

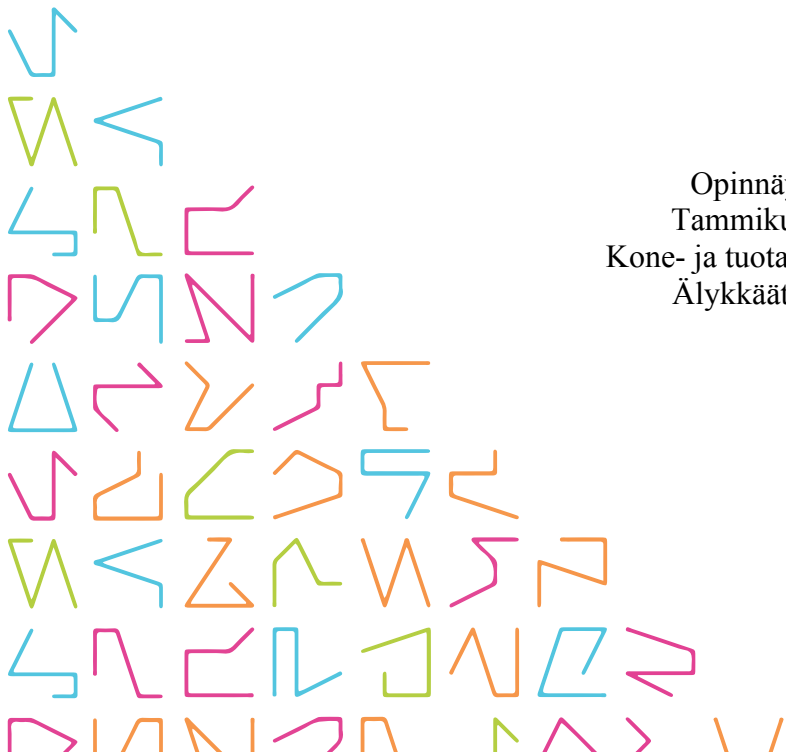


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# PUTKILASERTEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄ- MINEN PROFIILIRAKENTEISSA

Esa Ristimäki

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Älykkäät koneet



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Älykkäät koneet

RISTIMÄKI ESA:  
Putkilaserteknologian hyödyntäminen profiilirakenteissa

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 1 sivua  
Helmikuu 2016

---

Opinnäytetyön aiheena oli testata Suomen Putkilaser Oy:n uutta suunnittelukonseptia. Konsepti oli koettu tarpeelliseksi, koska yrityksessä oli huomattu, että putkilaserteknologia oli monille suunnittelijoille vielä uusi asia ja sitä ei osattu hyödyntää tehokkaasti suunnittelussa ja valmistuksessa.

Suunnittelukonseptia testattiin työelämän kohdeyrityksen tuotteille, jolloin saatiin todellisuutta vastaavat tulokset konseptin toimivuudesta. Putkilaserin profiilirakenteisiin keskittynyt suunnittelu- ja valmistusosaaminen vaikutti positiivisesti asiakkaan tuotteen kustannuksiin. Tuotteen leikkaus- ja hitsausaikoja saatiin lyhyemmiksi, kokoonpantavuutta parannettua ja materiaalihallintaa yksinkertaistettua.

Suunnittelukonsepti todettiin toimivaksi sekä kohdeyrityksen että Suomen Putkilaserin kannalta. Putkilaserteknologian hyödyt tuntevan suunnittelijan käyttö havaittiin toimivaksi keinoksi parantaa profiilirakenteiden valmistuksen tehokkuutta.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Intelligent machines

RISTIMÄKI ESA:

How to take advantage of tube cutting laser-technology in profile manufacturing

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 1 pages  
February 2016

---

The object of the thesis was to investigate Suomen Putkilaser Oy's new design concept. The concept was developed after it was determined that tube cutting laser-technology was still a new process to many designers and had not been efficiently put to use in the design and production.

The design concept was put to test on products of a customer company to get realistic results on how well it works in practice. Expertise in the designing and producing of laser cut profile structures had a positive impact on the cost of the final product. Both the cutting- and assembly times became shorter, the assembly phase was made easier and also the material control simplified.

Both Suomen Putkilaser Oy and the customer were satisfied with the design concept. The use of a designer who is accustomed to the advantages of tube cutting laser-technology was found to be a good way of improving the efficiency of the construction of profile structures.

---

Key words: tube laser, profile design

## **Alkusanat**

Tämä opinnäytetyö putkilaserteknologian hyödyntämisestä profiilirakenteissa tehtiin talvella 2015 – 2016 Suomen Putkilaser Oy:n toimeksiannosta. Työn nopean valmistumisen mahdollisti työntilaajan sekä kohdeyrityksen positiivinen, asiantunteva ja kehittymishaluinen ilmapiiri.

Haluan kiittää työn ohjaajaa Kari Ingmania hänen antamastaan tuesta ja luottamuksesta tulevaa insinööriä kohtaan. Haluan myös erityisesti osoittaa kiitokseni Mikko Metsolle, joka jaksoi aina auttaa prototyyppien leikkaamisessa.

Kiitokset opinnäytetyön ohjaajalle Pentti Huttuselle, joka vastasi nopeaan aikatauluun ja ohjasi loistavasti työn etenemistä. Kiitokset myös kaikille muille, jotka ovat vaikuttaneet jollain tavoin työn loppuunsaattamiseen. Suurin kiitos rakkaalle vaimolleni Katriinalle joka on minua tukenut kaikki opiskeluvuodet kaikissa ylä- ja alamäissä.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	LEAN-AJATTELU .....	8
2.1	Tausta.....	8
2.2	Yksinkertaisesti.....	8
2.3	Hieman syvemmin .....	8
2.3.1	Virtaustehokkuus.....	8
2.3.2	Kaizen .....	9
2.3.3	Muda .....	10
3	SUOMEN PUTKILASER OY:N SUUNNITTELUKONSEPTI.....	11
3.1	Putkilaserteknologian hyödyntäminen valmistuksessa.....	11
3.2	Kappaleen uudelleensuunnittelu .....	14
3.3	Profiilien yhdenmukaistaminen ja standardimateriaalien käyttö.....	17
3.4	Prototyypivaiheen toteuttaminen yhteistyössä asiakkaan kanssa .....	17
3.5	Profiilisuunnittelun kokonaisvaikutus valmistukseen.....	17
3.6	Konsepti työkaluna .....	18
4	CASE: KOHDEYRITYKSEN TUOTTEEN RUNKO-OSIEN UUELLEEN SUUNNITTELU .....	19
4.1	Tavoitteet .....	19
4.2	Taustat.....	19
4.3	Kappaleiden uudelleen suunnittelu .....	21
4.4	Prototyypivaihe .....	24
4.5	Muutokset prototyyppien pohjalta .....	27
5	SUUNNITTELULLA SAAVUTETUT TULOKSET .....	29
5.1	Vertailu .....	29
5.2	Kokoonpano 1 .....	29
5.3	Kokoonpano 2.....	31
5.4	Kokoonpano 3.....	33
5.5	Yhteenvedo .....	34
6	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET .....	38
	LIITTEET .....	39
	Liite 1. Esimerkki leikkausajan simuloinnista.....	39

**ERITYISSANASTO**

Putkilaser	Profiilien laserleikkaukseen tarkoitettu laite
Tube Design	profiilirakenteisiin erikoistunut 3D-mallinnusohjelma
TruTops	ohjelma jolla tehdään putkilaserkoneelle leikkausohjelma
.SAT	yleinen 3D-mallien tiedostomuoto
.STEP	yleinen 3D-mallien tiedostomuoto
SolidWorks	ammattikäyttöön tarkoitettu 3D-suunnitteluohjelmisto

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kuinka oikeanlaisella suunnittelulla voidaan vaikuttaa putki- ja profiilirakenteiden valmistuksen kokonaistehokkuuteen. Tarve tälle työlle syntyi, koska putkilasertekniikka on vielä monille suunnittelijoille tuntematon, mistä johtuen sen tuomia etuja ei osata hyödyntää tehokkaasti suunnittelussa. Työn tilaajan toimii Suomen Putkilaser Oy, joka omaa reilun kymmenen vuoden kokemuksen profiileiden ja putkien laserleikkauksesta.

Tässä työssä ongelmaa lähestytään oikean casen avulla, jossa tutkitaan ja muokataan kohdeyrityksen tuotteissa jo käytettäviä kappaleita. Parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi työ suoritetaan tiiviissä yhteistyössä kohdeyrityksen suunnittelijoiden ja tuotannonväen kanssa. Muokattavista kappaleista tehdään niin monta ehdotelmaa, että kohdeyritys hyväksyy ne ja lopulta ratkaisuja testataan fyysisillä prototyypeillä, jotta saadaan todellinen kuva muutosten vaikutuksista.

Työn tulokset analysoidaan vertailemalla vanhan ja uuden suunnittelun mukaisia kappaleita. Vertailussa käytetään hyväksi mitattavia arvoja kuten profiilin leikkausaika ja kappaleen hitsausaika. Tuloksia vertaillaan suoraan taulukoissa mahdollisimman selkeästi, jotta lukija saa kuvan siitä miten muutokset ovat kappaleen tuotettavuuteen vaikuttaneet. Uudelleen suunnitellut kappaleet on tarkoitus saada tuotantoon asti.

Pohdinta osiossa käydään läpi työn tuloksia myös subjektiivisemmin tekijän näkökulmasta, mietitään työn sujuvuutta ja lopputulosta omalta kannalta. Lisäksi mietitään mahdollisia jatkotutkimuksen aiheita.

## 2 LEAN-AJATTELU

### 2.1 Tausta

Lean on länsimaissa muodostettu nimitys johtamisfilosofialle, joka on kehitetty Toyota-konsernissa vuosikymmenien ajan (Vuorinen 2013, 71). Toyotalla tämä ajattelu on alkanut muotoutua toisen maailmansodan jälkeisinä vuosina, jolloin yrityksen tuli keksiä keino selviytyä ja kehittyä resurssien vähäisyydestä huolimatta (Modig & Åhlström 2013, 70). Modigin ja Åhlströmin (2013, 78) mukaan Lean on käsitteenä tullut esiin länsimaissa ensimmäisen kerran 1988 John Krafcikin kirjoittaman artikkelin myötä.

### 2.2 Yksinkertaisesti

Pohjimmiltaan Lean on asiakaskesteistä ajattelua, siinä pyritään tuomaan asiakkaalle lisäarvoa omalla tuotannon kehittämällä, vähentämällä hävikkiä ja tehostamalla tuotannon virtausta (Vuorinen 2013, 74). Perinteisesti tuotannossa pyritään resurssitehokkuuteen eli siihen, että mies tai kone olisi kokoajan työllistetty. Edellä mainittu senkin uhalla, että itse työstettävä osa/tuote/komponentti joutuu seisomaan välivarastossa. Lean ajattelussa taas pyritään siihen, että virtausyksiköt (osa/tuote/...) kulkisivat tehokkaasti läpi tuotannon ja niiden varastointi/välivarastointi aika ja seisominen jäisi mahdollisimman vähäiseksi. (Modig & Åhlström 2013, 22–27.)

### 2.3 Hieman syvemmin

#### 2.3.1 Virtaustehokkuus

Virtaustehokkuus on mittari sille kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu tarpeen tunnistamisen (asiakas on tilannut komponentin) ja tarpeen tyydyttämisen välillä (komponentti saadaan lähettämöön). Lisäksi kun tiedetään paljonko on ollut arvoa tuottava aika (komponentti on ollut työstettävänä), voidaan laskea virtaustehokkuus yhtälön (1) mukaisesti. (Modig & Åhlström 2013, 13–14.)

$$\frac{\text{Arvoa tuottava aika}}{\text{ajanjakso}} = \text{virtaustehokkuus (\%)} \quad (1)$$

Edellä mainitussa yhtälössä on tärkeää ymmärtää mitä on esimerkiksi arvoa tuottava aika ja miten se määritellään. Arvoa tuottavat toiminnot määräytyvät virtausyksikön mukaan. Esimerkiksi Putkilaserin tapauksessa virtausyksikkö on putki/profiili ja sille arvoa tuottava toiminto on leikkaus. Toisaalta myös asiakkaan tarve määrittelee virtausyksikön arvoa tuottavia toimintoja ja vaikutusta on myös sillä onko tarve välitön vai välillinen. Välitön tarve on merkityksellinen ja ehdoton, välillinen tarve taas ei. (Modig & Åhlström 2013, 23–25.)

Leania pohtiessa on tärkeää ymmärtää, että kyse ei ole suoraan opeteltavasta mallista, johon olisi valmiit työkalut ja ratkaisut. Useat yritykset ovat leanissa törmänneet ongelmiin, kun ne ovat pyrkineet esimerkiksi suoraan matkimaan Toyotan tekemiä ratkaisuja. Tärkeintä kuitenkin on sisäistää se filosofia, jonka pohjalta Toyota tekee näitä muutoksia ja ratkaisuja. (Modig & Åhlström 2013, 93.)

### **2.3.2 Kaizen**

Sana kaizen tulee japaninkielestä ja tarkoittaa muun muassa jatkuvaa parannusta, se on lean ajattelun peruseräilykset (Moore 2007, 159). Kaizenin jatkuvan parantamisen toimintamalli on yksinkertaisuudessaan seuraava: työntekijöille opetetaan perustoimintamalli, jonka pohjalta hän ymmärtää tekemänsä työn ja pystyy näin kehittämään paremmin ideoita (Santos, Wisk, & Torres, 2006, 125–127). Perustoimintamalli on eräänlainen työkalu, jolla säilytetään työnteon tuottavuuden ja turvallisuuden korkea laatu (Santos ym. 2006, 126).

Tässä mallissa on erittäin tärkeää, että työntekijän ja esimiehen yhteistyö ja kommunikatio toimivat saumattomasti, vain sillä voidaan taata sujuva mallin toiminta. Jos työntekijällä ei ole perustoimintamallia, niin hän ei voi toimia tehokkaasti eikä hänellä ole toimintaa, jota voisi jatkuvasti parantaa, selvä päämäärä puuttuu. Esimerkiksi Toyotan luomassa ja käyttämässä ajattelumallissa nimeltä Toyota Production System (lyh. TPS) on määritetty erikseen tarkka perustoimintamalli jokaiselle tehtaan työtehtävälle. (Santos ym. 2006, 126.)

### 2.3.3 Muda

Sana muda tulee myös japaninkielestä ja sen suora käänös on hukka. Muda on toinen Lean-ajattelun perinteisistä kulmakivistä. Leanissa hukaksi lasketaan kaikki asiat ja toiminnot, jotka eivät tuota lisäarvoa virtausyksikölle. Esimerkiksi Shigeo Shingo jota pidetään TPS-mallin johtavan osaajana määrittää arvoa tuottamattomiksi toiminnoiksi

- ylituotannon
- välivarastoinnin
- siirtymät
- viat tuotantokoneissa
- ylijprosessoinnin (liian hyvä tuote)
- odotusajan
- ylimääräiset työvaiheet.

Toisin sanoen leanissa tuotannossa tulisi järjestelmällisesti pyrkiä eliminoimaan edellä mainitun listan mukaisia toimintoja. Kyseisten tuottamattomien toimintojen karsimisella voidaan vaikuttaa positiivisesti virtausnopeuteen ja sitä kautta tuotteen läpimenoaikoihin. (Santos ym. 2006, 7–9.)

### 3 SUOMEN PUTKILASER OY:N SUUNNITTELUKONSEPTI

#### 3.1 Putkilaserteknologian hyödyntäminen valmistuksessa

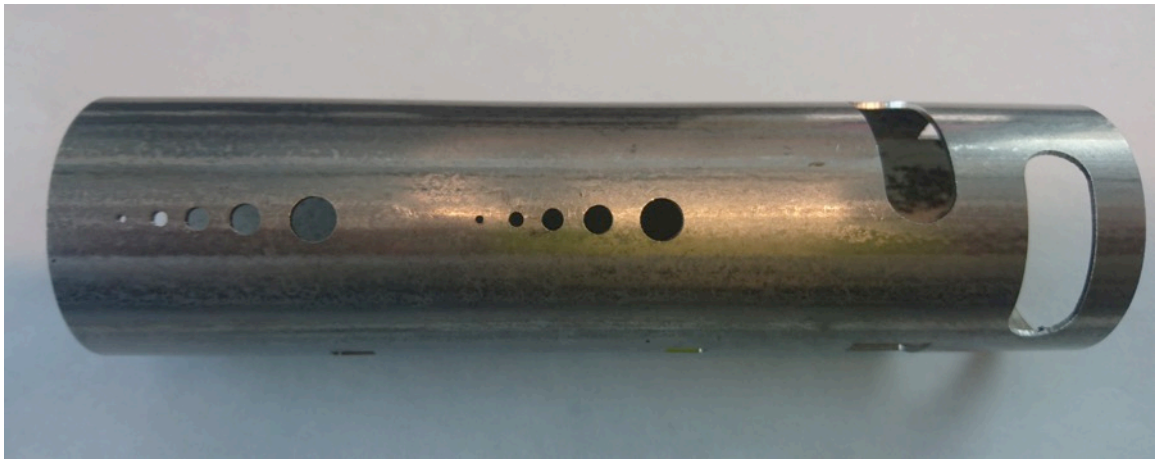
Putkilaser on kone, joka on valmistettu erityisesti erilaisten profiilien ja putkien leikkaamiseen. Laite suorittaa kappaleen leikkauksen lasersäteen avulla. Putkilasereita valmistaa muun muassa saksalainen Trumpf, italialainen BLM Group ja japanilainen Mazak. Kuvassa 1 Trumpfin valmistama TruLaser Tube 7000 kone.



KUVA 1. TruLaser Tube 7000 (Trumpf 2016)

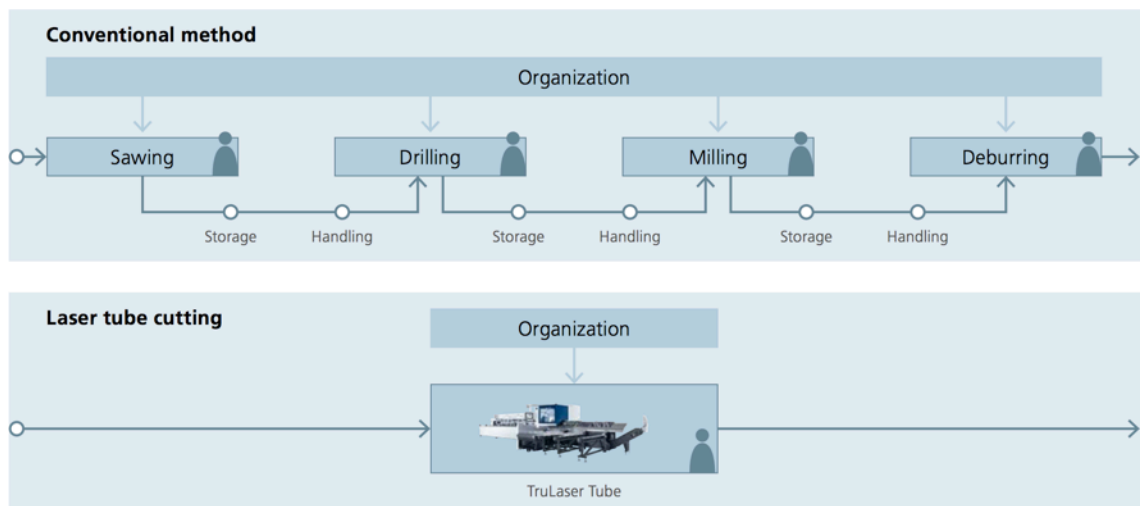
Perinteisin menetelmin kuvassa 2 näkyvä kappale vaatisi valmistuakseen useita koneita ja työvaiheita. Vanhoilla menetelmillä

- putki pitäisi katkaista sahalla
- reiät porata pylväsporakoneella
- muut kuin pyöreät aukot jyrsiä työstökoneella
- lopuksi poistaa jäysteet.



KUVA 2. Esimerkkikappale

Kuvatussa esimerkissä kappale joudutaan useaan otteeseen siirtämään laitteesta toiseen, jolloin erilaisten mittavirheiden mahdollisuus kasvaa suuresti ja kappaleen virtaustehokkuus laskee. Sarjatuotannossa virheiden minimoimiseksi kappale pitäisi kiinnittää monimutkaisten ja kalliiden jigien avulla koneisiin. Yksittäiskappaleita valmistettaessa taas kappale jouduttaisiin aina passaamaan koneeseen kiinni erikseen jokaisen kiinnityksen vaihdon välissä. Tämän kaiken lisäksi kappaletta joudutaan aina käsittelemään ja yleensä vielä välivarastoimaan työvaiheiden välillä. Kuvassa 3 havainnollistetaan vielä visuaalisesti putkilaserin ja perinteisen menetelmän erot.



KUVA 3. Perinteisen menetelmän ja putkilaserin ero (Trumpf 2016)

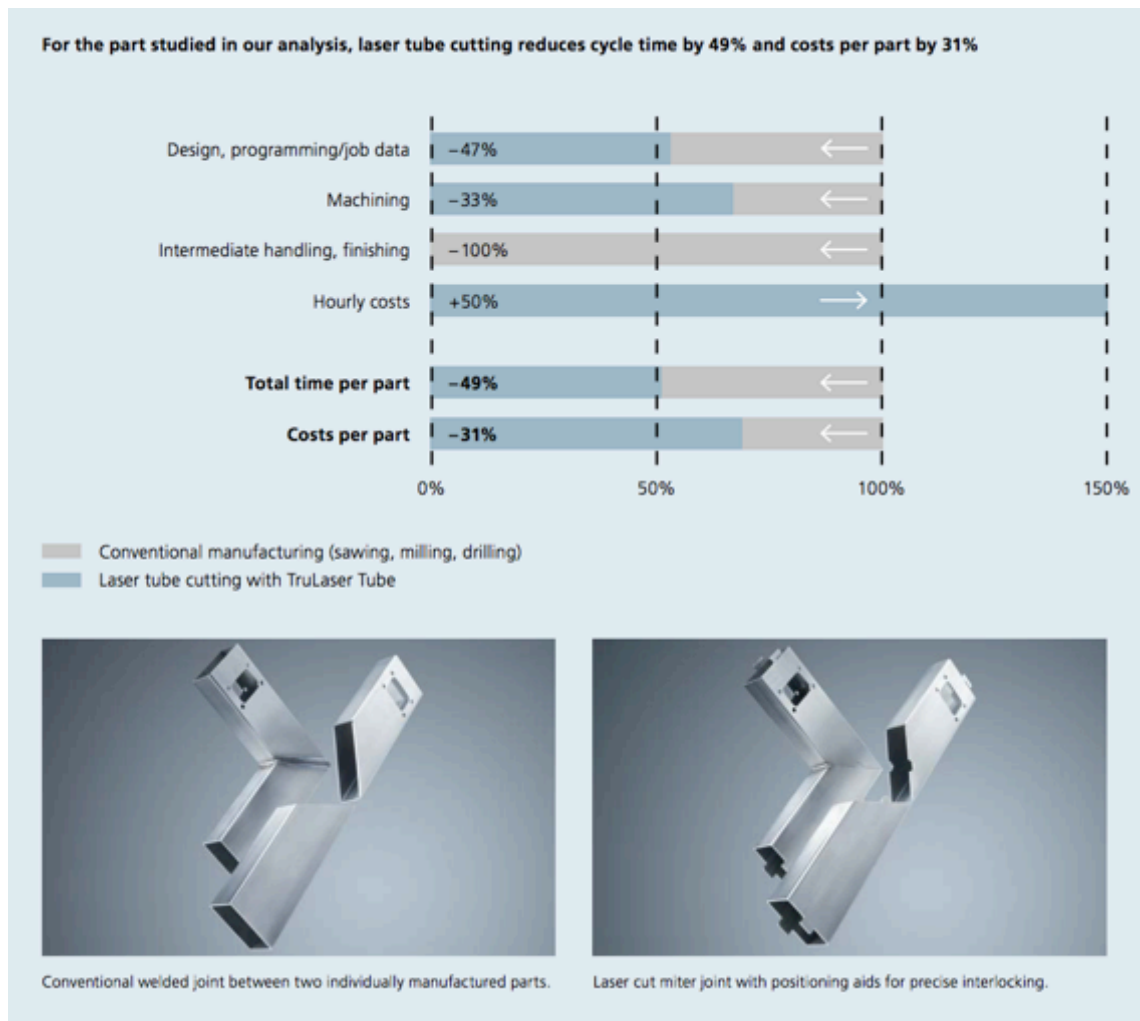
Saman kappaleen valmistaminen putkilaserilla toimii huomattavasti suoraviivaisemmin, kaikki listatut vaiheet toteutetaan yhdellä koneella ilman kiinnityksen vaihtoa, lisäksi edellä mainittu välivarastointi saadaan karsittua kokonaan pois. Prosessi on huomatta-

vasti nopeampi kuin perinteisillä menetelmillä. Kuvassa 4 on nähtävillä esimerkkejä kappaleista, joiden valmistaminen olisi haasteellista perinteisessä konepajassa.



KUVA 4. Esimerkkikappaleita

Nykyaikaisessa teollisuudessa kustannukset ovat merkittävä tekijä ja putkilaserin hyödyntämistä saatetaan vältellä koska oletetaan, että kyseisen tekniikan hyödyntäminen olisi kallista. Kuvassa 5 olevassa esimerkissä laitevalmistaja Trumpf on tehnyt esimerkkilaskelman putkilaserin ja perinteisen työstön eroista. Laskelman alla näkyy kappaleet, joiden valmistamiskulujen pohjalta laskelma on suoritettu.



KUVA 5. Laitevalmistajan esimerkki menetelmien kulurakenteesta (Trumpf 2015)

Kuvassa 5 harmaalla näkyvät vaaleammat palkit edustavat perinteisiä menetelmiä ja sinertävän harmaalla kuvataan putkilasertekniikkaa. Palkeissa olevat vertailuluvut kertovat putkilaserin kustannusten eron perinteiseen valmistukseen nähden. Vaikka putkilaserin tuntikustannukset ovat vertailussa 50% suuremmat kuin perinteisten menetelmien, saadaan nopeudella ja yksinkertaisemmalla työkululla kustannukset putkilaserin kannalta kilpailukykyisemmiksi. Tässä tapauksessa nähdään todella hyvin kuinka läpimenoajan lyhentämisellä saadaan aikaiseksi säästöjä.

### 3.2 Kappaleen uudelleensuunnittelu

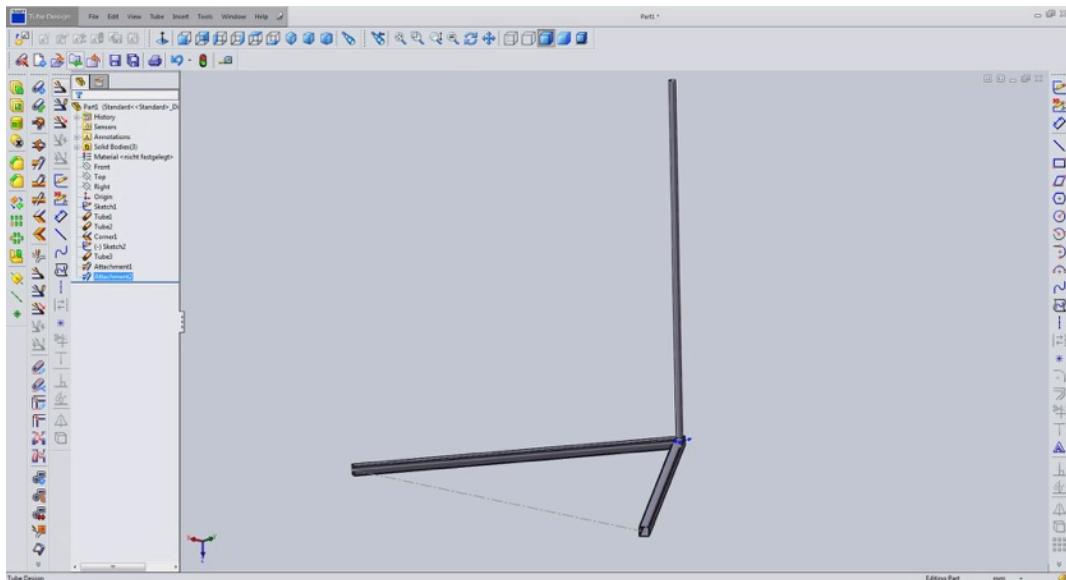
Suomen Putkilaser Oy omaa reilun 10 vuoden kokemuksen profiilirakenteiden leikkauksesta, suunnittelusta ja rakennetoimituksista. Yritys on kasvattanut vankan osaamisen haasteellisten asiakasprojektien parissa. (Putkilaser 2016.) Alaan erikoistuneena yrityksenä Putkilaser pystyy tarjoamaan asiakkaalle kattavan profiilirakenteiden suunnittelu- palvelun, jonka avulla voidaan tehostaa profiileja käyttävän asiakkaan tuotantoa ja pa-

rantaa laatua. Suunnittelusta saadaan parhaat tulokset, jos asiakas käyttää Putkilaserin palvelua hyväkseen heti uuden tuotteen suunnittelun alusta lähtien. Suunnittelun alkuvaiheessa on suurin mahdollisuus vaikuttaa tuotteen kokonaiskustannusrakenteeseen, myöhemmässä vaiheessa kokonaiskustannuksiin vaikuttamisen mahdollisuus pienenee selvästi. Heti alusta asti käytävällä yhteistyöllä voidaan välttää useita perustavanlaatuisia virheitä, kuten esimerkiksi harvinaisten profiilien käyttö ilman erityistä syytä.

Suunnittelyyhteistyön kannalta tärkeä seikka on oikeanlaiset tiedostomuodot ja profiilien mallinnustekniikka. Kun käytetään oikeanlaista tiedostomuotoa, vältetään kummassakin päässä mallin muuntamisen vaatimalta turhalta ajalta ja pystytään välttämään virheiden mahdollisuus. Parhaiten toimiviksi tiedostotyypeiksi on todettu .SAT ja .STEP. Oikeanlaisella profiilin mallinnustyyllillä tarkoitetaan esimerkiksi RHS-profiilin oikeanlaisia kulmapyöristyksen säteitä, väärällä profiililla toteutettu malli teettää paljon turhaa työtä.

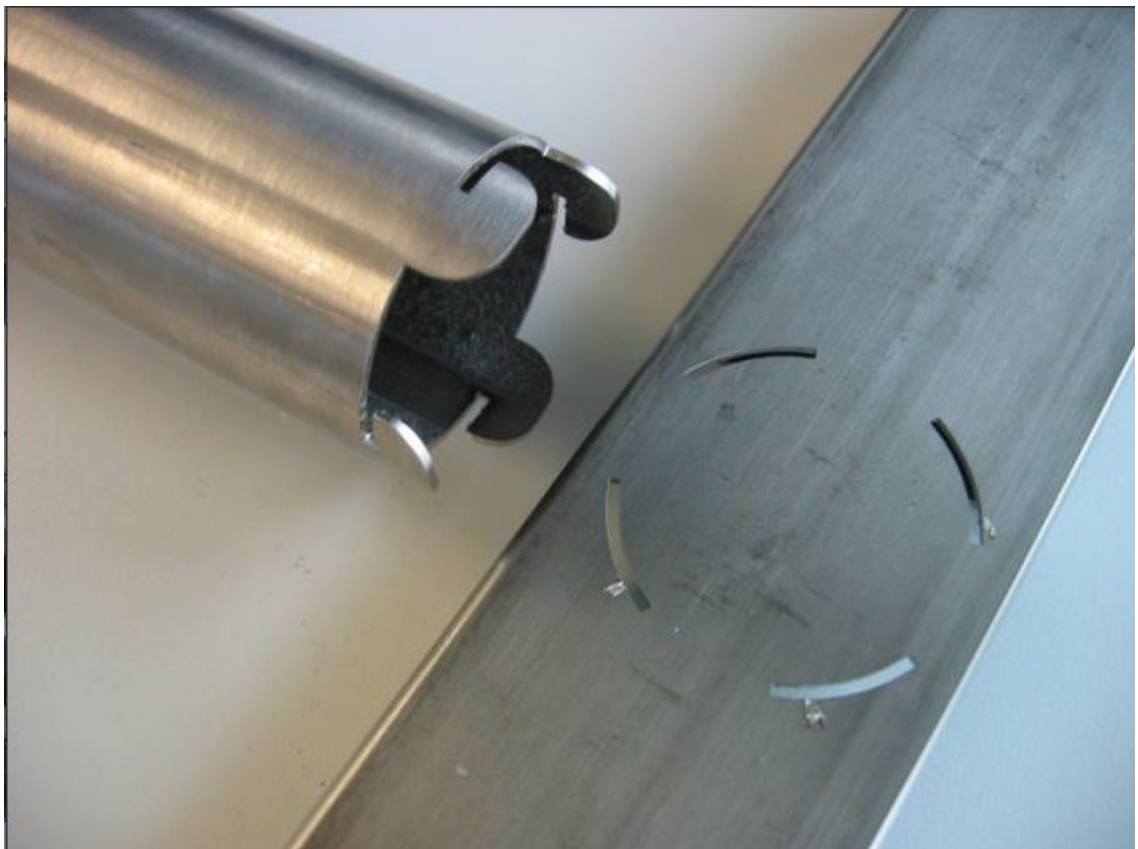
Myös asiakkaan olemassa olevien kappaleiden ja mallien muokkaaminen onnistuu, vanhan tuotteen muokkaaminen käydään läpi vaiheittain myöhemmin tässä työssä. Olemassa olevan kappaleen kanssa pätevät samat säännöt kuin uuden luomisessa, yhteistyö kannattaa aloittaa mahdollisimman alussa. Kummassakin tapauksessa on tärkeää, että kummankin osapuolen suunnittelijat kommunikoivat tuotannon työntekijöiden kanssa, jotta voidaan taata kappaleelle/tuotteelle esimerkiksi mahdollisimman hyvä kokoonpantavuus.

Suomen Putkilaser Oy käyttää profiilirakenteiden suunnittelussa apuna Trumpfin Tube Design ohjelmaa, joka on SolidWorks ohjelmiston pohjalta rakennettu profiilirakenteiden 3D-suunnitteluun ja mallinnukseen tarkoitettu ohjelma. Se on erittäin tehokas työkalu verrattuna perinteisiin CAD-ohjelmiin kun puhutaan profiilirakenteiden suunnittelusta, ohjelma sisältää useita erikseen luotuja makrotoimintoja, joiden avulla saadaan tehostettua mm. erilaisten putkiliitosten mallinnusta ja vähennettyä virheiden mahdollisuutta huomattavasti. Kuvassa 6 on kuvankaappaus kuvitteellisen rakenteen suunnittelu-tilanteesta.



KUVA 6. Tube Design, kuviteltu esimerkki

Tube Design mahdollistaa siis erilaisten liitosten, lukitusten ja kohdistimien mallintamisen profiileihin. Perinteistä CAD-ohjelmaa käyttäen näiden edellä mainittujen mallintaminen vaatii paljon aikaa ja mahdollisuus mitoituserheeseen on suuri. Kuvassa 7 on esimerkki lukituskyntien toteutuksesta, näiden mallintaminen olisi haasteellisempaa normaalilla CAD-ohjelmalla verrattuna Tube Designiin.



KUVA 7. Esimerkki lukittavasta liitoksesta (Suomen Putkilaser 2016)

### **3.3 Profiilien yhdenmukaistaminen ja standardimateriaalien käyttö**

Profiilien yhdenmukaistaminen voi tuoda mukanaan useita etuja. Esimerkiksi leikkausohjelman tekeminen koneelle saattaa helpottaa, jolloin hukan määrä saadaan pienemmäksi. Rakenteen suunnittelu voi olla yksinkertaisempaa, jos ei jouduta käsittelemään useita erilaisia profiileita.

Standardisoimalla käytetty profiilikirjasto voidaan vaikuttaa kiinteisiin kuluihin, raaka-aineen vaihdot koneella vähenevät, jolloin läpimenoaika pienenee ja leikkauksen kustannukset laskevat. Standardiprofiilin käyttö takaa järkevät toimitusajat raaka-aineelle ja vaikuttaa positiivisesti raaka-ainekustannuksiin. Harvinaisten profiilien käyttö on ongelmallista mahdollisen korkeamman hinnan ja pitkien toimitusaikojen vuoksi. Lisäksi osa erikoisemmista profiileista valmistetaan vain tilauksesta, jolloin niiden tilausmäärä tulee olla tarpeeksi suuri, jotta valmistaja suostuu valssaamaan tuotetta.

### **3.4 Prototyypivaiheen toteuttaminen yhteistyössä asiakkaan kanssa**

Prototyypivaihe on olennainen osa prosessia, kun tuotteesta halutaan saada mahdollisimman kustannustehokas. Mallintamisella ja simuloinnilla luodaan hyvä pohja, mutta monesti vasta prototyypin avulla löydetään mahdolliset ongelmakohdat. Monesti myös prototyyppiä tehtäessä havaitaan parannettavia kohtia itse valmistuksessa, sillä koko valmistusprosessia on vaikea simuloida etukäteen. Ruudulla hyvältä näyttävä vällys tai liitos voikin osoittautua käytännössä mahdottomaksi toteuttaa.

Myös tässä vaiheessa tiivis yhteistyö asiakkaan ja Putkilaserin välillä on erittäin tärkeää. Prototyypivaiheessa on mahdollista saada tehokkaasti palautetta asiakkaan tuotantoväeltä ja Putkilaserin omilta koneen käyttäjiltä. Näiden edellä mainittujen tahojen kommentteilla mahdollistetaan rakenteen käytännön toteutuksen onnistuminen parhaalla mahdollisella tasolla, sillä tuotannossa työskentelevillä on yleensä paras tietotaito yrityksen tuotteen valmistus prosessista.

### **3.5 Profiilisuunnittelun kokonaisvaikutus valmistukseen**

Profiilisuunnittelulla voidaan vaikuttaa useisiin valmistuksen vaiheisiin, oikeanlaisella suunnittelulla voidaan yksinkertaistaa hitsausjigien suunnittelua ja toteutusta. Lisäämäl-

lä oikeanlaisia kohdistimia pystytään jigeistä karsimaan monimutkaisia ohjureita ja ki-ristimiä, jotka saattavat vaikeuttaa hitsausrobotin ohjelman tekoa tai aiheuttaa hitsarille epäergonomisen työskentelyasennon. Profiiliin voidaan myös toteuttaa hitsausviisteet, kone leikkaa ne samalla kun muutkin muodot, jolloin ne eivät vaikuta paljoakaan leik-kausikaan. Perinteisillä menetelmillä viiste jouduttaisiin monesti tekemään erikseen.

Erilaisilla kohdistimilla ja kynsillä voidaan helpottaa ylipäätään kappaleen kokoonpa-noa, putkilaserilla voidaan merkata kappaleeseen vaikkapa osanumero tai jokin muu viite, jonka avulla tuotantohenkilöstö tunnistaa samantyylliset osat helpommin toisis-taan. Samaa tekniikkaa voidaan käyttää myös osien merkkäämiseksi hitsaria varten.

Kun useat työvaiheet hoidetaan samalla laitteella on osien hallinta helpompaa, tuotan-non ei tarvitse arvuutella milloin mikäkin kappale saapuu, vaan ne voidaan toimittaa järkevinä kokonaisuuksina. Ylipäätään varastonhallinta helpottuu, kun kappaleet eivät liiku useiden solujen välillä vaan ne voidaan noutaa yhdestä ja samasta pisteestä.

### **3.6 Konsepti työkaluna**

Konseptin tulee olla joustava työkalu, joka vastaa asiakkaan vaihteleviin tarpeisiin. Sen avulla tulee pystyä toteuttamaan hyvin erilaisista lähtökohdista ponnistavat projektit. Konsepti voidaan jakaa karkeasti neljään päävaiheeseen:

- A) Raaka-aineiden tarkastelu
- B) Rakenteen valmistettavuus putkilaserilla
- C) Suunnittelu
  - a. vanhan muokkaaminen
  - b. uuden tuotteen suunnittelu
- D) Muiden työvaiheiden tehostaminen.

Kohta B tarkoittaa asiakkaan alkuperäisen suunnittelun mukaisen rakenteen valmistetta-vuutta putkilaserin avulla. Kaikki listatut vaiheet voidaan toteuttaa joko listan mukaises-sa järjestyksessä, tai niistä jokainen voi olla täysin itsenäinen kokonaisuus. Sopiva yh-distelmä riippuu täysin asiakkaan tarpeista ja tavoitteista.

## 4 CASE: KOHDEYRITYKSEN TUOTTEEN RUNKO-OSIEN UUELLEEN SUUNNITTELU

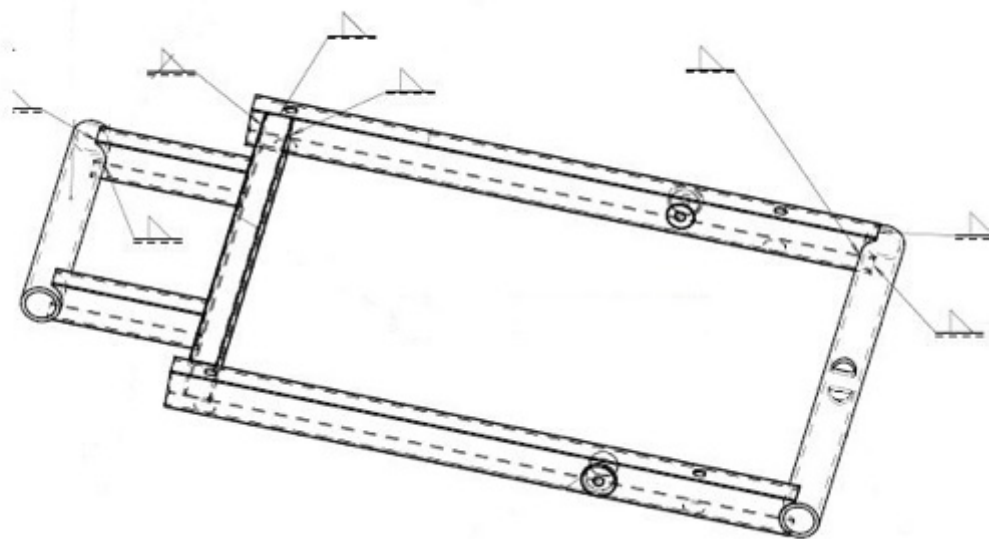
### 4.1 Tavoitteet

Kohdeyrityksen kiinnostus tuotteiden tutkimiseen johtuu sen tarpeesta tehostaa tuotantoa, tässä tapauksessa tehostaminen kohdistuu kustannussäästöihin. Säästöä etsitään pääasiassa robottihitsauksen läpimenoajan lyhentämisestä, nimikkeiden karsimisesta ja mahdollisuuksien mukaan materiaalien menekin vähentämisestä.

Rajoituksina muutoksille toimii tarve säästää varaosayhteensopivuus vanhojen tuotteiden kanssa sekä toiminnallisten mittojen säilyttäminen. Tämä tarkoittaa reikäjakojen pitämistä alkuperäisenä ja kaikkien läpivientien sekä aukkojen pitämistä ennallaan. Tuntemalla nämä rajoitteet voidaan aloittaa uudelleen suunnittelu.

### 4.2 Taustat

Kohdeyrityksen tuotteet sisältävät paljon profiilikappaleita, suunnittelun lähtökohtana on perinteisen valmistustekniikan hyödyntäminen. Tämä näkyy muun muassa siitä, että kaikki profiilit ovat kiinni toisissaan kuvan 8 osoittamalla tavalla.



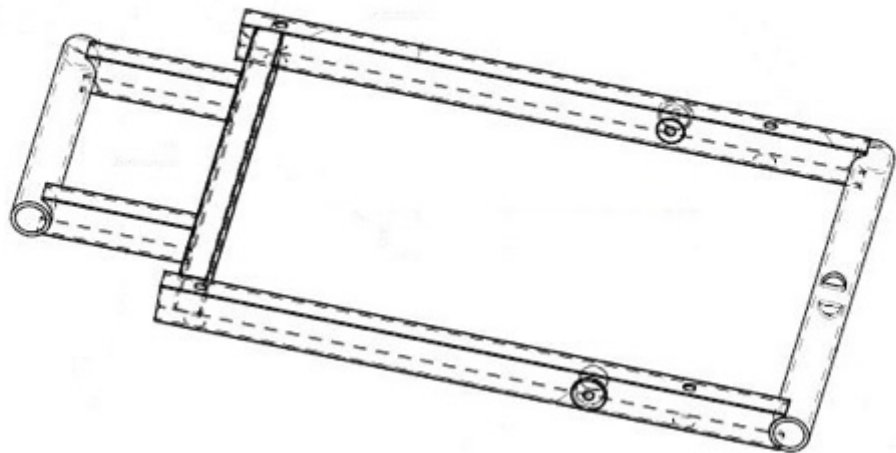
KUVA 8. Esimerkki vanhasta kokoonpanosta

Jokainen profiilin pätkä on oma erillinen osansa, tästä johtuen yhtä kokoonpanoa kohden on suuri määrä nimikkeitä joita pitää hallita. Profiilien päät ovat tekniikasta johtuen avonaiset, jolloin ne joudutaan erikseen peittämään muovitulpalla siistin lopputuloksen takaamiseksi.

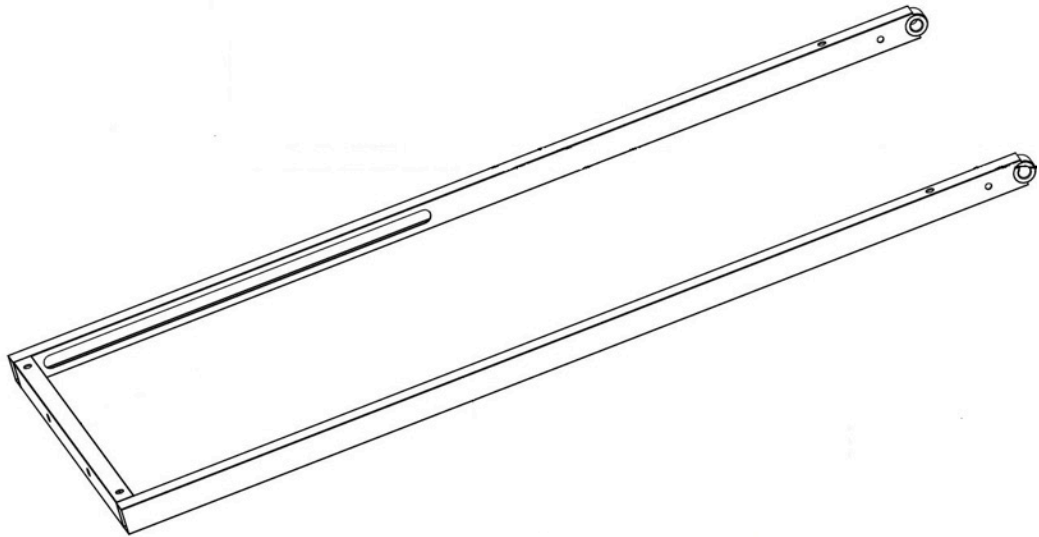
Kohdeyrityksen tuotteet hitsataan pääasiassa robotilla, hitsaukseen käytetty aika näkyy suoraan kuluissa, jolloin esimerkin mukaisen kappaleet useat saumat vaikuttavat negatiivisesti sekä kustannuksiin että läpimenoaikaan. Esimerkkituotteen hitsaukseen käytettävä jigi on monimutkainen, koska kaikki kappaleet ovat erillisiä ja ne pitää pystyä lukitsemaan tarkasti paikalleen hitsauksen ajaksi.

Kohdeyrityksen suunnitteluosasto valitsi lopulta työn kohteeksi kolme erilaista kokoonpanoa, joihin he halusivat muutoksia. Kaikki kokoonpanot koostuivat ohutseinämäisestä eli alle 3 mm seinämävahvuudella varustetusta teräksisestä suorakaideprofiilista. Suunnittelijoiden kanssa käytiin läpi mitat joita ei saa muuttaa, tällaisia olivat esimerkiksi kiinnitysreikien paikat ja koot.

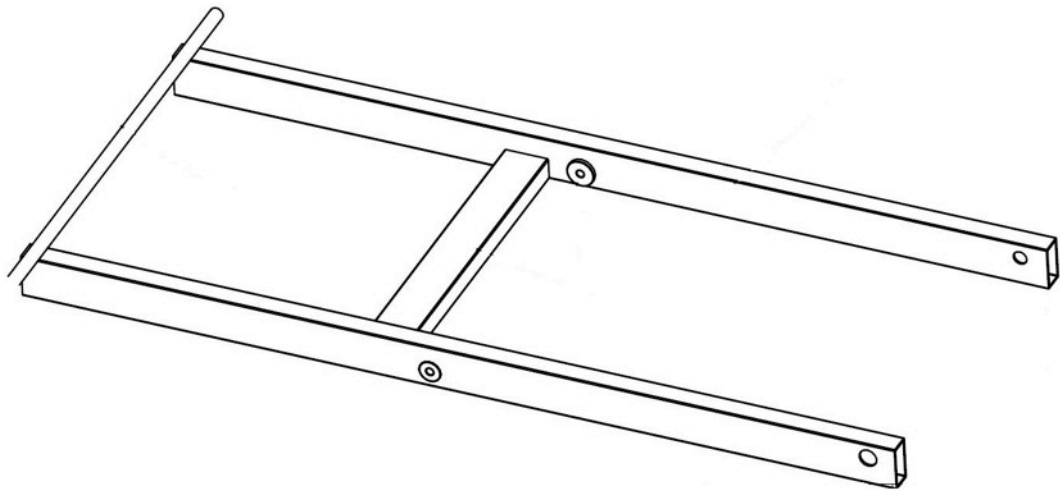
Kuvissa 9, 10 ja 11 nähdään muokattavat kokoonpanot. Kohdeyrityksen pyynnöstä mitat eivät ole näkyvillä. Kokoonpanojen nimet on myös muutettu, työssä käytettävät nimikkeet lukevat kuvatekstissä.



KUVA 9. Kokoonpano 1



KUVA 10. Kokoonpano 2



KUVA 11. Kokoonpano 3

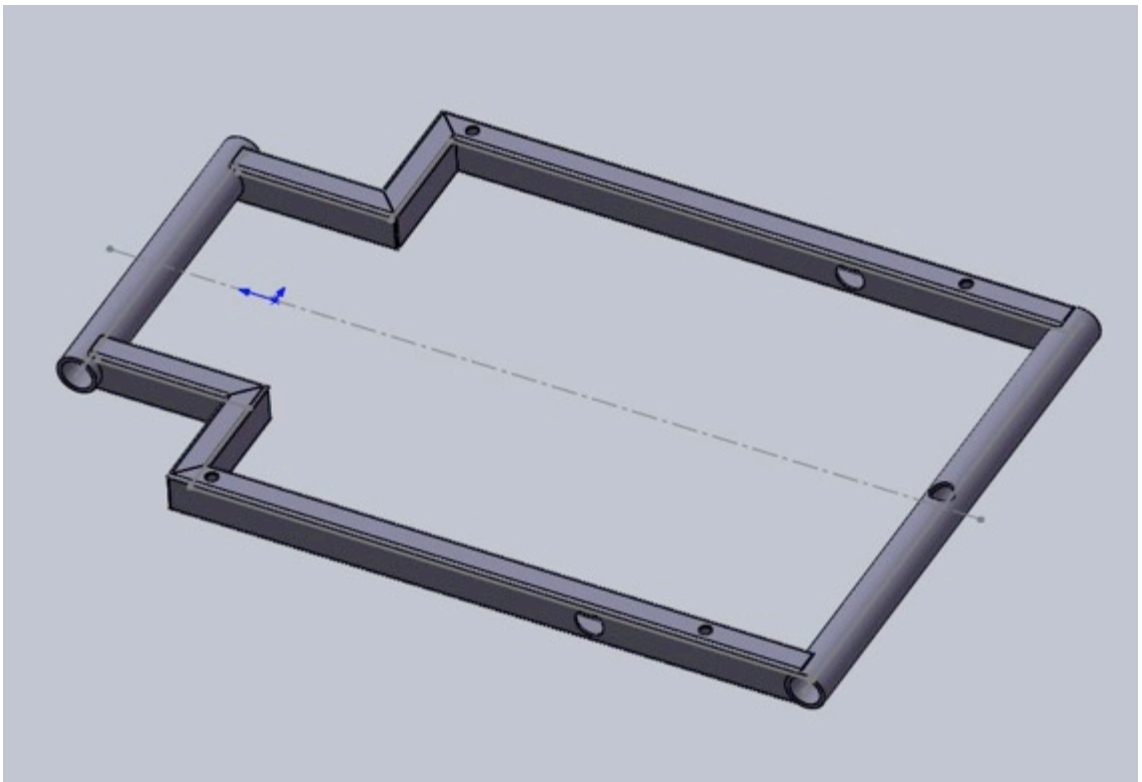
### 4.3 Kappaleiden uudelleen suunnittelu

Suunnittelussa lähdettiin liikkeelle ajatuksesta vähentää kokoonpanon nimikkeiden määrää, eli tässä tapauksessa erillisten profiilien määrää. Toisena tavoitteena oli vähentää hitsauksen määrää. Erillisten kappaleiden määrän vähentämisen mahdollistaa tällaisissa rakenteissa putkilaserteknologian tuoma mahdollisuus leikata putket jiirikulmaan, jättäen ulkosivulle ehjä taitos. Kuvassa 12 esimerkki tällaisen kulman toteutuksesta. Kyseinen tekniikka mahdollistaa myös hitsausaumojen selvän vähentämisen, sillä liitosta ei tarvitse hitsata ulkokulmasta.



KUVA 12. Esimerkki yhtenäisestä jiirikulmasta

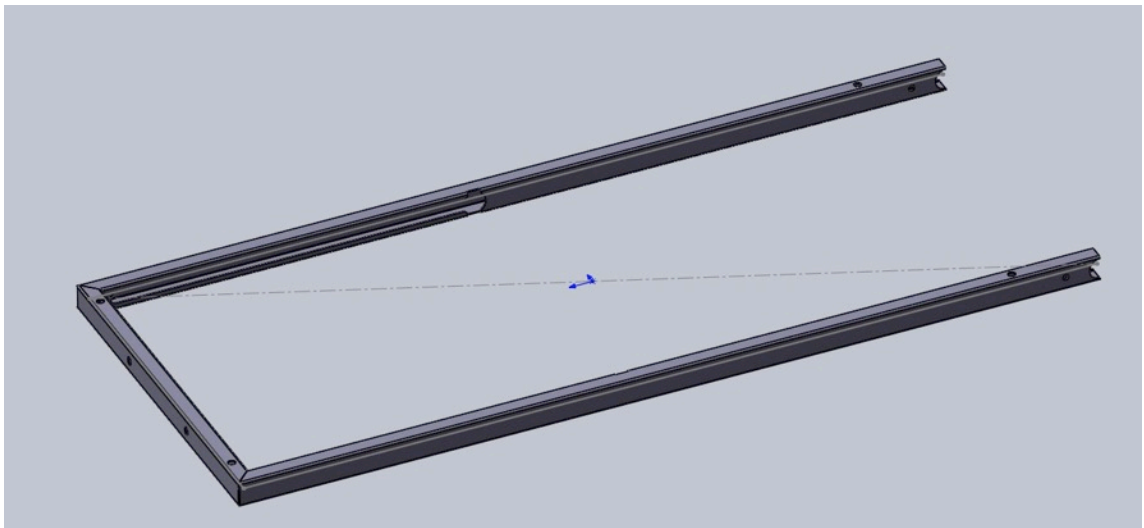
Tällaisilla pienillä muutoksilla saatiin karsittua kaikkien kokoonpanojen osamääriä pienemmiksi profiilien osalta. Suurimmat muutokset alkuperäiseen verrattuna toteutettiin kokoonpanoihin yksi ja kolme. Kummassakin kokoonpanossa olevat poikkiputket poistettiin kokeilumielessä. Näillä keinoilla rakenteista saatiin silmämääräisesti huomattavasti yksinkertaisempia ja siistimpiä. Kuvassa 13 kokoonpanosta 1 piirretty uuden suunnittelun mukainen 3D-malli.



KUVA 13. Kokoonpano 1 uusi 3D-malli

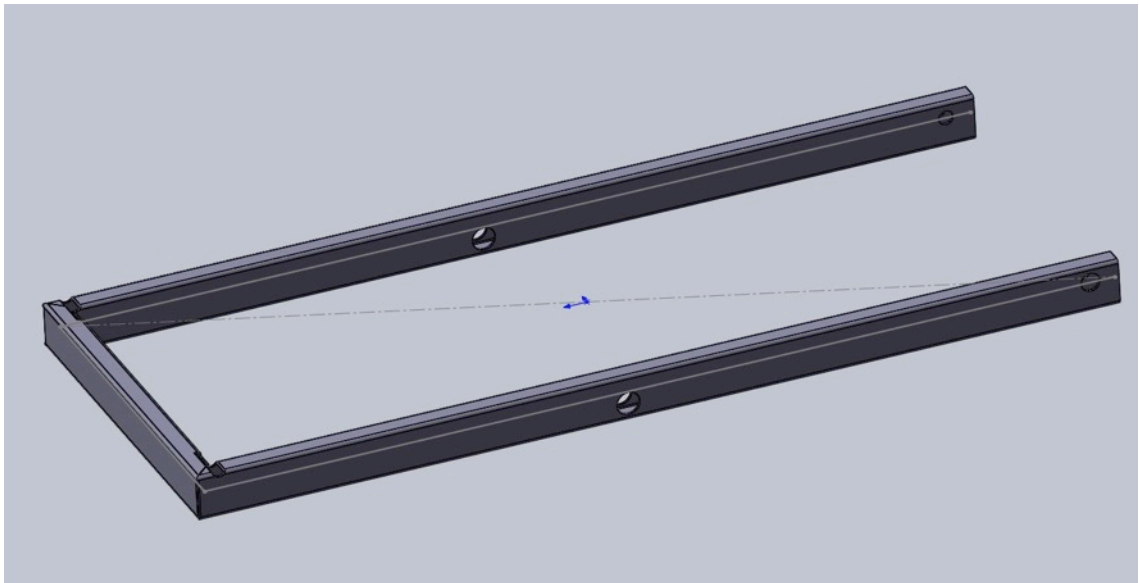
Uusi kokoonpano koostuu ainoastaan neljästä erillisestä profiilinimikkeestä, kun aikaisemmin kokoonpanon 1 takana oli kuusi eri profiilinimikettä. Kuvassa 13 näkyvät suorakaideprofiilit ovat kumpikin yhdestä kappaleesta.

Kokoonpanoon kaksi tehtiin vähiten muutoksia, rakenne yhtenäistettiin, jolloin kokoonpano koostui yhdestä profiilista. Nurkat saatiin 3D-mallin perusteella siistiksi ja kokoonpanon ulkonäkö ylipäättänsä yhtenäisemmäksi. Kuvassa 14 kokoonpanon 2 3D-malli.



KUVA 14. Kokoonpano 2

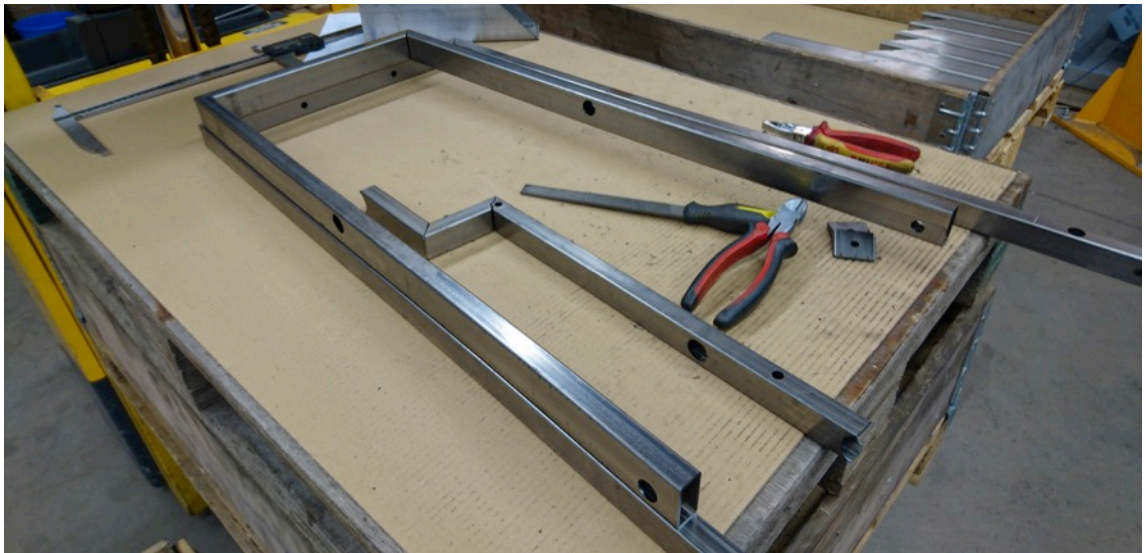
Kokoonpanosta 3 poistettiin ainoa poikittaistuki ja rakenne muutettiin kokoonpanon 2 kaltaiseksi. Tässäkin tapauksessa profiilinimikkeet vähenivät kokoonpanon osalta yhteen kappaleeseen. Lisäksi profiilin alapintaan suunniteltiin aukko, josta on tarkoitus ujuttaa nylonrulla profiilin sisään kokoonpanossa. Tämä rulla asennettiin ennen profiilin päädyistä, mutta muutosten myötä pääty kuitenkin sulkeutuu. Kolmantena suurena muutoksena rakenteen päähän poikkiputken kohdalle suunniteltiin paikat akseleille. Alkuperäisessä kokoonpanossa koko rakenteen poikki kulki akseli, uudessa mallissa akselin pätkille tehdään eräänlaiset pesät profiiliin. Akselin pätkät on helppo lukita hitsauksessa edellä mainittuihin pesiin ja itse akselin materiaalia saadaan säästettyä. Kuvassa 15 kokoonpano 3 ensimmäinen 3D-malli.



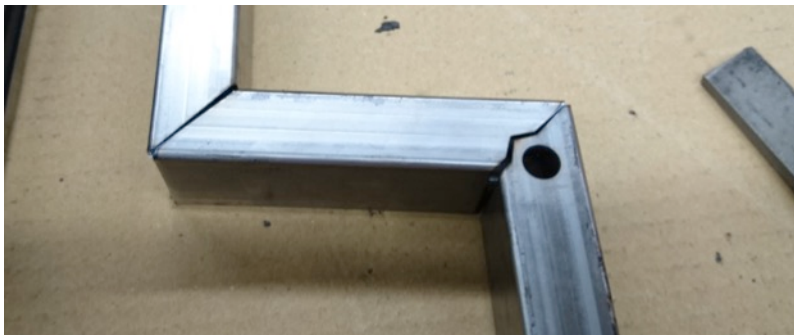
KUVA 15. Kokoonpano 3

#### 4.4 Prototyyppivaihe

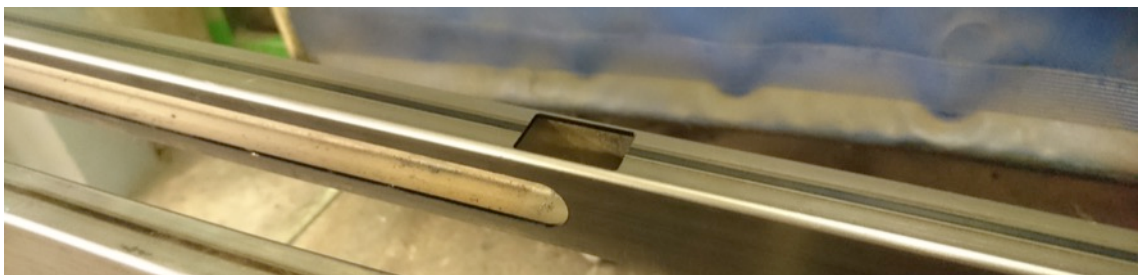
Kokoonpanojen osat leikattiin uusien mallien mukaisesti ja vietiin kohdeyrityksen protopajalle hitsattavaksi. Tässä vaiheessa saatiin ensimmäisiä kommentteja tiiviisti prototyyppien kehityksessä työskenteleviltä henkilöiltä. Tässä vaiheessa myös paljastui ensimmäiset ongelmat, joita ei 3D-mallista voitu havaita. Kokoonpano 3 akselin pätkille tehdyt poterot aiheuttivat taitoksen epäsiistin pullahtamisen. Tämä johtui siitä, että poteron leikkaus katkaisi profiilin kulmapyöristyksen joka esti taitosta pullahtamasta. Mallia muutettiin välittömästi ja potero poistettiin, jotta saatiin varmasti toimiva prototyyppi testattavaksi. Muiden osien leikkaaminen sujui ongelmitta. Kuvassa 16 yhdet ensimmäisistä leikatuista prototyypeistä. Kuvassa 17 kokoonpanon 1 taitokset lähemmässä tarkastelussa. Kuvassa 18 nylonrullien asennukseen suunniteltu aukko kokoonpanossa 2.



KUVA 16. Ensimmäiset prototyypit

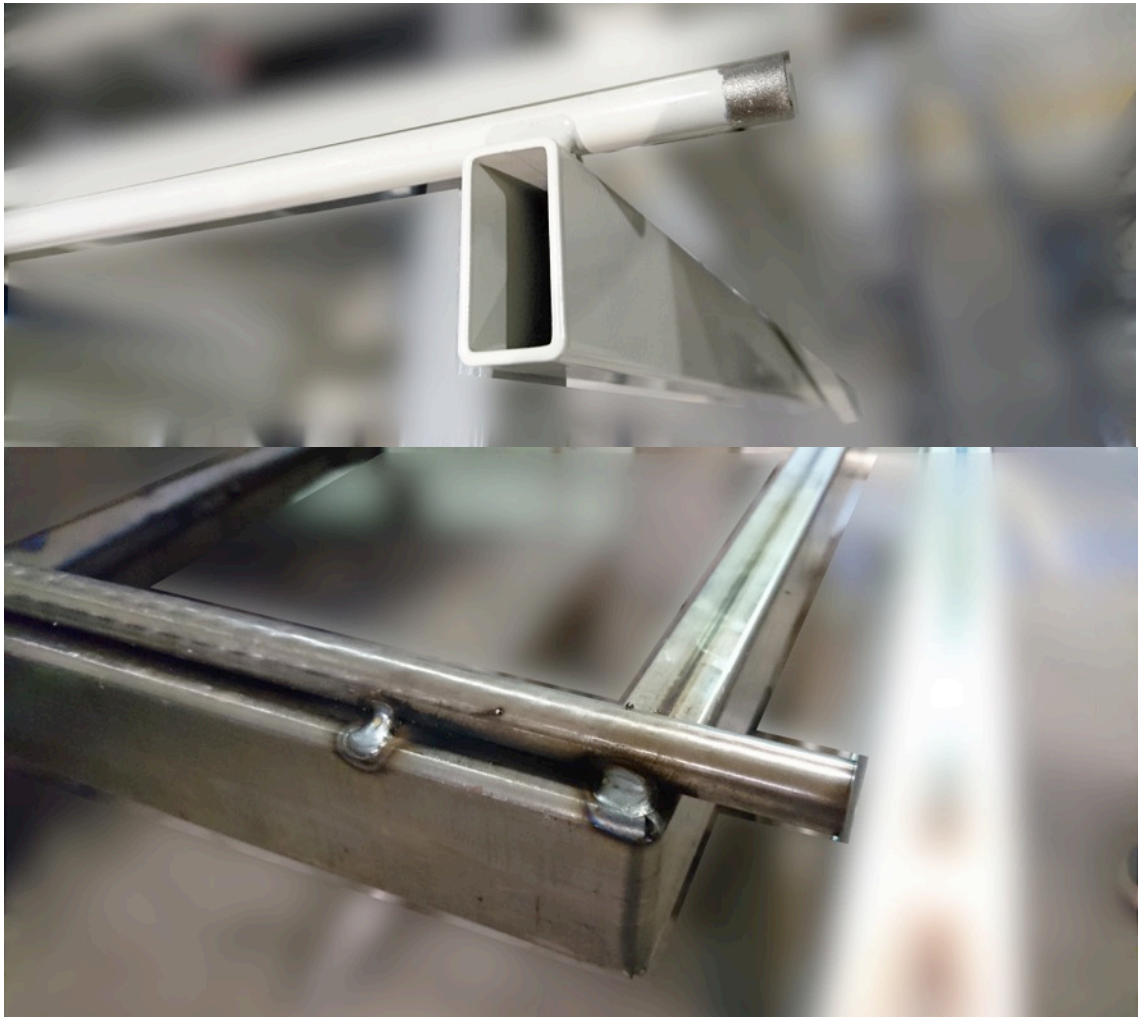


KUVA 17. Kokoonpanon 1 taitokset



KUVA 18. Nylonrullien asennusaukko

Nylonrullien asennusaukko osoittautui liian pieneksi ja paikka epäkäytännölliseksi kokoonpanon kannalta, kyseinen kohta piti suunnitella siis uudestaan. Kokonaisuutena ensimmäiset prototyypit onnistuivat kuitenkin hyvin, niistä saatiin paljon hyvää palautetta ja muutamia hyviä parannusehdotuksia. Kuvassa 19 vertailtavana kokoonpano 3 vanha ja uusi kulma ratkaisu. Hitsarin kanssa tapahtuneen kommunikaatiokatkoksen takia akseli oli täysimittainen ensimmäisessä prototyypissä. Kuvassa 20 kokoonpanon 1 suorakaideprofiili hitsattuna.



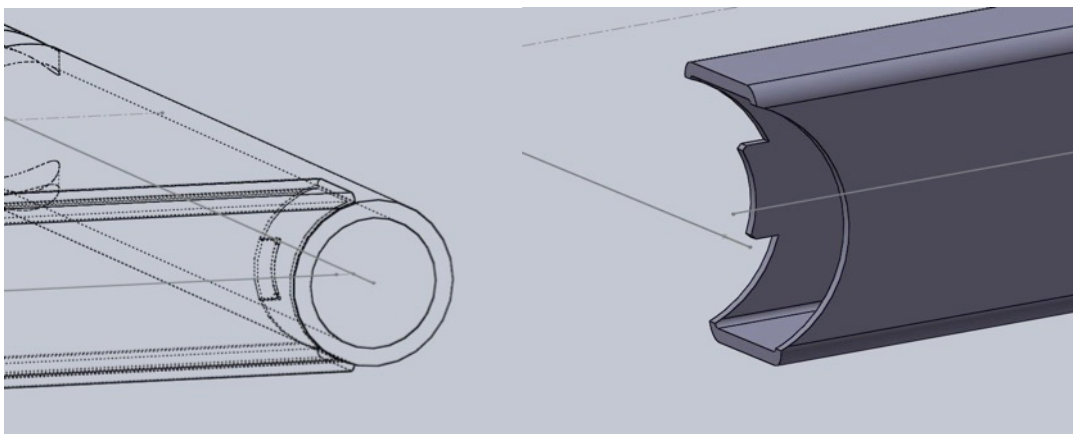
KUVA 19 Uuden ja vanhan ratkaisun vertailu



KUVA 20. Kokoonpano 1 hitsattu kappale

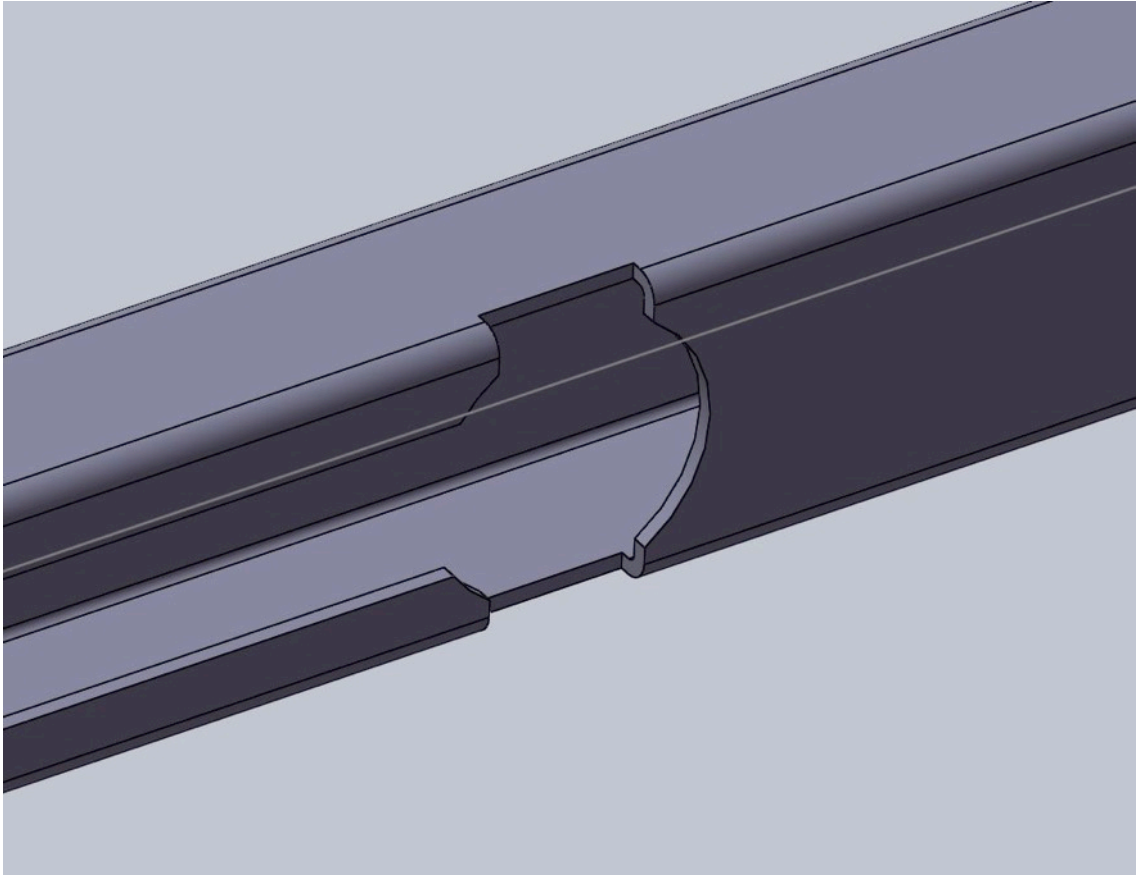
#### 4.5 Muutokset prototyypin pohjalta

Kohdeyrityksen henkilöstön palautteen pohjalta suoritettiin joitakin muutoksia kappa-  
leiden ratkaisuihin. Kokoonpanoon 1 lisättiin ohjausnastat hitsareiden palautteen mukai-  
sesti, nastojen tarkoituksena oli helpottaa rakenteen päihin tulevien putkien asemointia  
ja mahdollistaa hitsausjigin rakenteen yksinkertaistaminen. Kuvassa 21 kuva nastojen  
3D-mallinnuksesta.

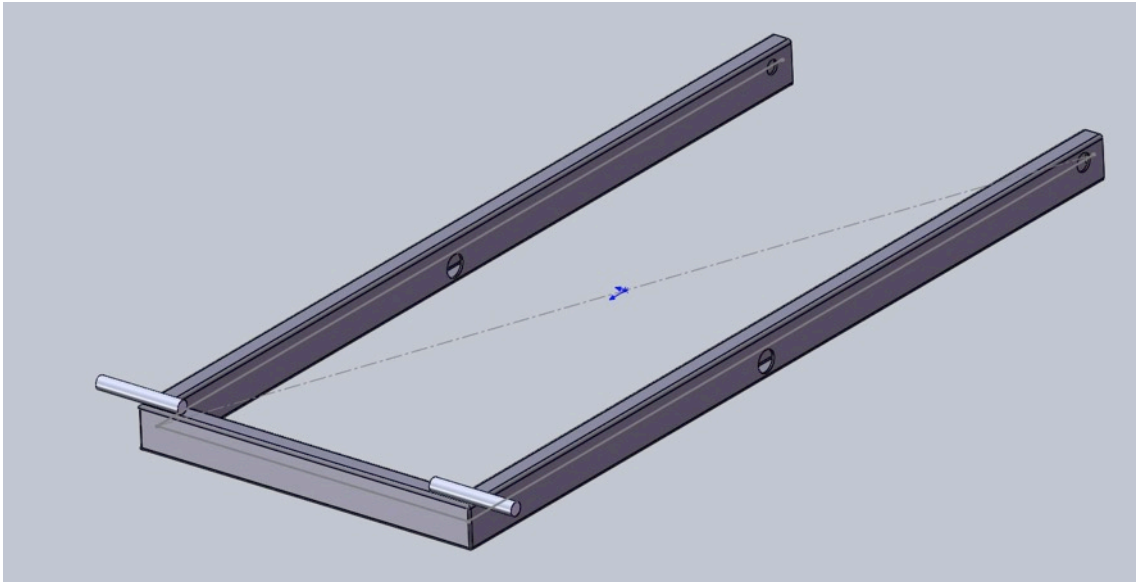


KUVA 21. Kohdistuskynnet

Toisena uudistuksena suoritettiin nylonrullien asennusaukon muuttaminen, muutosta  
varten saatiin protohitsaajalta vinkki miten kyseinen ongelma kannattaisi ratkaista. Rat-  
kaisun tarkoituksena oli osaltaan parantaa kokoonpanon kasattavuutta. Kuvassa 22  
kaappaus asennusaukon 3D-mallista. Aukon ratkaisua saneli myös asennettavan rullan  
halkaisija, joka oli lähellä suorakaideprofiilin sisämittaa. Kyseisen seikan takia aukon  
tuli ylittää profiilin kulmapyöristykset. Kuvassa 23 kokoonpanon 3 viimeisin 3D-malli,  
jossa on huomioitu akselien uusi sijainti.



KUVA 22. Nylonrullan asennusaukko



KUVA 23. Kokoonpano 3, uusi 3D-malli

Edellä mainittujen muutosten jälkeen kohdeyritys halusi testata prototyyppejä oikeassa ympäristössä. Kokoonpanot siis hitsattiin kasaan ja niille suoritettiin tuotantomalleja vastaava pintakäsittely. Tämän jälkeen kohdeyritys suoritti rakenteille omia testejä.

## 5 SUUNNITTELULLA SAAVUTETUT TULOKSET

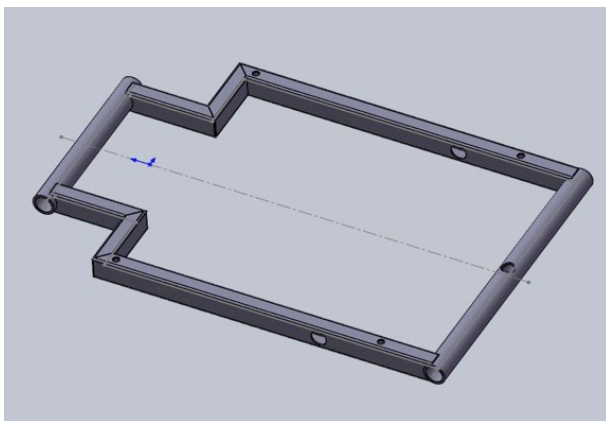
### 5.1 Vertailu

Tässä osiossa verrataan uudelleen suunnitellun tuotteen leikkaus- ja hitsausaikoja vanhan tuotteen aikoihin. Uusien kokoonpanojen hitsausajat saadaan laskemalla vanhojen kokoonpanojen keskimääräinen teoreettinen hitsausnopeus. Leikkausajat saadaan Tru-Tops nimisen ohjelmiston simuloinneista. Kyseinen ohjelma on Trumpfin koneiden kääntöohjelma jolla tietokoneella tehty malli käännetään putkilaserin leikkausohjelmaksi. Tällä tavalla saadaan vertailukelpoiset arvot leikkausaikoihin. Liitteessä yksi on esimerkki uusi kokoonpano 1 osasta putki 1 leikkaussimulointi.

Tuloksissa ei käsitellä suoraan kustannuksia, koska jokainen yritys määrittää eri tavalla esimerkiksi oman robottihitsauksensa hinnoittelun. Kun tuloksia käsitellään pelkästään ajan näkökulmasta ja käytettyjen materiaalimäärien kannalta, on tuloksia helpompi tarkastella yleisellä tasolla. Taulukoissa esitetyt ajan muutokset ovat miinusmerkkisiä, mikäli aika on saatu lyhyemmäksi.

### 5.2 Kokoonpano 1

Kokoonpano 1 käsitti alun perin seitsemän erillistä profiilia. Uuden suunnittelun avulla profiilien määrä saadaan vähentymään neljään, silti rakenne saatiin pysymään tarpeeksi jäykkänä. Lisäksi rakenteeseen lisätyillä kohdistimilla jigin rakennetta voidaan haluttaessa yksinkertaistaa. Kuvassa 24 kokoonpano 1 lopullinen rakenne.



KUVA 24. Kokoonpano 1 lopullinen malli

Taulukosta 1 nähdään kokoonpanon 1 simuloitut leikkausajat. Siihen on eritelty yksittäisten profiilien leikkausajat, profiilien määrä ja kokoonpanon kokonaisleikkausaika. Suunnittelun vaikutus nähdään selvästi positiivisena muutoksena aikoihin. Vanhassa kokoonpanossa leikkausaika oli kokonaisuudessaan 67 sekuntia ja uudessa se on saatu puristettua 46 sekuntiin. Uuden kokoonpanon laskennallinen leikkausaika on siis noin 31 % lyhyempi kuin alkuperäisen.

TAULUKKO 1. Kokoonpano 1, leikkausajat

Kokoonpanon tunniste:	Kokoonpano 1
-----------------------	--------------

Vanha kokoonpano			
Koodi	määrä kpl	Leikkausaika s/kpl	Leikkausaika yht. s
Putki 1, OP 30 x 20 x 1,5	2	14	28
Putki 2, OP 30 x 20 x 1,5	1	5	5
Putki 3, hydr. putki 28 x 3	1	11	11
Putki 4, OP 30 x 20 x 1,5	2	8	16
Putki 5, hydr.putki 28 x 3	1	7	7
Leikkausaika yht. kokoonpano			67

Uusi kokoonpano			
Koodi	määrä kpl	Leikkausaika s/kpl	Leikkausaika yht. s
Putki 1 OP 30 x 20 x 1,5	1	26	26
Putki 2 OP 30 x 20 x 1,5	1	26	26
Putki 3, hydr. putki 28 x 3	1	13	13
Putki 4, hydr. putki 28 x 3	1	7	7
Leikkausaika yht. kokoonpano			46

MUUTOS s:	-21
MUUTOS %:	-31

Taulukossa 2 vertaillaan hitsausaikoja. Vanhat hitsausajat on saatu kohdeyritykseltä ja niiden pohjalta on muodostettu laskemalla uusien kokoonpanojen teoreettiset hitsausajat. Myös hitsausajoissa on kokoonpanon 1 osalta huomattavissa kustannuksien kannalta hyviä muutoksia, suunnittelulla saatiin hitsausaikaa parannettua laskennallisesti 64 sekuntia.

TAULUKKO 2. Kokoonpano 1, hitsausajat

Kokoonpanon tunniste:		Kokoonpano 1
<b>Vanha kokoonpano</b>		
OV-osat:	Koodi	määrä kpl
	Putki 1, OP 30 x 20 x 1,5	2
	Putki 2, OP 30 x 20 x 1,5	1
	Putki 3, hydr. putki 28 x 3	1
	Putki 4, OP 30 x 20 x 1,5	2
	Putki 5, hydr.putki 28 x 3	1
Hitsausauman pituus yht. mm		540
Hitsausaika yht. s		290
Laskennallinen hitsausnopeus mm/s		1,86
<b>Uusi kokoonpano</b>		
OV-osat:	Koodi	määrä kpl
	Putki 1 OP 30 x 20 x 1,5	2
	Putki 2 OP 30 x 20 x 1,5	1
	Putki 3, hydr. putki 28 x 3	1
	Putki 4, hydr. putki 28 x 3	2
Hitsausauman pituus yht. mm		420
Laskennallinen hitsausaika s		226
Laskennallinen hitsausnopeus mm/s		1,86

MUUTOS s	-64
MUUTOS %	-22

Kummassakin tapauksessa nähdään selvästi parannusta kokoonpanon työstöajoissa, lisäksi rakenteesta karsitaan pois yksi poikkituki, jolloin materiaalin menekissä saadaan muodostettua jonkin verran säästöjä.

### 5.3 Kokoonpano 2

Taulukossa 3 kokoonpano 2 leikkausajat, tässä tapauksessa leikkausaika kasvaa hieman verrattuna alkuperäiseen, kuitenkin vain viisi sekuntia. Nimikkeet saatiin karsittua profiilien osalta yhteen, kun vanhassa kokoonpanossa nimikkeitä oli kaksi. Taulukosta 4 havaitaan kuitenkin, että hitsauksen kokonaisuika saadaan pienennettyä noin 36 sekuntia, joka on huomattava muutos vanhaan aikaan verrattuna.

TAULUKKO 3. Kokoonpano 2, leikkausajat

Kokoonpanon tunniste:	Kokoonpano 2
-----------------------	--------------

Vanha kokoonpano			
Koodi	määrä kpl	Leikkausaika s/kpl	Leikkausaika yht. s
Putki 1, 30 x 20 x 1,5	1	16	16
Putki 2, 30 x 20 x 1,5	2	24	48
Leikkausaika yht. kokoonpano			64

Uusi kokoonpano			
Koodi	määrä kpl	Leikkausaika s/kpl	Leikkausaika yht. s
Putki 1, 30 x 20 x 1,5	1	69	69
Leikkausaika yht. kokoonpano			69

MUUTOS s:	5
MUUTOS %:	8

TAULUKKO 4. Kokoonpano 2, hitsausajat

Kokoonpanon tunniste:	Kokoonpano 2
-----------------------	--------------

Vanha kokoonpano		
OV-osat:	Koodi	määrä kpl
	Putki 1, 30 x 20 x 1,5	1
	Putki 2, 30 x 20 x 1,5	2
Hitsausauman pituus yht. mm		180
Hitsausaika yht. s		160
Laskennallinen hitsausnopeus mm/s		1,13

Uusi kokoonpano		
OV-osat:	Koodi	määrä kpl
	Putki 1, 30 x 20 x 1,5	1
Hitsausauman pituus yht. mm		140
Laskennallinen hitsausaika s		124
Laskennallinen hitsausnopeus mm/s		1,13

MUUTOS s	-36
MUUTOS %	-23

Tässä kokoonpanossa kokonaisuudessa saatiin parannettua hitsausaikoja, mutta leikkausaika kasvoi jonkin verran. Tämä johtui siitä, että taittokulman leikkaaminen on jonkin verran hitaampi kuin pelkkä suora katkaisu.

#### 5.4 Kokoonpano 3

Tässä kokoonpanossa suunnittelulla saadaan parannettua hitsausaikaa yhteensä 53 sekuntia leikkausajan pysyessä muuttumattomana. Käytetyn profiilin määrä pysyy lähes samana, mutta nyt rakenne koostuu yhdestä profiilista, kun se ennen valmistettiin kolmesta erillisestä pätkästä. Taulukossa 5 leikkausajat ja niiden muutokset, taulukossa 6 hitsausajat ja niiden muutokset.

TAULUKKO 5. Kokoonpano 3, leikkausajat

Kokoonpanon tunniste: Kokoonpano 3

Vanha kokoonpano			
Koodi	määrä kpl	Leikkausaika s/kpl	Leikkausaika yht. s
Putki 1, 40 x 20 x 2	1	9	9
Putki 2, 40 x 20 x 2	2	12	24
Leikkausaika yht. kokoonpano			33

Uusi kokoonpano			
Koodi	määrä kpl	Leikkausaika s/kpl	Leikkausaika yht. s
Putki 1, 40 x 20 x 2	1	33	33
Leikkausaika yht. kokoonpano			33

MUUTOS s:	0
MUUTOS %:	0

TAULUKKO 6. Kokoonpano 3, hitsausajat

Kokoonpanon tunniste:		Kokoonpano 3
<b>Vanha kokoonpano</b>		
OV-osat:	Koodi	määrä kpl
	Putki 1, 40 x 20 x 2	1
	Putki 2, 40 x 20 x 2	2
Hitsausauman pituus yht. mm		360
Hitsausaika yht. s		240
Laskennallinen hitsausnopeus mm/s		1,5
<b>Uusi kokoonpano</b>		
OV-osat:	Koodi	määrä kpl
	Putki 1, 40 x 20 x 2	1
Hitsausauman pituus yht. mm		280
Laskennallinen hitsausaika s		187
Laskennallinen hitsausnopeus mm/s		1,5
MUUTOS s		-53
MUUTOS %		-22

### 5.5 Yhteenveto

Kaikissa kokonaisuuksissa nähdään selvää parannusta vanhoihin ratkaisuihin nähden, vaikka kokoonpano 2 leikkausajat kasvoivat jonkin verran. Kokonaistyöaika kuitenkin pieneni kyseisessä kokoonpanossa. Rakenteiden muokkauksesta huolimatta niiden jäykkyys saatiin pidettyä kohdeyrityksen vaatimalla tasolla. Taulukossa 7 kootusti leikkaus- ja hitsausaikojen muutokset.

TAULUKKO 7. Leikkaus- ja hitsausaikojen yhteenveto

<b>AIKOJEN MUUTOKSET:</b>			
Kokoonpanon tunniste	Vanhojen leikkausajat s	uusien leikkausajat s	muutos %
Kaikki kokoonpanot yht.	171	148	-13
	Vanhojen hitsausajat s	uusien hitsausajat s	muutos %
Kaikki kokoonpanot yht.	690	537	-22

Edellä mainittujen ajallisten muutosten lisäksi saavutettiin myös muita etuja. Jokaisessa vanhassa kokoonpanossa on profiilien päitä, jotka suljetaan muovisella päätytulpalla. Uudessa ratkaisussa näistä päätytulpista päästiin kokonaan eroon. Päätytulppien pois jääminen ei ole ainoastaan rahallinen etu, vaan sitä voidaan tarkastella myös laajempänä kokonaisuutena. Ennen jonkun on pitänyt tilata kyseinen standardiosa, sen varastotilannetta on pitänyt valvoa, se on jouduttu keräilemään kokoonpanoa varten ja jonkun on pitänyt aina asentaa se paikalleen. Nyt kun tulppa on eliminoitu pois, säästetään monta työvaihetta ja todellinen säästö onkin huomattavasti suurempi kuin pelkän halvan muovisen osan hinta.

Toinen säästön kohde on varastointi, kaikissa kokoonpanoissa saatiin vähennettyä nimikkeitä, joten materiaalinhallinta helpottuu. Kokoonpanot ovat helpompia käsitellä, kun saadaan karsittua pois pieniä yksittäisiä profiilin pätkiä. Taulukossa 8 kokoonpanojen profiilininimikkeiden muutos.

TAULUKKO 8. Kokoonpanojen profiilininimikkeiden määrien vertailu

**OSIEN MÄÄRÄT:**

Kokoonpanon tunniste	Vanhan kokoonpanon putkiosat kpl	uuden kokoonpanon putkiosat kpl
Kokoonpano 1	7	4
Kokoonpano 2	3	1
Kokoonpano 3	3	1

Kokoonpanoissa 2 ja 3 suorakaideprofiilin menekki lisääntyi marginaalisesti. Tämä johtui siitä, että vaikka kokoonpanon mitat pysyivät saman, lisää jiirikulma menekkiä materiaalin leveyden verran jokaista kulmaa kohti. Taulukossa 9 kootusti suorakaideprofiilin menekki ja muutos prosentti uuden ja vanhan kokoonpanon välillä.

TAULUKKO 9. Suorakaideprofiilien määrien muutos

**Profiilin määrä:**

Kokoonpanon tunniste	Profiilin määrä mm/kokoonpano, vanha	profiilin määrä mm/kokoonpano, uusi	muutos %
Kokoonpano 1	1485	1364	-8
Kokoonpano 2	2406	2440	1
Kokoonpano 3	1902	1948	2
Kaikki kokoonpanot yht	5793	5752	-1

## 6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli testata Suomen Putkilaser Oy:n suunnittelukonseptia todellisen casen kautta. Tarve konseptille syntyi yrityksen huomattua, että monet suunnittelijat eivät osanneet hyödyntää putkilaserin tarjoamia etuja. Jopa uusien kappaleiden suunnittelu pohjautui vanhojen työmenetelmien rajoitteisiin.

Toiminta kohdeyrityksen henkilöstön kanssa toimi hyvin, molemminpuolinen sitoutuminen projektiin helpotti huomattavasti kommunikointia ja päämäärän saavuttamista. Suunnittelijat antoivat pyydettyä palautetta ja informaatiota, jotta suunnittelu saatiin kulkemaan oikeaan suuntaan kohdeyrityksen tavoitteiden kannalta.

Tuloksista nähtiin, että työn tavoitteisiin selvästi päästiin, kokoonpanojen leikkaus- ja hitsausaikoja saatiin pääosin selvästi pudotettua ja tätä kautta kohdeyritykselle kertyy säästöjä parantuneen virtaustehokkuuden kautta. Kokoonpanojen vähentyneiden nimikkeiden kautta varastohallinta helpottuu. Kahdessa kokoonpanossa saatiin profiilinimikkeiden määrä pudotettua yhteen, jolloin riski siitä, että hitsauksessa olisi pariton määrä tuotteita laskee nollaan profiilien osalta.

Palautteen perusteella voidaan päätellä, että myös vaikeammin havaittavia säästöjä saatiin muodostettua keskitetyllä uudelleensuunnittelulla. Tästä esimerkkinä päätytulppien pois jääminen. Nopeasti mietittynä siitä saatava säästö on tulppien hinta. Kuitenkin pidemmälle ajateltuna jonkun pitää ensin tilata tulpat, hallita niiden varastointia, keräillä ne ja lopulta asentaa, jolloin niiden taakse muodostuu vaikeasti todennettavia kuluja.

Suunnittelukonseptin kaupallistaminen on monimutkainen asia, onko päätavoite tuoda asiakkaalle lisäarvoa ja suunnitella siis periaatteessa ilmaiseksi osia. Tässä mallissa tuoton oletetaan tulevan lisääntyneiden tilauksien ja kestävämpien asiakassuhteiden kautta. Toisena toimintamallina taas on suunnittelu josta laskutetaan, työ hoidetaan tilauksesta ja se voi sisältää todella laajastikin kaikkea muuta kuin pelkästään putkilaserilla valmistettavia osia. Molempia malleja voidaan käyttää, mutta se kumpi valitaan määrittyy hyvin pitkälti asiakassuhteen ja yrityksen omien intressien myötä. Ensimmäinen vaihtoehto on selvästi helpompi myydä asiakkaalle, kun voidaan tietyissä määrin tarjota suunnittelua ilmaiseksi. Kyseisessä vaihtoehdossa on kuitenkin hyväksyttävä, että sen vaikutus

tuottoon saattaa näkyä vasta vuoden tai kahden päästä. Toisessa vaihtoehdossa taas tuotto nähdään huomattavasti nopeammin, mutta asiakkaiden löytäminen voi olla huomattavasti hankalampaa.

Työn onnistumista kuvaa parhaiten se, että kohdeyritys pyysi tarjouksen tässä opinnäytetyössä suunnitelluista kokoonpanoista. Tarjouksen pyytäminen todistaa, että konsepti on toimiva myös potentiaalisten asiakkaiden näkökulmasta, tavoitteeseen siis päästiin ja työ täytti odotukset hyvin.

Työssä olisi voinut analysoida vielä tarkemmin etenkin hitsausaikojen muutosta, tämä olisi kuitenkin vaatinut kohdeyritykseltä suhteellisen paljon lisätyötä, sillä heidän olisi pitänyt tehdä hitsausrobotille erikseen ohjelmat testejä varten. Jatkotutkimus aiheena voisi olla vastaavanlaisen rakenteen todellisen kulurakenteen tutkiminen, mistä kustannukset oikeasti kertyvät ja kuinka paljon tuotannon tehostamisella oikeasti voidaan vaikuttaa kuluihin Suomessa.

## LÄHTEET

Moore, R. 2007. Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools : What Tool? When?. Amsterdam : Butterworth-Heinemann. 2007

Santos, J., Wysk, R & Torres, J. 2006. Improving production with lean thinking. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Suomen Putkilaser Oy. Laserleikkaus. Kotisivut. Luettu 15.1.2016.  
<http://www.putkilaser.fi/cms/laserleikkaus>

Trumpf. Tru Laser Tube. Esite. Luettu 25.1.2016.  
[http://www.pantronic.no/wp-content/uploads/2014/12/TruLaserTube\\_10\\_2013\\_en.pdf](http://www.pantronic.no/wp-content/uploads/2014/12/TruLaserTube_10_2013_en.pdf)

## LIITTEET

## Liite 1. Esimerkki leikkausajan simuloinnista

<b>SET-UP</b>	
<b>SCHEDULE</b>	
<b>GENERAL</b>	
<b>DATA</b>	
file:///PUTKI-PC1-HP/TRUMPF_PDM2/TRUMPF.NET/Templates/HTML/SYSTEM_Logo.	
MACHINE:	TruLaser Tube 7000 (T03) - MAX. LASER POWER 3600 WATT
CONTROL:	Sin 840D
COMPANY:	Trumpf
NC PROGRAM PATH:	/TRUMPF.NET/ROT/Proto/Esan protot/...LST
PROGRAM NAME:	
PROGRAM TYPE:	NORMAL
LOOP PROGRAMMING:	YES
MATERIAL:	
MATERIAL (TT):	St37-15
PROFILE ID:	1_300X200X23_1_15
CROSS SECTION	RECTANGLE
DIMENSION:	Length x width x height x radius x sheet thickness ( x 30.00 x 20.00 x 2.25 x 1.50 mm
PROCESSING LENGTH	.774 mm
WEIGHT:	0.74 kg
TOTAL TIME:	0 : 00 : 27 [h:min:s]
STORAGE REQUIREMENT:	35456 CHARACTERS
TOTAL CUTTING LENGTH:	1063.33 mm

User  
17.12.2015  
TruTops  
Tube  
V12.09.00

<b>MACHINING INSTRUCTIONS</b>	
POSITION OF PUSH-THROUGH CHUCK:	58.00 mm
MAT.NO. FORM SHELL:	940727
HEIGHT FORM SHELL:	42.00
FORM CIRCLE DIAMETER:	37.00 mm
REMOVAL STRATEGY:	Unloading 1: Part chute Unloading 2: Part chute
REMOVAL POSITION:	Unloading 1: Scrap Unloading 2: Position 10
REMARKS:	
<b>Finished part supports</b>	
X POSITION [mm]	
MAT. NO. GUIDE ROLLER:	

<b>INFORMATION ON SINGLE PART</b>	
DRAWING NUMBER	DRAWING NAME
FILE NAME OF PIPE WITH:	
/TRUM.../Proto/Esan protot/...TEO	

TMT_
------