



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TUOTERAKENTEEN KEHITYS

Oy Morehouse Ltd

TEKIJÄ/T: Juuso Tikka

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Juuso Tikka			
Työn nimi Tuoterakenteen kehitys			
Päiväys	5.5.2016	Sivumäärä/Liitteet	68/3
Ohjaaja(t) Yliopettaja Esa Hietikko, lehtori Anssi Suhonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Oy Morehouse Ltd			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön aiheena oli tuoterakenteen kehitys. Sen tarkoituksena oli määrittää tuoterakenne yrityksen päätuotteeseen pohjautuville levitettävillä konttituotteilla. Työn lähtökohtana oli yrityksessä käynnistynyt kehitysprojekti, jonka tavoitteena oli nostaa yrityksen kilpailukykyä ja luoda edellytykset toimia myös kansainvälisillä markkinoilla. Opinnäytetyö kuuluu osaltaan Lean-kehitysmallin mukaiseen tuotteen kehitykseen.</p> <p>Työn päätavoitteena oli alentaa päätuotteeseen pohjautuvien konttituotteiden tuotannon läpäisyajoja ja valmistuskustannuksia muodostamalla tuotteille modulaarinen konfiguroitava tuoterakenne. Moduloinnin avulla tuotteissa esiintyvä tarpeeton vaihtelu sekä kompleksisuus vähenevät ja samankaltaisuuksien hyödyntäminen tehostuu. Toisena tavoitteena oli parantaa tuotetiedonhallintaa tietojen käsittelyn automatisoinnin ja järjestelmäintegraation avulla.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä aiheeseen liittyvään alan kirjallisuuteen sekä tutkimalla referenssitapauksia. Työn edetessä pidettiin myös palavereja yrityksen kanssa. Yrityksen nykytilasta muodostettiin analyysi, jossa keskityttiin tuoterakenteeseen, modulaarisuuteen ja tuotetiedon hallintaan. Yrityksen päätuotteeseen pohjautuvilla konttituotteilla muodostettiin tämän jälkeen kolme eri perustein muodostettua modulaarista tuoterakennetta ja rakenteita vertailtiin keskenään. Vertailua varten rakenteille määritettiin painokertoimelliset arviointikriteerit. Lopuksi tutkittiin mahdollisuuksia tehostaa tuoterakenteen hyödyntämistä ja tuotetiedonhallintaa järjestelmäintegraation avulla.</p> <p>Työn tuloksena yrityksen päätuotteeseen pohjautuvilla konttituotteilla valittiin tuotealustapohjainen konfiguroitava tuoteperherakenne. Rakennetta sovellettiin myös kehityksen alla olevalla uudistetulle päätuotteelle. Lisäksi määritettiin soveltuvin muoto järjestelmäintegraatiolle. Päädyttiin ratkaisuun, jossa tuoterakenne luodaan CAD-järjestelmässä ja osaluettelotieto siirretään yksisuuntaisesti 3D-mallista ERP-järjestelmään.</p>			
Avainsanat tuoterakenne, massaräätälöinti, konfigurointi, modulointi			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Juuso Tikka			
Title of Thesis Product Structure Development			
Date	May 5, 2016	Pages/Appendices	68/3
Supervisor(s) Principal lecturer Esa Hietikko, Lecturer Anssi Suhonen			
Client Organisation /Partners Oy Morehouse Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The aims of this final year project were reducing the throughput time of the client organization's main product, the expendable container, and improving product data management. The project was based on a development project that had been started in the company. The aims of that project were to elevate the company's competitiveness and to help the company to move to international markets, too. The objects of this final year project were to develop a modular and configurable product structure for the expendable container products and to increase automatic data processing in product data management.</p> <p>First, suitable literature was studied and meetings in the client organization were held. Secondly, an analysis of the current state of the client's product structure, modularity and the product data management was made. Then, three different types of modular product structures were made for the client's main product. After that the comparison criteria and weights were determined and the three structure types were compared. In the end, the possibilities of optimizing the product structure utilizing and product data management were researched by using system integration.</p> <p>As a result of this final year project a platform-based configurable product family structure was determined for the client's products. In addition, it was determined that the most suitable type of system integration was to create the product structure in CAD and to move the BOM-information from 3D-model to ERP-system by one-way system link.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Lean, mass customization, configuration, product structure, modularity, product data management</p>			
public			

## ESIPUHE

Opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulussa yhteistyössä Oy Morehouse Ltd:n kanssa. Työn valvojina toimivat yliopettaja Esa Hietikko ja lehtori Anssi Suhonen. Haluan kiittää heitä erinomaisesta työn ohjauksesta. Haluan kiittää myös toimitusjohtaja Pekka Tuomelaa hänen antamastaan mahdollisuudesta tehdä työ Oy Morehouse Ltd:lle sekä pääsuunnittelija Petri Turusta neuvoista ja ohjauksesta työn edetessä. Lopuksi haluan kiittää vielä avopuolisoani Enniä, joka tuki ja kannusti minua työn suorituksessa.

Kuopiossa 5.5.2016

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	OY MOREHOUSE LTD.....	8
3	TUOTTEIDEN KEHITTÄMINEN .....	11
3.1	SFS-EN ISO 9001 .....	11
3.2	Lean, massaräätälöinti ja konfigurointi .....	11
3.2.1	Tarpeet Lean-kehitykselle .....	11
3.2.2	Lean-kehitysmallin rakenne.....	12
3.2.3	Tuotteiden kehitys Leanin mukaisesti .....	13
4	TUOTERAKENNE.....	18
4.1	Tuoterakenne, tuotearkkitehtuuri ja tuoteperhe .....	18
4.2	Tuotteen kuvaaminen .....	20
4.2.1	Hierarkkinen puumalli.....	20
4.2.2	Theory of Technical Systems .....	21
4.2.3	Theory of Domains.....	22
4.2.4	Useita rakenteita.....	22
4.2.5	DSM.....	22
4.3	Erilaisia tuoterakenteita ja -arkkitehtuureja.....	23
5	MODULOINTI.....	26
5.1	Moduulin ja modulaarisuuden määritelmä.....	26
5.2	Moduloinnin tavoitteet, edut ja haitat.....	29
5.3	Moduulijaon perusteita .....	30
5.3.1	Tuotantoperusteinen moduulijako .....	31
5.3.2	Toimintoperusteinen moduulijako.....	33
5.3.3	Platform- eli tuotealustamodulaarisuus .....	34
5.3.4	Dynaaminen modulaarisuus .....	35
6	TUOTETIEDONHALLINTA JA JÄRJESTELMÄINTEGRAATIO.....	36
6.1	Tuotetiedonhallinta .....	36
6.2	Järjestelmäintegraatio .....	36
7	NYKYTILA-ANALYYSI .....	39
7.1	Tuotteisto ja tuotepolitiikka .....	39
7.2	Tuotetiedonhallinta .....	40

7.3	Tuoterakenteeseen liittyvä tietous.....	41
7.4	Modulaarisuus .....	43
8	MODULOITUJEN TUOTERAKENNEVAIHTOEHTOJEN MUODOSTAMINEN .....	45
8.1	Tuotantoperusteinen rakenne .....	45
8.2	Toimintoperusteinen rakenne .....	50
8.3	Tuotealustarakenne .....	53
8.4	Dynaaminen modulaarisuus.....	55
8.5	Tuoterakenteiden vertailu.....	55
8.6	Valitun tuoterakenteen jatkokehitys .....	58
8.7	Massaräätälöinnin soveltaminen.....	61
9	TUOTERAKENTEEN HYÖDYNTÄMINEN TUOTETIEDONHALLINNASSA.....	62
9.1	Tuoterakenteen ja nimikkeiden luonti.....	62
9.2	Järjestelmäintegraatio .....	63
9.3	Tuotekonfiguraatioiden muodostaminen .....	63
9.4	Valittu ratkaisu .....	64
10	TYÖN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	66
	LÄHTEET .....	68
LIITTEET		
	LIITE 1: Kontin toiminnallisuuksien jako ja toiminnallisten moduulien muodostaminen (ei julkinen).....	69
	LIITE 2: M75i-tuoteperheen geneerinen rakenne (ei julkinen).....	71

## 1 JOHDANTO

Yritykset ovat aiemmin kilpailleet joko edullisilla massatuotteilla tai hieman kalliimmilla asiakaskohtaisesti räätälöitävillä tuotteilla. Nykyään globaali markkinatilanne ja yritysten välinen kasvava kilpailu tarjoavat kuitenkin asiakkaalle yhä enemmän valinnanvaraa. Yrityksille aiheutuu paineita tarjota asiakasräätälöityjä tuotteita massatuotteen hintaan.

Massaräätälöinti yhdistetään yleisesti Lean-kehitykseen. Menetelmän tavoitteena on vastata asiakasräätälöitävyyden ja kustannustehokkuuden väliseen ristiriitaan yhdistelemällä massa- ja sarjatuotannolle edullisia menetelmiä. Massaräätälöinnin työkalu on konfigurointi, joka toteutetaan varioituvilla moduuleilla.

Opinnäytetyön tilaaja on Oy Morehouse Ltd. Työn lähtökohtana on syksyllä 2015 yrityksessä käynnistynyt More 2.0 -kehityshanke. Kehityshankkeen tavoitteena on nostaa yrityksen kilpailukykyä ja mahdollistaa toiminta kansainvälisillä markkinoilla. Myös yrityksen noudattama laatujärjestelmä ISO 9001 asettaa tavoitteita tuotehallinnan kehittämiseen ja jatkuvaan parantamiseen.

Työn tavoitteena on moduloidun tuoterakenteen muodostaminen. Tuotteille ei ole määritetty varsinaista tuoterakennetta, eikä tuoterakenne ole myöskään näkyvässä yrityksessä. Moduloinnilla voidaan konfiguroinnin ja massaräätälöinnin lisäksi saavuttaa yleisiä hyötyjä esimerkiksi tuotannossa, tuotehallinnassa sekä tuottavuuden lisäämisessä. Tuoterakenteen määrittäminen tukee myös More 2.0 -hankkeeseen kuuluvaa päivitetyn päätuotteen suunnittelua ja tuotekehitystä.

Tuoterakenne toimii pohjana täsmällisen tuotetiedon muodostamiselle. Se on lisäksi työkalu yrityksen eri toimijoille, jotka kohdistavat rakenteelle omat vaatimuksensa ja tavoitteensa. Työn toisena tavoitteena on hyödyntää muodostettua tuoterakennetta tuotetiedonhallinnan kehittämiseksi. Tuotehallinnan kehitys parantaa eri osastojen välistä tiedonkulkua, tiedon oikeellisuutta sekä tehostaa eri osastojen toimintaa.

Opinnäytetyön tekoprosessin aikana vaihdettiin tietoja ja kokemuksia More 2.0 -projektiin kuuluvien hankkeiden kanssa. Työn kanssa samaan aikaan yrityksessä toteutettiin myös tuotannon kehittämiseen keskittynyt opinnäytetyö.

Työ rajataan koskemaan pelkästään yrityksen päätuotteen ja siihen pohjautuvien asiakasräätälöityjen tuotteiden tuoterakenteen kehitystä. Tuoterakenteen on kuitenkin tarkoitus olla käytettävissä myös muille yrityksen valmistamille tuotteille.

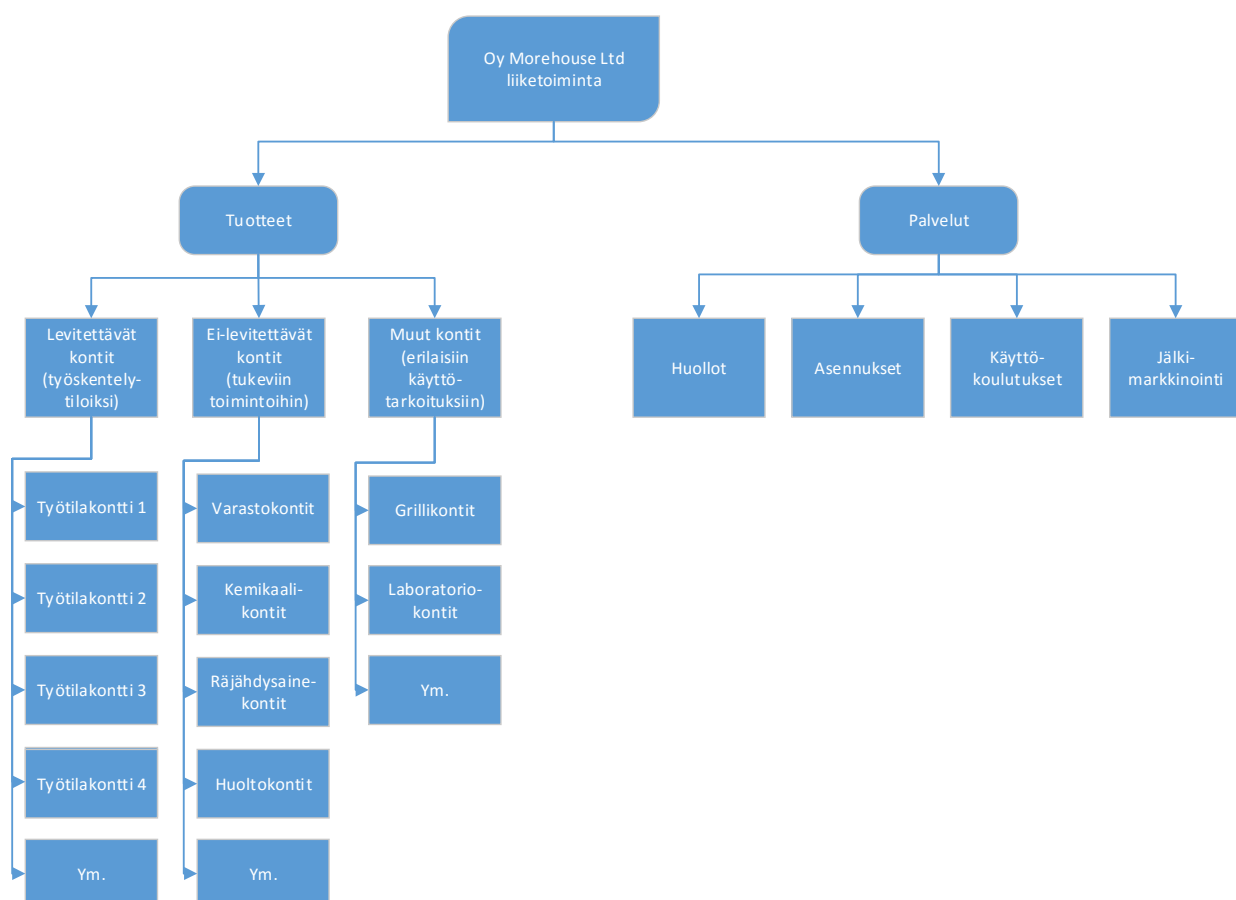
## 2 OY MOREHOUSE LTD

Oy Morehouse Ltd on erikoiskonttien valmistukseen, varusteluun ja huoltoon erikoistunut yritys. Yritys sijaitsee Rautalammilla Pohjois-Savossa, ja se on perustettu vuonna 1995. Yritys valmistaa räätälöityjä merikontteihin perustuvia tuotteita muun muassa armeijoille, pelastuslaitoksille ja yrityksille. Erilaisia kontteja ovat käyttötarkoituksen mukaan jaoteltuna esimerkiksi johtamistilat, majoitustilat, toimistot, keittiöt, huoltokontit sekä prosessikontit. (Oy Morehouse Ltd.)

Yrityksessä työskentelee 22 henkilöä, joista kymmenen on toimihenkilöitä. Tuotannon työntekijöillä on mekaniikka-, LVI- tai sähköalan koulutukset. Lisäksi yrityksellä on omat sähköurakointiluvat. Toimihenkilöt vastaavat tuotteen suunnittelusta ja tuotannon johtamisesta. Erikoisosaamista on muun muassa konstruktio-, mekaniikka-, LVI-, rakennus- ja sähkösuunnittelusta sekä teollisesta muotoilusta. (Turunen, 2016.)

Yritys toimii laatu- ja ympäristöjärjestelmien ISO9001 ja AQAP2110 sekä ympäristöjärjestelmän ISO14001 mukaisesti. (Oy Morehouse Ltd.)

Yrityksen liiketoiminta voidaan määritellä yhdistelmänä teollista palvelu- ja tuoteliiketoimintaa. Liiketoimintaa on havainnollistettu kuvassa 1.



**Error! Reference source not found.**

KUVA 1. Oy Morehouse Ltd:n liiketoiminta



Yrityksen tuotteisto koostuu päätuotteeseen pohjautuvista levitettävistä konteista, ei-levitettävistä konteista sekä satunnaisluontoisemmista tilauksista. Levitettävät kontit ovat käyttötarkoitukseltaan työskentelytiloja. Työtilakontit ovat jaettavissa varustelunsa puolesta useaan selkeästi toisistaan eroavaan tuotetyyppiin. Eri tuotetyyppejä valmistetaan lisäksi asiakkaan toiveiden mukaisesti hieman toisistaan eroavin varusteluin. Levitettävät konttituotteet pohjautuvat yrityksen päätuotteeseen M75i (kuva 2).



KUVA 2. M75i kuvattuna ulkoapäin (Morehouse M75i CSC-luokiteltu levitettävä kontti)

Vuonna 1994 valmistui ensimmäinen levitettävän konttituotteen prototyyppi ja vuotta myöhemmin yritys perustettiin tämän tuotteen ympärille. Ensimmäistä M50-mallista levitettävää konttia valmistettiin noin sata kappaletta. Kehitetty M75-malli lanseerattiin vuonna 1998. Vuonna 2011 päätuote päivitettiin nykyiseen M75i-muotoonsa. (Morehouse M75i CSC-luokiteltu levitettävä kontti.)

M75i on CSC-katsastettu ja varustettu hydraulisesti toimivalla avauslaitteistolla. Kontin levittäminen käyttöasentoon tapahtuu nappia painamalla ja kontti avautuu ja sulkeutuu muutamassa minuutissa. Kontti voidaan levittää myös kuorma-auton tai perävaunun päällä sen ollessa kuljetuksessa. (Morehouse M75i CSC-luokiteltu levitettävä kontti.)

Kontin varustelu määräytyy pitkälti asiakkaan käyttötarkoituksen ja toiveiden mukaan. Vakiovarusteita ovat lämmitys- ja jäähdytysilmastointi, lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihto ja optioina muun muassa sirpale- sekä NBC-suojaukset. Kontin muuhun varusteluun kuuluu usein kalustus, tehokas valaistus sekä erilaisia turvallisuutta lisääviä teknisiä ratkaisuja. Kontti on tarkoitettu käytettäväksi kenttäolosuhteissa. (Morehouse M75i CSC-luokiteltu levitettävä kontti.)

Toisen tuoteryhmän muodostavat ei-levitettävät kontit on tarkoitettu työntekoa tukeviin toimintoihin, esimerkiksi tavaroiden, kemikaalien ja räjähdeseineiden varastointiin ja kuljetuksiin sekä huoltotehtäviin. Eri tuotetyypit eroavat toisistaan rungoltaan, sekä tuotteita valmistetaan myös erilaisin varustein asiakkaan toiveiden mukaisesti.

Satunnaisuuntoisiin konttitilauksiin kuuluu esimerkiksi grillikontteja. Tuotteet poikkeavat toisistaan usein selvästi sekä rakenteeltaan että toiminnaltaan.

Yrityksen palveluliiketoimintaan kuuluvat konttituotteiden huollot, asennukset ja käyttökoulutukset. Konttituotteille on määritetty huolto-ohjelmat, joiden mukaiset huollot asiakas voi suorittaa itse tai ostaa palvelun valitsemaltaan toimittajalta. Suurin osa Morehouse Oy:n valmistamista konteista tulee huollettavaksi yrityksen tiloihin. Jälkimarkkinointiin kuuluvat esimerkiksi varaosien myynti sekä konttituotteiden varusteluiden päivitykset.

More 2.0 -kehityshankkeen tavoitteena on yrityksen kilpailukyvyyn ja kannattavuuden kehitys sekä kansainvälistyminen. Tämän vuoksi tavoitteena on liikevaihdon 1,3-kertaistaminen vuoteen 2017 mennessä. Tuotepolitiikan tavoitteena on keskittyä tulevaisuudessa pääasiassa päätuotteeseen pohjautuvien asiakasräätelöityvien konttien valmistukseen. Tuotannon tavoitteena on päätuotteen tuotannon läpimenoajan puolittuminen sekä vuosituotantomäärän nousu 20 kappaleella. Tuotekehityksen osalta kehitysprojektiin kuuluu nykyisen päätuotteen uudistaminen kansainvälisille markkinoille soveltuvaksi sekä valmistettavuuden kannalta paremmaksi. Valmistettavuuden parantaminen lyhentää luonnollisesti myös tuotannon läpimenoaika. Hankkeen myötä yrityksessä on käynnistetty myös pienempiä, esimerkiksi Lean- ja 5S-menetelmiin keskittyviä projekteja. Lisäksi yritys tavoittelee laatu järjestelmien ISO9001, AGAP2110 ja ISO14001 auditointia kesäkuuhun 2016 mennessä. (More 2.0.)

### 3 TUOTTEIDEN KEHITTÄMINEN

Sekä laatujärjestelmä SFS-EN ISO 90001 että Lean-toimintamalli asettavat vaatimuksia tuotteiden kehittämiseksi.

#### 3.1 SFS-EN ISO 9001

SFS-EN ISO 9001 perustuu standardissa ISO 9000 kuvattuihin laadunhallinnan periaatteisiin, joita ovat asiakaskeskeisyys, johtajuus, ihmisten täyspainoinen osallistuminen, prosessimainen toimintamalli, parantaminen, näyttöön perustuva päätöksenteko sekä suhteiden hallinta. Laadunhallintajärjestelmän käyttöönotto on organisaation strateginen päätös, joka voi auttaa sitä parantamaan kokonaisvaltaista suorituskykyään ja joka toimii hyvänä perustana kestävän kehityksen mukaisille hankkeille. Järjestelmän käyttöönoton seurauksena yritys voi saada paremman kyvyn tuottaa johdonmukaisesti tuotteita ja palveluita, jotka täyttävät asiakasvaatimukset sekä lakien ja viranomaisten vaatimukset. Lisäksi yritys voi saada paremmat mahdollisuudet lisätä asiakastyytyvää, kyvyn osoittaa määriteltyjen laadunhallintajärjestelmää koskevien vaatimusten noudattaminen sekä toimintaympäristöön ja tavoitteisiin liittyvien riskien ja mahdollisuuksien käsittely. (SFS-EN ISO 9001, 2015, ss. 5-6.)

Laatujärjestelmä vaatii, että organisaation on määriteltävä ja toteutettava suunnittelu- ja kehittämisprosessi, joka riittää varmistamaan tuotteiden ja palveluiden tuottamisen, ja ylläpidettävä sitä. Organisaation on määriteltävä suunniteltavien ja kehitettävien tuotteiden ja palvelujen kannalta olennaiset vaatimukset ottaen huomioon esimerkiksi toiminnalliset ja suorituskykyä koskevat vaatimukset, vastaavanlaisista aiemmista suunnittelu- ja kehittämistoimista kerätty informaatio ja tuotteiden ja palveluiden luonteesta johtuvien epäonnistumisten mahdolliset seuraukset. (SFS-EN ISO 9001, 2015, ss. 21-22.)

Osana parantamista ISO 9001-laatujärjestelmän mukaan toimivan organisaation on määriteltävä ja valittava parantamismahdollisuudet ja toteutettava tarvittavat toimenpiteet, jotta asiakasvaatimukset täytetään ja asiakastyytyväisyys lisääntyy. Näihin on sisällyttävä tuotteiden ja palvelujen parantaminen, jotta vaatimukset voidaan täyttää ja jotta voidaan vastata tuleviin tarpeisiin ja odotuksiin. Organisaation on myös jatkuvasti parannettava laadunhallintajärjestelmän soveltuvuutta, tarkoituksenmukaisuutta ja vaikuttavuutta. (SFS-EN ISO 9001, 2015, ss. 29-30.)

#### 3.2 Lean, massaräätelöinti ja konfigurointi

##### 3.2.1 Tarpeet Lean-kehitykselle

Perinteisessä kilpailussa asiakas on odottanut tuotteelta hyvää laatua, edullista hintaa, nopeaa saatavuutta ja hyvää palvelua. Yritykset ovat kilpailleet joko edullisilla standardituotteilla tai asiakaskohtaisilla, mutta kalliimmilla tuotesovellutuksilla. Nykyään globaali kilpailutilanne tarjoaa asiakkaille lukuisia vaihtoehtoja. Yrityksille kasvaa siten paine tarjota asiakaskohtaisia sovelluksia standardituotteen hinnoin. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 11.)

Yleensä asiakkaan tilausvaatimukseen reagoitaessa kehitetään asiakkaalle oma tuote tai tuotevariaatio. Tämä moninkertaistaa ohjattavien tuotteiden, materiaalien, komponenttien ja menetelmien määrän. Tuotevalikoiman laajentaminen, asiakaskohtaisen räätälöinnin lisääntyminen ja eräkokojen pieneneminen aiheuttavat siis kustannus- ja ohjausongelmia. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 11.)

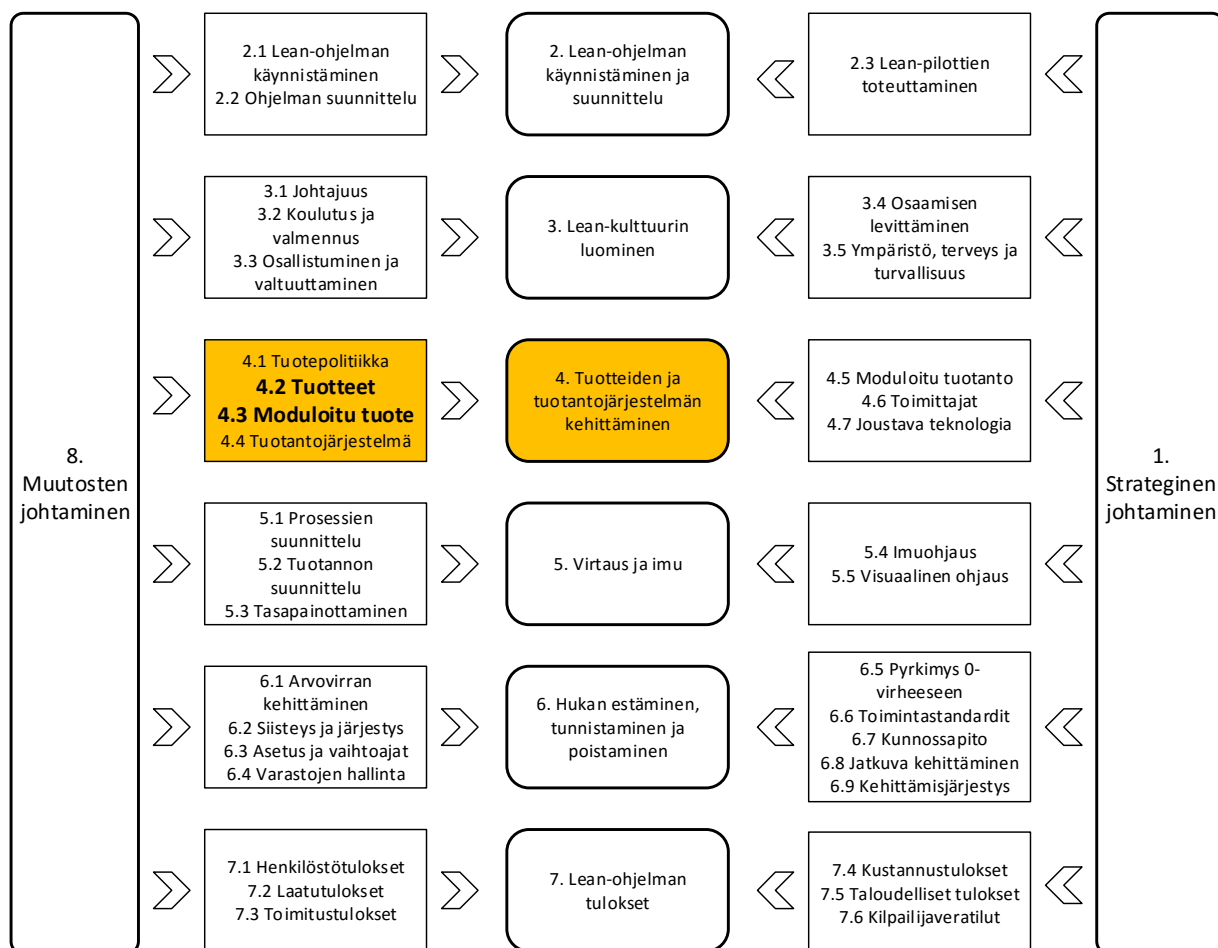
Asiakaskohtaisia tuotevariaatioita määrittäessään yrityksen tuotejärjestelmä on pyrkinyt vastaamaan vain asiakkaiden yksilöityihin tarpeisiin. Tuotejärjestelmässä ei ole pystytty huomioimaan yrityksen sisäisten asiakkaiden tarpeita. Myyntiosasto on myynyt, mitä asiakas on halunnut, ja tuotesuunnittelu on suunnitellut asiakaskohtaisen tuotteen. Ostosasto ja valmistus ovat saaneet joka kerta käsiteltäväkseen aikaisemmista poikkeavan tuotteen. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 11.) Jokaisen tuotteen tuotanto on siis alkanut aina uudestaan tuotteen suunnittelusta.

### 3.2.2 Lean-kehitysmallin rakenne

Lean-kehitysmalli rakentuu kahdeksasta osatekijästä, joita ovat:

1. strateginen johtaminen. Tähän vaiheeseen kuuluu parannustarpeiden havaitseminen esimerkiksi läpimenoajoissa, laadussa ja toiminnan luotettavuudessa.
2. Lean-ohjelman käynnistäminen ja suunnittelu. Tähän vaiheeseen voi kuulua useita eri käynnistämishankkeita havaittujen parannustarpeiden aikaansaamiseksi.
3. järjestelmällisten toimenpiteiden käynnistys Lean-kulttuurin luomiseksi yritykseen.
4. tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittäminen. Kaikki muut vaiheet ovat usein turhaa, ellei tuotteita ja tuotantojärjestelmää ole kehitetty samanaikaisesti siten, että ne parhaalla mahdollisella tavalla tukisivat toisiaan.
5. ohjausjärjestelmien kehittäminen virtauksen ja imun aikaansaamiseksi yrityksen liiketoimintaprosesseihin.
6. hukan tunnistaminen ja poistaminen, johon voi liittyä myös esimerkiksi yrityksen konekannan luotettavuuteen tähtääviä toimintoja.
7. kehittämisen tuloksia seuraavien mittareiden suunnittelu.
8. muutosten johtaminen kaikissa kehitysohjelman vaiheissa. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 4.)

Lean-kehitysmallin rakenne on esitetty kuvassa 3. Kaaviosta on korostettu alue, johon opinnäytetyö keskittyy.



KUVA 3. Lean-menestyksen malli, mukailien (Lahti & Tuominen, 2010, s. 5)

### 3.2.3 Tuotteiden kehitys Leanin mukaisesti

Tuotehallinnan keskeinen tavoite on ulkoisten ja sisäisten asiakkaiden vaatimusten samanaikainen tunnistaminen ja huomioiminen. Ne on huomioitava päätettäessä tuotevalikoimasta, tuotevariaatioiden lukumäärästä, asiakaskohtaisuuden laajuudesta, tuotteiden rakenteista ja eri ominaisuuksien variaatioista. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 13.)

Ratkaisuna ovat moduloituidut ja varioitavat tuotteet. Varioitavista tuotteista on edullisesti ja nopeasti saatavissa asiakastarpeen mukaisia muunnoksia. Tuotteiden rakenteet on suunniteltu ja moduloitu niin, että on otettu huomioon myös yrityksen sisäiset tarpeet. Tuotteiden moduloinnin tavoitteita onkin laaja tuotevalikoima pienimmällä mahdollisella määrällä erilaisia moduuleja sekä kyky vastata asiakasvaatimukseen nopeasti ja kustannustehokkaasti. Tuotteet on moduloitava siten, että koko toimintaprosessia voidaan ohjata modulikokonaisuuksina aina asiakasvaatimuksesta asiakastyytyväisyyteen. (Lahti & Tuominen, 2010, ss. 13-14.)

Massaräätälöinti yhdistetään yleisesti Leanin mukaiseen toimintamalliin (Soronen, 1999, s. 9). Massaräätälöinnin tavoitteena on massa- tai sarjatuotannolle ominainen edullinen ja nopea tuotanto säilyttäen kuitenkin yksittäistuotannon räätälöitävyys. Massaräätälöinti kattaa koko liiketoimintaprosessin. Tilaus-toimitusprosessi toteutetaan joustavalla ja nopealla

tuotantolaitteistolla, jota tukee tehokas informaatiojärjestelmä sekä tuotantoteknologia yhdistettynä joustavaan ja tehokkaaseen logistiikkaan. (Soronen, 1999, ss. 7-9.)

Massaräätälöity tuoterakenne pohjautuu sarjavalmisteisten komponenttien ja räätälöitävien moduulien käyttöön (Soronen, 1999, s. 7). Sarjavalmisteisuus parantaa kustannustehokkuutta standardisoinnin ja samankaltaisuuksien toiston avulla, kun taas yksittäistuotannolle tyypillisellä räätälöitävyydellä täytetään asiakkaan vaatimukset (Blecker & Friedrich, 2006, s. 2).

Moduloidussa tuoteperheessä ei tavallisesti ole lainkaan perinteisiä tuotteita eikä ns. perustuotteita, joista variaatiot kehitetään. Tuote kootaan pääasiassa etukäteen suunnitelluista moduuleista tapausittain ja asiakastarpeen mukaisesti. Tuotemoduuleista voidaan myös koota vakiotuotteet eri asiakasryhmien tarpeisiin. Tällöin yrityksellä on normaalit tuotelistat ja moduloinnin hyöty tulee esiin paremmassa kustannustehokkuudessa. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 14.)

Perinteisesti suunnittelemattoman ja moduloimattoman tuotteen valmistuksessa tuotevarianttien määrän noustessa tuottavuus laskee, yksikkökustannukset nousevat ja kannattavuuden kriittinen piste nousee. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 15). Näiden tekijöiden välinen riippuvuusuhde on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tuotevarianttien määrän vaikutus tuottavuuteen, yksikkökustannuksiin ja kannattavuuden kriittiseen pisteeseen, mukailten (Lahti & Tuominen, 2010, s. 15)

Tuotevarianttien määrä	Tuottavuus	Yksikkökustannukset	Kannattavuuden kriittinen piste, % kapasiteetista
1	100	100	46
2	76	120	61
4	57	145	80

Tuottavuuden lasku selittyy osien, vaiheiden ja menetelmien lisääntymisellä ja sarjakoon pienentymisellä. Ohjattavuuden vaikeutuessa myös jonot ja odotusajat pitenevät, minkä seurauksena häiriöt lisääntyvät ja laatu vaihtelee. Yksikkökustannuksia puolestaan nostaa materiaalien ja komponenttien määrän lisääntyminen, ostoerien koon pienentyminen ja hankintakustannusten nouseminen. Lisäksi varastot ja siten varastokustannukset kasvavat. Kannattavuuden kriittistä pistettä nostaa ohjattavuuden vaikeutuminen. Ohjaavien henkilöiden määrä kasvaa, minkä vuoksi kiinteät kustannukset nousevat. Erilaiset tuotteet vaativat myös erilaisia valmistusmenetelmiä, mikä lisää tarvittavien koneiden ja sidotun pääoman määrää. Moduloituja tuotteita käytettäessä asiakassovellusten lisäämisellä ei ole edellä mainitun kaltaisia negatiivisia vaikutuksia kannattavuuteen (Lahti & Tuominen, 2010, s. 15).

Toisaalta harvemmin valmistettavat tuotevariantit voivat nostaa modulaarisen järjestelmän kustannuksia, ja tällöin kyseiset variantit tulee pyrkiä poistamaan tuotevalikoimasta. Mitä

perusteellisempia analyysyjä luodaan, sitä todennäköisemmin päästään kustannustehokkaaseen ratkaisuun. Tuotehallinnan karsimista ei kuitenkaan tule toimeenpanna ennen kuin eri varianttien kustannuksista sekä vaikutuksista koko moduulijärjestelmän kustannuksiin on saatavilla riittävän luotettavaa tietoa. (Pahl;Beitz;Feldhusen;& Grote, 2003 (2007), s. 500.)

Tuotteita ja tuotantojärjestelmää kehittäessään yritys laatii analyysija markkinoista, kilpailueduista sekä asiakkaiden tarpeista, vaatimuksista ja odotuksista. Tämän perusteella yritys laatii tuotepolitiikan, joka yhdessä tuotevalikoiman, tuotteiden rakenteiden, modulaarisuuden, standardoinnin, yksinkertaisuuden, tuotteen sisältämien osien määrän, sekä automatisoitavuuden kanssa luo perusteet tehokkaalle tuotantojärjestelmälle. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 6.)

Tuotetta kehittäessä pyritään:

1. vähentämään erilaisten tuotteiden määrää, jolla poistetaan tuotteiden päällekkäisyyksiä
2. moduloimaan koko tuotevalikoima, jotta saavutetaan suunniteltu ostojen, valmistuksen ja huollon joustavuus
3. suunnittelemaan tuotteet ja moduulit siten, että niiden rakenne on yksinkertainen, tuoteosien määrä vähäinen ja osat ovat standardisoituja. Standardoinnin tavoitteena on pienentää vaihtelua. Tuoterakenteiden ja tuotteen osien valmistus sopii moduulituotantoon, nykyaikaiseen valmistusteknologiaan sekä rationaaliseen tuotantovirtaukseen.
4. oppimaan tehokkaat projektin johtamisen ja tuotteen suunnittelun menetelmät, joilla varmistetaan tuotteiden nopea ja suunnitelmien mukainen tulo markkinoille. Uuden tuotteen laadun tulee lisäksi heti alusta asti vastata asetettuja tavoitteita. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 6.)

Globaalin tuotevalikoiman, sekä rationaalisen tuotteen rakenteen muodostavat rajattu määrä tuotteen perusmalleja, sekä moduloidut ja standardoidut tuoterakenteet. Nämä luovat nopeutta ja joustavuutta, huomioivat asiakastarpeet, helpottavat ostoja, nopeuttavat valmistusta sekä selkeyttävät myös huoltoa ja varaosatoimituksia. Lisäksi tuotannon kannalta saavutetaan yksinkertainen valmistus, kun erilaisten osien määrä laskee, osat ovat standardoituja, sekä konstruktio yksinkertaisempia. (Lahti & Tuominen, 2010, s. 7.)

Olellainen kysymys on, kuinka paljon asiakas voi vaikuttaa massaräätälöityyn tuotteeseen. Tuotteen valmistus voidaan nähdä arvoketjuna, ja siitä voidaan erottaa neljä peräkkäistä tasoa, joita ovat suunnittelu, valmistus, kokoonpano ja jakelu. Asiakasräätälöinnin lisääntyessä piste, johon asiakkaan tilaus vaikuttaa, siirtyy aiemmaksi arvoketjussa. Asiakasräätälöityvyyden hallintaan voidaan määrittää viisi strategiaa, joita ovat täysi standardointi, segmentoitu standardointi, kustomoitu standardointi, räätälöity kustomointi ja täysi kustomointi. Täydessä standardoinnissa kaikki arvoketjun tasot ovat standardoituja, eikä asiakas voi vaikuttaa yhteenkään tasoista. Täydessä kustomoinnissa puolestaan asiakas voi vaikuttaa jokaisen arvoketjun tasoon. Muut kolme tasoa ovat näiden ääripäiden välimuotoja. (Blecker & Friedrich, 2006, ss. 3-4.)

Massaräätälöinnin strategioiksi tuotteiston hallintaan ja vaihto-omaisuuden vähentämiseen voidaan myös määrittellä läpäisyajkojen lyhentäminen, käytettävien osien standardointi ja modulointi sekä

myöhäinen variointi. Massaräätälöinnissä tuotteiston tulisi pohjautua tuoteperhepohjaiseen suunnitteluun, jolloin samankaltaisuuksien toistumista voidaan hyödyntää. (Soronen, 1999, ss. 17-18).

Massaräätälöinnin pääpiirteenä on konfiguroitava tuote. Yksi tuotekonfiguraatio muodostetaan vastaamaan tiettyjä asiakasvaatimuksia. Konfiguroitava tuote perustuu geneeriseen tuoterakenteeseen. Modulaarinen tuoterakenne soveltuu konfiguroitavan tuotteen rakenteeksi, sillä moduulien käyttö mahdollistaa korkean tuotantovolyymien, ja samaan aikaan on mahdollista tuottaa suuri valikoima asiakkaille räätälöityjä tuotteita. (Pavlic;Storga;Bojetic;& Marjanovic, 2004, s. 1.)

Konfigurointi edellyttää modulaarista tuoteperhettä ja sitä, että tuotevarianttien muodostamiseen on määritelty yhteiset säännöt. Näin tuotevariantit voidaan muodostaa systemaattisella konfiguroinnin toimintatavalla tai käyttämällä jopa automaattista konfiguraattoria. Tuotteen konfigurointiprosessi voidaan jakaa kahteen tai kolmeen osakonfiguraatiovaiheeseen. Myynnin konfiguraatiossa tuote kootaan vastaamaan asiakkaan vaatimuksia mahdollisimman hyvin. Suunnittelun konfiguroinnissa myynnin tuotetieto muutetaan tuotannon tuotetietoa vastaavaksi. Lisäksi voidaan tarvita vielä tuotannon konfigurointia, jossa määräytyy lopullisesti, mitä tuotannollisia elementtejä käytetään tuotteeseen. (Lehtonen, 2007, ss. 70-72.)

Konfiguraattorilla voidaan muodostaa halutut tilausyhdistelmät, joiden tulisi pystyä täyttämään kaikki halutut asiakastarpeet. Konfiguraattorilla voidaan liittää asiakastarpeet tuoteominaisuuksiin ja varmistaa niiden oikeellisuus ja saatavuus. Kehittyneiden ohjelmien avulla asiakas voi jopa itse koota haluamansa tuotekokonaisuuden ja tarkistaa saatavuuden ja hinnan. (Soronen, 1999, ss. 14-15.)

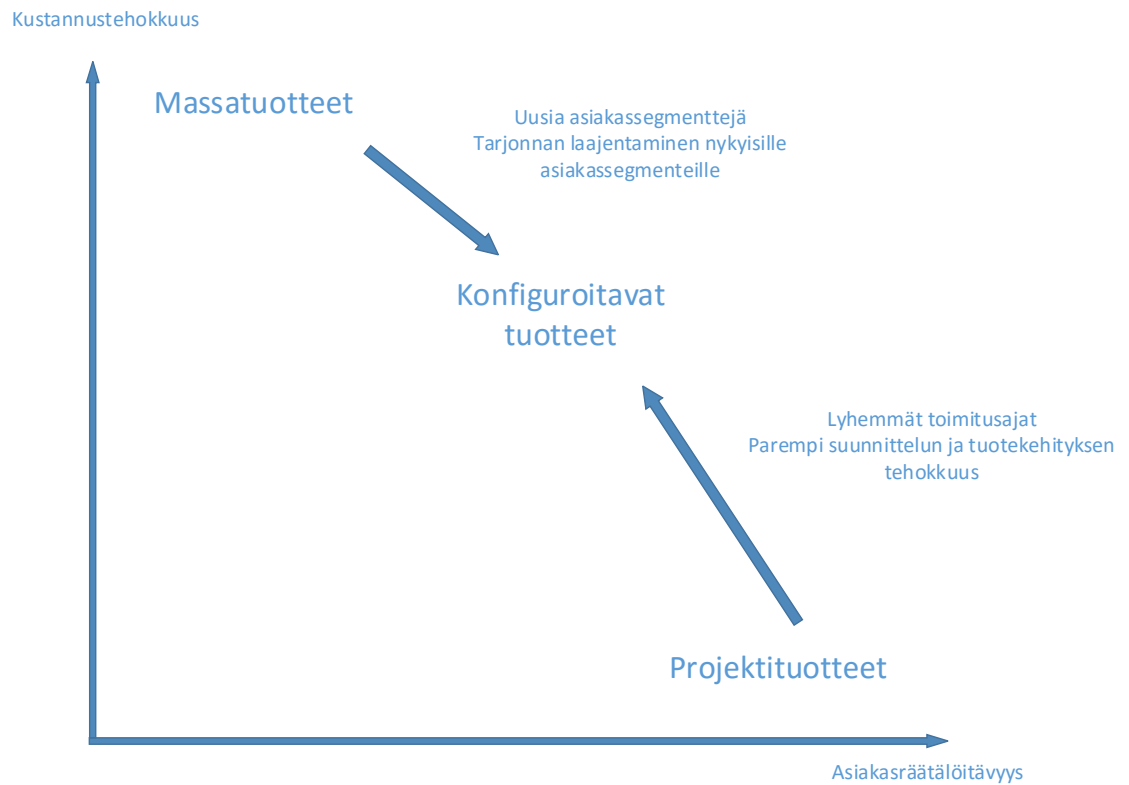
Systemaattisen konfiguroinnin tarkoituksena on luoda tuotteita, jotka täyttävät asiakaskohtaiset tarpeet mahdollisimman taloudellisesti. Konfiguroitavia tuotteita käyttämällä voidaan hallita muuttuvia asiakastarpeita ilman, että jokaista tilausta käsitellään omana suunnitteluprojektina.

Konfiguroitavista tuotteista saatavat hyödyt ovat:

1. asiakastarpeiden parempi täyttäminen ja hallinta
2. lyhempi aika tilauksesta toimitukseen
3. kulujen hallinta
4. tasainen laatu
5. tuoteskaalan hallinta
6. yrityksen imagon ja brändin luonti. (Lehtonen, 2007, s. 72.)

Konfiguroitava tuote sijoittuu kannattavuudessaan ja asiakasräätälöitävyydessään massatuotteen ja projektituotteen välimaastoon (kuva 4).





KUVA 4. Konfiguroitava tuote, massatuote ja projektituote, mukaillen (Lehtonen, 2007, s. 72)

Massatuotteista konfiguroitaviin tuotteisiin yritys siirtyy usein halutessaan luoda uusia asiakassegmenttejä sekä laajentaakseen tarjontaansa eri asiakassegmenteille. Projektituotteista konfiguroitaviin siirryttäessä puolestaan tavoitteena on usein lyhentää työaikaa ja tehostaa suunnittelun ja tuotekehityksen toimintaa. (Lehtonen, 2007, s. 72.)

## 4 TUOTERAKENNE

Tuoterakenne on ikään kuin resepti, jolla lopullinen tuote kootaan sen muodostavista osasista. Jokaisella tuotteella on aina jonkinlainen tuoterakenne.

### 4.1 Tuoterakenne, tuotearkkitehtuuri ja tuoteperhe

Kirjallisuudessa termin tuoterakenne rinnalla tai sijasta käytetään myös termiä tuotearkkitehtuuri. Termien käytössä on alueellisia eroavaisuuksia, esimerkiksi Pohjois-Amerikassa käytetään yleensä pelkästään termiä arkkitehtuuri, kun taas Euroopassa termeillä on keskenään eri merkitykset. Tuoterakenne voidaan määritellä kuvaamaan suunnittelutyön tulosta. Se kuvaa siten tuotteen muodostavia elementtejä ja niiden välisiä riippuvaisuuksia. Toisen tulkinnan mukaan tuoterakenne kuvaa tuotteen suunnitteludatan hallintaa. (Pavlic;Storga;Bojcetic;& Marjanovic, 2004, s. 2.)

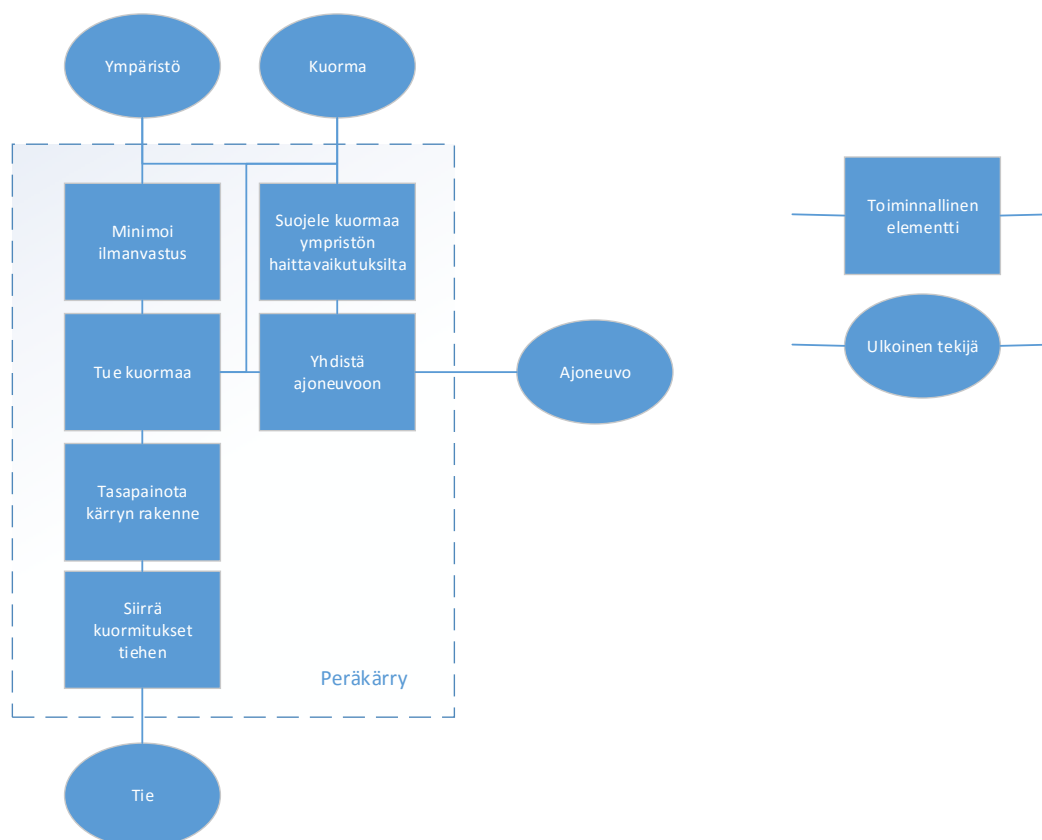
Tuotearkkitehtuurin voidaan puolestaan katsoa muodostuvan yhteen liittyneistä yksiköistä, jotka seuraavat tiettyjä sääntöjä. Tuotearkkitehtuuri muodostuu, kun otetaan huomioon markkinatilanteeseen ja tuotteen elinkaareen liittyvät seikat sekä yrityksen sisäiset toiminnot, kuten tuotanto- ja kokoonpanotoiminnot. (Pavlic;Storga;Bojcetic;& Marjanovic, 2004, s. 2.)

Tuotearkkitehtuuri voidaan määritellä myös malliksi, joka kuvaa tuoteperheeseen kuuluvien yksittäisten tuotteiden muodostamissääntöjä. Malli muodostuu suunnitteluyksiköistä, standardiyksiköistä, rajapinnoista sekä soveltamiseen ja käyttöönottoon liittyvistä tekijöistä. Suunnitteluyksiköitä ovat esimerkiksi osat, kokoonpanot, moduulit ja standardiyksiköt. Standardiyksiköitä käytetään myös muissa tuotteissa. Rajapinnat yhdistävät suunnittelu- ja standardiyksiköitä toisiinsa sekä ulkoisiin tekijöihin kuten signaaleihin ja käyttövoimaan. Soveltamiseen ja käyttöönottoon liittyvät tunnuspiirteet kuvaavat esimerkiksi arkkitehtuurin luontiin, käyttöönottoon, dokumentointiin ja ylläpitoon vaadittavia seikkoja. (Harlou, 2006, ss. 21-22.)

Esimerkiksi Ulrich (1993) käsittelee tuoterakennetta tuotteen toiminnallisuuden kautta. Ulrich määrittelee tuoterakenteen kaavana, jolla tuotteen toiminta jaetaan fyysisiksi komponenteiksi. Tarkemmin tuoterakenne muodostuu kolmen osatekijän summasta, joita ovat:

1. tuotteen toiminnalliset elementit
2. toiminnallisten elementtien yhdistäminen fyysisiin komponentteihin
3. keskenään vuorovaikutuksissa olevien fyysisten komponenttien rajapintojen määrittely. (Ulrich, 1993, s. 420.)

Tuotteen toiminto tarkoittaa sitä, mitä tuote tekee. Määritelmä ei siis ota kantaa tuotteen fyysisiin tunnuspiirteisiin. Tuotteen toiminnallisten elementtien järjestelmää kutsutaan toimintorakenteeksi (kuva 5). (Ulrich, 1993, ss. 420-421.)



KUVA 5. Tuotteen (peräkärri) toimintorakenne, mukailten (Ulrich, 1993, s. 421)

Toimintorakenteita voidaan tarkastelun tarkkuuden mukaan kuvata eri tasoilla. Yleisimmällä tasolla toimintorakenne voi muodostua vain yhdestä toiminnallisesta elementistä, kun taas lisäämällä tarkastelun tarkkuutta voidaan muodostaa monisäikeisiä toiminnallisten elementtien ryhmittymiä. Tarkemmassa kuvauksessa on usein esitetty enemmän oletuksia fyysisistä toiminnan periaatteista, joihin tuote perustuu. Moniin toiminnallisiin elementteihin sisältyy lisäksi erilaisten signaalien, materiaalien, voimien tai energian siirtymistä eri elementtien kesken (Ulrich, 1993, s. 421.)

Fyysiset komponentit toteuttavat tuotteen toiminnallisia ominaisuuksia. Fyysinen tuote koostuu yhdestä tai useammasta komponentista, jotka voivat olla itsenäisiä osia tai alikokoonpanoja. Toisaalta osakomponentiksi voidaan ajatella mikä tahansa erillinen tuotteen osa-alue. Tämän ajatusmallin mukaisesti osakomponentteja ovat myös erilaisten ohjelmien aliohjelmat tai mikropiirin erilliseksi tunnistettavat osa-alueet. (Ulrich, 1993, s. 421)

Tuoteperhe on joukko samantyyppisiä tuotteita, jotka johdetaan tuoteperheen jäsenille yhteisestä osasta (Simpson;Zahed;& Jianxin, 2005, s. 3). Tuoteperheet voidaan jakaa modulaarisiin ja skaalapohjaisiin perheisiin. Modulaarisessa tuoteperheessä tuotteet muodostetaan lisäämällä, korvaamalla ja/tai poistamalla moduuleja perheelle yhteisestä osasta. Skaalapohjaisessa tuoteperheessä tuotteet taas muodostetaan "kutistamalla" tai "venyttämällä" yhteistä osaa, jotta saadaan täytettyä markkinoiden erilaiset tarpeet. (Simpson;Zahed;& Jianxin, 2005, ss. 6-8.)

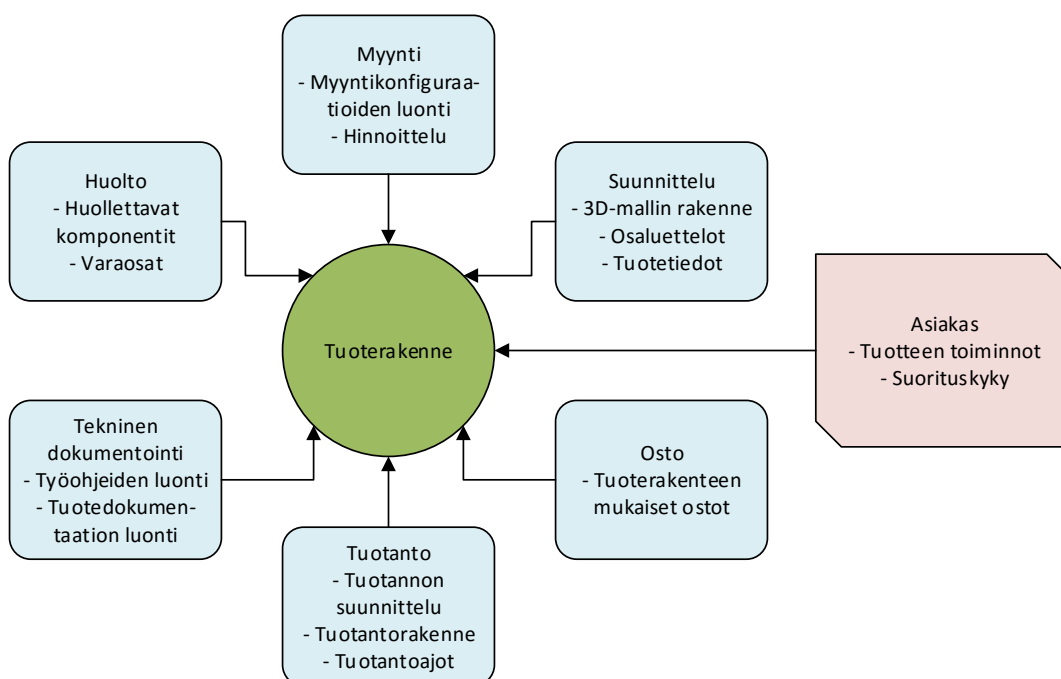
Tuoteperheen rakenteen määrittelyssä voidaan käyttää kapenevaa tai laajenevaa rakennetta. Kapenevassa mallissa tuoteperheen yhteiseksi osaksi määritetään kokonaisuus, joka sisältää mahdollisimman suuren määrän perheen eri tuotteille yhteisiä osia. Laajenevassa mallissa puolestaan on määritetty kokonaisuus, jossa on kaikkien tuotevarianttien vaatimat ominaisuudet, myös ne, joita ei käytetä kaikissa tuotteissa. (Lehtonen, 2007, ss. 43-44.)

## 4.2 Tuotteen kuvaaminen

Sen mukaan, minkätyyppisinä elementtejä ja riippuvaisuuksia tarkastellaan, voidaan tuotteesta muodostaa erilaisia rakenteellisia näkymiä (Pavlic;Storga;Bojcetic;& Marjanovic, 2004, s. 2). Tuoterakennetta ja arkkitehtuuria käsitellään kirjallisuudessa usein tarkastelemalla joko tuotteen muodostamia fyysisiä komponentteja tai tuotteeseen liittyviä toimintoja.

Tuoterakenteesta voidaan myös muodostaa erilaisia näkökulmia sen mukaan, mitä tekijää halutaan palvella. Tuoterakennetta voidaan tarkastella esimerkiksi toimittajan, ostojen, tuotannon, kokoonpanon, toimituksen, myynnin tai kierrätyksen näkökulmasta. (Pavlic;Storga;Bojcetic;& Marjanovic, 2004, s. 2.)

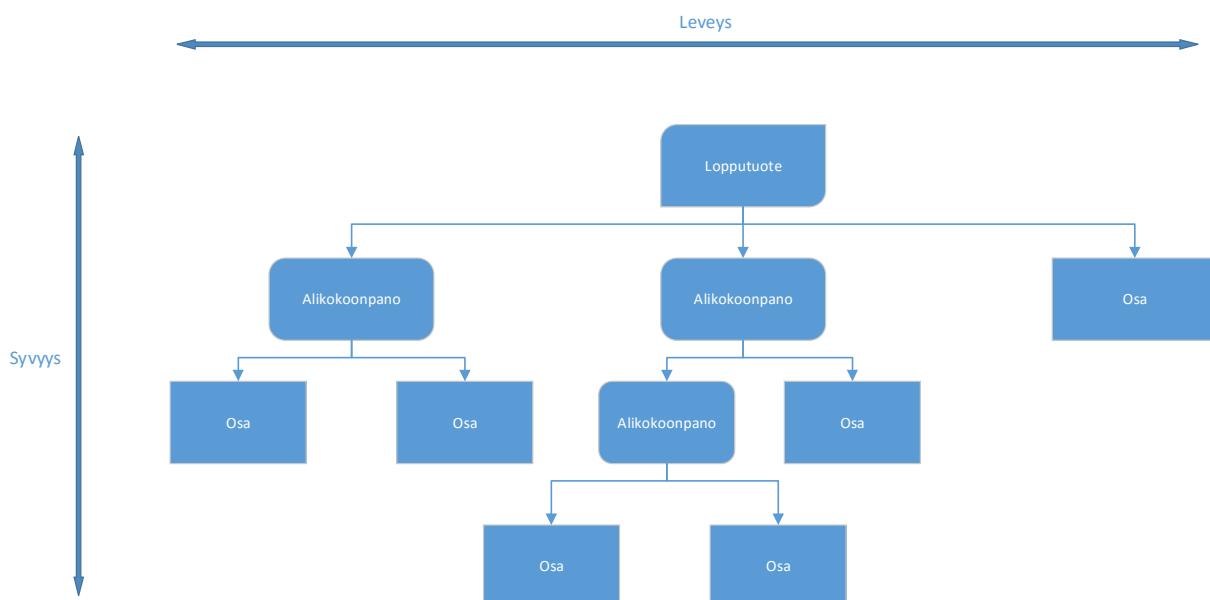
Kuvassa 6 on esitetty esimerkkejä eri ryhmien kohdistamista vaatimuksista tuoterakenteelle.



KUVA 6. Tuoterakenne yrityksen eri osa-alueilla, mukailen (Jokela, 2011)

### 4.2.1 Hierarkkinen puumalli

Yksinkertaisin tapa tuoterakenteen esittämiseksi on todennäköisesti hierarkkinen puumalli (kuva 7) (Hölttä-Otto, 2005, s. 19). Hierarkkinen malli kuvaa tuotteen muodostavia komponentteja sekä niiden välisiä riippuvaisuuksia osatasolla (Pavlic;Storga;Bojcetic;& Marjanovic, 2004, s. 2).

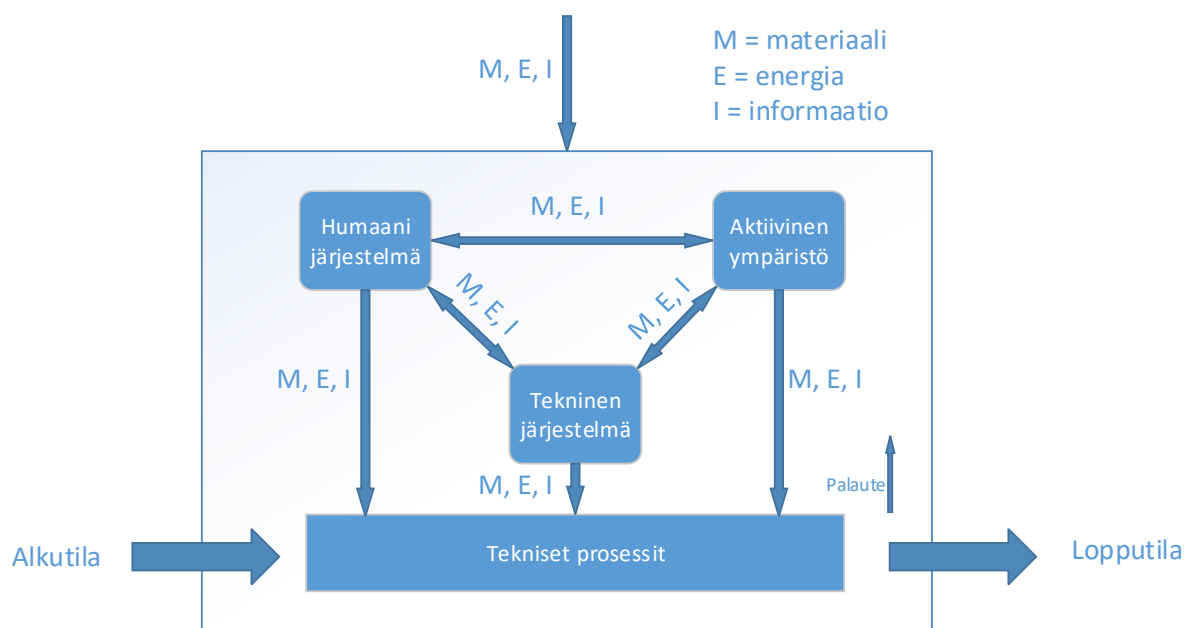


KUVA 7. Hierarkkinen puumalli tuotteen kuvaamiseksi, mukailen (Hölttä-Otto, 2005, s. 7)

Mallissa tuote on jaettu eri hierarkiatasoille. Ylimmällä tasolla on lopputuote ja sen alla oleville tasoille jakautuvat tuotteen muodostavat alikokoonpanot ja osat. Hierarkkisesta mallista voidaan määritellä tuoterakenteen syvyys- ja leveytasot.

#### 4.2.2 Theory of Technical Systems

Vladimir Hubkan esittämä Theory of Technical Systems käsittelee teknistä järjestelmää muunnoksen avulla. Mallin lähtökohtana on jokin tarve tai vaatimus, jonka täyttäminen on syy kyseisen järjestelmän olemassaololle. Muunnos on siirtymä alkutilasta tarpeen täyttämiseen, ja se tapahtuu useiden välivaiheiden kautta. (Lehtonen, 2007, s. 13.)



KUVA 8. Muutos teknisessä järjestelmässä Hubkan mukaan, mukailen (Lehtonen, 2007, s. 13)

Mallissa muunnos saa aikaan siirtymisen alkutilasta lopputilaan. Muunnoksen saavat aikaan tekniset prosessit, jotka aiheuttavat yhdessä tai erikseen tekninen järjestelmä, humaani järjestelmä sekä aktiivinen ympäristö. Prosessin muuttujina toimivat materiaali-, energia- ja informaatiovirrat. (Lehtonen, 2007, s. 13.)

#### 4.2.3 Theory of Domains

Tanskalainen professori Mogens Myrup Andreasen on kehittänyt Hubkan ajattelumallia ja tuonut sen lähemmäksi käytäntöä. Andreasen jakaa tuotteen neljälle eri tasolle; prosessitasolle, toimintotasolle, orgaanitasolle ja osatasolle. Prosessitasolle kuuluvat materiaaliin, informaatioon ja energiaan liittyvät muutokset. Toimintotasolle kuuluvat toiminnot, jotka aiheuttavat prosessitason muutokset. Orgaanitaso puolestaan kuvaa tekijöitä, jotka saavat aikaan muutoksia tuotteessa. Tekijät ovat fyysisiä elementtejä tai useamman fyysisen osan välillä tapahtuvia fysiikan lakeihin perustuvia vuorovaikutuksia. Osatasolla on lopulta kuvattu orgaanitason tekijöistä muodostuvia tuotteen fyysisiä komponentteja. Nämä neljä tasoa ovat yhteydessä toisiinsa ja kuvaavat tuotteen olemassaolon tarkoituksen ja fyysisen rakenteen välistä riippuvuutta. (Harlou, 2006, s. 32.)

#### 4.2.4 Useita rakenteita

Yrityksissä tyypillisin tapa tuotteen kuvaamiseen on osaluettelo. Osaluettelo soveltuu erityisen hyvin tuotannon tarpeisiin, mutta on usein riittämätön yrityksen enemmän tuotteen toiminnollisuuteen keskittyville osa-alueille, kuten myyntiosastolle. Yleensä tuotteen rakenteesta puhuttaessa keskitytäänkin juuri tuotteen muodostaviin fyysisiin osiin, vaikka se on vain yksi näkökulma. Tuotteen rakenteen voidaan siis määrittellä riippuvan tarkastelun näkökulmasta ja samasta tuotteesta voidaan muodostaa monia päällekkäisiä näkymiä tai rakenteita. (Harlou, 2006, s. 33.)

Andreasen määrittelee neljä erilaista näkymää tuotteen rakenteeseen. Näitä ovat:

1. tuotelajitelmanäkymä. Tuote on usein osa tuotelajitelmaa, ja tuotelajitelmanäkymässä on kuvattuna kaikki tuotevariantit sekä eri varianttien väliset yhteneväisyydet.
2. tuotteen elinkaarinäkymä. Näkymä kuvaa tuotetta sen elinkaaren eri vaiheissa, esimerkiksi tuotannossa, kuljetuksessa, myynnissä ja huollossa.
3. geneettinen tuoterakenne. Rakenteen muodostavat Domain-teorian (ks. luku 4.2.3) mukaiset neljän eri tason näkymät. Theory of Domains
4. toiminnalliset näkymät. Tuotetta voidaan kuvata sen eri toimintoihin, esimerkiksi ohjaukseen, termodynamiikkaan tai voimiin keskittynein näkymin. (Harlou, 2006, ss. 33-34.)

#### 4.2.5 DSM

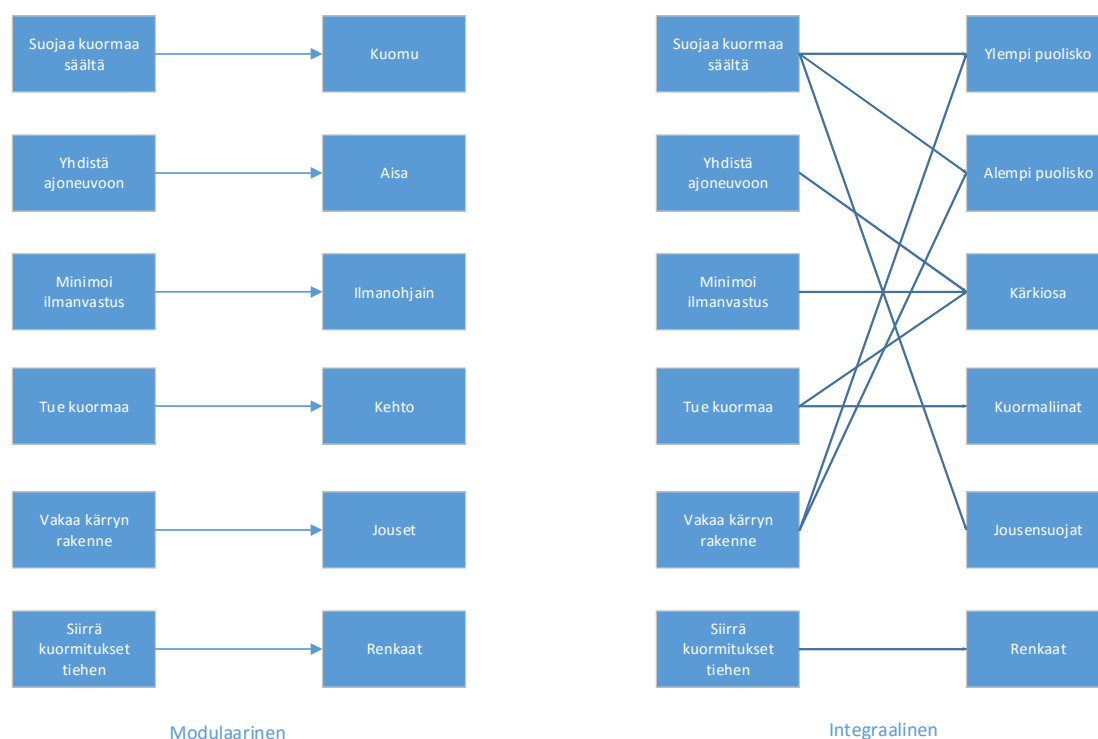
Yksi suosittu tapa arkkitehtuurin kuvaamiseen on myös DSM (Design Structure Matrix). DSM on kehitetty alun perin organisaatioiden mallintamiseen, mutta se soveltuu myös tuotteen kuvaamiseen osa- tai toimintotasolla. Mallissa tuotteen osat tai toiminnot on esitetty pysty- ja vaakariveillä ja jos toimintojen välillä on riippuvaisuus, merkitään se matriisiin. (Hölttä-Otto, 2005, s. 20.)

	Toiminto 1	Toiminto 2	Toiminto 3	Toiminto 4		Osa 1	Osa 2	Osa 3	Osa 4
Toiminto 1	1				Osa 1	1			
Toiminto 2	1	1	1		Osa 2	1	1	1	
Toiminto 3	1		1		Osa 3	1		1	
Toiminto 4				1	Osa 4				1

KUVA 9. DSM, mukailen (Hölttä-Otto, 2005, s. 20.)

### 4.3 Erilaisia tuoterakenteita ja -arkkitehtuureja

Tuoterakenteet voidaan jakaa modulaarisiin ja integraalisiin rakenteisiin. Modulaarisessa tuoterakenteessa yksi fyysinen komponentti toteuttaa yhtä toimintoa kun taas integraalisessa rakenteessa yksi komponentti toteuttaa useampaa toimintoa tai yhtä toimintoa toteuttaa useampi fyysinen komponentti (kuva 10). (Ulrich, 1993, ss. 421-422.)



KUVA 10. Modulaarinen ja integraalinen tuoterakenne, mukailen (Ulrich, 1993, ss. 421-422)

Moduuliryhmärakenteessa luodaan moduuli- tai varianttjoukkoja, ja niitä yhdistelemällä muodostetaan haluttu varioituvuuteen tuote. Menetelmän haasteina ovat moduulisuunnittelulta vaadittava moduulien itsenäisyys sekä moduulijoukoista luotavan tuotantorakenteen aikaansaaminen. (Jokela, 2011.)

Lisää ja poista -tyyppisessä tuoterakenteessa tuoterakenne puolestaan muodostetaan niin kutsutusta perusrakenteesta lisäämällä tai poistamalla komponentteja. Näin saadaan uusia tuotevariantteja. Menetelmän etuina on perusrakenteen pohja, johon tehtävät muutokset on helppo

generoida siitä luotuihin varianttien rakenteisiin. Ongelmina lisää ja poista -rakenteilla ovat kuitenkin nopeasti kasvava rakenteiden määrä sekä siitä johtuva virheherkkyys. Menetelmä soveltuukin siksi vain vähäiseen tuotevariointiin. (Jokela, 2011.)

Moduuliryhmä- ja lisää ja poista -rakenteiden ominaisuuksien vuoksi ovat yleistyneet käytännöt, joissa moduuliryhmistä pyritään manuaalisen lisää ja poista -käsittelyn avulla luomaan uusia varianttikohtaisia rakenteita. Ongelmana menettelyssä kuitenkin on, että tavoiteltu modulaarisuuden ja tuotevarioinnin kasvattaminen hukataan lisää ja poista -rakenteista tulevaan tuotekohtaisuuteen ja virheherkkyteen. Tästä johtuen parhaiten soveltuvaksi tuotevarioinnin tuoman kasvavan tuotetiedon määrän hallitsemiseksi voidaan pitää geneeristä tuoterakennetta. (Jokela, 2011.)

Geneerinen tuoterakenne on yhtä tuoteperhettä varten määritetty rakenne, josta kaikki tuoteperheen tuotteet muodostetaan. Geneerinen rakenne muodostuu kolmentyyppisistä moduuleista; toimintomoduleista, apumoduleista ja sekundaarisista moduuleista. Toimintomoduli esiintyy tuoteperheen jokaisessa variantissa. Apumoduulia käytetään asiakkaan tarpeiden täyttämiseen. Sekundaarinen moduuli lisätään tuotevarianttiin vain silloin, jos toimintomodulilla ja apumoduulilla ei pystytä täyttämään asiakkaan vaatimuksia. (Pavlic;Storga;Bojcetic;& Marjanovic, 2004, ss. 3-4.)

Geneeriseen tuoterakenteeseen pohjautuvilla tuotevarianteilla on samat toiminnallisuudet. Tämän vuoksi geneerinen rakenne ei sovi varianteille, joiden toiminnot eroavat toisistaan. (Pavlic;Storga;Bojcetic;& Marjanovic, 2004, ss. 5-6.)

Geneerisen tuoterakenteen käyttö tuotetiedonhallinnassa merkitsee yritykselle uudenlaista moduulisuunnittelun säännöstöä sekä osaamista ja yhtenäistä tuotealustaa ja tuotepolitiikkaa tukevaa tietovirtojen toimintatapaa. Geneerisen rakenteen suunnittelussa on huomioitava, että tuoterakenteen kuvauksen tulee olla mahdollisimman yksinkertainen, jotta helpotetaan massaräätälöinnin, konfiguroinnin ja tuotevarioinnin sisäistämistä yrityksessä. Geneerisen tuoterakenteen tulee olla myös mahdollisimman joustava ja yksinkertainen ylläpitää, jotta helpotetaan massaräätälöinnin tavoittelemaa nopeutuvaa ja tehokasta uusiutumista. (Jokela, 2011.)

Yksi merkittävimmistä tekijöistä edellä mainittujen haasteiden kannalta on tuoterakenteen syvyytasojen määrittäminen. Tavoitteena on savuttaa taso, jolla päästään itsenäisesti tuotetta varioiviin moduuleihin. Optimaalisen syvyytasoon vaikuttaa sekä tuotteen kaupallisten ominaisuuksien, eli tuotetta varioivien attribuuttien määrä sekä tuotetta varioivien moduulien keskinäisten liitännöiden suhde. Lisäksi tulee huomioida myös tuoterakenteen syvyyden määrittelyn yhteydessä mahdollisesti tulevien tuoteominaisuuksien vaikuttavuuskohdat geneerisessä tuoterakenteessa. (Jokela, 2011.)

Toinen geneeristä rakennetta yksinkertaistava tekijä on tarkoin määritetty tuoterakenteen leveyssuunta. Konfiguroituvaa tuoterakennetta käytettäessä voidaan asiaa lähestyä myös normaalien fyysisten alirakenteiden sijaan esimerkiksi toiminnallisten alirakenteiden avulla. Kyseisiä



tekijöitä punnittaessa yrityksen optimaalisen tuoterakenteen saavuttamiseksi esiin nousevat tiedon käytettävyyden, tietovirtojen ja eri tahojen tuotetiedon näkymien lisäksi myös tuotteen tietomallin kaupallisten ja teknisten rakenteiden linkittäminen. (Jokela, 2011.)

## 5 MODULOINTI

Modulaarisuus sai alkunsa 1900-luvulla, kun teollisuudessa alettiin valmistaa tuotteita, jotka koostuivat rajallisesta määrästä määritellyn kokoisia rakennuspalikkamaisia osia. Sittenkin modulaarisuuden määritelmät ja tavoitteet ovat muuttuneet ja muuttuvat yhä edelleen. (Miller & Elgård, 1998)

### 5.1 Moduulin ja modulaarisuuden määritelmä

Modulaarisuus voi olla muunteluun tähtäävää tai tuotteen elinkaareen perustuvaa. Muunteluun tähtäävässä modulaarisuudessa tuote koostuu ennalta määritellyistä moduuleista, jotka ovat keskenään vaihtokelpoisia. Moduuleja vaihtamalla muodostetaan eri asiakkaiden vaatimukset täyttäviä tuotteita.

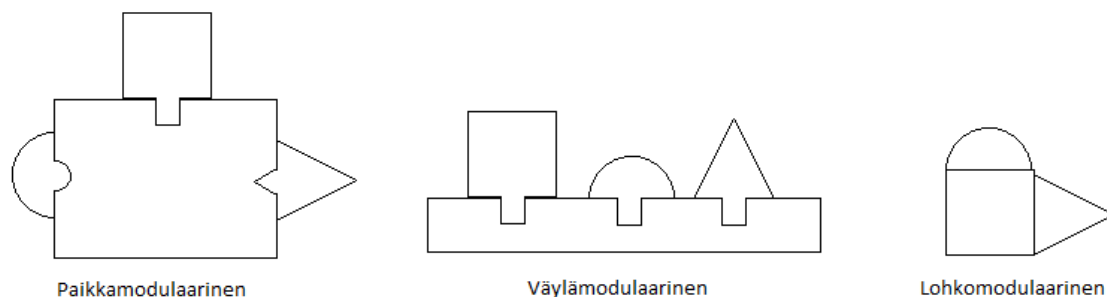
Tuotteen elinkaareen perustuva modulaarisuus voi tähdätä tuotteen valmistuksen edistämiseen, minkä vuoksi tuote on jaettu kokoonpanon kannalta helposti käsiteltäviin moduuleihin. Modulaarisuutta ei kuitenkaan hyödynnetä enää valmiissa tuotteessa. Toinen vaihtoehto on huoltoon tähtäävä modulaarisuus: tuote ei ole modulaarinen, mutta sen elinkaaren aikana siihen voidaan vaihtaa tiettyjä moduuleja, jotka ovat myös mahdollisesti kierrätettävissä itse tuotteen käytöstä poistamisen jälkeen. Kolmas tyyppi on logistinen modulaarisuus, jossa kooltaan suuri lopputuote suunnitellaan muodostumaan moduuleista, jotka ovat helposti kuljetettavissa esimerkiksi kokoonpanopaikalle. (Lehtonen, 2007, s. 90.)

Kirjallisuudesta löytyy monia erilaisia määritelmiä moduulille. Toisinaan moduuli määritellään fyysiseksi osaksi ja toisinaan ei-fyysiseksi, esimerkiksi ohjelmistoksi (Miller & Elgård, 1998). Fyysinen moduuli voidaan määritellä "kovaksi" moduuliksi ja ei-fyysinen moduuli "pehmeäksi" moduuliksi (Hölttä-Otto, 2005, s. 26). Modulaarisuutta voidaan myös tutkia keskittymällä tuotteen fyysiseen osatason rakenteeseen tai tuotteen toiminnalliseen rakenteeseen (Miller & Elgård, 1998).

Muunteluun tähtäävässä modulaarisuudessa moduuli voidaan määritellä tuotteen kokoonpanona tai järjestelmän osana, jonka rajapinta on määritelty ja joka on osa modulaarista järjestelmää. Modulaarinen järjestelmä puolestaan voidaan määritellä järjestelmänä, joka koostuu vaihtamiskelpoisista moduuleista. Vaihtamiskelpoisuus tarkoittaa sitä, että moduulin tulee olla vaihdettavissa toiseen määriteltyyn moduuliin ja moduuleita voidaan käyttää useissa tuotevariaatioissa. (Lehtonen, 2007, s. 89.)

Lähtökohtaisesti modulaarisessa järjestelmässä on moduuleja vain yhdellä tasolla. Laajojen tuotteiden kyseessä ollessa tulevat kuitenkin kysymykseen myös eri tasoilla olevat moduulit. (Lehtonen, 2007, s. 89.)

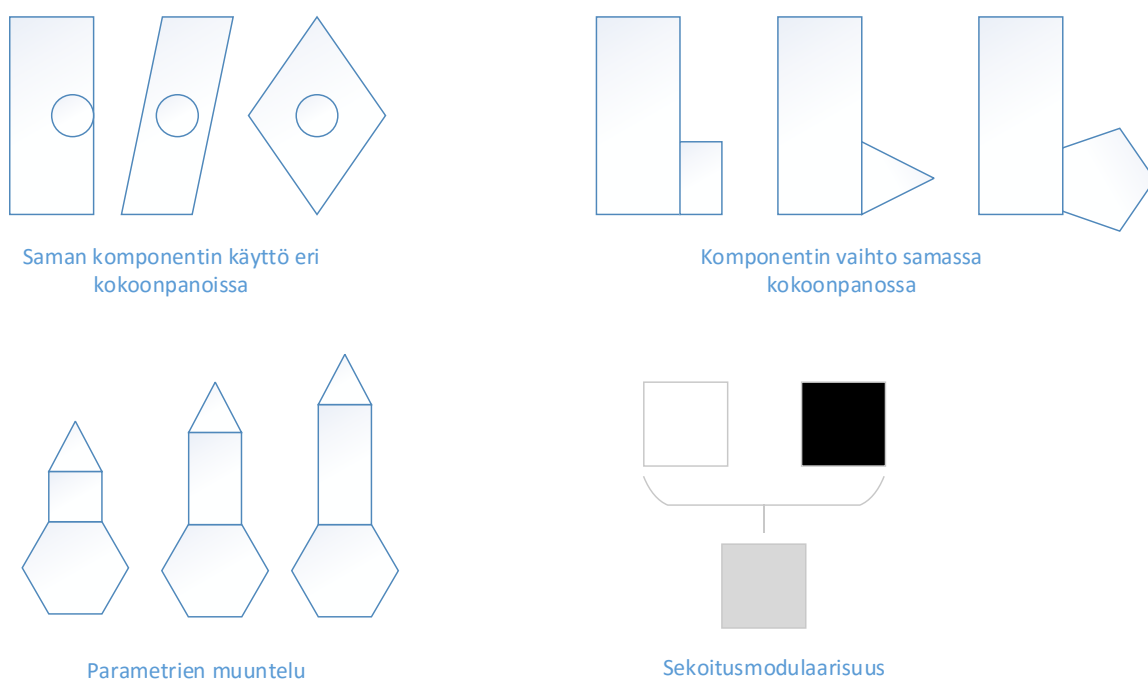
Ulrich (1993, s. 424) jakaa modulaarisen tuotearkkitehtuurin kolmeen eri tyyppiin. Näitä ovat paikka-, väylä- ja lohkomodulaarinen arkkitehtuuri (kuva 11).



KUVA 11. Modulaarisuuden tyypit Ulrichin mukaan, mukailen (Ulrich, 1993, s. 425)

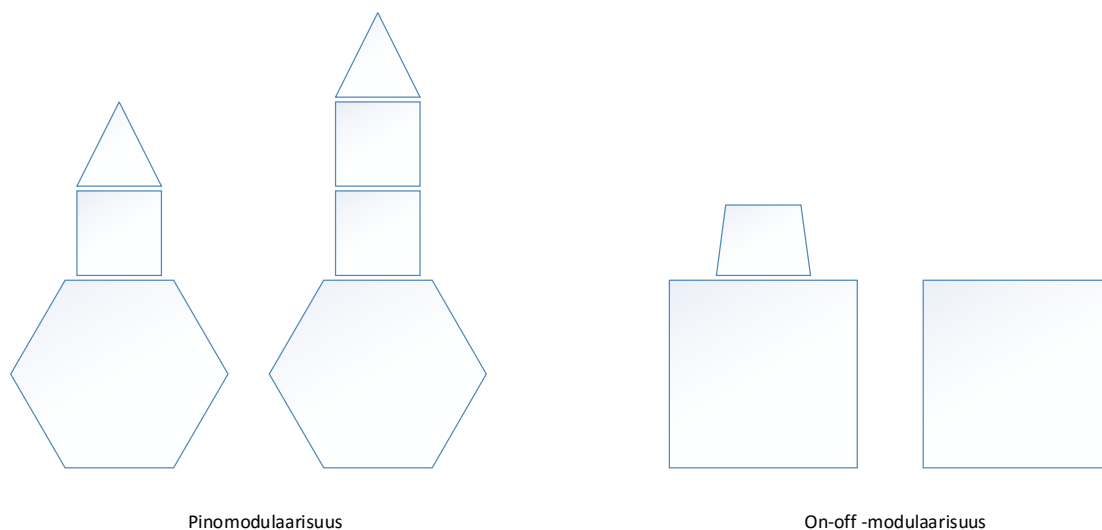
Paikkamodulaarisuudessa tuoterakenteessa komponenttien väliset rajapinnat ovat keskenään erilaisia, minkä vuoksi komponentit eivät ole vaihdettavissa keskenään. Väylämodulaarisuudessa taas on käytössä yhteinen väylä, johon komponentit liittyvät keskenään samanlaisilla rajapinnoilla. Lohkomodulaarisuudessa kaikki rajapinnat ovat samaa tyyppiä, mutta elementtiä, johon komponentit liittyvät, ei ole. Kokoontulo koostuu yhdistelemällä komponentteja toisiinsa. (Ulrich, 1993, s. 424).

Joseph Pine puolestaan jakaa modulaarisuuden tyyppit kuuteen osaan, joita ovat saman komponentin käyttö eri kokoonpanoissa, komponentin vaihto samassa kokoonpanossa, parametrien muuntelu, sekoitusmodulaarisuus sekä edellä esiteltyt väylä- ja lohkomodulaarisuus (Lehtonen, 2007, s. 48) (kuva 12). Sekoitusmodulaarisuutta lukuun ottamatta kaikki tyypit perustuvat komponenttien keskinäiseen vaihtokelpoisuuteen.



KUVA 12. Modulaarisuuden eri tyypit Pinen mukaan, mukailen (Lehtonen, 2007, s. 48)

Edellä mainittuihin modulaarisuuden tyyppeihin voidaan lisätä vielä pinomodulaarisuus ja on-off -modulaarisuus (kuva 13). (Lehtonen, 2007, s. 48)



KUVA 13. Pino- ja on-off-modulaarisuus Thomas Millerin ja Per Elgårdin mukaan (Lehtonen, 2007, s. 48)

Pinomodulaarisuus on parametrinen modulaarisuuden alatyppi. Siinä parametrinen ominaisuuden, esimerkiksi pituuden, muuntelu toteutetaan muuttamalla kokoonpanon muodostavien moduulien lukumääriä. On-off-modulaarisuudessa puolestaan tietty komponentti joko valitaan kokoonpanoon tai jätetään valitsematta. (Lehtonen, 2007, s. 48)

Vaihtamiskelpoisuuden toteutumiseksi moduulin tulee olla riippumaton muusta järjestelmästä. Moduuli tulee olla esimerkiksi kehitettävissä, hallittavissa, valmistettavissa ja kierrätettävissä itsenäisesti. Tämän vuoksi moduulin rajapintojen tulee olla tarkkaan määritellyt. (Hölttä-Otto, 2005, s. 27.)

Rajapinnat voivat olla kosketuksellisia, kappaleiden geometriaan perustuvia pintoja, esimerkiksi hammaspyörän ja akselin kokoonpanossa. Rajapinnat voivat olla myös kosketuksettomia, esimerkiksi kaukosäätimen ja television välillä. Rajapintojen määrittely määrää siten pintojen välisen säännösten, esimerkiksi geometriaan perustuvien kosketuksellisten pintojen tapauksessa rajapinnan muodostavan geometrian. Kahden toisiinsa liittyvän komponentin rajapinnan määrittelyyn voi kuulua esimerkiksi kosketuksissa olevien pintojen mittatiedot, ruuvien reikien koot sekä niiden sijainnit sekä myös suurin voima, jonka kosketuspinnan oletetaan kestävä. Rajapinnat voivat olla myös jo aiemmin standardoituja, esimerkiksi peräkärryn vetonupin, renkaan vanteen tai sähkökomponenttien liittimien tapauksissa. Modulaarisissa tuotteissa moduulien välinen riippumattomuus vaatii myös, etteivät rajapinnat ole riippuvaisia yhteydessä olevista kappaleista. (Ulrich, 1993, ss. 422-423.)

## 5.2 Moduloinnin tavoitteet, edut ja haitat

Modulaarisuuden tuomia hyötyjä on jo käsitelty massaräätälöinnin ja konfiguroinnin kannalta luvussa 3. Moduloinnin yleiseksi tavoitteeksi voidaan määritellä resurssien hyödyntäminen mahdollisimman tehokkaalla tavalla tehtävien suorittamisessa tai teollisuudessa tuotteiden tuottamisessa.

Asiaksräätelöityjä tuotteita tarjoavalle yritykselle modulaarisuus tuo hyötyä tasapainottamalla ja rationalisoimalla tuotteissa esiintyvää vaihtelua. Modulaarisen rakenteen käyttö lisää myös selkeyttä, vähentää kompleksisuutta ja tarjoaa joustavuutta. Modulaarisuus mahdollistaa myös soveltuvien tehtävien suorittamisen yhtäaikaaisesti ja itsenäisesti. (Miller & Elgård, 1998.)

Modulaarisuuteen siirtymisen taustalla voidaan määritellä olevan kolme päätekijää, joita ovat variaation luominen, samanlaisuuksien hyödyntäminen ja kompleksisuuden vähentäminen. Variaation luomisen edut tulevat esiin asiaksräätelöinnissä. Modulointi tarjoaa hyödyllistä ulkoista vaihtelua, kun asiakkaan toiveet voidaan täyttää yhdistelemällä määriteltyjä moduuleja. Samalla voidaan myös poistaa turhaa variaatiota, jota ei haluta tuotteeseen. Tähän kuuluu tuotteen ulkoinen variaatio, joka ei liity asiakkaan toiveen täyttämiseen, sekä sisäinen variaatio, jota tapahtuu tuotteen valmistukseen kuuluissa prosesseissa, materiaaleissa ja ratkaisuissa. Sisäinen variaatio voi nostaa tuotteen valmistuskustannuksia tarjoamatta kuitenkaan mitään lisäarvoa asiakkaalle. (Miller & Elgård, 1998.)

Samanlaisuuksien hyödyntämiseen kuuluvat resurssien uudelleen käyttö ja standardointi. Jo aiemmin tehtyä työtä hyödyntämällä vältetään turhaa työtä. Tuotteen valmistusprosessin vaikuttavien tekijöiden ja tukevien toimintojen löytäminen mahdollistaa nopeamman ja tehokkaamman työskentelyn. Hyväksi havaittuja ratkaisuja käyttämällä myös riskienhallinta parantuu. Samanlaisuuksien hyödyntäminen vähentää omalta osaltaan myös tuotantoprosessin sisäistä vaihtelua. (Miller & Elgård, 1998.)

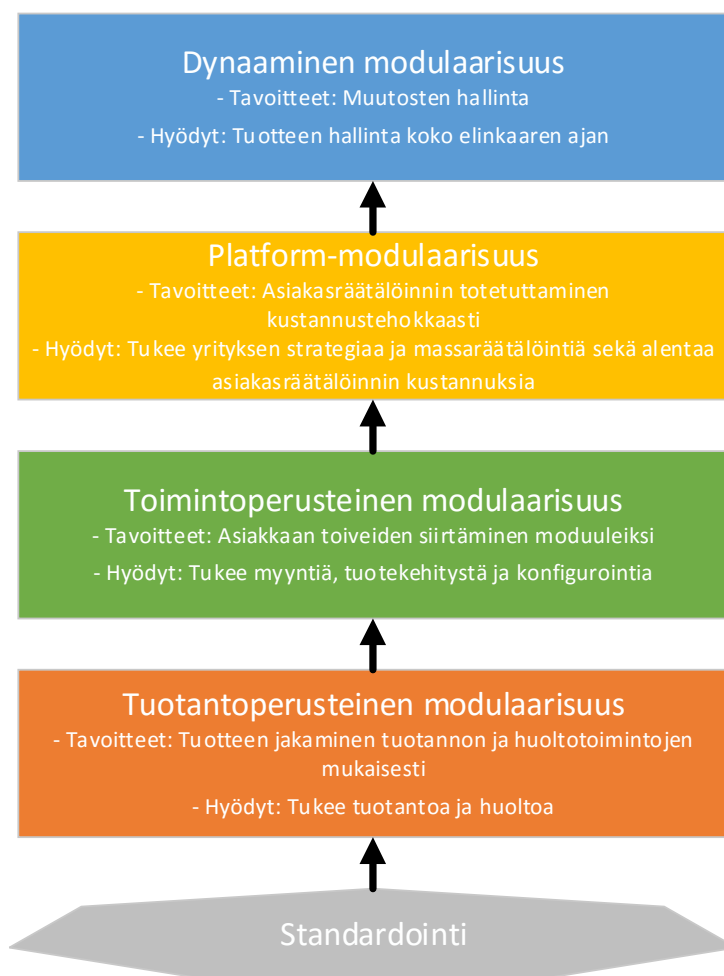
Kompleksisuuden vähentämisen myötä tuotantoprosessista saadaan parempi kuva ja sen hallittavuus paranee. Prosessi voidaan jakaa pienempiin itsenäisiin yksiköihin, mikä mahdollistaa yhtäaikaisen työskentelyn, tehtävien jakamisen, paremman suunnittelun ja yhtäaikaisen testaamisen. Yksinkertaisempi prosessi on myös helpommin sisäistettävissä, minkä ansiosta työntekijät voivat paremmin ymmärtää ja muunnella prosessia. (Miller & Elgård, 1998.)

Modulaarisella tuoterakenteella on myös huonoja puolia verrattuna integraaliseen rakenteeseen. Modulaarinen tuote on todennäköisesti integraalista suurempi, raskaampi, hitaampi ja vähemmän energiatehokas. Myös tuotteeseen liittyvien sivuvaikutusten ohjaus voi olla vaikeampaa. Lisäksi modulaarisen tuotteen rajapinnat vaativat usein tilaa ja niiden määrittelyyn kuluu aikaa. Edellä mainittuja haittoja ilmenee erityisesti suurtehoisissa ja mekaanisissa modulaarisissa tuotteissa. (Celona; Embry-Perline; & Hölttä-Otto, 2007, s. 3.)

### 5.3 Moduulijaon perusteita

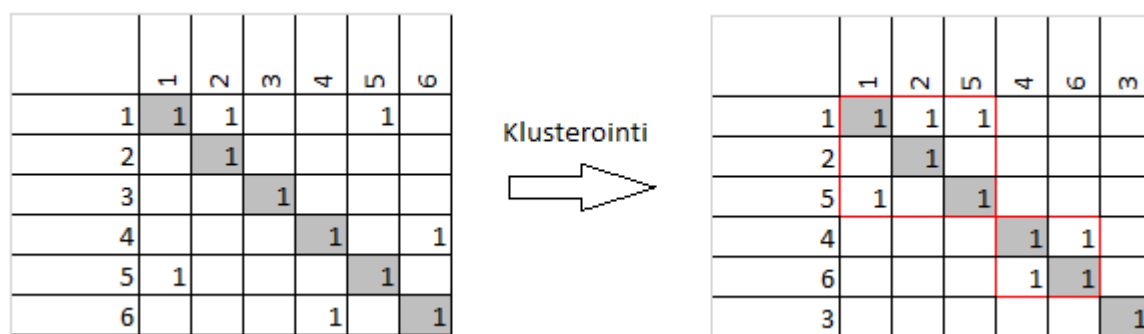
Moduulien muodostamiseen löytyy kirjallisuudesta lukuisia eri periaatteita. Lisäksi tapauskohtaisesti voi esiintyä erilaisia käyttökohteisiin sovellettuja moduulijakoja.

Lehtonen (2007) määrittelee neljä eri modulaarisuusluokkaa, jotka ovat kehittyneet ajan saatossa. (kuva 14). Mallin pohjalla on standardointi, joka muodostaa pohjan modulaarisuudelle. Modulaarisuuden tasoja ovat kokoonpanoperusteinen, toimintoperusteinen, platform-, sekä dynaaminen modulaarisuus.



KUVA 14. Modulaarisuuden kehitys, mukailen (Lehtonen, 2007, s. 92)

Moduulien muodostamiseen voidaan käyttää DSM-menetelmää (kuva 15). Kun tuote on kuvattu DSM:nä, vaihdellaan pysty- ja vaakarivien paikkaa siten, että toisiinsa vaikutuksissa olevat komponentit tai toiminnot kerääntyvät ryhmiksi. Tavoitteena on maksimoida ryhmien sisäiset ja minimoida ryhmien väliset vuorovaikutukset. (Hölttä-Otto, 2005, s. 38.)

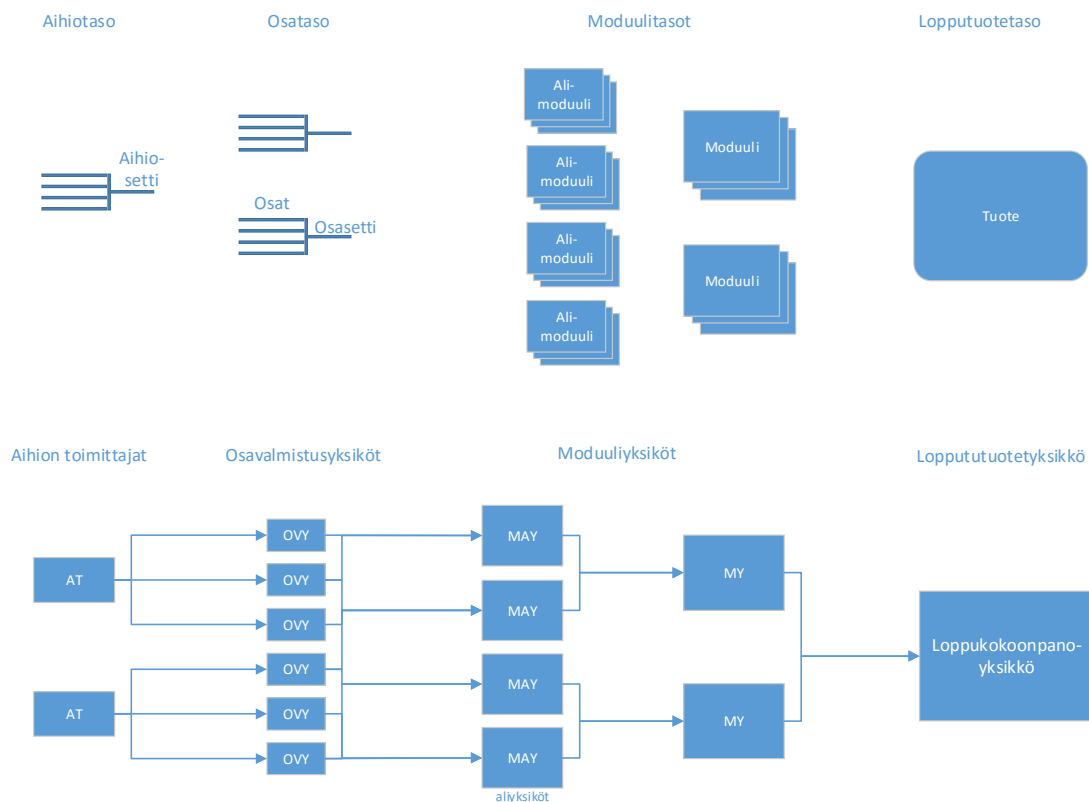


KUVA 15. DSM:n käyttö moduulien määrittämiseen

### 5.3.1 Tuotantoperusteinen moduulijako

Tuotantoperusteisesta modulaarisuudesta käytetään myös nimitystä kokoonpanoperusteinen modulaarisuus. Siinä tuote jaetaan todellisiin tuotannossa valmistettaviin ja asennettaviin moduuleihin. Se on vanhin ja laajalti käytetyin modulaarisuuden tyyppi. Tuotannon vastaavuutensa vuoksi se on myös helposti sisäistettävissä ja useimmiten hyvin helppo ottaa käyttöön. Tuotantoperusteinen modulaarisuus tukee erityisesti tuotannon ja huollon tavoitteita. Tuotantoperusteista modulaarisuutta on käytetty pisimpään sekä suurimpaan määrään erilaisia sovelluksia. (Lehtonen, 2007, s. 92.)

Lapinleimu (2000) käsittelee modulaarisuutta hyvin tuotantoperusteisesti. Lapinleimuun määrittelemä ideaalinen tuoterakenne vastaa tuotantojärjestelmän rakennetta (kuva 16).



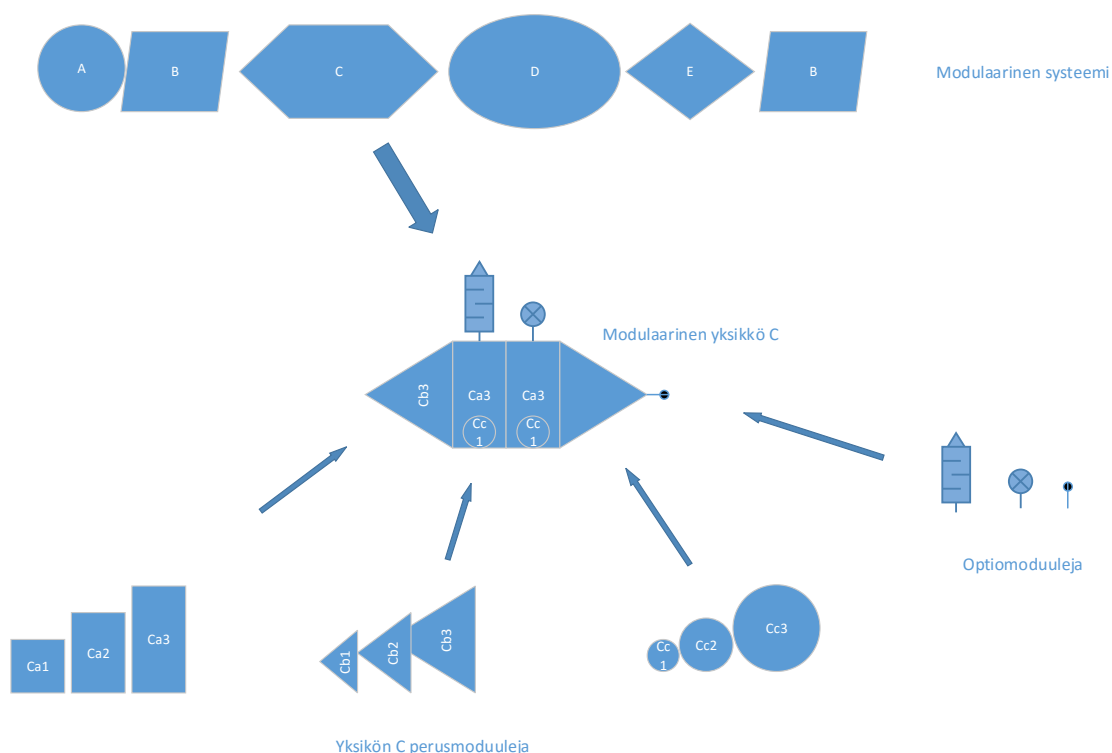
KUVA 16. Ideaalinen tuotteen ja tuotantojärjestelmän rakenne, mukailen (Lapinleimu, 2000, s. 88)

Tuoterakenteen on oltava sellainen, että kutakin tuoteyksikköä varten voidaan suunnitella vastaava valmistusyksikkö. Yksi valmistusyksikkö voi tehdä useaa eri tuoteyksikköä, mutta yksi tuoteyksikkö ei saa vaatia useiden valmistusyksiköiden ketjua valmistuakseen. Valmistusyksiköiden kuormitusta ei voida tuoterakennetta suunniteltaessa ottaa huomioon. (Lapinleimu, 2000, s. 89.)

Tuoterakenteessa on erotettuna aihiotaso, osataso, moduulitasot sekä lopputuotetaso. Aihiot on erotettu omalle tasolleen, sillä niiden valmistusteknologia poikkeaa usein selkeästi osavalmistusteknologiasta, ja ne vaativat oman valmistusyksikkönsä. Aihio- ja osatasolla on erotettu settejä, jotka ovat yhtenä kokonaisuutena käsiteltäviä joukkoja. Setti vastaa tuoterakenteen asemansa osalta alimoduulia. Se ei vaadi kokoonpanotyötä, ja voidaan siten toteuttaa osavalmistustasolla. (Lapinleimu, 2000, s. 89.)

Suurehkoissa lopputuotteissa saatetaan tarvita kaksi tasoa perusmoduuleja, jolloin syntyvät käsitteet päämoduuli ja alimoduuli. Lapinleimun mukaan on parasta, että myynnin ja valmistuksen käyttämät moduulit ovat samoja rakennemoduuleja. Samoja moduuleja tulee käyttää kaikissa yrityksen toiminnoissa, tai muuten joudutaan jalostusarvoa lisäämättömään toimintojen väliseen suunnittelutyöhön. (Lapinleimu, 2000, ss. 154-155.)

Lapinleimun (2000) esittämän modulaarisen tuotesysteemin rakenne on esitetty kuvassa 17.



KUVA 17. Modulaarinen tuotesysteemi, mukailen (Lapinleimu, 2000, s. 154)

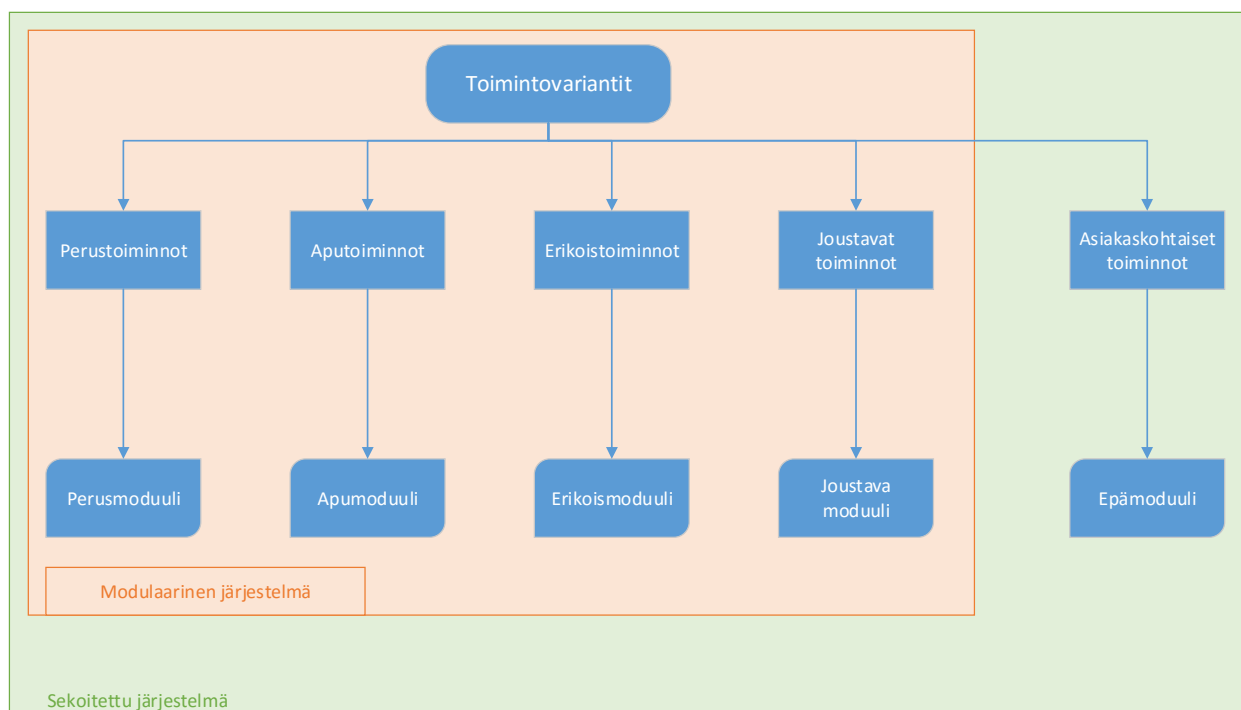
Perusmoduuleita ovat ne kokonaisuudet, jotka muodostavat varsinaisen lopputuotteen. Lopputuote muodostuu aina jonain varianttina koneeseen sisältyvistä perusmoduuleista ja helposti lisättävistä optimimoduuleista. (Lapinleimu, 2000, s. 154.)



### 5.3.2 Toimintoperusteinen moduulijako

Toimintoperusteisessa modulaarisuudessa tuote jaetaan moduuleihin niiden toiminnallisuuden mukaisesti. Tämä tukee erityisesti konfigurointia ja myyntiä, sillä asiakkaan tuotteelle kohdistamat vaatimukset liittyvät hyvin usein juuri toiminnallisiin. Verrattuna kokoonpanoperusteiseen moduuliin, toiminnallinen moduuli voi olla esimerkiksi järjestelmä, joka on levittäytynyt ympäri tuotetta, eikä sitä voida välttämättä valmistaa tai myydä erikseen. Toimintoperusteinen moduulijako asettaa tuotantoperusteiseen jakoon verrattuna suuremmat vaatimukset tuotetiedonhallinnalle, mutta toisaalta se tukee vahvasti tuotteen konfigurointia. Toimintoperusteinen jako on myös lähempänä tuotteen suunnittelun näkökulmaa, ja se tukeekin myös tuotekehityksen toimintaa tuotteen ja tuoteperheen koko elinkaaren aikana. (Lehtonen, 2007, s. 93.)

Pahl ja Beitz jakavat tuotteen toiminnallisuuden perusteella eri moduuleihin (kuva 18). Jos elementti, esimerkiksi komponentti, ei liity mihinkään toimintoon, määritellään se epämoduulina. (Miller & Elgård, 1998).



KUVA 18. Toiminnallinen modulaarisuus modulaarisessa ja sekoitetussa järjestelmässä, mukaillen (Miller & Elgård, 1998)

Toiminnallisia moduuleja voidaan tarkastella myös niiden tarpeellisuuden kannalta. Perus- ja apumoduulit esiintyvät aina tuotteissa, joten ne ovat tarpeellisia pakkomodulleita. Erikois- ja joustavia moduuleja puolestaan tarvitaan silloin, jos tuotteelta vaadittuja ominaisuuksia ei voida toteuttaa perus- ja apumoduulein. Erikois- ja joustavat moduulit eivät siten esiinny välttämättä aina tuotteessa, ja ne ovat tarpeellisuudeltaan mahdollisia moduuleita. Epämoduulit puolestaan esiintyvät vain erikoistapauksissa. (Pahl;Beitz;Feldhusen;& Grote, 2003 (2007), ss. 496-497.)

### 5.3.3 Platform- eli tuotealustamodulaarisuus

Tuotealusta voidaan määritellä joukkona fyysisiä tai ei-fyysisiä moduuleja, jonka pohjalta voidaan muodostaa useita tuotteita (Hölttä-Otto, 2005, s. 32). Se voi muodostua toiminnallisista tai tuotannollisista moduuleista (Lehtonen, 2007, s. 81). Samasta tuotealustasta muodostettavat komponentit muodostavat tuoteperheen (Simpson;Zahed;& Jianxin, 2005, s. 3).

Tuotealustan keskeisenä piirteenä on suunnittelun uudelleenkäyttö. Se voi tarkoittaa esimerkiksi komponenttivalintojen standardointia tai suunnittelun peruselementtien tai moduulien käyttöä useissa tuotteissa. Lisäksi tulee löytyä toimintatavat, joita käytetään datan hyväksymiseksi tuotealustaan sekä suunnittelua tulee ohjata hyödyntämään suunnittelun uudelleenkäyttöä. Tuotealusta-ajattelun tulee olla näkyvä tekijä organisaatiossa. Siirtyminen tuotealusta-ajatteluun voi olla haastava tehtävä. (Lehtonen, 2007, s. 84.)

Tiivistettynä, suunnittelun uudelleenkäytöstä johtuen:

- suunnittelutyö vähentyy
- tilauksen vastaanotosta toimitukseen asiakkaalle kuluva aika lyhentyy
- ensimmäisessä uuden tuotteen tilauksessa suunnittelu tapahtuu juuri ennen tuotteen toimitusta, eikä se lisää todellista työtä ja aikaa
- ensimmäinen uuden tuotteen toimitus on nopea mutta ei kustannustehokas
- kustannusedut näkyvät toisessa tilauksessa
- mitä enemmän tuotealustaa käytetään, sitä suuremmat ovat taloudelliset hyödyt
- toistosta aiheutuva säästö ei keskity pelkästään suunnittelutyöhön, vaan koko toimitusprosessi tehostuu. (Lehtonen, 2007, s. 87.)

Tuotealustapohjaisten tuotteiden suunnittelussa voidaan käyttää top-down tai bottom up -menetelmiä. Top-down menetelmä on liiketoimintaa läheisempi, kun taas bottom up -tyyppinen lähestymistapa on teknillisempi. Modulaarisuuden lisäksi tuotealustat voivat olla myös tuoteperheiden tapaan skaalapohjaisia, jolloin samasta tuotealustasta johdettavilla tuotteilla on samat toiminnallisuudet, mutta eri suoritustasot. Modulaarisesta tuotealustasta johdettavissa tuotteissa käytetään puolestaan yhteisiä moduuleja, mutta tuotteiden toiminnallisuudet voivat olla erilaisia. (Hölttä-Otto, 2005, s. 33.)

Tuotealustan käytön seurauksena yritys voi kehittää toisistaan eroavia tuotteita tehokkaasti, lisätä valmistuksen joustavuutta ja reagointikykyä sekä saavuttaa markkinaetua verrattuna kilpailijoihin, jotka kehittävät vain yhden tuotteen kerrallaan. Muihin hyötyihin kuuluvat suunnitteluajan lyhentyminen ja kompleksisuuden väheneminen, alentuneet suunnittelu- ja tuotantokustannukset ja parantunut kyky päivittää tuotteita. Tuotealustan käyttö voi myös helpottaa tuotteen räätälöintiä, kun tuotteita voidaan kehittää nopeasti ja helposti palvelemaan eri markkinasegmenttien tarpeita ja vaatimuksia. (Simpson;Zahed;& Jianxin, 2005, ss. 3-4.)

Toisaalta tuotealustan käyttöön liittyy myös haasteita ja ongelmia. Tuotealustaan pohjautuvat tuotteet voivat olla liian samanlaisia, ja halvemman hintaluokan tuotteet voivat vähentää kalliimman hintaluokan tuotteiden myyntiä. Lisäksi tuotealusta voi aiheuttaa ongelmia esimerkiksi korkeampaa suorituskykyä vaativissa tuotteissa. Liian suuri tuoteperheen tuotteiden keskinäinen samanlaisuus voi myös huonontaa yrityksen imagoa. Suunnittelutyöhön voi aiheutua myös lisäkustannuksia, jotka voivat nousta suuriksi. (Simpson;Zahed;& Jianxin, 2005, ss. 4-5.)

Onnistuneen tuotealustapohjaisen tuoteperheen suunnittelun avaintekijänä onkin tasapaino tuotteiden samanlaisuuksien ja erilaisuuksien välillä. Tuotealusta ei saa rajoittaa yksittäisen tuotteen suorituskykyä. Tuotealustan suunnittelussa tulee huomioida perinteisen tuotesuunnittelun lisäksi tuoteperheen muut tuotteet, jotta voidaan hyödyntää tehokkaasti samanlaisuuksia ja turvata riittävä tuotteiden erilaisuus. (Simpson;Zahed;& Jianxin, 2005, s. 5.)

Tuotealustamodulaarisuudessa tuotteelle muodostetaan vakio-osista koostuva tuotealusta, johon yhdistetään sitten toimintoperusteisista moduuleista konfiguroitavat elementit, joilla toteutetaan variointi. Tuotealustamodulaarisuudella voidaan saavuttaa alhaiset tuotantokustannukset, mutta säilyttää kuitenkin kyky vastata myös tehokkaasti asiakasvaatimuksiin, minkä vuoksi se tukeekin hyvin massaräätälöintiä. (Lehtonen, 2007, s. 94.)

#### 5.3.4 Dynaaminen modulaarisuus

Dynaaminen modulaarisuus on alun perin Andreasenin ja Riitahuhdan vuonna 1998 kehittänyt malli. Siinä on jalostettu tuotealustamodulaarisuuden ideaa ottamalla lisäksi huomioon tuotteen elinkaari. Tuote suunnitellaan ottaen huomioon myös mahdolliset tulevat asiakastarpeet, ja säilyttäen tuotteen muokattavuus sen elinkaaren aikana. Suunnittelussa optimoidaan jo aiemmin tehdyn suunnittelutyön uudelleenkäyttö. Toimiessaan menetelmän etuja ovat erityisesti muutosten hallinta sekä myös lyhempi suunnittelu-aika ja kohonnut tuottavuus. (Lehtonen, 2007, ss. 93-94).

## 6 TUOTETIEDONHALLINTA JA JÄRJESTELMÄINTEGRAATIO

Tuotetiedonhallinta on laaja toiminnallinen kokonaisuus ja systemaattinen menetelmä, jolla pyritään hallitsemaan tuotteeseen liittyvän tiedon luomista, käsittelyä, jakelua ja tallentamista. Tuoterakenne liittyy kiinteästi tuotetietoon. (Sääksvuori & Immonen, 2002, ss. 17-18.)

### 6.1 Tuotetiedonhallinta

Nykyään tuotteiden ja komponenttien elinkaaret lyhenevät jatkuvasti, minkä vuoksi uusia tuotteita on myös saatava markkinoille entistä nopeammin. Tämän vuoksi yritykset muodostavat verkostoja, joissa kukin toimija erikoistuu tuotteen tietyn osa-alueen suunnitteluun tai valmistamiseen. Yhteistä lopputuotetta koskevan tiedon täytyy kulkea verkostojen välillä nopeasti, virheettömästi ja automaattisesti, jotta pystytään kilpailemaan tehokkaasti kansainvälisillä markkinoilla. (Sääksvuori & Immonen, 2002, s. 9.)

Tuotetiedonhallinnan ydin on yrityksen valmistamaan tuotteeseen ja sitä kautta yrityksen toimintaan liittyvän tiedon luominen, säilyttäminen ja tallentaminen niin, että päivittäisessä toiminnassa tarvittavan tiedon löytäminen, jalostaminen, jakelu ja uudelleenkäyttö on helppoa, nopeaa ja vaivatonta. Jo kerran tehtyä työtä tulee voida hyödyntää uudestaan tehtyjen rajausten puitteissa paikasta, ajasta ja tiedon omistajasta riippumatta. Samalla ajatuksena on muuttaa yrityksissä toimivien työntekijöiden hallitsema tieto yrityksen pääomaksi, joka on hallittavassa ja jaettavassa muodossa. Räättälöityjä tuotteita valmistavassa yrityksessä tietomäärät ovat suuria ja ilman tehokasta tuotetiedonhallintaa ei ole mahdollista toimia globaalisti. Toisaalta nykyaikaisilla tietojärjestelmäsovelluksilla tuotettu tieto on jo valmiiksi sähköisessä muodossa. (Sääksvuori & Immonen, 2002, s. 13.)

Tuotetiedonhallinnan tehtäviä ovat esimerkiksi nimikkeiden, tuoterakenteen, dokumenttien, muutosten ja konfiguraatioiden hallinta. Nimikkeiden hallintaan kuuluvat nimikkeen tietojen ja elinkaarenhallinta sekä nimikkeiden perustaminen ja ylläpito. Muutosten hallinnan tarkoituksena on varmistaa, että viimeisin oikea tieto siirtyy tuotteisiin ja se osiin, kuten dokumentteihin ja nimikkeisiin. Konfiguraatioiden hallintaan kuuluu puolestaan samaan käyttötarkoitukseen tehdyn tuotteen fyysisten ominaisuuksien muuntelu ja vaihtokelpoisten kokoonpanojen tai komponenttien vaihtaminen, esimerkiksi asiakkaan toiveiden mukaan tehty tuoterakenteen variointi. (Sääksvuori & Immonen, 2002, ss. 21-22.)

### 6.2 Järjestelmäintegraatio

CAD-ohjelmat voivat olla 2D- tai nykyään yhä useammin 3D-suunnitteluohjelmia, jotka voivat olla erikoistuneita esimerkiksi mekaniikkasuunnitteluun, sähkösuunnitteluun, elektroniikkasuunnitteluun, hydraulikkasuunnitteluun, putkistosuunnitteluun tai laivanrakennukseen. PDM-ohjelmistolla hallitaan puolestaan sitä tietoa, mitä CAD-ohjelmalla on tuotettu. Ohjelmistot ovat lähellä toisiaan, mutta

niiden välinen työnjako on kuitenkin selvä. PDM:ssä ei kuitenkaan ole varsinaiseen mallinnustyöhön liittyviä toiminnallisuuksia. (Sääksvuori & Immonen, 2002, s. 67.)

Kun CAD ja PDM ovat yleensä tuotetiedon tuottajien, kuten tuotekehityksen pääjärjestelmiä, on ERP puolestaan tiedon käyttäjän, kuten tuotannon järjestelmä. Toiminnanohjausjärjestelmät ovat kehittyneet pitkälti materiaalitarvetta laskevien järjestelmien pohjalta. ERP-järjestelmät ovat yleensä moduulipohjaisia ja eri moduuleilla on erilaiset käyttöliittymät ja käyttäjäryhmänsä. Käytössä voi olla esimerkiksi valmistukseen, ostoon, logistiikkaan, taloushallintoon, huoltoon ja varaosamyyntiin keskittyviä moduuleja. (Sääksvuori & Immonen, 2002, s. 66.)

Tuotetiedonhallintaan erikoistuneissa järjestelmissä on paljon toimintoja ja piirteitä erityisesti nimikkeiden ja dokumenttien käsittelyyn. Nämä ovat harvinaisia esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmissä tai CAD-järjestelmissä. Toisaalta PDM-järjestelmissä ei ole puolestaan yleensä ERP-järjestelmien ominaisuuksia. Näin ollen PDM ja ERP eivät sulje toisiaan pois, vaan järjestelmät täydentävät toisiaan. Järjestelmien roolijako on kuitenkin aina päätettävä tapauskohtaisesti. (Sääksvuori & Immonen, 2002, s. 61.)

Perinteiset ERP-järjestelmät on aikoinaan kehitetty palvelemaan sarjatuoantoa suorittavia yrityksiä, joissa rajaveto suunnittelun ja tuotannon välillä on myös selvä. Tällaisissa yrityksissä suunnittelija suunnittelee tuotteen CAD-ohjelmistoa käyttäen, ja testauksen ja mahdollisten prototyyppien valmistuksen jälkeen tuote vapautetaan tuotantoon, jota hallitaan ERP-järjestelmällä. Suunnitteluinsinööri on hyvin vähän tai ei ollenkaan tekemisissä ERP-järjestelmän kanssa. Tyypillisesti suunnitteluinsinöörin työn jälkeen tuotantoinsinööri luo osaluettelon tuotteen valmistustavan mukaan. (Cutler.)

Tilaustuotannossa suunnittelu ja tuotanto ovat huomattavasti lähempänä toisiaan. Tyypillisesti tuotteen valmistuksen aikana siihen joudutaan tekemään useita muutoksia, minkä vuoksi suunnittelu jatkuu läpi tuotteen valmistusprosessin. Muutosten tarve voi liittyä esimerkiksi asiakkaan tarpeiden ja vaatimusten muuttumiseen, tai tuotannon ja valmistettavuuden asettamiin muutostarpeisiin. Tämän tyyppisessä toiminnassa nopea ja ongelmaton tiedonsiirto suunnittelun ja tuotannon välillä on tärkeässä roolissa. Tilaustuotantoa suorittavan yrityksen tulee yhdistää CAD ja ERP. (Cutler.)

Järjestelmäintegraatioiden taso voi vaihdella huomattavasti. Tietoa voidaan siirtää ohjelmien välillä useilla eri tavoilla alkaen manuaalisesta tiedostojen siirtämisestä ja kopioimisesta päättyen järjestelmien välisiin tietokantaintegraatioihin asti. Tiedon tarvitsijalla on kaksi mahdollisuutta saada käyttöönsä tarvitsemansa tiedot; tiedon siirtämisellä tai tiedon jakamisella. Menetelmät eroavat toisistaan tiedon kopioinnin osalta. Tieto on käytännössä usein helpompi siirtää kuin jakaa, koska tiedon jakaminen edellyttää käytössä olevien ohjelmistojen perusmekanismien tarkkaa tuntemista ja joskus sovelluskohtaisia räätälöintejä. Tiedon siirtämisessä ongelmana on kuitenkin se, että usein on erittäin vaikea varmistua kaikkien kopioitujen tiedostojen yhteneväisyydestä. Tiedonsiirto sopii hyvin yritysten ja organisaatioiden väliseen tiedonvälitykseen. Tiedon jakaminen puolestaan on hyvä

ratkaisu yrityksen sisällä, missä ohjelmistot voidaan integroida tiiviimmin. (Sääksvuori & Immonen, 2002, s. 62.)

Käytännössä kaksi yleisintä tapaa integroida järjestelmiä ovat siirtotiedoston käyttö ja tietokantaintegraatio. Siirtotiedosto on yleisempi ratkaisu. Siirtotiedosto luodaan joko manuaalisesti tai automaattisesti siinä ohjelmistossa, josta tietoa viedään. Tiedosto luetaan sisään siinä ohjelmistossa, jonne tietoa tuodaan. Tietojärjestelmäintegraatiossa on oltava tarkat sopimukset siitä, mitä tietoa siirretään sekä miten ja missä muodossa tietoa siirretään. Käytännössä nämä määrittelyt kirjataan ylös erityisessä määrittelydokumentissa, jonka perusteella siirtotiedoston luomiseen tarvittavat ohjelmat koodataan. Käytännössä siirtotiedosto voi olla esimerkiksi TXT- tai CSV- tyyppinen tekstitiedosto. Nopeasti yleistynyt teknologia on myös tiedonsiirto XML-standardin kuvaamassa muodossa. (Sääksvuori & Immonen, 2002, ss. 62-64.)

Tietokantaintegraatiossa kyse on yhteisen tietokannan käyttämisestä. Haluttu tieto jaetaan kahden tai useamman sovellusohjelman kanssa. Tieto sijaitsee kuitenkin vain yhden ohjelman tietokannassa, johon muilla ohjelmilla on pääsy soveltuvilla osin. Tieto voidaan kuitenkin myös kopioida toiseen tietokantaan, jolloin kyseessä on tiedon siirtäminen. Tietokantaintegraatio toteutetaan usein niin sanotun ohjelmointirajapinnan kautta. Kussakin sovellusohjelmassa on yleensä erikseen määritelty ohjelmistorajapinta. (Sääksvuori & Immonen, 2002, s. 64.)

Yleensä keskeisessä osassa järjestelmäintegraatiota on CAD-järjestelmällä luotu osaluettelo. Järjestelmälinkki voidaan luoda joko CAD- ja ERP-järjestelmien välille tai PDM/PLM- ja ERP-järjestelmien välille. (Elmo Solutions Inc., 2012, ss. 1-2.)

Järjestelmäintegraatio voidaan määritellä myös sen mukaan, moneen suuntaan tietoa siirtyy. Kaksisuuntaisessa integraatiossa tieto liikkuu molempiin suuntiin CAD/PDM/PLM- ja ERP-järjestelmien välillä. Tieto on jatkuvasti ajan tasalla molemmissa järjestelmissä, mikä vähentää riskiä virheisiin. Yksisuuntaisessa tiedonsiirrossa puolestaan tieto siirtyy vain CAD/PDM/PLM-järjestelmästä ERP-järjestelmään. Näin siirrettävää tietoa voidaan käyttää esimerkiksi osaluetteloiden tekemiseen, osaluettelon siirtoon ERP-järjestelmään tai tuote- ja varaosaluetteloiden luontiin. Yksisuuntainen tiedonsiirto vaatii yleensä tiedonkäsittelyä, ennen kuin tieto on kohdeohjelmalle soveltuvassa muodossa. (Elmo Solutions Inc., 2012, ss. 2-4.)

Järjestelmäintegraatiota hyödyntämällä voidaan vähentää virheitä, kun samaa tuotetietoa käytetään eri järjestelmissä. Lisäksi tietoja ei tarvitse syöttää uudelleen eri järjestelmissä, mikä vähentää tiedonsyöttöön kuluva työaika. Myös tiedon manuaalisessa syötössä tapahtuvat näppäilyvirheet poistuvat. Tieto on myös nopeasti jaettavissa eri osastojen kesken. Myös kokonaistuottavuus nousee ja tuotteen saamiseen markkinoille kuluva aika lyhenee. (Elmo Solutions Inc., 2012, ss. 4-5.)

## 7 NYKYTILA-ANALYYSI

Aluksi analysoitiin yrityksen tuotteiston, tuotehallinnan, tuoterakenteen ja modulaarisuuden nykytilaa. Tietoa analyysia varten saatiin yrityksen arkistoista sekä haastattelemalla eri toimijoita. Analyysistä saatua tietoa hyödynnettiin myöhemmin tuoterakenteen ja järjestelmäintegraation periaatteiden määrittelyssä.

### 7.1 Tuotteisto ja tuotepoliittikka

Yritys ei valmista tuotteita varastoon, vaan tuotteet valmistetaan tilauksesta, yleensä julkisen kilpailutuksen kautta. Yrityksen vuosittaista tilauskantaa tutkimalla havaittiin, että levitettävät konttituotteet muodostavat tällä hetkellä noin 10 % tuotannosta mutta 50 % liikevaihdosta. More 2.0 -hankkeen tuotepoliittinen tavoite on siten perusteltua. Tähän saakka valmistetut levitettävät konttituotteet ovat olleet perusrakenteeltaan hyvin samankaltaisia, mutta konttien varusteluissa on havaittavissa suuriakin eroavaisuuksia. Tuotteista on erotettavissa kolme varustelultaan selvästi toisistaan poikkeavaa johtamiskonttityyppiä. Nämä tuotteet on suunniteltu täyttämään kolmen eri asiakkaan tilaustarpeet. Tämän lisäksi levitettävistä konttituotteista on vielä erotettavissa optiotyyppiset valinnat NBC-suojaus sekä sirpalesuojaus.

Levitettävät konttituotteet ovat olleet pitkälti omia projektejansa, joita on valmistettu yksittäin tai pienissä muutaman kappaleen sarjoissa. Tuotteen valmistus on alkanut yleensä aina suunnittelusta, sillä massaräätälöintiä ei ole juuri hyödynnetty. Massaräätälöinnin ja konfiguroitavien tuotteiden avulla olisi mahdollista lyhentää tuotteiden toimitusaikoja, parantaa erityisesti suunnittelun ja tuotekehityksen tehokkuutta, alentaa valmistus- ja työkustannuksia, sekä siirtää asiakastarpeen vaikutuspistettä myöhemmäksi tuotteiden valmistusketjussa.

Tuotteissa esiintyy paljon variaatiota. Vaikka levitettävistä konteista on muodostettu muutamaa erilaista tuotetta palvelemaan eri asiakkaita sekä erilaisia tilaustoiveita, esiintyy näissä eri tuotetyypeissä myös sisäistä variaatiota. Sisäinen variaatio muodostuu käytettävien komponenttien vaihtelusta, joka ei liity asiakastarpeen täyttämiseen. Massaräätälöinnin menetelmiin kuuluu tämän vaihtelun poistaminen.

Asiakkaan mukaan räätälöitäviä osaryhmiä ovat olleet:

- ilmanvaihto. Ilmanvaihtoon on käytetty asiakkaiden toiveista erilaisia ilmanvaihtokoneistoja.
- lämmitys. Kontin lämmityksen toteuttamiseksi on käytetty erilaisia lämmityslaitteita sekä lämmityslaitteiden yhdistelmiä, myös saman tuotetyypin konttien kesken.
- jäähdytys. Myös jäähdytyksen toteuttamiseksi on käytetty erilaisia jäähdytyskoneikkoja.
- maalaus. Asiakas on saanut määrittää konttituotteen värityksen ja maalauskuviot.
- tietoliikenteeseen liittyvät osat, esimerkiksi valokuidut ja signaalipaneelit. Muuttuvia ominaisuuksia ovat olleet esimerkiksi liitäntöjen tyypit ja lukumäärät.
- muut varusteluosat. Konttituotteita on valmistettu monenlaisin eri varustelukokonaisuuksin. Varusteluissa esiintyy eroavaisuuksia käytettävissä komponenteissa sekä komponenttien

sijoittelussa myös saman tuotetyypin konttien kesken. Lisäksi asiakas on voinut myös itse hankkia varusteet, jotka on asennettu sittemmin yrityksen tuotantolinjalla paikoilleen.

Erilaisten myyntikonfiguraatioiden muodostaminen on osittain myös tuoterakenteen puuttumisesta johtuen hankalaa, eikä konfiguroinnille ole määritetty yleisiä sääntöjä. Tällä hetkellä yrityksen modulaarisuuteen liittyvä päätavoite perustuu kokoonpanotyön nopeuttamiseen, mutta tulevaisuudessa uusien markkina-alueiden, asiakastarpeiden ja tuotantomäärien kasvun myötä puolestaan korostuu myös erilaisten tuotekonfiguraatioiden muodostamiseen kuluvan työn vähentäminen.

## 7.2 Tuotetiedonhallinta

Yrityksessä tuotetiedon kanssa tekemisissä olevia ohjelmistoja ovat 3D CAD -ohjelmistot SolidWorks sekä Vertex G4, 2D CAD -ohjelma CADS Autoplanner, ERP-järjestelmä Visma Nova 9 sekä Microsoft Office -pakettiin kuuluvat ohjelmat. SolidWorksista on käytössä Standard- ja Professional -versiot. Lisäksi yritys on ottamassa käyttöön SolidWorks Composer -lisäosan, jolla voidaan tuottaa tuotetiedon dokumentaatiota SolidWorksilla luotujen 3D-mallien pohjalta. Yrityksellä olisi myös mahdollisuudet ottaa käyttöön SolidWorksin Premium- ja Professional -pakettien mukana ilmaiseksi tuleva SolidWorks PDM Standard.

Myyntiosasto käyttää Visma Novaa myyntitilausten kirjaamiseen. Suunnittelija tekee CAD-ohjelmistoilla mallit ja piirustukset vaadittavista osista. SolidWorksia käytetään itsevalmistettävien osien sekä alihankinnasta tilattavien osien mallinnukseen ja piirustusten ja tarpeen tullen DXF-tiedostojen luontiin. Tarpeen tullen tehdään asennuspiirustuksia tuotannon työohjeiden tueksi. SolidWorksin rinnalla käytetään Vertex -ohjelmistoa 3D-mallinnuksen ja piirustusten luontiin.

2D CAD-ohjelmistoilla luodaan sähkö- ja hydraulikkapiirustuksia sekä satunnaisia osapiirustuksia. Tiedostojen tallennus ja hallinta hoidetaan resurssienhallinnan kautta. Tyypikansioon tallennetaan konttityyppikohtaisten yleisosien 3D-malleja ja piirustuksia. Projektikansioon tallennetaan projektin aikana luotavia 3D-malleja sekä piirustuksia. Alihankinnasta tilattavien osien PDF-piirustukset tallennetaan niille tarkoitettuun alikansioon. SolidWorksin suunnittelukirjastoon tallennetaan 3D-kokoonpanojen luonnissa käytettäviä 3D-malleja. Suunnittelukirjastoa päästään käyttämään suoraan SolidWorksin sivuvalikosta. Lisäksi hyödynnetään profiilikirjastoja.

Visma Novan projektinhallintaosiota käytetään uusien projektinumeroiden muodostamiseksi. Materiaaliostot tehdään projektikohtaisesti. Ostotilaukset luodaan lisäämällä ostettavat tuotteet manuaalisesti tilausriveille. Ostokomponenteista on luotu varastonimikkeet, mutta varastokirjanpitoa ei ole ERP-järjestelmässä käytössä. Tietyn tuotteen varastotilanne kyetään selvittämään ostettujen ja toimitettujen tuotteiden erotuksen kautta, mutta varastotilanteesta ei saada hetkellistä arvoa.



Tuotannon työohjeista on luotu yksi versio yrityksen päätuotteelle. Muille tuotteille työohjeita ei ole. Työohjeet talletetaan paperimuodossa tuotantoon sijoitettavaan kansioon, sekä sähköisesti erilliseen verkkokansioon. Osa työohjeista on tekstimuodossa ja osa valokuvina. Kontista laadittavaan dokumentaatioon kuuluu kontista riippuen esimerkiksi erilaisia mittauksia ja testauksia, käyttöturvaohjeita, huoltokirjoja, vaatimuksenmukaisuustodistuksia sekä käyttöohjeita. Dokumentaatiota tallennetaan WORD-, EXEL- ja PDF -muodoissa projektikohtaiseen kansioon.

Tuotetiedonhallinnassa manuaalisen tiedonsyötön määrä on suuri. Tämän vuoksi myös työhön kuluva aika on pitkä, sekä riski virheiden syntymiseen on korkeampi, kuin automatisoiduissa toiminnoissa. Järjestelmien välisen yhteyden puuttumisen vuoksi joudutaan tekemään myös päällekkäistä työtä, ja tiedonkulku osastojen välillä voi katkeilla. Myynnin ja suunnittelun käyttämät nimikkeet ovat keskenään erilaisia, minkä vuoksi myös myyntikonfiguraatioiden luonti on hidasta.

Suunnitteluosastolla esiintyi ongelmia myös tietojen löydettävyydessä. Tiedostoja luo useampi suunnittelija, eivätkä tiedostojen nimeämisen ja tietojen syötön käytännöt ole yhdenmukaisia. Tiedostoja tallennetaan myös useampaan paikkaan. Myöskään tiedostojen revisiointiin ja versiointiin liittyvää käytäntöä ei ole, vaan esimerkiksi päivitetyn piirustuksen luonnin jälkeen suunnittelijan täytyy manuaalisesti poistaa vanha piirustus tietokannoista. Tämän vuoksi myöskään vanhoista tuoteversioista ei tallennu 3D-tietoa. Suunnitteluosastolla siis paljon ylimääräistä työtä kuluu tiedostojen etsimiseen ja tietojenhallinta on työlästä, mikä aiheuttaa myös inhimillisiä virheitä.

Tekninen dokumentaatio, tuotedokumentaatio, sekä työ- huolto- ja käyttöohjeet luodaan myös joka kerta käsin. Suoraa kytkentää piirustuksiin ja 3D-malleihin ei ole. Työohjeiden luonti on työlästä suuren manuaalisen työn määrän sekä tuotteissa ja työmenetelmissä esiintyvän variaation vuoksi. Tämän vuoksi työohjeiden laatu on jäänyt paikoitellen heikoksi.

Yrityksellä on lisenssit moniin ERP-järjestelmän sovellusmoduuleihin, mutta sovelluksia ei voida nykytilassa hyödyntää. Esimerkiksi osto- ja myyntisovelluksissa ongelmia aiheuttaa manuaalinen tiedonsyöttö, ja tuoterakenteen puuttumisen vuoksi myöskään tuotanto- tai projektinhallintasovelluksia ei voida hyödyntää. Manuaalisen tiedonsyötön tekee erityisen haastavaksi myös yrityksen tuotteiden suuri varioituvuus. Varastohallinnan puuttuminen vaikeuttaa varastotasojen seurantaa, mikä aiheuttaa helposti varastojen kasvua tuotantohallissa.

### 7.3 Tuoterakenteeseen liittyvä tietous

Tuotteille ei ole määritetty varsinaista tuoterakennetta. Eri tuotteiden rakenne on nykytilanteessa jossain määrin nähtävissä asiakkaalle tuotedokumentaatioksi Microsoft Excelillä luoduissa tuoterakenneluetteloissa sekä SolidWorksilla luoduissa 3D-kokoonpanomalleissa ja piirustuksissa. Excel-tiedostoissa on tuotteen muodostaviksi osaryhmiksi erotettu:

- M75i-konttirunko
- ulkopuoliset kiinteät varusteet
- sisäpuoliset kiinteät varusteet

- laitemoduulin kiinteät varusteet
- laitekaapin kiinteät varusteet
- kattomoduulin kiinteät varusteet
- hydraulikkajärjestelmän kokoonpano
- etukaappien kiinteät varusteet
- ulkopuolen irtovarusteet
- sisäpuolen irtovarusteet
- laitemoduulin irtovarusteet
- etukaappien irtovarusteet
- ulkopuolen merkinnät
- sisäpuolen merkinnät

Osaryhmien alle on listattuna ryhmiin kuuluvat yksittäiset komponentit. Komponenteille syötettyjä tietoja ovat:

- ABC-analyysin taso
- SAP-koodi
- määrä
- nimike
- toimittaja
- koodi
- irto-osa (kyllä/ei)
- sijainti

Excel-tietokanta on tyypiltään hierarkkinen listaus tuotteen muodostavista fyysisistä komponenteista. Komponentit on jaettu osaryhmiin niiden fyysisen sijainnin sekä tyypin (irto-osa tai kiinteä osa) perusteella. Lisäksi merkintätarvikkeet ja hydraulikkajärjestelmä on erotettu omiksi ryhmikseen. Listassa komponenttien väliset riippuvuudet käyvät ilmi yksittäisen komponentin yläkategoriasta sekä komponentin sijaintitiedosta. Komponenteille syötetyt tiedot on tarkoitettu tuomaan tietoa lähinnä asiakkaalle.

Excel-listaa hallitaan syöttämällä tietoja manuaalisesti. Tuoterakenne muodostetaan uudelle tuotteelle hyödyntämällä aiemmin valmistettujen tuotteiden tuoterakenteita kopioimalla ja liittämällä, sekä lisäämällä uusia komponentteja. Tuoterakennetiedosto liitetään tuotteesta luotavaan projektikohtaiseen dokumentaatioon.

Ongelmana Excel-tietokannan käytössä on suuri manuaalisen tiedonsyötön määrä, mikä lisää työntekoon kuluvaan aikaa ja heikentää tiedon hallittavuutta, löydettävyyttä ja oikeellisuutta. Tuoterakennetieto on myös puutteellista, sillä tietokannassa on listattuna vain lähinnä asiakasta kiinnostavat komponentit. Tämän vuoksi tietokannasta puuttuvat esimerkiksi lähes kaikki alihankinnassa valmistettavat osat, kuten erilaiset kiinnikkeet ja rungon osat.

Tuotteen 3D-malli tuo esiin komponenttien väliset riippuvuudet, mutta mallin sisältämä tuoterakennetieto on ollut hyvin vajavainen mallin puutteellisuuden sekä tuotetietojen syötön vähyyden vuoksi. Suunnittelutyön uudelleenkäyttöä olisi myös mahdollista tehostaa entistä paremmin. 3D-mallin ja Excel-tuoterakenteen välillä ei myöskään ole minkäänlaista yhteyttä, vaan molempia hallitaan omina tietokantoinaan.

Koska tuoterakenteen tarkempi määrittely puuttuu, ei rakenne ole kokonaisuudessaan missään näkyvillä. Tämä aiheuttaa ongelmia esimerkiksi oikeellisen ja päivitetyn tuotetiedon löydettävyydessä. Tuoterakennetta ja tuotetietoutta ei myöskään voida hyödyntää eri osastoilla esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmän avulla, minkä vuoksi joudutaan tekemään paljon manuaalista työtä tuotetiedonhallinnassa.

#### 7.4 Modulaarisuus

Konttituotteiden rakenteissa on hyödynnetty jo jonkin verran osien standardointia sekä modulointia. Levitettävän kontin varustelusta on erotettu omiksi tuotantosoluissa valmistettaviksi kokonaisuuksiksi laitemoduuli, kattomoduuli sekä varustellut kääntyvät elementit. Jaon tarkoituksena on ollut vähentää kokoonpanopisteellä asennustyöhön käytettävää aikaa. Näin voidaan lyhentää kokoonpanolinjan läpäisyäikää, mikä on yksi massaräätälöinnin tavoitteista.

Laite- ja kattomoduuleihin varustellaan sähkö-, ilmanvaihto- ja varusteluosia ja kääntyviin elementteihin elementtien lukitukseen, varusteluun sekä jäähdytykseen liittyviä osia. Moduulijaon tarkoituksena on ollut yksittäisten, helposti paikalleen asennettavien kokoonpanojen muodostaminen ja moduulien muodostamisperuste on ollut siten tuotantoperusteinen. Moduulien moduuliyksikkö on tuotantosolu ja loppukokoonpanoyksikkö tuotantolinjan se asennuspiste, jossa moduuli kiinnitetään runkoon. Laite- ja kattomoduulien rajapinnat ovat olleet määriteltyjä periaatteessa käytettävissä olevan tilan perusteella, kun ne on suunniteltu sopimaan tiettyyn paikkaan kontissa. Kääntyvien elementtien rajapintana on pitkä sarana, joka paikoittaa elementin joko yhdessä tai kahdessa suunnassa.

Modulaarisuutta edustaa myös etukaappien varustelu, joka toistuu samantyyppisenä eri konttituotteissa (kuva 19). Kuvissa esiintyvät kontit ovat vasemmalta lueteltuna: työtilakontti, huoltokontti ja toisentyypinen työtilakontti.



KUVA 19. Etukaapit eri konttituotteissa (Morehouse Oy arkisto)

Kaikki kaappeihin asennettavat komponentit eivät ole samoja eri tuotteiden kesken. Esimerkiksi hydraulikan ohjain ja sähkövoimakone varustellaan vain levitettäviin kontteihin. Myöskään lisälämmitin ei kuulu jokaisen kontin varusteluun, mutta sen teline on vakioitu runkoon kuuluvaksi osaksi, joten lämmittimen teline on kaikissa konttituotteissa. Varastokonteissa käytetään lisäksi jokaiselle komponentille erillisten telineiden sijaan yhtä suurempaa telinettä, jossa on paikat kaikille varusteille. Kaappien varustelun voidaan kuitenkin katsoa toteuttavan modulaarisuuden tyyppiä saman komponentin käyttö eri tuotteissa.

Etukaappeihin sijoitettavat komponentit ovat toiminnallisuudeltaan samanlaisia eri konttituotteissa. Vasemmanpuoleiseen kaappiin sijoitetaan pioneerivarusteet, kuten lapiot, leka ja rautakanki, sähkövoimakone, jerrykannut, hydraulikanohjain, kaapeleita sekä polttoainekäyttöinen lisälämmitin. Oikeaan yläkaappiin sijoitetaan 230V-sähköjärjestelmän liitännöihin liittyviä osia, ja oikeaan alakappiin akkuja sekä muita 24V-sähköjärjestelmään kuuluvia osia. Järjestelmät ovat riippuvaisia konttituotteisiin tulevista varusteista, joten eri tuotteiden sähköjärjestelmissä esiintyy paljon vaihtelua.

Kaappien varustelun ajatuksena on ollut, että asiakas löytää tiettyihin toimintoihin liittyvät komponentit, esimerkiksi pioneerivarusteet, eri konttituotteista aina samasta paikkaa. Lisäksi komponenttien sijoitteluun on vaikuttanut myös käytettävissä oleva tila sekä edullinen asennusjärjestys. Etukaappien modulaarisuuden voidaan katsoa olevan osittain tuotanto- ja osittain toimintoperusteista.

Saman komponentin käyttö eri tuotteissa -tyyppistä modulaarisuutta edustaa lisäksi NBC-suojaus. Kaikissa M75i-konteissa on suojausvalmius ja kontteihin, joihin suojaus on tilattu, lisätään vain suojauksen vaatima lisäsuojapeite sekä kone. NBC-suojaus voidaan tunnistaa siten optiomoduuliksi.

Yhteenvedona voidaan todeta, että yrityksessä modulaarisuuden tavoitteena on ollut pääasiassa tuotannossa helposti asennettavien osakokonaisuuksien muodostaminen. Yritys on aloittanut käytettävien osien standardoinnin, sekä kokoonpanoa helpottavien moduulien muodostamisen, joten yrityksen voidaan katsoa olevan Lehtosen esittämän modulaarisuuden kehityksen mallin ensimmäisellä portaalla. Tuotteen konfiguroitavuutta tukevaa toimintoperusteisuutta ei ole juurikaan otettu vielä huomioon moduulien suunnittelussa.

Moduulien rakenteiden sekä erityisesti rajapintojen tarkempi määrittely on vielä kesken. Käytännössä rajapintojen määrittelyn puutteellisuus nostaa esimerkiksi asennuksessa tehtävään komponenttien keskinäiseen sovittamiseen sekä sähköasennuksiin kuluvaan aikaa sekä lisää myös uusien moduulien suunnitteluun kuluvaan aikaa.

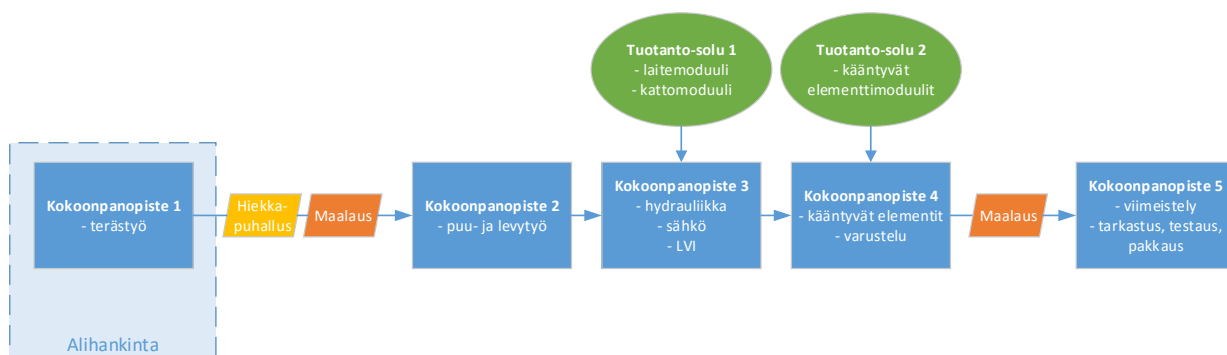
## 8 MODULOITUJEN TUOTERAKENNEVAIHTOEHTOJEN MUODOSTAMINEN

Tuoterakenteen kehityksen tavoitteiksi määritettiin rakenne, joka tukee massaräätälöintiä ja mahdollistaa konfiguroitavien tuotteiden käytön. Täten rakenteen tyypiksi valittiin modulaarinen rakenne, joka soveltuu integraalista rakennetta paremmin tuotteiden konfigurointiin. Aluksi muodostettiin kolme eri perustein jaettua alustavaa tuoterakennetta. Tämän jälkeen eri vaihtoehtoja vertailtiin ja vertailun pohjalta valittiin yritykselle käyttöönotettava rakenne. Levitettävälle konttituotteelle sovellettiin tuotantoperusteista, toimintoperusteista ja tuotealustapohjaista moduulijakoa sekä pohdittiin dynaamiseen modulaarisuuteen kuuluvaa tuotteen koko elinkaarta koskevaa muutostenhallintaa. Tuoterakenteen valinnan jälkeen pohdittiin vielä moduuli- ja tuotevarianttien hallintaa osana uudistetun päätuotteen tuotekehitystä.

### 8.1 Tuotantoperusteinen rakenne

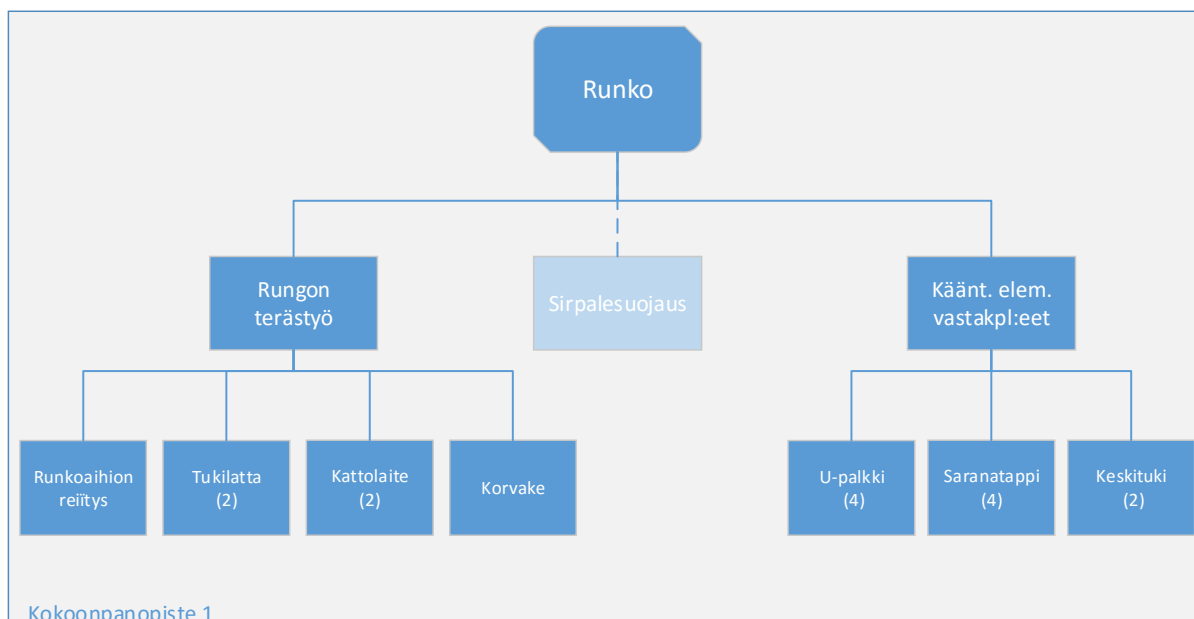
Tuotantoperusteisten, todellisten kokoonpantavien moduulien muodostamisessa tulee huomioida toisistaan riippuvat työvaiheet sekä fyysisesti toisistaan riippuvaiset osat ja osaryhmät, jotta saavutetaan moduulin määritelmän mukaiset riippumattomuus ja vaihdettavuus. Tuotannollisten moduulien muodostamiseksi perehdyttiin päätuotteen tuotantojärjestelmään sekä haastateltiin yrityksen toimijoita, jotka ovat tekemisissä tuotannon kanssa.

Päätuotteen tuotantojärjestelmä on rakenteeltaan tuotantolinjan ja tuotantosolujen yhdistelmä. Tuotantolinjassa on viisi kokoonpanopistettä, joista ensimmäinen sijaitsee alihankkijan tiloissa. Tuotantosoluja on kaksi; puu- ja levytyösolu sekä sähkö- ja lvi-solu. Tuotantojärjestelmän rakenne on esitetty kuvassa 20.



KUVA 20. M75i-pohjaisten konttituotteiden tuotantojärjestelmän rakenne

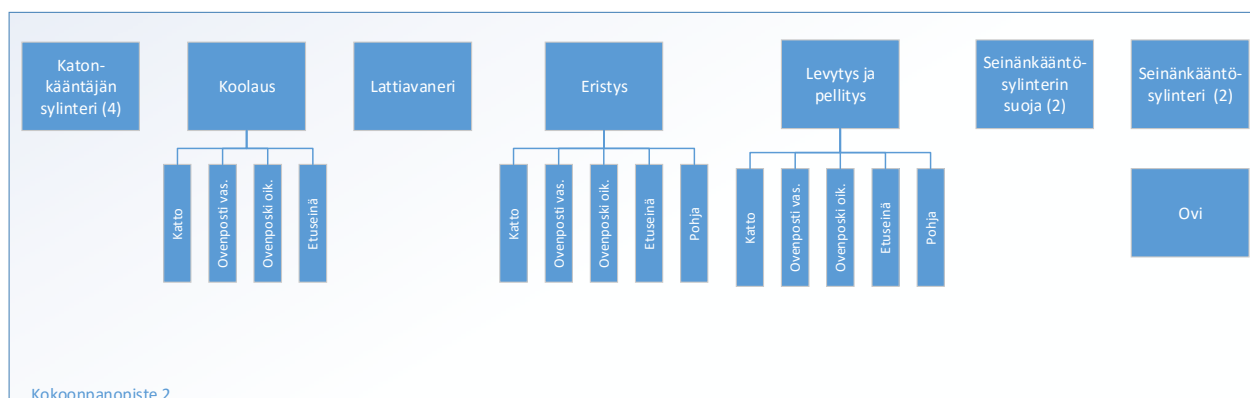
Konttiainio ostetaan alihankintana. Toinen alihankkija suorittaa kontin terästyöt kontin rungolle sekä valmistaa kääntyvien osien vastakappaleet ja kiinnittää ne runkoon. Tämän jälkeen kontti hiekkapuhalletaan ja pohjamaalataan, minkä jälkeen se toimitetaan Oy Morehouse Ltd:n tiloihin. Kuvassa 21 on havainnollistettu kokoonpanopisteellä suoritettavia toimintoja sekä asennettavia komponentteja.



KUVA 21. Ensimmäisellä kokoonpanopisteellä valmistettu runkokokoonpano

Kokoonpanopisteellä variaatiota esiintyy rungon etuseinän rei'ityksessä. Variaation tarve aiheutuu tuotteissa käytettävistä erilaisista ilmanvaihtokoneikoista, joiden vaihtuvat kanavakoot vaativat erikokoiset läpimenoireiät. Sirpalesuojauksella varustelluille tuotteille rungon suojaus on toteutettu myös tällä kokoonpanopisteellä. Suojaus on toteutettu hitsaamalla liitettävillä teräslevyillä.

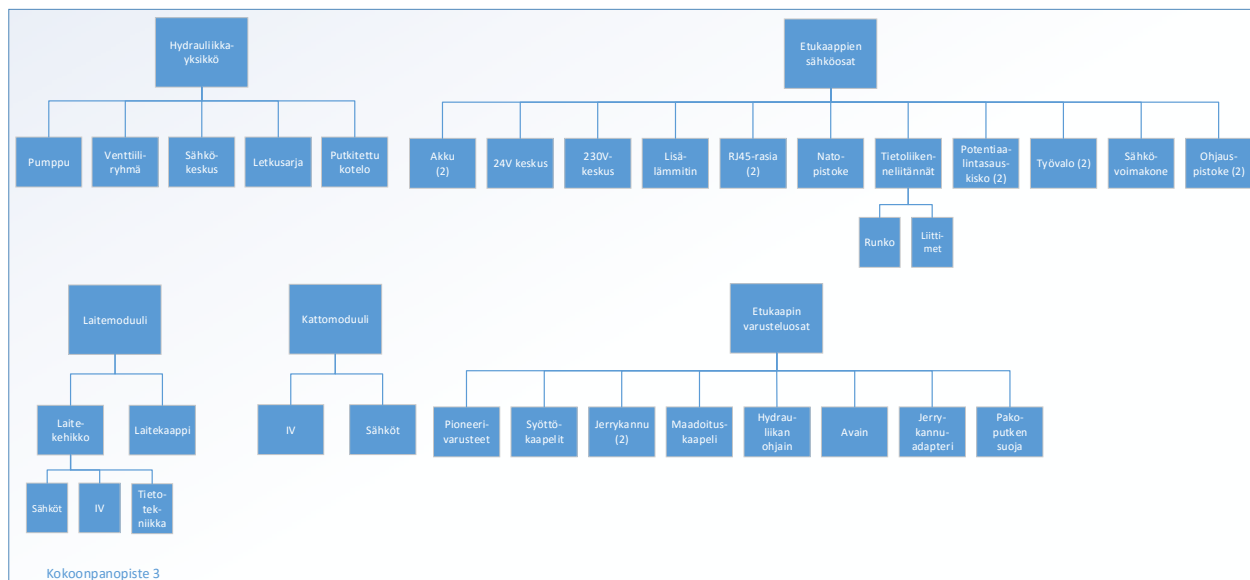
Toisella kokoonpanopisteellä asennetaan paikoilleen kattoelementtien kääntösyylinterit edellisellä kokoonpanopisteellä paikalleen asennettuihin kattolaitteisiin. Lisäksi asennetaan lattiavaneri, kontin pohja eristetään ja levytetään sekä päätyseinä ja katto koolataan, eristetään ja vaneroidaan. Lisäksi asennetaan paikalleen seinänkääntösyylinterin suoja sekä itse syylinteri kiinnitetään suojaan odottamaan asennusta. Yleensä myös kontin ovi on asennettu paikalleen tällä pisteellä.



KUVA 22. Toinen kokoonpanopiste

Varioituvia osaryhmiä ovat olleet koolaus ja vanerointi. Varioinnin tarve aiheutuu etuseinän erilaisista läpiviennistä. Sirpalesuojattuun konttiin katon koolaus, eristys ja vanerointi on lisäksi korvattu käyttämällä suojattua elementtiä.

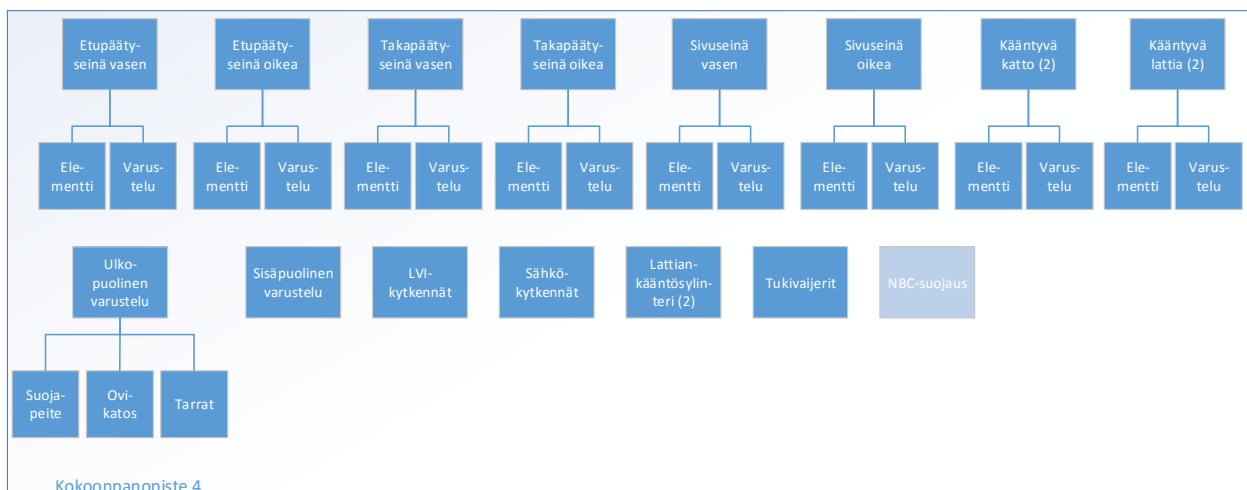
Kolmannella kokoonpanopisteellä asennetaan paikalleen hydraulikkayksikkö, laitemoduuli ja kattomoduuli sekä varustellaan etukaapit sähkö- ja varustelukomponentein. Hydraulikkayksikkö kiinnittyy edellisellä kokoonpanopisteellä valmisteltuun etuseinään, kattomoduuli kattoon sekä laitemoduuli kiinnittyy lattiavaneriin ja etuseinään. Laite- ja kattomoduuli varustellaan ensimmäisessä tuotantosolussa ja kokoonpanopisteellä suoritetaan paikalleen asennus. Tämän jälkeen voidaan aloittaa sähkö- ja LVI-kytkennät katto- ja laitemoduulille.



KUVA 23. Kolmas kokoonpanopiste

Hydraulikkayksikkö on kaikille levitettäville konttituotteille samanlainen, mutta osa etukaappien sähkö- ja varusteluosista vaihtelee eri tuotteiden kesken. Sähköosien vaihtelun aiheuttavat erilaiset sähköistyksen vaatimat varusteet. Etukaappien varustelun variointi on puolestaan aiheutunut asiakkaan tilaustoiveista. Laite- ja kattomoduuliin kiinnitettävät varustelu-, sähkö- ja tietoliikenneosat ovat myös vaihdelleet eri tuotteiden kesken.

Neljännellä kokoonpanopisteellä asennetaan paikalleen kääntyvät elementit, elementtien tukivaijerit, lattiankääntösynterit, kontin sisäpuolinen ja ulkopuolinen varustelu. Sähkö- ja LVI-kytkennät aloitetaan viimeistään tällä kokoonpanopisteellä. Erityisesti sähköasennukset voivat olla aikaa vieviä, minkä vuoksi kytkennät on tavoitteellista aloittaa jo edellisellä kokoonpanopisteellä. Kääntyvät elementti-aihiot tulevat alihankinnasta ja niihin varustellaan kiinnitettävät komponentit tuotantosolussa. Lopuksi kokoonpanopisteellä suoritetaan vielä suojapeitteen, ovikatoksen ja tarrojen asennus. Jos konttiin on tilattu NBC-suojaus, lisätään suojauksen vaatimat laitteet ja suojapeite tällä kokoonpanopisteellä.



KUVA 24. Neljäs kokoonpanopiste

Myös neljännellä kokoonpanopisteellä on esiintynyt vaihtelua eri konttituotteiden välillä. Kontin kääntyvien osien sirpalesuojaukseen toteutetaan käyttämällä suojattuja elementtejä. Tuotantolinjalla tapahtuva kontin sisä- ja ulkopuolinen varustelu, sekä solussa suoritettava elementtien varustelu ovat poikenneet eri tuotteiden välillä paljon. Sähkövarusteiden vaihdellessa myös sähköasennusosat ovat vaihdelleet.

Viimeisellä kokoonpanopisteellä kontille suoritetaan viimeistelyasennukset, joihin kuuluu esimerkiksi viimeisten merkintätarrojen ja kilpien asennukset, sekä tuotteelle suoritetaan erilaisia testejä ja tarkastuksia. Lopuksi konttiin pakataan erinäisiä varusteluosia, kuten toimistotarvikkeita ja irtaimistoa. Lopputarkastuksen ja luovutuksen myötä viimeiselle kokoonpanopisteelle voi tulla suoritettavaksi joitain asennustöitä. Osa merkintätarroista ja kilvistä on riippuvaisia tuotetyypistä, valmistettavasta yksittäisestä tuotteesta tai valmiste-erästä. Konttityyppien kesken esiintyy vaihtelua myös pakattavissa varusteluosissa. Pakkaukseen on yhdessä tuotetyypissä käytetty lisäksi erillisiä varustelaatikoita.

Tuotteen tuotannollisen rakenteen tarkastelun myötä havaitaan, että valmis konttituote koostuu suuresta määrästä yksittäin kokoonpanopisteellä paikalleen asennettavia komponentteja. Tämän vuoksi kokoonpanolinjan läpäisy aika muodostuu helposti suureksi. Ongelmallisia kohteita ovat erityisesti päätyseinät, etukaapit sekä sähköasennustarvikkeet. Päätyseinille suoritetaan kokoonpanolinjalla koolaus, eristys ja vanerointi sekä näin valmistettuihin seiniin kiinnitetään vielä varustelu- ja sähkökomponentteja. Etukaappeihin kontin seiniin puolestaan kiinnitetään lukuisia irrallisia komponentteja. Sähköasennustarvikkeissa ongelmallisia ovat pitkät ja runsaslukuiset sähköjohdot, joiden vuoksi sähköasennuksiin tuotantolinjalla kuluva aika on suuri. Sähkökytkennät, kuten käytettävät liittimet, liittimien ja johtojen lukumäärät sekä johtojen pituudet muuttuvat lisäksi sähkötyksen vaativien varustelujen muuttuessa.

Ratkaisuna on muodostaa samaan fyysiseen rajapintaan kiinnittyvistä komponenteista tuotantosoluissa esivarusteltavia moduuleja. Näin kokoonpanopisteellä komponenttien paikalleen asentamiseksi tarvitaan vain yksi kiinnitys. Toisaalta tuotannolliset moduulit eivät saa kasvaa liian



suuriksi, ettei niiden käsittely muodostu liian haastavaksi. Liian suuria moduuleja käsiteltäessä tuotantolinjan läpäisyäikää voivat nostaa käsittelyn hitaus sekä esimerkiksi käsittelyn haastavuudesta johtuvat moduulin tai sen osien rikkoutumiset. Toisaalta työturvallisuus ei saa myöskään vaarantua. Tuotantosolussa tapahtuvan moduulin varustelun tulee lisäksi olla helppoa. Tuotantosolun työaikaa voidaan vähentää siirtämällä osa moduulin valmistustyöstä alihankintaan.

Päätyseinien koolaus, eristys ja levytyö voidaan korvata käyttämällä alihankittavia sandwich-elementtejä. Seiniin kiinnittyvät varusteluosat voidaan lisäksi asentaa paikoilleen jo tuotantosolussa. Ennen varustelua tulee elementteihin tehdä vaadittavat rei'itykset. Näin voidaan muodostaa etuseinä- ja ovenposkimoduulit. Valmiita elementtejä käyttämällä voidaan korvata myös katon koolaus, eristys ja levytys, sekä kontin pohjan eristys ja levytys.

Etukaappien varustelujen moduloimiseksi voidaan käyttää telinetyypistä ratkaisua. Voidaan suunnitella alihankittava teline, johon tarvittavat komponentit varustellaan tuotantosolussa. Tämän jälkeen kuljetetaan kokoonpanopisteelle, jossa suoritetaan paikalleen asennus. Vastaavantyyppistä ratkaisua on käytetty jo toisessa tuotteessa. Telinetyypistä ratkaisua käyttämällä voidaan muodostaa omat moduulit kolmelle etukaapille.

Sähköasennuksien helpottamiseksi on mahdollista käyttää johtosarjoja ja modulaarisia liittimiä, joita käytetään jo paljon esimerkiksi ajoneuvotekniikassa. Esimerkiksi laitemoduuliin varusteltavat sähkökomponentit voidaan kytkeä moduulin sähköisenä rajapintana toimivaan liittimeen solussa moduulia varusteltaessa. Tuotantolinjan asennuspisteellä yhdistetään liittimet, eikä tarvetta muulle sähköasennustyölle ole. Johtosarjojen ja liittimien suunnittelutyötä on mahdollista siirtää alihankintaan ja ratkaisulla voidaan vähentää myös tuotannossa vaadittavaa sähköasennusten ammattitaitoa.

Tuotannollisiin moduuleihin jaettu kehitetty tuoterakenne on esitetty kuvassa 25. Sinisellä pohjalla on merkitty perusmoduulit, jotka esiintyvät kaikissa M75i-konttituotteissa jonkinlaisena varianttina. Oranssilla pohjalla merkityt moduulit ovat optiomoduuleita, joita tulee vain joihinkin M75i-kontteihin.

## M75i



KUVA 25. M75i-kontin tuotantoperusteisesti jaettu tuoterakenne

Tuotantoperusteisen moduulijaon etuja ovat tuotannon kannalta helposti paikalleen asennettävien moduulien ja tuotannollisen rakenteen suora muodostuminen sekä suunnittelun ja tuotannon osaluetteloiden vastaavuus. Tuotteesta ei tarvitse suunnittelun jälkeen muodostaa erillistä työvaiheistettua rakennetta.

Ongelmana rakenteen käytössä on variaatioiden hallinta. Kokoonpanolliset moduulit eivät vastaa tuotteen toiminnallisia ominaisuuksia, joista erityisesti asiakas on kiinnostunut. Täten asiakastarpeen muutos voi aiheuttaa muutoksia useaan eri tuotannolliseen moduuliin. Esimerkiksi muutos tietotekniikan liitännöissä voi aiheuttaa muutoksia kattomodulissa, laitemodulissa, sekä yhdessä tai useammassa etukaappimodulissa. Uuden tuotekonfiguraation muodostaminen voi siis johtaa suureen määrään erilaisia moduulivariantteja, mikä puolestaan lisää moduulien ja konfiguraatioiden muodostamiseen sekä suunnitteluun kuluva työtä ja vaikeuttaa myös suunnitteludatan sekä tuotetiedon hallintaa.

## 8.2 Toimintoperusteinen rakenne

Toimintoperusteisesti moduloidun tuoterakenteen muodostaminen aloitettiin selvittämällä toimintoja, joita levitettävään konttituotteeseen kuuluu. Tuotteeseen kuuluviksi toiminnoiksi ja toiminnallisiksi kokonaisuuksiksi voidaan erotella:

1. runko. Runko toimii alustana ja tukee konttituotetta.
2. koolaus. Koolaus toimii sisäpuolisten seinien tukirakenteena.
3. eristys. Koolaus täytetään eristeellä, joka estää lämmön karkaamista kontista.
4. levytys. Levytys peittää eristeen ja voi toimia myös seinä- ja kiinnityspintana esimerkiksi tietyille varusteluosille.

5. levitys- ja sulkumekanismi. Mekanismin tehtävänä on kääntyvien elementtien levitys käyttökuntoon ja pakkaus kuljetuskuntoon. Komponenttien puolesta järjestelmä muodostuu hydraulipumpusta, venttiileistä, sylintereistä, putkista ja letkuista, vaijereista ja vaijeripyöristä sekä järjestelmän sähköisestä 24V-ohjauksesta.
6. ilmanvaihto. Ilmanvaihdon tehtävä on tuoda konttiin uutta puhdasta ilmaa ja poistaa "vanha" ilma.
7. kontin sisätilan lämmitys
8. kontin sisätilan jäähdytys
9. kontin sisätilan ja eteisosan valaistus.
10. tietoliikennejärjestelmä
11. tietoliikenneliitännät
12. pioneerivarusteet, joihin kuuluu erilaisia raivausvarusteita
13. toimistovarusteet, joihin kuuluu erilaisia toimistovarusteita kuten pöytiä, tuolia ja näyttöjä
14. kääntyvät elementit. Elementit lisäävät levitettyinä kontin sisäpuolista tilaa.
15. NBC-suojaus. Suojaa kontin sisätilaa radioaktiivisia, biologisia ja kemiallisia uhkia vastaan.
16. sirpalesuojaus. Suojaa kontin sisätilaa sirpaleosumilta.
17. liitännät sähköisille varusteluosille
18. kontin liitäntä ulkopuoliseen sähköverkkoon
19. ensiaputarvikkeet
20. sammutustarvikkeet
21. paloilmoinjärjestelmä
22. irtotavaroiden, kuten kansioiden säilytys
23. kontin tilan, esimerkiksi ilmanpaineen ja akkujen varauksen anturointi ja mittaus
24. kilvet ja merkinnät
25. oven etävalvonta
26. kontin ovi
27. kontin oven lukitus
28. varusteiden pakkaus
29. oven asennon tunnistus
30. kaapelien läpivienti
31. suojapeite
32. elementtien tuenta käyttökunnossa
33. kontin maalaus
34. ikkuna
35. rappu
36. eteiskatos
37. sähkönsyöttö 230 V
38. sähkönsyöttö 24 V
39. käyttöohjeistus
40. signaalin vastaanotto ja lähetys
41. sisäilman kuivaus
42. lisäsähkön tuotto akuille

43. naulakko ulkovaatteille
44. teline radiopuhelimelle
45. äänentoisto kontin sisätilaan
46. kassakaappi
47. tilanneilmaisinvalo
48. työvalaistus.

Tämän jälkeen tutkittiin toimintojen riippuvaisuuksia sekä pyrittiin muodostamaan moduuleita DSM:n klusterointimenetelmällä (liite 1). Tarkasteltavana olivat vain M75i-pohjaiset kontit, joten runkotyyppi käsiteltiin muuttumattomana. Runkoon kohdistuvat terästyöt sen sijaan käsiteltiin mahdollisesti muuttuvana ominaisuutena.

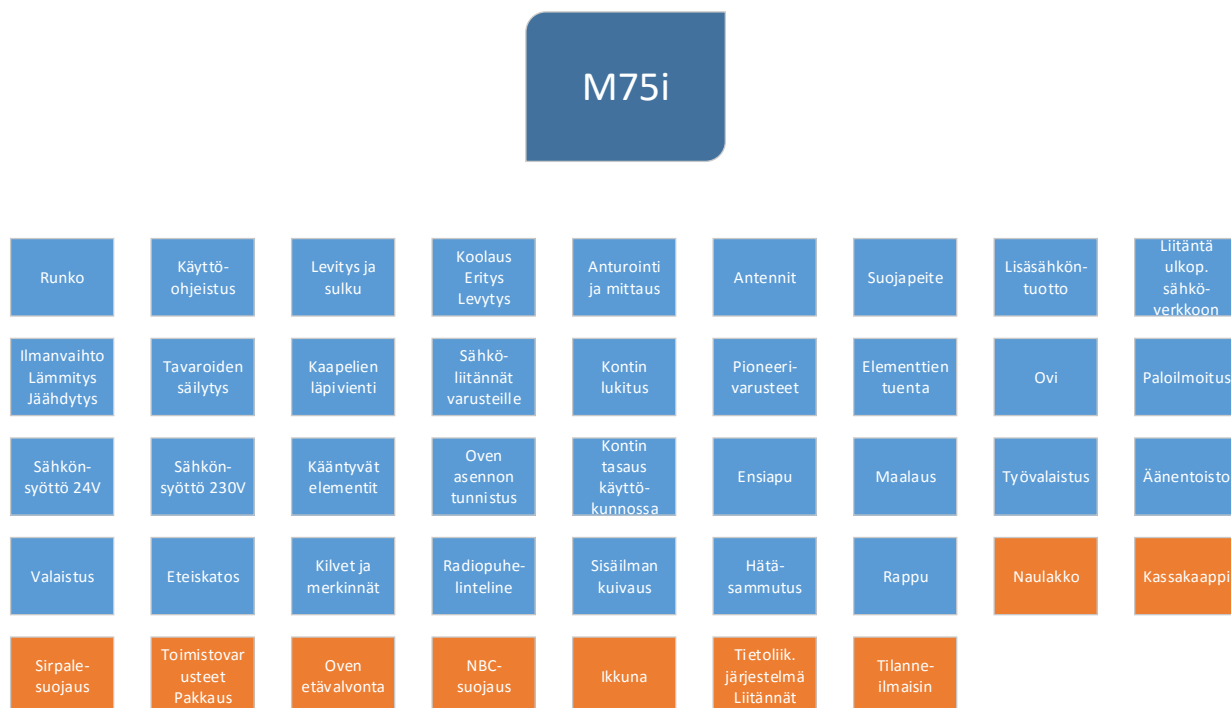
Tarkastelun perusteella havaittiin, että konttituote koostuu lukuisista päällekkäisistä toiminnoista. Sähköjärjestelmät osoittautuivat ongelmallisiksi myös tässä tarkastelussa. Sähkönsyöttö ja sähkökeskukset ovat riippuvaisia konttiin tulevista sähköisistä komponenteista. Myös kaapeliläpiviennit voivat muuttua sähkövarusteiden määrän muuttuessa. Nykyisten tuotevarianttien sähkövarustelukokoonpanot ovat tiedossa, joten sähköasennustarvikkeet voidaan vakioida eri varianteille. Uuden tuotevariantin suunnittelussa sähkösuunnittelutyötä ei voida kuitenkaan välttää.

Myös ilmanvaihtokanavoiden vaikutus rungon etuseinän rei'itykseen näkyy matriisissa. Yksi ratkaisu olisi kanavakokojen tai ilmanvaihtolaitteiston vakiointi. Toisena vaihtoehtona etuseinä voitaisiin rei'ittää suurimman kanavakoon mukaan ja käyttää pienemmille kanaville myöhemmin tuotantoketjussa asennettavia supistuskappaleita.

Kääntyviin elementteihin vaikuttavat mahdollinen jäähdytys, ikkuna sekä sirpalesuojaus. Jäähdytys ja ikkuna vaativat aukon päätyseinäelementtiin. Jäähdytyskone on kiinnitetty jompaankumpaan kontin taaemmista kääntyvistä päätyseinistä ja ikkuna jompaankumpaan etummaisista. Sirpalesuojatusta kontissa puolestaan elementteihin lisätään vahvisteet jo elementtiaiheen valmistuksessa alihankinnassa.

Koolaus, eristys ja vanerointi voidaan puolestaan yhdistää samaan moduuliin käyttämällä elementtiratkaisua, kuten luvussa 8.1 kuvattiin.

Edellä mainituin perustein muodostettu toiminnallinen moduulirakenne on esitetty kuvassa 26. Sinisellä merkityt moduulit ovat perus- ja apumoduuleja, jotka esiintyvät kaikissa M75i-konttituotteissa jonkinlaisena varianttina. Oranssilla merkityt moduulit puolestaan ovat erikoismoduuleja, jotka esiintyvät tuotteissa riippuen asiakkaan tilaustoiveista.



KUVA 26. Toiminnallisesti moduloitu tuoterakenne

Havaitaan, että toiminnallisesti moduloitu rakenne eroaa selvästi tuotannollisesta rakenteesta. Yhteisiä moduuleja ovat runko, maalaus, eteiskatos ja rappu. Lukumäärällisesti moduuleja on näissä rakenteissa kuitenkin yhtä paljon. Lisäksi havaitaan, että toiminnalliset riippumattomuudet eivät täysin toteudu rakenteessa, esimerkiksi sirpalesuojaus vaikuttaa kääntyviin elementteihin ja runkoon. Myös sähkönsyöttö on riippuvainen sähkövarustelukomponenteista. Riippuvaisuudet voi lisätä taas konfiguroinnin ja suunnittelun työtä tuotevariantteja muodostaessa. Moduulien väliset riippuvaisuudet ovat moduulijaossa kuitenkin pyritty minimoimaan.

### 8.3 Tuotealustarakenne

Tuotealustarakenne voi olla tyypiltään tuotanto- tai toimintopainotteinen. Yrityksen kanssa käydyssä palaverissa päätettiin tutkittavaksi valita toimintoperusteinen rakenne. Tuotealustarakenteen muodostamiseksi hyödynnettiin edellisiä lukuja ja tunnistettiin M75i-pohjaisille konteille yhteisiä sekä tuotevariantin mukaan vaihtelevia osia ja osakokonaisuuksia. Havaittiin, että nykyisellään tuotteet eivät sovellu kovin hyvin tuotealustapohjaiseen modulaarisuuteen. Ongelmallisia ovat erityisesti konttien suuri varioituvuus sekä osakokonaisuuksien tai moduulien toiminnalliset ja tuotannolliset päällekkäisyydet. Tämän vuoksi tuotevarianteista pyrittiin poistamaan ja tunnistamaan tarpeetonta variaatiota. Periaatteena oli, että itse kontin toimintaan vaikuttavissa osaryhmissä ei olisi variaatiota, vaan variointi kohdistettaisiin asiakkaan toiveiden täyttämiseen.

Konttituotteen rungossa muuttuva osa on etuseinä, jossa erilaiset ilmanvaihtokoneikkojen läpiviennit vaativat erilaiset rei'itykset. Koska kontin sisätilavuus on kaikille M75i-pohjaisille tuotteille vakio, olisi ilmanvaihto mahdollista toteuttaa vakioidulla ilmanvaihtokoneikolla. Täten runko voidaan sisällyttää kokonaisuudessaan tuotealustaan. Lisäksi tuotealustaan voidaan liittää kääntyvien elementtien

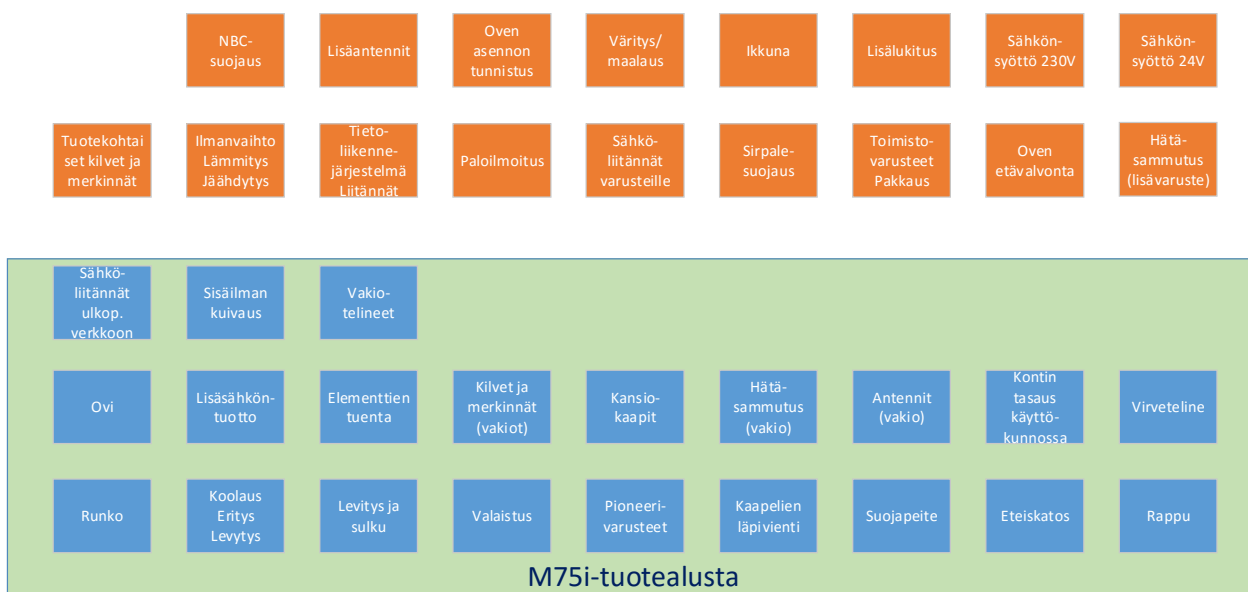
vastakappaleet, rappu, eteiskatos, valaistus, suojapeite sekä kääntölaitteisto, jotka ovat kaikille M75i-konteille yhteisiä.

Tuotannollisesti muodostettujen laite- ja kattomoduulin runko ovat tyypiltään sellaisia, että samoja rakenteita voidaan käyttää eri tuotteissa. Moduuleista voisi erottaa levitettävälle konttituotteille yhteisen alustatyyppisen osan, johon voidaan liittää kaikki eri tuotevarianttien varustelukokonaisuudet. Tämä yhteinen osa voidaan siten lisätä tuotealustaan. Samanlaista alustaosaa voidaan käyttää myös etukaappien varusteluille.

Sähköjärjestelmien modulointi voidaan toteuttaa johtosarjoja ja modulaarisia liittimiä käyttämällä, kuten on kuvattu edellisessä luvussa. Myös kaapeliläpiviennit voidaan vakioda tuotealustaan käyttämällä modulaarisia läpivientejä. Laajennettavuuden huomioonottamiseksi läpivientejä tulee olla riittävä määrä, jotta tuotealusta ei rajoita eniten läpivientäviä johtoja sisältäviä tuotteita.

Kontin lukitus voidaan myös vakioda tuotealustaan lisälukkoa lukuun ottamatta. Kontin ovi sisältää paikan lisälukolle, joten myös ovi voidaan lisätä tuotealustaan. Alustaan voidaan lisätä myös vakiokilvet ja -merkinnät, kun taas tuotekohtaisista kilvistä ja merkinnästä tulee muodostaa varioituvia moduuleja.

M75i-konttituotteelle muodostettu tuotealustajako on esitetty kuvassa 27. Virheällä taustalla on esitetty vakiomoduuleista koostuva tuotealusta. Sinisellä on erotettu tuotealustan vakiomoduulit ja oranssilla konfiguroitavat moduulivariantit.



KUVA 27. M75i-konttituotteen tuotealustaperusteinen moduulijako

Tuotealustarakenteessa ei myöskään päästä täydelliseen moduulien väliseen riippumattomuuteen ja vaihdantakelpoisuuteen. Moduulien vaikutukset muuhun järjestelmään on kuitenkin pyritty minimoimaan. Kaikki moduulit eivät ole myöskään puhtaasti toiminnallisia moduuleja, mutta ne mahdollistavat kuitenkin eri asiakastarpeiden täytön konfiguroinnin avulla.

## 8.4 Dynaaminen modulaarisuus

Modulaarisuusajattelu on tärkeä tuotteen koko elinkaarta ajatellen. Konttituotteita tulee huollettavaksi usein huolto-ohjelmassa määriteltyjen huoltoaikojen välein. Tulevaisuudessa huollon työmäärä tulee oletettavasti lisääntymään, sillä uusia kontteja myydään huomattavasti nopeammin kuin vanhoja poistetaan käytöstä. Moduulisuunnittelussa tulee huollettavista ja vaihdettavista osista muodostaa helposti vaihdettavia ja käsiteltäviä kokonaisuuksia. Toisaalta myös huollon dokumentaatio, kuten huolto-ohjeet ja varaosalistat tulee olla helposti muodostettavissa ja käsiteltävissä.

Konttituotteeseen voi elinkaaren aikana tulla myös päivitystarpeita. Päivitykset voivat olla esimerkiksi kalusteiden tai lämmityslaitteiden lisäyksiä tai vaihtoja uudempiin komponentteihin. Lisäksi esimerkiksi sähköjärjestelmät voivat vanhentua kontin käyttöaikana. Kansainvälistymisen myötä myös eri maantieteelliset käyttöalueet voivat asettaa erilaisia muutosvaatimuksia tuotteille. Modulaarisen rakenteen suunnittelussa tulee huomioida, että myös nämä lisäykset ja päivitykset voidaan toteuttaa helposti.

Tuotteen elinkaaren aikana tulevat muutokset eivät kuitenkaan liity suoraan tuoterakenteen muodon valintaan. Ne vaikuttavat ennemminkin tuotteen ja moduulien rakenteen suunnitteluun. Tämän vuoksi dynaaminen modulaarisuus käsitellään tulevaisuudessa huomioitavana osa-alueena.

## 8.5 Tuoterakenteiden vertailu

Tuoterakenteiden vertailun aluksi selvitettiin, kuinka yrityksen eri osastojen toimijat ovat tekemisissä tuoterakenteen kanssa nykytilassa ja tulevaisuudessa. Selvityksen tueksi haastateltiin yrityksen eri osastojen toimijoita. Selvityksestä saatua tietoa käytettiin perusteena tuoterakenteiden keskinäisessä vertailussa ja vertailukriteerien määrittämisessä ja pisteytyksessä.

Myynti suorittaa tuoterakenteen mukaisten myyntikonfiguraatioiden myynnin ja markkinoinnin. Se ei ole kuitenkaan suoranaisesti tekemisissä tuoterakenteen kanssa, eikä tuoterakenteen muodolla ole juurikaan vaikutusta myyntiosaston toimintaan. Myynti käyttää tuoterakennetta ennemminkin tiedonhakuun. Osaston toimijoiden tulee ymmärtää tuotteiden vaihteluiden vaikutukset esimerkiksi työmääriin ja kustannuksiin. Sen sijaan myyntikonfiguraatioiden muodostamiseen ja konfigurointisääntöjen määrittelyyn tuoterakenteen muoto vaikuttaa merkittävästi.

Suunnittelun vastuulla on myyntiosaston myymien uusien tuotteiden suunnittelu sekä vanhojen tuotteiden päivitykset. Osaston tehtäviin kuuluvat esimerkiksi 3D-mallinnus sekä alihankintaosien ja asennuspiirustusten luonti. Tulevaisuudessa tuoterakenteen hallinta ja ylläpito sekä moduulien ja konfiguraatioiden suunnittelu tulee olemaan pääasiassa suunnittelun vastuulla. Osaston työmäärä on siten suoraan kytköksissä tuoterakenteeseen.

Osto-osasto suorittaa suunnittelun määrittelemien komponenttien ja osakokoonpanojen hankinnan. Ostotilausten luonti on aiemmin hoidettu manuaalisesti, eikä tuoterakennetietoutta ole ollut

saatavilla. Tulevaisuudessa tavoitteena olisi, että tuoterakenteen parempi hyödyntäminen ja tuotetiedonhallinnan kehitys automatisoisi myös ostotoimintaa, mikä kohdistaa myös vaatimuksia tuoterakenteelle.

Tuotanto käyttää toimintaansa suunnittelun luomia asennuspiirustuksia. Työpiirustusten tulisi siten olla helposti muodostettavissa käytössä olevasta tuoterakenteesta. Tulevaisuudessa työohjeiden luontiin tullaan käyttämään SolidWorksin Composer-lisäosaa, jolloin ohjeet muodostetaan tuotteen 3D-mallin kautta. Tämä kohdistaa myös vaatimuksia tuoterakenteelle. Tuotteen tuotannollisen rakenteen tulisi olla selkeä ja helposti hallittavissa.

Huolto ja jälkimarkkinointi voivat tulevaisuudessa hyödyntää tuoterakennetta esimerkiksi varaosatieon lähteenä sekä asennusohjeiden luontiin ja hallintaan. Huolto tarvitsee tuoterakenteesta huollettaviin ja vaihdettaviin komponentteihin ja osakokoonpanoihin liittyvää tietoutta. Tuotteen elinkaaren aikana tuotteeseen mahdollisesti tehtävät muutostyöt ovat myös huollon vastuulla.

Konttituotteelle suoritetaan esimerkiksi erilaisia mittauksia ja testauksia, joiden tulokset dokumentoidaan asiakkaalle. Lisäksi dokumentaatio-osasto luo huoltokirjoja, käyttöturvaohjeita, vaatimuksenmukaisuustodistuksia sekä käyttöohjeita. Tulevaisuudessa olisi lisäksi tavoitteena hyödyntää SolidWorks Composeria myös tuotedokumentaation luonnissa.

Tuoterakenteille määritettiin arviointikriteerit yrityksen kanssa käydyssä palaverissa. Kullekin kriteerille määritettiin painokerroin sen mukaan, kuinka tärkeäksi kyseinen ominaisuus koettiin. Yleisiksi vaatimuksiksi määriteltiin tuoterakenteen helppo käyttö yrityksen eri toiminnoissa sekä visuaalisuus.

Tärkeimmäksi tuoterakenteelle asetetuista arviointikriteereistä valikoitui tuoterakenteen soveltuvuus eri yrityksen osastoille. Kriteerin saama painokerroin jaettiin vielä osastojen kesken sen mukaan, minkä osastojen tarpeiden palveleminen koettiin tärkeimmäksi. Suurimman painokertoimen sai tuotanto, sillä toimintoa pidettiin tärkeimpänä yksittäisenä yrityksen tulokseen vaikuttavana osatekijänä. Seuraavaksi suurimman painokertoimen sai osto-osasto. Ostotoimintojen merkitystä kuvaa esimerkiksi se, että yrityksen arvion mukaan 1 %:n suuruisen ostotoiminnoissa saavutetun hyödyn vaikutus on katteessa 5 %. Seuraavaksi suurimman kertoimen saivat suunnittelu, huolto- ja jälkimarkkinointi sekä laadunhallinta. Suunnittelu on tulevaisuudessa suurelta osin vastuussa tuoterakenteen luonnista ja hallinnasta sekä myös huoltotoiminnan osuus tulee tulevaisuudessa kasvamaan. Laadunhallinta ja laatu-poikkeamat vaikuttavat myös suoraan yrityksen tulokseen. Dokumentaatio-osastolla on merkitystä sekä yritykselle, että asiakkaalle. Myyntiosaston työmäärälle tuoterakenteen muodolla ei ole suoranaista merkitystä, joten osasto sai pienimmän painokertoimen

Eri osastoille soveltuvuuden jälkeen tärkeimmäksi kriteeriksi valittiin tuoterakenteen sopeutuvuus muutoksille. Yritys tulee tulevaisuudessa siirtymään osittain uusille markkina-alueille, mikä tuo uusia asiakkaita ja asiakasvaatimuksia. Uudet asiakasvaatimukset aiheuttavat oletettavasti muutoksia ja lisäyksiä tuotteisiin ja tuoterakenteisiin. Muutosten ja lisäysten tulee olla helposti toteutettavissa.



Soveltuvuudessa järjestelmäintegraatioon arvioitiin tuoterakenteen muodostavien kokonaisuuksien käsiteltävyyttä ja ylläpidettävyyttä tulevaisuudessa mahdollisesti integroitavilla ohjelmistoilla. Käytettäviä ohjelmistoja ovat 3D-suunnitteluohjelma SolidWorks, ERP-ohjelmisto Visma Nova, sekä 2D-suunnitteluohjelmistot Autocad ja CADS Autoplanner. 2D-suunnitteluohjelmien merkitys järjestelmäintegraatiossa on vähäisin.

Viimeiseksi kriteeriksi valittiin soveltuvuus eri tuotteille. Tavoitteena olisi, että samaa tuoterakennetta voisi käyttää eri tuotteissa, mihin liittyy myös tuotteille yhteisten samantyyppisten osakokonaisuuksien tunnistaminen yhteisiksi moduuleiksi. Yritys tulee tulevaisuudessa kuitenkin keskittymään pääasiassa levitettävien konttien valmistukseen, joten tämän kriteerin saama painokerroin on siksi pienin.

Eri tuoterakenteen muotojen vertailemiseksi muodostettiin vertailutaulukko (taulukko 2). Vertailukriteerit pisteytettiin arvosanoilla 4-10 kullekin rakenteelle. Lopuksi kullekin rakenteelle laskettiin painotettu keskiarvo.

TAULUKKO 2. Tuoterakenteiden vertailutaulukko

Kriteeri	Painokerroin	Arvosana 4-10		
		Tuotanto- perusteinen	Toiminto- perusteinen	Tuotealusta- rakenne
Soveltuvuus eri osastoille	0,7			
◦ Myynti	0,05	6	10	10
◦ Suunnittelu	0,1	7	8	9
◦ Ostot	0,125	8	7	8
◦ Tuotanto	0,15	10	6	7
◦ Huolto/Jälkimarkkinointi	0,1	10	6	7
◦ Dokumentaatio	0,075	7	9	9
◦ Laadunhallinta	0,1	7	8	8
Sopeutuvuus muutoksille	0,15	6	9	9
Soveltuvuus CAD-ERP -integraatioon	0,1	8	7	8
Soveltuvuus eri tuotteille	0,05	6	9	9
<b>Yhteensä</b>	<b>1</b>	<b>7,73</b>	<b>7,65</b>	<b>8,23</b>

Tuoterakenteiden soveltuvuudessa eri osastoille on havaittavissa eroavaisuuksia.

Toimintoperusteinen rakenne ja tuotealustarakenne soveltuvat parhaiten myynnille ja suunnittelulle, kun taas tuotantoperusteinen rakenne palvelee parhaiten tuotantoa ja huoltoa. Ostotoiminnoille soveltuvin rakenne on platform-rakenne sen sisältämän vakioidun tuotealustan vuoksi.

Tuotantopainotteinen rakenne soveltuu myös hyvin ostotoiminnoille ostettaessa tuotannon mukaisia osia ja osakoonpanoja. Toiminnallinen rakenne voi muodostua ongelmalliseksi, sillä toiminnalliset moduulit eroavat suurelta osin tuotannon tarvitsemista osakokonaisuuksista, eivätkä välttämättä ole ostettavissa suoraan moduulin mukaisina kokonaisuuksina. Dokumentaatio liittyy tuotteen toiminnallisuuksiin, minkä vuoksi toimintopainotteinen rakenne ja tuotealustarakenne tukevat osaston toimintaa parhaiten. Laadunhallinnan kannalta haasteellisimmaksi osoittautui

tuotantoperusteinen rakenne tuotekonfiguraatioiden muodostamisen myötä helposti kohoavien moduulivarianttien määrien vuoksi.

Soveltuvuudessa järjestelmäintegraatioon esiintyy oletettavasti eroavaisuuksia eri tuoterakennetyyppien välillä. Järjestelmäintegraatiossa tuoterakenteen tulee soveltua käytössä oleville järjestelmille sekä myös eri osastojen toimijoille. Tuotantopainotteisessa rakenteessa moduulien suuri määrä vaikeuttaa 3D-mallien ja konfiguraatioiden käsittelyä. Toisaalta tuotannollinen voi olla helpompi muodostaa ja hahmottaa sen käytännönläheisyyden vuoksi. Toimintopainotteisella rakenteella konfiguraatioiden muodostaminen on helpompaa, mutta toiminnalliset kokoonpanot voivat vaikeuttaa kokoonpantavien kokonaisuuksien hahmottamista. Tuotealustarakenteen käyttö merkitsee uudenlaista lähestymistapaa tuotteen rakenteeseen ja modulaarisuuteen. Käyttöön vakiinnuttuaan tuotteiden yhteneväisyyden vuoksi tuotealustarakenne voi olla tuotealustarakennetta paremmin integraatioon soveltuva.

Eri tuotteille soveltuvat parhaiten tuotealusta- ja toimintorakenne. Tuotteiden eri toiminnallisuudet ovat hyvin samankaltaisia, mikä parantaa toimintorakenteen soveltuvuutta. Tuotealustan suunnittelussa uudelle tuotteelle joudutaan tekemään paljon vakiointityötä, mutta toisaalta voidaan myös tehostaa samojen moduulien käyttöä eri tuotteissa ja tuoteperheissä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että sekä toiminnallisella, että tuotannollisella tuoterakenteen muodolla on omat hyvät ja huonot puolensa. Toiminnallisen rakenteen ongelmana on se, että malli ei todennäköisesti vastaa tuotannossa asennettavia osakokonaisuuksia ja moduuleita, minkä vuoksi tuotannollisen rakenteen muodostamiseksi joudutaan tekemään ylimääräistä työtä. Tuotannollinen rakenne ei puolestaan yleensä sovellu kovin hyvin tuotekonfiguraatioiden muodostamiseen, sillä yhden tuotteen toiminnon muutos aiheuttaa helposti muutoksia monessa eri tuotannollisessa moduulissa. Tämän vuoksi uusien toimintojen lisääminen ja muutokset vanhoissa tuotteissa aiheuttavat helposti lisätyötä suunnitteluosastolla. Tuotealustarakenteessa edellä mainittuja ongelmakohtia esiintyy mahdollisesti vähemmän, joskin rakenteen käyttöönotto vaatii enemmän vakiointityötä.

Tuoterakenteen vertailutulokset esitettiin yritykselle ja käyttöönotettavaksi tuoterakenteen muodoksi valittiin tuotealustarakenne.

## 8.6 Valitun tuoterakenteen jatkokehitys

Nykyisen ja päivitetyn päätuotteen välillä on paljon rakenteellisia eroavaisuuksia. Tämän vuoksi päätettiin muodostaa erilliset tuoteperheet M75i ja M75i2, jotka pohjautuvat omiin tuotealustoihinsa. M75i-tuoteperheen moduulivariaatioiden lukumäärät määritettiin, minkä jälkeen tuoteperheelle muodostettiin geneerinen rakenne. M75i2-tuote on vielä kehityksessä, minkä vuoksi tuoteperheen kohdalla tutkittiin vaan moduulivarianttien määriä nykytietojen perusteella.

M75i-tuoteperheen moduulivariantit sekä varianttien lukumäärät kirjattiin taulukkoon 3.

TAULUKKO 3. Tuotealustapohjaisen M75i-tuoteperheen varioituvat moduulit

<b>Moduuli</b>	<b>Vaihtoehtojen lkm</b>	<b>Selitys</b>
Sähkönsyöttö 230V	3	Sähkövarusteiden mukaan muuttuvat kolme eri vaihtoehtoa
Sähkönsyöttö 24V	3	Sähkövarusteiden mukaan muuttuvat kolme eri vaihtoehtoa
Ilmanvaihto Lämmitys Jäähdytys	3	Kaksi eri kokoonpanoa
Sähköliitännät varusteille	3	Kolme eri vaihtoehtoa
Sirpalesuojaus	2	On/off
Toimistotarvikkeet Pakkaus	3	Kaksi eri varustelukokoonpanoa, yksi ilman varusteita
Oven etävalvonta	2	On/off
Tuotekohtaiset kilvet ja merkinnät	3	Kolme eri tuotekohtaista versiota
Väritys/maalaus	3	Kolme eri tuotekohtaista versiota
Hätäsammutus (lisävaruste)	2	On/off
Tietoliikennejärjestelmä Liitännät	3	Tyyppi 1, Tyyppi 2, ei järjestelmää
Lisäantennit	2	Kaksi eri kokoonpanoa
Paloilmoitus	2	Kaksi eri mallia
Ikkuna	3	Ikkuna kolmessa eri seinässä
NBC-suojaus	2	On/off
Lisälukitus	2	On/off
Oven asennon tunnistus	2	Kaksi eri kokoonpanoa

Tarkastelun perusteella muodostettiin M75i-tuoteperheelle geneerinen rakenne, josta käyvät ilmi varioituvat moduulit, joilla muodostetaan kaikki tuoteperheen tuotevariantit (Liite 2). Tuoteperhettä on kuvattu kapenevalla mallilla.

M75i2-tuoteperheelle on tavoitteena hyödyntää konfigurointia ja massaräätälöintiä entistä paremmin. Tuotealustan osuutta tuotteesta pyritään laajentamaan ja asiakkaan mukaan räätälöitäviä moduuleja vähentämään. Tavoitteena on, että asiakaskohtaisten tuotevarianttien luonnin sijaan asiakastarpeet tunnistetaan ja täytetään täysin konfiguroitavalla tuoteperheellä.

M75i2-tuotteen ilmanvaihto toteutetaan vakiodulla ilmanvaihtokoneella. Lämmitys voidaan toteuttaa ilmanvaihtoputkistoon liitettävillä kanavalämmittimillä, jäähdytyskoneeseen liitettävillä lämpövastuksilla, polttoainekäyttöisellä lisälämmittimellä, patterilämmittimillä tai näiden yhdistelmänä. Lämmitys aiheuttaa siten kaksi eri ilmanvaihtokoneikkovarianttia. Lämmityslaitteet voidaan myös jättää pois. Jäähdytyskoneita tuotteessa voi olla yksi, kaksi tai ei yhtään. Polttoainekäyttöinen lisälämmitin ei ole riippuvainen muista lämmitysratkaisuista tai ilmavaihto- tai jäähdytysratkaisuista, joten se käsitellään erillisenä optiomoduulina.

Sirpalesuojauksesta on tarkoitus tehdä entistä enemmän riippumaton on-off -tyyppinen moduuli. Toimistovarusteista voidaan muodostaa esimerkiksi perusmalli ja paremmin varustelu malli tai kolmantena vaihtoehtona asiakas voi hankkia itse haluamansa varusteet. Tietoliikennejärjestelmästä ja -liitännöistä voidaan muodostaa kolme erilaista varianttia. Kaksi varianttia on varustettu keskenään erilaisella järjestelmällä ja kolmannessa vaihtoehdossa järjestelmää ei ole. Ikkunasta muodostetaan optiomoduuli. Ikkuna voi sijaita joko jommassakummassa etummaisista kääntyvistä päätyseinistä, molemmissa seinissä tai ei kummassakaan.

Taulukossa 4 on esitetty uudelle päätuotteelle suunnitellut moduulit ja niiden variantit.

TAULUKKO 4. Tuotealustapohjaisen M75i2-tuoteperheen moduulien variantit

<b>Moduuli</b>	<b>Vaihtoehtojen lkm</b>	<b>Selitys</b>
Ikkuna	4	Ikkuna vasemmassa kääntyvässä päätyseinässä, oikeassa seinässä, molemmissa tai ei kummassakaan
Ilmanvaihto Lämmitys Jäähdytys	<b>21</b>	Ilmanvaihto kanavalämmittimillä tai ilman (on/off) Jäähdytyskoneet (0/1/2) Lämpövastukset jäähdytyskoneessa (0/1/2) Patterilämmitys (on/off)
Polttoainekäyttöinen lisälämmitin	2	On/off
Sirpalesuojaus	2	On/Off
NBC-suojaus	2	On/Off
Toimistovarusteet	3	Perusmalli, paremmin varusteltu malli, asiakkaan hankkimat varusteet
Tietoliikennejärjestelmä Liitännät	3	Tyyppi 1, Tyyppi 2, ei järjestelmää

Moduulin määritelmän mukaiset vaihdettavuus ja riippumattomuus ovat haastata toteuttaa siis myös uuden päätuotteen ilmanvaihdolle, lämmitykselle ja jäähdytykselle. Erilaisien yhdistelmien myötä variaatioiden lukumäärä nousee korkeaksi. Ratkaisuna voitaisiin muodostaa eri lämmitys- ja jäähdytystehon mukaan jaettuja vaihtoehtoja, tai käyttää vain yhdentyypistä vakiokokoonpanoa.

Tulevaisuudessa tarkoituksena on myös hyödyntää M75i2-tuoteperheen hyviä ominaisuuksia myös M75i-tuoteperheessä. Tavoitteena on siirtyminen vähitellen yhteen levitettävien konttien tuoteperheeseen.

## 8.7 Massaräätälöinnin soveltaminen

Tuotealustarakenteen avulla tuotteille voidaan soveltaa massaräätälöintiä. Standardointia on viety jo pitkälle, minkä lisäksi tuotteille on määritelty yhteinen vakio-osa, jota voidaan tuottaa sarjavalmisteisesti edullisin tuotantokustannuksin. Asiakstarpeet taas täytetään tuotealustan päälle koottavilla varioituvilla moduuleilla. Tulevaisuudessa voidaan tunnistaa myös eri tuoteperheille yhteisiä moduuleja ja tehostaa näin massaräätälöintiä.

Kun tuoteperheen eri moduulivariantit on määritelty, ei asiakkaan tilaus vaikuta enää suunnitteluosaston toimintaan. Uutta myyntikonfiguraatiota muodostaessa ei tarvitse suunnitella mitään uutta. Poikkeuksena ovat tuoteperheeseen mahdollisesti myöhemmin tehtävät päivitykset. Asiakkaan tilaus vaikuttaa kuitenkin kokoonpanon osien valmistukseen, joten tuoterakenteen voidaan katsoa näin toteuttavan räätälöityä kustomointia.

Kun jokaiselle tuoteperheen tuotevariantille on määritetty yhteinen vakio-osa, voidaan heti asiakkaan tilauksen vastaanoton jälkeen aloittaa vakio-osan valmistus. Näin toimimalla voidaan myös variointia siirtää myöhemmäksi tuotantoketjussa. Asiakkaan tarpeet voivat olla tilaushetkellä vielä osittain epäselviä tai ne voivat muuttua sen jälkeen. Muutosten tuomia ongelmia voidaan välttää myöhäisellä varioinnilla. Nykyisellä tuotantojärjestelmällä sirpalesuojaus vaikuttaa tuotantoon jo ensimmäisellä kokoonpanopisteellä. Suojausta tulee kehittää helposti lisättäväksi optiomoduuliksi. Seuraava variaatio tapahtuu vasta kolmannella kokoonpanopisteellä ilmanvaihdossa, lämmityksessä ja jäähdytyksessä. Tuotannossa voidaan hyödyntää myös puskurivarastoja. Tulevaisuudessa kannattaa miettiä, tulisiko asiakkaan vaikutusmahdollisuutta tuotteeseen pienentää tai tulisiko karsia harvoin valmistettavia variantteja.

## 9 TUOTERAKENTEEN HYÖDYNTÄMINEN TUOTETIEDONHALLINNASSA

Lopuksi tutkittiin, kuinka määritettyä tuoterakennetta voidaan hyödyntää tuotetiedonhallinnassa. Toimintaperiaatteet määritettiin tuoterakenteen, nimikkeiden ja tuotetiedon luontiin sekä konfiguraatioiden muodostamiseen. Lisäksi määritettiin järjestelmäintegraation toteutustapa.

### 9.1 Tuoterakenteen ja nimikkeiden luonti

Tuoterakenne voidaan luoda SolidWorksissa tai Visma Novassa. SolidWorks PDM:ssä tuoterakenteen luonti ei ole mahdollista, vaan järjestelmällä hallitaan SolidWorksilla tuotettuja tiedostoja. 3D-malleihin syötetään tällä hetkellä tuotetietoa lisäosa CustomWorksin avulla. Syötettävää tietoa ovat:

1. projekti
2. linja
3. piirustusnumero
4. kuvaus
5. kuvaus 2
6. suunnittelija
7. suunnittelu pvm.
8. tarkastaja
9. tarkastus pvm.
10. hyväksyjä
11. hyväksymispvm.
12. mahdollinen pinta- ja esikäsittely
13. mittatiedot.

Tällä hetkellä SolidWorksilla ei voida riittävän tehokkaasti mallintaa hydraulikkaletkuja tai sähköjohtoja omina osa- ja kokoonpanotiedostoinaan. Edellä mainittujen komponenttien suuri määrä valmiissa tuotteessa aiheuttaa suorituskykyongelmia kokoonpanomallia käsitellessä, sekä 3D-mallien muodostaminen ei onnistu tarpeeksi tehokkaasti. Putkistojen ja sähköjohtojen mallinnukseen voidaan käyttää SolidWorks Premium- ja Professional -paketteihin kuuluvan Routing-lisäosa. Lisäosa mahdollistaa erilaisten putkistojen tehokkaan suunnittelun. Lisäosa sisältää putki- ja kaapelikirjaston ja se mahdollistaa drag-and-drag -tyyppisen osien sijoittelun, jossa osien koko säätyy myös automaattisesti. Tämän lisäksi putkituksia voidaan kopioida, peilata ja putkia taivuttaa sekä putkituksiin sijoitella kiinnikkeitä. Putkistoista saadaan myös automaattisesti luotua tiedostoja putkentaivutukseen, minkä lisäksi putkien ja kaapeleiden tiedot siirtyvät automaattisesti kokoonpanon osaluetteloon.

Komponentteja, joita ei haluta mallintaa, voidaan CAD-mallin luonnin jälkeen lisätä tuoterakenteeseen joko ERP-järjestelmässä tai SolidWorksin lisäosa Treehousella. Treehouse on kokoonpanon rakenteen suunnitteluun tarkoitettu lisäosa, jolla voidaan avata ja muokata SolidWorksilla tuotettuja kokoonpanoja. Lisäosa mahdollistaa myös muokatun kokoonpanon viennin takaisin SolidWorksin tiedostomuotoon. Treehousella lisätty malli tai piirustus ilmestyy tyhjänä

tiedostona SolidWorksiin, minkä jälkeen se on vapaasti muokattavissa. Treehouse-lisäosassa voidaan myös syöttää tietoa eri 3D-mallien CustomWorks-kenttiin.

Tuoterakenne voidaan luoda Visma Novaan Tuotanto-sovelluksen kautta. Tuoterakenne on tätä kautta myös vapaasti muokattavissa. Toinen vaihtoehto on tuoda tuoterakenne siirtotiedoston kautta. Siirtotiedostot ovat ASCII-muotoisia tiedostoja, joissa kukin tietue on omalla rivillään. Tiedosto voidaan muodostaa esimerkiksi Excel-ohjelmasta tallentamalla tiedosto .csv-muotoon. Käyttämällä siirtotiedostoa tuoterakenne voidaan luoda CAD-ohjelmistoympäristössä.

## 9.2 Järjestelmäintegraatio

Järjestelmien integraatiovaihtoehtoihin perehdyttiin CAD- ja ERP -ohjelmistojen manuaalien ja ohjelmistojen toimittajien konsultoinnin avulla. CAD-toimittaja on CadWorks Oy ja ERP-toimittaja Visma Software Oy.

Yrityksellä on lisenssi Visma Novan eräajopohjaiseen Tiedonsiirto-sovellukseen. Tiedon siirto CAD-ohjelmasta onnistuu ASCII-muotoinen siirtotiedoston avulla. Tiedonsiirtoon on saatavilla myös erillinen siirto-ohjelma, joka mahdollistaa tietojen automatisoinnin. Nykyisellä SolidWorks-kokoonpanolla voidaan 3D-mallin osaluettelo siirtää CustomWorksin BOM Export -toiminnolla Excel-, HTML- tai tekstitiedostoksi. CSV-muotoinen Excel-tiedosto on käytettävissä Visma Novan tiedonsiirtoon. Siirtotiedoston määrittely on mahdollista ostaa joko ERP- tai CAD-toimittajan toimittamana palveluna tai suorittaa itse.

SolidWorks PDM Standardia laajempi PDM Professional sisältää valmiudet ERP-linkkiin. Toiminnon käyttöönotto on saatavilla ohjelmiston asennuksen yhteydessä. Käyttöönottoon kuuluu XML-viennin sisällön määrittely ja konfigurointi PDM:ssä syntyneen nimike- ja rakennetiedon viemiseksi ERP-järjestelmään. ERP-toimittaja toteuttaa puolestaan tiedon muotoilun vastaanottavan järjestelmän vaatimusten mukaisesti. Järjestelmälinkki on tyypiltään yksisuuntainen. Erona CustomWorksin vientitoimintoon tiedonvienti on mahdollista automatisoida ja määrittää tapahtumaan esimerkiksi tietyssä kohtaa suunnittelun työkiertoa.

Kaksisuuntainen järjestelmälinkki voidaan toteuttaa käyttämällä järjestelmien ulkopuolista ohjelmaa. Tällöin tuoterakenteeseen ERP-järjestelmässä tehtävät muutokset ja lisäykset siirtyvät suoraan CAD-järjestelmään. Visma Software Oy suositteli kaksisuuntaisen linkin toteuttamiseksi ATR Software Oy:n toimittamaa CustomTools -ohjelmaa.

## 9.3 Tuotekonfiguraatioiden muodostaminen

Tuotekonfiguraatiot voidaan muodostaa yleensä CAD-, ERP-, PDM- ja PLM-järjestelmillä tai käyttämällä erillistä konfigurointiohjelmaa. Yrityksen käyttämillä ohjelmistoilla konfigurointi voidaan suorittaa SolidWorksilla tai Visma Novalla. SolidWorksin PDM-lisäosat eivät mahdollista CAD-järjestelmän ulkopuolista konfigurointia.

CadWorks Oy suositteli tuotekonfigurointiin erillistä Sovelian PLM-ohjelmaa. Ohjelmalla voidaan hallita tuoterakenteita ja muodostaa vapaasti asiakaskohtainen rakenne. Erillisen PLM-järjestelmän käytön etuna on, että CAD-ohjelmiston käyttö pysyy kevyenä ja tuotekonfiguraatioiden muodostaminen on nopeaa. Haittapuolena on järjestelmän vaatima investointi.

SolidWorksilla voidaan muodostaa ja ylläpitää eri tuotekonfiguraatioita. 3D-malli voi olla rakenteeltaan geneerinen, jolloin kokoonpanomalli sisältää kaikki tuotevariantit ja niitä hallitaan SolidWorksin konfiguraatiohallinnalla sekä Suppress ja Unsuppress -toiminnoilla. Toinen vaihtoehto on luoda jokaiselle tuotevariantille oma malli käyttäen hyväksi tuotteiden yhteistä osaa. Geneeristä 3D-mallia käyttämällä syntyy vain yksi malli ja konfiguraatioiden muodostaminen on siten nopeaa. Haittapuolena 3D-malli voi muodostua kuitenkin helposti raskaaksi, jolloin myös mallien hallinta hidastuu. Luomalla jokaiselle tuotteelle oma malli CAD:n käyttö pysyy kevyenä, mutta mallien määrän kasvu voi aiheuttaa ongelmia tiedostojen hallinnan ja löydettävyyden kanssa.

Tuotekonfiguraatioiden muodostaminen on mahdollista myös Visma Novassa. Yksisuuntaista tiedonsiirtoa käytettäessä konfiguroituja rakenteita ei kuitenkaan voida siirtää takaisin CAD-järjestelmään, eikä niistä voida siten tehdä esimerkiksi asennuspiirustuksia.

#### 9.4 Valittu ratkaisu

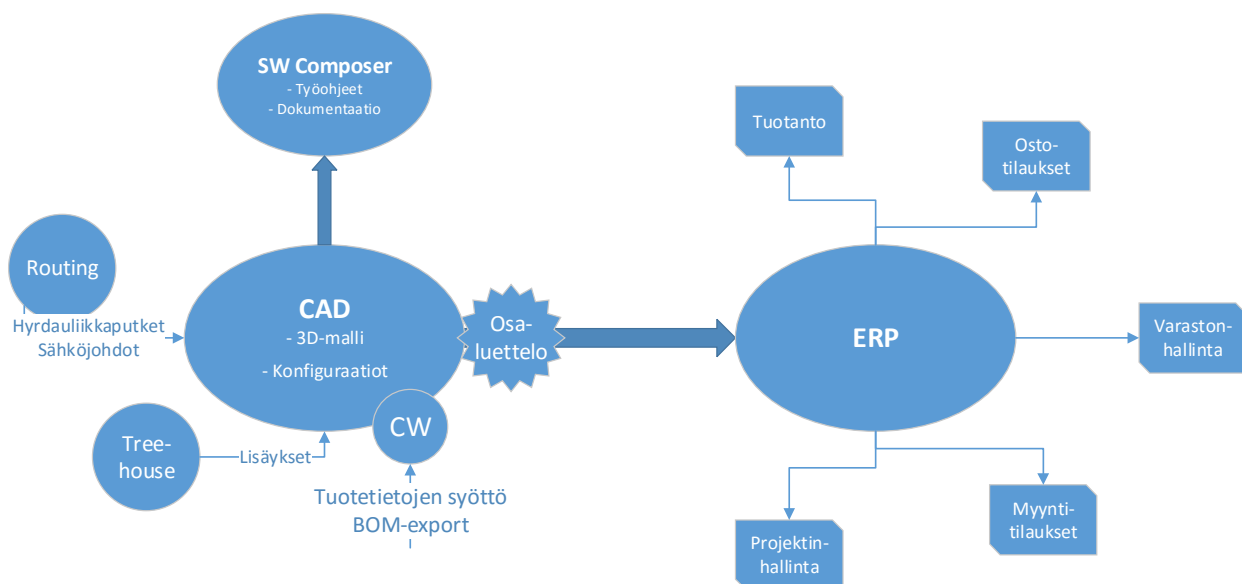
Päädettiin ratkaisuun, jossa tuoterakenne ja nimikkeet luodaan CAD-järjestelmässä. Tämä on yksinkertaisin tapa, sillä tuotteelle täytyy joka tapauksessa luoda 3D-malli. Nimiketiedot syötetään tarvittaville malleille CustomWorksilla. Hydrauliiikkaputket ja sähköjohdot lisätään Routing-lisäosaa käyttämällä. Tarpeen tullen osia, joista ei tarvita malleja tai piirustuksia, mutta joiden tulee näkyä kokoonpanon osaluettelossa, lisätään Treehouse-lisäosaa käyttämällä.

Kokoonpanomallin osaluettelo viedään CSV-muotoon CustomWorksin BOM Export -toiminnolla ja siirtotiedostoa käyttämällä se siirretään yksisuuntaisella järjestelmä linkillä Visma Novaan. Siirtotiedoston ja tiedonsiirron määrittäminen päätettiin toteuttaa yrityksen ulkopuolelta ostettavana palveluna. Visma Novassa CAD-järjestelmästä siirrettyä tuoterakennetta voidaan käyttää varastohallinnassa, osto- ja myyntitilausten luonnissa sekä tuotanto- ja projektinhallintasovelluksissa.

Tuotteen konfigurointi suoritetaan SolidWorksissa. Jokaiselle tuotevariantille päätettiin luoda oma malli, sillä valmiin kontin 3D-kokoonpano sisältää niin paljon osia ja osakoonpanoja, että yhden geneerisen mallin hallinta ei ole teknisesti mahdollista riittävän tehokkaasti. Työohjeita ja dokumentaatiota luodaan SolidWorks Composerilla 3D-mallien pohjalta.

Kuvassa 28 on havainnollistettu ohjelmistojen rooleja edellä kuvatulla tavalla tapahtuvassa tuotetiedon hallinnassa.





KUVA 28. Ohjelmistojen roolit tuotetiedonhallinnassa

## 10 TYÖN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tilaaja oli Oy Morehouse Ltd. Työn tavoitteena oli muodostaa levitettävälle konttituotteelle moduloitu konfiguroitava tuoterakenne. Toisena tavoitteena oli hyödyntää muodostettua tuoterakennetta tuotetiedonhallinnan kehityksessä. Työ rajattiin koskemaan vain yrityksen levitettävää konttituotetta, mutta tuoterakenteen oli tarkoitus olla käytettävissä myös yrityksen muille tuotteille.

Tämän opinnäytetyön aihe saatiin syksyllä 2015 yrityksessä käynnistynyttä More 2.0 -kehityshankkeesta. Kehityshankkeen tavoitteena on nostaa yrityksen kilpailukykyä ja mahdollistaa toiminnan kansainvälisillä markkinoilla. Kehityshanke ulottui yrityksen kaikille osa-alueille ja opinnäytetyö palveli pääasiassa suunnittelun ja tuotekehityksen osastoa. Sillä oli kuitenkin välillisiä vaikutuksia myös muihin osastoihin.

Työn tuloksena yrityksen päätuotteelle määriteltiin tuotealustapohjainen modulaarinen tuoteperherakenne. Modulaarisuuden avulla voidaan saavuttaa hyötyjä esimerkiksi tuotannossa, tuotetiedonhallinnassa sekä yleisessä tuottavuuden kehityksessä. Massaräätälöinnin työkalu konfigurointi edellyttää lisäksi modulaarista tuoterakennetta. Massaräätälöinnin avulla voidaan tuottaa asiakasräätälöitäviä tuotteita säilyttäen kuitenkin valmistuksen kustannustehokkuuden.

Toisena tuloksena määritettiin periaatteet tuotetiedonhallintaan ja CAD- ja ERP-järjestelmien väliseen integraatioon. Määrittelyyn kuuluivat tuoterakenteen ja nimikkeiden luominen, 3D-malliin tehtävät lisäykset, tuoterakenteen vieminen ERP-järjestelmään sekä tuotekonfiguraation muodostaminen. Järjestelmäintegraation seurauksena yrityksen eri osastojen välinen tiedonkulku tehostuu, tuotetiedon oikeellisuus ja saatavuus parantuu, manuaalisen työn osuus laskee ja tuottamaton työaika vähenee.

Opinnäytetyön teon yhteydessä syntyi yrityksen käyttöön myös runsaasti uusia 3D-malleja ja työpiirustuksia. Lisäksi yritys sai käyttöönsä tuoterakenteen valintaan liittyvää vertailutietoa ja laskelmia.

Työn aikana havaittiin, että tuoterakenteen muodostaminen on monitahoinen prosessi. Yrityksen eri osastojen toimijat ovat tekemisissä tuoterakenteen ja siihen liittyvän tuotetiedon kanssa ja kohdistavat niille omat vaatimuksensa. Tuoterakennetta määrittäessä tulee valita, minkä toimijan tarpeita halutaan eniten palvella. Lisäksi havaittiin, etteivät kirjallisuudesta löytyvät modulaarisuuden mallit välttämättä ole suoraan sovellettavissa tietyssä käyttökohteessa. Tämän vuoksi joudutaan joskus tekemään yrityskohtaisia sovelluksia ja kompromissiratkaisuita.

Jatkotoimenpiteenä ehdotan yritykselle tuoterakenteen tarkempaa määrittelyä päivitetylelle päätuotteelle sen kehityksen edetessä. Tuoterakenteen määrittelyä varten tulee asiakastarpeet tunnistaa hyvin, jotta voidaan suunnitella asiakastarpeen täyttöön soveltuvat moduulit. Uuden tuotteen suunnittelussa kannattaa myös miettiä asiakkaan vaikutusmahdollisuuksien laajuutta

tuotteeseen. Varioitavuuden kasvu heikentää helposti tiedon hallittavuutta ja toiminnan tehokkuutta. Tuoterakenteiden kehityksessä tulee myös huomioida jatkuvan parantamisen kehitystoimenpiteet.

Tulevaisuudessa tuotantomäärien kasvaessa PDM- tai PLM-järjestelmän hankinta voi olla kannattava ratkaisu. CAD-järjestelmän ulkopuolista sovellusta käyttämällä tuotteen konfiguraatioprosessi on tehokkaammin suoritettavissa ja tuotetiedonhallinnan kokonaistehokkuus voi kasvaa.

Kaksisuuntaisen CAD-ERP -linkin hankinta voisi myös osaltaan parantaa tuotetiedonhallinnan tehokkuutta.

Opinnäytetyö saatiin suoritettua ja tavoitteet täytettyä. Opinnäytetyön työläimmäksi osuudeksi muodostui tuoterakenteiden moduulien määrittely. Moduulien määrittelyn ongelmalliseksi teki se, tuote ei ollut modulaarisuuden määritelmien mukaisesti täydellisesti moduloitavissa, ja että tuotteesta ei ollut erotettavissa pelkästään tuotannollisia tai toiminnallisia moduuleja. Työn tekemistä helpotti aiempi vajaan vuoden mittainen työkokemus kyseisestä yrityksestä. Työn tekoa edesauttoi myös työntekijöiden positiivinen suhtautuminen haastatteluihin ja muutenkin opinnäytetyön tekoon.

Opinnäytetyöstä hyötyivät niin kohdeyritys kuin tekijäkin. Oy Morehouse Ltd sai työstä apua kehitysprojektiinsa. Opinnäytetyön tekijä puolestaan pääsi soveltamaan aiemmin opittua tietoutta käytännön työtehtävään sekä oppi myös paljon uutta.

## LÄHTEET

- Blecker, T.;& Friedrich, G. (2006). *Mass Customization: Challenges and Solutions*. Springer US.
- Celona, T.;Embry-Perline, C.;& Hölttä-Otto, K. (2007). Are Modular Products Larger than Integral Products. *International Conference on Engineering Design, ICED'07* (ss. 219-220). Pariisi: The Design Society.
- Cutler, T. R. (ei pvm). ERP and CAD Integration in the Engineer-to-Order Environment. *Automation.com*. Haettu 15. joulukuuta 2015 osoitteesta <http://www.automation.com/library/articles-white-papers/articles-by-thomas-r.-cutler/erp-and-cad-integration-in-the-engineer-to-order-environment>
- Elmo Solutions Inc. (2012). Integrating manufacturing (ERP) and design (CAD/PDM/PLM) data. Elmo Solutions Inc.
- Harlou, U. (2006). Developing product families based on architectures - Contribution to a theory of product families. *Väitöskirja*. Department of Mechanical Engineering. Technical University of Denmark.
- Hölttä-Otto, K. (2005). Modular Product platform design. *Väitöskirja*. Espoo: Helsinki University of Technology.
- Jokela, M. (12. Syyskuu 2011). *Tuotteen tietomallin rakenne*. Haettu 15. Tammikuu 2016 osoitteesta Tuotetiedon kootut selitykset: <http://inside-the-plm.blogspot.fi/p/tuotteen-tietomallin-rakenne.html>
- Lahti, S.;& Tuominen, K. (2010). *LEAN - Tehoa ja laatua tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittämiseen*. Helsinki: Readme.fi Oy.
- Lapinleimu, I. (2000). *Ideaalitehdas*. Tampere, Suomi: Tampereen teknillinen korkeakoulu.
- Lehtonen, T. (2007). Designing Modular Product Architecture in the New Product Development. *Väitöskirja*. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto.
- Miller, T.;& Elgård, P. (1998). Defining Modules, Modularity and Modularization. *13th Integrated Productions Systems Research Seminar (IPS'98)*. Fuglsoe: IKS.
- More 2.0. (ei pvm). Oy Morehouse Ltd. *Esitysmateriaali*. Rautalampi.
- Morehouse M75i CSC-luokiteltu levitettävä kontti. (ei pvm). Oy Morehouse Ltd. *Esite*. Rautalampi.
- Oy Morehouse Ltd. (ei pvm). *Oy Morehouse Ltd*. Noudettu osoitteesta Oy Morehouse Ltd:n kotisivut: <http://www.morehouse.fi>
- Pahl, G.;Beitz, W.;Feldhusen, J.;& Grote, K.-H. (2003 (2007)). *Engineering Design. (käännös Ken Wallace ja Lucienne Blessing)*. Lontoo: Springer-Verlag London Limited.
- Pavlic, D.;Storga, M.;Bojetic, N.;& Marjanovic, D. (2004). Generic Product Structure of the Configurable Product. *DESIGN 2004 - International Design Conference*, (ss. 459-464). Dubrovnik.
- Sääksvuori, A.;& Immonen, A. (2002). *Tuotetiedonhallinta PDM*. Helsinki: Satku.
- SFS-EN ISO 9001. (2015). *Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset*. Suomen Standardoimisliitto SFS.
- Simpson, T.;Zahed, S.;& Jianxin, J. (2005). *Platform-based product family development*. Springer US.
- Soronen, O. (1999). *Massaräätälöinti asiakasmyötäisessä tuotannossa*. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto MET.
- Turunen, P. (4. toukokuu 2016). Pääsuunnittelija, Oy Morehouse Ltd. (J. Tikka, Haastattelija)
- Ulrich, K. (1993). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research policy* 24, 419-440.