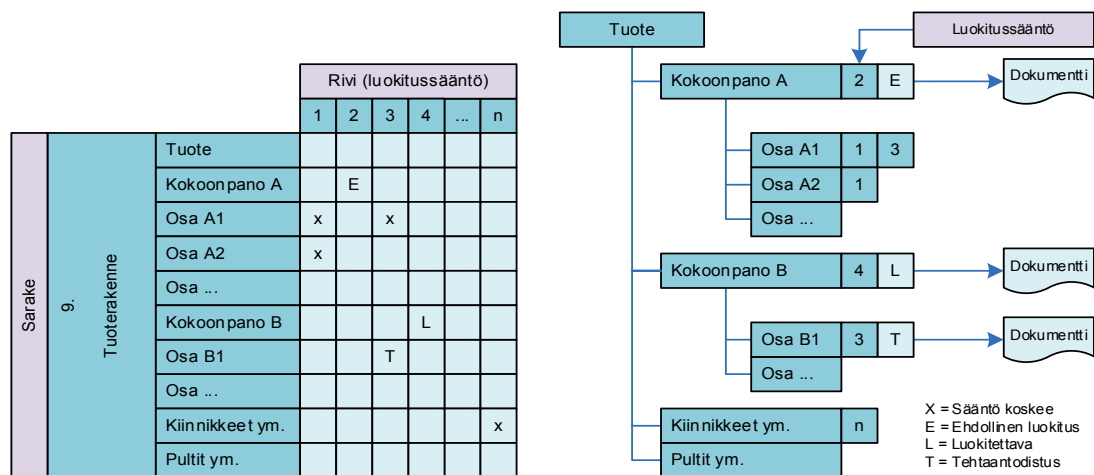
### 5.3.6 Tuoterakennemoduuli

Tutkimuskohteena olevan erikoistuotteen tuoterakenne otettiin vuonna 2001 kesken jääneestä modulointiprojektista ja se tarkistettiin nykyistä tuoterakennetta vasten, jotta kokoonpanojen ja merkittävien osakomponenttien oikeellisuudesta voitiin varmistua. Vastaavuuden määrittely nykyistä tuoterakennetta vasten oli tärkeää, jotta voitiin varmistaa aiemman projektin datan soveltuvuus uudelleenkäyttöä varten. Tämän lisäksi työkalua varten oli tarkoituksellista selvittää nykyinen tuoterakenne, mahdollisesti tapahtuneiden muutosten varalta.

Tuoterakenne on pyritty hajauttamaan loogiseksi kokonaisuudeksi, joka sisältää luokittamisen ja tuotteen kannalta merkitykselliset osakomponentit. Erilaiset kiinnittimet, kaapelit, pultit, mutterit ja muut vastaavanlaiset ryhmät koottiin tarvittaessa oman otsikonsa alle. Tavoitteena oli pitää tuoterakenne hallittavan laajuisena, koska yksittäisten osien tai koko tuoterakenteen kopiointi ei ollut mielekäs työkalun eikä tuotekehityksen kannalta. Tuoterakenteesta eriteltiin siis seuraavat tasot:

- Tuote
- Osakokoonpanot
- Merkitykselliset komponentit ja komponenttiryhmät

Tuote merkittiin matriisiin siihen kohdistuvien kokonaisvaatimusten sekä erilaisten dokumentointiin liittyvien vaatimustenalaisuuksien takia. Osakokoonpanot valittiin niihin kohdistuvien sääntöjen sekä suorituskyky-, dokumentointi- ja materiaalivaateiden mukaisesti. Merkitykselliset komponentit ja komponenttiryhmät valittiin samasta syystä. Valittujen osien harkinnassa otettiin huomioon myös tuotekehityksen kannalta tärkeitä asioita, koska työkalu ei voi perustua yksistään luokitusääntöjen kohdentamiseen tuoterakenteelle. Kuva 30 esittää tuoterakennemuodulin perusrakennetta ja luokitusääntöjen kohdistumista. Lisäksi esitettynä on dokumenttimoduulin osoittamat vaatimukset tuoterakenteelle.



**Kuva 30.** Tuoterakennemuodulin rakenne

Dokumenttimoduulin vaikutus haluttiin tuoda esiin, koska sen merkitys yrityksen toiminnalle on tärkeä. Dokumenttimoduuli tuo esille kohdistuvia luokitusvaatimuksia, joiden yksiselitteisyys oli tärkeää. Tämän takia lisättiin L-, E- ja T-tunnukset. Näiden tunnusten tarkoitus on esittää luokitustodistuksen ja tehtaantodistuksen vaatimusta. Ehdollinen luokitusvaatimuskoodi perustuu säännön aiheuttamaan ehtoon jonkun määritellyn tai määriteltyjen parametrien arvosta, esimerkiksi moottoritehoon.

Tuotteen kokoonpanot ja osakomponentit ovat itsessään mahdollisen moduloinnin moduuliaihioiden perustoja, joita analysoimalla erilaisilla moduloinnin työkaluilla voidaan niistä löytää niiden toimintojen ja liitännäisyyksien kautta uusia moduuliaihioita, joiden avulla tuotteen modulointi voidaan lopulta suorittaa. Hajautettua rakennetta ja siihen kohdistuvia luokitusääntöjä voidaan myös käyttää, aiemmissa luvuissa 2.4.5 ja 2.4.6 esiteltyn DFA- ja DFM-menetelmien mukaisten analyysien pohjana kokoonpantavuuden ja valmistettavuuden parantamiseksi.

## 5.4 Testaus ja aineiston keräys

Kappaleessa kuvataan työssä kootun tutkimustyökalun testaamiseksi ja sen toiminnollisuuden varmistamiseksi tehtyjä toimenpiteitä. Näiden toimenpiteiden tarkoituksena oli myös varmistaa työkalun vastaavuutta sille asetettuihin vaatimuksiin. Lisäksi kuvataan tutkimuksen aineistoa, josta varsinainen tutkimusdata kerättiin matriisin alustavaa analyysiä varten. Alustavan analyysin tarkoituksena oli matriisin täyttäminen luokitussäännön käytännön merkityksillä tuotteelle, jotta matriisin hyödyllisyyden ja siitä johdettavien tulosten analysointi tehtiin mahdolliseksi.

### 5.4.1 Testaus

Matriisia oli tutkijan toimesta testattu sen toteutusvaiheessa useaan kertaan ja tässä työssä kuvattu matriisin rakenne on usean eri iteratiivisen kehitysversion lopputulos. Oli kuitenkin perusteltua antaa matriisi testattavaksi, jotta matriisin toimintaa voitiin tarkastella objektiivisesti ja sellaisten henkilöiden toimesta, joiden on mahdollista arvioida matriisin intuitiivisuutta ja käytettävyyttä. Testausta ja matriisille asetettujen vaatimusten täyttymistä yritettiin arvioida mukailemalla luvussa 2.2.2 esiteltyä V-mallia. Kytkemällä luodun tutkimustyökalun ominaisuudet sille työkalulle asetettuihin vaatimuksiin joita kuvattiin luvussa 5.2 ja varmistaen näin työkalun vaatimustenmukaisuutta alkuperäisiin tarpeisiin.

Työkalun testaus tehtiin kopioimalla luokitussäännöistä näytteitä matriisin, jotta voitiin analysoida matriisin toimintaa, käytettävyyttä ja puutoksia käytännössä. Testaajina toimivat yrityksen asiantuntijat, jotka opastettiin matriisin käyttöön ja ohjeistettiin kokeilemaan matriisin toimivuutta. Testauksessa painotettiin matriisin toimivuuden ja erilaisten tilanteiden testausta, jotta voitiin varmistua siitä että työkalu toimii vaatimusten mukaisesti ja toivotulla tavalla.

Testauksen ja iteratiivisen kehityksen tuloksena luotiin matriisi sellaisena kuin se on pääpiirteissään esitetty aiemmissa kappaleissa. Matriisissa olevat ongelmat pyrittiin poistamaan ennen aineiston keräystä, mutta tässä ei täysin onnistuttu. Matriisin muuttaminen aineiston keruun jälkeen altistaa matriisin virheille ja tämän takia jokaista muutosta, joka muuttaa matriisin perustoimintoja, on syytä harkita tarkoin ja muutoksen implikaatiot matriisin toiminnassa pitää tarkoin selvittää ja tiedostaa. Tämän vuoksi voidaan väittää olevan edullista yrittää pitää erilaisten matriisin välisten riippuvuuksien määrä mahdollisimman pienenä, etteivät matriisin mahdolliset muutokset muodostu liian haastaviksi. Näitä relaatioita voidaan tarvittaessa hahmottaa esimerkiksi käyttämällä aiemmassa luvussa 2.4.3 mainittua DSM-matriisia keskinäisten riippuvuuksien analysointiin, hahmottamiseen ja vähentämiseen.

### 5.4.2 Aineiston keräys

Tiedon kerääminen matriisiin tehtiin tutkijan toimesta hakemalla työn rajauksessa mainittujen luokkien yrityksen erikoistuotetta koskevat luokitussäännöt ja tallentamalla ne tutkimustyökaluun. Tuotteeseen kohdistuu eniten sääntöjä, sen laivatyypin mukaan mihiin tuote yleisimmin asennetaan, joten looginen valinta oli ottaa juuri nämä sääntökirjan osat tutkimustyökalun matriisiin siirrettäväksi.

Sääntökirjan osat siirrettiin varsin työläällä tavalla manuaalisesti matriisiin kopioimalla jokainen tuotetta mahdollisesti koskettava sääntö matriisiin. Samalla kopioitiin myös sääntökirjan otsakerakenne, jotta sääntöjen tulostus ja lukeminen matriisista olisi helppoa. Työ piti tehdä, koska koneluettavaa sääntömateriaalia ei ollut saatavilla ja koska eri luokkien väliset dokumenttityypit nostivat koneellisen tiedonkeruun kynnyksen liian korkealle tutkijan olemassa olevilla resursseilla. Matriisiin siirrettiin lopulta seuraavat tiedot jokaista siihen luotua riviä kohden:

- Säännön kohteena oleva laivatyyppe
- Kohteena oleva laityyppe
- Sääntökohta
- Säännön sivunumero PDF-tiedostossa
- Säännön sivunumero varsinaisessa dokumentissa, korjauskertoimen avulla
- Luokituslaitos jonka sääntökohta on
- Sääntökohta leipäteksteineen
- Rivityyppe: sääntö tai otsikko
- Julkaisuvuosi tai muu julkaisutunnus
- PDF-dokumentin tiedostonimi
- Sääntökohta, kappale tai kirja, johon säännössä viitataan

Tiedot siirrettiin suoraan luokituslaitosten säännöistä ja yhteistä niille on, ettei niiden siirtämiseksi tietoa pitänyt analysoida erityisesti, koska kopioitu data oli mahdollisimman yksiselitteistä. Sääntöhistoriaa tai sen enempää vanhoja sääntöjä ei kopioitu työkaluun, koska tämän työn oli määrä selvittää tuotetta koskevat nykyiset vaatimukset. Luokitussääntöjen työkaluun kopioinnin jälkeen analysoitiin niitä tutkimustyökaluun luotua matriisia varten, tätä alustavaa analyysiä kuvaillaan edellä olevassa seuraavassa luvussa.

### 5.4.3 Analysointi matriisia varten

Koska luokitussääntöjen analysointia ei ole mahdollista toteuttaa tarpeeksi tehokkaasti ilman, että säännöistä analysoidaan sen kohdistuvuus tuotteeseen ja sen osaan, sekä vaatimustyyppit. Tämän vuoksi piti matriisiin kopioitu data alustavasti analysoida täyttämällä matriisiin moduulit. Tällä tavoin mahdollistetaan aineiston suodattaminen ja kohdistaminen tuoterakenteelle sen vaatimustyyppien mukaisesti. Matriisiin siirretyistä luokitussäännöistä analysoitiin muun muassa aiemmin esiteltyjen moduulien mukaisesti seuraav-

vat asiat, mikäli matriisin rivi oli sääntökohta eikä otsikko ja kohdistui tutkittavaan tuotteeseen:

- Vaatimustyytit
- Suunnittelutyytit
- Luokituslaskelmiin kohdistumiset
- Dokumentteihin kohdistuminen
- Sertifiointi tai testausvaatimukset
- Kohdistuvuus tuotteelle, kokoonpanolle, osakomponentille tai toiminnolle

Koska kaikki säännöt kopioitiin voimassa olevista säännöistä, ei ollut tarvetta arvioida säännön voimassaoloa sen enempää. Aineiston keräämisen jälkeen asetettiin tulosten analysointiperiaatteet, joiden avulla suoritettiin lopullinen tulosten analysointi, joka kuvataan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

## 6. TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimustuloksissa arvioidaan matriisin ja sen kautta saatujen todettujen tulosten vastaavuutta tutkimusongelman tutkimuskysymyksiin ja siten tälle tutkimustyölle asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Samalla esitellään matriisista johdettuja tuloksia eli sen mahdollistamia hyötyjä yrityksen tuotekehitykselle, projektisuunnittelulle ja muulle liittyvälle toiminnalle, jonka voitiin nähdä hyötyvän matriisista sekä sen sisältämän tiedon analysoinnista ja soveltamisesta eri käyttötarkoituksiin. Tutkimustulokset käydään läpi ilman tarkkojen tuloksien esittämistä kilpailuteknisistä syistä. Toisaalta tutkijan mielestä tulosten tarkka esittäminen ei välttämättä parantaisi tutkimusraporttia eikä sopisi tässä tapauksessa sen tyylin, joka keskittyy kuvaamaan ratkaisut mahdollisimman yleistettävällä tavalla. Tutkimustulokset pyritään kytkemään yrityksessä ilmenneisiin tarpeisiin sekä työssä esitettyyn ja sitä tukevaan kirjallisuusselvityksellä esitettyyn taustateoriaan.

Tavoitteena on esittää matriisin mahdollistama analysointi sääntökohtien kohdistuvuudesta, tuotteeseen, kokoonpanoon ja sen osakomponentteihin niiden eri käyttötarkoituksissa. Samalla arvioidaan mitä hyötyjä matriisista on yritykselle ja millä tavoin matriisia ja sen sisältämää tietoa voidaan hyödyntää yrityksen toiminnassa nyt ja mahdollisesti tulevaisuudessa. Tutkimustuloksia tarkastellaan kriittisesti ja tutkija pyrkii esittämään omia päätelmiään ja ajatuksiaan niiden merkityksestä ja mahdollisuuksista organisaatiolle sekä yleistämään tuloksia mahdollisuuksien mukaisesti.

Tutkimustulosten arviointi sisältää tutkijan pohdintaa myös matriisilla kerätyn tiedon käyttötarkoitusten kannattavuudesta ja siitä, kuinka osoittaa matriisin hyödyllisyys yrityksen toiminnassa. Tämän tarkoituksena on osoittaa miksi työkalun käyttöön, ylläpitoon ja jatkokehittämiseen kannattaa jatkossakin sijoittaa yrityksen resursseja ja miksi tämä on tärkeää yrityksen eri toimintojen kannalta. Toisin sanoen tarkoituksena on esittää matriisityökalulle business case -pohja sen hyödyllisyydestä ja asiakasarvon parantajana. Asiakasarvoa etsitään yleisesti tehokkuudesta, materiaalisäästöistä, laatuksista, prosesseista, asiakastarpeiden tyydyttämisestä ja kaikesta muusta, jonka voidaan katsoa tuottavan asiakkaalle arvoa yrityksen toiminnassa.

Seuraavissa kappaleissa tutkimustulokset käydään läpi kahdessa osiossa, joista ensimmäisessä keskitytään kuvaamaan tutkimustyökaluna käytetyn matriisin analysoinnin tuloksia. Toinen osio keskittyy kuvaamaan tutkimustyökalun matriisin suoria ja tulevaisuuden hyötyjä organisaatiolle ja mahdollisia tulevaisuuden kehityskohteita, jotka voivat hyötyä matriisista. Seuraava osio keskittyy kuvaamaan tutkimuksen tulosten analysointiperiaatteita, ennen varsinaisten tulosten läpikäyntiä.



## 6.1 Tulosten analysointiperiaatteet

Tutkimuksessa kerättyä aineistoa analysoidaan kahden päätutkimuskysymyksen kannalta. Käytännössä nämä kaksi kysymystä muodostavat kaksi analyysin osiota. Ensimmäinen osa on tutkimustyökalun matriisiin kerättyjen luokitussääntöjen analysointi. Tavoitteena on tutkia yrityksen tuotteeseen kohdistuvia luokitussääntöjä ja niiden sille muodostamia vaatimuksia. Osiossa esitellään analysointimenetelmiä ja niiden mahdollistamia tuloksia. Toinen osa on matriisin tuottamien hyötyjen arviointi yrityksen eri sidosryhmille ja siten sen toiminnalle. Tässä osiossa pyritään löytämään matriisin yritykselle tuottamia arvoja sekä sen mahdollisuuksia yrityksen muille sidosryhmille ja prosesseille. Kummassakin tuloksia esittelevässä osassa tietoa pyritään analysoimaan esittämättä yrityksen tunnuslukuja, arkaluontoiseksi määriteltyä materiaalia tai tarkkoja tuotekoh- taisia tuloksia.

Matriisiin kerätyn tutkimusaineiston analysointi tehdään otantana tutkimusaineistosta käyttäen eri parametreja tulosten rajaamiseen. Työssä esitetään näiden parametrien käytöllä löydettävien tulosten joukon merkitystä yritykselle ja sen tuotteen suunnittelulle. Tutkimusaineistosta on tarve analysoida tuotteelle ja sen osille kohdistuvia eri luokkien välisiä vaatimuksia, joista etsitään yhteisiä tai erotettavia reunaehtojen asettajia tuotteen suunnittelun ja mahdollisen moduloinnin tueksi. Näitä reunaehtoja voivat olla materiaali-, suorituskyky-, toiminnollisuus-, luokitus-, suunnittelu-, dokumentaatio-, ja muut vastaavat vaatimukset. Erottavalla reunaehdon asettajalla tarkoitetaan tässä tapauksessa vaatimusta, joka on muista niin poikkeava, että on parempi suunnitella kaksi ratkaisua, varianttia tai moduulia, joista toinen täyttää tämän vaatimuksen. Matriisiin aineiston analyysi lähinnä analyysia, jossa aineistosta erotellaan luokiteltavaa, tyypitettävää tai teemallista aineistoa sen jäsentämiseksi tiedoksi. Jolloin analyysin pääpaino muuttuu hermeneuttisen analyysin suuntaiseksi, kun luokitussääntöjen merkitystä pyritään ymmärtämään, tutkimalla luokitussääntöjen kohdistumista tapauksittain.

Matriisin hyötyjen analysointi perustuu työssä tehtyyn taustaselvitykseen yrityksen toiminnasta ja työtä tukevaan taustateoriaosuuteen. Näiden avulla esitetään ja analysoidaan matriisin ja erityisesti sen sisältämän tiedon tarjoamia mahdollisuuksia. Tavoitteena on löytää matriisin tarjoamia etuja, joiden avulla voidaan yrityksen toimintaa tehostaa säästöjen, hukkatyön vähentämisen, automatisoinnin, tiedonhallinnan avulla tai muun vastaavan keinon avulla. Näiden etujen tarkoituksena on toimia matriisin kehittämisen ja ylläpidon perusteluina sekä mahdollisina tulevaisuuden tutkimus- tai kehittämiskohteina. Hyötyjä ja mahdollisuuksia analysoidaan tapauksittain, tutkimalla käyttömahdollisuuksia ja analysoimalla niiden yritykselle tuottamaa arvoa. Tapausten tutkimisen ja esittämisen yhtenä tavoitteena on esittää matriisin mahdollisuudet selkeällä ja ymmärrettävällä tavalla.

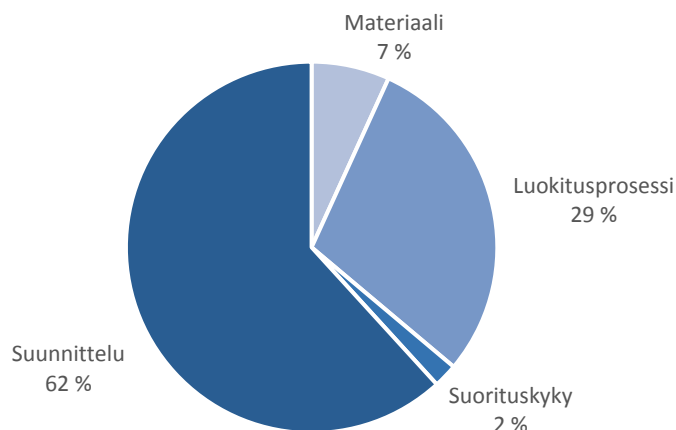
## 6.2 Matriisin analysoinnin tulokset

Kappaleessa käsitellään matriisiin kerätyn luokitussääntöaineiston analyysistä saatuja lopputuloksia. Kappaleen tarkoitus on koota yhteen ne matriisissa saatavat välittömät tai lähitulevaisuuden hyödyt, joiden nähtiin erityisesti kohdentuvan yrityksen tuotekehitys-toimintaan ja tuotteen ylläpitoon tuotehallinnan toimenkuvassa.

Tuloksista tarkastellaan ensin luokitussääntöjen kohdentumista yleisellä tasolla ja näiden vaatimusten kohdentumista tuotteen suunnitteluun tai muuhun siihen liittyvään toimintaan. Tulokset käydään läpi aihealueittain ja niissä tarkastellaan luokitussäännöistä selvitettyjä tuloksia yleisesti sekä matriisin muita hyötyjä. Luokitussäännöistä saatuja tuloksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon, että tulokset perustuvat rajattuun joukkoon tuotetta koskevista säännöistä ja rajattuun joukkoon luokituslaitoksia.

### 6.2.1 Vaatimusten jakautuminen

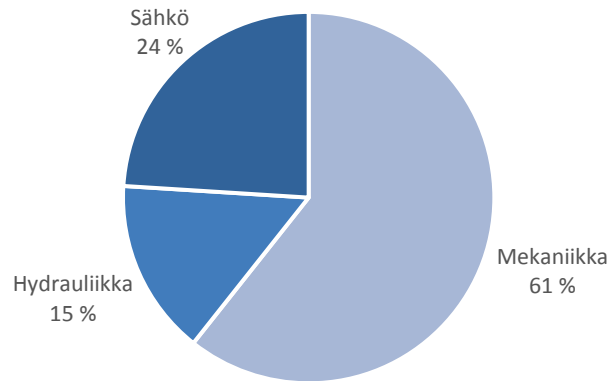
Tutkittujen luokitussääntöjen vaatimusten hajautumista tutkittiin käyttämällä hyväksi matriisin vaatimus- ja apumoduuleita. Matriisin siirrettiin 908 luokitussääntöä, joista analysoitiin niiden kohdistuvuus yrityksen tuotteeseen. Näistä analysoiduista luokitus-säännöistä 189 luokitussääntöä kohdistui tässä tutkimuksessa tutkittuun tuotteeseen. Suuri sääntöjen määrä johtuu siitä, että sääntökirjan rakenteet siirrettiin sellaisenaan matriisiin, jotta niiden otsikkorakenne säilyi. Valtaosa näistä vaatimuksista kohdistui tuotteen suunnitteluun ja pääosa näistä suunnitteluvaatimuksista liittyi erilaisten toimintojen toteuttamiseen. Kuva 31 osoittaa sääntöjen jakaantumisen neljän eri analysoidun vaatimustyyppin kesken, jotka on valittu kuvaajaan.



**Kuva 31.** Tuotteelle kohdistuvien luokitussääntöjen prosentuaalinen jakaantuminen eri vaatimustyyppien välillä.

Toinen suurempi sääntöryhmä kosketti tuotteen luokitusprosessia ja pääasiassa laivalla suoritettavia testejä, jotka luokituslaitos valvoo tarkastajan läsnä ollessa. Vaatimustyypp-

pien kohdistumisen lisäksi analysoitiin vaatimuksien jakautumista muun muassa eri suunnittelutyypin kesken. Kuva 32 osoittaa, että suurin osa vaatimuksista liittyi jollakin tapaa mekaniikan suunnitteluun, sähkö- ja hydraulikkasuunnitteluvaatimusten ollessa vähemmistössä.



**Kuva 32.** Tuotteelle kohdistuvien luokitusääntöjen prosentuaalinen jakaantuminen eri suunnittelulajien välillä.

Suurin osa mekaniikkasuunnittelua koskevista säännöistä koskee tuotteen kokemia stressivoimia sekä näiden voimien sieto- ja kestovaatimuksia. Sähkö- ja ohjausjärjestelmäsunnittelua koskevat erilaiset mittaus- ja turvallisuustoimintovaatimukset, jotka vaikuttavat ohjausjärjestelmien suunnitteluun ja välillisesti myös muuhun suunnitteluun. Mittausvaatimuksista merkittävä osa liittyi merikoeajolla tapahtuvaan tiedonkeruuseen ja sen ulos saamiseen tuotteen järjestelmästä. Turvallisuusvaatimukset liittyivät tuotteen eräiden turvallisuustoimintojen toteuttamiseen ja määrittelivät niiden toimintatapa. Hydraulikkasuunnittelua koskevat vaatimukset liittyivät jonkin mekaanisen toiminnon tukemiseen tai hydraulisjärjestelmän testaukseen.

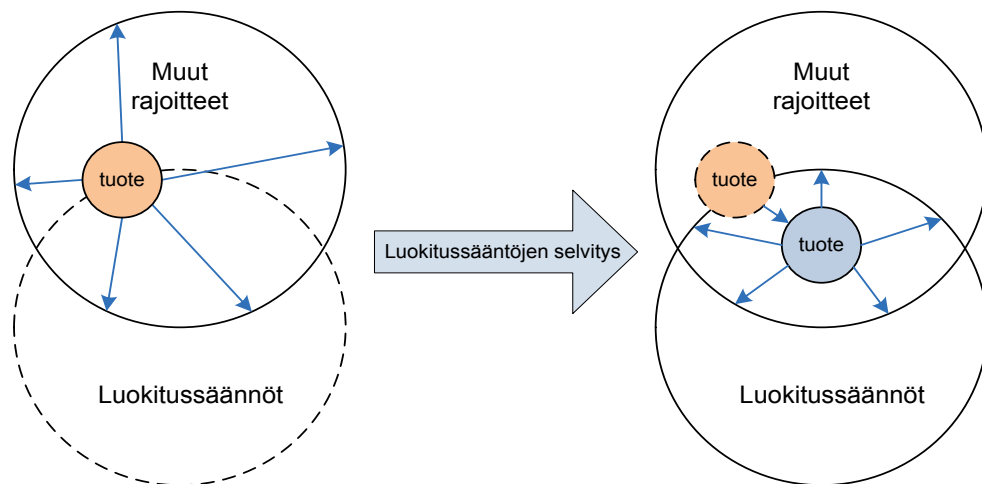
Matriisin sisältämän data analysoinnin perusteella voidaan väittää, että tuotetta koskevien ja tässä työssä analysoitujen luokitusääntöjen purkaminen tutkimustyökaluun ja niiden kohdistuminen tuotteelle ja sen tuoterakenteelle onnistui. Tämä vastaa luvussa 1.2 esitettyyn tutkimuksen pääkysymykseen 1. joka koski luokitusääntöjen kohdistumisesta tuotteeseen. Tutkimuksessa luotu ja luvussa 5 esitetty tutkimustyökalu vastaa tutkimuksen apukysymyksiin, 1.1 luokitusääntöjen kokoamisesta analysoitavaksi kokonaisuudeksi ja 1.2 koskien kootun tiedon hallintaa ja päivittämistä. Tutkimustyökalun avulla voidaan koota luokitusääntöt analysoitavaksi kokonaisuudeksi ja sitä käyttämällä voidaan hallita sekä päivittää siihen tallennettua luokitusääntötietoa luvussa 5.3.3 esitellyn tutkimustyökalun muutoksenhallintamoduulin kautta, työkalun ohjelmiston asettamien- ja tunnistettujen rajoitteiden puitteissa. Täten voidaan väittää työkalun mahdollistavan uuden tiedon tuottamisen SECI-prosessin mukaisesti, joka esiteltiin teorioosuudessa luvussa 2.1.1. Samalla tutkimustyökalu mahdollistaa tiedon keräämisen ja

säilyttämisen, mukailemalla teoriaosuuden luvussa 2.1.3 esitettyä teoriaa. Se kerää tietoa organisaation tavoitteiden mukaisesti ja se pyrkii tallentamaan tietoa täsmällisesti tarkasti määritellyn rakenteensa johdosta. Työkalu pyrkii täyttämään myös eksplisiittisen tiedon varastoinnin ensiaskeleen mukaisen tietovaraston mukaisen määritelmän.

Tulosten esittämisessä ja vaatimusten jakautumisessa tulee huomioida, että osa luokitussäännöistä voi koskettaa useampaa vaatimuslajia tai kaikkia niitä. Tämän vuoksi osa tulokset eivät ole täysin yksiselitteisiä. Tämä johtuu luokitussääntöjen kohdistamisen ongelmasta riippuen sääntökohdan vaikutuksesta ja suunniteltavan kokonaisuuden keskinäisistä riippuvuussuhteista. Esimerkiksi sähkömoottorin vääntömomentin muuttuminen voi aiheuttaa mekaniikassa lujuusarvojen tai myöntörajojen tarkastelutarpeen.

## 6.2.2 Suunnittelurajoitteiden ja vaatimusten selviäminen

Matriisin analyysillä ja suodattamalla sen sisältämää tietoa voidaan analysoida laitteelle, kokoonpanolle tai osakomponentille luokitussääntöjen asettamia vaatimuksia. Tämä analyysi auttaa vastaamaan päätutkimuskysymykseen 1. luokitussääntöjen kohdistumisesta tutkitulle tuotteelle. Tämä suodatus voidaan tehdä eri luokituslaitosten sääntöjen vertailun kautta ja näin löytää yhteinen sääntöjoukko, joka rajaa tuotteen suunnittelun ja moduloinnin liikkumavaraa. Kuva 33 esittää tilannetta tuotteen suunnittelua ohjaavien vaatimusten muodostamaa rajoitejoukkoa ennen luokitussääntöjen selvitystä ja sen jälkeen, kuvaten tuotteen tuontia näiden suunnittelurajoitteiden sisälle.



**Kuva 33.** Luokitussääntöselvityksen vaikutus tuotteen tunnettuihin rajoitteisiin.

Katsomalla tutkimustyökaluun koottujen luokitussääntöjen analyysin tuloksia päätutkimuskysymyksen 2. kontekstissa, voidaan nähdä erilaisia hyötyjä suunnittelurajoitteiden selvittämiseksi. Näitä hyötyjä voidaan katsoa tuloksia tulosten hyödyntämisen näkökanasta sekä toisesta näkökulmasta, jossa nähdään luokitusvaatimusten tuntemisen puutteen aiheuttamat seuraamukset.

Mikäli suunnitteluvaatimukset eivät ole tunnettuja on varsin todennäköistä, että tuote tulee todennäköisesti ajautumaan näiden rajoitteiden ulkopuolelle, koska luokitussääntöjen vaatimukset eivät ole tiedossa. Tämä johtaa tuotteen vaatimusten täyttämättömyyteen ja mahdollisesti laatukuluihin myöhemmässä vaiheessa. Kummatkin tapaukset ovat hukkaa yrityksen toiminnalle ja niiden karsinta on edullista yhtiölle kohentaen sen tuottamaa asiakasarvoa vaatimuksenmukaisuudella. Nämä arvoa tuottamattomat tapahtumat vastaavat luvussa 2.2.4 esitettyä Lean menetelmän mukaisia hukkia, joista yrityksen tulee pyrkiä eroon sen tuottaman asiakasarvon parantamiseksi. Samalla se voidaan nähdä tuotekehitys- ja tuotteen ylläpitoprosessia tukevana toimintana, joka liittyy myös jatkuvaan parantamiseen sekä laadun ylläpitämiseen josta kerrottu luvussa 2.2.3.

Matriisista kyettiin suodattamaan ja analysoimaan tuotteen eri ominaisuuksien ja luokituslaitosten luokitussääntöjen suhteen. Tämä suodatus tehtiin suodattamalla matriisista esiin tuote-, kokoonpano-, komponenttikohtaiset vaatimukset suhteessa eri vaatimustyyppien suhteessa ja suunnittelutyypeittäin. Tällöin mekaniikka, sähkö-, hydraulikka-, ohjelmisto-, toiminnollisuus- ja muita vaatimuksia saatettiin arvioida omina joukkoinaan. Matriisista kyettiin suodattamaan esiin seuraavan kaltaisia vaatimuksia ja vertailemaan niitä eri luokituslaitosten kesken:

- Suorituskykyvaatimuksia
- Materiaalivaatimuksia
- Suunnitteluvaatimuksia
- Toiminnollisuus vaatimuksia
- Ohjausjärjestelmiä koskevia vaatimuksia
- Dokumentointi vaatimuksia
- Laskelmavaatimuksia
- Testaus- ja sertifiointivaatimuksia

Joidenkin näiden tulosten vertailu onnistuu suoraan matriisissa, mutta tarkempi analyysi vaatii usein erillisen vertailutaulukon luomista. Vertailutaulukko on hyvä luoda, koska luokitussäännöt ovat matriisissa tekstimuodossa ja niiden havainnointi helpottuu huomattavasti, mikäli niiden lopullinen tulkinta tehdään erillisellä taulukolla. Samalla tieto kootaan helpommin hyödynnettävään muotoon. Erilaisia taulukoita kootessa on huomioitava todisteketjun ylläpito, jotta luokitusvaatimukset voidaan jäljittää takaisin matriisin sääntöihin, joista ne on tuotu. Sovellettuna todisteketju joka on esitelty aiemmassa luvussa 4.4.3, on tärkeä osatekijä monimutkaisten järjestelmien ja kokonaisuuksien ylläpidossa sekä vaatimustenmukaisuuden ja luotettavuuden varmistamisessa.

Yrityksen toiveesta tarkkoja tuloksia ei esitetä kuin yleisellä tasolla. Merkittävä osa tuloksista liittyi tuotetta koskeviin toiminnollisuus- ja turvallisuusvaatimuksiin, jotka olivat pääosin samanlaisia eri luokkien kesken. Luokituslaitokset asettavat myös tietynlaisia perusvaatimuksia tuotteen mittaus- ja valvontajärjestelmille, kuten esimerkiksi tuotetta koskevien erilaisten mittauksen tallennusvaatimuksia. Näiden vaatimusten mukaan tämän mittausdatan on oltava saatavissa ulos järjestelmästä osaksi laivan luokitusaineis-

toa. Suuri osa säännöistä liittyikin laivan merikoeajoon ja tuotteen testaukseen sen aikana. Eniten tutkittujen luokituslaitosten linjasta poikkesi RS-luokka, jolla oli toisista poikkeavia sekä uniikkeja vaatimuksia verrattuna muihin tutkittuihin luokituslaitoksiin. Huomioitavaa turvallisuus- ja toiminnollisuusvaatimuksissa oli, että ne oli lisätty luokituslaitoksen sääntöihin vasta viime vuosien aikana. Asiaa tutkittaessa havaittiin, että eräät luokituslaitokset ovat yrittäneet harmonisoida ja kehittää tuotetta käyttävien laivojen luokitusäännöstöä viime vuosien aikana. Onkin oletettavissa, että seuraavien vuosien aikana tuotetta tulee koskemaan yhä enemmän uusia luokitusääntöjä, mikäli luokituslaitokset pystyvät muodostamaan yhteisen linjan. Toisaalta on myös mahdollista, että yksittäinen luokituslaitos voi asettaa uusia laajempiakin sääntökokonaisuuksia, jotka koskisivat tuotetta. Tutkimuksessa havaittiin myös yhden luokan kohdalta ristiriitainen sääntökohta, joka itsessään sallii vain yhdentyypisen tuotteen sanamuotonsa perusteella. Tämä rajoitus on luultavasti ajattelelmattomuutta sääntökohdan laatijoiden suunnalta, mutta yrityksen tulee ottaa tämä huomioon tuotekehityksessä ja tarjoamissaan tuotteissa tämän luokan kohdalla, mikäli sääntökohdan muotoa ei saada korjattua tai muutoin selvitettyä.

Tuloksista pitää kuitenkin huomioida, että matriisi kattaa tutkimuksen rajauksen mukaisesti vain spesifisesti tätä tuotetta koskevat säännöt. Ennen kuin matriisiin täydennetään kaikki luokituslaitosten koneenrakennusta koskevat säännöt tuo matriisi tuotteen lähemmäs luokitusääntöjen asettamaa suunnittelukehystä, vaikkakin matriisi on parannus aiempaan tilanteeseen. Vertailutaulukoiden luonnissa on syytä pitää yllä todisteketjua ja linkittää taulukko matriisiin joko sääntökohdista tulostetun raportin avulla tai paremmin säilyttämällä taulukon luomiseksi käytetyt hakuparametrit ja ajankohta, jolloin matriisista voidaan aina löytää ja tulostaa taulukon perustana oleva data. Tällöin tiedon hallinta helpottuu ja mahdollinen turha hukkatyö vähentyy, kun luokituslaitoksen sääntökohdan etsintään ei tarvitse käyttää uudestaan resursseja.

### **6.2.3 Havaitut ongelmat ja kritiikki**

Matriisin avulla voitiin tuoda esille luokituslaitosten vaatimuksia ja tutkia niitä, mutta sääntöjen määrä oli tutkimuksen alun olettamaa pienempi ja säännöt kohdistuivat pääasiallisesti tuotteen turvallisuustoimintoihin ja sen erilaisten toiminnollisuuksien vaatimusten määrittelyyn. Tutkimuksen havaintona on, että suurin osa yrityksen erikoistuotetta koskevista säännöistä kuuluu yrityksen päätuotteen sääntöjen piiriin. Tämän vuoksi olisi tärkeää kartoittaa erikoistuotteen osalta myös päätuotetta koskeva säännöstö, joka kattaa luokituslaitosten yleisesti koneille asettamat vaatimukset ja viittaukset yleisiin koneenrakennusstandardeihin. Tämä kartoitus lisäisi matriisin käytettävyyttä huomattavasti, koska suurin osa laitteen rakentamista koskevista vaatimuksista jäi tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Toisaalta matriisista analysoitu aineisto osoittaa, että tutkimus onnistui kohdentamaan tutkimuksen rajauksen mukaisen säännöstön tuotteelle. Tämä ei myöskään estänyt matriisin hyötyjen ja mahdollisuuksien tarkastelua.

## 6.3 Matriisin hyödyt ja mahdollisuudet

Tässä kappaleessa käydään läpi matriisin sovelluskohteiden sekä siitä hyötyjien analyysia ja sen tuloksia, muusta kuin tuotekehityksen tai tuotemuutosten suunnittelun näkökulmasta katsoen. Tavoitteena oli löytää matriisin tuottaman tiedon hyödyntäjiä ja nähdä matriisin soveltamismahdollisuudet yrityksen eri toiminnoissa.

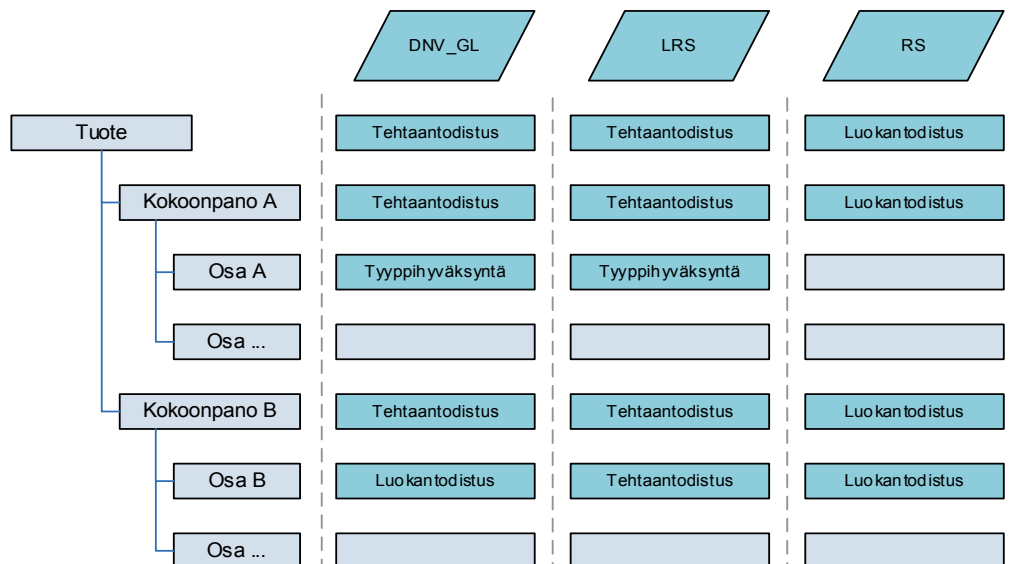
Näillä toimilla pyrittiin vastaamaan päätutkimuskysymykseen 2. jonka tarkoituksena on etsiä luokitusvaatimusten tunnistamisesta syntyviä etuja. Tämän pääkysymyksen ohella käytettiin apuna apukysymystä 2.1 joka etsii luokitusääntötiedolle hyödyntämismahdollisuuksia. Tarkoituksena on löytää perusteluita matriisin hyödyllisyydestä organisaatiolle, kehityskohteita ja hyötyjiä. Tulokset perustuvat alkutilanteen selvitykseen, taustateoriaan, asiantuntijoiden haastatteluihin ja tutkijan omiin pohdintoihin.

### 6.3.1 Luokitus- ja muun aineiston kokoaminen

Luokitusmatriisi hyödyttää projektinvetoa luokituslaitoksen ja asiakkaan kanssa toimimisessa luokitusprosessin aikana, koska jokaisella luokalla on omat vaatimuksena sertifikaateista, luokitusaineistosta ja tarkastuksista. Tutkimustyökalun matriisin avulla voidaan suodattaa eri luokkia koskevat vaatimukset ja saada esille laitetyyppikohtaiset vaatimukset jokaiselle matriisin sisältämälle luokituslaitokselle. Suodatus voidaan tehdä projekti- ja luokkakohtaisesti valitsemalla toimitetut laitekokonaisuudet. Tarkastelemalla työkalun luokitus- ja dokumenttimoduuleita voidaan listata vaaditut laskelmat, piirustukset ja sertifikaatit, jotka tulee toimittaa luokitusaineiston mukana. Lisäksi voidaan listata ne materiaalit, jotka tulee toimittaa telakalle. Telakka liittyy nämä omaan luokitusaineistoonsa laivan lopullista hyväksyntää varten. Kuva 34 seuraavalla sivulla esittää kuinka matriisista voidaan edellä esitetyllä tavalla suodattaa esiin luokkakohtaiset dokumentaatiovaatimukset luokitusprosessia varten.

Tämän tiedon avulla projektinveto pystyisi kokoamaan ja järjestelemään juuri oikeat dokumentit sisältävän aineiston, jonka sisällössä ei ole ylimääräisiä taikka puuttuvia dokumentteja. Tämä vaatimuksenmukaisuus vähentää ylimääräistä kirjeenvaihtoa, selvitystyötä ja selkeyttää prosessia projektinvetäjille sekä muille osallisille tahoille. Kirjeenvaihdon voidaan olettaa vähenevän, koska materiaalit saadaan kerralla lähetettyä oikein. Prosessi selkeytyy, koska luokitusprosessin vaatimat dokumentit ja testit voidaan tunnistaa ja saattaa niitä tarvitsevien tahojen tietoon.

Eriytyisen hyödyllinen listaus saattaa olla uudelle projektinvetäjälle, joka ei tunne prosessia ja hyötyy näin hiljaisesta tiedosta, joka on siirretty eksplisiittiseen muotoon. Jos vaadittujen dokumenttien listaus saadaan tarpeeksi luotettavaksi ja näin vähennettyä aineiston kokoamiseen vaaditun tietotaidon määrää, voidaan väittää, että tehtävän voisi siirtää pois projektinvedolta. Tämä puolestaan vapauttaisi projektinvetäjältä resursseja muuhun arvoa tuottavaan toimintaa.



**Kuva 34.** Vaaditut sertifiikaatit voidaan suodattaa esiin luokakohtaisesti suhteessa tuoterakenteeseen.

Hyötyjen arvioinnissa tulisi selvittää toiminnon säästämät työtunnit ja niiden arvo, mahdollinen arvio vaikutuksista laatukustannuksiin ja asiakkaan kokema arvo. Säästyneen työmäärän arvio voitaneen tehdä kokemusperäisesti tai seuraamalla ongelmien aiheuttamia työmääriä. Laatukustannusten seurauksia voidaan tehdä laaturaporteista, mikäli niihin on merkitty syyksi dokumentaation puutos tai muu vastaava syy, joka liittyy esitettyyn toimintoon.

Jotta vaadittujen dokumenttien listaus olisi täydellinen, tulee matriisiin täydentää kaikki tuotetta koskevat vaatimukset. Koska tutkimuksessa luotu matriisi kattaa vain tutkittua tuotetta suoraan koskevat luokitusäännöt ja vain niiltä luokilta jotka tutkimuksen rajauksessa on mainittu. Ehdolliset sääntökohdat pitää yhä tarkastaa säännön asettamaa ehtoa vastaan, koska matriisi ei voi tietää laitteen tehoa tai muuta arvoa, jonka sääntökohta asettaa ehdoksi.

### 6.3.2 Sidosryhmien hyötyjä

Matriisiin voitiin nähdä hyödyttävän myös muita sidosryhmiä projektinvedon ohella, kuten tuotantoa ja ostotoimintaa sekä mahdollisesti muitakin sidosryhmiä, jotka ovat tekemisissä luokituslaitosten sääntöjen tai niiden vaatiman vaatimuksenmukaisuuden kanssa. Nämä sidosryhmät tulisi kartoittaa ja niiden tarpeet matriisin suhteen tulisi kartoittaa.

Etsittäessä sovelluskohteita nähtiin, että yrityksen oma tuotanto voisi hyötyä matriisista, koska siitä voidaan tarkastaa laite, kokoonpano ja osakohtaiset testaus ja luokitusvaatimukset. Tällä voidaan katsoa olevan testien järjestelyä helpottava vaikutus, koska tiedetään mitä pitää testata. Tällä tavoin voidaan tuotannon suunnittelussa ennakoida laitteiden testaustarve entistä paremmin, mikäli matriisia halutaan soveltaa tällä tavalla. Kos-



ka yrityksellä on tuotantoa useammassa maassa, voitaisiin matriisia käyttää yhteisenä tietolähteenä sen sijaan, että jokainen tuotantopiste pitäisi itse huolen vaadituista testeistä. Tämä toisi toimintaan yhdenmukaisuutta. Toisaalta myös matriisin sisältämien tietojen tulee tällöin olla täsmällistä, koska mahdolliset virheet periytyvät kaikille tuotantopisteille.

Ostotoiminnassa on mahdollista käyttää matriisia epäselvyystilanteissa ostajan epäillessä, että laite tulisi luokitaa ja tahtoo tarkistaa tämän jostakin ilman, että joutuu ottamaan yhteyttä suunnitteluun. Vaikka tämä on mahdollista, nähtiin vaihtoehdon mahdollisesti sisältävän joitakin ongelmia. Uhkakuvana nähtiin tilanteet, joissa matriisia tulkitaan väärin kysymättä suunnittelun arviota asiassa.

Jotta matriisia voitaisiin hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla, olisi vaadittujen dokumenttien listauksen oltava täydellinen. Tämän vuoksi tulisi matriisiin täydentää kaikki tuotetta koskevat vaatimukset. Tutkimuksessa luotu matriisi kattaa vain tutkittua tuotetta suoraan koskevat luokitussäännöt ja vain niiltä luokilta, jotka tutkimuksen rajauksessa on mainittu.

### **6.3.3 Laatumuunnos- ja imago-vaikutukset**

Koska luokitussääntöjen huono tuntemus on aiheuttanut yritykselle laatumuunnoksia, voidaan väittää, että niiden parempi tunteminen ja siten vaatimuksenmukaisuuden paraneminen vähentäisi vastavuoroisesti niitä. Väite perustuu luvussa 2.2.2 esitettyyn teoriaan vaatimusten mukaisuuden merkityksestä tuotteen suunnittelulle ja sen lopullisille ominaisuuksille. Kun yritys tuntee luokitussääntöjen vaatimukset, pystyy se vastaamaan niiden vaatimuksiin paremmin. Näiden kustannussäästöjen voidaan katsoa kohdistuva yrityksen ulkoisiin ja sisäisiin virhemuunnoksiin, koska matriisi lisää yritykseen kertynyttä tietoa luokitusvaatimuksista ja niiden muodostamista vaatimuksista. Tämän tiedon lisääntyminen ennaltaehkäisee väärin luokitamista ja sen kokonaan unohtamista, mikäli matriisin dataa päivitetään ja ylläpidetään systemaattisesti sen pysymiseksi ajan tasalla.

Ulkoiset ja kalleimmat virhemuunnokset vähenevät, koska luokitusvirheet vähenevät suunnittelutoiminnan tietäessä, mitkä vaatimukset pitää täyttää ja mitkä osat pitää luokitaa. Tämän voidaan olettaa vähentävän virheiden käsittely- ja korjauskuluja ja näin estävän tuottojen menetyksiä, laadun merkityksestä kertovan teorialuvun 2.2.3 mukaisesti. Nämä vaikutukset johtuvat vahvasti sisäisten virheiden määrän oletettavasta vähenemisestä, kun myös yrityksen sisälle jäävien virheiden määrä vähenee. Lopullisena lopputuloksena on asiakasarvon paraneminen, kun asiakkaalle päätyvien virheiden määrä vähenee. Parhaimmassa tapauksessa myös kokonaiskulut pienevät, kun laatumuunnosten kustannukset alentavat kokonaismuunnoksia.

Tämän vuoksi matriisin ylläpidon voidaan katsoa kuuluvan osittain yrityksen laadun ylläpitokuluihin, mikäli matriisia käytetään laadunvarmistukseen ja virheiden enna-

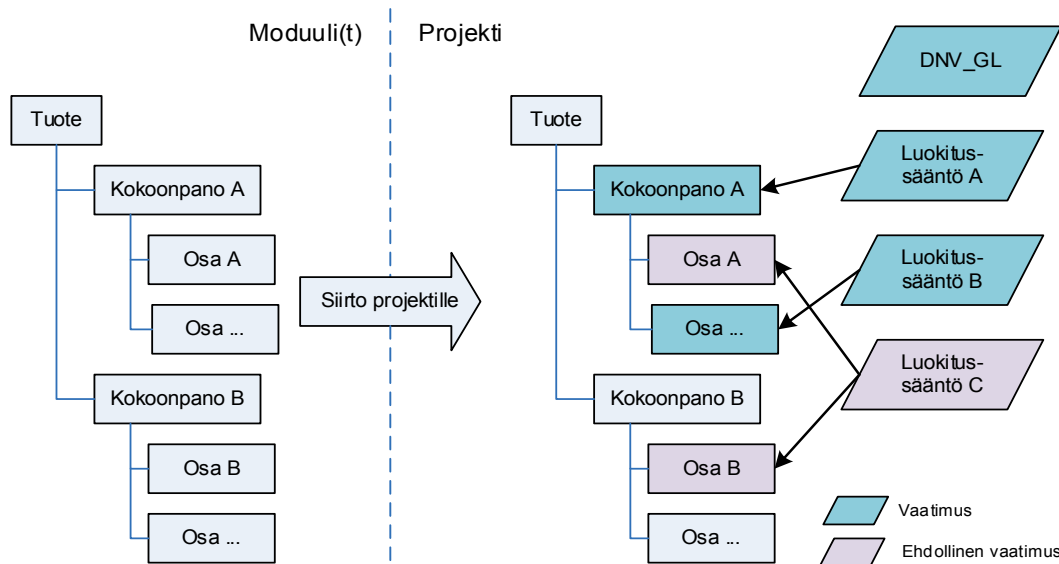
koivaan poistoon. Ehkäisykustannuksien periaatteiden mukaisesti matriisia voidaan käyttää suunnitteluun ja kehittämiseen, jolloin laatuvirheet tai puutteet suunnitellaan pois tuotteesta. Tällöin vähentyneiden laatukustannusten seurauksina työkalu maksaa itseään takaisin. Vähentyneiden laatukustannusten tutkimiseen tai seuraamiseen voidaan käyttää yrityksen laatujärjestelmää, olettaen että luokitussäännöistä johtuvat laatukulut voidaan erotella järjestelmän datasta. Odotettavissa on kuitenkin, että kaikkia laatukustannuksia ei saada koskaan kohdennettua, kuten ei myöskään kertyneitä säästöjä. On kuitenkin muistettava, että jos tällä keinoin voidaan parantaa yrityksen kokonaistulosta ja sen tuottamaa asiakasarvoa, on mahdollinen laadun ylläpitämisestä tai parantamisesta aiheutuva kustannus hyväksyttävissä ja perusteltavissa. Tätä väitettä tukevat luvussa 2.2.4 esitelty Lean johtamisfilosofia joka pyrkii estämään virheiden pääsyn asiakkaalle asti ja yleinen laadun merkityksestä kertova teoria laadun ylläpito- sekä huonon laadun ehkäisykustannuksista joista on kerrottu luvussa 2.2.3.

Luokitussääntöjen parantuneella tuntemuksella voidaan olettaa olevan vaikutusta myös yrityksen asiakkaalle näkyvään imagoon. Tämä väittäjä perustuu olettamaan, että matriisin käyttö vähentää yrityksen laatupoikkeamien määrää, parantaa vaatimuksenmukaisuutta ja osoittaa yrityksen osaamista tietotaitona. Laadun merkitystä yrityksen imagolle on käsitelty luvussa 2.2.3 käsiteltäessä ulkoisia virhekustannuksia. Koska edellä mainitut asiat vaikuttavat asiakkaalle muodostuvaan kokemukseen yrityksestä, voidaan täten matriisin hyödyntämisellä olettaa olevan positiivisia vaikutuksia yrityksen imagolle.

#### **6.3.4 Luokitusvaateiden automatisointi suunnittelussa**

Modulaarisen päätuotteensa kohdalla yritys hyödyntää luokitusvaatimustietoa suunnittelujärjestelmässään luokitusvaatimusten kohdentamiseen tuoterakenteelle, kun se tuodaan niin sanotusta pysyvästä osaluettelosta suunniteltavalle projektille. Tässä vaiheessa automaattinen prosessi hakee niin sanotusta luokitusmatriisista luokitusvaateet tälle kopioidulle tuoterakenteelle, projektille määritellyn luokituslaitoksen mukaisesti. Kuva 35 esittää valitun moduulisen tuoterakenteen kopiointia toimitusprojektille ja sen luokitusvaateiden automaattista kohdentamista tuoterakenteen eri tasoille. Tämän jälkeen tuoterakenteelle tehdään toimitusprojektikohtaiset määrittelyt ja mahdollisesti tarvittavat muutokset asiakkaan toiveiden täyttämiseksi.

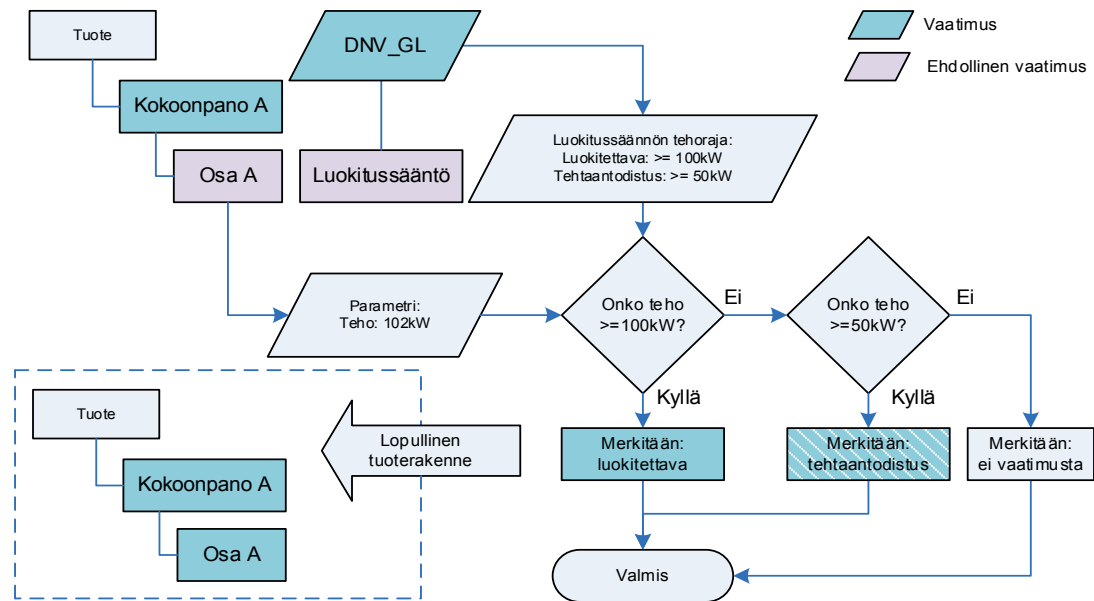
Luokitusvaatimustieto, joka tuodaan tästä luokitusmatriisista, koskee komponentille tai kokoonpanolle hankittavaa tehtaantodistusta tai luokan sertifikaattia. Tämä silloin kun mainitun mukainen dokumentti on luokitussäännön mukaan vaadittu. Mikäli luokitus sääntö on ehdollinen, perustuen esimerkiksi sähkömoottorin tehoon pitää luokitustieto hakea käsin, koska järjestelmä ei osaa tulkita parametrissa tietoa. Tällöin suunnittelija tarkastaa luokitustiedon käsin ja arvioi sääntökohdan suhteessa tuoterakenteen osaan ja arvioitavaan ominaisuuteen.



**Kuva 35.** Vaatimusten kohdentuminen projektille kopioidulle tuoterakenteelle

Luodun tutkimustyökalun mukaista matriisia voidaan käyttää suoraan tai mahdollisen jatkokehityksen jälkeen tietolähteenä tulevassa uudessa suunnittelujärjestelmässä, josta aiemmin kuvatun mukainen toiminto puuttuu. Tällä automaattisella luokitustarpeen tarkastelulla voidaan pyrkiä helpottamaan suunnittelun työtä. Näin koska toimitusprojektin tuoterakenne saattaa sisältää useita satoja tai tuhansia osia sekä tuoterakenteita, joista merkittävää osuutta koskevat erilaiset vaatimukset eri luokituslaitosten kesken. Näiden tietojen asettaminen käsin altistaa työn virheille, joka puolestaan johtaa laatu- ja hukkatyöhön. Koska uudessa suunnittelujärjestelmässä voidaan tallentaa parametrissa tietoa komponenteille, pitäisi myös ehdollisten luokitus-sääntöjen analysointi onnistua automaattisesti, mikäli ominaisuutta tullaan käyttämään hyväksi. Kuva 36 esittää luokitustarpeen analysointiin liittyvää prosessia joka voidaan automatisoida ja näin vähentää virheiden sekä niiden synty- misen todennäköisyyttä, kun suunnittelujärjestelmään rakennetaan sitä tukeva toiminnollisuus.

Toisaalta esitetyn ominaisuuden käyttö ei välttämättä vaadi tuotteen tai sen tuoterakenteen moduloitua. Riittää, että tuotteen tuoterakenne on tarkasti määritelty, jotta luokitus-sääntöjen tai muiden vaatimustenaiheuttajien vaatimukset voidaan kohdistaa oikein tuotteelle ja sen osille. Kuvatun mukaisen toiminnon rakentaminen suunnittelujärjestelmään pitäisi olla mahdollista myös ilman moduloitua, edellyttäen että tuoterakenne on tarkkaan määritelty tai mahdollista tunnistaa koneellisesti luotettavalla tavalla. Tämä sovellus perustuu tuoterakenteen tarkkaan määrittelyyn sen tasojen sekä kokoonpanonimien tai vastaavien tunnisteiden perusteella, joita käytetään luokitus-tiedon kohdentamisessa oikeaan paikkaan tuoterakenteessa, kun toimitusprojektin tuoterakenteen osaa koskeva tietoa haetaan tietokannasta.



**Kuva 36.** Ehdollisen sääntökohdan arviointi ja vaatimuksen lisäys toimitusprojektin tuoterakenteelle

Tällaisen automatisoinnin lisäksi luokitusmatriisin mukaiselle toiminnolle saatettaisiin löytää myös muunlaisia käyttötarkoituksia, joiden avulla suunnitteluprosessia voidaan automatisoida yhä enemmän. Näin poistaen prosesseista manuaalista työtä, joka helpottaisi suunnitteluprosessia ja vähentäisi siinä tapahtuvien inhimillisten virheiden todennäköisyyttä. Tällä olisi väitettävästä vaikutuksia yrityksen laatu- ja kustannuksiin ja sen tuottamaan asiakasarvoon aiemmin esitetyn teorian mukaisesti. Jos tutkimustyökalun matriisia kehitetään jatkossa tietokantamuotoon, voisi sitä käyttää tietokantana erinäisiin vastaaviin sovelluksiin. Tiedon keskittäminen lisää monimutkaisuutta, mutta samalla vähennetään erillisten dokumenttien päivitystä ja siten virhemahdollisuuksien määrää, kun tieto tallennetaan yhteen paikkaan. Tällä pyritään monimutkaisuuden hallintaan ja tehostamismahdollisuuksien etsimiseen luvussa 2.3.2 esitetyn monimutkaisuuden hallinnan teoriaa soveltamalla.

Toisaalta myös tuotteen moduulit voidaan suunnitella niin, että tuoterakenteelle siirrettäessä projektille valittu luokituslaitos tai muu parametri varioi työlle valittavia komponentteja automaattisesti. Yrityksen nykyinen päätuotteen ratkaisumalli moduloi osalistoja, jolloin jokainen muutos tuottaa oman osaluettelon, jota täytyy ylläpitää. Tärkein mahdollinen parannus olisi, että yhden osan vaihtaminen ei vaatisi kokonaista moduulin tuoterakennetta. Ratkaisumalleja on erilaisia ja yrityksen kannattaa tutkia mikä niistä on sille sopivin moduulisen tuoterakenteensa kannalta. Toisaalta voidaan harkita erilaisten ratkaisumallien yhdistelmää, jos sen voidaan katsoa tuovan joustavuutta ja helpottavan tuotteen ylläpitoa. Esimerkiksi, jos valintojen suoritusjärjestyksellä on merkitystä moduulirakenteiden monimutkaisuuden, kannattaa tämän analysoinnissa käyttää esimerkiksi DSM-matriisia. Jota luvussa 2.4.3 esitettyä teoriaa soveltaen, voidaan käyttää suoritusjärjestyksen analysointiin ja uudelleen järjestelyyn.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätöksissä vedetään yhteen päätutkimuskysymysten mukaisen tutkimustyökalun matriisi ja sen tuomat hyödyt, arvioidaan tutkimusta ja sen onnistumista sekä annetaan tuloksien pohjalta nähdyt jatkotutkimus- tai toimenpidesuosituksiset. Johtopäätökset koostaan yhteen kahdeksi osioksi niiden teoreettisten kontribuutioiden ja käytännön implikaatioiden mukaisesti. Tutkimuksen arvioinnin osuudessa arvioidaan tutkimuksesta muun muassa sen luotettavuutta, toistettavuutta ja objektiivisuutta. Lisäksi arvioidaan tutkimuksessa tunnistettuja rajoitteita ja tuodaan ne esille. Jatkosuositusten tarkoituksena on esittää uusia tutkimusaiheita tutkittavaksi ja toimenpidesuosituksia, joiden mukaisesti tutkimuksen tuloksia hyödynnettäisiin käytännössä tai kehitystarkoituksissa tulevaisuudessa.

### 7.1 Käytännön implikaatiot

Tuotteelle onnistuttiin löytämään ja kohdistamaan sitä koskevat luokitussäännöt päätutkimuskysymys 1. mukaisesti työlle tehdyn rajauksen laajuudessa. Tämä kohdistus tehtiin käyttämällä työssä luotua tutkimustyökalua ja siihen koottua matriisia (liite A). Tutkimukseen rajatut luokitussäännöt kohdistettiin tuotteelle sekä sen hajautetulle tuoterakenteelle, joka sisältää alikokoonpanot ja niiden merkitykselliset osat, luokitussääntöjen vaikutusalueen mukaisesti analysoiden luokitussääntökohdista niiden vaatimustyyppelijä. Tällöin tutkimustyökalua voidaan käyttää laajemmin tuotteelle kohdistuvien luokitussääntöjen analysointiin ja kohdistamiseen. Tutkimustyökalu muodostaa tietovaraston, johon luokitussääntöjen analyysi tuottaa tietoa jatkuvan analysointiprosessin tuloksena. Tämä prosessi mukailee tiedonluonnin SECI-prosessia jonka lopputuloksena syntyy uutta eksplisiittistä tietoa (Nonaka et al. 2008). Tämä nostaa tiedonhallinnan tasoa sekä mahdollistaa tiedon laajemman hyödyntämisen eri prosesseissa. Tutkimustyökalun toteutus vastaa apututkimuskysymyksiin 1.1 ja 1.2 oman rakenteensa ja ratkaisujensa avulla. Se mahdollistaa luokitussääntöjen yhteen kokoamisen, hallinnan, ylläpidon ja analysoinnin työssä esitettyssä laajuudessa sekä esitetyin rajauksin.

Luokitusvaatimusten tuntemisen etuja tutkittiin päätutkimuskysymyksen 2 mukaisesti analysoimalla matriisia ja sen tuloksia. Apututkimuskysymyksen 2.1 mukaisesti matriisille ja sen sisältämälle luokitussääntötiedolle etsittiin hyödyntämiskohteita sekä käytömahdollisuuksia. Näihin tutkimuskysymyksiin vastattiin onnistuneesti, vaikka mahdollisia hyödyntämiskohteita on mahdollisesti enemmän kuin tämän työn aikana oli mahdollista löytää. Matriisille löydettiin lisäksi seuraavissa kappaleissa esitettyjä hyötyjä ja käyttökohteita.

Luokitusvaatimusten ja tuoterakenteen yhdistäminen mahdollistaa moduuliaihioiden hahmottelun modulaarisen tuotteen kehityksessä ja tuotemuutoksissa, kun tuotetta koskevat vaatimukset voidaan ottaa osaksi erilaisia analyyseja ja suunnittelumenetelmiä (luku 2.4). Tämä on mahdollista, koska tutkimustyökalun matriisin kokoaminen ja analysointi paljastavat luokitussääntöjen asettamien vaatimusten muodostamat reunaehdot tuotteen ja sen osien suunnittelulle sekä siten tuotteen toteutukselle. Tämä auttaa kuromaan kiinni tietokuiluja ja strategisia kuiluja organisaatiossa luvussa 2.1.2 esitettyjen tekijöiden ansiosta (Pfeffer & Sutton 2000). Tämä mahdollistaa tiedon muuttamisen toiminnaksi, tukien esimerkiksi vaihe-portti menetelmän mukaista tuotekehitysprosessia sen tutkimus ja kehitysvaiheissa (Cooper 2001). Näiden luokitusvaatimusten tunnistaminen auttaa yritystä optimoimaan tuotettaan jo tuotteen elinkaaren varhaisessa vaiheessa, alkaen kustannusten ja muiden asiakasarvoon vaikuttavista tekijöistä. Samalla näiden vaatimusten tunteminen auttaa hallitsemaan tuotteeseen liittyvää monimutkaisuutta (luku 2.3.2) ja välttämään sen aiheuttamia ongelmia. Tuoterakenteita voidaan yksinkertaistaa luokitussääntöjen analysoinnin kautta tai luoda kilpailuetua monimutkaisuuden hallinnalla (Lindemann et al. 2009).

Matriisiin kerättyjen luokitussääntöjen analyysi paljastaa tuotteen luokitus- ja dokumentaatiovaatimuksia, joiden avulla yritys voi tehostaa toimintaansa ja vähentää laatukuluja. Virheiden määrä vähenee ja vaatimuksenmukaisuus paranee vaatimusten paremman tuntemisen seurauksena. Virheiden määrän vähentymisellä on oletettavasti positiivinen vaikutus yrityksen sen asiakkaalle luomaan imagoon ja parhaassa tapauksessa myös tuotteen kannattavuudelle sekä asiakasarvolle (Lecklin 2006). Tämä on mahdollista eliminoimalla luvussa 2.2.3 esitettyjä laatukulujen aiheuttajia. Matriisin kokoaminen parantaa yrityksen luokitustiedonhallintaa ja lisää yrityksen tietopääomaa ja sen hallintaa. Se helpottaa luokitustiedon analysointia, ylläpitoa ja soveltamista yrityksen prosesseissa, koska se kokoaa luokitustietoa yhteen tietolähteeseen. Tästä tutkimustyökalun muodostamasta tietolähteestä voidaan tuottaa suunnittelun avuksi vertailuja ja suunnittelusääntöjä sekä muita avustavia dokumentteja tai sovelluksia. Tällöin työkalun matriisi toimii tiedon jakamisen ja luomisen mahdollistajana (Hawryszkiewicz 2009).

Tutkimustyökalun matriisin sisältämälle luokitusvaatimustiedolle nähtiin käyttötarkoituksia suunnittelujärjestelmän ja siinä tapahtuvan tuoterakenteiden käsittelyn sekä muiden automatisoitavissa olevien prosessien mahdollisena tietolähteenä. Mahdollisuuksia nähtiin sovellettavuudessa luokitussääntöjen muodostamien sertifikaattivaatimusten automaattisessa kohdentamisessa tuoterakenteelle, jolloin pyyntöjen automatisointi mahdollistuu ja manuaalisyö poistuu. Jatkomahdollisuutena esitettiin ehdollisten luokitussääntöjen sertifikaattivaateiden automaattista käsittelyä tuoterakenteen parametrisuuden avulla. Automatisoinnilla voidaan pyrkiä yleisesti tehokkuuteen, virheiden vähentämiseen ja monimutkaisuuden hallitsemiseen. Lopputuloksena on tuotteen asiakasarvon parantaminen hyödyntämällä muun muassa luvussa 2.2.4 esitettyä Lean-filosofiaa.

Toisaalta todettiin tutkittujen luokitussääntöjen pääosin kohdistuvan tuotteen toiminnollisuus- ja turvallisuus- sekä luokitusprosessivaatimukseen. Tämän johdosta tästä tutkimuksesta ulos rajatut mutta tuotetta koskevat luokitussäännöt tulisi selvittää, jolloin tutkimustyökalun matriisin ja sen sisältämän tiedon hyödynnettävyys sekä kattavuus voidaan varmistaa.

## 7.2 Teoreettinen kontribuutio

Tämän tutkimustyön tulosten teoreettinen kontribuutio rajoittuu työssä esitetyn tutkimustyökalun ja matriisille löydettyjen hyödyntämismahdollisuuksien yleistettävyyteen. Varsinaista uutta perusteoriaa työssä ei tutkijan mielestä saatu luotua, vaan ratkaisumallit ovat soveltavia ja tunnettua teoriaa hyödyntäviä. Tutkimustyön voidaan kuitenkin nähdä vahvistavan siinä käytettävän taustateorian luotettavuutta, tutkimalla ja todentamalla esitettyjen mallien sekä teorioiden toimivuutta.

Tutkimustulosten ja käytetyn tutkimustyökalun yleistettävyyden kannalta voidaan väittää, että työssä käytetyn tapaisia tutkimustyökaluja voidaan yleisesti käyttää apuna tuotteiden, sekä niitä koskevien vaatimusten kartoituksessa ja suunnittelurajoitteiden etsimisessä. Samoin matriisiin esitetyt käyttömahdollisuudet ovat pitkälti yleistettävissä erilaisille tuotteille ja niiden prosesseille. Erilaisten matriisien avulla voidaan suodattaa ja tutkia tuotteille kohdistuvia vaatimuksia ja niiden analyysin kautta muuntaa vaatimustietoa yritykseen kertyneeksi tiedoksi. Samoin vaatimustiedon käyttäminen automatisoiduissa prosesseissa on pitkälti sovellettavissa oleva käyttömahdollisuus.

## 7.3 Arviointi ja tunnistetut rajoitteet

Kappaleessa arvioidaan työn pätevyyttä ja toistettavuutta sekä kuvataan lyhyesti niiden varmistamiseksi tehtyjä toimia. Lisäksi esitetään työn aikana tunnistetut rajoitteet. Tätä ennen pohditaan työn objektiivisuutta ja sen varmistamiseksi tehtyä työtä. Arvioinnissa käytettiin hyväksi luvussa 4 tehtyä katsausta tutkimuksen ja sen arvioinnin teorioihin.

*Validiteetin* arviointia tehtiin muutamasta näkökulmasta arvioiden eri validiteetin lajeja, jotta voitiin arvioida tutkimuksen pätevyyttä ja ylläpitää sitä. Tutkimuksen *sisäisen validiteetin* varmistamiseksi ja ylläpitämiseksi tutkimusdatasta pyrittiin luomaan mahdollisimman yhtenäinen todisteluketju tutkimustulosten ja johtopäätösten tekemiseksi. Toisena taktiikkana käytettiin tutkimuksen esivedoksen arvioittamista yrityksen asiantuntijaorganisaation keskuudessa. Tällä pyrittiin tutkimuksen väitteiden testaamiseen. *Ulkoista validiteettiä* pyrittiin ylläpitämään vertaamalla tutkimuksessa tehtyjä väitteitä esitettyyn yleiseen taustateoriaan sekä testaamalla esitettyjä väitteitä yrityksen asiantuntijoiden kanssa. *Aineisto- eli sisältövaliditeetti* aineistossa oli verrattain hyvä, koska tutkimus perustuu luokituslaitosten säännöistä koottuun aineistoon, joka siirrettiin matriisiin ja kohdistettiin tuotteelle. Validiteetin uhkana matriisityökalun kohdalla olivat

mahdolliset virhetulkinnat sääntökohdan kohdistuvuuden ja merkityksen arvioinnissa sen analysointivaiheessa.

*Verifiointia ja falsifiointia* työtä ja sen taustalla esitettyjä väitteitä kohtaan tehtiin perustuen taustateoriaan ja yrityksen asiantuntijoilta saatuun palautteeseen. Tutkimuskysymysten tarkoituksena ei ollut suoranaisesti osoittaa mitään teoriaa oikeaksi tai vääräksi, joten verifiointia ja falsifiointia tehtiin työssä esitettyjen väitteiden ja ehdotusten järkevyyden ja paikkaansa pitävyyden arvioimiseksi ja tarkastamiseksi.

*Reliabiliteettia* pohdittiin kehitettävän matriisin ja siihen kerättävän datan yksiselitteisyyden ja sääntöjen kannalta, joiden mukaan matriisin kerättävä data luokiteltiin ja käsiteltiin. Reliabiliteetin varmistamisen avuksi luotiin tutkimustyökalu datan tutkimiseen ja sen analysointiin. Tällä tavalla eliminoitiin mahdollisimman monet tulkinnanvaraisuudet matriisin analyysin lopputuloksesta. Tämän vuoksi luokitussääntöjen mahdollisimman tarkka analysointi oli tämän tutkimuksen reliabiliteetin kannalta merkitsevässä osassa. Edellä mainittujen proseduurien dokumentointi on näin ollen ensisijalla tutkimuksen reliabiliteetin arvioinnissa ja tutkimuksen tuloksien toistettavuuden varmistamiseksi. Tätä pyrittiin ylläpitämään tekemällä mahdollisimman tarkka selostus ja kuvaus tutkimuksessa käytetyistä työkaluista. Selostukset tehtiin myös tutkimusdatan keräämisessä sekä analyysissä käytetyistä keinoista.

*Objektiivisuuden* varmentamiseen käytettiin harkintaa tutkimusdatan tulkinnassa samalla pyrkien omien ennakkokäsityksiensä mahdollisimman hyvään eliminointiin tutkimuksen lopputuloksista. Tulosten objektiivisuuden varmistamiseksi käytettiin mahdollisimman monia vertais- sekä asiantuntijahenkilöitä tutkimuksen lopputulosten sekä tutkimusdatan keräämiseksi käytettävän työkalun kehittämisessä sekä tutkimusdatan tulkinnan apuna. Tutkimuksen aihealueeseen perehdyttiin objektiivisuuden parantamiseksi, jotta tutkijalla oli mahdollisimman kattava kuva tutkimuksen aihealueesta.

*Tunnistettuja rajoitteita* työlle olivat pääasiassa siihen käytettävissä ollut aika ja tutkimustyökalun kehittämiseen käytetty Excel-ohjelmisto. Tämän ohjelmiston käyttö asetti haasteita ja rajoitteita tutkimustyökalun ylläpidon sekä hallittavuuden kehittämisessä. Kehitysideoiden tunnistamistyötä haittasi myös ajan ja tutkijan kokemuksen puute erilaisista järjestelmistä ja niiden mahdollisuuksista. Rajoituksena nähtiin myös yrityksiin erilaisten järjestelmien tuntemuksen rajoitteet, jonka vuoksi kaikkia kehityskelpoisia ideoita ei välttämättä työssä löydetty. Rajoituksena työlle ja jonka vuoksi sääntöjen tarkka tulkinta rajattiin ulos työstä, oli tutkijan kokemattomuus mekaanisista ja hydraulisista järjestelmistä. Tutkimuksen rajaus vain erikoistuotetta koskeviin luokitussääntöihin rajoitti tutkimusta ja siten sen hyödynnettävyyttä, koska kaikkia tuotetta koskevia luokitussääntöjä ei kohdennettu tuotteelle.



## 7.4 Jatkotutkimus- ja kehitysaiheet

*Luokitussääntöselvityksen jatkaminen* ja tutkimustyökalun täydentäminen koko tuotetta koskevalla säännöstöllä on jatkettava, jotta kaikki tuotetta koskevat vaatimukset voidaan kartoittaa. Lisäksi tarpeena on kartoittaa kaikkien yritykselle merkittävien luokituslaitosten säännöt vaatimusten mukaisten tuotteiden suunnittelemiseksi. Tämä kartoitus hyödyttäisi myös tuotteen modulointia, koska tarpeet olisi hyvä ottaa huomioon ennen modulaarisen tuoterakenteen kehittämistä. Tämä vähentää uusista luokituslaitoksista syntyvää suunnittelun työmäärää. Tämä on kriittinen jatkotutkimusaihe myös matriisin hyödyllisyyden kannalta, koska monet matriisista johdettavat käyttötarkoitukset riippuvat matriisin sisältämän tiedon kattavuudesta.

*Standardien lisääminen matriisiin* luokituslaitosten sääntöjen lisäksi, auttaisi yritystä tuntemaan sen tuotetta koskevat vaatimukset yhä paremmin. Koska luokitussäännöt sekä standardit ohjaavat koneiden suunnittelua niiden asettamien vaatimusten mukaisesti, on niiden noudattaminen yksi yrityksen päämäärä. Luokitussäännöt viittaavat myös itsessään standardeihin, joten olisi hyödyllistä liittää työkaluun matriisien asettamat vaatimukset. Yhdistämällä näiden vaatimusten asettajien vaatimukset voidaan myös rakentaa niiden väliset riippuvuusketjut ja analysoida niitä, kun tieto on nopeasti saatavissa.

*Muiden tuotteiden integrointi matriisiin* olisi mahdollista yrityksen samankaltaisten tuotteiden osalta, joiden luokitussäännöstö ja tuoterakenne ovat samankaltaisia tutkitun erikoistuotteen kanssa. Integrointi saattaisi olla hyödyllistä, koska yrityksen tuotteita koskevat suurelta osin samat säännöt. Saman tiedon ylläpitäminen kahdessa paikkaa voi altistaa tiedon virheille, eikä saman työn kahteen kertaan tekeminen ole tuottavaa ja tehokasta työtä. Toisaalta tutkimuksen tulee myös selvittää mahdollisesta yhdistämisestä syntyviä ongelmia ja niiden ratkaisuja.

*Matriisin siirto tietokantaan ja hallintajärjestelmän luonti* on kehitysaskel jota yrityksen kannattaa harkita, koska nykymuotoisen matriisin ja sen sisältämän tiedon hallinta ja ylläpito muuttuvat tärkeäksi, jos matriisia käytetään tietolähteenä. Muutosten validointi ja seuraaminen ovat osa yrityksen noudattamien laatujärjestelmien vaatimuksia, jotka yrityksen tulisi ottaa huomioon sen suunnitellessa tärkeitä työkalujaan. Samalla matriisin sisältämän tiedon hyödyntäminen ja jakaminen eri järjestelmien kesken helpottuisi, koska tietokantaan voidaan määritellä rajapinta tiedon siirtoa varten.

*Matriisin hyödyntäminen PLM- ja suunnittelujärjestelmissä* sekä tämän etujen ja mahdollisuuksien selvittäminen on tutkimus- ja kehittämisaihe, joka hyödyttää yrityksen eri toimintoja, sovellettaessa sitä moduloidun tuotteen kanssa. Jonka tuoterakenne on ennalta tunnettu ja hyvin määritelty, jolloin osa suunnittelutyöstä voitaisiin automatisoida. Tämän toteutuksen tutkiminen ja kehittäminen saattaisi nopeuttaa suunnittelutyötä. Matriisi liittäisi suunnitteluvaatimukset tuoterakenteeseen ja vähentäisi virheistä johtuvia laatukustannuksia, sekä lisäisi tuotteeseen kohdistuvien vaatimusten läpinäkyvyyttä.

## LÄHTEET

- Aaltola, J. & Valli, R., (2010). Ikkunoita tutkimusmetodeihin. 2, Näkökulmia aloittelevalle tutkijalle tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin, Jyväskylä, PS-kustannus, 312 s.
- Belcher, A., Hassard, J. & Procter, S.J., (1996). R&D decisions strategy, policy and disclosure, London, Routledge, 287 s.
- Boothroyd, G., (2005). Assembly automation and product design, Boca Raton, Taylor & Francis, 512 s.
- Boothroyd, G., Dewhurst, P. & Knight, W.A., (2011). Product design for manufacture and assembly 3. p., Boca Raton, CRC Press, 670 s.
- Brière-Côté, A., Rivest, L. & Desrochers, A., (2010). Adaptive Generic Product Structure Modelling for Design Reuse in Engineer-to-order Products. *Comput. Ind.*, 61(1), s.53–65.
- Burge, S., (2009). The Systems Engineering Tool Box - Pugh Matrix (PM), 15 s. Saatavissa: <http://www.burgehugheswalsh.co.uk/uploaded/1/documents/pugh-matrix-v1.1.pdf>.
- Cooper, R.G., (2001). Winning at New Products - Accelerating the Process From Idea to Launch 3. p., Cambridge, Massachusetts, Perseus Publishing, 425 s.
- Crawford, M. & Benedetto, A. Di, (2003). New products management, Boston, MA, McGraw-Hill, 567 s.
- Do, N., Choi, J.I. & Jang, K.M., (2008). A Structure-Oriented Product Data Representation of Engineering Changes for Supporting Integrity Constraints. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20(8), s.564–570.
- Eder, W.E. & Hosnedl, S., (2007). Design Engineering - A Manual for Enhanced Creativity, CRC Press, 588 s.
- Edwimb, D. & Resit, U., (1991). Design for Cost and quality: The Robust Design Approach. *Journal of Parametrics*, 11(1), s.73–93.
- Erixon, G., (1998). Modular Function Deployment - A Method for Product Modularisation, Stockholm.
- Gerring, J., (2007). Case study research : principles and practices, Cambridge, Cambridge University Press, 265 s.

- Goetsch, D.L. & Davis, S.B., (2010). Quality management for organizational excellence : introduction to total quality, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, 634 s.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A., (2009). Teollisuustalous, Tampere, Infacs, 510 s.
- Hawryszkiewicz, I., (2009). Knowledge management : organizing knowledge based enterprises, New York, Palgrave Macmillan, 356 s.
- Hill, A. & Hill, T., (2009). Manufacturing operations strategy, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 504 s.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P., (1997). Tutki ja kirjoita, Helsinki, Kirjayhtymä, 432 s.
- Holopainen, M & Pulkkinen, P., (2008). Tilastolliset menetelmät, WSOY Oppimateriaalit Oy, 360 s.
- Hood, C., Wiedemann, S., Fichtinger, S. & Pautz, U., (2008). Requirements Management : The Interface Between Requirements Development and All Other Systems Engineering Processes, Berlin, Heidelberg, Springer, 275 s.
- Huhtala, P. & Pulkkinen, A., (2009). Tuotettavuuden kehittäminen : parempi tuotteisto useasta näkökulmasta, Helsinki, Teknologiainfo Teknova, 431 s.
- Hull, E., Jackson, K. & Dick, J., (2011). Requirements Engineering, Berlin, Heidelberg, Springer, 207 s.
- Järvinen, P. & Järvinen, A., (2000). Tutkimustyön metodeista, Tampere, Opinpajan kirja, 221 s.
- Knapp, O., (2011). Design-to-Value: Increasing product profitability, 27 s. Saatavissa: [https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland\\_Berger\\_Design\\_to\\_Value\\_Stuttgarter\\_Gespraeche\\_20110504.pdf](https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_Design_to_Value_Stuttgarter_Gespraeche_20110504.pdf).
- Koskinen, K.U., (2010). Autopoietic knowledge systems in project-based companies, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 227 s.
- Laine, M., Bamberg, J. & Pekka, J., (2007). Tapaustutkimuksen taito, Helsinki, Gaudeamus, 300 s.
- Lecklin, O., (2006). Laatu yrityksen menestystekijänä, Helsinki, Talentum, 408 s.
- Lindemann, U., Maurer, M. & Braun, T., (2009). Structural Complexity Management : An Approach for the Field of Product Design, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 237 s.

Modig, N., Åhlström, P. & Tillman, M., (2013). Tätä on lean : ratkaisu tehokkuusparadoksiin, Tukholma, Rheologica Publishing, 167 s.

Nonaka, I. & Teece, D.J., (2001). Managing industrial knowledge : creation, transfer and utilization, London, Sage Publications, 344 s.

Nonaka, I., Toyama, R. & Hirata, T., (2008). Managing flow ; A process theory of the knowledge-based firm, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 272 s.

Otala, L., (2008). Osaamispääoman johtamisesta kilpailuetu, Helsinki, WSOYpro, 362 s.

Perera, H., Nagarur, N. & Tabucanon, M., (1999). Component part standardization: A way to reduce the life-cycle costs of products. International Journal of Production Economics, 60-61(1), s.109 – 116.

Pfeffer, J. & Sutton, R.I., (2000). The knowing-doing gap : how smart companies turn knowledge into action, Boston (MA), Harvard Business School Press, 314 s.

Prusak, L., (1997). Knowledge in organizations, Boston, Butterworth-Heinemann, 261 s.

Ricceri, F., (2008). Intellectual capital and knowledge management : strategic management of knowledge resources, London, Routledge, 204 s.

Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R., (2010). Operations management, Harlow, Pearson Education, 686 s.

Soin, S.S., (1998). Total Quality Essentials, New York, McGraw-Hill, 362.

Ståhle, P. & Grönroos, M., (1999). Knowledge management : tietopääoma yrityksen kilpailutekijänä, Helsinki, WSOY, 218 s.

Swamidass, P.M., (2002). Innovations in competitive manufacturing, New York, AMACOM, 439 s.

Sääksvuori, A. & Immonen, A., (2008). Product Lifecycle Management 3. p., Springer, 254 s.

Tidd, J. & Bessant, J., (2013). Managing innovation : integrating technological, market and organizational change, Chichester, John Wiley & Sons, 660 s.

Classification Societies - What, Why and How? 2015 (2015)., IACS, 25 s.

Form and Style for ASTM Standards 2015 (2015)., 80 s.

Rules for classification: Ships - dnvgl-ru-ship-pt1ch3 2016 (2016). Oct 2016., DNV\_GL, 61 s.

Tuominen, K., (2010). Lean käytännössä, Helsinki, Readme.fi, 303 s.

Wheeler, D.J. & Poling, S.R., (2001). Building continual improvement, Knoxville, SPC Press, 320 s.

Whitney, D.E., (2004). Mechanical Assemblies – Their Design, Manufacture, and Role in Product Development., Oxford University Press, 544 s.

Vilkkä, H., (2007). Tutki ja mittaa : määrällisen tutkimuksen perusteet, Helsinki, Tammi, 189 s.

Wilson, G., (2005). Six Sigma and the product development cycle, Oxford, Elsevier, 234 s.

Yin, R.K., (2014). Case study research : design and methods, Los Angeles, SAGE, 282 s.

Österholm, J. & Tuokko, R., (2001). Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin : Modular function deployment, Helsinki, Metalliteollisuuden keskusliitto, 64 s.

## LIITE A: TUTKIMUSTYÖKALUN MATRIISI

Sarake				Rivi (luokitussääntö)							
				1	2	3	4	5	...	n	
				9.	Tuoterakennne	Kokoonpano A		x			
		Osa A1	x								
		Osa ...									
8.	Dokumentit	Submitted for approval		x							
		Submitted for Information									
		Covered by type approval									
		...									
	Tosit / Sertifikaatit	Product Certificate									
		Material Certificate	x								
		Work Certificate		x							
...											
7.	Luokitus- laskelma	Laskelma A									
		Laskelma B									
		Laskelma C									
6.	Vaatimus	Suorituskyky	x								
		Materiaali		x							
		Suunnittelu			x						
		Luokitusprosessi				x					
5.	Apu	Mekaniikka	x	x							
		Sähkö	x		x	x					
		Hydrauliikka									
4.	Muutoksen hallinta	Voimassa	Ei	Kyllä	Kyllä						
		Muuttaja	Käyttäjä A	Käyttäjä A	Käyttäjä B						
		Päiväys	vvv.kk.pp	vvv.kk.pp	vvv.kk.pp						
		Vanha sääntö	Avain a	Avain b	n/a						
		Uusi sääntö	Avain b	n/a	n/a						
3.	Luokitus- sääntö Avain	Sääntöteksti	Rule...	Rule...	Rule...	1. He...	Rule...				
		Luokituslaitos	DNV_GL	RS	LRS	BV	BV				
		Julkaisu	2016	2015	2015	2015	2015				
		Kirja	5	17	4	D	D				
		Kappale	10	2	3	14	14				
		Jaos	11	0	4	2	2				
		Sääntö kohta	3.7.3	2.4.3.1	3.1.1	2.9.0	2.9.1				
		Alakohta	0	0	0	0	0				
		Otsikko	0	0	0	1	0				
		Tyyppi	R	R	R	R	R				
		Sivunumero	25	523	128	56	56				
		S. korjaus	3	5	0	5	3				
		Dokumentti	A	B	C	D	F				
2.	Laitetyyppi	Laitetyyppi A	x								
		Laitetyyppi B		x	x	x					
		Laitetyyppi C				x					
		Laitetyyppi D									
1.	Laivatyyppi	Laivat									
		Laivatyyppi A				x					
		Alatyyppi AA	x	x	x	x					
		Alatyyppi AB		x							
		Alatyyppi AC				x					