LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

NOSTOLAVATUOTTEEN KEHITTÄMINEN

Raute Oyj

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Ami Hirvonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikn koulutusohjelma

HIRVONEN, AMI: Nostolavatuotteen kehittäminen
Raute Oyj

Mekatroniikan opinnäytetyö, 34 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Raute Oyj:n nostolavatuotteita valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden kannalta. Tarkemmassa tarkastelussa oli kaksi nostolavamallia vanha vakio ja Kanadan vakio.

Työ aloitettiin tutustumalla molempien nostolavamallien kuviin ja osaluetteloihin, joista listattiin osien lukumäärät, kiinnitysosien lukumäärät ja eriteltiin kokoonpanoa työvaiheittain. Teoria pohjana tutkimuksessa oli DFM ja DFA menetelmät.

Tutkimus tuloksia käytetään tukena ja vertailu pohjana uuden nostolavatuotteen kehityksessä. Tällaista tutkimusta ei tuotteista aikaisemmin ole tehty.

Asiasanat: valmistettavuus, kokoonpantavuuus, DFM, DFA

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

HIRVONEN, AMI: Development of scissor hoist product
Case: Raute Oyj

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 34 pages, 2 pages of appendices

Spring 2015

ABSTRACT

The objective of this thesis was to study the scissor hoist products of Raute Oyj, from the points of wiew of on manufacturability and assemblability. The study was based on two scissor hoist models, the old standard model and Canadian standard model.

The first task was to study the blueprints and part lists of the scissor hoists, and to make a list of part counts, and mounting parts. A breakdown of diffents stages of assembly was also made. The theory base for the study was DFM and DFA methods.

The results of the study will be used for the development of the new line of scissor hoits, which are now being designed.

Key words: manufacturability, assembly, DFM, DFA

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 1

2 YRITYSESITTELY 2

2.1 Liiketoiminta 2

2.2 Palvelut 2

3 DFMA-MENETELMÄ 4

3.1 Hitachi AEM (Hitachin Assemblability Evaluation Method) 5

3.2 Lucas DFA (UK) 7

3.3 Tuotteen valmistettavuus (DFM) 8

3.3.1 Valmistettavuuden arviointi 8

3.3.2 Valmistettavuuden parantaminen 10

3.3.3 Valmistettavuuden seitsemän askelta 11

3.4 Tuotteen kokoonpantavuus (DFA) 12

3.4.1 Osien välttämättömyys konstruktiossa 13

3.4.2 Kokoonpantavuusindeksi 14

3.4.3 Osien vähentäminen kokoonpanosta 14

3.4.4 Osien kokoonpanosuunnat 15

3.4.5 Osien käsiteltävyys 16

3.4.6 Osien vähentämisen ongelmat 16

4 NOSTOLAVAT 18

4.1 Nostolava nro 1 vanha vakio 19

4.2 Nostolava nro 2 Kanadan vakio 20

4.3 Nostolavamallien vertailu 21

4.3.1 Nostolavan runko (bottom frame) ja lava (top frame) 22

4.3.2 Saksen rakenne 24

4.3.3 Rakenteiden tarkastelu DFM/DFA-periaatteen mukaan 27

5 YHTEENVETO 32

LÄHTEET 34

LIITTEET 35

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kahta Raute Oyj:llä valmistettavaa nostolavamallia valmistettavuuden ja kookoonpantavuuden kannalta. Tämäntyyppistä tutkimusta ei kyseisistä tuotteista ole aiemmin tehty. Tutkimuksen tuloksia on tarkoitus hyödyntää vertailupohjana jo kehitteillä olevan uuden nostolavamallin suunnittelussa. Teoriapohjana tutkimuksessa käytettiin Bootroyd- Dewhurstin DFMA-menetelmää, jonka tavoitteena on poistaa kokoonpanosta ylimääräiset osat ja suunnitella tuote mahdollisimman helpoksi valmistuksen ja kokoonpanon kannalta. Näihin vaiheisiin saatavilla parannuksilla on myös suoraan vaikutusta tuotantokustannuksiin ja tuotteen läpimenoaikaan, joiden pienentäminen on myös aina tavoilteltava asia.

2 YRITYSESITTELY

Raute on puutuotetoimialaa kansainvälisesti palveleva teknologia- ja palveluyritys, jonka tärkeimmät asiakasteollisuudet ovat vaneri- ja LVL- teollisuus. Raute on maailmanlaajuinen markkinajohtaja suurimmalla asiakasteollisuudenalallaan vaneriteollisuudessa 15 - 20 %:n markkinaosuudella. (Raute 2014)

Asiakaskuntaa palvelee Rauten noin 500 osaajaa yhdeksässä eri maassa. Tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa Nastolassa ja Kajaanissa, Kanadassa Vancouverin alueella ja Kiinassa Shanghain alueella. Myyntiverkosto on maailmanlaajuinen. Huolto- ja varaosapalveluita tarjotaan enenevässä määrin myös paikallisesti. (Raute 2014.)

2.1 Liiketoiminta

Raute luo asiakkailleen lisäarvoa parantamalla heidän tuotantoprosessinsa kilpailukykyä ja kannattavuutta investoinnin koko elinkaaren ajan. Rauten ratkaisujen keskeisimmät asiakashyödyn lähteet ovat parempi raaka-aineen saanto, työn tuottavuuden nousu, vähentynyt energian ja kemikaalien käyttö, parempi lopputuotteiden laatu sekä pienempi ympäristörasitus. (Raute 2014.)

2.2 Palvelut

Projektitoimituksiin kuuluvat uudet koko tehtaan tuotantolaitteistot, erilliset tuotantolinjat sekä yksittäiset koneet ja laitteet. Teknologiatarjonta on monipuolinen yksinkertaisesta perustuotantoteknologiasta aina pitkälle automatisoituihin prosesseihin. Erityyppisiä asiakastarpeita palvelevat RautePro-, RauteSelect- ja RauteSmart-ratkaisut. (Raute 2014.)

Teknologiapalvelut käsittävät kunnossapidon, varaosapalvelut, konsultoinnin ja koulutuksen sekä projektityyppiset modernisoinnit. Teknologian kehitys itsessään sekä Rauten laaja asennettu konekanta luovat kysyntää teknologiapalveluille. Ensisijaisesti palveluita käyttävät asiakkaat, joilla on Rauten toimittamia tuotantokoneita. (Raute 2014.)

Asiakasyhteistyössä Raute pyrkii tiiviiseen kumppanuuteen, jossa asiakkaan tuotantoprosessia ja lopputuotteita kehitetään pitkäjänteisesti yhdessä. Rauten pitkä kokemus puutuoteteollisuuden teknologiatoimittajana ja asiakastarpeiden syvällinen tuntemus ovat niin asiakkaiden prosessien kehitystyön kuin Rauten omankin tuotekehityksen perusta.(Raute 2014.)

3 DFMA- MENETELMÄ

Tuotteen valmistettavuus on ominaisuus, jonka ansiosta tuotteen osien valmistaminen, kuten koneistaminen, hitsaaminen ym. osavalmistusmenetelmät on toteutettavissa tavoitteiden mukaisesti. Valmistettavuus kuvaa siis osien ja osavalmistusmenetelmien kohtaamista. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 13)

Kokoonpantavuus määritellään vastaavasti ominaisuudeksi, jonka ansiosta tuotteen kokoonpano voidaan toteuttaa laadukkaasti ja kustannustehokkaasti. Kokoonpantavuus on käsitteenä analoginen valmistettavuudelle, se vaikuttaa siis kokoonpanossa vastaavalla tavalla kuin valmistettavuus osavalmistuksessa. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 13)

DFMA-menetelmä pitää sisällään tuotteen kaksi erillistä arviointi menetelmää, jotka ovat tuotteiden valmistettavuus, DFM (design for manufacturbility) ja DFA (design for assembly) kokoonpantavuus. Kolme tunnetuinta kokoonpanon arviointimenetelmää ovat Bootroyd-Dewhurst (USA), Lucas (UK) ja Hitachi (Japani). Hitachin Assemblability Evaluation Method (AEM) kehitettiin näistä ensimmäisenä 1970-luvun lopulla ja Design for Assembly(DFA) esiteltiin hieman myöhemmin (noin 1980). (Lempiäinen & Savolainen 2003,155)

Laajalti on hyväksytty, että 75- 85 % tuotteen hinnasta sidotaan sen suunnitteluvaiheessa, siksi DFMA:n soveltaminen tulisi aloitta heti suunnitteluprosessin alusta. Jos DFMA:ta aletaan soveltaa vasta mekaanisen tai sähköisen suunnittelun jälkeen, joudutaan kalliisiin uudelleen suunnitteluihin. Olisikin hyvä, jos DFMA voitaisiin sisällyttää järjestelmällisen tuotesuunnitteluprosessin osaksi. DFMA:n toteuttamisen voidaan sanoa olevan tuotteen ensimmäinen valmistusvaihe. (Eskelinen 2012.)

DFMA on kehitetty murtamaan ”muuri” suunnittelun ja valmistuksen väliltä. Tämä ”muuri” voi johtua muun muassa siitä, että suunnittelija yrittää pakonomaisesti hyödyntää modulaarisia ja standardisoituja ratkaisuja ottamalla huomioon vain toiminnalliset konstruktion modulit ja pitää huomaamattaan valmistukselliset modulit taka-alalla. (Eskelinen 2012.)

Tuotteen valmistaja taas haluaa parantaa tuotantolaitteita ja ehdottaa parannuksia tuotteeseen mahdollistaakseen mahdollisimman joustavan tuotannon tehtaassaan. Usein nämä muutokset tehdään tuotantojärjestelmän ominainaisuuksista lähtien eikä tuotteen vaatimuksista lähtien. (Eskelinen 2012.)

Eräs syy muurin muodostumiseen suunnittelun ja valmistuksen välille on löydettävissä organisaatiosta. On suositeltavaa, että yritykset panostaisivat paljon enemmän ryhmätyöhön ja poikkitekniseen lähestymistapaan. Monesti suunnittelijoilla on liian vähän tietoa valmistusmenetelmistä ja niihin liittyvistä DFMA-ohjeista. (Eskelinen 2012.)

Suunnittelun ja valmistuksen yhteistyötä vaikeuttaa myös se, että tuotteeen osat tehdään nykyisin usein alihankintoina eri puolilla maailmaa ja kokoonpano maantieteellisesti jossain aivan muualla. (Eskelinen 2012.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään Bootroyd-Dewhurst (USA) DFMA-menetelmään. Seuraavassa kahdessa luvussa esittellään lyhyesti kaksi muuta yleisintä DFA-menetelmää, Hitachi AEM ja Lucas DFA.

3.1 Hitachi AEM (Hitachin Assemblability Evaluation Method)

Hitachin AEM analysoi liikkeet ja toiminnot, tarvittavat kokoonpanotoiminnot, jotta jokainen tuotteen osa saadaan käsiteltyä, kiinnitettyä ja sijainti varmistettua. Yksinkertaista alaspäin suuntautuvaa liikettä pidetään helpoimpana ja nopeimpana kokoonpanotoiminnossa. Rangaistuspisteitä annetaan jokaisesta liikkeestä tai toiminnosta, joka eroaa tai on ylimääräinen normaalista ideaaliliikkeestä. Toimenpide alkaa syöttämällä tarvittavat kokoonpanon liikkeet ja toiminnot AEM-malliin. Malli on tarkoitettu vertailemaan kokoonpanoprosessia parhaaseen mahdolliseen ja antamaan rangaistus keinotekoisesta kokoonpanoliikkeestä. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 156.)

Hitachin menetelmässä kokoonpantavuutta arvioidaan kahden suureen avulla. Ensimmäisellä suureella arvioidaan kokoonpantavuuspisteitä (E). Erityisesti tarkastellaan kokoonpanotoimenpiteiden vaikeutta. Tässä suureessa ei oteta ollenkaan

huomioon osien vähentämisestä saavutettavaa hyötyä. Tämän vuoksi on toinen suure, jolla arvioidaan kokoonpanonkustannussuhdetta (K) eli kustannusten pienentymistä verrattuna aikaisempaan versioon tuotteesta. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 155.)

Hitachin menetelmässä on noin 20 eri symbolia kuvaamaan kokoonpanotoimenpiteitä. Tuotteen rakenne käydään läpi osa kerrallaan täyttämällä lomakkeelle osien viereen kaikki osaa kokoonpantaessa suoritettavat toimenpiteet. Osan kokoonpantavuuspisteet (Ei) muodostuvat siten, että mikäli osa kokoonpannaan ainoastaan suoralla ylhäältä-alas-liikkeellä, saa osa kokoonpantavuus pisteet 100. Kaikista ylimääräisistä toimenpiteistä tulee rangaistuspistetä Hitachin synteettisten kokoonpanotaulukoiden mukaisesti. Koko tuotteen kokoonpantavuuspisteet (E) saadaan laskemalla keskiarvo yksittäisten osien kokoonpanopisteistä. Pisteiden ollessa >80 on tuote kokoonpantavuudeltaan hyvä ja kokoonpano kustannukset alhaiset. Kyseinen raja kuvaa myös sitä, että tuote soveltuu automaattiseen kokoonpanoon. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 155.)

Hitachin menetelmässä tuotteen osien vähentäminen otetaan huomioon tuotteen kokoonpanon kustannussuhteessa (k). Kyseinen suure saadaan vertaamalla tuotteen kokoonpano aikaa aikaisemman tuoteverion vastaavaan. Raja- arvoksi suureelle (K) on annettu 0.7 (K< 0,7) eli tuotteen kokoonpanokustannukset ovat pienentyneet vähintään 30 %. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 157.)

Hitachin AEM-analyysista suunnittelija saa selkeät päämäärät parantaa tuotteen kokoonpantavuutta ja pinentää kokoonpanokustannuksia pyrkimällä suureiden raja-arvoja parempiin arvoihin. Metodi antaa hyvän määrän lukuja arviointia varten: kokoonpanoaika (AT), kokoonpanon arviointitulos (E), jonka skaala on 0-100 (erittäin hankalasta ihanteelliseen). Kokoonpanon hintasuhde (K) kertoo uudelleen suunnittelun hinnan suhteen verrattuna alkuperäiseen hintaan, ja yksinkertaisuuskerroin (SF), mikä on suhdeluku E:n ja kokoonpanon suunnittelutehokkuuden välillä. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 157.)

3.2 Lucas DFA (UK)

Lucas DFA käsittää toiminnallisen analyysin, käsittely- tai syöttöanalyysin ja sovitusanalyysin. Metodi käsittää potentiaalisten kokoonpanoon vaikuttavien tekijöiden määräämisen ja yhteenvedon, jotka ovat tekemisissä mahdollisten samanlaisten suunnitteluongelmien kanssa kuin Hitachi-metodissa, mutta se sisältää lisäksi myös kappaleenkäsittelyn sovitteen suunnittelun. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 157 – 158.)

Kaikki kokoonpanon osatekijät käyvät läpi toiminnallisen analyysin jakamalla ne joko A- osioon (tarpeellinen) tai B- osioon (ei tarpeellinen). Suunnittelutehokkuus tulee suhteesta tarpeelliset osiot jaettuna kaikilla osilla (A/(A+B)). Suositeltua 60 %:n tulosta tavoitellaan. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 158.)

Syöttö- tai käsittelyanalyysi tarkastelee jokaista kokoonpantavaa osaa tietokantaa vasten, josta saadaan syöttöindeksi. Koko koonpanon syöttöindeksi saadaan summaamalla kaikkien osien syöttöindeksit. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 158.)

Osien sovellusanalyysi suoritetaan kuten syöttö- ja käsittelyanalyysikin. Osien liitettävyys arvioidaan tietokantaa vasten ja tulokseksi saadaan sovellusindeksi ja sovellussuhde. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 159.)

3.3 Tuotteen valmistettavuus (DFM)

Valmistettavuus, Design for Manufacturability, DFM, pitää sisällään kaikki menetelmät, ja järjestelyt, jotka yksinkertaistavat tuotekonstruktion valmistamista ja alentavat kaikkia tuotteen valmistuskuluja. DFM apuvälineet auttavat myös tuotetta toimimaan paremmin, luotettavammin, näyttämään siistimmältä, helpottamaan tuotteen huollettavuutta ja parantamaan tuotteen ympäristökuormitusta. Päällimmäisenä tavoitteena on kuitenkin aina valmistuskulujen alentaminen, joka saavutetaan yhteistyöllä tuotekehitystiimin ja valmistustiimin välillä. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 13.)

3.3.1 Valmistettavuuden arviointi

Suunnittelun alkuvaiheessa tuotteen ominaisuudet perustuvat konstruktiolta vaadittuihin toimintoihin. Jos tässä vaiheessa valitaan ensimmäinen mieleen tuleva tuotekonsepti ja siirrytään yksityiskohtaiseen komponenttien suunnitteluun, keskeytyy tuotekonseptin suunnittelu. Ihmisluonne pyrkii löytämään nopeasti oman suosikkinsa vaihtoehtoisista ratkaisuista. Tuotesuunnittelijan täytyy vastustaa tällaista ajattelua ja löytää paras konseptisuunnitelma tekemällä täydellinen teknistaloudellinen vertailu eri konseptisuunnitelmien välillä. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 20.)

Vaikka tuotantokustannukset nähdään usein mittatikkuna valmistettavuudelle, ovat kustannukset kuitenkin vain yksi monista arviointiparametreistä. Alhaisten valmistuskustannusten suunnitteluvaihtoehdot voivat olla epätarkoituksenmukaisia, jos niillä on negatiivinen vaikutus esimerkiksi läpimenoaikaan ja laatuun. Jotta voitaisiin saada varmistus tuotesuunnitelman valmistettavuudesta, on välttämätöntä tehdä mitoitus ja arviointi useilla eri osa alueilla. Lukuisista DFM- projekteista saatu kokemus on osoittanut, että seitsemän yleistä mittaria ovat sopivia arvioitaessa tuotekonstruktion vaikutusta valmistettavuuteen. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 20.)

1. Laatu
   - Tuotteen kyky noudattaa tuoteselostetta ja spesifikaatioita.
2. Tuotantokustannukset

- Kiinteät kustannukset ovat: varastointi, laadun valvonta, ostot, tilat. muuttuvat kustannukset ovat: työvoima, materiaalit ja kokoonpantavuusindeksit

3. Joustavuus
   - Kyky siirtää muutokset valmiiseen tuotteeseen
4. Riski
   - Tuotekonstruktio aiheuttaa jatkuvan valmistuksen riskialttiuden.
5. Läpimenoaika
   - Kyky saavuttaa nopea läpimenoaika, perustuote, räätälöitytuote.
6. Tehokkuus
   - Kuinka tehokkaasti hyödynnetään henkilöstö- ja talousresusrsseja.
7. Ympäristövaikutukset
   - Kierrätettävyys, kuinka valmistusprosessi vaikuttaa ympäristöön, tuotteen purettavuus.

Tarkoituksena näillä seitsemällä valmistettavuuden alueella on suoda mahdollisuus arvioinnin suorittamiselle ja välttää ailahtelua alueelta toiselle. On tärkeää huomata, että ongelma yhdellä yleisellä tasolla voidaan ratkaista muiden tasojen kautta. Esimerkiksi laatuongelmaa voidaan korjata panostamalla materiaaleihin. Nämä seitsemän aluetta auttavat ymmärtämään eron valmistettavuuden ratkaisumallin ja perinteisen kustannusleikkuumallin välillä, joka keskittyy erityisesti työvoima- ja materiaalikustannuksiin. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 21.)

Syy, josta johtuen yhtenäisyys tuotesuunnittelun ja valmistusmenetelmien välillä on niin tärkeää DFM:ssä, on se, että yleisiä ajatelmia ei voi suoraan liittää tuotteeseen. Ne voidaan ainoastaan vakiinnuttaa vastaamaan valmistusmenetelmiä. Hyvin aikaisessa vaiheessa konseptisuunnittelua lyödään lukkoon tuotteen osien valmistusmenetelmät. Tällöin kokoonpanotyökalut ajavat käyttämään samanlaisia liitosmenetelmiä. Kehitystiimin täytyy kyetä arvioimaan ja vertailemaan eri konstruktiovaihtoehtojen valmistettavuutta tuotesuunnittelun aikana, kauan ennen kuin yhdenkään tuotteen tai osan rakenne on tiedossa. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 15 - 20.)

Tuotteen tuotantokustannuksia ei voida selkeästi ymmärtää katsomalla itse suunnitelmaa, vaan tutkimalla valittuja valmistusmenetelmiä. Samasta syystä kapeakatseinen suunnitteluosasto voi jatkuvasti jättää huomioimatta valmistettavuuden kehittämisen. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 20.)

3.3.2 Valmistettavuuden parantaminen

Jotta tuotekehitysprosessi onnistuisi parhaalla mahdollisella tavalla, tulee suunnitteluvaiheessa olla mahdollisimman paljon tietoa käytettävissä tulevasta tuotteesta. Tiedonhankintatapoina voi olla esimerkiksi yrittää ratkaisua useilla kilpailevilla metodeilla, käyttää eri alojen edustajia suunnittelutiimissä, ottaa mukaan vanhempia suunnittelijoita, verrata tuotetta muiden yritysten vastaavan monimutkaisuustason ja valmistusmäärän tuotteisiin sekä käyttää hyväksi simulointia ja tietokoneohjattua kustannusten arviointia. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

Käyttämällä vanhempia suunnittelijoita ekspertteinä suunnittelutiimissä vältytään toistamasta vanhoja jo havaittuja virheitä. Vanhemmat suunnittelijat voivat toimia ohjaajina ja valmentajina, koska heillä on tietoon pohjautuvaa kokemusta. Voisi tietenkin olla houkuttelevaa jättää koko ongelmanratkaisu heille, mutta silloin nuoremmat suunnittelijat eivät saisi käytännön harjoitusta ja kokemusta, mikä on olennainen osa DFM-oppimisprosessia. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

DFM-kirjallisuusdesta löytyy monia ohjenuoria sille, kuinka suunnitelmat tuotteista voidaan kytkeä vaihteleviin valmistusprosesseihin. Osa voidaan suunnitella valmistettavaksi vaihtoehtoisesti valamalla koneistamisen sijaan, ruuviliitokset voidaan korvata napsautusliitoksilla. Muutosten seuraukset täytyy kuitenkin tarkastaa huollon, käytettävyyden ja muiden olennaisten tekijöiden suhteen. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 24.)

3.3.3 Valmistettavuuden seitsemän askelta

Valmistettavuuden toteutus tuotekehitysprojektissa voidaan jakaa seitsemään vaiheeseen:

1. Diagnoosi
2. DFM-tavoitteiden asettaminen
3. Päätoimintojen määrittely
4. Kehitysparametrien ja suunnitteluideoiden selvennys
5. Konseptisuunnittelu
6. Erittely ja valinta
7. Siirtyminen tuotesuunnitteluun.

Diagnoosivaiheessa tutkitaan nykyinen tuoteportfolio ja valmistusympäristö. Sen jälkeen tulisi määritellä nykyisen tuotteen tai tuoteperheen valmistettavuus. DFM-tavoitteden selkiyttämiseksi tulisi myös tutkia kilpailevien tuotteiden valmistettavuutta, esimerkiksi 3 - 4 vahvimman kilpailevan tuotteen kesken. Tämän tiedon avulla saadaan vertailu tietoa niistä asioista, jotka takaavat kehitettävälle tuotteelle rittävän kilpailukyvyn tulevaisuudessa. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

DFM-tavoitteiden tulisi kohdistua ensimmäisessä kohdassa mainittuihin asioihin. Koska nämä seitsemän aluetta ovat harvoin yhtä tärkeitä, tulisi päättää, mille alueelle annetaan eniten painoarvoa. On erittäin tärkeää, että projektiryhmällä ja johdolla on täysi yhteisymmärrys tuotekehitysprojektin tavoitteista. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

Tuotteesta pitää hakea sen päätoiminnot DFM-analyysin perustaksi. Samalla tulee analysoida käyttäjän tuotteelle asettamat odotukset. Tämän avulla työryhmä voi keskittyä keksimään saman toiminnallisuuden parhaalla mahdollisella tavalla. Tällöin ei tyydytä vain parantelemaan jo olemassa olevaa tuotetta. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

Vaiheen 4 tavoitteena on edesauttaa yleistä tuotteen valmistettavuutta ja tukea asiakkaan tuotteelle asettamia teknisiä vaatimuksia. Suunnittelutiimin tulisi etsiä valmistettavuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotka eivät vaikuta tuotteen laatuun. Arviointiparametrit tulisi asettaa kaikille pääfunktioille ja kaikille tuotteen neljälle tasolle:

yritystaso, tuoteperhetaso, rakennetaso ja komponenttitaso. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

Konseptisuunnitteluvaiheessa luodaan vaihtoehtoisia tuotekonsepteja, joita vertailemalla löydetään optimaalisin tuotekonsepti. Jos vaihtoehtoja ei ole tarpeeksi voi tuotteesta tulla liian kallis eikä se ole kilpailukykyinen. Siksi pyritään luomaan useita ratkaisuja miettin tuotetta alla listattujen seikkojen kannalta.

1. Valmistuskustannukset
2. Laatu
3. Joustavuus
4. Riskienhallinta
5. Valmistusaika
6. Ohjattavuus
7. Ympäristövaikutukset ja elinkaarikustannukset

Kun on varmistettu, että suunnitellut konseptit täyttävät DFM–tavoitteiden päämäärät, tulee tehdä valinta parhaiden vaihtoehtojen välillä. Yleisesti paras suunnittelukonsepti voidaan löytää vertaamalla eroja suorituskyvyssä. Jos yrityksen johto pitää valittua DFM-konseptia tarpeeksi vakuuttavana, voidaan todellinen kehitysprojekti aloittaa suunnitelman muuttamiseksi myytäväksi tuotteeksi. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 30.)

3.4 Tuotteen kokoonpantavuus (DFA)

Tuotteiden kokoonpantavuus, Design for Assembly, DFA on systemaattinen tuotekehitysmenetelmä, jonka tavoitteena on tuotteen rakenteen ja sitä kautta koko kokoonpanotyön suorituksen yksinkertaistaminen. Usein yksinkertaistaminen johtaa toimintojen yhdistämiseen ja osien vähentämiseen. Lisäksi DFA-apukeinot auttavat tuotetta toimimaan paremmin ja luotettavammin, näyttämään siistimmältä, tekevät siitä helpommin huollettavan ja parantavat ympäristökuormitusta. Lisäksi DFA-tuotteen modulaarisen rakenteen vuoksi voidaan asiakaskohtainen räätälöinti toteuttaa helposti. Keskeisenä välineen kokoonpantavuuden kehittämisessä on yheteistyö tuotekehitystiimin ja kokoonpanotiimin kesken. Verrattaessa

valmistettavuutta ja kokoonpanoa voidaan todeta, että kokoonpantavuus on tärkeämpää kuin valmistettavuus, koska kokoonpantavuus on työvoimavaltaisempaa. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

Kokoonpanotyön vaiheita tarkastellaan tuotekonstruktion vaatimuksina seuraavista näkökulmista:

- osien syöttäminen, sisältää orientoinnin ja erottelun
- kappaleen käsittely, robotilla tai käsin
- liitosten toteutus
- kokoonpanotyön suorituksen laadun valvonta.

3.4.1 Osien välttämättömyys konstruktiossa

Professori Goeffrey Boothroydin mukaan osien välttämättömyyteen tuotekonstruktiossa on kolme syytä:

1. Osan on oltava erillinen, jos tuotteen toiminnan kannalta sen on oltava eri materiaalia kuin viereiset osat, esimerkiksi sähkön eristysmateriaali > < sähkön johdemateriaali
2. Osan on oltava erillinen, jos osa liikkuu viereisiin osiin nähden eikä tätä liikettä voida aikaansaada osan materiaalin tai muodon elastisuutta hyväksi käyttäen. esimerkiksi pyörivä akseli > < kiinteä liukulaakeri
3. Osan on oltava erillinen, jotta tuotteen kokoonpano tai purku olisivat mahdollisia. (esimerkiksi vaihdelaatikon puolikkaiden jakotaso on välttämätön, vaikka siitä ennemmin tai myöhemmin alkaa vuotaa öljyä).

Ulkonäköseikkoja tai osien kiinnitystä toisiinsa ei oteta millään lailla huomioon näissä välttämättömyyskriteereissä. Niinpä jokaiseen kaupalliseen tuotteeseen suunnitellaan aivan tarkoituksella "turhia" osia. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 70.)

3.4.2 Kokoonpantavuusindeksi

Bootroydin ja Dewhurstin, mukaan voidaan tuotteen kokoonpantavuusindeksi laskea seuraavan kaavan mukaan:(Lempiäinen & Savolainen 2003, 70.)

$$\mu_{Kokoonpantavuus} = \frac{100 \text{ x N x } 3}{T_{kok}}$$

Kaava 1. Kokoonpantavuusindeksi

Kaavassa N on välttämättömien osien määrä ja Tkok tuotteen arvioitu kokonaiskokoonpanoaika. Numero 3 kaavassa on ihanteellinen osan kokoonpanoaika (3s).

3.4.3 Osien vähentäminen kokoonpanosta

Yhdistämällä eri osien toimintoja yhteen samaksi osaksi saadaan huomattava määrä käsittelyä ja liitoksia pois kokoonpanosta. Liitos on aina potentiaalinen laaturiski konstruktiossa. Lisäksi osien määrällä konstruktiossa on suora suhde tuotteesta aiheutuviin kiinteisiin kuluihin. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

Osien ja niiden toimintojen yhdistäminen tekevät niistä monimutkaisempia valmistaa, mutta nykyaikaiset automaattiset osien työstötekniikat tuottavat monimutkaisemman osan siinä kuin yksinkertaisemmankin. Poisjätetyllä osalla on paljon vaikutusta kiinteisiin kuluihin, sillä poistettua osaa ei tarvitse

- suunnitella
- valmistaa ja kokeilla prototyyppiä
- valmistaa tuotteen kokoonpanoa varten
- testata
- valvoa, onko osa saapunut kokoonpanoa varten
- varastoida
- poistaa epäkurranttia kirjanpidosta
- kierrättää ja lopulta hävittää
- ostaa ja kuljettaa.

3.4.4 Osien kokoonpanosuunnat

Käsin tai robotilla tehtävässä kokoonpanossa luontainen kokoonpanosuunta on ylhäältä alaspäin suuntautuva suoraviivainen kokoonpanoliike. Kokoonpanosuuntien muuttaminen kesken kokoonpanotyön aiheuttaa ylimääräistä tuotteen kääntelyä ja varsinkin tuotteen sijaitessa kokoonpanojigissä hankaloittaa kokoonpanotyötä. Tämä korostuu vielä entisestään suurien tuotteiden kokoonpanossa. Suunnittelijan pitäisikin rajoittaa kokoonpanosuuntia yhteen ylhäältä alaspäin tapahtuviin käsittelyliikkeisiin. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 72.)

Istumatyönä työpöydän ääressä tehtävässä kokoonpanotyössä on ihmisen fyysisen rajoittuneisuuden vuoksi päädytty seuraaviin suosituksiin(Lempiäinen & Savolainen 2003, 70.):

- Kokoonpanovoima ylhäältä alaspäin on max 20 N
- Kokoonpanon aktiivinen työalue on max 200x300 mm
- Kokoonpantavat osat on saatava työalueelle n. 400x600 mm etäisyydeltä

Kookkaammille tuotteille on tarve toteuttaa seisomatyöpisteet, joissa rajat ovat:

- Käsin käsiteltävyys on 100 N nostoissa
- Voiman tuotto on ylhäältä alaspäin kontrolloidusti 50 N
- Luontaisesti etäisyydet jalkatyön mukaisesti voivat olla kuinka etäällä työpisteestä tahansa. Tällöin kokoonpanotyöhön sisällytetään liikkuminen työpisteen ympäristössä.

Käytännön keinoja osien vähentämiselle tuotteesta ovat:

- Andersonin laki: älä koskaan suunnittele osaa, jonka voit ostaa luettelon perusteella.
- Hyödynnetään ja jopa liioittellaan symmetriaa, ettei tulisi osien oikeavasen versiointia, joiden pienten erojen tunnistus on vaikeaa ja aiheuttaa virheriskin.

- Erityisesti "ämpäritavarassa" on oltava tarkkana, ettei varasto pullistele esim. ruuveja jokaista mahdollista pituutta, halkaisijaa, kantamuotoa ja pintakäsittelyvaihtoehtoa.
- On hyvä pyrkiä ryhmittelemään ja nimeämään osaperheet siten että erilaisten tuotteiden välille saataisiin yhteisiä osia. Valmistusmäärien kasvu auttaa myös muuttuvissa kuluissa.
- On hyvä tehdä päätös liitosmenetelmistä jo tuotekonseptivaiheessa. Tällöin valittu kokoonpanotyökalu ajaa luontaisesti käyttämään samanlaisia liitosmenetelmiä.

3.4.5 Osien käsiteltävyys

Likaiset, joustavat, särkyvät, kuumat ja erityisen pienet osat aiheuttavat ongelmia kokoonpanotyössä. Lisäksi kokoonpanolla pitää olla tunnistettava runko-osa, jolla on kokoonpanotyöhön soveltuva stabiili asento, jotta kokoonpanokiinnitintä ei tarvittaisi. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 72.)

Kokoonpantavien osien pesu ja puhdistus valmistuksen jälkeen ei ole kokoonpanotyötä. Likaisia osia ei pidä kuljetta tehtaassa yhtään pakollista enempää, jottei lika tarttuisi jo puhtaisiin kappaleisiin. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

Pieneksi kappaleeksi kokoonpanossa lasketaan osa, jonka pisin dimensio on 6 mm. Tätä pienemmät osat tarvitsevat tartuntatyökalun. Tartuntatyökalu voi yksinkertaisimmillaan olla magneettinen ruuvainkärki. Tartuntavälineestä voi koitua ongelmia, jos pieneen osaan pitää kohdistaa suurta liittämis- tai kokoonpuristamisvoimaa, esimerkiksi pienen lukkorenkaan laitto akseliuraan. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23.)

3.4.6 Osien vähentämisen ongelmat

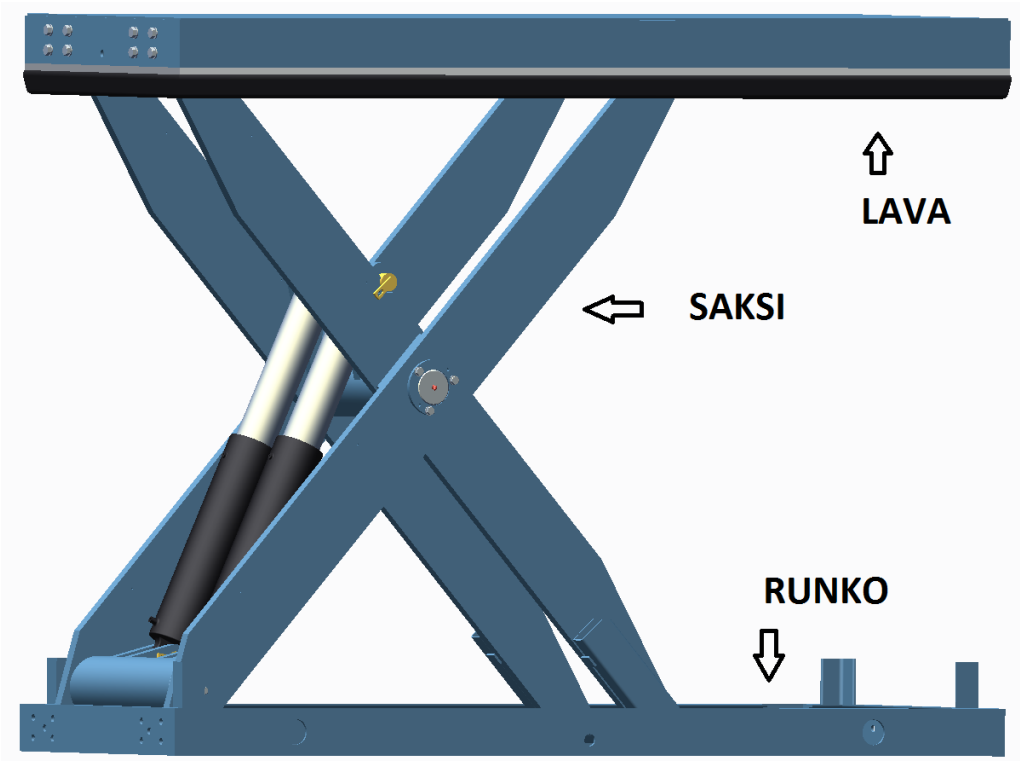
Joskus osien vähentäminen konstruktiosta menee liian pitkälle. Samanaikaisesti pitäisi yhdellä liitososalla kiinnittää kolmekin osaa kohdalleen ja ihmisellä on vain kaksi kättä käytettävissä. Kokoonpanohenkilöiden lisääminenkään ei aina auta, jos

osat ovat pieniä ja sovitteisiin on rajoitettu näkyväisyys. Tulisikin välttää useita samnaikaisia sovitustehtäviä. Tyypillisesti toinen käsi pitää kiinni tai säätää osaa ja toinen suorittaa liitoksen. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 74.)

Puutteellinen näkymä sovitteeseen on myös tyypillinen kokoonpanon ongelma-kohta. Mitä tarkempi sovite, sitä tärkeämpää kokoonpanijan on nähdä osan oikea asento sovitteessa, muutoin kokoonpanoliikkeestä tulee määrittelemätön. Osan ul-kopintaan kannattaa toteuttaa yksinkertaisia apuneuvoja, joilla varmistetaan, että osa tulee kokoonpanoon oikeinpäin ja hakeutuu luontaisesti oikeaan paikkaan konstruktiossa. Helpoimpia apuneuvoja ovat ohjaustapit, sokat, olakkeet, viisteet ja reiät. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 75.)

4 NOSTOLAVAT

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli keskittyä DFMA-diagnoosiin kahden Rautella valmistuksessa olevan nostolavamallin osalta. Diagnoosivaiheessa tutustuin jo valmistuksessa oleviin tuotteisiin ja niiden valmistusympäristöön. Vertailin tuotteita valmistettavuuden kannalta tutkimalla niiden rakennetta kuvien ja osaluetteloiden perusteella. Tutkimuksessa vertailin rakenteita runko-, lava- ja saksirakenteiden kesken. Näin pyrin saamaan selville, miten nostolavat oli suunniteltu valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden kannalta. Tutustuin myös muiden valmistajien vastaaviin laitteisiin ja niiden rakenteisiin ja vertailin niitä Rauten tuotteisiin. Kuvassa 1 on esitelty nostolavan rakenne kolmen pääkohdan osalta, joiden kohdalta niitä tässä opinnäytetyössä käsitellään.



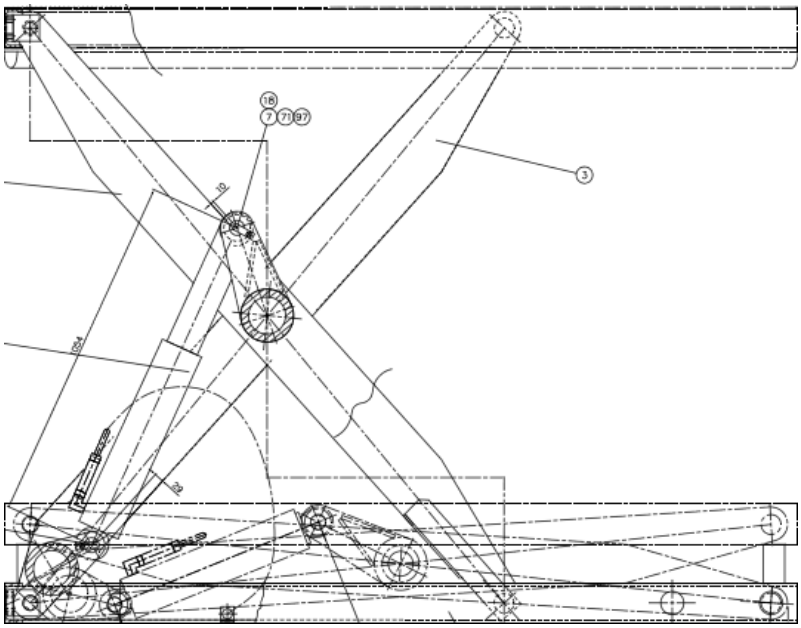
KUVA 1. Nostolavan rakenne

4.1 Nostolava nro 1 vanha vakio

Rauten vanhempi nostolava malli, jota on aikaisemmin valmistettu Lahdentehtaalla ja nykyisin Rauten Kiinantehtaalla Shanghaissa. Aloitin nostolavan tutkimisen tutustumalla piirustuksiin ja osaluetteloon. Osaluettelosta selvitin osien kokonaislukumäärän, kiinitysosien lukumäärän (ruuvit, aluslevyt) ja nimikkeiden määrän (taulukko 1). Näitä lukemia tarvitaan, kun rakennetta aletaan tarkastella valmistettavuuden ja kokoonpanon kannalta DFMA-menetelmällä.

TAULUKKO 1. Osien lukumäärät nostolamalleittain

Nostolava malli	Osien lukumäärä	Nimikkeiden lukumäärä	Kiinnitysosien lukumäärä	Paino(kg)	Kiinitysosat	sähköä ja hydr.osat
Raute vanha malli	166	100	94	790	94	52
Kanadan malli	131	112	23		23	



KUVA 2. Vanha vakio

Kuvista kävi selville, että tässä nostolavamallissa on aika paljon osia. Lavan kokoonpanossa sekä saksien yhdyspalkkirakenteissa on myös paljon käsityövaiheita, kuten hitsausta, sahausta, porausta ja polttoleikkausta. Kaikki lavan osat, lukuun ottamatta hydrauliikka ja sähkö osia on valmistettu itse ja valmisosia ei kiinntysosia lukuun ottamatta ole käytetty.

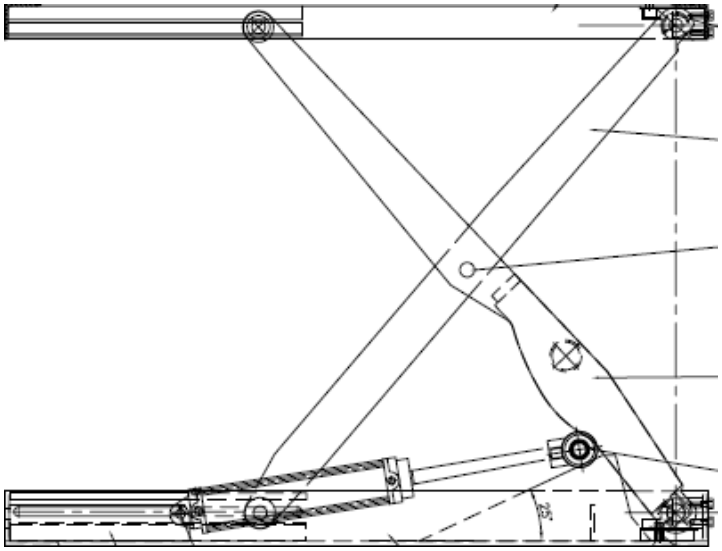
Nostolavarakenteen kokonaisosien määrä (poislukien sähkö- ja hydraulikkaosat) oli 166 kpl. Kokonaiskokoonpanoaika tälle nostolavalle oli yhden tutkimani tilauksen kohdalla 37,5 tuntia. Näillä arvoilla laskettaessa kokoonpantavuusindeksi Bootroydin ja Dewhurstin kaavalla oli (kaava 1).

$$\mu_{kokoonpantavuus} = \frac{100\text{X}166\text{x}3}{37{,}5\text{x}60\text{x}60} = 0{,}37$$

Bootroydin ja Dewhurstin kokoonpantavuusindeksin kaava on tarkoitettu kevyempää kokoonpanoa varten, mutta se antaa kuitenkin vetailuarvon toiseen nostolavamalliin. Kokoonpantavuusindeksin arvo vaihtelee normaalisti 10:n ja 30:n välillä.

4.2 Nostolava nro 2 Kanadan vakio

Toinen tutkittava nostolavamalli oli uudempi malli Kanadan vakio. Tämä nostolavamalli on itse nostomekanismin ratkaisulta täysin erilainen kuin vanha vakio. Kokonais osien määrä tässä mallissa oli 131, siis jonkin verran vähemmän kuin vanhassa vakiossa.



KUVA 3. Kanadan vakio

Tässäkin mallissa on kokoonpanossa paljon käsityötä ja valmistuksen puolella osien valmistusta, koska kaikki osat tässäkin tuotteessa valmistetaan itse. Nostomekanismin takia saksien valmistuksessa on enemmän työvaiheita, kuten liekkikarkaisua ja hiontaa. Nostomekanismin takia tulee saksien olla toisiinsa nähden samantasoisia, jotta nostin nousee suorassa. Tämän takia hionnat on suoritettava pareittain. Karkaisulla saadaan saksien pintaan kulutusta kestävä pinta rullien liikuttaessa niitä.

Myös saksien liikkuvien päiden kiskorakenteet olivat aika monimutkaisia ja paljon hitsauskokoonpanoa sisältäviä. Hydrauliikka sylinterin päässä oleva rullakokoonpano, joka aikaansaa nostoliikkeen, oli myös kokoonpanoltaan monimutkainen ja paljon osia sisältävä. Laskettaessa koko nostolavalle kokoonpantavuusindeksi tulokseksi tuli:

$$\mu_{kokoonpantavuus} = \frac{100\text{x}131\text{x}3}{32\text{x}60\text{x}60} = 0{,}34$$

4.3 Nostolavamallien vertailu

Nostolavamallien rakenteen vertailussa kokoonpantavuusindeksin avulla osien kokonais määrän mukaan ei kovin suurta eroa ole. Liittessä 1. on tehty DFA-

toolohjelmaa käyttäen analyysit saksien saranatappiliitoksista. Tässä kokoonpanojen kokoonpantavuusindeksit ovat jo selkeästi erilaiset kanadan vakiolla 48,84 ja vanhalla vakiolla 34,27. Ihanteellinen kokoonpantavuusindeksin arvo on 100. Tällloin tuotteessa ei olisi turhia osia eikä turhaa kokoonpanotyötä. Vanhan vakion huonompi tulos johtuu suuremmasta kokonaisosien määrästä ja suuremmasta kiinitysosien määrästä. Vanhan vakion saranatapissa on vielä hitsaamalla kiinitettävä kaulus, jota ei tässä kokoonpanossa otettu huomioon, mutta joka lisää yhden hitsaustyövaiheen valmistukseen.

Isommista kokoonpanoista ei analyysiä DFA-toolohjelmalla voinut tehdä, koska käytössä olleessa kokeiluversiossa oli osien määrä rajattu 30 kappaleeseen. Muutenkin kokonaisen nostolava rakenteen osa-osalta syöttäminen ohjelmaan olisi aikaa vievä työ ja vaatisi itse kokoonpanotyön seuraamista paikanpäällä, jotta oikea kokoonpanojärjestys saataisiin syötettyä ohjelmaan.

Nostoteknisesti mallit eroavat toisistaan paljonkin. Molemmissa nostoliikkeen aikaan saava hydrauliikasylinteri on sijoitettu aivan erilailla. Vahassa vakiossa nostoliike saadaan aikaan saksien väilille kiinnitetyllä hydrauliikkasylinterillä ja kanadan vakiossa nostoliike saadaan aikaan toisen saksen ja rungossa olevan kiilarakenteen väliin kohdistetulla hydrauliikkasylinterin päässä olevan rullakokoonpanon avulla. Seuraavissa luvuissa käyn läpi nostolavoja kolmen päärakenteensa osalta: runko, lava, saksi.

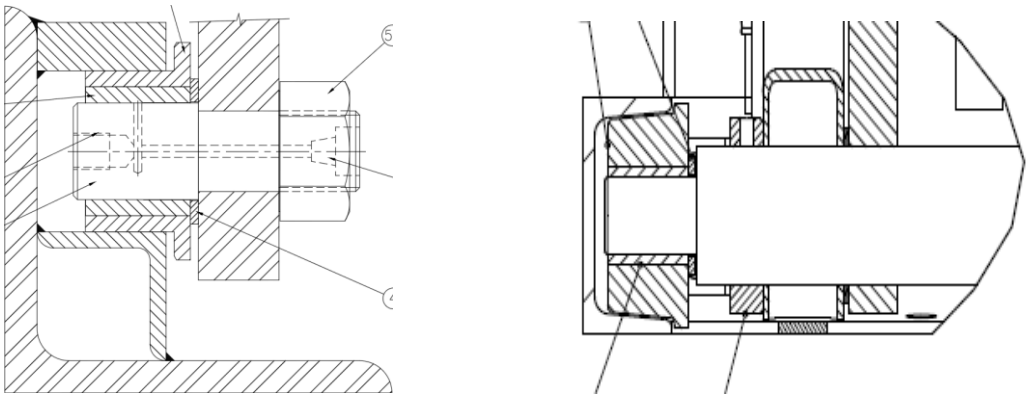
4.3.1 Nostolavan runko (bottom frame) ja lava (top frame)

Vanhassa vakiossa rungon kehys on U-palkkia ja toimii samalla saksen liikkuvan pään kulkurullan "kiskona". Kulkurulla liikkuu palkin U-piirteen sisällä, eikä erillistä kiskorakennetta tarvita. Lava on toteutettu samalla rakenteella ja saksen ylempi kulkurulla kulkee U-piirteen sisällä niin kuin rungossakin.

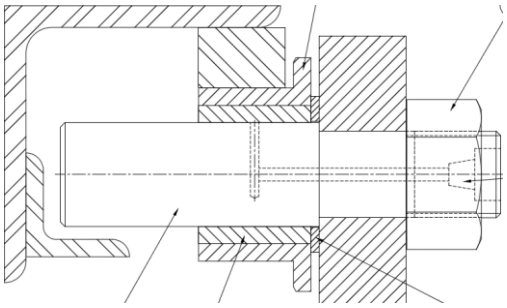
Kanadan vakiossa rungon kehys on L-palkkia ja kulkurullalle on hitsaamalla kasattu kulku-ura liikematkalleen suorakaide tangosta ja pienemmästä L-palkista. Lavassa (top frame) on samankaltainen rakenne kulku-urarakenne kuin rungossakin (kuva 4). Tämä lisää hitsauskokoonpano aikaa ja osien mittaan sahaamista

valmisteluvaiheessa. Ottaen huomioon, että hitsauksessa piilee aina potentiaalinen laaturiski, on tässä monta kohdetta sellaiselle.

Tämä osa rakenteessa on toteutettu vanhassa vakiossa vähemmillä osilla ja on nopeampi kokoonpanonkin kannalta. Kiskorakenne saadaan suoraan U-palkista, eikä ylimääräisiä hitsattavia rakenteita tarvitse lisätä.



KUVA 4. Alemmat kisko-ja rullarakenteet (vasen Kanadan vakio ja oikea vanha vakio)

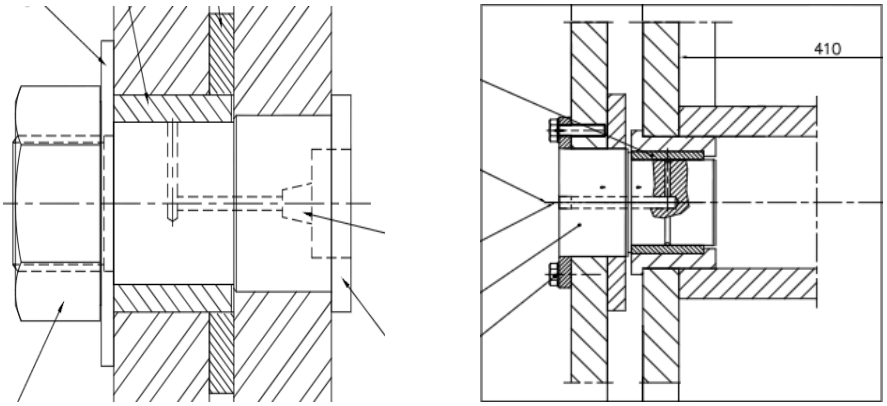


KUVA 5. Ylenpi kisko-ja rullarakenne Kanadan vakio

4.3.2 Saksen rakenne

Molempien nostolavojen sakset on polttoleikkaamalla leikattu teräslevystä. Levyjen paksuudet ovat vanhassa vakiossa 30 mm ja Kanadan vakio 32 mm (Kanadan vakiossa mitat tuumina). Kanadan vakiossa sakset liekkikarkaistaan, oikaistaan ja hiotaan pareittain, mistä johtuen nostomekanismista. Nostoliike Kanadan vakiossa saadaan aikaan työntöliikkeellä suoraan saksen alapinnan ja alustassa olevan kiilarakenteen väliin. Tästä johtuen sakset on karkaistava ja sen jälkeen hiottava pareittain samansuuntaisiksi, jotta nostoliike olisi tasainen. Saksen pinnnan karkaisu antaa kulutuskestävyyttä saksen alapinnalle, joka on nostoliikkeen tekevää rullakokoonpanoa vasten. Myös kulkurullat pintakarkaistaan samasta syystä.

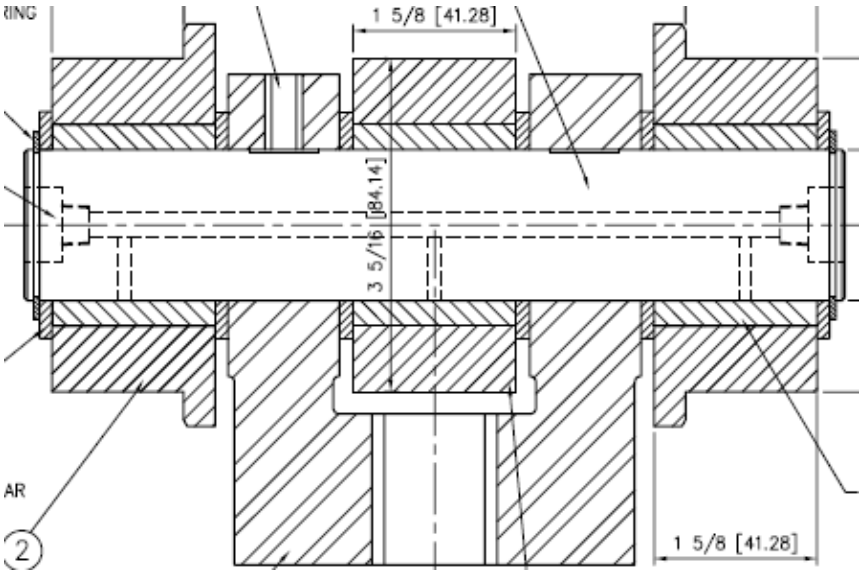
Saranarakenne Kanadan vakiossa on toteutettu yksinkertaisella saranatappirakenteella, kun taas vanhassa vakiossa on keskiholkkirakenne, joka liittyy hydrauliikkasylinterin toisen pään kiinnitystä varten olevaan yhdyspalkkirakenteeseen. Tämän osan monimutkaisempi rakenne vanhassa vakiossa johtuu nostimien erilaisesta nostoliikkeen toteutuksesta. Nämä kaksi rakennetta olisi mielestäni yhdistettävissä toteuttamalla Kanadan mallin saranatappiliitos ja vanhan vakion tyylinen hydrauliikkasylinterin ylempi kiinnitys. Tämäntyylisiä ratkaisuja on käytössä muiden valmistajien nostolavoissa.



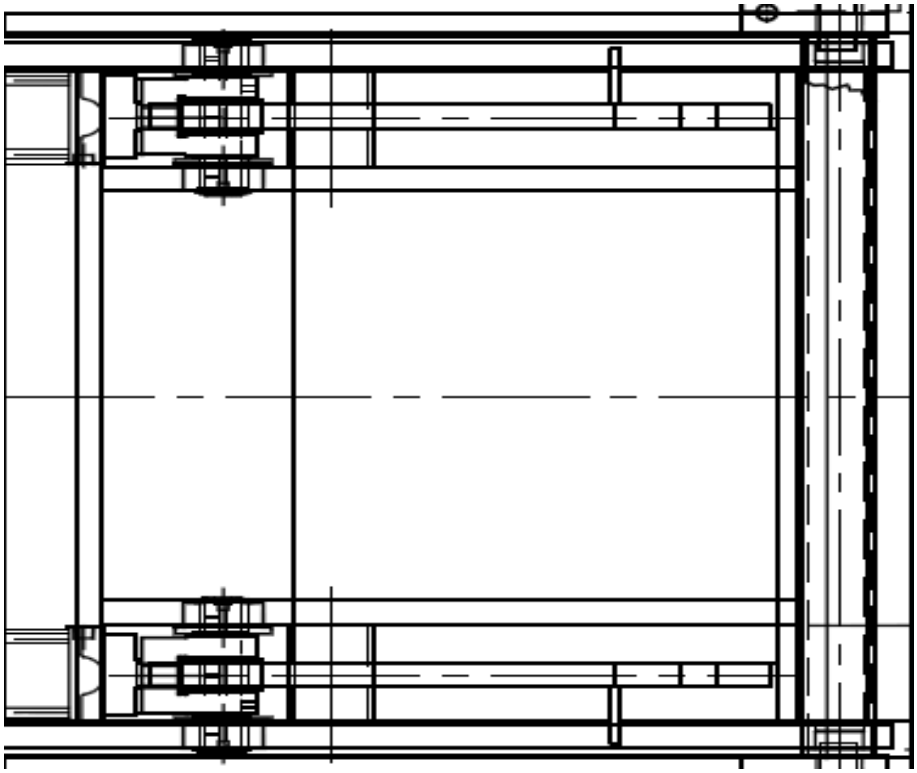
KUVA 6. Kadan vakion (vasen) ja vanhan vakion (oikea) saranatappiliitokset

Kulkurullat on molemmissa samalla rullaliukulaakeri periaattella toteutettu. Erilainen kiskojen ja akselin toteutus tekee niistä vain erimalliset, kuten kuvista 3 ja 4 voidaan havaita. Kanadan vakion kulkurullat pintakarkaistaan ja yläakseli on pidempi kuin ala-akseli, jolla saadaan estettyä lavan kippaaminen. Nämä erilaiset akselit lisäävät nimikkeiden määrää kokoonpanossa kun joudutaan koneistamaan erilaiset akselit ylä- sekä alakulkurullille. Vanhassa vakiossa tämä on toteuttettu samanlaisella akselilla sekä ylhäällä että alhaalla.

Nostomekanismit ovat taas näissä kahdessa tuotteessa niin erilaiset, että niitä ei voi aivan suoraan verrata keskenään. Kanadan vakioon tulee hydrauliikkasylinterin päähän monimutkainen ja paljon osia sisältävä rullakokoonpano (kuva 6) ja sisemmällä saksikehällä on sisemmät sakset alaosassa alueella, jossa nostoliike saadaan aikaiseksi (kuva 7). Tämä lisää osien määrää rakenteessa ja suoraan myös suunnittelu-, valmistus- ja kokoonpanoaikaa. Paljon osia sisältävässä rakenteessa on myös suurempi riski kokoonpanon virheille.

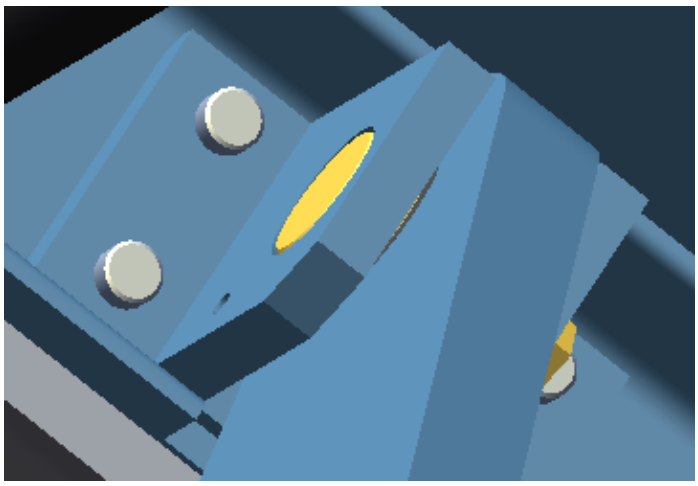


KUVA 7. Kanadan vakion hydrauliikkasylinterin pääsää oleva rullakokoonpano



KUVA 8. Kanadan vakion nostomekanismi

Kanadan vakiossa on lisäksi käytetty valuosia kyseisessä rullakokoonpanossa sekä saksen kiinteän pään liukulaakeripesissä. Nämä tuovat taas valmistukseen yhden työvaiheen lisää, jota ei tietääkseni pystytä itse tuotannossa suorittamaan vaan ne tilataan alihankkijoilta. Liukulaakeripesiä on saatavana suoraan laakerin toimittajilta tai sitten voidaan käyttää yksinkertaisempaa korvakerakennetta, kuten vanhassa vakiossa.

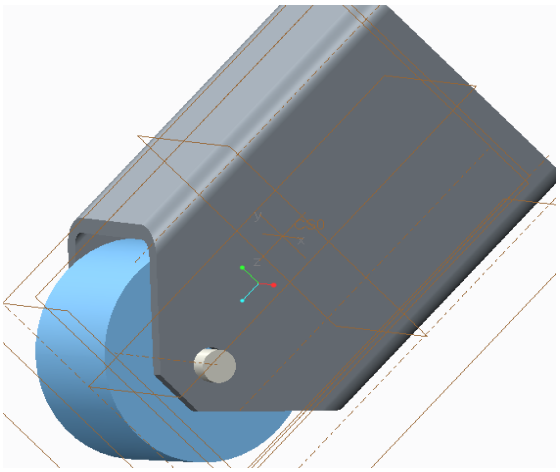


KUVA 9. Saksen kiinteän pään (ylempi) korvake vanhassa vakiossa

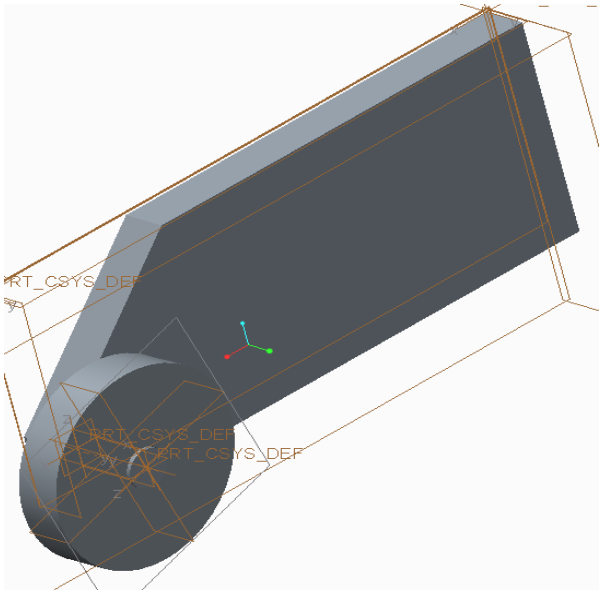
4.3.3 Rakenteiden tarkastelu DFM/ DFA- periaatteen mukaan

Molemmissa tuotteissa lähes kaikki rakenteelliset osat on suunniteltu ja valmistettu itse. Yksi ensimmäisistä keinoista karsia nimikkeiden määrää ja näin vähentää suunnittelu-ja valmistuskuluja on käyttää mahdollisimman paljon valmiita luetteloista tilattavia osia. Anderssonin laki: Älä koskaan suunnittele osaa, jonka voit ostaa luettelon perusteella. Valmiiden osien käyttö myös nopeuttaa koko tuotteen läpimenoaikaa, kun niiden valmistukseen ei kulu aikaa. Valmisosien saatavuus on varmistettava useamman toimittajan osalta, jotta taataan osien saatavuus eikä sitä kautta koidu viiveitä tuotteen valmistukselle.

Kohde, jossa olisi mielestäni mahdollista käyttää valmiita katalogista tilattavia osia, ovat saksien päässä olevat kulkurullat. Nämä voitaisiin korvata kuulalaakereilla tai valmiilla rullilla, jotka voisivat sellaisenaan toimia kulkurullina eikä erillisiä rullia tarvitsisi koneistaa. Kulkukiskona voisi tällöin toimia jokin tasainen alusta, kuten L- kiskosta tehdyn rungon yksi sivu tai muu tasainen alusta. Näin myös kiskorakenteet yksinkertaistuisivat samalla, ainakin Kanadan vakiossa, jossa rakenne koostuu kolmesta eri profiilista hitsaamalla kasatusta kokoonpanosta.



KUVA 10. Kulkurullan ja putkirungon periaatekuva

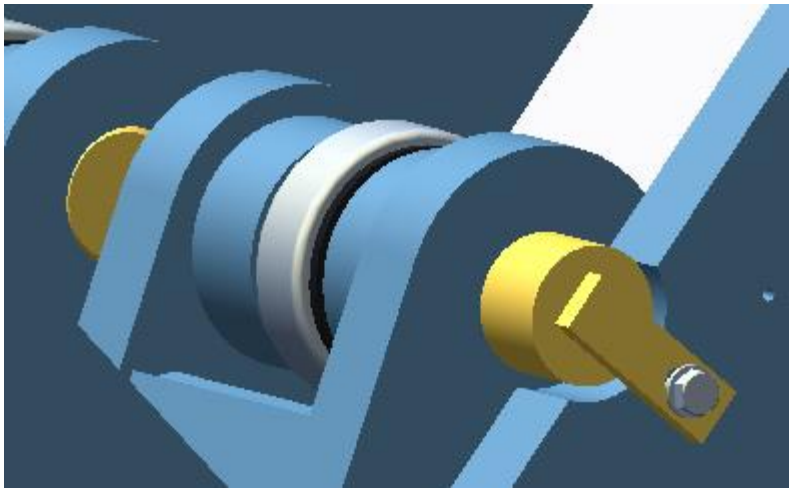


KUVA 11. Kuulalaakeri tai valmisrulla kulkurullana teräslevystä leikatussa saksessa

Rungon rakenteessa voisi miettiä myös valmiiden suorakaideprofiiliputkien käyttöä levystä polttoleikattavien saksien sijaan, että saataisiinko tällä rungon rakennetta kevyemmäksi ja sitä kautta helpotettaisiin valmiin tuotteen liikuttelua ja alennettaisiin lähetyskuluja. Putkirakenteisilla saksilla saadaan myös saksirakenteeseen vakautta sivuttaissuunnassa, johtuen saksien leveämmästä rakenteesta. Olisi hyvä tutkia myös, soveltuuko putkirakenne leikattavaksi tehtaan omalla laserleikkauskoneella, jonka leikkauspaksuus on vain 20 mm ja teräslevystä leikatut sakset ovat 30 mm ja 32 mm paksuja. Putkirunkorakenne mahdollistaisi myös rullien kiinnityksen yksinkertaisella rullan ja rungon läpi menevällä akselirakenteella, joka voitaisiin lukita suoraan lukitusrenkailla molemminpuolin. Tällaisia ratkaisuja on käytössä muilla valmistajilla. Tässä on kuitenkin otettava huomioon tehtaan tuotannossa oleva konekanta ja miettiä, kumpi rakenne soveltuu tuotantoon paremmin, kun tavoitteena on tehdä mahdollisimman paljon osia itse tehtaalla. Myös olosuhteet joihin nostolavat sijoitetaan, tulee ottaa huomioon näitä asioita harkittaessa.

Myös kiinnitysosien lukumäärää voitaisiin vähentää käyttämällä esimerkiksi akselien päissä lukkorengas kiinnityksiä pulttien ja muttereiden sijaan. Kiinitysosien korvaamisessa tai vaihtamisessa on kuitenkin otettava huomioon niiden toimivuus

esimerkiksi huollettavuuden ja käytettävyyden kannalta. Vanhan vakion niveltappi on tällainen kohde, jossa voisi käyttää lukkorengaslukitusta. Siinä säästettäisiin yksi hitsaustyövaihe valmistuksessa ja saataisiin kuusi ruuvikiinniitystä pois rakenteesta. Tapin toiseen päähän voisi sorvata olakkeen, joka estäisi tapin liikkeen toisesta suunnasta. Sen sorvaaminen ei juuri vaikuta tapin valmistusaikaan.



KUVA 12. Vanhan vakion niveltappi

Hydrauliikkaputkitusten ja hydrauliikan öljymäärän sekä voiman tuoton kanssa on reklamaatioiden mukaan ollut ongelmia asennuksien yhteydessä. Putkituksia tuntuisi olevan aika paljon, kun koneikot sijaitsevat kauempana nostolavasta ja niillä tuotetaan käyttövoima useampaan kohteeseen.

Vaihtoehtona hydrauliikkakoneikolle on joillain valmistajilla käytössä kuularuuvivetoinen sähkömoottorikäyttö. Tämän etuina on, että sitä voidaan ohjata samalla logiikalla tai muulla ohjausjärjestelmällä suoraan sähköisesti kuin esimerkiksi nostolvan päällä olevaa ketju kuljetinta. Kuularuuvi antaa myös tarkan paikoituksen nostolavan asennoille ja kuularuuvirakenteensa ansiosta se pystyy pitäämään sijaintinsa hyvin. Nosto- sekä laskunopeudet saadaan helposti säädettyä juuri halutunlaisiksi. Sähkömoottorikäytöllä päästään myös eroon mahdollisista öljyvuodoista letkurikon tai muun vuodon yhteydessä. Sähkömoottorikäyttö voidaan toteuttaa myös hihnavetoisena.

Kokoonpanon kannalta rakenne on hieman hankala tällä hetkellä toteuttaa suoraan DFA-ohjeiden mukaan. Rakenteessa on osia, jotka ovat liian raskaita käsin kokoonpanoon asetettuihin painorajoihin nähden. Erillisiä nostimia tarvitsee käyttää kokoonpanossa apuna eikä rakenteessa ole selkeää runko rakennetta jonka varassa kokoonpanoa suorittaa. Jonkunlaisia asennustukia on käytettävä kokoonpanon aikana varsinkin saksien kasauksessa. Tämä tietysti arvioituna kuvissa olevien mittojen ja kappaleiden painotietojen perusteella, kun itse tuotantoon ei ole ollut mahdollista tutustua. DFA-ohjeen mukaista kokoonpanosuunnan keskittämistä pelkästään alaspäin suuntautuvaan kokoonpanoon tuntuisi olevan vaikea toteuttaa näissä nosolava rakenteissa. Liitteessä 2 on listattu työvaiheita nostolavoittain kolmen päärakenteen kesken arvioituna kuvien ja osaluetteloiden perusteella.

Rungon ja lavan osalta työvaiheet ovat melkein samat. Erillisen kulkukiskon rakentaminen Kanadan vakiossa lisää työvaiheita sahaukseen ja hitsauskokoonpanoon verratuna vanhaan vakioon.

Saksi rakenteen osalta Kanadan vakiossa on aikaa vieviä työvaiheita saksien karkaisun, oikaisun ja hionnan osalta. Nostotekniikasta johtuen hionnat ja poraukset on suoritettava pareittain, jotta sakset olisivat samantasoisia. Vanhassa vakiossa taas on paljon hitsauskokoonpanoa yhdyspalkkirakenteissa.

Rakenteen yksinkertaistaminen vaikuttaa kustannusten laskemisen lisäksi myös laitteen ulkonäköön, huollettavuuteen ja kestävyyteen. Osien määrän vähentämisellä ja tuotteen rakenteen yksinkertaistamisella sekä valmiiden osto- osien käytöllä saadaan myös kokoonpanon läpimenoaikaa pienennettyä.

Verrattaessa tuotantoaikoja näiden kahden nostolavamallin kesken, olivat tuotantoajat hyvin lähellä toisiaan. Vanhan vakion valmistuksessa kului 5,5 tuntia enemmän aikaa. Tuotantokustannuksiltaan vanha vakio oli 14 % kalliimpi. Materiaalikustannukset vanhassa vakiossa olivat tutkimieni kahden toteutuneen kaupan perusteella noin 24 % suuremmat.

Suoraan DFMA-menetelmää ja DFA-toolohjelmaa ei tällä hetkellä voi täysin soveltaa näin isojen kokoonpanojen suunnittelussa. DFA-toolohjelmasta on kuitenkin kehitteillä konepajoille soveltuva isommille kokoonpanoille tarkoitettu versio,

joka olisi jo hyvä ja havainnollinen työkalu mietittäessä tuotetta ja sen rakennetta ennen kuin päädytään suunnittelemaan lopullista versiota.

Menetelmän perusajatuksena oleva tuotannon automatisointiin tähtäävä suunnittelu ei ole tässä tapauksessa vielä järkevää tuotantomäärien ollessa kuitenkin sen verran pieniä. DFMA-menetelmä antaa kuitenkin hyviä apukeinoja kehittää tuotetta jo suunnitteluvaiheessa, jotta turhilta työvaiheilta vältyttäisiin tuotteen loppukokoonpanossa ja suunnittelu vaiheessakin vältyttäisiin turhien osien suunnittelulta ja myöhemmin niiden valmistamiselta, varastoimiselta ja tilaamiselta.

Myös vanhemmissa malleissa olleiden rakenteellisten ongelmakohtien läpikäyminen (reklamaatiot) jo suunnitteluvaiheessa ja niiden korjaaminen tulevaan uuteen malliin luo säästöjä tulevaisuudessa ja tekee tuotteesta laadukkaamman ja luotettavamman.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Rute Oyj:n nostolavatuotteita valmistettavuuden ja kokoonpanon kannalta. Tuloksia tullaan käyttämään pohjatietona uuden nostolavamallin suunnittelussa.

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli haastava ja mielenkiintoinen projekti. Suurin työ oli kuvien ja osaluetteloiden perusteella selvittää nostolavojen rakennetta ja pohtia työvaiheita, joita tuotteiden valmistukseen ja kokoonpanoon liittyy. Kun teroriapohja, jonka mukaan rakenteita alettiin arvioida, löytyi rakenteista mielestäni selviä kehityskohteita, joita voidaan ottaa huomioon uutta nostolavamallia suunniteltaessa.

Mielestäni DFMA-menetelmä antaa hyviä apukeinoja lähteä suunnittelemaan uutta nostolava mallia. Olisi hyvä päättää jo suunnittelun alkuvaiheessa, millä tekniikalla uusi malli toteutetaan, pysytäänkö hydraulisessa nostolavassa vai olisiko järkevää siirtyä sähkömoottorikäyttöiseen kuularuuvirakenteeseen tai hihnavetoiseen nostolavamalliin, käytetäänkö valmisosia vai valmistetaanko osat itse tai saataisiinko suorakaideputkirakenteella tuotetetta kevyemmäksi. Punnitsemalla eri vaihtoehtoja löydetään juuri oikea tekniikka yrityksen tarpeisiin.

Jos uuden nostolavan suunnittelua lähestytään pelkästään vanhojen nostolamallien rakenteeseen tehtävien muutosten ja osien vähentämisen kannalta, kuten tässä opinnäytetyössä on tehty, ei välttämättä päästä vielä parhaaseen lopputulokseen. Riipumatta mistä DFM- idea on lähtöisin, on asiaa punnittava jokaisen osa-alueen kannalta ja valittava paras mahdollinen vaihtoehto yrityksen tarpeisiin

Tuotteen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon myös tuotannossa olevat tuotankoneet ja pohjata uusi suunnitelma sen mukaan minkälaisia tuotantomenetelmiä on käytössä. Tavoitteena kuitenkin on tulevaisuudessa valmistaa vaikka koko tuote omalla tehtaalla tarvittaessa. Osto-osien käyttäminen olisi tietyissä osissa kuitenkin järkevää, kuten laakerit tai valmiit rullat kulkurullina, jotta voitaisiin keskittyä aikaavievempiin työvaiheisiin eikä tarvitsisi käyttää aikaa turhaan osien, joita muutenkin on saatavilla valmistukseen.

Kokoonpanon kannalta rakenteiden suunnittelu mahdollisimman yksinkertaiseksi, lyhentää läpimenoaikaa ja nopeuttaa tuotteen toimittamista asiakkaalle.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin vasta ensimmäiseen valmistettavuuden seitsemästä askeleesta, diagnoosiin. Diagnoosissa tutustutaan nykyisiin tuotteisiin ja tuotteen valmistusympäristöön. Opinnäytetyö on tehty tutustumalla näiden kahden nostolavamallin piirustuksiin ja osaluetteloihin ja tulkitsemalla niitä DFMA-menetelmän teorian pohjalta. Itse tuotantoon ja kokoonpanoon ei ole ollut mahdollista tutustua ja näin itse diagnoosi perustuu kuvien mukaan tehtyihin olettamuksiin.

Myös kilpailijoiden tuotteisiin tutustuminen perustuu internetistä löytyviin tuoteesitteisiin eikä kovin yksityiskohtaista tietoa niistä ollut saatavilla. Niistä näkee kuitenkin tekniikat, joilla ne on toteutettu, ja olisi hyvä punnita, onko muilla valmistajilla käytössä tekniikoita, joita voisi hyödyntää ja edelleen kehittää uutta mallia suunniteltaessa.

LÄHTEET

Lempiäinen, J & Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu - puoliksi valmistettu. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys Ry

Eskelinen, H. 2012. Kokoonpanon kehittäminen ja DFMA. Tuotantotekniikan eoj. Luento 12.03.2012.

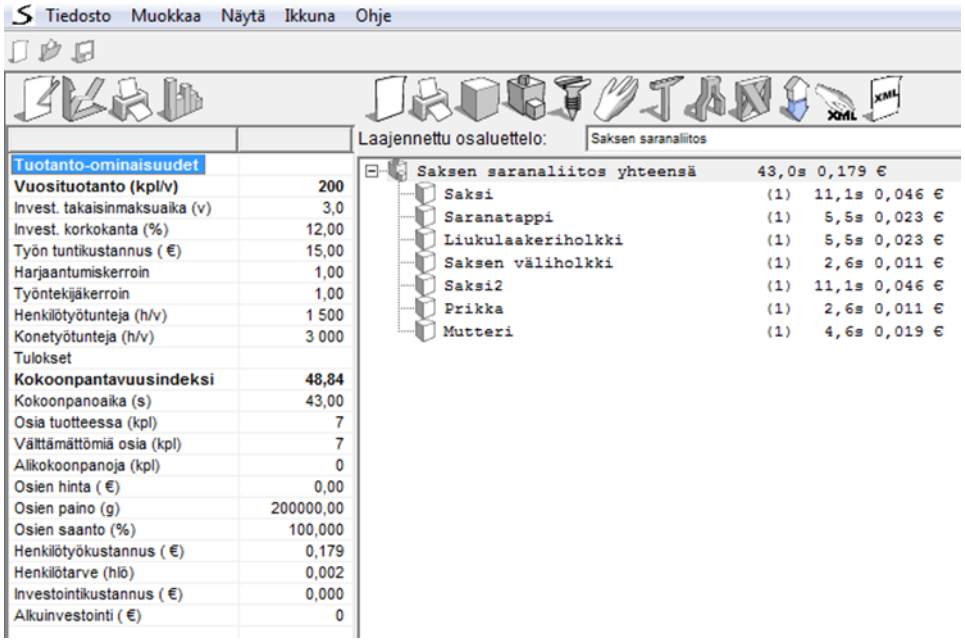
Huhtala, P. & Pulkkinen, A. 2009. Tuotettavuuden kehittäminen. Tampere: Teknologia teollisuus.

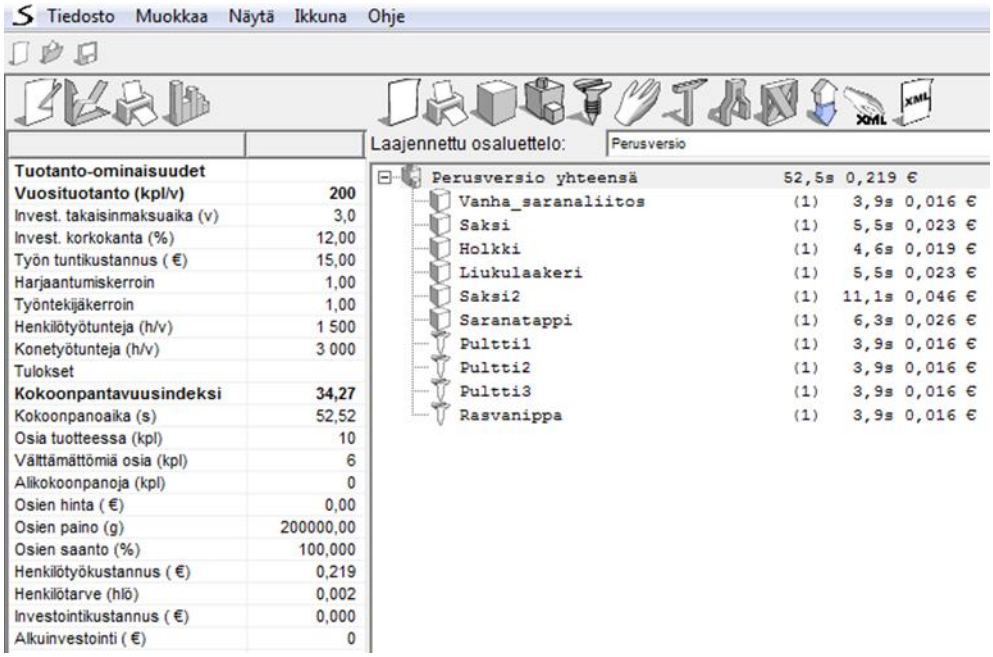
Raute.2015. Tietoa rautesta. [viitattu12.01.2015].

http://www.raute.fi/fi/tietoa-rautesta

LIITTEET

Liite 1. Saranatappiliitosten arviointia DFA-tool ohjelmalla





Liite 2 Nostolavojen vertailua osien lukumäärän ja eri työvaiheiden listaus rakenteittain

	Vanha vakio	Kanadan vakio
Osien lukumäärä	166	131
Nimikkeiden lukumäärä	100	112
Kiinitysosien lukumäärä	94	23
Paino kg	790	
Työvaiheet runko	1. Osien sahaus määrämittoihin	1. Osien sahaus määrämittoihin
	U- tanko, kulmatanko, lattatanko	L- tanko, lattatanko
	2. U- tankoihin porattavat reiät	2. Polttoleikattavat kiila levyt
	3. Kokoonpano hitsaamalla	3. Koneistus(poraus, hionta)
	4. Hitsaus saumat hiottava	4. kokoonpano hitsaamalla
	5. Saksen kiinteän pään liukulaakeri pesät	runko ja kulkurullas kiskot
		5. Hitsaus saumat hiottava
		6. Saksen kiinteän pään liukulaakeri pesät
		7. hydrauliika liitynnän kiinnitys hitsaamalla
Työvaiheet lava	1. Osien sahaus määrämittoihin	1. Osien sahaus määrämittoihin
	U- tanko, Lattatanko	L- tanko, lattatanko
	2. Polttoleikattava levy	2. L- tankoihin porattavat reiät
	3. U- tankoihin porattavat reiät	3. Kokoonpano hitsaamalla
	4. Kokoonpano hitsaamalla	Runko ja kulkurullien kiskot
	5. Hitsaus saumat hiottava	4. Hitsaus saumat hiottava
	6. Saksen kiinteän pään liukulaakeri pesät	5. Saksen kiinteän pään liukulaakeri pesät
Työvaiheet saksi	1. Polttoleikkaus	1. Polttoleikkaus
(sisä ja ulko)	Sisä- ja ulkosaksiprofiilit (levy)	Saksiprofiilit
	Yhdyspalkkien osat (sisä ja ulko saksikehä)	2. Karkaisu
	Keskiakseli (levy)	Kulkurullien pintakarkaisu
	2. Sahaus	Saksiprofiilien liekkikarkaisu
	Yhdyspalkkien ainesputket	3. Sahaus
	Rajoitin(suorakaideputki)	Suorakaideputki(saksen kokoonpan)
	Akseli (saksikehien liikkuva pää)	Pyöreäputki (saksen kokoonpan)
	Korvake(lattatanko)	Kulkurullat(pyörötanko)
	Niveltappi (lattatanko, pyörötanko)	Akselitapit
	Kulkupyörä (pyörötanko)	4. Koneistus
	3. Koneistus	Saksiprofiilien työstö ja hionta pareittain
	Akseli (saksikehien liikkuva pää)	poraukset pareittain
	Porattavat reiät (sakset, yhdyspalkki osat)	Akselitapit
	Keskiholkki	Kulkurullat
	Liukulaakerit	messinkiset liukulaakerit
	Niveltappi (pyörötanko)	5. Valuosat
	Kulkurulla	Cross head clevis
	Keskiakseli (pyörötanko)	Liukulaakeri pesät
	4. Hitsaus	6: hitsaus
	Yhdyspalkkien kokoonpano	päänostosaksen kokoonpano(sisäsakset)
	Yhdyspalkkien liittäminen saksiin	toisiosaksen kasaus
	Niveltappien kokoonpano	7. Manuaalinen kokoonpano
	Keskiakselin kokoonpano	Saranatappiliitos saksien keskelle
	Korvakkeiden kokoonpano	Akselitapit
	5. Manuaalinen kokoonpano	Kulkurullien kokoonpano
	Kulkurullat ja niiden akselit	
	Keskiakselin kokoonpano	
Lopullinen kasaus	Saksen kiinnittäminen lavaan ja runkoon	Saksen kiinnittäminen lavaan ja runkoon
	Hydrauliikkasylintereiden kiinnitys	Hydauliikkasylintereiden päähän tulevan rullakokoonpanon
	Hydrauliikka putkitukset	kasaus
	Rasvanipat	Hydrauliikkasylinterin kiinitys
	Nauhakytkin (lavan alareuna)	Hydarauliikka putkitukset