

MODULAARISEN TUOTEPERHEEN JA TUOTEARKKITEHTUURIN SUUNNITTELU

Raute Oyj

Tiivistelmä

Tekijä(t) Seppänen, Kai	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 33	Valmistumisaika Kevät 2019
Työn nimi Modulaarisen tuoteperheen ja tuotearkkitehtuurin suunnittelu Raute Oyj		
Tutkinto Kone- ja tuotantotekniikan insinööri (mekatroniikka)		
Tiivistelmä <p>Modulaarisuus on tekninen menetelmä, joka on hyödyllinen monimutkaisissa järjestelmissä. Moduuli on yksikkö, jonka rakenneosat ovat voimakkaasti yhteydessä toisiinsa ja heikosti liitettyinä muihin yksikköihin. Tutkimus perustuu näihin teorioihin.</p> <p>Tapaustutkimus on tehty Rauten toimeksiannosta. Tutkimukseni tarkoituksena oli löytää modulaarisen arkkitehtuurin hyödyt ja haitat. Opinnäytetyössä keskitytään mekaaniseen modulaarisuuteen vaneritehtaan ratkaisuihin kuten pinontalaitteissa. Viilupinkareita käytetään viilun sorvaus- ja kuivauslinjoilla.</p> <p>Opinnäytetyö koostuu kirjallisuuskatsauksesta, haastatteluista ja pinontalaitteiden tuoteperheen tutkimuksesta. Tärkein asia suunnitteluratkaisuihin on asiakastoiveet ja -vaatimukset, jotka ovat lueteltu QFD:ssä. Tutkimuksessa MFD-menetelmä ei toiminut oletetulla tavalla. Myös PFMP-menetelmän käyttöä kokeiltiin ja se toimi paremmin.</p> <p>Päätulos oli, että modulaarisuutta tarvitaan, mutta se ei ole ainoa oikea menetelmä. Modulaarisella tuotteella on monia hyviä puolia sisältäen nopean kokoonpanon, helpon käyttöhuollon ja modernisaation mahdollisuuden. Modulaarinen tuote tarjoaa isomman joukon muunneltavia ratkaisuja liikuteltavilla ja varioituvilla osarakenteilla. Haittapuoli oli, että tuotteen monimutkaisuus lisää kustannuksia ja käytettyä aikaa.</p> <p>Opinnäytetyön johtopäätös on, että modulaarisuutta pitäisi tutkia enemmän teorioiden todistamiseksi. Raute voisi jatkaa tutkimusta modulaarisuuden hyödyistä yritykselle ja asiakkaalle.</p>		
Asiasanat pinkkari, moduuli, modulaarisuus, tuotearkkitehtuuri		

Abstract

Author(s) Seppänen, Kai	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2019
	Number of pages 33	
Title of publication Modular Product Family and Architecture Planning Raute Oyj		
Name of Degree Bachelor of Engineering in Mechatronics		
Abstract <p>Modularity is an engineering technique that is useful dealing with complex systems. A module is a unit whose structural elements are powerfully connected among themselves and weakly connected to elements in other units. A study is based on these theories.</p> <p>The case study was commissioned by Raute Corporation. The objective of my study was to find advantages and disadvantages in modular architecture. The thesis focuses on mechanical modularity in plywood factory solutions like a veneer stacker. Veneer stackers are used in veneer peeling and in veneer drying lines.</p> <p>The thesis consists of literature reviews, interviews and a study about stacker's product family. The cornerstone of all design choices is customer's wants and needs, which were collected in the QFD. In the study the MFD-method did not work as supposed. The use of PFMP-method was also tested and it worked better.</p> <p>The main result was that modularity is needed, but it is not the only correct method. A modular product has many good features including fast assembly, easy maintenance and modernization potential. The modular product offers wider range of configurable solutions with moveable and variable structures. The downside side was that the product's complexity increases costs and used time.</p> <p>The outcome of this thesis is that modularity should be studied more for proving these theories. Raute could continue to research the advantages of modularity both for the company and the customer.</p>		
Keywords stacker, module, modularity, product architecture		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Tapaustutkimuksen taustaa	1
1.2	Tutkimuksen tietoperusta.....	1
1.3	Aineisto ja menetelmät	2
2	TUTKIMUS TUOTEPERHEISTÄ JA MODULAARISESTA ARKKITEHTUURISTA	3
2.1	Tutkimuksen määrittely	3
2.2	Tuoteperheiden suunnitteluarkkitehtuuri	4
2.3	Tuoteperheen ominaisuuksia.....	5
2.3.1	Parametrisuus	6
2.3.2	Konfiguraatiot	6
2.3.3	Modulaarisuus	7
2.3.4	Käytetyt tekniikat	8
3	PINONTALAITTEIDEN KONFIGURAATIOT JA MODULAARISUUS	12
3.1	Yrityksen erityispiirteet.....	12
3.2	Kustannuskäsitteen määrittely	14
3.3	Esimerkki vaneritehtaalta.....	16
3.4	Tapaustutkimus	17
3.4.1	Haastattelu	17
3.4.2	Viiluarkkien pinontalaitteet	19
3.4.3	Ongelma-analyysi.....	23
3.4.4	Tuotespesifikaatio.....	23
3.4.5	Päätoiminnot.....	24
3.4.6	Osatoiminnot ja ratkaisut	25
3.5	Konseptin vaatimuksia.....	26
4	YHTEENVETO	28
4.1	Modulaarisuuden soveltuvuus	28
4.2	Hyödyt	28
4.3	Haitat.....	29
4.4	Johtopäätökset	30
4.5	Jatkotutkimuksen aiheita.....	31
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	33

SANASTO

Asiakasräätälöinti tarkoittaa laitteiden tuottamista tilauskohtaisesti räätälöiden asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Projektilliketoiminta perustuu asiakastarpeisiin vastaamiseen.

Design for Excellence (DFX) on suunnittelun menetelmä, jossa X korvataan halutulla ominaisuudella kuten valmistettavuus, hinta tai muunneltavuus.

Konsepti on kuvaus tuotteen toteutustavasta ja rakenteesta. Luonnos eli konsepti on yhtäältä alustava ja toisaalta abstrakti kuvaus tuotteesta. Se on yhden tuotteen luonnosteluvaiheen tulos ja usean tuotteen yhteinen karkea määritelmä.

Konfiguroitava tuote on modulaarinen tuote, joka sisältää erilaisia variaatioita eli toisistaan poikkeavia kokoonpanoja.

Master malli tarkoittaa, että tuotteen perimä on tallennettu master-malliin ja jokainen tuoteyksilö edustaa tuoteperheen yhteistä perimää eli "DNA:ta". Master-malli sisältää tuotekehityksen tulokset.

Modular Function Development (MFD) on systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin.

Product Family Master Plan (PFMP) on suunnitelma, joka sisältää visuaaliset asianyhteydet komponenttien välillä. Voidaan kutsua myös tuoteperheen master-malliksi.

Quality Function Development (QFD) on laatutyökalu asiakastoiveiden kääntämiseen prosessivaatimuksiksi.

Tuotearkkitehtuuri määrittää, mitä ominaisuuksia tuotteella on ja miten nämä toiminnallisuudet toteutetaan osarakenteessa. Tuotearkkitehtuurin valinta ohjaa tuotteen rakenteen suunnittelua ja määrittää, miten tuote jakautuu moduuleihin ja kuinka nämä vaikuttavat toisiinsa.

Tuotekehityskonsepti on luonnosteluvaiheen tulos, jonka tarkoituksena on luoda standardi tuote tai toimintarakenne tuoteperheen uudistamiseksi. Konseptilla kokeillaan tuotteen kyvykkyyttä ja ominaisuuksia ennen prototyypin rakentamista.

Tuoteperhe koostuu useista samankaltaisia ominaisuuksia sisältävistä tuotteista. Tuotteiden ydintoiminta poikkeaa toisistaan niin vähän, että niistä voidaan eritellä samankaltaiset piirteet tai toiminnallisuus. Tuoteperheitä ovat muun muassa pinontalaitteet ja viilursorvit.

1 JOHDANTO

1.1 Tapaustutkimuksen taustaa

Opinnäytetyö on tehty Raute Oyj:n toimeksiannosta. Tutkimus on toteutettu tapaustutkimuksena osana tuotekehitystyötä ja tarkoituksena on määritellä modulaarista tuotekonseptia yhdessä suunnittelijoiden kanssa. Tutkimustyössä muodostetaan tuotekehityskonseptia, jossa pyritään määrittelemään kuinka tuote kannattaa suunnitella modulaarisuus huomioiden. Tapaustutkimus käsittelee seuraavia tutkimuskysymyksiä: *Miten hyvin modulaarinen suunnittelu sopii varioituviin tuoterakenteisiin? Voidaanko modulaarista arkkitehtuuria hyödyntää tuotteen kustannusten arvioinnissa?* Tutkimustyön tekee tärkeäksi teollisuudessa ja tuotesuunnittelussa yleisesti hyvänä koetun modulaarisen suunnittelutavan käyttäminen, minkä hyötyjä pyritään selvittämään ja perustelemaan.

Modulaarisesta arkkitehtuurista etsitään vastauksia seuraavaan hypoteesiin: modulointi mahdollistaa tuotekonseptin kehittämisen ja tuotevaatimusten eli spesifikaatioiden uudeleen määrittelyn pinontalaitteelle. Opinnäytetyössä etsitään vastauksia tuotteen kustannusrakenteen muodostumiseen, selvitetään mitkä tekijät ajavat tuotevariointia ja pohditaan, voidaanko tuleviin asiakasvaatimuksiin varautua ennakoiden. Tutkimuksessa on keskitytty mekaniikkaan ja automaatio on rajattu pois.

Tutkimuksen konkretisoiminen tuottanee tietoa ja mahdollisia ratkaisuja viilupinontalaitteiden tuoteperheen tuotekehitykseen. Käytännön haasteena on, että kaikki pinontalaitteiden tuoteyksilöt ovat erilaisia koon ja toiminnan suhteen eli tuotteen suunnitteluratkaisut vaihtelevat huomattavasti tuoteyksilöiden kesken, mikä aiheuttaa varioituvuutta ja kustannuksia. Toisaalta modulaarisuudesta on löydettävissä uusi tasapaino muunneltavuuden ja standardiratkaisujen välistä.

Opinnäytetyö toteutetaan tapaustutkimuksena, jossa käsitellään modulaarista arkkitehtuuria pinontalaitteen konseptisuunnittelussa. Työn päämääränä oli tuottaa selvitys modulaarisesta tuoterakenteesta. Työn etenemiseksi laadittiin aikataulu, työsuunnitelma ja toteutustavaksi sovittiin tutkimus yrityksen toimitiloissa.

1.2 Tutkimuksen tietoperusta

Opinnäytetyö pohjautuu modulaarisesta arkkitehtuurista tehtyyn tutkimustyöhön ja raportoituun tutkimustietoon. Tietolähteistä merkittävin on Petri Huhtalan ja Antti Pulkkisen vuonna 2009 toimittama kirja Tuotettavuuden kehittäminen – Parempi tuotteisto useammasta näkökulmasta. Kirja perustuu C_DFMA – Conceptual Design for Manufacturing and

Assembly -tutkimushankkeen tuloksiin. Lähdeoteoksina käytetään tieteellisiä julkaisuja sekä aiemmin tehtyä tutkimustyötä tuoteperheistä ja modulaarisesta tuotearkkitehtuurista.

Modulaarisesta tuotearkkitehtuurista on tehty tieteellistä tutkimusta, josta esimerkkinä on Modular Function Deployment -tekniikka. MFD-menetelmän käyttöä tukee suurten teollisuusyritysten kiinnostus modulaarisiin ratkaisuihin muun muassa autoteollisuudessa ja laivanrakennuksessa.

PFMP-tekniikan soveltaminen tutkimuksessa lisää tuoteperheajattelun modulaarisuuteen. Tutkimuksessa sovelletaan Product Family Master Plan:ia tuotteiden samankaltaisuuden esittämiseksi ja PFMP:n avulla voidaan kehittää uusia tuoteratkaisuja.

1.3 Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa sovelletaan Product Family Master Plan (PFMP) -teoriaa sekä Modular Function Deployment (MFD) -menetelmää, jotka ovat kohtalaisen hyviä työkaluja tuoteperheen ja tuotekonseptin kehittämiseen asiakaslähtöisesti. Quality Function Deployment (QFD) avulla muodostettiin tuote- ja prosessivaatimukset tuotteesta, minkä avulla tutkittiin tuotteen ominaisuuksia ja asiakastarpeita.

Tiedonkeruu aloitettiin laadullisella tutkimuksella, joka sisälsi henkilökohtaisia haastatteluja. Haastatteluitten avulla pyrittiin löytämään tutkimusongelman asiantuntijat ja heidän avullaan voitiin kartoittaa nykytilanne Rautella. Asiantuntijoiden hyödyntäminen suuressa yrityksessä todettiin toimivaksi tavaksi ymmärryksen laajentamiseen aiheesta. Aineiston keruumenetelmät perustuvat pitkälti tuotejärjestelmien käyttöön ja tehokkaaseen kommunikointiin työyhteisön sisällä. Avainhenkilöiden haastatteluitten tuloksia on raportoitu laadullisen tutkimuksen osiossa.

2 TUTKIMUS TUOTEPERHEISTÄ JA MODULAARISESTA ARKKITEHTUURISTA

2.1 Tutkimuksen määrittely

Tutkimuksen aihe on modulaariset tuoteperheet ja modulaarinen tuotearkkitehtuuri. Tutkimustyö etenee seuraavasti: ensimmäisenä aiheeseen perehtyminen, sitten nykytilanteen kartoitus ja tapaustutkimuksen muodostus. Tutkimustyön tavoitteena on löytää ne suunnitteluspesifikaatiot, jotka erilaisten määrittelyjen jälkeen ovat mahdollisia toteuttaa sorvauslinjan ja kuivauslinjan pinontalaitteissa. Tavoitteena on tutkia modulaarisen arkkitehtuurin muodostumista määrittelyketjun avulla.

Alkuvaiheen konseptointi on paras vaihe kehityksessä tutkia ja testata vaihtoehtoisia tuoterakenteita. Tutkimuksessa tutkitaan uuden pinontalaitteen modulaarista konseptiluonnosta. Modulaarisuuden yhteenveto löytyy opinnäytetyön viimeisessä osiossa hyödyt ja haitat luvuissa.

”Konseptuaalisessa suunnittelussa eli konseptoinnissa tuotteelle luodaan pohja sen kyvykkyydelle, joka edelleen kehitetään etevämmyydeksi kilpaileviin tuotteisiin nähden. Konseptuaalinen suunnittelu voidaan nähdä kahtena kehityssilmukkana, joissa ensin luodaan optimaalinen toimintarakenne ja sitten optimaalinen konsepti. Tuotteen synteesiprosessissa kustannusaihiot siirtyvät käsitteellisistä tarkastelupiirteistä edelleen osa- ja kokoonpanorakenteisiin. Kustannusaihioiden yhtenä juurena voidaan nähdä päätöksentekoprosessi ja siihen liittyvät valintatilanteet. Dispositionaaliset mekanismit siirtävät kustannusaihioita edelleen elinkaarivaiheesta toiseen. Jos suunnittelija tuntee parametriset riippuvuudet tuotteen ja sen elinkaarisysteemien välillä, voidaan myös kustannusaihiot hallita.” (Huhtala & Pulkkinen 2009, 132.)

Huhtalan (2009) mukaan tuotteiden arkkitehtuuri on merkittävä tekijä kustannusten muodostumisessa. Modulaarisen tuotearkkitehtuurin avulla voidaan kehittää tuotteita yksittäin sekä tuoteperheinä vaikuttaen kustannusrakenteisiin. Työssä selvitetään, voidaanko modulaarisen arkkitehtuurin avulla saavuttaa halutut tuotekehitystavoitteet. Keskeisiä tekijöitä ovat modulaaristen rajapintojen sekä osakokonaisuuksien määrittely tuotteessa. Tutkimuksessa määritetään hinnan muodostumista ja selvitetään, mitkä tekijät ajavat tuotearkkitehtuurin variointia. Tuotekehityskonseptin avulla voidaan kehittää nykyistä tuoteperhettä tai luoda täysin uusi tuote. Tuotekehityksessä kehitetään nykyisiä ja uusia tuotteita paremmaksi, mistä esimerkkinä on modulaarisen arkkitehtuurin soveltaminen niin pinontalaitteissa kuin muissakin tuotteissa. Pääpaino on selvittää kokonaisvaltaisia hyötyjä Rauten näkökulmasta.

Taulukko 1. Opinnäytetyö kohdentuu modulaariseen arkkitehtuuriin

Pinontalaitteiden tuoteperhe	Global	VPA	VPA-T	VPA-L
Standard Design	X	X	X	X
New Concept			X	
Future Standard Design	?	?	?	?
Modular Architecture			X	X*)

*) Modulaarisen arkkitehtuurin määrittely on vaikeaa, mutta selkeästi havaittavissa.

Taulukossa 1 on näkyvissä Rauten pinontalaitteiden tuoteperhe sekä oma käsitykseni nykytilanteesta. Tutkimuksessa teen kartoitusta uuden konseptin kyvykkyydestä ja muodostan pinontalaitteiden modulaarisen arkkitehtuurin visuaaliseen muotoon. Tutkimuksessa painotetaan optimaalisen toimintarakenteen etsimistä.

2.2 Tuoteperheiden suunnitteluarkkitehtuuri

Tuotearkkitehtuuri on yhden tuotteen luonnosteluvaiheen tulos ja usean tuotteen yhteinen, karkea määritelmä. Ensin mainitussa merkityksessään tuotearkkitehtuuri määrittää sen, kuinka tuotteen toiminnalliset elementit on järjestetty fyysisiksi lohkoiksi, jotka ovat keskenään kytketty. Arkkitehtuuri on siis rakenne, joka kuvaa sekä kytkennän toiminnallisuuden ja toteutuksen välillä että toteutuksen sisäiset interaktiot. (Huhtala ym. 2009, 142.) Tutkimuksessa määritellään tarkemmin modulaarisuutta (kuvio 1).

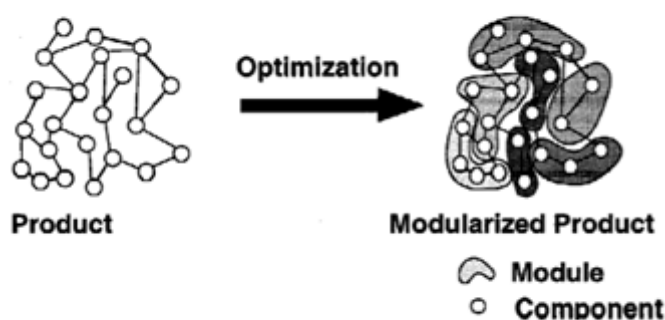


Fig. 4. Optimization of modular structure.

Kuvio 1. Modulaarinen arkkitehtuuri optimoi rakennetta (Umeda 2000, 155)

Asiakaskohtaista räätälöintiä voidaan vakioida ja helpottaa kahdella tavalla: näitä ovat **parametrinen** tuoteperhe ja **moduuliperustainen** (konfiguroitava) tuoteperhe (Huhtala ym. 2009, 141). Parametrisen tuoteperheen erottaa modulaarisesta tuoteperheestä siten, että parametriset mallit ovat skaalautuvia haluttuihin suuntiin eli kokoa voidaan muuttaa parametrejä syöttämällä. Parametrisia malleja on tehty muun muassa erilaisista kuljettimista. Moduuliperustaista tuoteperhettä sen sijaan yhdistää vaihdettavat osakokonaisuudet tai tuotteen varioituvat ominaisuudet sekä toiminnallinen jako lohkoihin. Esimerkiksi Rauten Smart-automaattisorvista on useita erilaisia kokoonpanoja, jotka perustuvat samaan arkkitehtuuriin, vaikka tuotteet sisältävät erilaisia toimintoja moduuleissa. Yhteinen arkkitehtuuri ohjaa tuotevarianttien kehitystä samankaltaisuuteen niin että tuotteet näyttävät melko yhdenmukaisilta. Tuote kootaan muutamista erikseen valmistettavista moduuleista. Moduuleissa saattaa olla jopa 200 osaa, jotka voidaan kytkeä yhtenä kokoonpanona sorviin.

Tavoitteena on käyttää mahdollisimman pieni määrä moduuleita, jotta rakennetta ei monimutkaisteta turhaan ja rakenne säilyisi selkeänä valmistuksen näkökulmasta. Otan esimerkiksi 22 osan tuotteen, jossa voisi käyttää muutamaa isompaa moduulia (kuvio 1). Liiallinen tai ylimääräinen modulointi lisääisi tuotteen monimutkaisuutta ja tekee tuotemallista raskaamman. Tutkimuksessa olennainen lähtötieto on, että modulaarisuus ja moduulirakenne on välttämätöntä monimutkaisempien tuotteiden nopean kokoonpanon kannalta (Österholm & Tuokko 2001, 29). Hyvä nyrkkisääntö moduulien lukumäärän määrittämiseksi on tuotteessa käytettyjen osien neliöjuuri (kaava 1):

moduulien lukumäärä $n = \sqrt{\text{tuotteen osien lukumäärä}}$.

Kaava 1. Nyrkkisääntö moduulien lukumäärän määrittämiseen

2.3 Tuoteperheen ominaisuuksia

Tuoteperheen ideana on vastata monenlaisiin asiakastarpeisiin ja kilpailla menestyksellä laajalla tarjonnalla. Tuoteperheet on jaoteltu yleensä kategorioihin: aiemmin myytyihin tuotteisiin, nykyään myytäviin tuotteisiin sekä tulevaisuudessa myytäviin tuotteisiin. Tuoteperhesuunnittelu takaa kilpailukykyyn pitkälle tulevaisuuteen, koska siten voidaan kehittää uusi tuote nykyisten rinnalle. Product Family Master Plan (PFMP) on mielenkiintoinen tekniikka tuoteperheen arkkitehtuurin kehittämiseen. (Harlou 2006, 129.)

Seuraavissa luvuissa esitellään parametrisuus, konfiguraatiot ja modulaarisuus käsitteet. Käsitteiden ymmärtäminen on keskeistä kokonaisuuden hahmottamiseksi. Käsitteiden QFD-menetelmää ja MFD-menetelmän merkitystä modulaarisen konseptin muodostamiseksi niin, että tuote on oikeasti hyvä ja lähtötiedot oikein. Kyseisten menetelmien lisäksi on muitakin ratkaisuvaihtoehtoja ja toimintamalleja konseptien kehitykseen.

2.3.1 Parametrisuus

Projektiluontoinen toimintatapa edellyttää valmiuksia toteuttaa useita toisistaan poikkeavia ratkaisuja, mihin pystytään vastaamaan käyttämällä parametrisia 3D-malleja. Tuotesuunnittelija pystyy muuttamaan rungon mittoja ja tuotteen ominaisuuksia suunnitteluympäristössä automatisoidun mallin avulla eli suunnitteluohjelma kysyy tuotteen parametrit. Parametrit ovat muodossa: ”pituus millimetreinä” tai amerikkalaisittain ”leveys tuumina” sekä tuleeko tuotteeseen tietty ominaisuus ”yes/no” kysymyksinä esitettynä.

Parametrisen mallin eduiksi luetaan muun muassa helppokäyttöisyys, nopeus, valmiiksi määritetyt minimi- ja maksimiarvot, helpottavat apukysymykset sekä esto virheelliselle kokoonpanolle. Näiden suunnittelusääntöjen kehittämiseksi vaaditaan paljon kokemusta ja hyvää koodaustaitoa. Parametrinen 3D-malli sopii erityisesti vähän varioituvaan vakiotuotteeseen, joka toistuu jatkuvasti tilauksissa.

Parametrinen 3D-malli vaatii automaattisen suunnitteluohjelman, jossa on automatisoitu suunnittelutehtävä niin pitkälle, että parametrien syöttäminen riittää sopivan tuotteen muodostamiseen. Äly on rakennettu mallin sisään, mikä toimiessaan helpottaa suunnittelua. Parametrinen mallinnus poikkeaa merkittävästi modulaarisesta mallintamisesta, suurimpana erona on sopivuus skaalattaviin tuoteperheisiin eli tuotesarjoihin keskittyminen (Huhtala ym. 2009, 141).

2.3.2 Konfiguraatiot

Konfigurointi perustuu muunneltavien eli konfiguroitavien tuoteperheiden kehittämiseen niin, että asiakkaille tarjottavat tuotevariaatiot voidaan mallintaa jopa yhteen 3D-malliin. Konfiguraatiot ovat toisistaan poikkeavia tuoterakenteita, joilla voidaan tyydyttää erilaisia asiakastarpeita. Näin ollen ei tarvitse tehdä tai suunnitella jokaiselle asiakkaalle ”uutta” tuotetta.

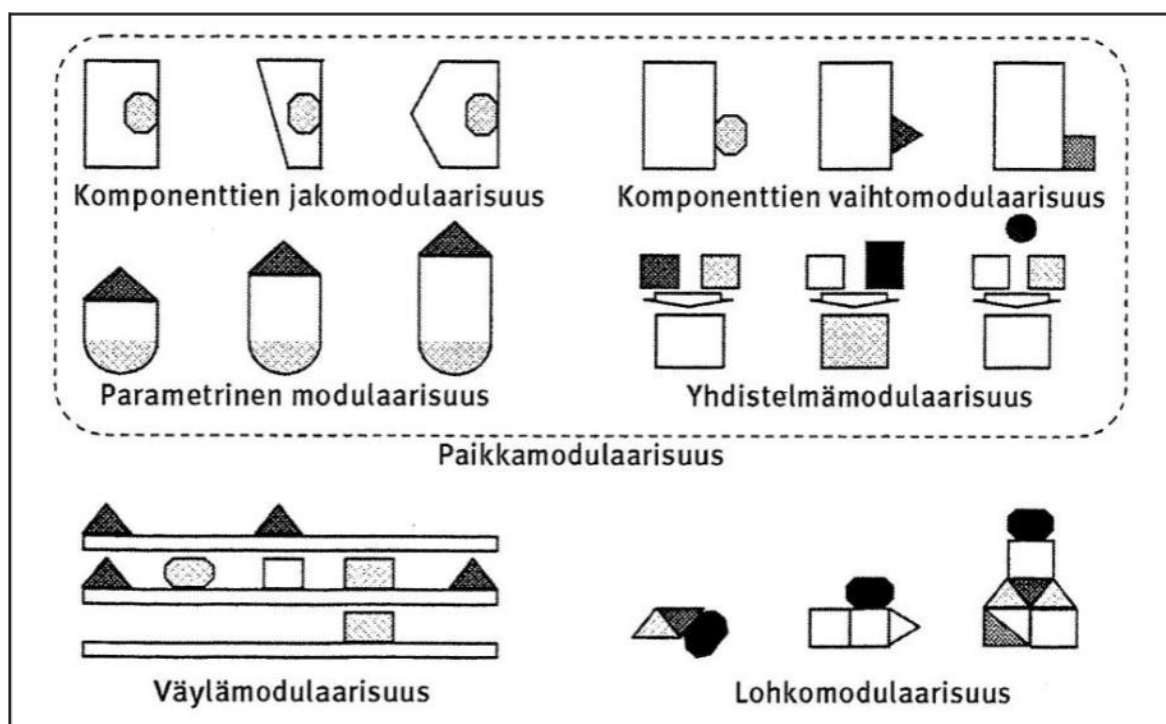
Konfiguroitavien tuoteperheiden haasteita ovat tyypillisesti toimintatapaan siirtymisen ongelmat sekä toimintatavan ylläpito: moni toimintatavan muuttamiseen tähdännyt projekti on päättynyt epäonnistumiseen. – Siirtyminen edellyttää varsin merkittävää kehityspanosta ja systematisointityötä: tuoteperheiden määrittelyä ja kehittelyä, suunnitteluratkaisujen vakiointia ja modulointia, uusia tapoja dokumentoida tuotetietoa ja -tietämystä jne. Useille yrityksille sekä tuotekehityksen että liiketoiminnan uudet vaatimukset ovat osoittautuneet yllätykseksi. (Huhtala ym. 2009, 171.)

Konfiguraatiot ovat tuoteperheen toisistaan poikkeavia kokoonpanorakenteita, joissa pienillä valinnoilla saadaan aikaiseksi suuri määrä erilaisia tuotteita ja tuotevariaatioita.

Etukäteen mietityillä konfiguraatioilla voidaan ennakoida tulevaisuuden asiakkaiden tarpeita ja rajata huonoja ratkaisuja pois.

2.3.3 Modulaarisuus

Suunnittelijat puhuvat tuotteen modulaarisuudesta ja moduuleista (kuva 1). Muut esimerkiksi tuotannossa käsittelevät osia ja (osa)kokoonpanoja. Ne tarkoittavat samaa asiaa.



Kuva 1. Modulaarisuuden päätyypit (Österholm & Tuokko 2001, 11)

Käsitteellä modulaarisuus tarkoitetaan tuotteen määriteltyjä rajapintoja, jotka jakavat tuotteen toiminnallisiin moduuleihin, jolloin tuote on modulaarinen. Yleensä kullakin moduulilla on yksi oma tehtävä tuotteen rakenteessa. Modulaariseksi tuotteeksi voidaan sanoa sellaisia tuotteita, joiden osilla on selkeästi määrätty tehtävät. Tuotteen modulaarisuusaste vaihtelee täysin tuotekohtaisesti ja se voidaan jakaa kokoonpanoperusteiseksi, toimintoperusteiseksi, platform- ja dynaamiseksi modulaarisuudeksi (Lehtonen 2007, 30). Modulaariselle tuotteelle on tyypillistä osien vaihdettavuus sekä päivitettävyys ja korjattavuus, toisin kuin integraalisilla tuotteilla, jotka ovat sellaisia kuin suunnitteluhetkellä on päätetty. (Huhtala ym. 2009, 155 ja 157.)

Modulaarisuus mahdollistaa tuotekohtaisesti vaihtuvat osakokoonpanot rajapintojen vaihtamisen myötä. Moduulit ovat toiminnallisia kokonaisuuksia ja ne ovat siksi vaihtokelpoisia. Moduulit voidaan valmistaa erikseen tai ulkoistaa osavalmistus osittain. Ne voidaan suunnitella uudelleen tai päivittää myöhemmin paremmaksi. Vakioidut moduulit takaavat

tuotteen joustavuuden erilaisiin vaatimuksiin ja antavat tuotteille riittävän yhdenmukaisuuden. Modulaarisuuden avulla voidaan hallita tuotekohtaista muuntelun määrää, koska tiettyjä ominaisuuksia voidaan sisällyttää kaikkiin tuotteisiin, joten aina ei ole tarpeen valmistaa uniikkia tuotetta. Modulaarisuus ohjaa vakioidun tuotealustan käyttöön, koska tuote on silloin muutettavissa asiakkaalle sopivaksi. Tuotealustan pitää tukea muuntelua moduulitasolla.

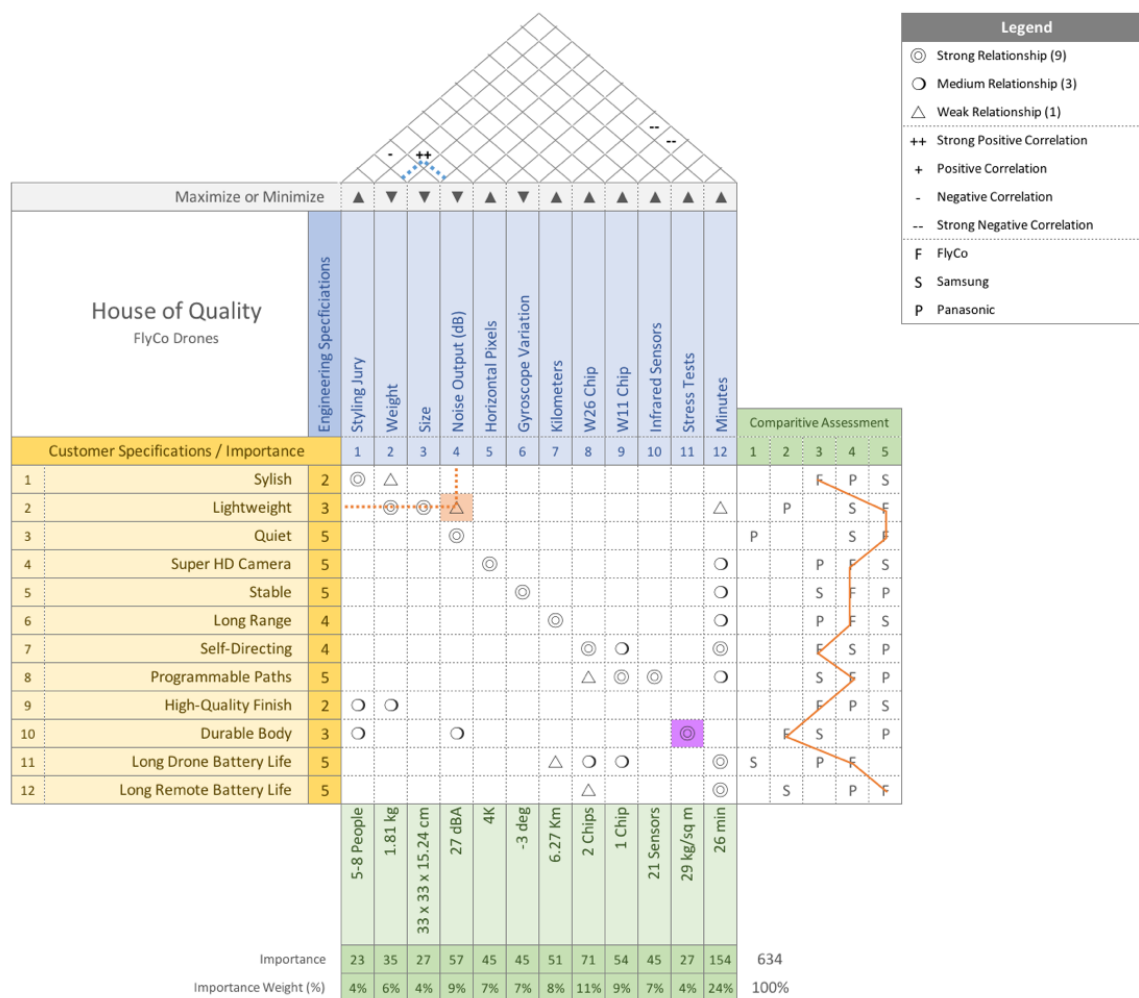
Tuotteiden myynnissä, valmistuksessa, suunnittelussa, huolloissa ja modernisoinnissa tulee vastaan tilanteita, että elinkaarensa aikana tuotteet vaativat ohjelmointia, varaosia, modernisointia eli päivityksiä ja uudelleen suunnittelua. Moduuleilla saavutetaan lisää kustannustehokkuutta, mikäli uusi ratkaisu voidaan kehittää tai päivittää vain moduuliin. On huomioitava, että tuotekehitystä ohjataan vakioratkaisujen käyttöön ja siten tuotemäärät ja -variaatiot pysyvät kohtuullisina.

Modulaarisuudella voidaan saavuttaa hyötyjä läpi organisaation. Modulaarinen arkkitehtuuri soveltuu yritykselle, jossa tuoteperheitä ja tuotevariaatioita kehitetään pieninä kokonaisuuksina yhtäaikaaisesti unohtamatta asiakkaan vaihtuvia tarpeita ja asiakasräätelöintiä. Tuotteita voitaisiin päivittää eli modernisoida moduulirakenteiden avulla jälkikäteen kustannustehokkaasti. Toisaalta tuotekehitys ja -suunnittelu ei helpotu vaan vie entistä enemmän aikaa, sillä modulaarisuus vaatii uusia tuotekehitysresursseja ja uusia toimintatapoja (Huhtala ym. 2009, 171).

2.3.4 Käytetyt tekniikat

Quality Function Deployment

Tuotteen moduloinnin ja modulaarisuuden kehittämisen ensimmäisessä vaiheessa voidaan käyttää Quality Function Deployment -laatutyökalua, jossa muunnetaan asiakkaan toiveet suunnitteluvaatimuksiksi. Matriisin avulla saadaan näkyviin todelliset prosessivaatimukset, tuotevaatimukset sekä tavoitearvot. Taulukkoon voidaan kirjata suorituskykyvaatimukset numeeriseen muotoon niin, että ne ovat helppoja tarkistaa valmiin tuotteen käyttöönotossa.



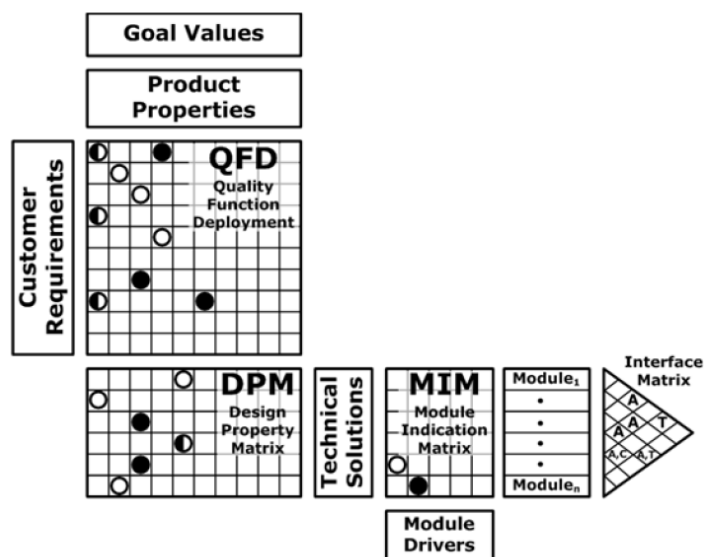
Kuva 1. QFD-menetelmän esimerkki (What is Six Sigma, 2019)

House of Quality (suomeksi laatutalo tai QFD) auttaa kääntämään asiakasvaatimukset suunnitteluspesifikaatioiksi. Kuvan 1 esimerkissä on sovellettu onnistuneesti työkalua lähötietojen määrittämiseen. Tutkimuksessa sovelletaan menetelmää asiakasvaatimusten kartoittamiseen.

Modular Function Deployment

Modular Function Deployment – suomeksi ”systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin” tarkoittaa taulukointityökalua, jolla voidaan muodostaa erilaisia modulaarisia konsepteja. Menetelmä perustuu asiakasvaatimusten muuttamiseen ensin suunnittelun spesifikaatioiksi ja ohjaa sitten teknisten ratkaisujen valintaan. Lopuksi muodostetaan moduulit.

Mark W. Lange and Andrea Imsdahl

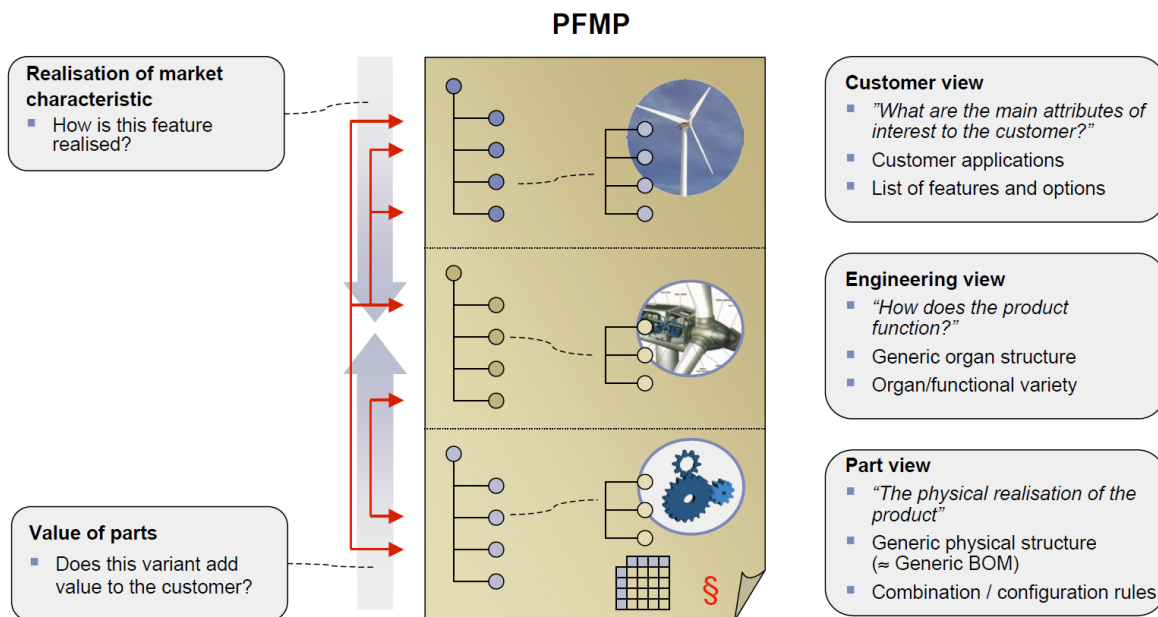


Kuva 2. Modulaarisen arkkitehtuurin muodostaminen (Lange & Imsdahl 2014, 95)

Asiakkaan toiveet toteutuvat vain oikein määritetyillä prosessivaatimuksilla. Kun toiminnot on jaettu osiin, valitaan tekniset ratkaisut jokaiselle prosessin toiminnolle (kuva 2). Kaupallisten sovellusten kehittäjät ovat keksineet työvaiheille omia nimityksiä, mutta (Lange ym. 2014 ja Österholm ym. 2001, 4) tukevat edellä mainittua MFD-kehitysmenetelmää. Esimerkiksi Modular Management on kaupallistanut menetelmän PALMA-ohjelmistossa (Modular Management 2019).

Product Family Master Plan

Tuoterakenteen havainnollistamiseksi on kehitetty tekniikka, jolla saatetaan tuotteen sisäiset rakenteet visuaaliseen muotoon. PFMP:n avulla voidaan ymmärtää tuotetta asiakkaan näkökulmasta, suunnittelijan näkökulmasta ja tuotteen osarakenteena.



Kuva 3. Havainnekuva PFMP-tekniikasta (Harlou 2006, 129)

Tutkimuksessa keskitytään (kuva 3) "engineering view" -näkökulmaan eli siihen, kuinka tuote toimii ja mitkä tekijät ajavat pinontalaitteiden variaatioita. PFMP:n avulla voidaan havainnollistaa, miksi tuotteilla on toisistaan poikkeavia tuoterakenteita ja erilaisia tuotearkkitehtuureja. PFMP auttaa lukijaa ymmärtämään tuotteiden toiminnallista tarkoitusta, se on analyttinen ja kartoittava menetelmä (Mortensen 2000).

Harloun (2006) väitöskirjan mukaan PFMP-tekniikka tukee systemaattista tuoteperheajattelua, jossa on huomioitu tulevaisuuden uudet tuotteet. Tämä mahdollistaa tuotteen myynti- ja markkinointisuunnitelmat yhtäaikaisesti tuotekehityksen rinnalle. Tutkimuksessa rajataan tuoteperhesuunnittelu teknisiin valintoihin ja modulaarisiin ratkaisuihin.

3 PINONTALAITTEIDEN KONFIGURAATIOT JA MODULAARISUUS

3.1 Yrityksen erityispiirteet

Luku käsittelee yleisellä tasolla, mitä kaikkea osaamista Rauten asiakaspalveluorganisaatiolta vaaditaan laajan tilauksen toteutukseen. Tilaukset ovat suurelta osin projektiluonteisia, mikä lisää muunneltavuuden tarvetta. Erilaisten asiakastarpeiden tyydyttämiseksi Raute on keskittynyt toteuttamaan tilaukset erillisinä projekteina eikä massatuotantona. Omaa tuotantoa tukeva alihankintaketju mahdollistaa tuotannollisen tehokkuuden ja nopeuden alati vaihtuvissa projekteissa. Omavalmistuksen lisäksi tuotteiden osia voidaan tuottaa useammassa konepajassa, jolloin oman työn osuudeksi jää laitteen tai koneen kasaaminen ja testaus.

Rautella on huomioitu avainasiakkaiden asiakaspalvelut sisältäen kumppanuussopimukset, huoltosopimukset, modernisointi ja varaosapalvelut viilu-, vaneri- ja LVL-teollisuudessa. Moduuliratkaisuiden tarkoituksena on tarjota asiakkaalle selkeä ja yksinkertainen tuote, jota voidaan päivittää myöhemminkin tarjoamalla modernisaatiota tuotteeseen tai moduuleihin. Tuotekehitys- ja suunnittelutiimien tehtävänä on vastata elinkaariajattelusta ja suunnitella sopivia toteutuksia asiakkaalle. Raute toimii nykyään kohtuullisen joustavasti kaikilla markkinasegmenteillä, mutta markkinatilanne voi muuttua nopeasti, jos tehdasinvestoinnit vähenevät maailmalla. Suuren projektitalon on mahdollista muunnella tuotteitaan nopeasti tarpeen mukaan ja säilyttää kilpailukyky myös vaikean taloustilanteen aikana.

Rautella on osittain modulaarisia tuotteita, jotka sisältävät aina jotain pientä projektikohtaista muutettavaa. Seurauksena on tuotteiden joukko, jotka enemmän tai vähemmän poikkeavat alkuperäisestä "alpha" tuotteesta. Master-malliin (Master Model) pyritään talentamaan säännöllisin väliajoin tuotekehityksen tulos, mitä käytetään projektien ajantasaisimpana ratkaisupohjana. Kuitenkin joissain tapauksissa käytetään kopiota mahdollisimman samankaltaisesta vanhasta projektista, jolloin suunnittelijalla on vähemmän muutettavaa. Master-mallin päivitys tehdään, kun huomataan tarve isommalle muutokselle. Havaintoni perusteella projekteissa esiintyy kitkaa, jos master-malli ei toimi suunnittelun pohjana tai sitä ei ole saatavilla. Tuotestrategia antaa mahdollisuuden käyttää uusia vakioratkaisuja, jos tavoitteena on toimittaa enemmän vakio tuotteita kuin räätälöityjä tuotteita. Hyvin suunnitellulla modulaarisella arkkitehtuurilla mahdollistetaan riittävä tuotemuuntelu.

Käytännön ongelmia aiheutuu seuraavista tekijöistä. Tehtaan layout sanelee tilantarpeen ja rajaa mahdolliset ratkaisuvaihtoehdot. Useiden suunnittelijoiden mielestä projekteissa

esiintyy aina muuntelua. Asiakasvaatimukset aiheuttavat uudelleen suunnittelun tarpeen. Pinontalaitteilla on useita standardiratkaisuja ja toisaalta liian vähän yhdenmukaisuutta. Jokaisella suunnittelijalla on oma tapa ratkaista asiat. Nykyisen toiminnan etuja ovat, että suunnittelija valitsee yleensä pohjaksi aiemman projektin, johon vaihdetaan tai valitaan sopivat moduulit ja osat. Edellisen projektin uudelleen käytön etu on hyväksi todettujen ratkaisujen käyttäminen tuotesuunnittelussa.

Tutkimuksessa käsittelen viilujen valmistusprosessissa käytettävää tekniikkaa, tarkemmin erilaisia pinontalaitteita, joita käytetään viiluarkkien pinontaan ja lajitteluun. Viilujen pinontalaitteet ovat kehittyneet yhä automaattisemmaksi, joten tehtävät vaneritehtaalla muuttuvat yhä enemmän prosessin valvonnan ja ohjauksen suuntaan. Pinontalaitteiden tulee olla varmatoimisia, vikasietoisia ja hellävaraisia viilunkäsittelyssä, jotta niillä saavutetaan haluttu tuotannollinen tehokkuus. Tuotteiden takaisinmaksuajat ovat pitkiä, joten investoinnit ovat hyvin harkittuja ja tuotteiden täytyy vastata asiakastarpeisiin kilpailukykyisesti.

Tuotteet saattavat sisältää edelleen vakioituja osuuksia, jotka pysyvät samanlaisina vuodesta toiseen. Varioinnin osalta osittainen modulaarisuus voi aiheuttaa lisätyötä, jos tuotetta täytyy muuttaa, kun sitä ei ole suunniteltu modulaariseksi. Modulaariseen suunnitteluun on selkeästi pyritty systemaattisella toiminnalla, mikä on selkeimmin havaittavissa esimerkiksi Rauten automaattisorveissa ja etenevissä määrin muissa tuotteissa. Hyvin suunnitellut tuotteet esimerkiksi katkaisusaha ovat valmistettu niin että otetaan huomioon tulevaisuuden tarpeet ja mahdolliset tuotteen sisäiset variaatiot (oikea-/vasenkätisyys), osamoduulien vaihtaminen (käsikäyttöinen/automaattinen) ja laitteen toiminta rungon mittojen muuttuessa. Nämä konfiguraatiot ovat tuotteen rakenteessa suunniteltuna niin, että sama tuote voidaan asentaa useampaan käyttökohteeseen.

Huomattavasti suuremman osuuden muodostaa sellaiset tuotteet, jotka vaihtelevat täysin asiakaskohtaisesti. Asiakaskohtainen räätälöinti aiheuttaa mahdollisesti kerrannaisvaikutukselta suuria kustannuksia, jotka kumuloituvat, jos ei voida kopioida aiemmin tehtyä työtä. Raute on asettanut 80/20 tavoitteen, joka tarkoittaa toimivaksi todettujen ratkaisujen käyttämistä, toteuttamista ja toimittamista 80% tapauksissa. Lopuissa tapauksissa jätetään mahdollisuus innovatiivisiin ratkaisuihin. Tuotekehitys kehittää uusia konsepteja, jotta asiakkaille voidaan tarjota uusinta teknologiaa hyödyntäviä tuotteita.

3.2 Kustannuskäsitteen määrittely

Tuoteperheet

Raute on lanseerannut termejä RautePro, RauteSelect ja RauteSmart (taulukko 2), jotka kuvaavat toteutuksen hintatasoa ja automaatiotasoa. Mitä enemmän investointi maksaa, sitä suurempia tuotantomääriä tai laadukkaampaa tuotantoa luvataan tehtaalle. Vaikka palvelujen osuus ja automaation merkitys on tärkeää, on tuote yhä toimituksen keskiössä. Tuoteperheajattelu on kuitenkin syvällisempää pinontalaitteiden osalta.

Taulukko 2. Rauten tuoteperheet

<p><i>RautePro</i> taso edustaa tuoteperhettä, joka tarjoaa edullista ja yksinkertaista ratkaisua. Teknologia on helppokäyttöistä ja vaatii enemmän työvoimaa kuin muut Rauten teknologiat.</p>
<p><i>RauteSelect</i> taso tarjoaa laajan valikoiman ratkaisuja tuotannon eri tarpeisiin mahdollistaen myös jälkikäteen tehtävät modernisaatiot.</p>
<p><i>RauteSmart</i> tuoteperhe on kaikista korkeimmin automatisoitu ratkaisu vaativimpiin tuotannon tarpeisiin.</p>

Rahamittainen resurssien kulutus

Tuotteen hinta muodostuu mekaanista rakenteista ja automaatiosta. Pinontalaitteen hinta on X euroa x lokeroiden lukumäärä. Tuotteen hinnan voi määrittellä myös leveyden ja pitiuden mukaan, jolloin voidaan tarkistaa muodostuneet kustannukset tuoteyksilöittäin.

Suunnittelijan aiheuttama kustannus

Suunnittelusta aiheutuvia kustannuksia voidaan vähentää sekä suoraan että välillisesti. Eräässä palaverissa tuli puheeksi suunnittelijan työpöydän ohittaminen ei erikoistapauksissa *Shortcut Process* -tekniikalla. Käytännössä vakiotuote, joka ei vaadi uudelleen suunnittelua, voidaan tuottaa tehtaalla vanhempien työkuviin ja aiemman osaamisen perusteella. Standardiratkaisujen käyttöä suositellaan, jotta konepajan ei tarvitse jatkuvasti valmistaa uniikkeja tuotteita. Aihe suunnittelun nopeuttamiseksi on yhdenmukainen Rauten päivitetyn strategian kanssa.

Välilliset suunnittelukustannukset ovat erittäin hankalia määrittää, koska kustannukset syntyvät ja kumuloituvat tuotteiden elinkaaren aikana. Hyvin suunniteltu tuote on pitkäikäinen, helposti huollettavissa ja taloudellisesti kannattava investointi. Tuotteen

valmistuskustannuksia voidaan alentaa välittömästi seuraavilla toimenpiteillä: tuotanto haluaa hyvät piirustukset ja loogiset rakenteet, joilla saadaan työkustannuksia vähennettyä. Tuotteelta toivotaan selkeämpää moduulijakoa, jotta alihankinta kokoonpanee tuotteen nopeammin.

Mukautuminen korkeisiin asiakasvaatimuksiin ja taloudellisuus pitkällä aikavälillä asettaa muutospaineita, joka pitää huomioida uusien tuotteiden tarjonnassa ja suunnittelussa. Tuotekehityksen näkökulmasta tuotekustannuksia voidaan vähentää standardoimalla käytäntöjä ja käyttämällä uudelleen aiemmin suunniteltuja onnistuneita toteutuksia. Vanhan suunnitelman muokkaaminen on yleensä nopeampaa, helpompaa ja edullisempaa kuin tyhjältä pöydältä suunnittelun aloittaminen, joten toimivien ratkaisujen käyttöä suositaan vahvasti. Samalla voidaan suunnitella uuden tekniikan ja valmistusmenetelmien käyttöä.

Laaja kustannuskäsite: halutaanko hyvä vai ideaalituote

Tuotekehityksen näkökulmana on kilpailukyvyyn säilyttäminen tuottamalla uusia innovatiivisia ratkaisuja. Joillekin alan toimijoille riittää lähtökohtaisesti hyvä ja laadukas tuotanto, mitä voidaan tarvittaessa tehostaa automaatiolla ja myöhemmin uusilla keksinnöillä.

Ideaalituote tarkoittaa lippulaivat tuotteita, parasta mahdollista toteutusta, mikä maksaa usein paljon enemmän kuin halvemmat Pro tai kehittyville markkinoille suunnatut Lite -ratkaisut. Select-tuoteperhe mahdollistaa tuotantolinjan päivittämisen myöhemmin Smart-teknologialla. Asiakas ajattelee usein investoinnin hintaa suhteessa tuotannon suuruuteen (m^3/h).

Tuotteen tarjouslaskenta

Tuotteen eri osien lukumäärän on havaittu olevan tärkeä kustannuksia säätelevä tekijä yrityksissä. Excel laskennan avulla voidaan määrittää hinta jokaiselle osalle, mitkä voidaan erotella tuotemallista. Tuoterakenteen optimointi auttaa vähentämään turhia monimutkaisuuksia rakenteessa, koska ne aiheuttavat turhia kuluja. Osien lukumäärään liittyy myös yleiskustannuksia, jotka eivät näy perinteisillä laskentamenetelmillä (Österholm & Tuokko 2001, 38). Eräs Rauten työntekijä luonnehti asiaa niin, että jokainen excel-rivi tuotteessa lisää hintaa asiakkaalle. Tarjoussuunnittelijoiden mielestä kannattaa kehittää nykyistä toimintamallia vielä ja pyrkiä standardoimaan nykyistä mallistoa.

Tuotteiden suunnittelun ja valmistuksen ulkoistaminen ovat lisänneet kustannuksia. Kulu-rakennetta voidaan hillitä huolellisilla suunnitteluratkaisuilla, kuten esimerkiksi modulaarisella ja yksinkertaisella tuoterakenteella. Suunnitteluvaiheessa voidaan pienentää kustannuksia huomattavasti käyttämällä optimaalisia ratkaisuja. Mitä vähemmän on ylimääräisiä osia tai vaikeita rakenteita, niin sitä halvemmaksi valmistus muodostuu. Asiakas huomaa

tuotteen laadun sen elinkaaren aikana syntyvien kustannusten kautta, kun laitteita huolletaan tai modernisoidaan ja suunnitteluratkaisujen hyvyys paljastuu.

3.3 Esimerkki vaneritehtaalta

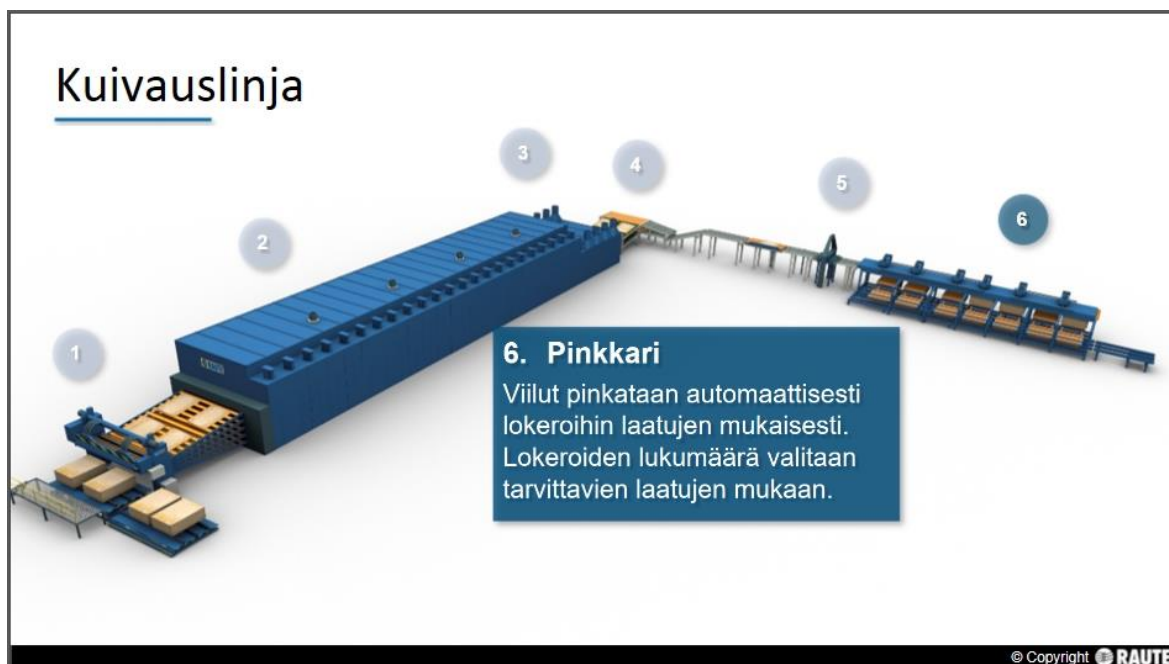
Alkuvuodesta 2019 keskustelin uuden tyyppisestä pinontalaitteen ratkaisusta käydessäni ensimmäisellä tehdasvierailulla Koskisen vaneritehtaalla. Käänteentekevä ratkaisuvaihtoehto voisi toimia toisella tavalla kuin nykyinen pinontalaite, joka edellyttää alipaineen tekemistä viilun yläpuolelle. Kyseisellä tehtaalla viiluun tarrataan alipaineen avulla hellästi imu-laitteella ja viiluarkki irrotetaan alipaineesta iskemällä paineilmatoimisilla suksilla viilupinon päälle. Pikaisen arvion jälkeen voidaan todeta pinontalaitteiden toimivan hyvin, mutta vanhat ratkaisut eivät ole täydellisiä.

Kuva 4 on mukailtu vaneritehtaan sorvauslinjasta (Raute Academy 2019).



Kuva 4. Viitteellinen kuva sorvauslinjasta

Kuvassa 5 havainnollistetaan kuivauslinjaa, jossa pinontalaitteen tehtävä poikkeaa hieman sorvauslinjan toiminnasta (Raute Academy 2019). Kuivauslinjalla viilun luokittelu on tarkempaa ja luokittelun ominaisuuksia ovat kosteuspuiteisuus sekä tehdaskohtaiset viilun laatuluokitukset.



Kuva 5. Viitteellinen kuva kuivauslinjasta

3.4 Tapaustutkimus

Opinnäytetyön lähtötilanteen selvittämiseksi muodostettiin laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä laajemmassa kontekstissa. Tässä tapauksessa selvitin modulaarisuuden merkitystä Rautelle, etsien samalla kokonaisvaltaista ja syvällisempää ymmärrystä modulaarisista tuoteperheistä.

Tapaustutkimuksessa esitetään kokoonpanoperusteinen ja toimintoperusteinen modulaarisuus, jotka vaikuttavat merkittävästi tuotearkkitehtuurin muodostumiseen. Näkökulmaa pyritään syventämään edelleen platform-modulaarisuuteen eli muuntelun mahdollistavan tuotealustan modulaarisuuteen.

3.4.1 Haastattelu

Keräsin tietoa seuraavan kysymyssarjan avulla:

Haastattelin noin 10 henkilöä, jotka kertoivat, kuinka modulaarisuus ilmenee heidän työssään. Tarkoituksena oli perehtyä nykytilanteeseen ja kirjata mielipiteet, näkökulmat ja kokemukset muistiin. Lisäksi olen käynyt täydentäviä keskusteluja, joita ei raportoida.

Kysymykset koskevat kokemuksia Rauten tuotteiden modulaarisuudesta:

1. Oletko työssäsi kohdannut käsitettä tuotteiden modulaarisuus?
2. Miten tuotteiden modulaarisuus ilmenee työssäsi?

3. Mitä hyötyä tai haittaa tuotteiden jako moduuleihin tuottaa?
4. Millaiseksi koet modulaarisuuden Rautella?
5. Sopiiko tuotteiden modulointi mielestäsi Rautelle?
6. Miksi nykyistä toimintaa pitäisi muuttaa ja miten kehittää sitä?
7. Miten ymmärrät modulaarisuuden?

Eräs tuotepäällikkö totesi seuraavasti: ”Raute on projektitalo. Modulaarisuus soveltuu huonosti tuotteisiin, mitä pitää viilata ja suunnitella uudestaan. Aina jokin muuttuu, ei ole yhtään samanlaista tuotetta tai identtistä linjaa. Tilanne oli toinen sotien jälkeen, kun junalla saattoi lähteä 50 samanlaista tuotetta kerralla Venäjälle.”

”Nykyään liiketoiminta perustuu projekteihin. Lähde siitä liikkeelle, että kartoitat nykytilanteen.”

”On helpompi ottaa mallia edellisestä projektista. Kun lähdetään mallintamaan pohjautuen master-malliin, menee tuhattomasti aikaa hukkaan.”

”Se pinkkari on hyvä [tutkimuksen kohde] modulaarisuuden kannalta – todella monimutkainen tuote.”

”Moduuliajattelu ei ole uusi asia, mutta se on noussut pinnalle.”

”Tuotetietous on tärkeää, on olennaista kertoa tarkat speksit suunnittelijalle, että tuote soveltuisi kaikkiin haluttuihin käyttötarkoituksiin.”

”Vaatimukset muuttuvat ajassa ja ihmiset muuttavat mielipidettään.”

Kehitettävää riittää yhä monien mielestä: ”Pitäisin tärkeänä, että saataisiin hyvä toimiva ratkaisu vakio pinkkariksi. Jos se taipuu myös multimittakoneisiin niin hyvä, mutta se ei ole ehdoton vaatimus.” (Henkilö A, Raute Oyj, 2019). Sitaatin mukaan Rautella on kehityksen tarvetta tuotteelle, jolla voidaan vastata asiakastarpeisiin entistä monipuolisemmin. Parantamalla tuotearkkitehtuuria voidaan kehittää tuotteistoa askel kerrallaan paremmaksi. Tuotteiden suunnitteluun tulee panostaa edelleen paljon aikaa, koska tuotteet ovat pitkäikäisiä jopa vuosikymmenien elinkaarineen.

Nykytilanteen kartoitus auttoi ymmärtämään yrityksen tuotepolitiikkaa. Oletan että modulaarinen arkkitehtuuri käsitteenä on vieraampi vähemmän kokeneiden suunnittelijoiden keskuudessa, kun taas kokeneemmat työntekijät ymmärtävät aiheesta huomattavasti enemmän. Suunnittelijoilla on vaihtelevia mielipiteitä modulaarisuuden hyödyistä. Kaikkein haastavimmaksi modulaarisuuden tyypiksi koettiin lohkomodulaarisuus, jossa kaikki osat ovat rajapintojen liittymiskohdista keskenään kytköksissä (kuva 1). Rautella suurin osa

suunnittelijoista ymmärtävät modulaarisen arkkitehtuurin käsitteenä. Myynti ja tarjouslaskenta ymmärtävät modulaarisuuden sekä osaavat antaa arvion modulaarisuus asteesta, että noin puolet (50/50) tuotteista ovat modulaarisia arkkitehtuuriltaan.

3.4.2 Viiluarkkien pinontalaitteet

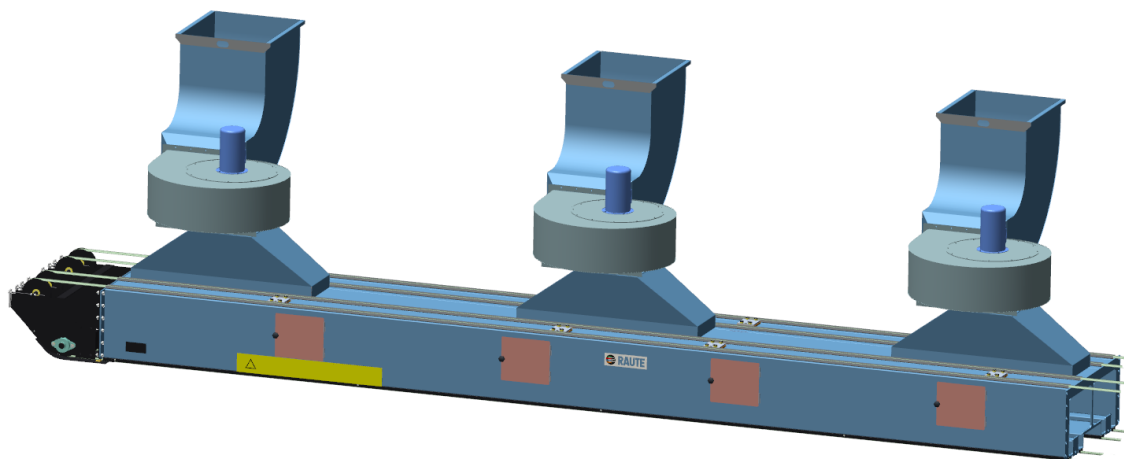
Rauten pinontalaitteiden tuoteperheestä on valittu sopivat tuotteet tapaustutkimuksen käytännön osuuteen. Opinnäytetyön tarkoituksena on havainnollistaa suunnitteluspesifikaatioiden, prosessinvaiheiden ja standardiratkaisujen teoriaa käytäntöön.

Pinontalaitteet jakautuvat useampaan alaryhmään, riippuen toimintatarkoituksesta ja käyttökohteesta. Viiluja pinottaessa voidaan käyttää muutamia tekniikoita, joista ylivoimaisesti suosituin on alipainepinkkaus. Käsittelemälläni laitteilla on yhdenkaltainen toiminnallisuus, mutta toteutus poikkeaa hieman niin, että ne voidaan tunnistaa eri tuotteiksi.



Kuva 6. Kuivauslinjan pinontalaitte

Kuvassa 6 on hyvä esimerkki parametrisesta tuotteesta, jonka pituutta voidaan muokata ja leveyttä skaalata asiakastarpeiden mukaan. Pinontalaitetta on helppo pidentää eli jatkaa pituutta haluttu määrä. Pinontalaitte soveltuu erityisesti kuivauslinjalle pituutensa takia. Parametrisuus ja modulaarisuus eivät ole toisiaan pois sulkevia ominaisuuksia (Huhtala ym. 2009, 141), mutta opinnäytetyössä havainnollistan miksi tuotteiden arkkitehtuuri näyttää aivan erilaiselta toisiinsa nähden.



Kuva 7. Tuote valmistetaan ja kuljetetaan isoina moduuleina

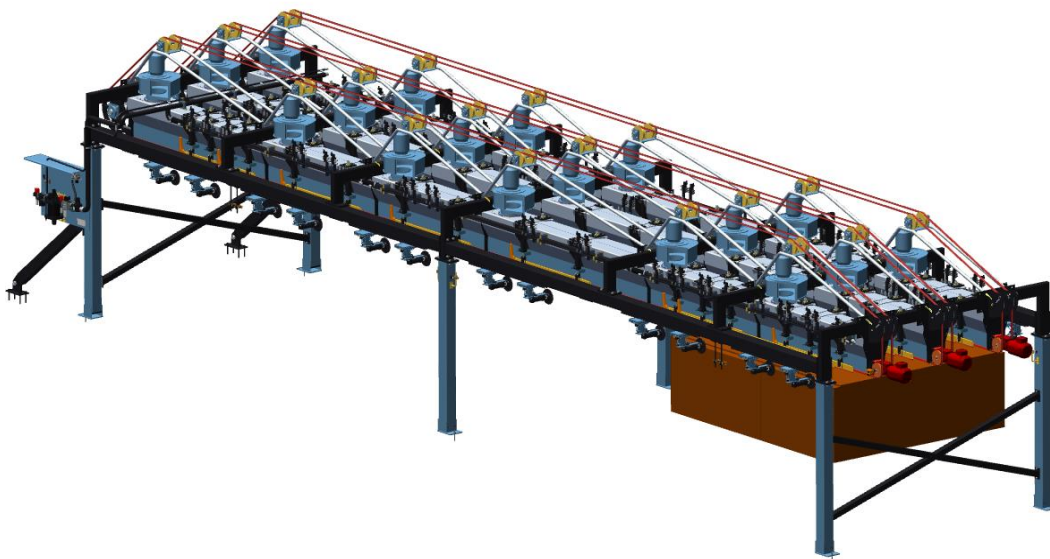
Tuote (kuva 7) on jaettu maksimissaan kuuden metrin lohkoihin, koska sitä suurempia laatikoita ei voida kantata yhdessä osassa. Käytännössä tuotteen rakenteessa on hyvin vähän modulaarisuutta ja kuitenkin tuotetta voidaan muokata ja skaalata melko paljon asiakastarpeiden mukaan. Tuotteessa on seuraavat moduulit: keula, keskimoduuli(t) ja imulaitteet. Tuote näyttää olevan moduloitu lähinnä kuljetus- ja valmistussyiden takia.



Kuva 8. Brianskin tehdas tekee viiluista vaneria (Lepistö 2011)

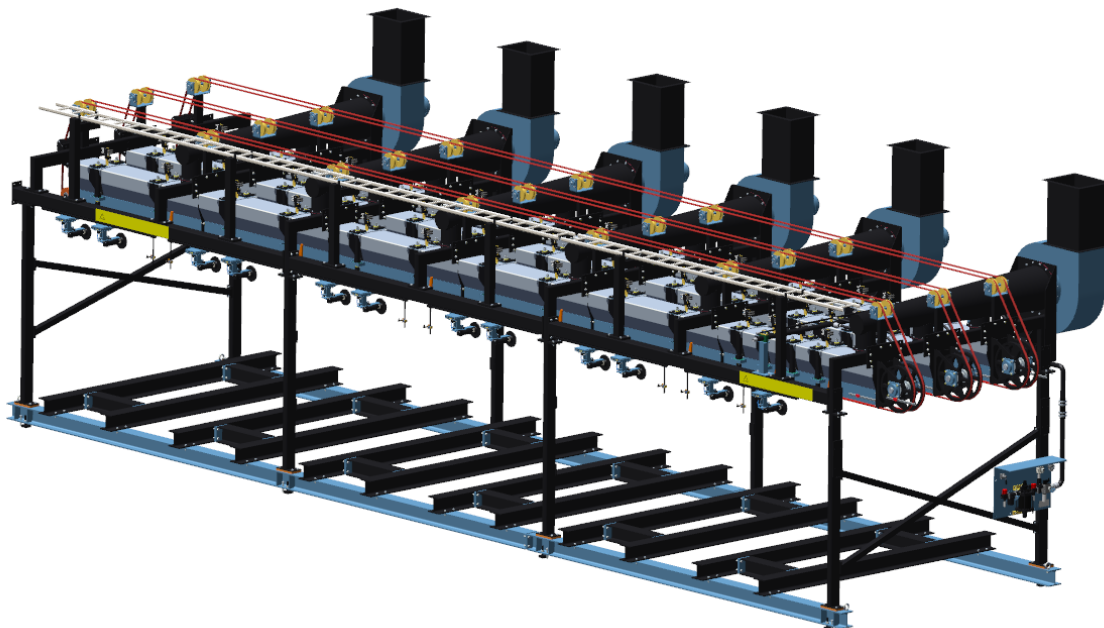
Pinontalaitteen tehtävänä on kuljettaa viiluarkki oikean pinon päälle (kuva 8). Muita toimintoja ovat aisojen käyttö, viilupinon reunan tasaus sekä rikkiäisten viilujen keräys roskakuljettimelle tai laatikkoon. Kuvassa on hyvä viilupinkka ja kauempana hieman huonompi

viilupinkka. Kahta nostinta on mahdollista ajaa yhtäaikaisesti, jolloin pohjalevyn päälle mahtuu isompia viiluarkkeja. Kuvassa näkyy pinontatapahtuma, jossa viiluarkki tuodaan kuvan vasemmasta reunasta oikean pinon päälle. Kuva on otettu vain hetkeä ennen viiluarkin painamista aisoilla pois päin imusta pinkan päällimmäiseksi. Pinontaprosessi esitetään taulukkona myöhemmin (taulukko 5).



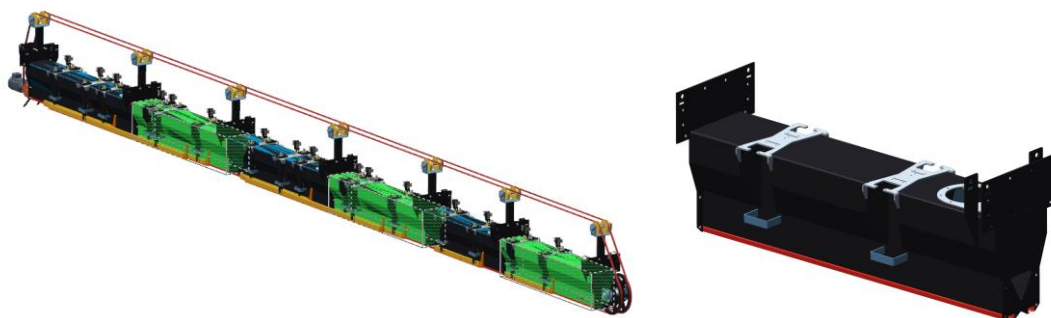
Kuva 9. Sorvilinjan pinontalaite

Sorvauslinjan (kuva 9) pinontalaite pinkan tasaimilla varustettuna. Imulaatikoita voidaan asentaa haluttu määrä 2 - 4 kappaletta vierekkäin. Pinontalaite valmistetaan aina viiluarkin mittojen mukaan. Viiluarkin pituus määräytyy sorvauslinjan pöllin pituudesta ja leveys viilumaton leikkurilla. Viiluarkit ovat hieman suurempia kuin valmiiden vanerien mitat, jotka vaihtelevat yleensä 1.2 m x 1.2 metristä aina 2.5 m x 4.4 metriin asti. Tyypillisiä koivuvii-lun syysuuntaisia mittoja ovat 1300mm, 1600mm, 2600mm ja 3100mm, jonka seurauksena pinontalaitteilta vaaditaan leveyssuunnassa muutettava rakenne. (Varis 2017, 81.)



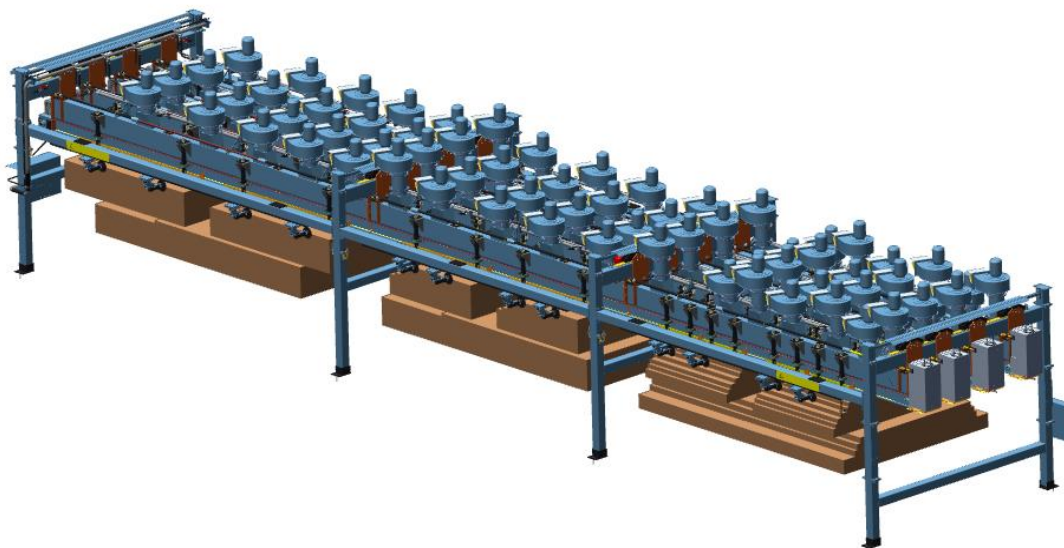
Kuva 10. Sorvilinjan pinontalaite

Tuotteet (kuvat 9 ja 10) ovat rakennettu moduuleista, joita voidaan kasata peräkkäin ja vierekkäin haluttu määrä. Lähtökohtaisesti moduulien kokonaispituus määräytyy viiluar-
kien leveyden mukaan, vaikka isoilla viiluarkeilla voidaan käyttää kahta peräkkäistä mo-
duulia yhden pidemmän sijaan. Tällä saavutetaan pienempi rungon tukijalkojen lukumäärä
moduulia kohden. Rungon jänneväli saattaisi kestää jopa kolme peräkkäistä moduulia.



Kuvat 11. Kuvassa on korostettu vihreällä imulaatikon moduuleita (kuva oikealla)

Pinontalaitteen pituutta voidaan muokata lisäämällä haluttu määrä pienempiä moduuleja
peräkkäin (kuva 11). Imulaatikon moduulit ovat eroteltu tuotteen rungosta, mikä mahdollis-
taa halutun leveyden muuttamisen lisäämällä imulaatikko-kokoonpanoja rinnakkain. Mo-
duuliin on rakennettu toiminnallisuus yhden viiluar-
kin painamiseen alas aisoilla. Suunnitte-
lussa tulee huomioida puhdistettavuus ja huoltotoimenpiteet huoltoluukkujen kautta.



Kuva 12. Sorvilinjan pinontalaite liikuteltavalla leveydellä

Kuvan 12 tuote soveltuu vaihtuvien viilukokojen sekä ohuiden koivuviilujen pinontaan. Tuotteen erikoisuutena on muun muassa liikuteltavat imulaatikot sekä suuri puhaltimien lukumäärä. Tuote on yksi esimerkki modulaarisen arkkitehtuurin hyödyistä, jossa asiakasräättelöintiä voidaan tehdä joustavasti asiakkaiden vaatimusten mukaan.

3.4.3 Ongelma-analyysi

Pinontalaitteiden haasteet eivät näy helposti, koska hyvää palautetta on paljon ja hyvästä tuotteesta on vaikea keksiä parannuksia. Kuitenkin sisäisiä haasteita on suunnitteluratkaisuissa ja myynti toivoisi parempien ratkaisuiden kehittämistä. Pinontalaitteet eroavat yhä toisistaan eikä lähiaikoina päästä vakiotuotteen tuottamisen ideaalilanteeseen.

Useat pinontalaitteet sisältävät sekä ajassa muuttuvia elementtejä, että vakioituja rakenteita. Jos muutokset ovat moduuleissa, niin tuotealusta voidaan pitää lähes samankaltaisena kuin aiemmin. Yhdenmukaisuus on toivottava ominaisuus. Integraaliset muutokset muuttavat tuoterakennetta melkoisesti vähentäen aiempien suunnitelmien uudelleen käytettävyyttä. Edellisessä luvussa havainnollistin parametrisen tuotteen ja modulaaristen tuotteiden eroavaisuuksia (kuva 6 vertaa 9, 10 ja 12). Vaikka tuotteet toimivat käyttötarkoituksissaan hyvin, halutaan nykyistä tuotteistoa kehittää paremmaksi, koska palautteen perusteella pinontalaitteisiin tarvitaan muutoksia.

3.4.4 Tuotespesifikaatio

Taulukko 3. Tuotevaatimuksia pinontalaitteille

Mechanical Strength	5	Customization	3
Mekaaninen kesto	5	Sopiva määrä lokeroita	4
Iskusylinterien kesto	5	Imun säätö	3
Suksien kesto	5	Aisojen nopeuden säätö	3
Hihnojen kesto	5	Pinkkarin jatkettavuus	2
Varmatoimisuus	5	Hihnojen nopeuden säätö	1-5
Resources Use Efficiency	4	Other Values	4
Ei riko viiluja	5	Operaattorin huomiointi	5
Hinta	5	Turvallisuus	5
Takaisinmaksuaika	5	Helppo asentaa	5
Riittävä kapasiteetti	4	Vikasietoisuus	4
Energian kulutus	3,2	Huoltoystävällinen	4
Paineilman kulutus	3	Ympäristöystävällinen	4
Useita eri viilumittoja	3	Ääni ja melu	2
		Brändi	2

Lähtötietovaatimukset ovat nykyisten tuotteiden keskiarvot asteikolla 1-5, mitkä koettiin tärkeimmiksi ominaisuuksiksi pinontalaitteille (taulukko 3).

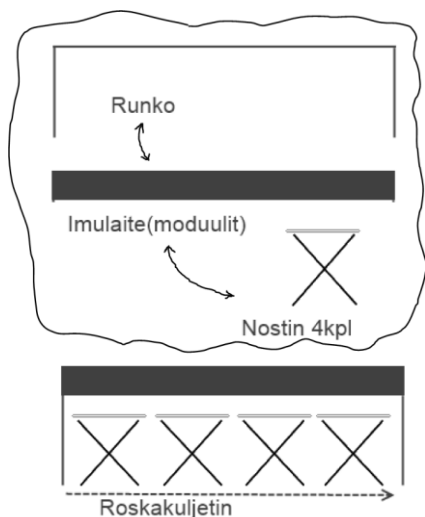
Liitteen QFD (liite 1) sisältää kattavammat vaatimukset pinontalaitteen suunnitteluun. QFD on tehty Rauten teknologiaosastoa haastatteleamalla ja aivoriiheen osallistui viisi asiantuntijaa. Pinontalaitteelta toivotaan erityisesti varmatoimisuutta, vikasietoisuutta ja hellävaraista viilunkäsittelyä. Tulevaisuudessa kannattaa keskittyä niihin kriteereihin, joissa on vielä parantamisen varaa ja säilyttää nykyiset ominaisuudet.

3.4.5 Päätoiminnot



Kuva 13. Pinontalaitteen jako elementteihin ja relaatioihin

Kuvassa 13 on Vacuum Belt Stacker -pinkkarin hahmotelma, jonka alapuolella on nostimia, jotka liikkuvat alaspäin pinon täytyessä. Elementit ovat siis nostimet, runko ja imulaimoduoilit. Osakokonaisuudet vaikuttavat toistensa toimintaan eli ne ovat relaatioissa keskenään. Pinontalaitteen ohjausjärjestelmä hoitaa myös nostolaitteiden operointia ja täysien lokeroitten automaattista tyhjentämistä. (Andreasen, Hansen & Mortensen 1996, 16.)



Kuva 14. Yksinkertaistettu kaaviokuva laitteen pääkomponenteista

Pinontalaitteiden tuoteperhettä yhdistää yhdenmukainen toteutusrakenne, joten se toistuu lähes kaikissa pinontalaitteissa. Laitteen päätoimintoja ovat viiluarkin kuljetus oikeaan lokeroon ja viiluarkin pinonta eri kokosiin ja kosteusprosenttisiin viilunippuihin.

Pinontalaitteen lisätoiminnoksi voidaan luetella roskakuljetin nostolaitteiden alla, joka poistaa sorvauslinjalta kulkeutuvia roskia. Tuotteessa on usein myös roskanokat, jotka ohjaavat rikkinäisen viulun roskakuljettimelle (kuva 14).

3.4.6 Osatoiminnot ja ratkaisut

Taulukko 5. Pinontalaitteiden toiminnallinen rakenne

Toiminto	Moduuli
Viulun vastaanottaminen leikkurilta tai kuivauksesta	Keula
Roskakuukun aukeaminen ja roskanokat tipauttavat viulun alas	Keula
Roskakuljetin siirtää rikkinäiset viulut ja viilunpalat pois	Roskakuljetin
Imulaitteen riittävä alipaine pitää ehjät viulut imussa	Imulaite
Hihnat kuljettavat viiluarkin oikealle pinolle	Imulaite
Viiluarkin painaminen alas suksella (aisalla)	Imulaite
Pinon taseus paineilmatoimisilla metallilautasilla	Pinkantasaimet
Pinontalaitteen saksinostin liikkuu yhden viilunpaksuuden alas	Nostin
Täyteen pinottu viilunippu siirtyy rullilla automaattisesti sivuun	Nostin
Muiden viilupinojen täyttämistä voidaan jatkaa	Imulaite
Uuden aluslevyn siirto nostimelle	Aluslevyn syöttölaite
Saksinostin nousee takaisin yläasentoon	Nostin

Taulukossa (taulukko 5) kuvataan viilun pinkkausprosessin vaiheita ja eritellään moduulit nykyisissä tuotteissa. Kaikissa tuotteissa ei ole esimerkiksi roskakuljetinta, pinkantasaimia tai aluslevyn syöttölaitetta, joten näihin tehtäviin menee enemmän työntekijän aikaa verrattuna automaattisiin toimintoihin. Moduuleita voidaan lisätä tarpeen mukaan.

3.5 Konseptin vaatimuksia

Määrittely

Tehtävänä on määrittellä tuotekehityskonseptia. Määritetään ensin konseptin vaatimukset eli lähtötiedot. Design Drivers eli suunnittelun ajurit ovat suunnittelun punainen lanka, jotka tarkoittavat tuotteen ominaisuuksia ja niille määriteltyä tavoitetasoa.

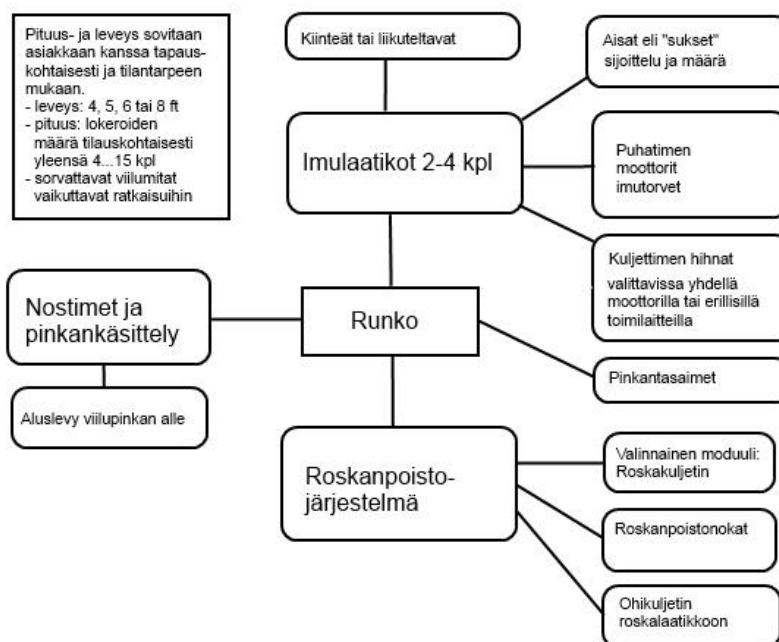
Taulukko 6. Pinontalaitteen tuotevaatimuksia suurimmasta pienimpään.

5	Mekaaninen kestävyys, vikasietoisuus ja varmatoimisuus
4	Resurssien käyttö, hyötysuhde, kilpailukykyinen hinta
3	Muunneltavuus ja modulaarisuus
2	Hieno muotoilu ja brändi

Haastattelun tuloksena muodostui yläotsikot (taulukossa 6). Vastaukset on kerätty teknologiapäälliköiltä (otanta 5 hlöä) pyytämällä kirjoittamaan muistilapuille, mitä ominaisuuksia pinontalaitteilta vaaditaan ja antamaan numeerinen arvio 1...5 ominaisuuden tärkeydestä. Huomioitavia arvoja olivat muun muassa meluntorjunta, turvallisuus, riittävä kapasiteetti = ei pullonkaulaa, takaisinmaksuaika, pääoman tuotto, tuotannon tehokkuus, energiakulutus ja ympäristöystävällisyys. Tuotevaatimukset ovat jaoteltuna tarkemmin liitteessä (liite 1).

Luonti

Konseptissa voidaan määrittellä nopeasti riittävällä tarkkuudella tuotteen toimivuus ja kustannusrakenne. Modulaarista konseptirakennetta vertaamalla vanhoihin piirustuksiin ja tuotteisiin voidaan seurata modulaarisuuden kehittymistä ajassa. Kuvassa 15 on esitetty toimintarakenne pinontalaitteelle, jota voidaan muuttaa asiakastarpeiden mukaan.



Kuva 15. Pinontalaitteen toiminnallinen modulaarisuus

Pinontalaitteiden toimintarakente mahdollistaa yhden tuotealustan, jota voidaan varioida erilaisiin pinontatarpeisiin. Nykyiset tuotteet ovat toiminnallisesti lähes identtisiä, mutta niiden arkkitehtuuri eroaa asiakaskohtaisesti suunnitellun käyttötärpeen mukaan. Kovista asiakasvaatimuksista ei voida tinkiä, joten tuotteiden tulee olla yhä parempia kehittyvillä osa-alueilla ja säilyttää suurelta osin hyvät ominaisuudet luotettavuudessa ja käyttövarmuudessa.

Tutkimuksen tarkoituksena ei ole tuottaa uutta tuotetta, vaan kokeilla konseptia. Prosessi mahdollistaa modulaarisen arkkitehtuurin kehittämisen nykyisissä tuotteissa, kun modulaarisessa rakenteessa havaittiin perusteltuja etuja. Mikäli tuloksia voidaan yleistää taustatutkimuksen ulkopuolelle, niin tutkimuksessa sovellettua tuotekehitystekniikkaa voidaan kokeilla uusien tuotekonseptien kehittämiseksi ja laajentaa modulaarista arkkitehtuuria muihin tuoteperheisiin.

4 YHTEENVETO

4.1 Modulaarisuuden soveltuvuus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perustella, kuinka hyvin modulaarinen arkkitehtuuri sopii varioituvan tuotteen suunnitteluun, hinnoitteluun ja tuotantoon. Tutkimuksessa pyrin huomioimaan asiakasvaatimukset tuotespesifikaatioiden määrittelyssä. Yrityskulttuuri asettaa rajoitteita ja haastaa miettimään kannattaako modulaarisuutta viedä systemaattisesti joko kaiseen tuotteeseen vai ei. Modulaarisuutta voidaan viedä tuoterakenteeseen todella syvälle, mutta pitää olla varma sen hyödyistä. Modulaarisuutta kannattaa kuitenkin toteuttaa, mikäli se todetaan kaupallisesti kannattavaksi ja yrityksen organisaatorakenne tukee modulaarista tuotetta. Työkuormaa voi jakaa moduuleittain pienempiin osiin usealle tekijälle.

Haastatteluilla sain käsityksen, että modulaarisuus soveltuu osaan tuotteista ja toisiin tuotteisiin ei ollenkaan. Rajanvetoa on hankala tehdä modulaarisuuden puolesta tai vastaan, koska näkökulma kaikilla toimijoilla on erilainen. Olen pyrkinyt selvittämään tuotekehityksen, kunnossapidon, tuotemodernisoinnin, myynnin ja muutaman suunnittelijan näkökulman pinontalaitteisiin. Lisäksi olen miettinyt pinontalaitteiden muuttamista ympäristöystävällisemmäksi sekä hiljaisemmaksi.

Keskeisenä haasteena oli luotettavan tietopohjan muodostus. Haastatteluprosessia hankaloitti Rauten organisaation suuruus ja tuotteiden kehityksen pitkä historia. Tutkimustyön haasteeksi osoittautui työn laajuus sekä rajallinen aikataulu. Opinnäytetyön suunnitelma oli riittävän joustava ja vaativa, mutta tulokset jäivät odotettua pienemmiksi. Tarkoituksena oli tuottaa konsepti luonnos tuotekehitykselle sekä selkeyttää tuotespesifikaatiota.

Modulaarinen tuotearkkitehtuuri on peruslähtökohta joustavaan liiketoimintaan, joka vähentää tuotteiden erilaisuutta, mutta mahdollistaa tuotteen muunneltavuutta. Seuraavissa tapaustutkimuksen tuloksissa käsittelem modulaarisen arkkitehtuurin hyötyjä ja haittoja.

4.2 Hyödyt

Modulaarisen rakenteen vaikutusten arviointi: modulaarinen tuotearkkitehtuuri luo kustannussäästöjä, antaa yritykselle joustavuutta, mahdollistaa osittaisen alihankinnan, tuotteiden modernisointi helpottuu, parantaa tuotannon tehokkuutta, lisää tuotteiden samankaltaisuutta, vakiotuotteet muuttuvat halvemmaksi ja hinta voidaan arvioida tarkemmin. Tuotesuunnittelussa voidaan edetä nopeammin, kun modulaarinen konsepti on selkeä. Moduloidun tuoterakenteen käyttö ja ylläpito luo myös tulevaisuuden mahdollisuuksia, kun tuote pystyy vastaamaan haluttuihin asiakastarpeisiin paremmin kuin vanhat tuotteet. Modulaarisen tuotteen suunnittelu voidaan jakaa usealle tekijälle, jolloin lopputulos voi olla

aiempaa parempi, koska moduulit mahdollistavat suunnittelun yhtäaikaisesti eri positioidissa. Tämä lisää resurssitehokkuutta ja tuote on usean työntekijän aikaansaannos.

Varioituvat osuudet aiheuttavat kustannuksia, joita voitaneen hallita paremmin modulaarisen tuoterakenteen avulla, kun tuotteesta on tehty parametrinen tai konfiguroitu malli. Vakio-osien toistuminen tuotannossa näkyy positiivisena ja työkuormaa helpottavana tekijänä. Tuotteen valmistus moduuleina on konepajalle lähtökohtaisesti hyvä ja toimintaa helpottava ominaisuus, mikä näkyy nopeampina kokoonpanoaikoina. Tuotteiden laadunvalvonta alihankinnassa mahdollistetaan moduulikohtaisilla toleransseilla ja testaus suoriutuu vaivattomammin puolivalmiissa tuotteissa kuin vasta loppukokoonpanossa. Modulaarisella rakenteella voidaan jopa laajentaa valmistustoleransseja eli hinta laskee.

4.3 Haitat

Ensimmäisenä täytyy muistuttaa, että asiakkaan etu on aina tärkeintä. Modulaarisuus on ikään kuin kompromissi, jossa asiakkaalle tarjottavia variaatioita on rajattu sopivaksi. Tämän takia tulee säilyttää mahdollisuus muuttaa perusratkaisua paremmaksi. Tässä päästään ongelman ytimeen, sillä viilujen pinkkauksessa perusratkaisu on edelleen uniikki toteutus. Identtiset pinontalaitteet toimivat eri asiakkailla yksilöllisesti, joten pinkkauksen hyvä laatu pitää varmistaa tapauskohtaisesti. Nykyisillä tuotteilla lopputulos on kuitenkin hyvä, koska niitä voidaan räätälöidä ja hienosäätää tarpeen mukaan.

Pinontalaitteen moduuleita on vaikeaa kasata pitkiin suoriin linjoihin, esimerkiksi imulaatikoiden hitsauskokoonpanossa. Modulaarisessa tuotteessa saattaa esiintyä mittapoikkeamia rajapintaliitoksissa. Tämä näkyy muun muassa hitsauskokoonpanoissa saumojen muodonmuutoksina, jotka saattavat muuttaa tuotteen mittoja. Pinontalaitteen pitää olla mittatarkka, jotta vikakäyttäytymistä ei ilmenisi.

Jos modulaarinen suunnittelu on viety syvälle tuotteen rakenteeseen, suunnittelutyö vie yhä enemmän aikaa mitä muutoksiin tulee. Päivitettäviä osatasoja syntyy paljon, jopa liikaa alikokoonpanoja. Tämä vaarantaa projektilähtöisen talon toimintaa, jos modulaarisuutta syvennetään liian nopeasti tai siirrytään laajasti modulaariseen rakenteeseen. Massaräätälöinti nykyisessä liiketoimintaympäristössä voisi muodostua suunnittelutoiminnan esteeksi. Konfiguroitavan tuotemallin muodostaminen voi osoittautua työlääksi ja ylläpito mahdolliseksi tehtäväksi, koska tuotteet poikkeavat todella paljon toisistaan. Modulaarisen arkkitehtuurin haittavaikutukset vaihtelevat näkökulman mukaan vähäisestä kohtalaiseen.

Modulaarisuuden syventäminen esimerkiksi pinontalaitteen sisäisissä rakenteissa on riski, jos muutokset eivät palvele loppukäyttäjää. Modulaarisuuden hyödyt pitää olla

todennettavissa ja selvittää kuinka välttää tuotteen monimutkaistuminen ja käytettävyyden heikentyminen. Käytettävyydellä tarkoitan tuotteen toiminta- ja huoltovarmuutta, kun turvastandardit kiristyvät ja uusille laitteille asetetaan yhä kovempia laatuvaatimuksia. Osien lukumäärän kasvu ja rajapintojen lisääminen voivat kasvattaa tuotekustannuksia.

4.4 Johtopäätökset

Tutkimus vastasi kysymykseen, miten hyvin modulaarisuus soveltuu varioituviiin rakenteisiin. Tapaustutkimuksen perusteella voidaan sanoa varmaksi modulaarisen rakenteen soveltumisen pinontalaitteiden variaatioihin, kuitenkin pienellä varauksella integraalisissa ratkaisuissa. Tutkimus ei vastannut kysymykseen, voidaanko modulaarista arkkitehtuuria hyödyntää kustannusten arvioinnissa. Tuotearkkitehtuurin vaikutusta kustannusten muodostumiseen tarkasteltiin salassapidettävän tiedon rajoissa.

Hypoteesi, että modulointi mahdollistaa tuotekonseptin kehittämisen ja tuotevaatimusten eli spesifikaatioiden uudelleen määrittelyn pinontalaitteelle on osittain tosi. Tuotteen modulointi mahdollistaa selkeät toiminnot pinontatapahtumassa, jota voidaan parantaa jälkikäteen. Tuotevaatimusten määrittely onnistui osittain, mutta pinkkauksen lopullisten prosessiarvojen määrittäminen epäonnistui monimutkaisuuden ja vaihtelevuuden takia. Hieman epäsuorasti osoitettiin, että tuotearkkitehtuurin laatutekijät vaikuttavat tuotteen elinkaaren kustannuksiin. Tuote on asiakkaan toiveiden mukainen, kun haluttuihin laatuvaatimuksiin (QFD) päästään. Jos laatu on kunnossa, se pienentää tuotteen elinkaaren kustannuksia.

Valittu menetelmä MFD eli ”systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin” toimi huonosti tapaustutkimuksen tuotteisiin. Löysin opinnäytetyön loppuvaiheilla tutkimuksen ja perustelut Lehtosen väitöskirjasta, miksi prosessi ei toiminut MFD-menetelmän mukaan valmiissa tuotteessa (Lehtonen 2007, 60). Modulaarisen arkkitehtuurin kehittäminen on pitkä prosessi ja vaatii standardit menetelmät, mihin käytetyt työkalut eivät antaneet vastauksia. Tulos ei yllättänyt, mutta jätti avoimia kysymyksiä. Yksi vaikuttava tekijä oli, ettei sopivaa ilmaista sovellusta löytynyt tuotemodulointiin.

Tapaustutkimuksen avulla muodostui yhteisymmärrys Rauten asiantuntijoiden kanssa ja muodostin syvemmän näkökulman pinontalaitteiden tuotearkkitehtuuriin. Tuotetiedot olivat osittain hiljaista tietoa, mikä täytyi selvittää haastattelemalla suunnittelijoita, myyntiä ja muuta henkilökuntaa. Tuotteiden määrittely, standardointi ja dokumentointi ovat yhä tärkeitä, jotta tuotetietous olisi löydettävissä organisaatiossa. Tavoitteeseen päästään nykyisiä tietojärjestelmiä käyttämällä ja käymällä aktiivista keskustelua. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tuoteperheen suunnitteluun sekä pinontalaitetekniikan kehittämiseen.

4.5 Jatkotutkimuksen aiheita

Rauten pinontalaitteille voisi tehdä kilpailija-analyysin liitteen QFD:n pohjalta ja selvittää pinontalaitteiden kapasiteetti ja pinkkauslaatu suhteessa kilpailijoihin. Pinontalaitteiden tuoteperheelle pitäisi saada yhtenäinen tavoitehinta ja laatutarkastus. Nykyiset tuotteet poikkeavat toisistaan, mikä aiheuttaa haasteita ja toivomuksen jatkaa kehitystyötä.

Koneiden modulaarisuuden jatkokehittämiseen voisi kokeilla sopivaa ohjelmistotyökalua ja muita menetelmiä kuten Design for Excellence (DFX). Tutkimuksessa jää näyttämättä konfigurointityökalun hyödyt esimerkiksi tuotehinnoittelussa. Moduuleittain jyvitetty hinta voisi antaa tarkempaa tietoa tuotteesta. Tutkimusta modulaarisuudesta kannattaa jatkaa kaikissa tuoteperheissä. Tulevaisuudessa kannattaa panostaa platform- ja dynaamisen modulaarisuuden tutkimukseen, josta uskoisin löytyvän parempia tuloksia modulaarisuuden eduista.

Toinen tutkimuksen aihe on selvittää, kuinka tuotteen laatutekijät vaikuttavat elinkaarikustannuksiin ja asiakkaan kokemaan arvoon. Etsi tuotekehityskohteet, jotka pienentävät asiakkaan kokemaa arvoa. Esimerkiksi sorvauslinjalla tutkitusti joka viides pysähdys johtuu pinontalaitteesta eli pinkkarin häiriöistä. Löytyykö häiriöitä, jotka voidaan poistaa laadukkailla suunnitteluratkaisuilla? Voidaanko sorvauslinjan tai kuivauslinjan häiriöitä vähentää uusilla mekaanisilla tai automaatio säädöillä? Häiriön havainnointi auttaa juurisyiden selvittämistä ja huoltoa voidaan kohdentaa mekaaniseen tai automaation hienosäätöön.

Lopuksi haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajaa tutkimuksen aiheen ehdottamisesta ja tutkimuksen tukemisesta sekä Rauten asiantuntijoita heidän mielipiteistään haastatteluissa.

LÄHTEET

- Andreasen, M. M., Hansen, C. T. & Mortensen, N. H., 1996. The Structuring of Products and Product Programmes. Lyngby: Technical University of Denmark.
- Harlou, U., 2006. Developing product families based on architectures: Contribution to a theory of product families. Väitöskirja. Lyngby: Technical University of Denmark (DTU).
- Huhtala, P. & Pulkkinen, A., 2009. Tuotettavuuden kehittäminen - Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Tampere: Teknologiateollisuus.
- Lange, M. & Imsdahl, A., 2014. Modular Function Deployment – Using Module Drivers to Impart Strategies to a Product. Teoksessa: S. Timothy, J. Jiao, Z. Siddque & K. Hölttä-Otto. Advances in Product Family and Product Platform Design. USA: Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- Lehtonen, T., 2007. Väitöskirja. Designing Modular Project Architecture in the New Product Development, Tampere: Tampere University of Technology.
- Lepistö, V.-M., 2011. Kuva 8. Raute Oyj markkinointimateriaali [viitattu 14.1.2019].
- Modular Management, 2019. PALMA - Modular Management [viitattu 5.3.2019]
Saatavissa: <https://modularmanagement.com/palma/>
- Mortensen, N. M., 2000. Design Modelling in a Designer's Workbench. Väitöskirja. Lyngby: Technical University of Denmark.
- Raute, 2019. Raute Academy. [viitattu 8.3.2019]
Saatavissa: <https://academy.raute.com/login/index.php>
- Umeda, Y. Nonomura, A. ja Tomiyama, T., 2000. Study on life-cycle design for post mass production paradigm. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing.
- Varis, R., toim., 2017. Puulevyteollisuus. Porvoo: Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry ja Suomen Puuteollisuusinsinöörien Yhdistys ry.
- What is Six Sigma, 2019. What is House of Quality / QFD Example [viitattu 11.4.2019]
Saatavissa: <https://www.whatissixsigma.net/house-of-quality-qfd/>.
- Österholm, J. & Tuokko, R., 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET.

