



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Tappihitsausjigi

Matti Kivelä

Opinnäytetyö  
Helmikuu 2017  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät

KIVELÄ, MATTI:  
Tappihitsausjigi

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Helmikuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella tappihitsausjigi tukemaan ja kasvattamaan Metallityö E Laineen tuotantokapasiteettia. Työ käynnistyi syyskuussa 2016 ylöjärveläisen Kombimec-suunnitteluyrityksen toimeksiantona.

Opinnäytetyössä suunniteltiin saatujen pohjatietojen ja asiakkaan toiveiden mukaan hitsausjigi heidän tuotantoonsa räätälöidysti. 3D-malli luotiin SolidWorks 2015 - ohjelmistolla, jonka perusteella käytiin kehityskeskusteluja ja mallia muokattiin asiakkaan ehdotusten mukaiseksi. Lopullisesta versiosta tehtiin valmistuspiirustukset, jotka luovutettiin asiakkaalle joulukuussa 2016.

Suunnitellun laitteen toimintaa käsitellään opinnäytetyössä niin paikoituksen kuin hitsauksen osalta. Jigi sisältää monia eri kone-elimitä ja niiden valintaa ja toimintaa on halettu myös tutkia työssä. Opinnäytetyön valmistuessa Metallityö E Laine valmistaa jigia.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Option of Modern Production Systems and Industrial Engineering and Management

KIVELÄ, MATTI:  
Shaft-Welding Jig

Bachelor's thesis 29 pages, appendices 2 pages  
February 2017

---

The purpose of this thesis was to design a shaft-welding jig to support and increase production capacity at Metallityö E Laine. The thesis was started in September 2016 as an assignment from Kombimec, which is a design company from Ylöjärvi.

In this thesis, a tailor-made shaft-welding jig was designed according to the expectations and information given by the company. A 3D model was created with the design suite SolidWorks 2015. The first version of the model was used as a starting point for development discussions, and it was then modified to correspond the wishes of the company. Fabrication blueprints were created on basis of the final version, and they were given to the client in December 2016.

Positioning and welding are elaborated from the viewpoint of the product designed here. The jig includes many machine parts, and therefore the selection and functions of those parts are also examined. Manufacturing of the jig began at Metallityö E Laine after the completion of this thesis.

---

Key words: jig, welding, positioning, 3D-modeling, machine parts,

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYS ESITTELYT .....	7
	2.1 Kombimec.....	7
	2.2 Metallityö E Laine .....	7
	2.3 Jame-Shaft .....	8
3	TEORIA .....	9
	3.1 Jigi.....	9
	3.2 Hitsaus .....	10
4	SUUNNITTELU .....	11
	4.1 Lähtötilanne .....	12
	4.2 Versio 1.....	14
	4.3 Versio 2 / Lopullinen versio .....	15
	4.4 Runko.....	16
	4.5 Yläpaikoitin .....	17
	4.6 Trapetsiruuvi.....	18
	4.7 Laakerit .....	19
	4.8 Sylinterit.....	20
	4.9 Hammashihnakäyttö .....	23
	4.10 Kuulaholkit .....	23
5	POHDINTA.....	25
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET .....	27
	Liite 1. Tappihitsausjigi, Elaine_13.....	28
	Liite 2. Elaine_165, Pneumatiikka kaavio.....	29

**ERITYISSANASTO**

Jigi	Paikoitin kappaleen saattamiseksi toistuvasti haluttuun paikkaan
Robottisolu	Eristetty robotin toiminta-alue konepajassa

## 1 JOHDANTO

Metallityö E Laine on tilannut Kombimeciltä tappihitsausjigin robottihitsaussoluunsa. E Laine haluaa vastata kysyntään ja kehittää toimintaansa. Tähän paras tapa on läpimeinoajan lyhentäminen. Tähän tavoitteeseen pyrittiin hitsausjigin automatisoinnilla. Kombimecin toimitusjohtaja Toni Nieminen pyysi Tampereen ammattikorkeakoululta opinnäytetyön tekijää kyseiselle projektille. Sain paikan ja työ suoritettiin syys- joulukuun aikana vuonna 2016. Suunnittelun mallinnus ja piirustukset tehtiin käyttäen SolidWorks 2015 suunnitteluohjelmistoa.

Opinnäytetyö käsittelee suunnitteluprojektia ja sen eri vaiheita. Opinnäytetyössä tutustutaan myös robottiaivusteiseen hitsaukseen ja jigin toimintaan yleisesti. Laitteen kone-elimet kuten trapetsiruuvi ja sylinterit ovat pintapuolisessa käsittelyssä. Myös laakereiden valintaa käydään läpi. Runkoa ja paikoittimia käsitellään omissa kappaleissaan. Materiaalivalintoja ja yleisiä valmistusohjeita käydään myös läpi.

## 2 YRITYS ESITTELYT

### 2.1 Kombimec

Kombimec on suomalainen, Ylöjärvellä toimiva vuonna 2012 perustettu mekaniikka-suunnittelua ja lujuuslaskentaa tarjoava yritys. Kombimecissä työskentelee 4 henkilöä, joilta löytyy osaamista monille eri aloille.

Kombimec on työskennellyt robottisolujen parissa aiemminkin ja toimittanut hitsausjigijä. Yrityksellä on kokemusta myös liikkuvista laitteista esimerkiksi asfalttiteollisuudelle. He ovat toimittaneet öljyntorjuntalaitteistoa, kuten öljypuomikeloja.

Kombimeciltä on tilattu suunnittelutyö tappihitsausjigille. Kombimec otti yhteyttä Tampereen ammattikorkeakouluun, jonka kanssa sovittiin opinnäytetyön tekemisestä.

### 2.2 Metallityö E Laine

Metallityö E Laine on suomalainen, Salossa toimiva yritys, joka tekee alihankintaa Jame-shaftille, jolle he hitsaavat ja maalavat tapin ja laipan yhdistelmää. Eri kokoja on todella paljon ja toimitusajat ovat todella lyhyitä. Tuotteita ei voida tehdä varastoon, koska tapit ja laipat toimitetaan heille aina vasta tilauksen jälkeen.

He tekevät myös muuta alihankintaa, mutta erityisosaaminen on tapeissa E Laine on kiinnostunut kasvattamaan tuotantoaan ja parantamaan konekantaa. Myöskään uusia haasteita ei pelätä vaan ollaan valmiita tarttumaan tilaisuuksiin.

Jigi on luonnollinen parannus yrityksen toimintaan, koska toimiessaan jigi lyhentää tuotteiden läpimenoaikaa kahdella eri tavalla. 1. Kappaleet on nopea kiinnittää ja poistaa jigistä. 2. Ennen vaadittua silloitushitsausta ei tarvita, joten yksi työvaihe jää pois. Voidaan olettaa, että roiskeiden määrä vähenee, koska silloitushitsejä ei enää ole. Jos näin on, myös jälkitöiden määrä vähenee.

Kappaleet esilämmitetään hitsaustuloksen parantamiseksi. Tällä hetkellä kappaleet lämmitetään silloitettuna ja siirretään jigisiin. Uuniin saadaan myös lisää tilaa, kun tapit

ja laipat saadaan lämmittää erillään. Mikäli jigi toimii halutulla tavalla E Laine rakentaa myös vastaavan jigin, jolloin robotin työtä tekemätön aika lyhenee entisestään. Mikäli tämän jälkeen, halutaan vielä lisätä kapasiteettia, on tehtävä kokonaan uusi paikka jigille, joka on nykyisen robotin ulottuman päässä tai hankkia uusi robotti.

Samoja tuotteita tehdään myös pyörityspöytä tyyppisillä hitsausasemilla, joissa kolvi on paikallaan.

### **2.3 Jame-shaft**

Jame-shaft on Salossa toimiva kansainvälinen yritys, jonka asiakaskanta koostuu alansa johtavista kone- ja laiterakennusteollisuuden toimijoista. Yrityksen suoran viennin osuus on noin 40 %

Jame-Shaft on keskittynyt koneistuksen ja hionnan lisäksi lämpökäsittelyyn. Heillä on moderni konekanta ja oma raaka-aine varasto.

(Jameshaft.fi)



### 3 Teoria

#### 3.1 Jigi

Hitsausjigillä tarkoitetaan laitetta / telinettä, johon kappale voidaan asettaa hitsauksen ajaksi. Jigillä varmistetaan, että hitsattavat kappaleet paikoittuvat samalla tavalla toisiinsa nähden. Robottihitsauksessa käytettävän jigin on paikoitettava kappale myös aina samaan kohtaan robotti solussa.

Hitsausjigin tärkein ominaisuus on kappaleen paikoittaminen aina samalla tavalla samaan kohtaan. Jigin on myös oltava helppo- ja nopeakäyttöinen, jotta tuotanto ei katkea pitkäksi ajaksi jigiiä lastattaessa. Jigin puhdistus on myös tärkeä osa, jotta toimintavarmuus säilyy.

Jigi voidaan valmistaa tuotekohtaiseksi tai joustavaksi, jolloin siihen voidaan asettaa useita erilaisia tuotteita. Kappaleen paikoitus tehdään yleensä kolmesta pisteestä ja puristetaan näitä pisteitä vasten ruuvilla, pikakiinnikkeellä tai sylinterillä. Paikoittavien pintojen kautta voidaan yleensä johtaa sähkö hitsattavaan kappaleeseen.

”Asennointi (asennoiminen) on kappaleen saattamista oikeaan asemaan (translaatio) ja asentoon (rotaatio) työstöä, hitsausta, kokoonpanoa tms. varten. Paikoittaminen = asennoiminen + tukeminen + kiinnittäminen”

(Työväline suunnittelu s.85)

Tässä tapauksessa kappale halutaan saattaa vain oikeaan asemaan. Oikeaan asentoon saattamista ei tarvita, koska valmistettavat tuotteet ovat hitsaustyön kannalta pyörähdys-symmetrisiä. Asemointi tapahtuu v-uraan ja ylävasteeseen, joita vasten tuetaan ja kiinnitetään pneumaattisilla sylintereillä.

### 3.2 Hitsaus

”Hitsaus on kappaleiden liittämistä toisiinsa tai kappaleen pinnoittamista tuomalla sulaan liitospintaan tai liitospintoihin soveltuvaa lisäainetta. Kun sula perusaine ja siihen tuotu lisäaine jäähtyvät, ne liittyvät toisiinsa muodostaen kiinteän liitoksen.”

(Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet s.13)

Tässä työssä keskitytään mig-hitsaukseen, koska sitä tapaan käytetään jigien kasauksessa ja työssä, johon jigi on suunniteltu. Jigi on ainakin aluksi yksittäiskappale ja se valmistetaan käsityönä Metallityö E Laineen omissa tiloissa, koneistuksia lukuun ottamatta.

”MIG/MAG-hitsaus on puoliautomattinen hitsausmenetelmä, jossa lisäaineena käytettävää lankaa syötetään automaattisesti vakionopeudella suojakaasulla suojattuun hitsauskohtaan, missä lisäainelangan kärjen ja perusaineen välissä palava valokaari sulattaa lisä- ja perusainetta”

(Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet s.71)

Hitsausrobottiin on kytketty mig-hitsauskolvi ja joka hitsaa peräkkäin viisi tapin ja laipan yhdistelmää. Tämän jälkeen robotti vie kolvin automaattiseen puhdistukseen ja tai siirtyy toiselle jigille hitsaamaan. Puhdistus jokaisella tai joka toisella kerralla riippueuphitsattavasta kokoonpanosta.

Kappaleita esilämmitetään paremman hitsaustuloksen aikaan saamiseksi. Vanhalla tavalla esilämmitys tehtiin kappaleille, kun laippa on kiinnityshitsattu tappiin. Uudella toimintatavalla voidaan kappaleet esilämmittää erikseen, jolloin uunissa on paremmin tilaa.

## 4 Suunnittelu

Hitsausjigiä suunniteltaessa mittojen on oltava tarkkoja, jotta lopputuote on se mitä halutaan. Yksittäisen jigin hinta nousee helposti koneistettavien pintojen myötä. Tässäkin työssä koneistettavia kappaleita tuli lopulta suuri määrä. Jigi on suunniteltava myös siten että mikään osa ei pääse liikkumaan niin että vaikuttaisi paikoitukseen, josta seuraisi robotin uudelleen ohjelmointia.

Suunnittelun peruslähtökohtia olivat valmistetavat kappaleet ja robotin liikkumamahdollisuudet. Paikoitus päätettiin tehdä pneumaattisilla sylintereillä kiinteitä paikoittimia vasten. Hitsausvoimat ovat tässä tapauksessa melko suuria, joten paikoittavien sylinterien voiman on oltava riittävän suuri pitääkseen kappaleet paikallaan hitsauksen aikana. Kuitenkin voiman on suurennuttava portaattain, jotta paikoitus tapahtuu kaikkiin haluttuihin suuntiin. Koska poikittaissuunnan paikoitus tehdään ensin tämä tarkoittaa, että pystysuunnan sylinterivoiman on oltava suurempi.

#### 4.1 Lähtötilanne

Kuvassa 1 esitetyllä vanhalla mallilla tapit pitää kiinnittää v-uriinsa ruuvipuristimilla ja korkeuden paikoitus täytyy tehdä käyttäen kiinnitettävän laipan alalaitaa. Tästä johtuen laippa tarvitsee kiinnittää tappiin silloitushitseillä ennen paikoitusta. Paikoitus on hidasta ja vaatii ylimääräisiä työvaiheita. Lisäksi paikoituksessa käytettävistä silloitushitseistä aiheutuu roiskeita, kun robotti kuljettaa hitsauskolvia pisteiden yli. Uuteen jigiin haluttiin paikoitus joka käyttää laipan ylälaitaa, jolloin riittää, että laippa vain asetetaan tapin päälle.



KUVA 1 Vanha jigi

Suunnitelman ensimmäisen version jälkeen käytiin läpi epäkohtia ja asiakas esitti lisätoiveita sähkömoottoriorjastusta trapetsiruuvinostimesta. Sellainen lisättiin ja se aiheutti suuria muutoksia. Myös omat sylinterit lisättiin jokaiselle tapille. Alkuperäiseen suunnitelmaan verrattuna jigistä tuli moniosainen, mutta sillä voi tehdä kaikkia asiakkaan tapin / laipan yhdistelmiä.

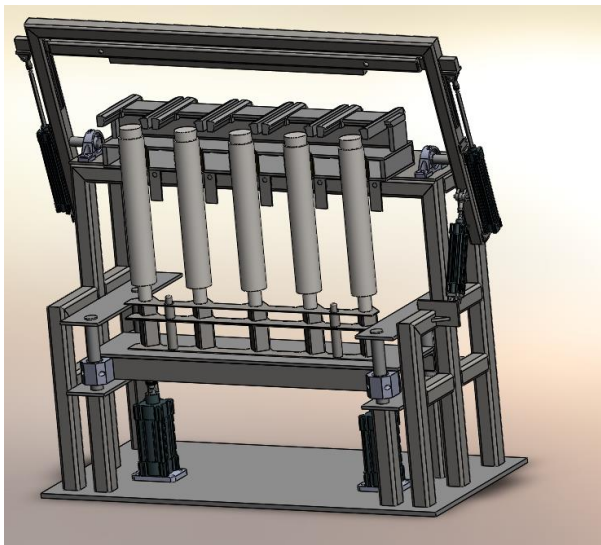
Suunnittelun lähtökohtana olivat asiakkaan toiveet, vanha jigi ja toimitetut piirustukset tällä hetkellä valmistettavista kokoonpanoista. Kuvan 2 mukaisesti jokaiseen kokoonpanoon kuulu kaksi osaa: Tappi, jonka ohjaavan pinnan pituus vaihtelee 70 mm – 682 mm välillä, ja halkaisija 45 mm – 100 mm välillä sekä laippa, jonka halkaisijat vaihtelevat 50 mm – 130 mm. Viimeisellä asiakaskäynnillä selvisi, että on myös 135 mm halkaisijainen laippa, mutta tämän verran varmuutta oli onneksi jätetty.



KUVA 2 Esimerkki kokoonpanosta

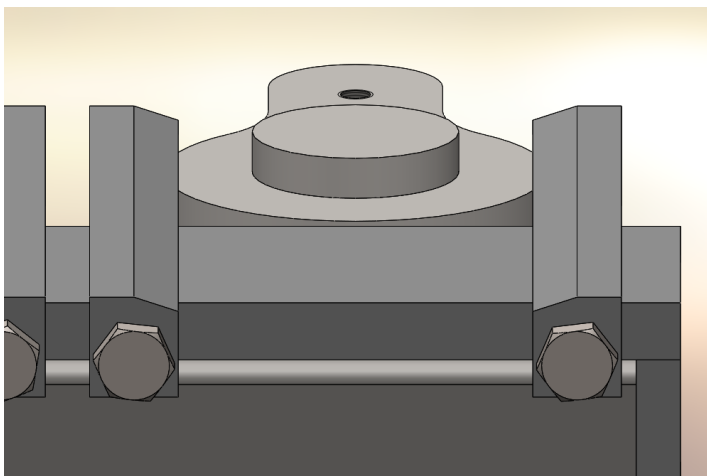
## 4.2 Versio 1

Ensimmäisessä versiossa nostavia sylintereitä oli kaksi, jotka nostivat tasoa, jolle tapit asetettiin. Taso esitetty kuvassa 3, tapit sen päälle asetettuina. Tässä vaiheessa paljastui ongelmaksi kierre joidenkin tappien päissä. Tapit ovat muuten koneistustarkkuudella valmistettuja, mutta joidenkin tappien päissä on ulkokierre, joka on katkaistu sahaamalla. Sahaustarkkuudesta johtuen kaikki tapit eivät ole täysin saman pituisia, joten lyhimät tapit eivät välttämättä olisi paikoittuneet kunnolla.



KUVA 3 Version 1 mukainen jigikokoonpano

Lisäksi muutos päätettiin tehdä ylävasteeseen, jotta malli kestäisi hitsausroiskeita paremmin. Kuvassa 4 esitettyssä mallissa liukupinta on kokoonpanon ylin levy, johon roiskeita aiheutuu helposti. Tämä olisi estänyt ylävasteen liukumisen urassaan

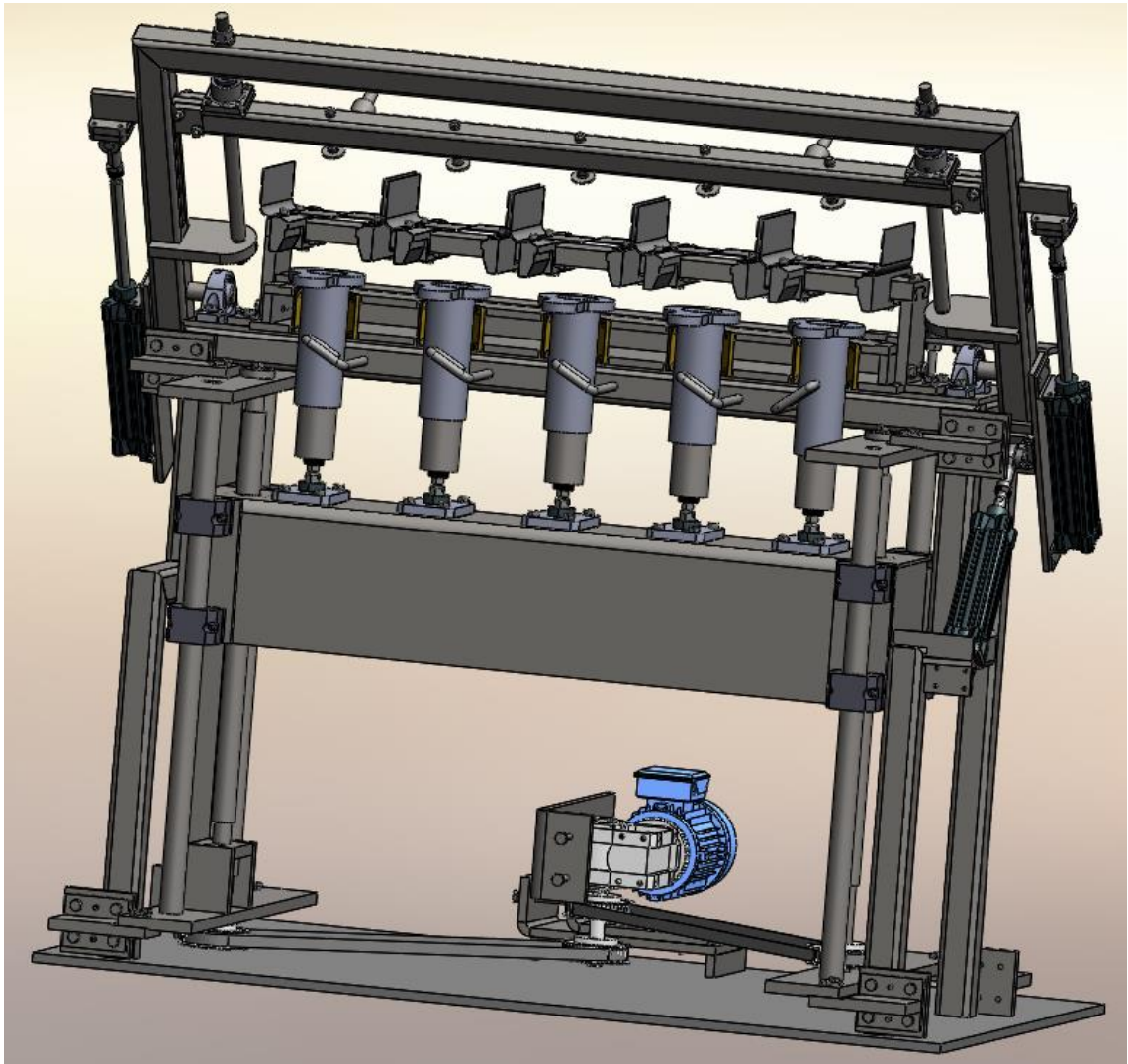


KUVA 4 Version 1 ylävaste

Poikittaissuunnan paikoituksen hoitavat kaksi sylinteriä jotka liikuttavat luistia. Palkkiin päätettiin lisätä tappikohtainen jousitus, joka varmistaa kaikkien tappien paikoittumisen, mikäli palkki taipuu sylinterien vetäessä sitä tappeja vasten.

### 4.3 Versio 2 / lopullinen versio

Lopullisesta versioon oltiin tyytyväisiä ja siitä laadittiin kokoonpano- ja valmistuspiirustukset. Paikoituksessa on neljä paikallaan pysyvää ja kaksi liikkuvaa paikoituspistettä. V-uran seinämät paikoittavat vaakasuunnat, kun kääntyvän paikoittimen luisti painautuu tappeja vasten. Pystysuunnasta huolehtii yläpaikoittimen kaksi tasoa, kun nousevan paikoittimen sylinterit painavat laipan niitä vasten. Kuvassa 5 tilanne jossa kokoonpano kohdaiset asetukset tehty ja tapit ja laipat asetettu, mutta yhtään sylinteriä ei ole vielä liikuttettu.



KUVA 5 Lopullinen versio

Lopullisessa mallissa sähkömoottori pyörittää kulmavaihdetta, jonka akselille on kiinnitetty kartiolholkilla kaksi hammashihnapyörää. Hammashihnavälityksen toisessa päässä ovat samankokoiset hammashihnapyörät jotka on kiinnitetty trapetsiruuvin koneistetulle osuudelle. Kaikissa akseleissa perinteinen kiila asemoimassa hammaspyöriä. Kelkka johon on asennettu viisi sylinteriä, saadaan nousemaan ja laskemaan sähkömoottoria pyörittämällä. Kelkassa olevat trapetsimutterit muuntavat pyörimisliikkeen lineaariliikkeeksi. (Liite 1, Tappihitsausjigi, Elaine\_13)

#### 4.4 Runko

Runkokehikko valmistetaan neliöputkipalkista hitsaamalla. Putkipalkiksi valittiin 60x60x5 jonka materiaaliksi S355J2H. Putkirunkoon hitsataan ylälevy, johon v-urapainoitus ja laakeriyksikkö kiinnitetään pulttiliitoksella ja etu- ja takapintaan levyjä nousevan paikoittimen kiinnitystä varten. Kiinnitettävien levyjen paksuudet vaihtelevat 10 – 20 mm välissä ja niiden materiaali on kaikissa tapauksissa S355MC. Kuvassa 6 kappaleet hitsattu ja koneistukset tehty.



KUVA 6 Kehikon kokoonpano



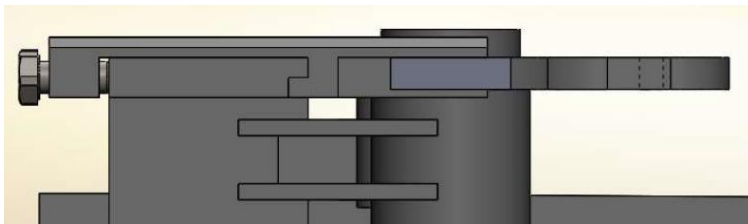
Putkipalkit liitetään toisiinsa 45 asteen jiiriin sahatuilla nurkilla. Ylimpiin putkipalkkeihin tulee rei'itys jousitoimista tapintukea varten. Nämä reiät voidaan tehdä irtonaisiin putkiin, koska niiden asemointi ei ole kovin tarkka. Kaikki hitsausaummat tehdään ympäri ja sauman vahvuus on ohuemman levyn paksuus, eli kaikissa tapauksissa 5 mm.

On oletettava, että hitsaus aiheuttaa muodonmuutoksia ja siksi kiinnittävät pinnat pitää koneistaa suoraksi hitsauksen jälkeen ja viimeiseksi tehdä kiinnitysreiät ja sokkatappien paikoitusreiät. Tähän kappaleeseen tulee näin ollen paljon koneistuksia, mutta ne ovat pakollisia. Jos koneistuksia ei tehtäisi mahdollinen vinous seuraisi osasta toiseen ja saattaisi aiheuttaa sylinterien törmäyksen runkoon.

#### 4.5 Yläpaikoitin

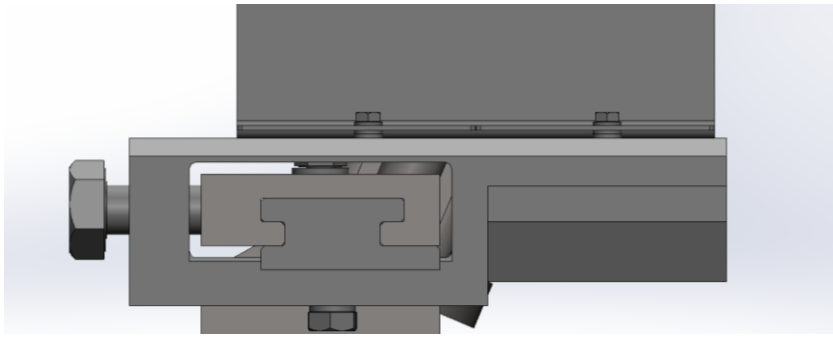
Yläpaikoittimen täytyy liikkua, jotta eri laippakokoja saadaan paikoitettua. Aina valmistettavan kokoonpanon vaihtuessa tarkistetaan paikoittimien asema paikoitinurassa. Säättäminen tapahtuu löysäämällä paikoittimen takana olevaa pulttia ja siirtämällä paikoitin poikittaissuunnassa käsin ja tämän jälkeen kiristämällä pultti. V-ura paikoittaa tapin poikittaissuunnassa, joten asemointi on aina sama, vaikka yläpaikoittimet olisivat hieman eri asemassa.

Kuvassa 7 esitetyt ensimmäisen version paikoittimet koskettivat paikoitinuraa. Tästä syystä paikoitin uran päälle kiinnittynyt hitsausroiske olisi voinut estää paikoittimen liikumisen. Lisäksi paikoitinta ja sen kiinnitystä haluttiin tukevoittaa lopulliseen malliin.



KUVA 7 Version 1 yläpaikoitin

Lopulliseen versioon lisättiin liukupala, johon paikoitin kiinnitetään pultilla. Paikoitin uraa kiertää 5 mm välys roiskeiden varalta. Lisäksi uuden paikoittimen päälle on kiinnitetty kuvassa 8 esitetty roiskesuoja, jota saadaan tarvittaessa säädettyä.

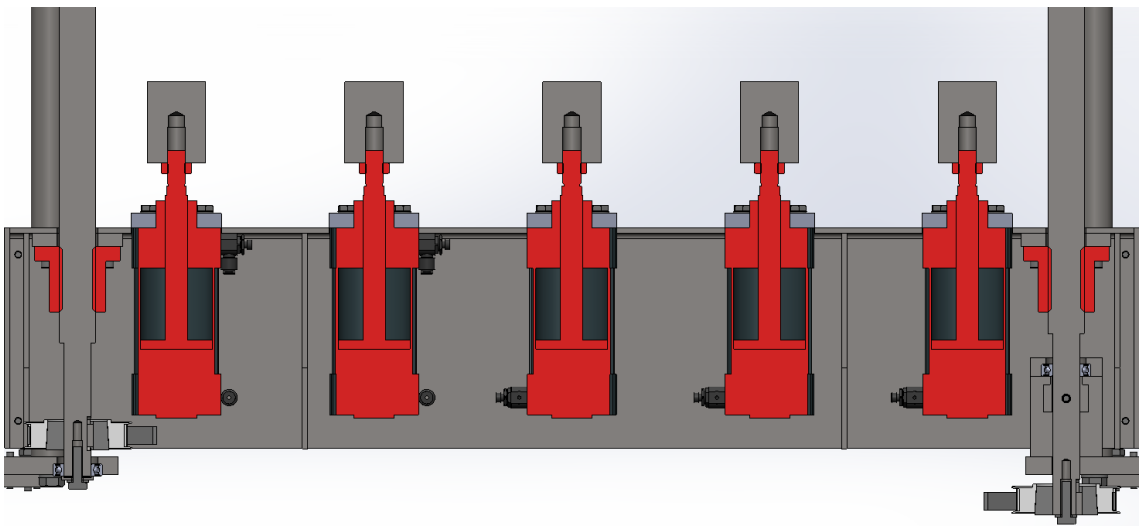


KUVA 8 Lopullisen version yläpaikoitin

Yläpaikoittimen kokoonpanon päätelevyt asetuvat samaan uraan paikoittimien kanssa ja kiinnitetään poikittaisasemaan päältäpäin kiinnitettävällä pultilla. Kokoonpano kiinnitetään v-ura paikoittimen kokoonpanoon pulttiliitoksella ja paikoitetaan lieriösokalla.

#### 4.6 Trapetsiruuvi

SKS mekaniikka auttoi trapetsiruuvi valinnassa. Aluksi oltiin suunniteltu kuularuuvia, mutta löysä tarkkuusvaatimus ja suuret aksiaalivoimat yhdistettynä trapetsiruuvi muodostui paremmaksi vaihtoehdoksi. Lisäksi hinta on edullisempi. Kuvassa 9 esitetty trapetsiruuvi kokoonpano.



KUVA 9 Nousevan paikoittimen trapetsimutterit

Trapetsiruuvien tarvitsee nostaa suurimalla mahdollisella kuormalla kelkka 40 kg + sylinterit 5x5 kg = 25 kg + painavimmat tapit 5x38 kg = 190kg Yhteensä 255 kg. Varmuuskertoimeksi valittiin 3 joten laskenta tehtiin 765 kg maksimi kuormalla.

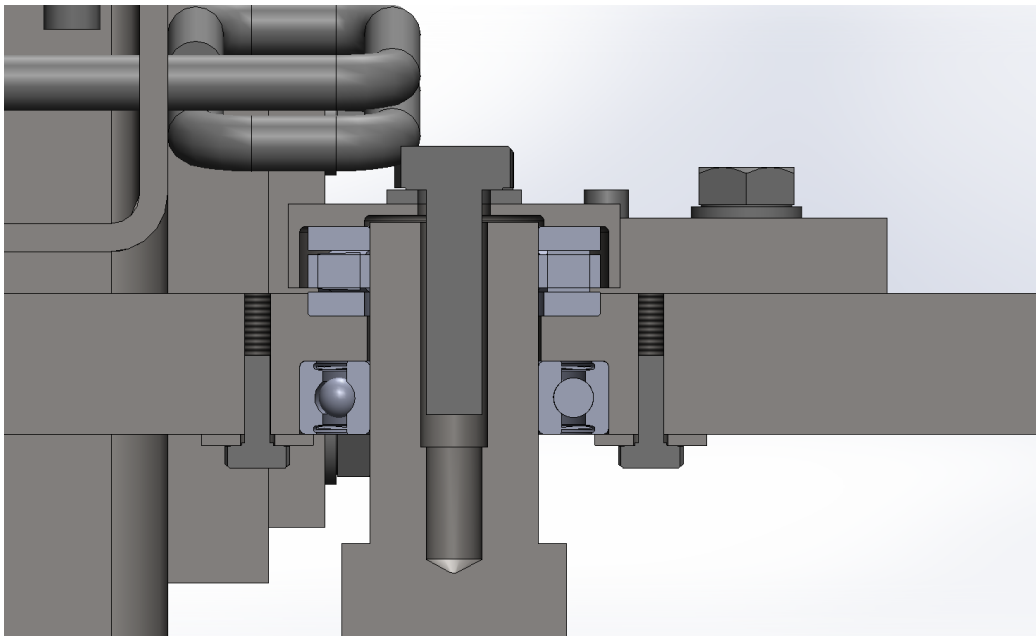
Kun kelkka on paikallaan, sylinterien työntökuorma kohdistuu trapetsiruuville. Kuuden baarin paineella yksi 80 mm halkaisijainen sylinteri saa aikaan 300 kg kuorman jolloin

5 sylinteriä saa aikaan 1500 kg kuorman. Tämä on ehdoton maksimikuorma ja luultavasti säädetään huomattavasti pienemmäksi. Tähän kuormaan on lisättävä vielä 255 kg tällä kertaa ilman varmuuskerrointa, koska kuormaa ei voi aiheutua törmäyksistä kelkan ollessa paikallaan. Yhteiskuorma on näin ollen 1755 kg. Laskennassa käytettiin kuitenkin 2500 kg joten voidaan ajatella varmuuskertoimeksi 1,4.

Näillä tiedoilla SKS mekaniikka teki suosituksen TR40x7 trapetsiruuville, vaihdemootorille ja hammashihna käytölle. Kyseisiä tuotteita käytettiin suunnittelussa ja kopio tarjouksesta toimitettiin tilaajalle.

#### 4.7 Laakerit

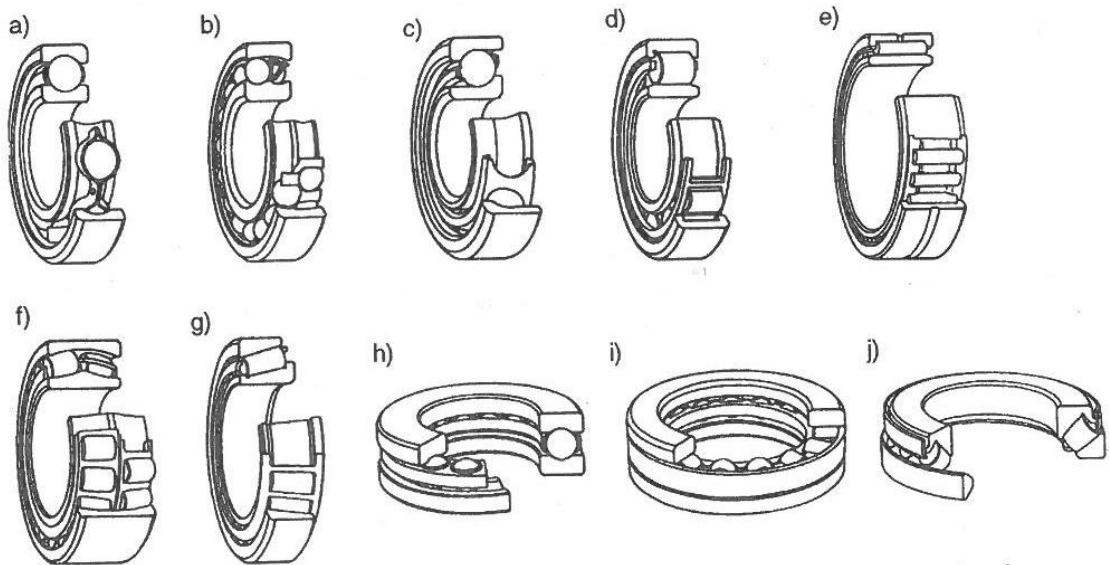
Laakereiden valinnoissa pyörimisnopeudet eivät olleet vaikuttava tekijä, koska liikkeet ovat niin hitaita. Sen sijaan kuormia aiheutuu vertikaali suunnassa paljon. Tästä syystä trapetsiruuvin yläpään valittiin lieriömäinen painerullalaakeri joka ottaa vastaan vain aksiaalisia kuormia. Samalle akselille valittiin molempiin päihin urakuulalaakerit ottamaan vastaan radiaalikuormia. Laakerit esitetty kuvassa 10. Hammashihnakäytön hihna-voima on ainoa radiaalikuormien aiheuttaja.



KUVA 10 Trapetsiruuvin yläpään laakerit

Olisi ollut mahdollista valita myös liukulaakeri ottamaan vastaan aksiaalikuormat jolloin radiaalikuormia olisi pitänyt ottaa vastaan lieriörullalaakerilla, jotka olisivat sallineet

mahdollisen siirtymän aksiaalisuunnassa. Laakerit kilpailutettiin kahdessa Tamperelaisessa laakeriyrityksessä ja tarjoukset toimitettiin tilaajalle. Kääntyvään vasteeseen valittiin edullinen koteloitu urakuulalaakeri. Kuva 11 havainnollistaa vierintälaakereiden rakennemuotoja.



**Kuva 5.2-1.** Vierintälaakereiden rakennemuotoja: a) urakuula-, b) pallomainen kuula-, c) viistokuula- d) lieriörulla-, e) neula- f) pallomainen rulla-, g) kartiorulla- h) painekuula- i) painelieriörulla- ja j) pallomainen painerullalaakeri (1).

KUVA 11 Viereintälaakeri malleja (Koneenosien suunnittelu s.296)

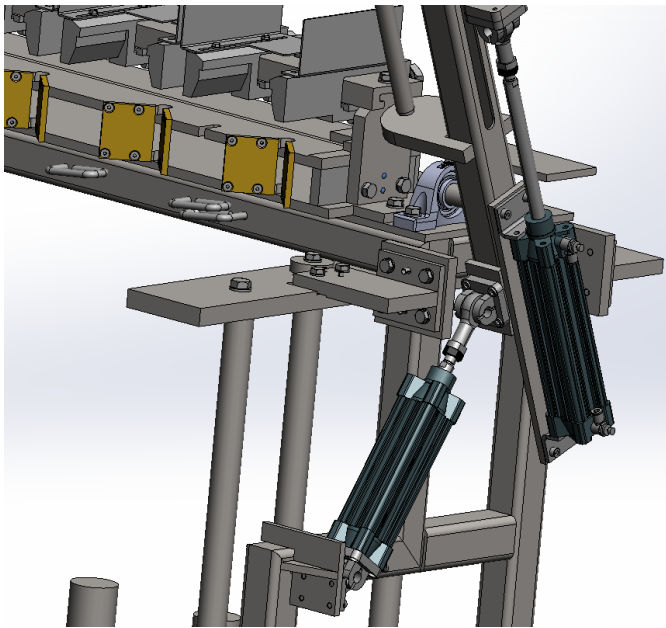
#### 4.8 Sylinterit

Sylintereinä päätettiin käyttää SMC:n CP-96-C sarjan profiilisylinterejä. Sylinterit ovat ISO 15552 standardin mukaisia, joten varaosia on helppo ja löytää asiakas ei ole sidottu yhteen toimittajaan. Näitä sylinterityyppejä toimitetaan kuudella eri sylinterin halkaisijalla, joista päädyimme käyttämään kahta eri kokoa. Pneumatiikasta toiminnasta laadittiin kaavio, joka toimitettiin asiakkaalle (Liite 2, Elaine\_165 Pneumatiikka kaavio) (Tuoteluettelo F3, Kaikki automaattioratkaisut samalta toimittajalta s.124)

Sylinterien käyttöpaineena on 6 baaria, jonka mukaan arvioimme oikeat sylinterikoot. 1 bar on 0,1 MPa jolloin laskennassa käytetään 0,6Mpa. Sylinterin teoreettinen voima = paine x tehollinen pinta-ala. Sylinteri työntövoimaa vastaava pinta-ala on suoraan sylinterin pinta-ala, mutta vetävän puolen voima on pienempi koska sylinterin pinta-alasta pitää vähentää männänvarren pinta-ala. Käytännön syistä joudutaan käyttämään sylintereitä molempiin suuntiin paikoitustyössä. Lopulliseen työhön tuli kolme erityyppistä sylinteriä. Niillä kaikilla on oma tehtävänsä.

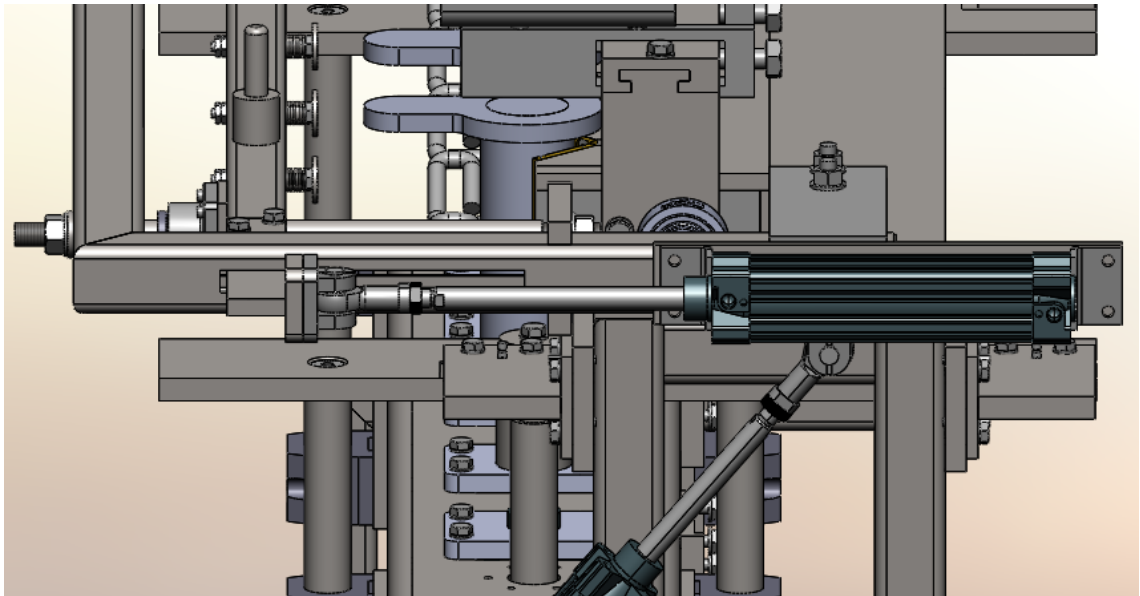
(Tuoteluettelo F3, Kaikki automaattioratkaisut samalta toimittajalta s.205)

Kuvassa 12 esitetty, prosessin kannalta ensimmäinen sylinteri työntää yläpaikoitustason 90 asteen kulmaan tappeihin nähden. Tälle sylinterille on asetettu vaste, jotta sylinteri paikoittuu varmasti oikeaan kulmaan. Sylinterin halkaisija on 50 mm, jolloin sen työntövoima on 0,6 Mpa paineella  $=(\pi \times 0,025 \text{ m} \times 0,025 \text{ m}) \times 600000 \text{ Pa} = 1178 \text{ N}$ . Kaikissa sylintereissä on vastusvastaventtiili jolla voidaan rajoittaa sylinterin toimintanopeutta, jotta liikkeet ovat sulavia. Vastusvastaventtiili ei vähennä sylinterin aiheuttamaa kuormaa.



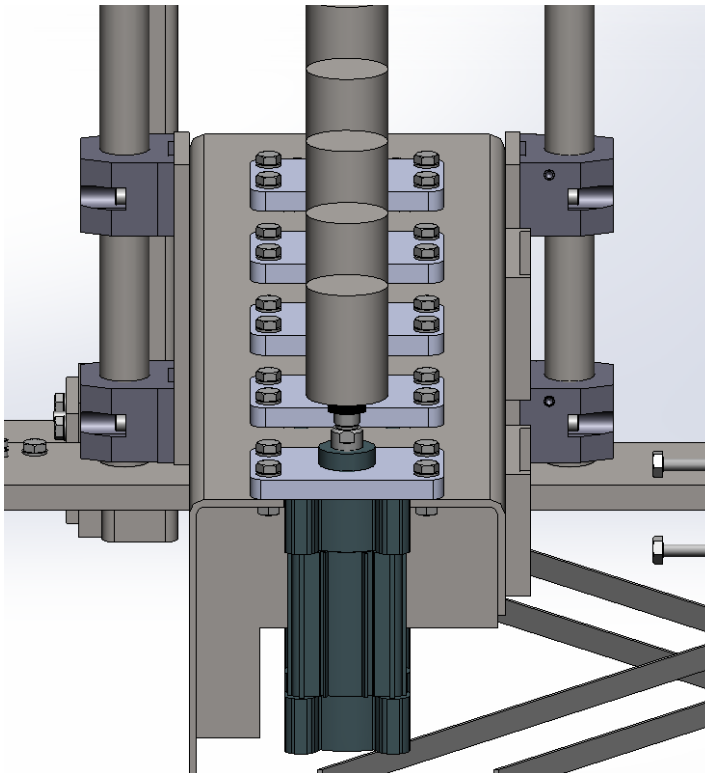
KUVA 12 Ensimmäisen vaiheen sylinteri

Toisen vaiheen sylinterit paikoittavat tappeja vaakasuunnassa. Ne vetävät luistia sylinterejä päin ja painavat tapit v-uran pohjaan. Näin ollen aiheuttavat voimaa joka varmistaa yläpaikoitustuen suoruuden. Sylinterin halkaisija on 50mm ja männänvarrenhalkaisija 20mm, jolloin sen vetovoima  $= ((\pi \times 0,025 \text{ m} \times 0,025 \text{ m}) - (\pi \times 0,01 \text{ m} \times 0,01 \text{ m})) \times 600000 \text{ Pa} = 990 \text{ N}$ . Koska vetäviä sylintereitä on kaksi, koko vetovoima on  $990 \text{ N} \times 2 = 1980 \text{ N}$ . Voima jakautuu tasaisesti viidelle tapille, joten yhdelle tapille kohdistuu  $1980 \text{ N} / 5 = 396 \text{ N}$ . Sylinterien yhtäaikainen toiminta on tärkeää, jotta kuorma jakautuu tasaisesti kaikille tapille. On siis tärkeää, että letkut venttiililtä sylinterille ovat täysin saman mittaiset. Kuvassa 13 näkyvä luisti liikkuu kuulahokkien varassa johteissa, joka parantaa luistin yhdenmukaista liikkumista.



KUVA 13 Toisen vaiheen sylinteri

Kolmannen vaiheen sylinterit nostavat tappeja ja tukevat kokoonpanoa hitsaustyön aikana. Lopullisessa versiossa on yksi sylinteri jokaista tappia kohden, joka esitetty leikkauskuvassa 14. Nostaviksi sylintereiksi haluttiin valita suuremmat, kuin poikittain paikoittavat sylinterit, jotta tapit varmasti liikkuvat pohjaan asti. Sylinterien halkaisija on 80 mm, joten työntövoima =  $p \times A = 0,04 \text{ m} \times 0,04 \text{ m} \times 600000 \text{ Pa} = 3016 \text{ N}$ . Tässä tapauksessa letkujen pituus venttiililtä sylinterille voisi erota toisistaan, jotta sylinterien aiheuttama kuorma trapetsiruuvien laakeroinnille kasvaisi tasaisesti.

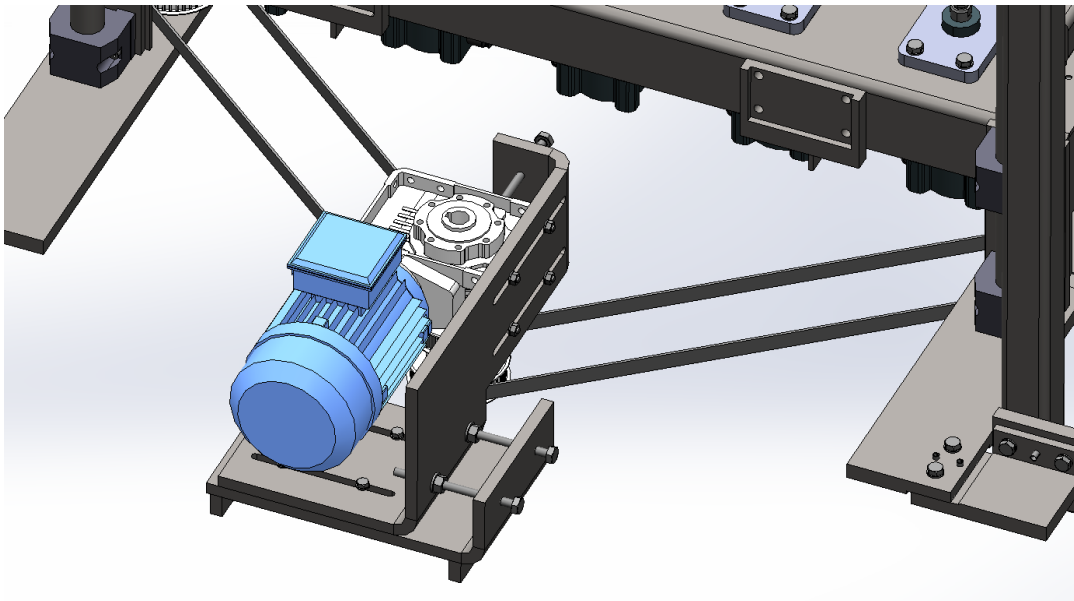


KUVA 14 Kolmannen vaiheen sylinteri

## 4.9 Hammashihnakäyttö

Hammashihnakäyttöä liikutetaan sähkömoottorilla, johon on kytketty vaihde. Vaihteella pyörimisnopeus saadaan halutuksi ja näin ollen vaihteen toisio akselille kytketyt hihnapyörät saavat olla saman kokoisia kuin trapetsiruuvien hihnapyörät. Kelkan onnistuneen nousun kannalta on erittäin tärkeää, että molemmat trapetsiruuvit pyörivät samalla nopeudella ja se on saatu helpoiten varmistettua kytkemällä molemmat hihnapyörät samalla akselille.

Hihnojen on oltava kiristetty toimittajan ohjeen mukaan, jotta käyttö toimisi moitteettomasti. Tämä on helpointa tehdä liikuttamalla moottoria ja tätä varten suunniteltiin moottoripeti. Kuvan 15 moottoripeti on hitsattu pohjalevyyn ja säätäminen tapahtuu pulteilla. Peti liikkuu sivuttain, jotta saadaan kompensoitua hihnojen mahdollinen pituusero. Moottoria voi myös työntää kauemmas jigistä, jolloin molemmat hihnat kiristyvät. Hammashihnat venyvät hieman, joten jälkikiristys pitää tehdä, kun jigä on käytetty jonkin aikaa.



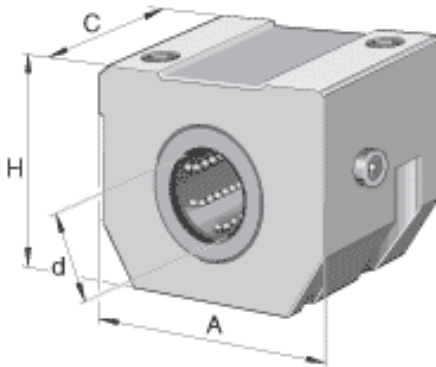
KUVA 15 Moottoripeti

## 4.10 Kuulaholkit

Jigiin tuli kahteen eri kohteeseen kuulaholkki ohjaus. Trapetsi ruuveilla nouseva paikoitin varustettiin kahdeksalla kuulaholkilla, jotta asemoinnista voitaisiin olla varmoja. Nousevassa paikoittimessa olevien sylinterien päät liikkuvat lähellä v-uraa, kun valmistetaan erittäin lyhyitä tappeja. Myös kelkan sujuva kulkeminen on tärkeää, jotta sähkömoottorin teho riittää.

Kääntyvän paikoittimen luistissa on myös kaksi kuulaholkkia varmistamassa luistin kulkemisen suoraan. Jotta luisti törmää kaikkiin tappeihin samanaikaisesti, on sen kuljettava suorassa. Kuulaholkit kulkevat niitä varten tarkoitetuissa johteissa. Johteen pinnan laatu on h6 ja se on pintakäsitelty. Johteet on suojattava mekaanisesti levyllä, jotta mahdollisia hitsausroiskeita ei pääse niiden pinnalle ja näin pääse estämään kuulahokkien kulkua.

Pinnat joihin kuulaholkit kiinnitetään, on koneistettava, jotta kaikki kuulaholkit on varmasti asemoitu samansuuntaisesti. Kuvassa 16 näkyvä ylin pinta on kuulaholkin paikoituspinta. Tässä on jälleen yksi hintaa nostava koneistuskohde jota ei voi kiertää. Koneistus on tehtävä hitsattuun rakenteeseen, jotta voidaan olla varmoja asemoinnista ja täten jigin mutkattomasta toiminnasta.



KUVA 16 Nousevan paikoittimen kuulaholkki

<https://at.brammer.biz/product/2277474/name/KGN-40-B-PP-AS-INA-LINEAR-KUGELLAGEREINHEIT>



## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön valmistuessa Metallityö E Laine rakentaa jigiiä. Heillä on suunnitteilla myös linja, jolla hitsattujen tappien yläpinnat voidaan puhdistaa. Tapit liikkuvat kuljettimella viereiseen huoneeseen, samalla kulkevat harjaimen alitse ja näin yläpinta puhdistuisi. Työvaiheiden automatisointi ja poisto auttavat lyhentämään läpimenoaikaa ja lisäämään tuotantoa.

Opinnäytetyön valmistuessa jigii ei ole vielä valmis, joten toiminnasta ei voi todeta mitään. Sen oletetaan kuitenkin toimivan ja nopeuttavan tuotantoa. Suunniteltuun malliin kertyi paljon koneistettavia osia, joka nosti jigii hintaa. Valmiiden ratkaisujen käyttö olisi voinut tulla joissain tilanteissa edullisemmaksi.

Työstä opittiin paljon ja tehtiin jonkin verran myös ylimääräisiä piirustuksia, koska ei otettu huomioon laitteen valmistusta yhdessä paikassa. Esimerkiksi kaikista neliöpalkkien sahauksista laaditiin piirustus, vaikka tiedot olisi saatu hitsauskoonpanopiirustuksesta. Näiden piirustusten laatiminen olisi kuitenkin ollut tarpeellista, jos palkit olisi haluttu tilata valmiiksi sahattuina.

Projektin kokonaisvaltaisen ymmärtämisen kannalta on tärkeitä ymmärtää myös kaikki valmistuksen ja asennuksen vaiheet. Tämä kuitenkin on hankalaa uuteen kohteeseen toimitettavien piirustusten kanssa. Tähän kuitenkin on käytettävä riittävästi aikaa, jotta kaikki sujuu mutkattomasti ja lopulta työmääräkin saattaa olla pienempi.

## LÄHTEET

Mikko Aunio, Ensio Kettunen, Hannu Kääriä, Matti Niinimäki ja Paavo Riski, 1989. Työväline suunnittelu. Valtion painatuskeskus, Helsinki

Pertti Lepola & Risto Ylikangas, 2016. Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. Sanoma Pro Oy, Helsinki

Timo Björk, Pekka Hautala, Kalevi Huhtala, Seppo Kivioja, Matti Kleimola, Markku Lavi, Heikki Martikka, Juha Miettinen, Aarno Ranta, Jari Rinkinen ja Pekka Salonen, 2014. Koneenosien suunnittelu. Sanoma Pro Oy, Helsinki

SMC Tuoteluettelo F3, Kaikki automaattioratkaisut samalta toimittajalta

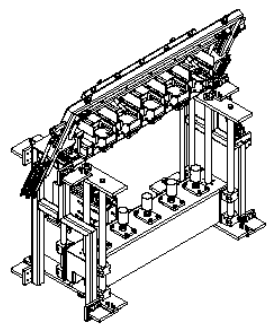
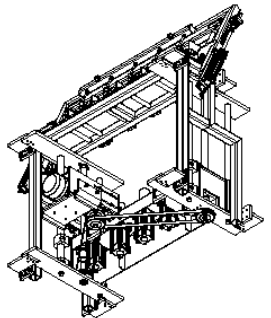
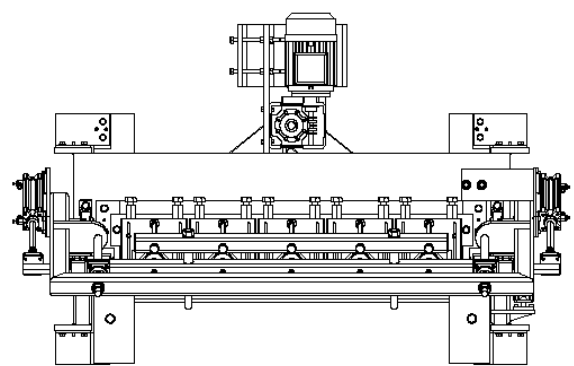
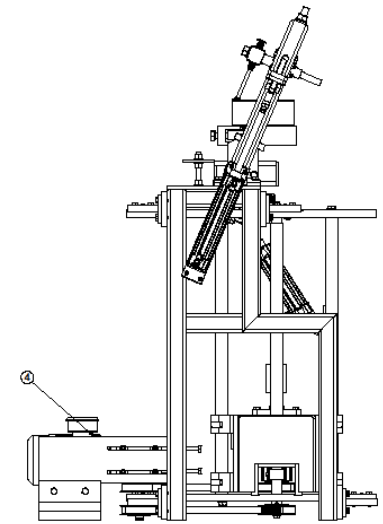
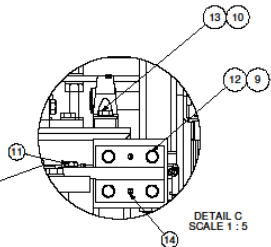
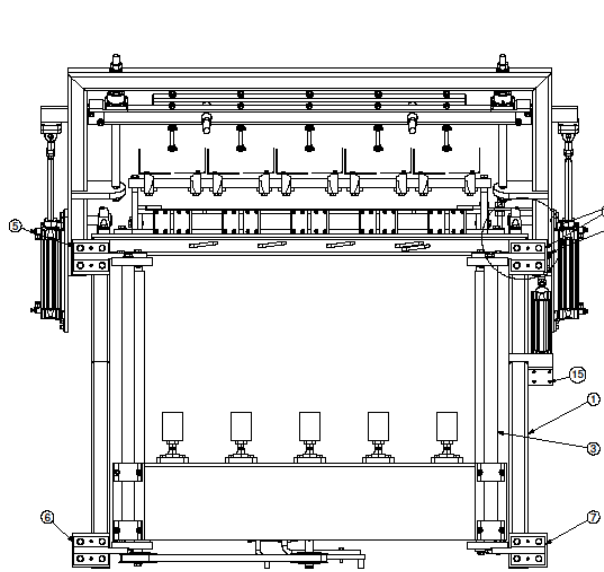
**LIITTEET**

Liite 1, Tappihitsausjigi, Elaine\_13

Liite 2, Elaine\_165 Pneumatiikka kaavio

Tolerance Class AA must be used in assembly and installation interfaces. Tolerance Class A must be used in other structural weldings. Worse than class B is not allowed.  
 The joint preparation according SFS-EN ISO 25532 observing welding process and plate thickness.  
 The longitudinal edges of the root face should be beveled and may be chamfered (up to 2mm).  
 NOTE: All closed and capular structures must not be continuously welded to avoid cavities contraction.

Tolerances for linear dimensions of welded structures (SFS-EN ISO 13295) Range of nominal sizes / in mm							REVISION HISTORY				
Tolerance class	2-30	35-120	130x L < 400	400x L < 1000	1000x L < 2000	2000-4000	4000-8000	REV.	REV. DESCRIPTION	DATE	APPROVED
AA	±0.10	±0.15	±0.20	±0.30	±0.40	±0.50	±0.60				
A	±0.15	±0.20	±0.25	±0.35	±0.45	±0.55	±0.65				
B	±0.20	±0.25	±0.30	±0.40	±0.50	±0.60	±0.70				



BOM Table						
Item	Title1	Title2	standard_DIN	Material	desc1	QTY.
1	Elaine_3	Runko		-		1
2	Elaine_108	Kääntyvä paikoitin		-		1
3	Elaine_70	Nouseva paikoitin		-		1
4	Elaine_93	Käyttö		-		1
5	Elaine_128	Kannake 1		-		2
6	Elaine_129	Kannake 2		-		2
7	Elaine_116	Kannake 3		-		2
8	Elaine_130	Kannake 4		-		2
9			M10 DIN 125	8.8	ALUSLAATTA	48
10			M12 DIN 125	8.8	ALUSLAATTA	4
11			M10x40 DIN 933	8.8	KUUSIORUUVI	16
12			M10x30 DIN 933	8.8	KUUSIORUUVI	32
13			M12x50 DIN 933	8.8	KUUSIORUUVI	4
14			8x40 DIN 7348	8.8	Jousisokka	32
15			M8x20 DIN 912	8.8	KUUSIKOLORUUVI	4

General Tolerance SFS-EN 2768-m DIN ISO 13290		Designer Matti Kheitt	Date 17.11.2016
Welded structures DIN ISO 13290		Approved	Date
class AA for installation interfaces class A for structural members	Scale 1:10	Size A2	Customer Project
Mass, calculated 0.00 kg	Title Elaine_13 Tasohiivaus	Drawing Number 13	Rev.
Finishing	Painting[paas.01- Color 3]	Sheet	1/1

**SOLIDWORKS Student License**  
**Academic Use Only**

This document is not to be republished.

