



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# RULLAMUOVAUSKONEEN RUNGON MODULOINTI

TEKIJÄ: Pasi Tuononen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Pasi Tuononen	
Työn nimi Rullamuovauskoneen rungon modulointi	
Päiväys 21.4.2014	Sivumäärä/Liitteet 36 + 6
Ohjaaja Lehtori DI Anssi Suhonen	
Toimeksiantaja Rollsteel-Machine OY	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Rollsteel-Machinen toimeksiannosta. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää uusi, helposti muunneltavissa oleva runkomalli, jota voitaisiin hyödyntää mahdollisimman monentyyppisessä tuotantolinjassa. Muina tavoitteina oli lyhentää rungon läpimenoaikaa 50 % kustannuksia nostamatta sekä kehittää tuotetiedon hallintaa ja osien nimeämistä. Työ toteutettiin Rollsteel-Machinen tiloissa yrityksen laitteistoja ja ohjelmistoja apuna käyttäen.</p> <p>Työ aloitettiin selvittämällä vanhan runkotyyppin läpimenoaika, osien ja nimikkeiden määrä sekä laatuprosentti. Samalla kartoitettiin kaikkien valmistettujen runkojen pituus ja leveys. Tietoja kerättiin haastattelemalla henkilöstöä sekä tutkimalla yrityksen aikaisemmin toimittamia rullamuovauslinjoja. Tutkimuksessa selvisi, että suurimmat syyt läpimenoaikojen viivästymiseen olivat osien laatu, valmistuskuvien puutteellisuus ja käsintehtyjen osien suuri määrä. Todettiin, että parhaiten tavoitteisiin päästäisiin nykyaikaistamalla rungon valmistusmenetelmät ja vähentämällä kokoonpanossa käytettävien nimikkeiden ja osien määrää. Samalla päätettiin uudistaa myös runkoon liitettävät varusteet ja niille tehtiin rajapinnat.</p> <p>Työn tuloksena syntyi uusi runkorakenne, joka on helposti konfiguroitavissa kolmelle eri leveydelle. Rungosta valmistettiin prototyyppi, jonka läpimenoaika lyheni 75 % ja laatu parani 105 %. Runko on varusteltavissa asiakkaan toiveiden mukaisesti ilman muutoksia.</p>	
Avainsanat rullamuovaus, modulointi, läpimenoaika, massaräätälöinti	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Pasi Tuononen			
Title of Thesis Modularization of a Rollforming Machine Frame			
Date	21 April, 2014	Pages/Appendices	36 + 6
Supervisor Mr Anssi Suhonen, Lecturer DI			
Client Organisation /Partners Rollsteel-Machine OY			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Rollsteel-Machine Oy. The aim of this final project was to develop a new configurable modularized frame, which the company could use in different types of production lines. The other objectives were to cut down the frame turnaround time by 50 per cent without any additional costs and to develop production data management and the way of naming the parts. The work was carried out in Rollsteel-Machine's premises using the machining equipment and software at the company.</p> <p>The study was started by finding out the previously used frame turnaround time, by stating the quantity of parts and items in a frame and by finding out the quality level of a frame. Information was collected by interviewing personnel and studying some of the previously delivered production lines. It was found out that the main reasons for the delays in turnaround times were poor quality of parts, imperfected drawings and a large number of hand-made parts. It was found out that the best ways to achieve the objectives were to modernize part manufacturing processes and to reduce the amount of parts and items. While designing a new frame, it was decided to update all accessories and their related interfaces.</p> <p>As a result of this study a new modularized frame concept was developed, which is very easy to configure to three different frame widths. A prototype of the frame was made and it shortened lead time by 75 per cent and the quality was improved by 105 per cent. The frame can be tailored to meet the customers' needs without any changes.</p>			
Keywords rollforming, modularization, turnaround time, mass customization			
public			

## ESIPUHE

Haluan kiittää perhettäni tuesta ja kannustamisesta, Rollsteel-Machine Oy:n toimitusjohtaja Tuomo Niskasta tämän työn mahdollistamisesta, lehtori Anssi Suhosta työn ohjauksesta ja kaikkia muita, jotka auttoivat tämän opinnäytetyön valmiiksi saattamisessa.

Rollsteel-Machinen henkilökuntaa haluan kiittää positiivisesta asenteesta ja tuesta, jota sain työn edetessä.

Kuopiossa 21.04.2014

Pasi Tuononen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	TYÖN TAUSTAT .....	7
2.1	Rullamuovaus.....	7
2.1.1	Rollsteel-Machine Oy.....	8
2.1.2	Kilpailu alalla .....	9
2.2	Modulointi ja massaräätälöinti .....	10
2.3	Tuotekehitys ja konfigurointi .....	12
2.4	Valmistuskustannusten hallinta.....	13
3	RUNKORAKENTEEN VALINTA.....	16
3.1	Kehitettävä runkomalli .....	17
3.2	Rakenteen käytännön vaatimukset.....	20
3.3	Rakenteiden vertailua .....	21
3.4	Uusi runko .....	22
4	SUUNNITTELU.....	24
4.1	Runkorakenne.....	26
4.2	Varustelun rajapinnat.....	28
5	VALMISTUS .....	30
5.1	Laserleikkaus.....	30
5.2	Kokoonpano .....	31
6	YHTEENVETO .....	34
	LÄHTEET .....	37
	LIITE 1: RUNGON KOKOONPANOKUVAT.....	38
	LIITE 2: VAATIMUSLUETTELO .....	40
	LIITE 3: PROJEKTIAIKATAULU.....	42

## 1 JOHDANTO

Rollsteel-Machine Oy on kuopiolainen ohutlevynmuovauskoneita valmistava pk-yritys, jonka toimeksiannosta tämä työ sai alkunsa. Nykyinen katelevyjen muovaukseen tarkoitettujen rullamuovauskoneiden tuoteperhe, jota yritys valmistaa, on osittain hajainen ja rakenteet periytyvät suurelta osin 70-luvulta. Työn tavoitteena on kehittää, mallintaa ja valmistaa rullamuovauskoneen runko, jossa toteutuisi mahdollisimman hyvin modulaarinen ajattelu sekä nykyaikaiset valmistusmenetelmät. Työtä aloittaessa oli tarkoitus sisällyttää siihen myös kaikki varustemoduulit, joita runkoon mahdollisesti tulee, mutta ne jätettiin pois ja keskityttiin kaiken perustaan eli runkoon. Muut moduulit esisuunnitellaan työn ohessa ja valmistetaan prototyypirungon valmistuttua.

Suunnittelutyö aloitetaan laatimalla projektisuunnitelma, vaatimusluettelo ja tutkimalla, mitkä seikat vaikuttavat eniten valmistuksessa kohdattuihin ongelmiin. Yksi suurimmista haasteista kannattavuuden parantamiseksi on toimitusaikojen ylittyminen. Tämä vaikuttaa yrityksen toimintaan ja taseeseen monin eri tavoin. Kaikkia vaikutuksia ei voi mitata rahassa. Seurauksia toimitusaikojen ylittämisestä ovat mm. keskeneräinen tuotanto, korjauskustannukset, mahdolliset sakkopykälät sopimuksessa ja maineen menetyt. Yrityksen tuotanto on asiakasohjautuvaa tilaustuotantoa, jossa varastoon tehtävien osien käyttäminen toimitusaikojen saavuttamiseksi on huono ratkaisu ja tuotannon tehostaminen on paljon vaikeampaa. Tästä syystä suurin hyöty saadaan vähentämällä koneessa käytettävien osien määrää ja suunnitelmalla osat helpommin asennettaviksi.

Kehitettäväksi runkomalliksi valittiin seinä- ja kattoprofiilien muovaukseen tarkoitettu runkotyyppi, koska suurin osa tuotannosta kuuluu tähän kategoriaan. Koko henkilökunta haluttiin ottaa mukaan kehitystyöhön, jotta saataisiin myös ns. hiljainen tieto hyödynnetyksi. Rullamuovauskoneita valmistetaan monelle eri levyiselle profiilille, joten rungon leveys tuli myös optimoida jokaiselle tuoteleveydelle ja säilyttää tuoteperheen yhdennäköisyys. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi suunniteltiin runko ja siihen liittyvät osat modulaariseksi käyttäen David M. Andersonin oppeja.

Rungon prototyypin valmistumisen ja tutkimisen jälkeen työ jatkuu tulevaisuudessa kehittämällä ja suunnitelmalla koneeseen liittyvät varusteet ja valmistamalla niistäkin prototyypit. Näitä prototyypin moduuleja on tarkoitus käyttää yrityksessä uusien tuotteiden ja profiileiden testipenkkinä.

## 2 TYÖN TAUSTAT

### 2.1 Rullamuovaus

Rullamuovaus on jatkuvaa taivutusoperaatiota, jossa pitkä teräsarkki tai -kela syötetään läpi useista peräkkäin asetetuista muovausvaiheista, joiden rullat muovaavat materiaalia vähän kerrallaan, kunnes haluttu profiilin poikkileikkaus on saavutettu. Rullamuovaus soveltuu parhaiten vakionuotoisten profiilien tuottamiseen pitkinä pituuksina, suurina määrinä ja usein suurilla nopeuksilla. Rullamuovauksen merkittävimpiä etuja verrattuna muihin valmistusmenetelmiin, kuten kanttaamiseen, ovat suuri tuotantonopeus, tasainen tuotteen laatu, vähäinen työvoiman tarve, suurlujuuserästen muovaus ja pitkäkestoisten työkalujen pienet kulut. Rullamuovauskoneilla valmistettuja tuotteita käytetään suurilla teollisuuden aloilla, kuten lentokone-, auto- ja rakennusteollisuudessa. Uusimpana sovelluksena teräsohutlevyn muovaukseen on kehitetty 3D-rullamuovaus, jolla voidaan valmistaa muuttuvilla poikkileikkauksilla olevia profiileja. (Data M 2012, 2.)



KUVA 1. Teräslevystä rullamuovaamalla valmistettu seinäkate (Rollsteel-Machine Oy 2012.)

Rullamuovauskone käsittää yleensä 4 - 30 horisontaalisesti asennettua akseliparia, joihin on asennettu rullamuovausrullat. Tätä kutsutaan rullastoksi. Muovattava teräslevy on yleensä kelalla, josta se puretaan haspelin avulla. Materiaali syötetään koneeseen syöttöpöydältä, joka ohjaa levyä pitäen sen suorassa. Koneessa olevat muovausvaiheet muovaavat levyä vähän kerrallaan haluttuun muotoon. Levyn pituutta mitataan mittapyörän avulla sen liikkua muovaustelojen välissä. Muovauksen jälkeen levy katkaistaan oikeaan mittaan poikittaisella leikkurilla. Katkaisun jälkeen profiili pudotetaan kuljettimelle, josta valmis tilaus siirretään pakattavaksi. Pääraaka-aine koneiden valmistuksessa on teräs. Yleisimmät profiiloidun levyn käyttökohteet ovat erilaiset katto- ja seinäkatteet sekä listat (kuva 1). (Niskanen 2014.)

### 2.1.1 Rollsteel-Machine Oy

Rollsteel-Machine Oy:n historia ulottuu yrityksen perustamisvuoteen 1997 saakka. Yrityksen perustana oli alalla jo 20 vuotta toiminut Branmet, jonka nimi vaihtui uuden omistajan myötä. Yritys sijaitsee tällä hetkellä Itkonniemellä, mutta on toiminut useissa eri paikoissa, joista se on laajennuttuaan muuttanut isompiin tiloihin. Yritys on alusta lähtien keskittynyt ohutlevynmuovauskoneiden valmistamiseen ja pyrkinyt pitämään mahdollisimman paljon tuotantoa omassa koneistamossaan tekemällä suurimman osan koneisiin tarvittavista komponenteista itse. Suurimmat markkina-alueet ovat Suomi, Venäjä ja Baltian maat.

Koneita valmistetaan konetyypin mukaan vuodessa 10 – 20 kpl. Koneiden keskihinta on n. 125 000 €. Yrityksessä on tällä hetkellä noin 15 työntekijää, jotka jakautuvat melko tasaisesti koneistukseen, asennukseen ja toimihenkilöihin. Suurin osa myydyistä tuotantolinjoista kuuluu katto- ja seinäprofiilien kategoriaan (kuva 2). Muita valmistettavia tuotteita ovat erilaiset palkkilinjat, harjapeltikoneet ja listakoneet. Yritys tekee myös alihankintaa muille teollisuuden aloille. (Niskanen 2014.)



KUVA 2. Rullamuovauskone varustettuna puristimella, jolla valmistetaan tiilikuvioista katetta (Rollsteel-Machine Oy 2012.)

### 2.1.2 Kilpailu alalla

Kilpailu rullamuovauskoneiden valmistajien kesken on tiukentunut ns. halpavalmistuksessa toimivien yritysten tullessa markkinoille. Halpavalmistuksia ovat esim. Kiina, Australia ja Puola. Kyseiset yritykset eivät tee tuotekehitystä juuri ollenkaan, vaan tyytyvät kopioimaan valmiit ratkaisut muiden valmistajien koneista. Patentointi ei ole ratkaisu tähän ongelmaan, vaan tuotteita on kehitettävä koko ajan ja laadun, ominaisuuksien, toimitusnopeuden sekä –varmuuden osalta on pysyttävä kilpailijoita edellä. Valuuttakurssi tuo myös oman haasteensa vientiyrittäjille euron yliarvostuksen vuoksi. Yrityksen tulee olla notkea ja valmis tekemään nopeita päätöksiä. (Niskanen 2014.)

Suomessa rullamuovauskoneiden valmistus alkoi 60-luvulla. Kotimaisia rullamuovauskoneiden valmistajia on noin viisi, joista osa on vähemmän aktiivisia taantuman aikana. Kaikkien ulkomaisten kilpailijoiden nettisivuja ei ole käännetty englanniksi ja niistä on muutenkin hyvin hankala saada mitään tietoja. Merkittävimpiä kotimaisista kilpailijoista ovat Samesor, Macring, Profiilikeskus ja AJV. Kovinkaan merkittävää yhteistyötä ei kotimaisten yritysten kesken ole; kilpailu asiakkaista on kovaa mutta rehtiä. Yhteistyötä

saisi olla enemmän, koska kilpailussa ulkomaisten yritysten kanssa kotimaisten voimien yhdistäminen auttaisi kaikkia. (Niskanen 2014.)

Theseuksessa julkaistussa opinnäytetyössä (Lassila 2012) kuvataan hyvin markkinoiden vaikeaa tilannetta vastaavanlaisia profiointikoneita tuottaville yrityksille. Suurimmat ongelmat kilpailukyvyyn parantamiseksi ovat toimitusaikojen pitävyys, uusien asiakkaiden löytäminen sekä tuotteiden laatu. Vaihteleva kysyntä luo omat haasteensa tuotannon suunnitteluun, koska työkuorma ei jakaudu tasaisesti. Tämä ajaa yritykset tekemään osia varastoon sen mukaan, millainen senhetkinen tarjouskanta on. Tarjouskannasta on kuitenkin vaikea ennustaa, mitkä koneet ja millaisella varustelulla lopulta menevät kaupaksi. Loppupäätelmänä Lassila toteaa työssään, että parhaat keinot saada kannattavuus kasvuun ovat massaräätälöinti ja sen avulla läpimenoaikojen lyheneminen, varaston pieneneminen ja toimitusvarmuuden parantuminen.

## 2.2 Modulointi ja massaräätälöinti

Moduloinnilla tarkoitetaan itsenäisesti toimivaa tuotetta, jolla on selkeät ja vakiodut rajapinnat. Nämä rajapinnat ovat koko moduloinnin ydin, sillä ne mahdollistavat moduulien yhdistettävyyden ja vaihdettavuuden. Moduloinnin tavoitteena on päästä mahdollisimman suureen standardikomponenttien määrään. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että tuotteiden määrä vähenisi, vaan moduloitaessa pyritään täyttämään eri asiakasryhmien vaatimukset. Tuotevariointi on helpompaa, koska varioinnin vaikutukset voidaan rajata koskemaan vain tiettyä moduulia. Moduulien välinen riippuvuus on minimoitu, koska jokainen itsenäinen moduuli voi toteuttaa yhtä tai useampaa toimintoa. Tämä mahdollistaa moduulien itsenäisen ja rinnakkaisen suunnittelun. (Sarinko 1999, 31 - 32.)

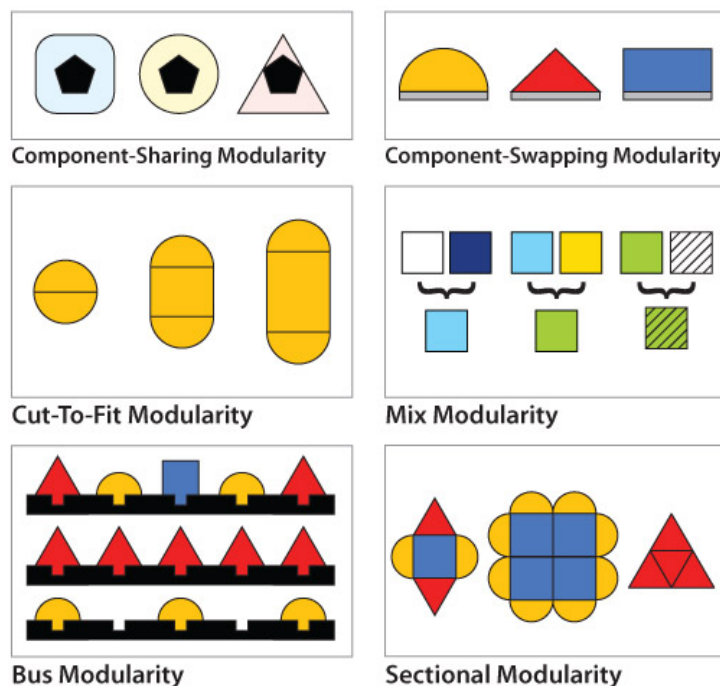
Tuoteperheen moduloinnilla on monia etuja yrityksen tuotekehitykseen ja toimintaan. Sen avulla voidaan pienentää tuotekehityksen riskejä ja kustannuksia. Kehitysprojektit voidaan rajoittaa vain yhteen moduuliin kerrallaan, jolloin ei tarvita niin paljoa resursseja suunnitteluun. Tuoteperhettä moduloidessa selvitetään asiakkaiden tarpeet yksityiskohtaisesti, jotta voidaan olla varmoja, että tarve on todellinen. (Sarinko 1999, 31 - 32.)

Hyvänä esimerkkinä moduloinnista ovat Lego-palikat. Palikat on suunniteltu siten, että liitoskohdat käyvät toisiinsa ja niistä voi rakentaa haluamansa kokonaisuuden. Rullamuovauskoneissa modulointi hyödyttää eniten varustelun suunnittelua, myyntiä, tuotannonohjausta, kokoonpanoa ja tuotekehitystä. Rullamuovauskoneiden yksinkertaisten rakenteiden vuoksi jokainen varuste voi olla oma moduulinsa.

Tarjousten tekeminen asiakkaalle on hankalaa asiakaslähtöisen tuotannon vuoksi. Kyseisessä tuotannossa ei välttämättä koskaan valmisteta kahta samanlaista konetta. Jos tällaisessa projektissa voitaisiin käyttää useita jo aiemmin valmistettuja moduuleja, helpottuisi tarjousten laskenta huomattavasti ja myös projektin riskit vähenisivät. Moduloinnin avulla saatu toimitusvarmuus on suure, jota on mahdoton mitata rahassa, mutta se on yksi tärkeimmistä asioista alalla, jolla eletään rakennusaikataulujen ja -projektien mukaan. Myydyn tuotteen tulee olla sovitussa ajassa asiakkaalla. Jos lupauksen pystyy pitämään, voi edessä olla hyvinkin tuottoisa yhteistyökumppanuus. (Niskanen 2014.)

Massaräätälöinti on yksilöllisesti suunniteltujen tuotteiden massavalmistusta. Kiinteänä osana massaräätälöintiin kuuluu modulaarinen tuoterakenne (kuvio 3). Monista nykypäivän muutoksista, joihin yrityksen tulee vastata, mikään ei ole vaikeampaa ja elintärkeämpää kuin olla asiakaslähtöinen tuotteiden valmistaja. On välttämätöntä ymmärtää ja täyttää jokaisen asiakkaan yksilölliset toiveet ja vaatimukset. Yhtäläillä välttämätöntä on myös säilyttää matala kustannustaso. (Anderson 1997.)

Monipuolisuus ei ole sama asia kuin massaräätälöinti. Vain asiakkaan toiveiden mukaan valmistettu tuote on räätälöity. Massaräätälöinnin kauneus on siinä, että modulaarinen tuoterakenne mahdollistaa asteittaisen tuotekehityksen, jossa edetään moduuli kerrollaan. Tämä pienentää tuotekehityksen kustannuksia. (Anderson 1997.)



KUVIO 3. Kuusi erityyppistä modulaarisuuden rajapintaa (Replicator 2014.)

### 2.3 Tuotekehitys ja konfigurointi

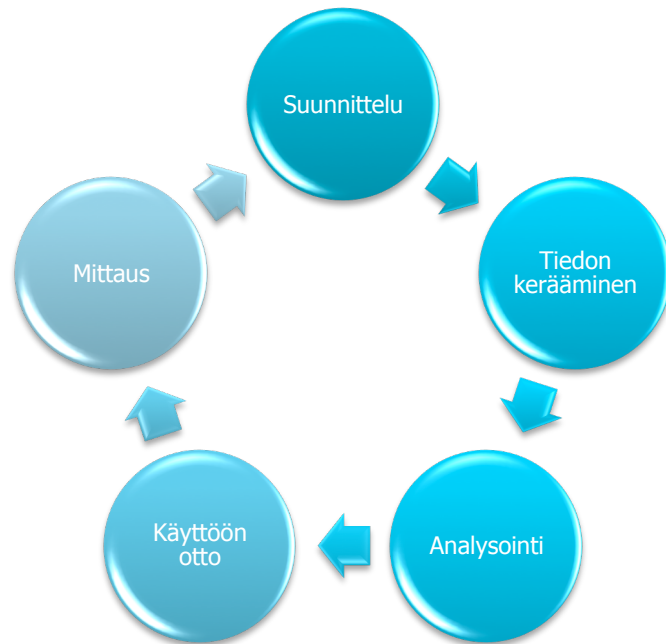
Pienessä yrityksessä tuotekehitys voi olla haastavaa, jos resurssit ei tahdo riittää, silloin kun kysynnässä on piikki. Taloustilanne voi vaikuttaa esimerkiksi rahoituksen järjestämiseen. Etenkin rullamuovausalalla kysynnän heilahtelut seuraavat rakennusalaan, eli syksyllä hiljenee ja kevättä kohti on täysi kapasiteetti käytössä. Tuotekehitys rullamuovausalalla on hieman verkkaista johtuen edellämaituista syistä. Tästä syystä uuden runkomallin elinkaari voi olla jopa kymmenen vuotta.

Pienen yrityksen tuotekehityksessä tuleekin ottaa kaikki keinot käyttöön. Tuotekehityskustannuksien alentamiseksi halvat keinot ovat usein parhaita ja jopa ainoita. Valitettavan usein tuotekehitys tehdään asiakkaalle myydyin koneen yhteydessä, mistä myös osaltaan toimitusajan ylitykset johtuvat.

Benchmarking eli vertailukehittäminen, on hyvä työkalu omien prosessien ja tuotteiden kehittämiseen. Kuten Elina Laineen opinnäytetyössä (Laine 2008, 12 - 13.) määritellään, benchmarking on toisilta oppimista ja opitun soveltamista omaan toimintaan. Benchmarking on kehittämismenetelmä, joka antaa tietoja erilaisista toimintaympäristöistä. Toiminnan kehittäminen ei ole kertaluontoinen prosessi, vaan parantamisen varaa on aina (kuvio 4). Vaikka benchmarkingin perusidea on vertailu, ei se kuitenkaan tarkoita suoraa kopiointia, vaan oppimista toisten onnistuneista ratkaisuksista ja kykyä siirtää ne oman yrityksen toimintamalleihin ja työkuulttuuriin. Parhaita tilaisuuksia vertailukehittämiseen nykypäivänä ovat asiakaskäynnit, messutapahtumat ja internet. Pablo Picasson sanoja lainatakseni:

”Hyvät taitelijat lainaavat, suuret taiteilijat varastavat.”

Benchmarking-prosessin ensimmäisessä vaiheessa määritetään kehitettävä kohde, rajataan kehittämialue ja tutkitaan tarkasti omaa vastaavaa prosessia. On erittäin tärkeää hyväksyttää tämä vaihe yrityksen johdolla, koska ilman johdon täyttä tukea kehittämishankkeen onnistuminen on epätodennäköistä. Prosessin vaiheista tulisi tiedottaa kaikkia projektiin kuuluvia tahoja. Benchmarking-kumppanin valinnassa tulee ottaa huomioon se, että kumppanin täytyy olla parempi kehitettävällä alueella. Kumppani voi olla myös yrityksen sisältä, jolloin kyseessä on sisäinen benchmarking. Kumppani voi olla myös suoranainen kilpailija. Oikein meneteltynä yhteistyö kilpailijan kanssa on kuitenkin mahdollista, koska tärkeintä on löytää erinomaista käyttäytymistä. (Laine 2008, 16 - 20.)



KUVIO 4. Benchmarking-prosessin kierto.

Kumppanin löydyttyä suunnitellaan yhteydenottoa ja mietitään kysyttävät asiat huolellisesti. Analyysivaiheessa aineisto käydään läpi miettien samalla tarkentavia jatkokesymyksiä. Analysoinnin jälkeen sovelletaan hankittuja tietoja omaan kehittämiskohteeseen ja siirretään ne käytäntöön. Kun kehityssuunnitelma on viety päätökseen, arvioidaan toimintaa uudelleen ja kehitetään sitä tarvittaessa lisää. (Laine 2008, 16 - 20.)

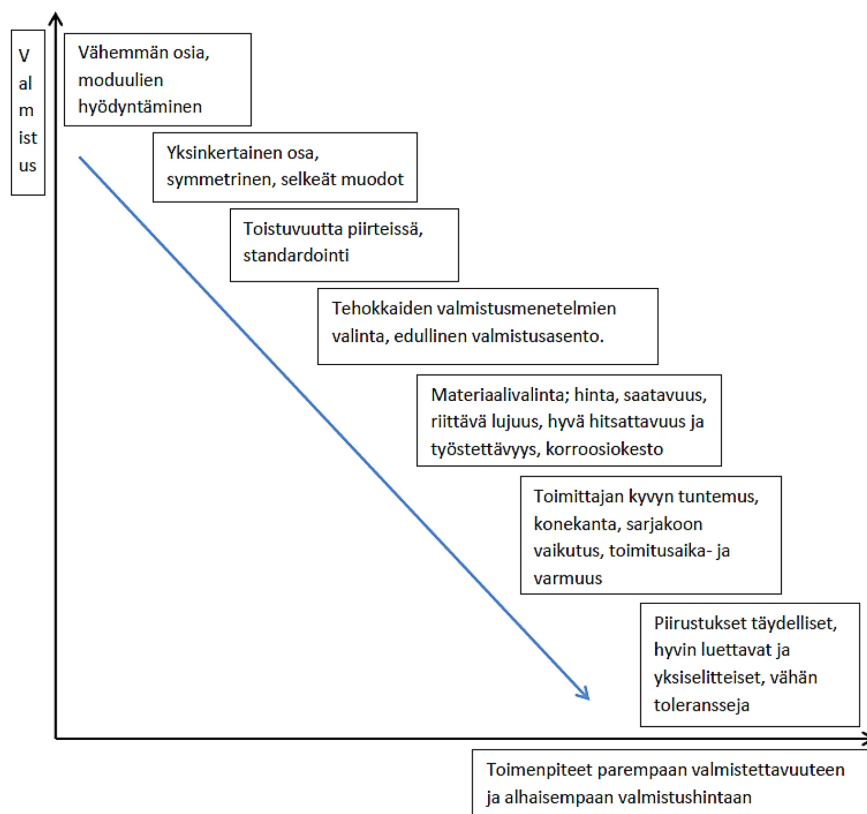
Konfiguroinnin merkitys on kasvanut vaihtelevia tuotteita valmistavissa yrityksissä. Konfiguraattorihjelmilla on saavutettu merkittäviä etuja läpimenoaikojen nopeutumisessa, tilauksen määrittelyssä ja tuotetiedon hallinnassa. Suurimman hyödyn konfiguraattorista saa, kun yrityksen prosessit ovat kehittyneitä ja hyvin dokumentoituja. (Hietikko 2008.)

#### 2.4 Valmistuskustannusten hallinta

Valmistuskustannukset muodostuvat yleensä logistiikasta, materiaaleista, pintakäsittelystä ja työstä. Materiaali- ja työkustannusten väliseen suhteeseen vaikuttaa eniten rakenteen monimutkaisuus ja käsityön määrä. Työmenetelmät valitaan sen mukaan mikä on tehokkain ja taloudellisin valmistusmenetelmä, jolla vaadittu laatu saadaan aikaiseksi mahdollisimman pienin kustannuksin. Tästä syystä suunnittelijan hyvä konekannan tuntemus on tärkeää, jotta voidaan siirtää suurin osa käsityöstä koneellisesti tehtäväksi. Tämä parantaa tuotteen laatua ja toimitusvarmuutta. (Piironen 2013.)

Materiaaleiksi valitaan yleensä edullisimmat vaihtoehdot, jotka ovat helposti saatavilla ja täyttävät kaikki rakenteelle määritellyt ominaisuudet. Joissakin kohteissa on tosin perusteltua käyttää kalliimpia suurlujuusteräksiä. Suunnittelussa onkin suurin mahdollisuus vaikuttaa valmistuskustannuksiin; jopa 70 - 80% kustannuksista määräytyy jo projektin tässä vaiheessa (kuva 5). Logistiikan osuutta valmistuskustannuksiin voidaan vähentää jonkin verran tekemällä rakenteista mahdollisimman keveitä, sekä välttämällä tavaroiden turhaa siirtelyä. Tällä on myös positiivisia vaikutuksia ympäristökuormitukseen. (Piironen 2013.)

Itse kappaleen kustannuksiin vaikuttavat valmistuksen laatuvaatimukset, kuten pinnanlaatu ja tarkkuus. Kustannusten minimointiin vaikutetaan välttämällä turhan tarkkoja toleransseja ja suunnittelemalla kappaleet siten että, ne ovat kokoonpantavissa helposti. Osto-osia hyödynnetään niissä kohteissa, joissa ne tuottavat asiakkaalle lisäarvoa. Osto-osien tulee olla helposti ja edullisesti saatavilla. Osto-osat ovat yleensä laadukkaita ja laadunvaihtelu on pientä. (Piironen 2013.)



KUVA 5. Suunnittelun ja moduloinnin vaikutus valmistuskustannuksiin  
(Piironen 2013, 5.)

Erityisesti vientiyrityksen liiketoiminnalle tärkeää on riittävä myyntikate, jonka tärkein yksittäinen tekijä on myyntihinnan ja omakustannehinnan erotus. Mahdollisten reklamaatiotapausten hoito on yleensä kallista. Pitkät välimatkat asiakkaan ja yrityksen välillä nostavat logistiikan kustannuksia. Koska suuri osa projekteista on kertaluontoisia, osa myyntikatteesta täytyy varata tuotekehitykseen ja virheiden korjauksiin. Näitä kustannuksia on vaikea määritellä ennakoon ja ne saattavat olla yllättävän suuria koneen myyntihintaan verrattuna. Jos kone on vielä todella yksilöllinen, ei tuotekehityksestä ole välttämättä suurta hyötyä muille kuin kyseiselle koneelle.

### 3 RUNKORAKENTEEN VALINTA

Rungon rakenteen valinnassa on otettava huomioon monia seikkoja, kuten mittatarkkuus, suojaus, varustelu, muunneltavuus ja kokoonpanon helppous. Harkittu yleisilme on hyvä myyntivaltti tasaväkisessä kilpailussa. Rungon on kestettävä rankassa ja kuluttavassa teollisuusympäristössä kymmeniä vuosia, sekä oltava mahdollisesti myöhemmin päivitettävissä esim. uudella profiililla olevaan muovausrullastoon. Jos rullamuovauskone on myyty uudentyypisellä profiililla, jota ei ole ennen valmistettu, niin muovausrullaston suunnitteluvaiheessa ei voida olla täysin varmoja siitä, mitkä ovat oikeat muovausvaihevälit ja kuinka monta taivutusvaihetta profiiliin valmistukseen tarvitaan. Tästä syystä säätö muovausvaiheiden välisiin etäisyyksiin olisi suotavaa (kuva 6). Etäisyys muovausvaiheiden välillä on yksi rullamuovauksen avainkysymyksistä, eivätkä edes suunnitteluohjelmat pysty varmentamaan toimivaa taivutusmatkaa. Usein tieto kertyy kokemuksista ja ratkaistuista ongelmista. Uuteen runkoon tulee olla mahdollista tehdä useita kiinnityspisteitä tietyin välimatkoin, mikä on yksi suurimmista syistä päivittää yrityksen käyttämä runkorakenne. Uusi runkorakenne palvelisi yritystä myös tulevaisuudessa, koska runkoon olisi helpompi vaihtaa erilainen rullasto muuttamatta itse runkoa.



KUVA 6. Rullamuovauskone kiinteillä muovausvaiheväleillä  
(Rollsteel-Machine Oy 2012.)

### 3.1 Kehitettävä runkomalli

Yrityksellä käytössä oleva runkomalli (kuva 7) juontaa juurensa 70-luvulle, jolloin katelevyjen valmistukseen tarkoitettuja ohutlevynmuovauskoneita alettiin valmistaa suurempia määriä vientiin ja kotimaan markkinoille. Rullamuovauskoneita, joissa kyseistä runkotyyppiä on alun perin käytetty, on valmistettu mm. autotalleissa. Jäänteinä tältä ajalta ovat rungon jalkojen pohjaan hitsatut liukuputket rungon vetämiseksi tallista ulos esim. traktorilla. Nykyään rungon valmistuksessa käytetyt menetelmät ovat hyvin pitkälle samoja kuin 70-luvulla. Työvaiheisiin kuuluvat poraus, kierteytys, sahaus, jyrshintä, sorvaus, polttoleikkaus, kanttaus, kokoonpano, hitsaus, hionta ja maalaus. Valmistustekniikoissa nähtiin suurin kehittämisen tarve.

Kehitettävän rungon tuotekehitys on ollut vähäistä. Kehitystä ei ole tehty suurin harppauksin, vaan kaikki tarvittavat muutokset on lisätty vanhan rakenteen päälle. Tämä on osaltaan aiheuttanut sen, että koneen konfiguraation mukaan jokaisesta varusteesta on vähintään kaksi eri versiota. Rakenteita ei ole missään vaiheessa optimoitu tai moduloitu. Tämä kehitys näkyy myös rungon piirrepuussa Solidworks-ohjelmassa, jolla runko on mallinnettu. Rungossa ei ole alikokoonpanoja, vaan kaikki muutokset on tehty pääkokoonpanoon yksittäisinä osina eli parttina. Tämä saa kokoonpanon näyttämään sekavalta ja muutosten tekeminen on hankalaa, koska kaikki osat ovat jollain tavalla liitettynä toisiinsa, jolloin yhden osan vaihto tai poisto voi sekoittaa kokoonpanon.

Kehitettävän rungon valmistusteknisiä heikkouksia ovat käsin mitoitettut ja poratut muovausvaiheen kiinnityskohdat, joiden mitoitus ei ole aina optimaalinen. Muovausvaiheiden kiinnityskohtia joudutaan joskus lisäämään runkoon koeajovaiheessa. Rungon sivulevyjen välisten tukiputkien mittaaminen, sahaaminen, viistäminen, paikoitus ja hitsaus tehdään käsin. Tämä on aikaa vievää työvaihe, jossa rungon suurimmat mittapoikkeamat syntyvät. Runko on onnistunut, jos ristimitan heitto on viiden millin sisällä. Jos runko ei ole näiden väljien toleranssien sisällä, sitä on jäykän rakenteen vuoksi mahdoton oikaista. Joissakin tapauksissa mittapoikkeama saattaa vaikuttaa profiilin laatuun heikentävästi.

Toinen merkittävä heikkous on varustelun kiinnitysreikien puuttuminen. Tähän on useita syitä. Osa varusteiden komponenteista tehdään käsin, jolloin osien mittatarkkuus on tekijän varassa. Varusteet tehdään ensin valmiiksi, sovitetaan paikoilleen ja porataan runkoon kiinnitysreiät käsin. Kaikkia koneeseen liittyviä osioita ei ole suunniteltu tai mallinnettu ollenkaan, vaan asentaja kiinnittää ne hyväksi katsomallaan ta-

valla. Tällaisia ovat mm. hätäseis-järjestelmä, kaapelikourut, varoituskyltit ja osa suo-  
jauksesta.



KUVA 7. Kehitettävän rungon valmistusvaiheet myötöpäivään vasemmalta ylhäältä  
(Tuononen 2014.)

Kehitettävää runkomallia on aiemmin valmistettu viittä eri pituutta (4, 5, 6, 7 ja 8 metriä) ja neljää eri leveyttä (800, 1160, 1340 ja 1630 mm). Keskimääräisesti eniten on käytetty 8 m pitkää ja 1630 mm leveää runkoa. Tämä tarkoittaa 20:tä eri variaatiota, joissa kaikissa voi olla eri muovausasemajako. Rungon valmistamiseen kaikkine työvaiheineen kuluu yhdeltä työntekijältä 5 – 6 päivää. Kokoonpanovaiheessa konfiguraatiosta riippuen varusteiden kiinnitysreikien poraukseen kuluu 1 - 3 päivää. Varusteiden kiinnitykseen ei ole tehty ohjetta, vaan jokaisella kokoonpanijalla saattaa olla oma käsityksensä siitä, miten osat tulee kiinnittää ja mihin kohtaan. Tästä syystä täysin identtisiä koneita ei voida valmistaa käytössä olevilla valmistustekniikoilla. Kiinnitysten epämääräisyys vaikuttaa heikentävästi asiakkaan koneesta saamaan laatu-  
käsitykseen.

Rullamuovauskoneissa käytetään yhä enemmän varusteita. Kasvaneiden varustevaihtoehtojen hallinta vanhalla runkomallilla on vaikea toteuttaa järkevästi. Kaikki varustelun lisäykset tekevät koneesta yksilöllisen, ja mitään ei voida valmistaa ennakoon ennen suunnittelun valmistumista. On myös mahdollista, että asiakas päättää

valita lisää varusteita koneen valmistumisen edetessä, jolloin saatetaan joutua vaihtamaan suuriakin osakokonaisuuksia.

Tuotteen laatu lasketaan sen mukaan, mikä on yksittäisen osan laatu (kuinka monta prosenttia hyviä) potenssiin kokoonpanoon käytettyjen osien määrä. Laadun hinnan määrää kuitenkin huonon laadun aiheuttamat kustannukset, kuten vikojen etsiminen ja korjaaminen. Tästä syystä yrityksiä, joilla ei ole vakuuttavaa laadunhallintastrategiaa, laatuksustannukset voivat olla jopa 40 % liikevaihdosta. (Anderson 1997.)

Kehitettävän rungon laatuksesityksen vertailu perustuu tässä tapauksessa asentajien arvioihin ja huomioihin, koska he ovat viimeinen laaduntarkistusyksikkö. Tutkimusta hankaloitti se, ettei kaikkia virheitä ollut kirjattu, vaan jotkin virheelliset osat oli korjattu omin päin. Tätä ilmiötä kutsutaan sisäiseksi tehtaaksi. Termi tarkoittaa sitä, että henkilökunnalle on tullut rutiini tietynlaisten jatkuvasti toistuvien virheellisten osien korjaukseen ja tehdyistä korjauksista ei tiedoteta suunnitteluosastoa millään tavalla.

Tutkimuksen mukaan kehitettävään runkoon käytetyistä osista n. 99 % oli hyvälaatuisia, eli 1 % osista täytyi asentajan tai koneistajan korjata tai valmistaa uudestaan. Vertailurungoksi valittiin eniten käytetty 8 m pitkä ja 1630 mm leveä runko, jossa on 90 osaa. Näistä osista n. 85 % tehdään käsityönä. Näillä parametreilla rungon laatuosentien laskeminen kaavan 1 mukaan antaa lopputulokseksi 40 %.

$$(0,99)^{90} * 100 \% = 40 \%$$

(1)

Käsityön osuus haluttiin minimoida paremman laadun ja toimitusvarmuuden vuoksi. Aiemmin käsityöllä on ollut työllistävä vaikutus, mutta jos tuotantoa ja laatua halutaan kasvattaa, on koneiden käyttö osavalmistuksessa ehdoton edellytys. Rungossa käytettävien osien ja nimikkeiden määrän vähentäminen parantaa laatua merkittävästi ja tekee logistiikan ja kokoonpanon tehokkaammaksi.

Osien nimeäminen on ollut yrityksen suunnittelijoiden vastuulla, eikä yhtenäistä ohjetta tai standardia ole ollut käytössä. Tämä on johtanut siihen, että jotkin osat on nimetty epäselvästi ja nimestä ei välttämättä selviä ollenkaan, minkätyyppinen osa on kyseessä. Monesti on käynyt niin, että on suunniteltu kokonaan uusi osa, koska arkistosta ei ole löytynyt sopivaa osaa. Tämä on paisuttanut yrityksen tietokannan sellaiseksi, ettei sieltä voi etsiä helposti mitään, ellei tiedä etsittävästä kohdetta tarkalleen.

### 3.2 Rakenteen käytännön vaatimukset

Rungon tulee täyttää kaikki viranomaisvaatimukset, joten yritys hakee kaikille koneille CE-hyväksynnät. CE-hyväksyntä kattaa tekijävastuuseen, turvallisuuteen ja käytettävyyteen liittyvät asiat, jotka ovat määritelty EU-normeissa. Yritys saa kiinnittää koneeseen CE-merkintäkyltin vain täyttäessään kaikki vaatimukset. Kaikki yrityksen toimittamat koneet ovat olleet CE-hyväksytyjä. (Niskanen 2014.)

Rungon vaatimuksista tehtiin vaatimusluettelo (liite 2), johon kirjattiin ominaisuuksia ja parannuksia, jotka tulevassa rungossa olisi syytä toteuttaa. Yrityksen työntekijöiden kanssa tehtiin yhteistyössä luettelo, johon jokainen sai kirjattua oman mielipiteensä ja toiveensa. Tuotekehitystä tehdessä halutun lopputuloksen ennalta määrittäminen on tärkeää. Vaatimusluettelo antaa suunnittelulle suunta- ja ääriviivoja.

Vaatimusluettelo on tapausittain noin kaksisivuinen dokumentti, johon kirjataan kolmentyyppisiä vaatimuksia:

- kiinteä vaatimus: Vaatimuksen tulee toteutua kaikissa tilanteissa,
- vähimmäisvaatimus: Vaatimuksella on raja-arvo, joka on saavutettava ja jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa,
- toivomus: Tarve, joka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan.

Vaatimusluettelosta käy hyvin ilmi, mihin kohtiin yrityksen henkilökunta haluaa eniten panostaa. Läpimenoajan nopeuttamiseen tähtäävät toimenpiteet ovat osien määrän vähentäminen, kaikkien kiinnitysreikien tekeminen valmiiksi, mittatarkkuus ja kokoonpanon helpottuminen. Toimivuutta lisäävät muovausvaiheiden jaksottaiset kiinnityskohdat, rajapinnat kaikille varusteille, mittatarkka- ja jäykkä rakenne sekä konfiguroitavuus monille erilaisille tuotteille ilman rakenteessa tapahtuvia muutoksia.

Rullamuovauskoneessa käytettäviä varusteita varten rungossa tulee olla rajapintoja, joihin varustelu voidaan kiinnittää. Rajapintojen suunnittelussa on otettava huomioon mahdolliset muutokset laitteen elinkaaren myöhemmässä vaiheessa, joten rajapinnoista ei saa tehdä liian erikoisia vaan standardoituja. Toimivat rajapinnat antavat enemmän vapauksia moduulien kehittämiseen. Asiakkaiden varustetoiveita ei voi ennalta arvioida, mutta näitä voi hieman ennakoita jättämällä runkoon tilavarauksia eli tiettyjä paikkoja ja kiinnityspisteitä.

### 3.3 Rakenteiden vertailua

Rakennetta valittaessa kartoitettiin kaikki tiedossa olevat ratkaisut, niin kilpajoiden kuin omat, sekä pohdittiin niiden hyvät ja huonot puolet. Lopulta jäljelle jäi kaksi vaihtoehtoa. Vaihtoehto 1 (kuva 8) oli erillinen laakeripukki koneistetulla alarungolla ja vaihtoehto 2 oli akseleiden kiinnittäminen rungon sivulevyyn laakeripukin sijaan kuten kehitettävässä rungossa. Jälkimmäisen ratkaisun etuja ovat osatarpeen väheneminen, yksinkertainen rakenne, suojaustarpeen väheneminen, asennuksen helpottuminen ja tukevampi rakenne. Laakeripukkirakenteen etuna ovat yksinkertaisempi voimansiirto, avoimempi rakenne ja helpompi muunneltavuus.

Kustannuksien vertailua vanhaan koneeseen ei voitu tehdä loppuun, sillä kyseessä on kuitenkin kokonaisuus, jossa kaikkien moduulien yhteissumma ratkaisee sen, tuleeko uudesta runkomallista edullisempi valmistaa. Rungon valmistuksessa vertailu kuitenkin tehdään.

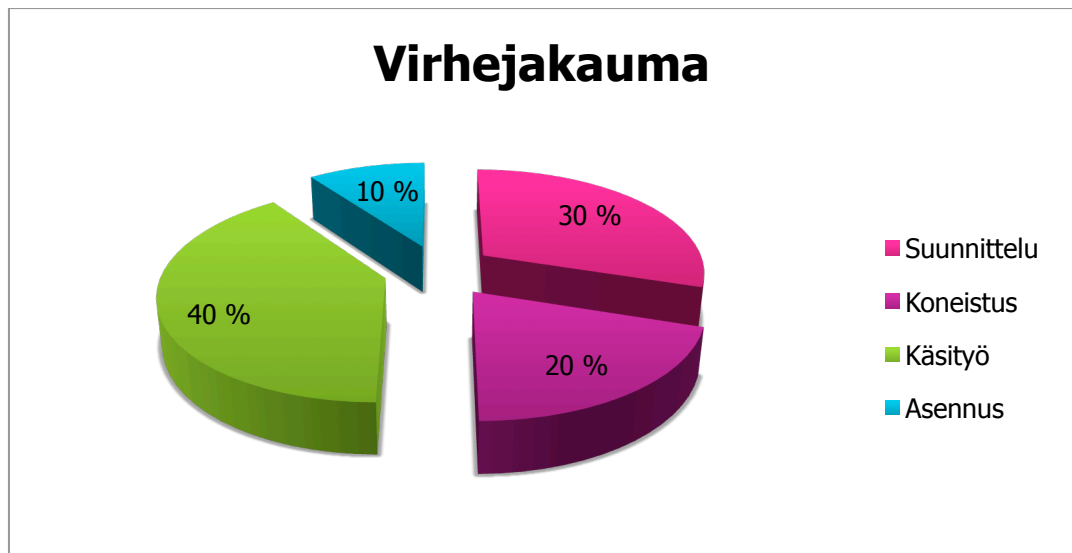


KUVA 8. Vaihtoehto 1. Rullamuovauskone erillisillä laakeripukeilla (Tuononen 2012.)

### 3.4 Uusi runko

Uudeksi runkomalliksi valittiin vaihtoehto numero 2. Valittu runkotyyppi ei juurikaan eroa vanhasta ulkonäöllisesti, vaan sukunäköisyys säilyy ja se on luonteva jatko nykyiselle Rollsteel-tuoteperheelle. Rungon valmistus nykypäivän tekniikoilla nopeuttaa valmistusprosessia, sekä vähentää virheiden määrää käsin tehtävien osien valmistuksen laskiessa n. 95 %. Kehitettävän rungon osissa virheiden syyt jakoutuivat melko tasan käsityön, koneistuksen ja suunnittelun kesken (taulukko 1). Pudottamalla merkittävästi käsityön osuutta osavalmistuksessa ja vähentämällä käytettävien nimikkeiden määrä puoleen, saataisiin hyvälaatuisten osien määrä kohoamaan vähintään 99,5 %:iin, tai jopa paremmaksi.

TAULUKKO 1. Osien virheiden syntymissyöt



Rungon pituus määriteltiin siten, että yhdellä pituudella voidaan kattaa kaikki tarpeet. Pituuden tulisi olla n. 3 metriä, jolloin pidemmät koneet koostuisivat useista peräkkäin asennetuista rungoista. Lyhyiden runkojen kuljetus, käsittely ja asennus on helpompaa. Asiakkaan tiloissa tehtävään asennukseen riittäisi kevyempi nostokalusto. Uuden rungon väriksi valittiin tummanharmaa, jota elävöitetäisiin sinisillä osilla koneen suo-  
jissa.

Rungolla valmistettavat profiilit rajattiin samoihin, joita kehitettävälläkin rungolla valmistetaan. Eri runkoleveyksiä tultaisiin konfiguroimaan vähintään kolme. Leveimmällä rungolla profiilikorkeudeksi määritettiin 8 – 60 mm ja kapeimmilla rungoilla ohuempia

akseleita käyttäen 10 – 100 mm. Runko tulisi olla helposti konfiguroitavissa eri leveyksille ja kasattavissa nopeasti ilman suuria mittaheittoja.

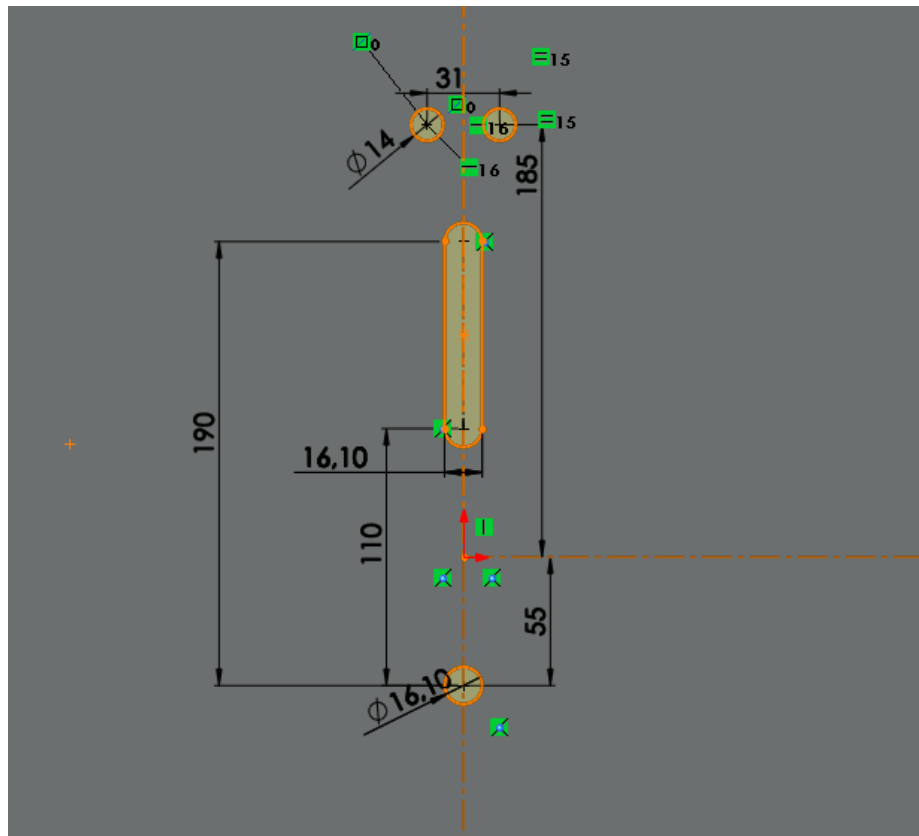
Runkoon tulevien osien määräksi rajattiin 20 kpl, joista korkeintaan puolet tuli olla konfiguroitavissa eri leveyksille. Nimikkeiden määrää ei tässä vaiheessa vielä rajattu, vaan se kuuluu normaaliin tuotekehitykseen myöhemmässä vaiheessa. Rungossa käytettävät materiaalit rajattiin maksimissaan kolmeen, perusaineen ollessa S355 rakenneterästä. Osien nimeäminen päätettiin jättää tehtäväksi sitten kun prototyypirunko on valmis. Samalla määritellään yhtenäinen nimeämiskäytäntö osille ja koneen ominaisuuksille.

Käytettävissä olevista menetelmistä valitsimme laserleikkauksen rungon osien valmistukseen. Laserleikkauksen hinta, mittatarkkuus ja alihankinnan runsas tarjonta olivat valinnan merkittävimpiä perusteita. Laserleikausta käyttäen voidaan jättää kaikki koneistusvaiheet pois, koska laserilla saavutettu 0,1 mm tarkkuus on runkorakenteessa erittäin hyvä. Kokoonpanoa helpottavat kohdistusnastat on laseria käyttäen helppo toteuttaa.

## 4 SUUNNITTELU

Mallinnustyöt ja valmistuspiirustukset tehtiin yrityksessä käytössä olevalla SolidWorks Pro 2011 3D-mallinnusohjelmalla ja tallennettiin ohjelmassa olevaan PDM (Product Data Management) tietojenhallintaosioon. Koska uusi runkomalli tarkoitti tässä tapauksessa myös uusia varusteita, päätettiin samalla tehdä tiedostojen rakenne loogisemmaksi. Pääkokoontaanon ei saanut liittää yhtään yksittäistä osaa, vaan kaikki liitettävät osat tuli olla moduulikokoontanoja. Yhden moduulin osien maksimimääräksi rajattiin 15 osaa. Jos tämä ylittyi, tehtiin moduulin sisään alikokoontanoja tai uusi moduuli. Tällä saatiin projekteittain tallennettavien pääkokoontanojen rakenne selväpiirteiseksi, ja tarvittava tieto on helppo etsiä. Moduulien kokoontanojen yhteyteen päätettiin tallentaa myös kaikista moduuliin liittyvistä kustannuksista laadittu Excel-taulukko, josta suunnittelijan on helppo tarkistaa hinnat, osatoimittajat, kokoontanokuvat ja -ajat.

3D-suunnittelu on tärkeä osa nykypäivän tuotekehitystä. Se mahdollistaa nopeamman suunnitteluprosessin vähemmällä virheillä. 3D-mallinnuksella tarkoitetaan kolmiulotteista kappaleiden ja kokoontanojen suunnittelua. Komponentit näyttävät oikeilta ja niiden keskinäiset mittasuhteet ovat todellisia, sekä niille voidaan antaa fysikaalisia ominaisuuksia (kuva 9).



KUVA 9. Muovausvaiheen kiinnitysreikien 2D-sketsi (Tuononen 2014.)

Suunnittelun ohjenuorana pidettiin DFM (Design For Manufacturability) käytäntöä, jossa keskitytään pitämään tuotteen kustannukset kurissa alusta lähtien. DFM ajattelun pääperiaate koostuu useista menetelmistä, joista jokaisella voi olla merkittävä vaikutus kustannuksiin ja laatuun. Tämä tehdään ottamalla suunnitteluvaiheessa huomioon mm. seuraavat seikat:

- valmistus
- asennus
- laatu
- lain vaatimukset
- materiaali
- logistiikka
- huolto
- korjaus.

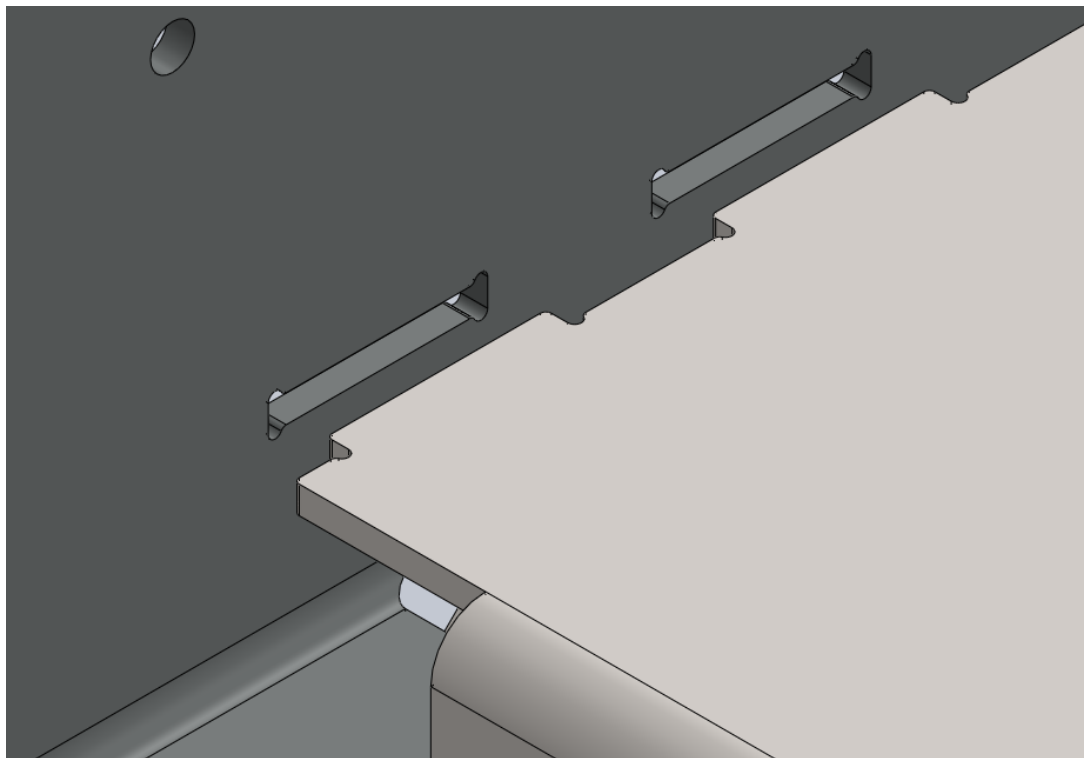
Pienempi osien määrä yksinkertaistaa kokoonpanoa, vähentää väärän osan käytön mahdollisuutta, helpottaa osien ostoa ja logistiikkaa. Samankaltaisia tuloksia voidaan saada myös suunnittelemalla oikea- ja vasenkätiset osat identtisiksi. Tämä toimenpide puolittaa kyseisten nimikkeiden määrän, osien hinta laskee volyymin kasvun ansiosta ja työkalukustannukset laskevat. Osien suunnitteleminen symmetriseksi vähentää virheen mahdollisuuksia käsin kasattaessa ja mahdollistaa automaation käytön kokoonpanossa. Jos osa ei voi olla symmetrinen, se tulee muotoilla siten, että sitä ei voi asentaa väärin. Komponenttien määrää voi minimoida, jos ne voidaan korvata yhdellä osalla, esim. luovalla valumallien suunnittelulla voidaan yhteen kappaleeseen integroida monta funktiota. Osto-osien käyttö on perusteltua silloin, kun melkein vastaava standardiosa on saatavilla luettelosta. (Anderson 1997.)

Kappaleen toleranssit määrittävät suurelta osin sen laadun ja kustannukset. Välttämällä turhan tarkkoja toleransseja voidaan kappaleen kustannuksia laskea laadun kärsimättä. Toisaalta löysät toleranssit aiheuttavat korjauskustannuksia ja laadun heikkenemistä. Hyvällä osien dokumentoinnilla vältytään jatkuvalta osien uudelleen suunnittelulta ja se mahdollistaa alihankinnan käytön osien valmistuksessa. Suunnittelemalla osat valmistettaviksi vain yhtä yleisesti käytössä olevaa valmistustekniikkaa käyttäen pienentää se osan valmistuskustannuksia. Huollon ja korjauksen huomioon ottaminen jo suunnitteluvaiheessa esim. varmistamalla, että vähintään ne osat voidaan vaihtaa itsenäisesti, jotka ovat herkimpiä vaurioitumaan. Tämä alentaa tuotteen elinkaaren aikaisia huolto- ja korjauskustannuksia. (Anderson 1997.)

#### 4.1 Runkorakenne

Runkorakenteen suunnittelu aloitettiin luonnostelemalla paperille pääpiirteitä ja muotoja. Sukunäköisyys vanhaan runkoon haluttiin säilyttää, mutta rungon väritys muutettiin, koska todella suuri osa muovauslinjojen valmistajista käyttää sinistä väriä koneissaan. Jo projektin alusta lähtien oli selvää, että tultaisiin käyttämään laserleikattuja osia niiden hyvän mittatarkkuuden ja työstöjäljen takia. Mittatarkkuuden ansiosta osat pystyttiin suunnittelemaan niin, että toisiinsa kiinni tulevissa leikkeissä on kohdistusnastat ja reiät (kuva 10), jolloin hitsauksen kokoonpanon nopeus ja tarkkuus kasvaa huomattavasti. Nastojen muotoilussa tuli ottaa huomioon se seikka, että laserilla ei voi leikata täysin suorakulmaisia nurkkia, vaan niihin jää aina pieni pyöristys. Liitoskohtiin muotoiltiin kevennykset nurkkiin, jotta liitos ei jäisi kantamaan.

Muovausvaiheille suunniteltiin sivulevyyden kiinnitysreiät, jotka toistuisivat tietyllä jaolla. Vaiheiden väliseksi jaoksi määritettiin 157 mm, joka on kehitettävässä rungossa käytettyjen laakeripesien pulttijako. Tämä mahdollistaa erityyppisten akselien käytön myös uudessa runkomallissa. Profiilien laatuun on helpompi vaikuttaa, koska muovausvaiheilla on useita kiinnityskohtia rungossa. Testausvaiheessa vaiheiden paikkaa on helppo muuttaa optimaalisen paikan löytämiseksi. Tarvittaessa vaiheita voidaan myös lisätä ilman runkoon tehtäviä muutoksia. Tämän muutoksen oletetaan nopeuttavan testivaihetta merkittävästi ja siten myös koneen läpimenoaika.



KUVA 10. Kohdistusnastat ja kevennykset liitoksessa (Tuononen 2014.)

Runkomateriaaliksi valittiin 10 mm teräslevy ja yläreunaan tuleviksi jäykisteiksi 100 \* 50 \* 5 mm kokoa oleva RHS-putki. Teräksen paksuus valittiin kehitettävästä rungosta saatujen kokemusten perusteella. Vanhan rungon sivulevyjen paksuus oli 8 mm ja oli huomattu, että etenkin normaalia paksumpien muovattavien aineiden kanssa sivulevy antoi hieman periksi. Myös sivulevyn korkeuteen kiinnitettiin huomiota. Sivulevyn korkeutta saatiin laskettua 150 mm suunnittelemalla voimansiirron sähkömoottorin kiinnitys uudelleen. Samalla rungon rakenne jäykistyi entiseen runkoon verrattuna.

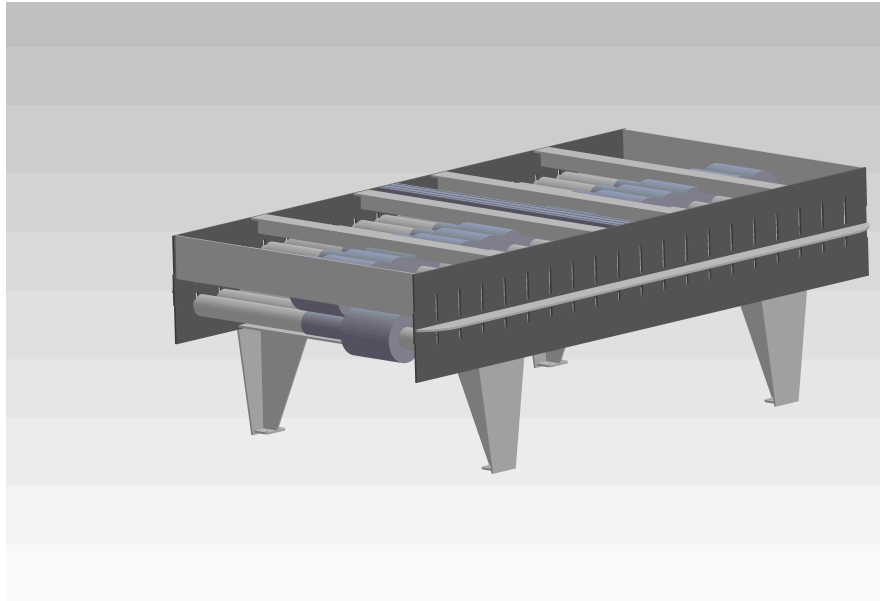
Rungon sivulevyjen väliset osat suunniteltiin siten, että niistä muuttui vain pituus tarvittaessa erilevyistä runkoa. Useimmiten konetyypit määritellään sen mukaan, mikä on koneessa käytettävän teräslevyn leveys. Yleisimmät leveydet ovat 1250 mm leveästä kelasta tasajaolla leikatut rainat, kuten  $1250/2 = 625$  mm,  $1250/3 = 417$  mm ja  $1250/4 = 250$  mm. Myös 1000 mm leveät kelat ovat yleisesti käytössä. Näistä kahta kapeimpaa rainaa päätettiin käyttää samassa runkoleveydessä, joten eri runkovariaatiota saatiin tässä vaiheessa neljä.

Ensimmäisessä mallinnuksessa jokaisella perusosalla oli erillinen jäykiste. Osien määrän minimoiseksi päätettiin kaikki leikkeet särmätä jäykkyyden lisäämiseksi. Tällä toimenpiteellä saatiin korvattua erilliset jäykisteet. Särmäyksen ongelma on takaisinjousto, joka vaikuttaa särmättävän kappaleen mittoihin. Kaikki osiin tehtävät särmäykset suunniteltiin siten, ettei mahdollinen takaisinjousto vaikuta itse rakenteen kokoonpantavuuteen. Esimerkiksi rungon jalka (kuva 11) koostui alun perin kolmesta osasta, joista kaksi saatiin korvattua särmäämällä jalan perusosa. Särmäyssäteeksi valittiin teräslevyn paksuus eli 10 mm. Kaikki leikkaukset ja särmäykset hyväksytettiin yhteistyökumppanilla ennen osien tilausta.

Prototyypissä oli 13 osaa, joista 10 osaa on valmistettu samasta raaka-aineesta. Aiemmin laskettu laatuprosentti vanhalle runkotyypille (kaava 1) oli 40. Uudella runkotyypillä vastaavaan rullamuovauskoneeseen tarvitaan kolme runkoa, joten osia on yhteensä 39 kpl. Laskemalla saadaan uuden rungon laatuprosentiksi 82 (kaava 2), joka on yli sadan prosentin parannus kehitettävän rungon laatuprosenttiin verrattuna.

$$(0,995)^{39} * 100 \% = 82,2 \%$$

(2)



KUVA 11. Rungon ensimmäinen 3D-malli (Tuononen 2014.)

#### 4.2 Varustelun rajapinnat

Rullamuovauskone voidaan varustella useilla lisälaitteilla, joista osa on välttämättömiä koneen toiminnan kannalta. Konfiguroitavuus on tärkeä seikka myyntitilanteessa, ja moduloinnin ansiosta hinnoittelu on helpompaa. Suunnitteluvaiheessa otettiin huomioon kaikki tiedossa olevat mahdolliset varustevariaatiot ja tehtiin niille sopivat rajapinnat, jotka eivät sulkisi toisiaan pois. Kaikkia tulevia tarpeita ei voida tietenkään ennakoita, mutta valittuun runkokonstruktioon on helppo lisätä kiinnitysreikiä ja tilavaruuksia uusien tarpeiden ilmaantuessa. Rullamuovauskoneen toiminnan kannalta välttämättömät varusteet ovat:

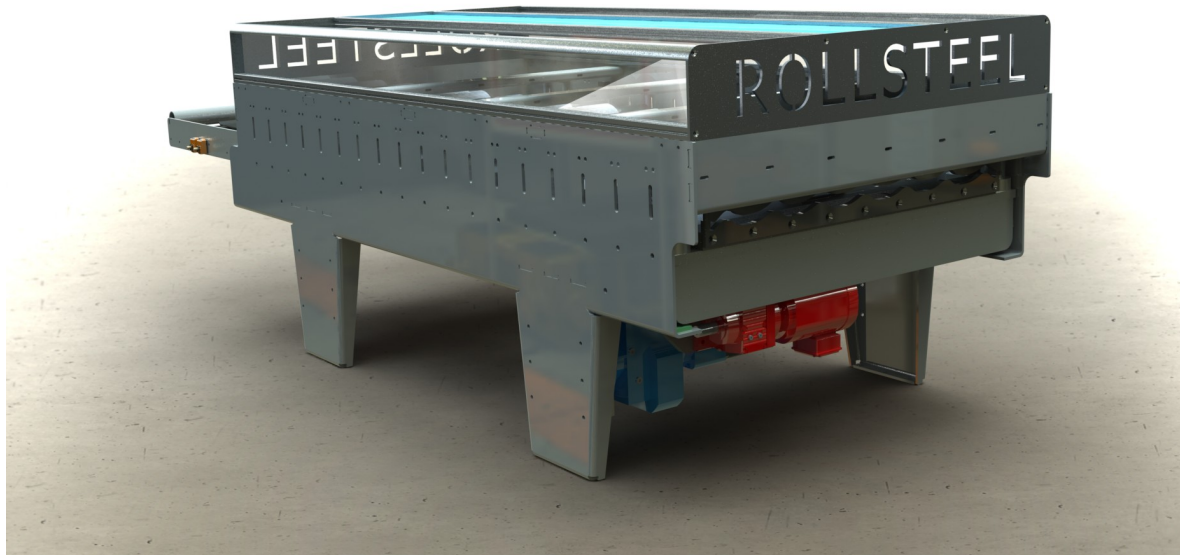
- syöttöpöytä
- akselit ja rullasto
- voimansiirto
- ohjaus
- hätäseis-järjestelmä
- suojaus.

Rullamuovauskoneeseen konfiguroitavat mahdolliset lisävarusteet ovat:

- muovinlevityslaitteet
- voitelulaite
- etuleikkuri

- erilaiset rei'ittimet ja lävistimet
- takaleikkuri
- mustesuihkutulostin
- erilaiset automaattisäädöt
- puristin
- vastaanottolaitteet
- pakkauslaitteet
- integroidut ohjausjärjestelmät
- valaistusjärjestelmät
- kamerat kaukovalvontaa varten
- automaattivoitelujärjestelmät.

Rungon suunnittelun yhteydessä täytyi myös suunnitella varusteet kokonaan uusiksi, jotta halutut rajapinnat saataisiin toimiviksi ja käytännöllisiksi (kuva 12). Tässä kiinnitettiin suurta huomiota osien määrään, joka edellisessä runkomallissa oli kasvanut erittäin suureksi. Varusteiden suunnittelu eteni rungon suunnittelun yhteydessä. Kaikkia varusteita ei suunniteltu valmiiksi, vaan vähintään siihen pisteeseen, että saatiin kiinnityksen rajapinta ja tilavaraus valmiiksi. Työ jatkuu tulevaisuudessa.



KUVA 12. Renderöity 3D-malli varustettuna (Tuononen 2014.)

## 5 VALMISTUS

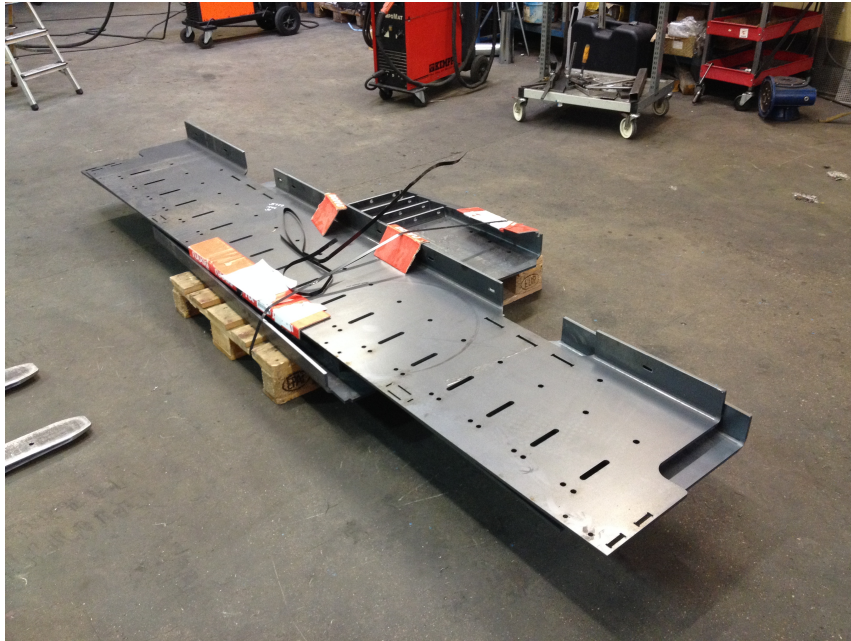
Suomessa laserleikkausta on alihankintana riittävästi tarjolla. Sen sijaan mahdollisuutta putkien laserleikkaukseen ei ole kovinkaan monella yrityksellä tarjota. Useilta alihankkijoilta pyydettiin tarjoukset tarvittavista laserleikkeistä ja niihin tulevista särmäyksistä. Toimittaja valittiin toimitusajan ja hinta- ja laatusuhteen perusteella. Jo varhaisessa vaiheessa haluttiin löytää varma ja nopea toimittaja halvimman sijaan. Selvitettiin myös alihankkijan laserleikkauskeskusten kunto ja se, miten moderni laitekanta on, koska pyrittiin saamaan paras hyöty nopeasti kehittyvistä laserleikkaustekniikoista.

Hitsaus ja kokoonpano päätettiin suorittaa yrityksen tiloissa työtilanteen sen salliessa. Rungon osat olisi ollut mahdollista tilata valmiiksi kokoonpantuna ja hitsattuna, mutta ainakin prototyypirungon kokoonpano ja hitsaus päätettiin tehdä itse. Rungon sarja- valmistuksen mahdollisesti alkaessa alihankinnan käyttäminen kokoonpanossa otetaan uudelleen harkintaan.

### 5.1 Laserleikkaus

Laserin työstösovellukset ovat erittäin monipuoliset. Laser eri muodoissaan onkin ollut konepajateollisuuden käytössä Suomessa yli kolmen vuosikymmenen ajan. Konepajateollisuudessa Suomi on monella osa-alueella edelläkävijä. Eri lasermenetelmien tuntemus on tärkeää suunnittelun alkaessa, jotta kaikki edut saataisiin hyödynnettyä. Näistä eduista teollisuudessa hyödynnetään kuitenkin vain murto-osaa. (Kujanpää, Salminen ja Vihinen 2005, 14 - 23).

Suomessa yleisimmät laserin käyttösovellukset ovat leikkaus ja merkkäus, joista leikkauksen osuus on n. 60 %. Laserleikkaus on terminen prosessi, jossa lasersäde sulattaa ja höyrystää materiaalia luoden koko materiaalipaksuuden läpi menevän sylinterimäisen reiän, josta sula metalli puhalletaan hapen avulla pois. Hyvän leikkauslaadun saavuttamiseksi täytyy hallita monia eri parametrejä, kuten leikkausnopeus, suuttimen geometria ja polttopisteen asema. Laserleikkauksen pääetuja ovat mm. vapaus leikatavan kappaleen muotoon, hyvä ja tarkka työstöjälki ilman jatkokäsittelyä sekä hyvä tuottavuus nopeuden ansiosta. (Kujanpää, Salminen ja Vihinen 2005, 14 - 23).



KUVA 13. Laserleikatut rungon osat (Tuononen 2014.)

Laserleikatut osat tilattiin HT Laser Oy:ltä Vieremän toimipisteestä (kuva 13). Tarjoukset pyydettiin kolmelta eri alihankkijalta, mutta HT Laser oli ainoa joka pystyi valmistamaan kaikki osat nopealla toimitusajalla. Ero hinnoissa halvimman ja kalleimman välillä oli n. 10 %, halvimpana HT Laser. Suunnittelussa ei huomioitu levynhukkaa, koska alihankkija käyttää levyä myös muiden asiakkaiden projekteihin ja sovittaa leikattavat kappaleet siten, että mahdollisimman pieni osa levystä menee hukkaan. Tulevaisuudessa harkitaan oman laserleikkuyksikön hankkimista jos volyymit merkittävästi kasvavat taantuman joskus hellittäessä.

## 5.2 Kokoonpano

Rungon kokoonpano aloitettiin tarkistamalla ja mittaamalla kaikki laserleikkeet. Leikkeiden laatu oli erinomainen ja ainoa käsittely osille ennen kokoonpanoa oli leikkauspurseen poisto harjaamalla, tosin kaikissa kohdissa tämä ei ollut välttämätöntä. Ennen maalausta runko hiekkapuhalletaan, jolloin nämä purseet todennäköisesti irtoavat. Osat olivat erittäin mittatarkkoja ja kohdistusnastoille määritelly 0,1 mm vällys osoittautui juuri sopivaksi.

Runko päätettiin kasata ylösalaisin, koska rungon yläosa on mittatarkin. Sopivan jigin puuttuessa runko kasattiin lattialla tukevaa pöytää vasten. Tästä huolimatta runko oli helppo kasata kohdistusnastojen avulla ja tulevaisuudessa valmistettava asennusjigi nopeuttaa kokoonpanoa huomattavasti.



KUVA 14. Kokoonpano alkeellisen jiggin avulla (Tuononen 2014.)

Ensimmäisen kokoonpanon jälkeen runko purettiin ja kasattiin uudelleen mitaten kokoonpanoaika. Kahdelta mieheltä kasaus vei aikaa n. 1,5 tuntia. Tulevaisuudessa kokoonpanoaika tulee olemaan paljon lyhyempi, kunhan osien kokoonpanoa helpottava jigi valmistuu. Runko vedettiin kasaan pitkillä kierretangoilla (kuvat 14 ja 15). Liitoskohtien suuret kohdistuspinnat oikaisivat rungon suoraksi kuten oli suunniteltu. Rungon ristimitta mitattiin monesta eri kohdasta, mutta mittaheittoja ei havaittu.



KUVA 15. Runko kasattuna ennen hitsausta (Tuononen 2014.)

Rungossa olevat liitokset hitsattiin yrityksen tiloissa hitsaaja Ville Sopasen toimesta käyttäen yrityksen vesijäähdytteistä MIG-hitsauskonetta. Rungon kaikki liitoskohdat hitsattiin kiinni muutamasta kohdasta ennen lopullista sauman hitsausta. Esikiinnityksen jälkeen kierretangot poistettiin ja tarkistettiin rungon ristimitta, joka oli pysynyt muuttumattomana.

Hitsauksen kannalta paras työjärjestys oli valmistaa ensin rungon yläosa, jonka jälkeen rungon jalat kiinnitettiin. Tämän jälkeen runko käännettiin ja hitsattiin saumat alajäykisteen toisille puolille. Hitsauksen jälkeen tutkittiin mahdolliset hitsauslämmön aiheuttamat muoto- ja mittamuutokset. Mitat olivat edelleen muuttumattomat ja ainoat muodonmuutokset havaittiin rungon yläjäykisteen hitsauskohdissa (kuva 16). Havaittu muutos oli kuitenkin vain visuaalinen, eikä vaikuttanut rungon toimivuuteen tai mittoihin.

Rungon jäykkyyttä ei voitu vielä tässä vaiheessa todeta, mutta runko kesti kaiken nostelun ja kääntelyn taipumatta. Hitsaajan oma arvio oli, että runko on jäykempi verrattuna alkuperäiseen runkoon. Rungon massaksi tuli mallinusohjelman mukaan 585 kg. Paino tarkistetaan myöhemmin nostokoukkuun kiinnitettävällä vaa'alla.



KUVA 16. Rungon yläjäykisteen hitsaussauma (Tuononen 2014.)

## 6 YHTEENVETO

Työn tuloksena syntyi uusi moduloitu runkorakenne, jonka rakenteet toteutettiin käytännöllä nykyaikaisia koneellisia valmistusmenetelmiä. Käsitöiden osuus osien valmistuksessa laski käytännössä nolleen. Uuden runkorakenteen mukana kehitettiin yrityksen prosesseja tietojen hallinnan ja osien nimeämisen selkeyttämiseksi. Haluttujen konfiguraatiomahdollisuuksien sisällyttäminen runkoon osoittautui odotettua haastavammaksi. Rungon arvioitu elinkaari on 10 – 15 vuotta, joten kaikki valmistukseen ja varusteisiin liittyvät osa-alueet haluttiin ottaa huomioon runkoa suunniteltaessa. Aikataulu oli lopulta erittäin tiukka, mutta prototyypirunko saatiin ajoissa tekeille.

Rungon suunnitteluprosessi eteni nopeasti onnistuneen esisuunnittelun ansiosta. Osa henkilökunnasta otettiin esisuunnitteluun mukaan. Luonnosteluvaiheessa ratkottiin suurin osa käytännön ongelmista ja rungon ulkonäkö hahmottui. Yrityksen päätöksentekoprosessin nopeus varmisti aikataulussa pysymisen. Mallinnusvaiheessa ei tarvittu tehdä enää suuria muutoksia, vaan siinä keskityttiin optimoimaan rakenteita ja vähentämään osien määrää.



KUVA 17. Valmis prototyypirunko (Tuononen 2014.)

Rungosta valmistettiin prototyyppi (kuva 17), joka kokoonpantiin ja hitsattiin yrityksen tiloissa. Runkoa käytetään testipenkkinä uudelleen suunniteltujen varusteiden testaamisessa ennen lopullisen tuotannon aloittamista. Päätöksenteko yrityksessä oli nopeaa eikä turhaa byrokratiaa ollut missään vaiheessa. Vaatimusluettelossa asetetut tavoitteet saavutettiin niiltä osin, kuin pystyttiin tässä vaiheessa todentamaan. Prototyyppi-rungon testaaminen jatkuu tulevaisuudessa ja vasta lopullisen testauksen jälkeen voidaan projektin onnistumisesta olla täysin varmoja.

Laaditun projektisuunnitelman noudattaminen jäi kesken. Projekti osoitti kunnollisen ajanhallintasuunnitelman merkityksen. Tulevissa projekteissa projektisuunnitelman laadintaan ja noudattamiseen kiinnitetään erityistä huomiota. Esisuunnittelu, mallintaminen, piirustusten teko ja dokumentointi onnistuivat kiitettävästi. Systemaattisesti rakennetun piirrepuun ansiosta kokoonpanojen hallinta on tulevaisuudessa helpompaa. Piirrepuun hallinta jalostetaan sopivaksi myös muille koneityypeille. Runkomoduulin kokoonpanoon PDM-järjestelmässä on lisätty Excel-taulukko, johon on eritelty koneessa käytetyt osat. Tähän taulukkoon kirjataan kaikkien osien kustannukset, toimittajat sekä läpimenoajat. Myynti saa taulukosta tarkan tiedon kustannuksista ja koneen arvioidusta läpimenoajasta.

Runkorakenteen kokoonpano osoittautui helpoksi ja hitsaus onnistuivat ongelmitta. Rungon läpimenoaika lyheni n. 75 %. Läpimenoaika lyhenee tulevaisuudessa kunnollisen asennusjigin valmistuttua. Osien yhteensopivuus oli hyvä, eikä niitä tarvinnut muokata kokoonpanovaiheessa. Rungossa käytettävien osien ja nimikkeiden määrää saatiin pudotettua yli 50 %. Runko näyttää viimeistellyltä ja tukevalta. Arvioitiin, että tukevuus on samaa luokkaa entisen rungon kanssa. Rungon toimivuus arvioidaan lopullisesti vasta, kun varusteiden prototyypit valmistuvat ja ne asennetaan runkoon. Rungon valmistuskustannukset alenivat merkittävästi verrattuna kehitettävään runkoon. Valmistuskustannukset maalattuna olivat n. 500 €/m, eli noin 50 % vähemmän verrattuna alkuperäisen rungon kustannuksiin, jotka olivat n. 1000 €/m.

Jatkossa osin automaattisesti päivittyvä hinnasto ja kustannusten seuranta mahdollistavat suunnittelijoiden tehokkaamman työpanoksen ja virheettömämmät kustannusarvot. Kun tietojen hallinta ja päivitys on riittävän hyviä, voidaan alkaa rakentaa myyntikonfiguraattoria. Tämä olisi myyntiedustajien mielestä tervetullut uudistus. Osien nimeämiseen täytyy tulevaisuudessa panostaa vielä enemmän ja kehittää yrityksen tarpeisiin sopiva järjestelmä, jota kaikki yrityksen työntekijät ymmärtävät.

Simulointiohjelmien käyttäminen tehostaisi suunnitteluprosessia ja nopeuttaisi kehitysprojektien läpivientiä. Käytännössä tämä tarkoittaisi olemassa olevan SolidWorks 3D-mallinnusohjelman päivittämistä Premium-versioon, jolla voidaan simuloida kappaleiden ja kokoonpanojen rasituksia. Savonian muotoiluosastolta kysyttiin apua suojien muotoiluun, koska siellä oli hyviä näkemyksiä etenkin suojien käytettävyydestä. Yrityksen koneissa käyttämä suojamalli on Savonian muotoiluosaston kehittämä. Yritys tekee vuosittain 20 - 40 asiakasvierailua yleensä asiakkaan tuotantotiloissa. Nämä käynnit voisi hyödyntää systemaattisemmin kilpailijoiden tutkimiseen ja vertailuun. Esimerkiksi asiakaskäynneillä voitaisiin kuvata eri valmistajien koneet sekä kirjattaisiin tuotantomenetelmiä, joita asiakas käyttää.

Hitsatun yläjäykisteen korvaaminen rakenteissa pulttikiinnitteisellä alumiiniprofiililla mahdollistaisi matalamman sivulevyn, jäykemmän rakenteen, helpomman kokoonpanon ja paremman rajapinnan lisävarusteille. Lisäksi sillä poistuisi hitsauksen lämmöstä johtuva sivulevyn kosmeettinen muodonmuutos. Jalkojen alaosaan sijoitettu poikittainen RHS-putkesta valmistettu jäykiste antaisi tukevuutta voimansiirron kiinnitykseen. Voimansiirtoa varten sivulevyyn tehdyn leikkauksen muuttaminen aukoksi lisäisi särmätyn reunan jäykkyyttä.

## LÄHTEET

PIIRONEN, Tomi 2013. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Julkaisutoiminta.

ANDERSON, David M. 1997. Agile product development for mass customization. Times mirror higher education group.

KUJANPÄÄ Veli, SALMINEN Antti ja VIHINEN Jorma 2005. Lasertyöstö. Tampere, 2005. Tammerpaino Oy.

LASSILA, Sami 2012. Ohutlevykonetuotannon tehostaminen. Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2014-03-26.] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/41412>

NISKANEN, Tuomo 2014-03-28. Toimitusjohtaja. [Haastattelu.] Kuopio: Rollsteel-Machine Oy.

ROLLSTEEL-MACHINE OY 2013. [valokuva]. Saatavissa: <http://www.rollsteel.fi/albumi/variousrollformingmachinery>

DATA M 2012. Rollforming the future. [esite]. [Viitattu 2014-03-26.]

HIETIKKO, Esa 2008. Tuotekehitystoiminta. Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä. Kopijyvä Kuopio.

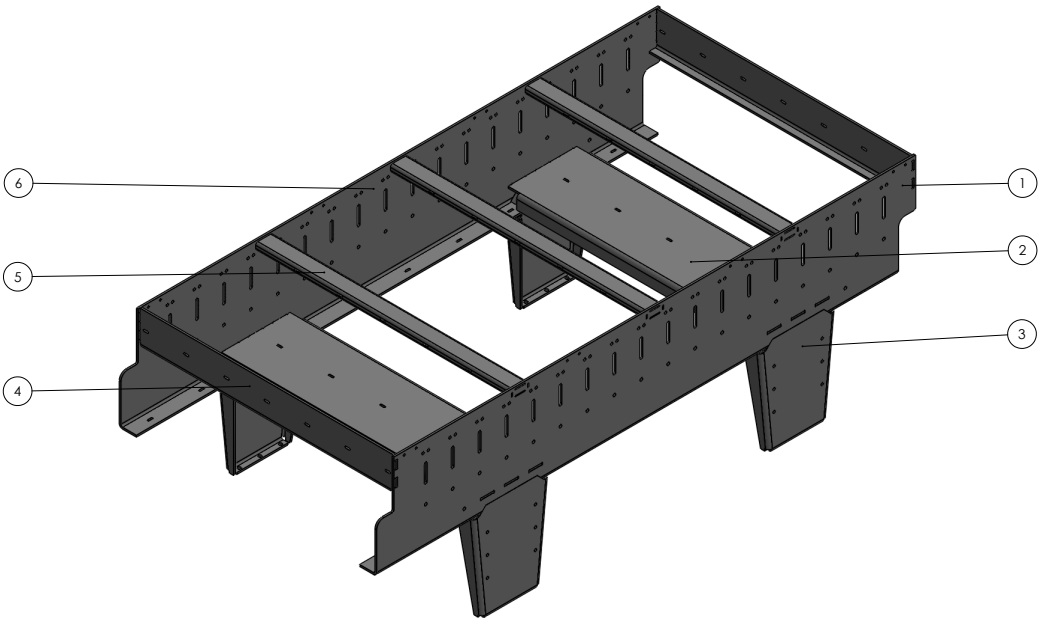
SARINKO, Kati. 1999. Asiakaskohtaisesti muunneltavien tuotteiden massaräätälöinti, konfigurointi ja modulointi. Espoon teknillinen korkeakoulu, diplomityö.

REPLICATOR 2014. [valokuva]. Saatavissa: <http://replicatorinc.com/blog/2009/04/6-types-of-mass-customization/>

TUONONEN, Pasi 2012 – 2014. [valokuva]. Henkilökohtainen arkisto.

LAINEN, Elina 2008. Benchmarking-menetelmän hyödyntäminen yrityksen energianhallinnan työkalun toteutuksen suunnittelussa. Liiketalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2014-04-13.] Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/11265>

LIITE 1: RUNGON KOKOONPANOKUVAT

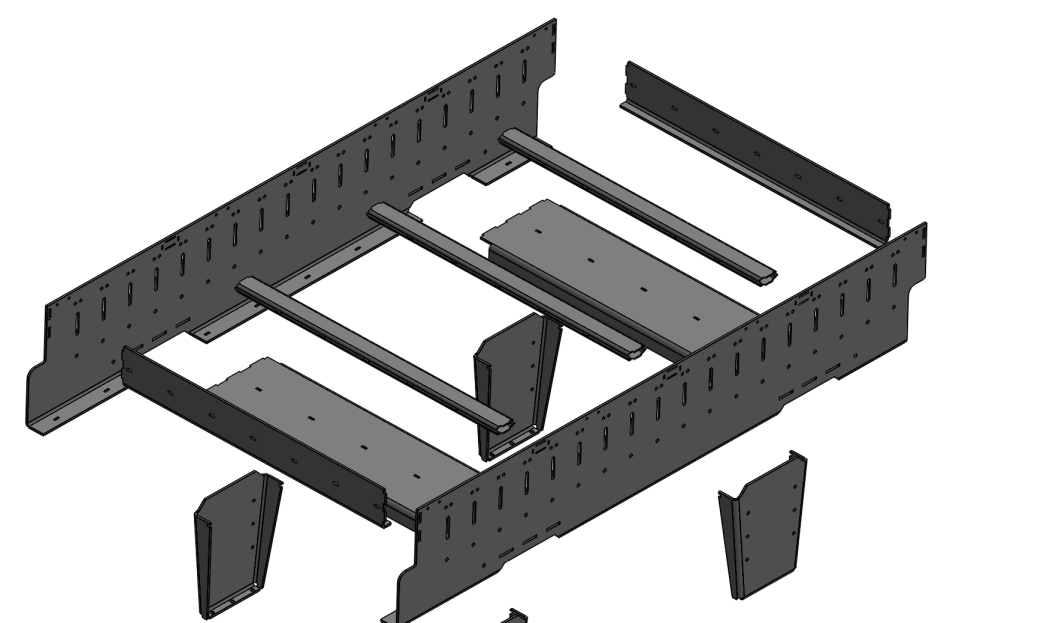


KONFIGURAATIO: Default

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY.
1	35789_Sivulevy			1
2	35788_Aicutuki			2
3	35787_Jalka			4
4	35790_Pöytälevy			2
5	35791_Ylöjykykiste			3
6	35792_Sivulevy (peilikuva osasta 35789)			1

<small>Tuotteen valmistusohjeet löydät osittain sivustiltamme sivustolta <a href="http://www.rollsteel-machine.com">www.rollsteel-machine.com</a>. Lisätietoja tuotteista löydät sivustolta <a href="http://www.rollsteel-machine.com">www.rollsteel-machine.com</a>.</small>		Materiaali EN 10025	KPL	PAIKAVYS	MM	MITTAK
<small>Tässä oleva informaatio on RollSteel-Machine Oy:n omaisuutta, eikä sitä saa julkistaa tai luovuttaa kolmansille osapuolille ilman RollSteel-Machine Oy:n kirjallista lupaa.</small>			KG	PR	Ø 2020	1:12
<small>Tässä oleva informaatio on RollSteel-Machine Oy:n omaisuutta, eikä sitä saa julkistaa tai luovuttaa kolmansille osapuolille ilman RollSteel-Machine Oy:n kirjallista lupaa.</small>		NIMITYS - NAME	PROJEKTI		LUO	
ROLLSTEEL-MACHINE OY		Runko	TYÖNUMERO		LUO-25-001-35793	
<small>Itkonniemenkatu 29 70500 Kuopio Finland</small>		Profiilikonneston moduulitu runko 1500	PIIRINUMERO		35793	
		KOKKOONPANO / OSAKOKOONPANO	NIMI		DEV.001	
		Profiilitrata / Runko				

PW14.4.2014 - Tiedonpöytä/D:\DW\Works\working\directory\35793\_Runko\_Vihreä\Tietomallit\Part\_Tuotantou...



KONFIGURAATIO: Default


ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY.
1	35789_Sivulevy			1
2	35788_Aicutuki			2
3	35787_Jalka			4
4	35790_Pöytälevy			2
5	35791_Ylöjykykiste			3
6	35792_Sivulevy (peilikuva osasta 35789)			1

<small>Tuotteen valmistusohjeet löydät osittain sivustiltamme sivustolta <a href="http://www.rollsteel-machine.com">www.rollsteel-machine.com</a>. Lisätietoja tuotteista löydät sivustolta <a href="http://www.rollsteel-machine.com">www.rollsteel-machine.com</a>.</small>		Materiaali EN 10025	KPL	PAIKAVYS	MM	MITTAK
<small>Tässä oleva informaatio on RollSteel-Machine Oy:n omaisuutta, eikä sitä saa julkistaa tai luovuttaa kolmansille osapuolille ilman RollSteel-Machine Oy:n kirjallista lupaa.</small>			KG	PR	Ø 2020	1:12
<small>Tässä oleva informaatio on RollSteel-Machine Oy:n omaisuutta, eikä sitä saa julkistaa tai luovuttaa kolmansille osapuolille ilman RollSteel-Machine Oy:n kirjallista lupaa.</small>		NIMITYS - NAME	PROJEKTI		LUO	
ROLLSTEEL-MACHINE OY		Runko	TYÖNUMERO		LUO-25-001-35793	
<small>Itkonniemenkatu 29 70500 Kuopio Finland</small>		Profiilikonneston moduulitu runko 1500	PIIRINUMERO		35793	
		KOKKOONPANO / OSAKOKOONPANO	NIMI		DEV.001	
		Profiilitrata / Runko				

PW14.4.2014 - Tiedonpöytä/D:\DW\Works\working\directory\35793\_Runko\_Vihreä\Tietomallit\Part\_Tuotantou...



## LIITE 2: VAATIMUSLUETTELO

 <b>SAVONIA</b>	<b>VAATIMUSLUETTELO</b> Sivu 1(2) Päiväys: 22.02.2014 Laatinut: Pasi Tuononen
<b>Projektin nimi:</b>	<b>Rullamuovauskoneen rungon modulointi Rollsteel-Machine Oy</b>

Muut.	K/V/T	Kehitettävän tuotteen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:	Vastaava
	K	Kiinteä vaatimus: Vaatimuksen tulee toteutua kaikissa tilanteissa	
	V	Vähimmäisvaatimus: Vaatimuksella on raja-arvo, joka on saavutettava ja jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa	
	T	Toivomus: Tarve, joka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan	
	K	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Täytettävä standardit</li> <li>- Siirtelyn ja noston kestävä rakenne</li> <li>- Profiilikorkeudet 10-50 mm</li> <li>- Voitava asentaa peräkkäin useita runkoja</li> <li>- Valmistushinta korkeintaan 20% korkeampi kuin nykyisellään</li> <li>- Materiaalit ovat hyvin saatavilla olevia varastotuotteita</li> <li>- Voitava käyttää erikokoisia sähkömoottoreita</li> <li>- Tarkat valmistuskuvat</li> <li>- Rajapinnat kaikille varusteille</li> <li>- Mittatarkka rakenne joka mahdollistaa laadukkaat profiilit</li> <li>- Korkeussäädettävät jalat epätasaisille lattioille</li> <li>- Pinnoitettavissa korroosiota vastaan</li> </ul>	

V		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kestävä rakenne</li> <li>- Osien määrän vähennyttävä 30%</li> <li>- Helppo valmistettavuus</li> <li>- Konfiguroitavissa eri tuoteveyksille</li> <li>- Yläkselin korkeussäätö</li> <li>- Vähintään yhtä jäykkä kuin vanha rakenne</li> <li>- Ei tarvetta jälkiporauksille</li> <li>- Valmistusaika 50% lyhyempi verrattuna vanhaan runkomalliin</li> <li>- Varustelun asennus helppoa ja yksiselitteistä</li> <li>- Kustannustehokas</li> <li>- Leikkurit ja puristimet sijoitetaan rungon sisään</li> <li>- Paino alle 250kg/m</li> </ul>	
T		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mainostava</li> <li>- Tyylikäs</li> <li>- Muotoilu tarkoituksen mukaista ja kilpailijoista erottuvaa</li> <li>- Yhtenäinen tuoteperhe</li> <li>- Värimaailma ja yleisilme harkitun näköinen</li> <li>- Voitava asentaa 2 runkoa päällekkäin (tuplakone)</li> <li>- Sähköjen ja hydrauliiikan asennus rungon sisälle</li> <li>- Rakenteessa käytetään korkeintaan kahta materiaalia/profiilia</li> </ul>	

