

Henri Suojanen

PORTAALIROBOTIN KOKOONPANOLINJAN SUUNNITTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
2013

## PORTAALIROBOTIN KOKOONPANOLINJAN SUUNNITTELU

Suojanen, Henri  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2013  
Ohjaaja: Santanen, Teemu  
Sivumäärä: 37  
Liitteitä:

Asiasanat: kokoonpano, portaalirobotti, modulointi, kokoonpanolinjasto

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa kokoonpanolinjasto Cimcorp Oy:lle. Cimcorp valmistaa portaalirobottijärjestelmiä pääasiassa rengas- ja elintarviketeollisuuteen. Kokoonpanotyö on nykyisin tyypiltään paikkakokoonpanoa, mutta muuttuu tulevaisuudessa manuaaliseksi linjakokoonpanoksi, jotta tuotantoa saadaan tehostettua ja tuotteiden läpimenoaikaa pienennettyä.

Opinnäytetyössä kiinnitettiin ensisijaisesti huomio asennusjigien suunnitteluun. Jigien suunnittelussa hyödynnettiin sekä Pro/ENGINEER-suunnitteluohjelmistoa että asennustyöstä saatua kokemusta. Opinnäytetyön teoreettisessa osiossa perehdyttiin kokoonpanoon, sen eri tyypeihin sekä tuotteen modulointiin.

Suunnittelutyön tuloksena saatiin portaalirobotin jokaiselle moduulikokoonpanolle asennusjigi, joiden on määrä helpottaa ja tehostaa asennustyötä. Jigien ansiosta moduulikokoonpanojen kokoaminen on nopeampaa ja ergonomisempaa.

## DESIGN OF PORTAL ROBOT'S ASSEMBLY LINE

Suojanen, Henri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2013

Supervisor: Santanen, Teemu

Number of pages: 37

Appendices:

Keywords: assembly, portal robot, modulation, assembly line

---

The purpose of this thesis was to design and carry out an assembly line for Cimcorp Oy. Cimcorp produces portal robot systems mainly for tyre and grocery industry. At present the type of assembly is positional assembly, but will change to manual assembly line type in the future in order to enhance production and to reduce lead time of products.

Primary focus of this thesis was the designing of assembly jigs. Pro/ENGINEER CAD software and practical experience from installation work were used to aid in designing of assembly jigs. The theoretical part of this thesis focuses on assembling, it's different types and on modulation of product.

Result of design work were assembly jigs for every modular structure of the portal robot. The assembly jigs were designed to ease and to enhance installation work. Assembling the modular structures is faster and more ergonomic due to the installation jigs.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	CIMCORP OY .....	6
2.1	Historia.....	7
2.2	Tuotteet .....	7
2.2.1	Rengasteollisuuden automaatiojärjestelmä .....	7
2.2.2	Elintarviketeollisuuden ja postin keräilyjärjestelmä .....	8
3	KOKOONPANO TUOTANNOSSA .....	10
3.1	Kokoonpano.....	10
3.1.1	Paikkakokoonpano .....	10
3.1.2	Linjakokoonpano .....	11
3.2	Modulointi.....	12
3.3	Tilat.....	14
4	SUUNNITTELU .....	14
4.1	Suunnitteluparametrit.....	15
4.2	Ohjelmisto.....	15
4.3	Tehtävät.....	15
4.4	Työpisteet.....	16
4.4.1	Ergonomia .....	17
4.4.2	Turvallisuus .....	18
5	JIGIEN TOTEUTUS .....	18
5.1	Moduulikokoonpanopisteet.....	19
5.2	Layout .....	19
5.3	Muut työt.....	21
6	SUUNNITTELUN TULOKSET.....	21
6.1	Pallettitarttujan jigi.....	22
6.2	X-kelkan jigi .....	23
6.3	Y-kelkan jigi .....	25
6.4	Pystymoduulin jigi .....	27
6.5	Rengastarttujan jigi .....	28
6.6	Loppukokoonpano .....	30
6.7	Muut työt.....	30
7	TULOSTEN TARKASTELU .....	31
7.1	X-kelkan jigin tarkastelu.....	32
7.2	Pystymoduulin jigin tarkastelu .....	34
7.3	Rengastarttujan jigin tarkastelu.....	35

8 YHTEENVETO .....	36
LÄHTEET .....	37

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Cimcorp Oy:n valmistaman portaalirobotin kokoonpanolinja. Aihe työlle syntyi tilaajan tarpeesta saada portaalirobotille oma kokoonpanolinja. Uuden kokoonpanolinjan toteutus tullaan aloittamaan keväällä 2013.

Nykyään kokoonpano on tyypiltään paikkakokoonpanoa ja se tapahtuu hallin satunnaisilla vapaille alueilla. Muutostyön jälkeen kokoonpano tulee tapahtumaan linjakokoonpanona tuotteelle varatulla omalla alueella. Muutostyön tarkoituksena on saada halliin vapaata lattiatilaa sekä selkeyttää ja tehostaa portaalirobotin kokoonpanoa.

Työssä keskitytään ensisijaisesti moduulikokoonpanopisteiden suunnitteluun. Kokoonpanopisteiden suunnittelussa tullaan ottamaan huomioon työn sujuvuus ja tehokkuus, ergonomia ja turvallisuus. Myös moduulien siirtyminen kokoonpanopisteiltä loppukokoonpanoon tulee ottaa huomioon. Kokoonpanoalueen layout-suunnittelu ei kuulu opinnäytetyöhön, mutta siihen ja kokoonpanojen varastointiin perehdytään hieman.

## 2 CIMCORP OY

Cimcorp Oy on portaalirobotijärjestelmien valmistaja ja se tarjoaa erilaisia ratkaisuja tuotannon ja sisäisen logistiikan automatisointiin. Cimcorp toimii kansainvälisillä markkinoilla ja sen palveluksessa on noin 170 ammattilaista. Yhtiön päätoimipaikka on Ulvilassa, mutta lisäksi sillä on eripuolella Suomea toimipisteitä, jotka tarjoavat huoltoa. Muut toimipisteet sijaitsevat Vantaalla, Riihimäellä, Lahdessa ja Jyväskylässä. /1./

Cimcorpilla on kaksi tytäryhtiötä. CimSolar Oy, joka perustettiin vuoden 2008 alussa, kehittää aurinkosähköpaneelien tuotantoautomaatiojärjestelmiä. CimSolar lopetti toimintansa vuoden 2013 alussa ja se fuusioitiin emoyhtiöön. Toinen tytäryhtiö on nimeltään RTM Robotics Ltd. Se on kanadalainen yhtiö, joka on erikoistunut robotti-

teknologiaan ja sen ohjausjärjestelmiin. Sen liiketoiminta perustuu valtaosin Pohjois-Amerikan alueelle, missä Cimcorpilla ei ole toimintaa käytännössä ollenkaan. /1.,2.,3./

## 2.1 Historia

Cimcorpin toiminta alkoi Rosenlewin työkalutehtaalla vuonna 1975. Silloin toiminut robotiikkaan erikoistunut automaatio-osasto toimitti kuvaputkienkäsittelyrobotteja Valcon tehtaalle. Vuonna 1981 Rosenlew Automation –nimellä toiminut yritys muutti valtatie 2:n varrelle Ulvilaan. Vuonna 1986 yrityksestä tuli Wärtsilän tytäryhtiö yrityskaupan kautta ja se sai nimekseen Cimcorp Oy. /1.,4./

1996 Cimcorp siirtyi sveitsiläisen Swisslog Holding AG:n omistukseen ja yrityksen nimi muuttui Swisslog Oy:ksi vuonna 2002. Joulukuussa 2003 Swisslog Oy:n paikallisjohto osti tuotantolaitoksen itselleen sveitsiläisiltä omistajilta ja muutti nimen takaisin Cimcorp Oy:ksi. Vuonna 2004 yhtiön johto ilmoitti, että yritys luopuu kuvaputkitekniikan kappalekäsittelystä ja siirtyy logistiikkayhtiöksi. /4./

## 2.2 Tuotteet

Cimcorp valmistaa portaalityyppisiä teollisuusrobotteja, ja se on erikoistunut erilaisiin keräily- ja varastojärjestelmiin. Tuotteet valmistetaan tällä hetkellä rengas- ja elintarviketeollisuudelle sekä postin jakelukeskuksiin. Tuotteilla automatisoidaan pääasiassa tuotannon eri vaiheita ja logistiikkaa. Cimcorp on toimittanut automaatiojärjestelmiään yli 30 teollistuneeseen maahan.

### 2.2.1 Rengasteollisuuden automaatiojärjestelmä

Vuonna 2001 Cimcorp käynnisti rengasteollisuuden toiminnan. Se toimitti Nokian rengastehtaalle automaatiohankkeen, jossa sovellettiin aiemmin elintarviketeollisuudessa käytettyä teknologiaa. /5./

Pitkän kehityksen jälkeen Cimcorp on tuottanut Dream Factory –nimisen konseptin. Se on kokonaisratkaisu rengasteollisuudelle, jolla saadaan automatisoitua tehtaan sisäinen logistiikka, varastointi ja keräily. Konseptissa on automatisoitu materiaalivirrat raaka-aineista kokoonpanoon saakka, renkaan paisto, tarkastus, varastointi ja lopulta lastaus. Siirrot suoritetaan Cimcorpin tuottamilla portaali- ja lineaariroboteilla.  
/1./



Kuva 1. Rengasteollisuuden portaalirobotti (Yrityksen Dream Factory -esite) /6/

### 2.2.2 Elintarviketeollisuuden ja postin keräilyjärjestelmä

Cimcorp on kehittänyt erityisesti elintarviketeollisuudelle ja postikeskuksille Multi-Pick-nimisen järjestelmän. MultiPick-robottien avulla raskaat keräilytyöt on saatu automatisoitua ja samalla keräilyssä tapahtuneet virheet ovat pienentyneet. Järjestelmää voidaan hyödyntää kaikissa muovilaatikoissa toimitettavien volyymituotteiden

lajittelussa ja jakelussa, esimerkiksi meijereissä, leipomoissa, panimoissa ja lihanjalostuksessa. /1./

MultiPick-järjestelmän hyöty on suuri, koska elintarviketeollisuuden työt ovat suurelta osin työvoimavaltaista käsityötä, joka on monotonista ja raskasta. Järjestelmä eliminoi keräilyvirheet ja niistä aiheutuvat lisäkustannukset. MultiPick-robottien avulla keräily- lajittelutyö on saatu automatisoitua tehokkaasti.



Kuva 2. MultiPick-robotti (Yrityksen MultiPick-esite) /6/

### 3 KOKOONPANO TUOTANNOSSA

Työn teoreettisina lähtökohtina perehdytään kokoonpanotyöhön yleisesti ja tutustutaan eri kokoonpanotyyppien ominaisuuksiin ja vaikutuksiin tuotannossa. Lisäksi perehdytään kokoonpanotyön kehityksen ja tuotekehityksen kannalta oleelliseen ja tärkeään käsitteeseen; modulaarisuuteen.

#### 3.1 Kokoonpano

Kokoonpano on omassa tehtaassa eri vaiheissa valmistettujen tai muualta hankittujen osien sekä standardikomponenttien ja -tarvikkeiden liittämistä toisiinsa toimivaksi tuotteeksi tai sen osaksi. Kokoonpano tapahtuu yleensä laitetta valmistavalla tehtaalla. Jos laite kootaan asiakkaan luona, on kyseessä asennus. On myös mahdollista, että tuote toimitetaan asiakkaalle osakokoonpanoina, jolloin suurin kokoamistyö on tehty tuotteen valmistajan tiloissa.

Mahdollisimman suuri osa kokoonpanotyöstä pyritään tekemään hallituissa tiloissa kunnollisin työvälinein. Kokoonpano sisältää kappaleiden käsittelemistä, siirtämistä paikasta toiseen, varastoimista, liittämistä ja sovittamista, lopulta myös tarkistamista. Kokoonpanoon liittyy usein myös sähkö-, hydraulikka- tai pneumatiikkatöiden lisäksi erilaisia pintakäsittelyjä. Vain osa näistä toimista on tuotetta jalostavaa, mutta silti pakollista. Turhia käsittelyitä ja siirtämisiä pyritään vähentämään mahdollisimman paljon, mutta niitä ei voida täysin poistaa.

##### 3.1.1 Paikkakokoonpano

Paikkakokoonpanossa tuote kootaan alusta loppuun samalla paikalla. Paikkakokoonpanon etuina ovat muun muassa kokoonpanopaikkojen muokattavuus, jolloin pystytään vastaamaan volyyminvaihteluun lisäämällä kokoonpanopaikkoja. Paikkakokoonpano ei ole niin arka sairauspoissaoloille kuin linjakokoonpano, koska kokoaminen tapahtuu yhdessä pisteessä, jolloin ei olla riippuvaisia muista kokoonpanopisteistä. Kapasiteettia paikkakokoonpanoon saadaan rinnakkaisilla kokoonpanopaikoilla, mi-

kä antaa samalla joustavuutta henkilöstön määrän vaihteluun ja yhtäaikaiseen kokoonpanoon. /7./

Paikkakokoonpanossa osapuutteet eivät ole niin suuri haitta kuin linjakokoonpanossa, koska osan puuttuessa voidaan laitetta koota jostain muusta kohtaa tai muusta pienkokoonpanosta. Materiaaliohjaus saattaa olla kuitenkin hankalaa, koska kokoonpanon eri vaiheita on hankala määritellä. Lisäksi kokoonpanopaikkoja ei voida lisätä suurta määrää, koska ne vaativat paljon tilaa ja henkilöstöä. Paikkakokoonpano soveltuukin paremmin yksittäis- ja pienerätuotantoon, sillä tuotteiden valmistuvuus ei ole tahdiltaan tasaista. /7./

Cimcorpin portaalirobotit valmistetaan tällä hetkellä paikkakokoonpanona. Koska tuotteiden volyyymi on kuitenkin kasvussa ja tilarajoitteet tulevat usean kokoonpanopaikan vuoksi vastaan, on Cimcorp päättänyt siirtyä linjakokoonpanoon.

### 3.1.2 Linjakokoonpano

Linjakokoonpanolla tarkoitetaan kokoonpanomallia, jossa tuotteen kokoonpano on jaettu eri vaiheisiin ja jossa tuote jalostuu linjalla eteenpäin siirryttäessä. Kokoonpanolinjalle on varattu hallista tai tehtaasta kiinteä oma tila, jossa tuote valmistetaan vaiheittain. Kokoonpanopisteille syötetään osia ja pienempiä osakokoonpanoja, jotka asennetaan kiinni varsinaiseen tuotteeseen, lopulliseen kokoonpanoon. Linjakokoonpanolle on tyypillistä erikoistuminen tiettyyn tuotteeseen, jota valmistetaan suurina määrinä. /7./

Linjakokoonpanon hyvänä ominaisuutena voidaan pitää valmistettavan tuotteen lyhyempää läpimenoaikaa verrattuna paikkakokoonpanoon. Tämä edellyttää kuitenkin hyvää materiaalivirran hallintaa ja tehokasta toimintaa linjan jokaiselta kokoonpanopisteeltä, jotta säästyään viivästymisiltä tai koko linjan pysähtymiseltä. Kokoonpanolinjaa tulisi kuormittaa jatkuvasti, jotta se olisi kannattavaa. Siksi suurella volyymillä valmistettavat tuotteet soveltuvat erityisesti linjakokoonpanoon. /7./

Alumiinirunkoisten, uusien portaalirobottien volyymin kasvaessa tulee siirtyminen linjakokoonpanoon ajankohtaiseksi. Linjakokoonpanoon siirryttäessä pyritään vastaamaan kasvaneeseen tuotteiden kysyntään, mutta myös saamaan halliin lisää tilaa, järjestystä ja siisteyttä. /7./

### 3.2 Modulointi

Alun perin moduulien merkitys on olla mitta, jolla rakenneosat ovat jaolliset. Nykyisin moduuleilla tarkoitetaan samanlaisia tai samankaltaisia rakenneosia, joiden avulla saadaan tuotteen erilaisia muunnoksia niitä yhdistelemällä. Moduuli on standardisoitu osakokoonpano. Yhden yrityksen moduuli tai niistä koottu tuote voi olla jonkun toisen yrityksen standardikomponentti. Tuotteista, jotka on koottu ja suunniteltu moduuliperiaatteella, on saatu hyviä kokemuksia ja perusteluita tuotestandardoinnin merkityksestä yrityksen toiminnassa. Modulaarisuus helpottaa tuotteen markkinointia, koska moduloidulla tuotteella pystytään vastaamaan tarkemmin asiakkaan tarpeisiin. Asiakkaan vaatimusten toteuttaminen ei välttämättä vaadi tuotteen yksityiskohdista ja räätälöityä tuotteen suunnittelua, vaan suunnittelutyössä voidaan muodostaa valmis loppukokoonpano erillisistä moduuleista. /7./

Moduulikokoonpanolla ja alikokoonpanolla on eroa. Alikokoonpano on usein suunniteltu sen vuoksi, että tuotteen suunnittelun ja tuotannon kannalta ei ole tehokasta tai mahdollista rakentaa yhtä suurta kokoonpanoa. Toisaalta liian suuri määrä alikokoonpanoja voi olla merkki huonosta suunnittelusta. Moduulikokoonpano on valittu yhtiön toiminnan kannalta strategisista syistä ja se on suunniteltu niin, että sitä käsitellään omana kokonaisuutenaan. Moduulikokoonpanot on kannattavaa jakaa ja rakentaa osakokoonpanoihin linjaston ulkopuolella, jotta niiden kokoamistyö ei häiritse pääkokoonpanon kokoamista. Alikokoonpano ei välttämättä ole moduulikokoonpano, mutta moduulikokoonpano on usein jonkun alikokoonpano. /7./

Moduulien luomiseen vaaditaan suuri työmäärä, mutta onnistunut modulointi korvautuu tulevaisuuden säästöinä. Moduloinnin onnistuminen edellyttää tuotteelta tietynasteista kypsyyttä, jotta tuotteen mahdolliset ongelmat on havaittu ja poistettu. Moduloinnin soveltaminen on uusille ja volyymiltään pienille konstruktioille hanka-

laa, koska konstruktio ei ole välttämättä ehtinyt käydä tarpeeksi välttämätöntä tuotekehitystyötä ja suunnittelua, jotta sen puutteet olisivat tulleet ilmi. Modulointi soveltuu erityisesti kokoonpanoon, koska sen avulla tuotteen kokoonpano voidaan jakaa sujuvasti pienemmiksi kokonaisuuksiksi ja osakokoonpanoksi. /8./

Moduloinnilla saavutetaan useita etuja:

- Suunnittelu aloitetaan valmiiden osien ja moduulien pohjalta
- Suunnittelun dokumentit suurelta osin jo valmiita tai pientä täsmennystä vaativia
- Loppukokoonpano on yksinkertaisempi ja nopeampi, koska se koostuu vain yhteenliitettävistä moduuliperusteisista osakokoonpanoista
- Tuotteen osien määrä vähenee
- Läpimenoaika lyhenee
- Laaturvirheet vähenevät vakio-osien ansiosta
- Materiaalipuutteet havaitaan ennen loppukokoonpano, koska se koostuu valmiista moduulikokoonpanoista
- Tuotekehitys voidaan kohdistaa helposti tiettyyn rakenteeseen
- Helpompi ja nopeampi asennus asiakkaan luona
- Kilpailukyvyyn ja tuottavuuden kasvu

Moduulikokoonpano on toiminnallinen osa tuotteen kokonaisuudesta, joka voidaan irrottaa. Niillä on suunnitellut yhtenevät rajapinnat, eli yhtymäkohdat, joiden avulla mahdollistetaan eri moduulikokoonpanojen yhdistettävyyden lopullisen tuotteen kokonaisuuteen. Tuotteen modulointi on tuotteen kehityksen ja vakioinnin kannalta merkittävä tekijä. Tuotteiden modulaarinen rakenteen avulla voidaan suunnittelu- ja tuotekehitystyö kohdistaa vain moduulikokoonpanoon. Suunnittelutyö helpottuu, koska moduulien rajapinnat pidetään vakiona. Tästä seuraa moduulikokoonpanojen keskinäinen yhteensopivuus. /8./

Parhaassa mahdollisessa moduloidussa tuotteessa jokaisella moduulilla olisi ainoastaan yksi toiminto, moduulikokoonpanojen keskeiset vaikutukset toisiinsa olisivat mahdollisimman vähäisiä, ja jokainen toiminto olisi toteutettu omalla moduulilla. Näin ollen moduuleihin olisi mahdollista toteuttaa muutoksia ilman, että kokonai-

suuden muita toiminnallisia osia olisi tarpeen muuttaa. Idealisesta moduloinnista onkin hyötyä erityisesti tuotekehityksen kannalta. /8./

### 3.3 Tilat

Tällä hetkellä paikkakokoonpanona valmistettavat robotit vievät paljon lattiatilaa hallista. Tämä johtuu useasta samanaikaisesti käynnissä olevasta projektista, jonka vuoksi hallin lattia on suurelta osin varattu eri paikkakokoonpanopisteille ja testauskelle. Nykyinen tilan puute haittaa paljon valmiiden tuotteiden lastausta ja uusien osien tuomista sekä antaa hieman epäsiistin ensivaikutelman hallista ja sen toiminnasta. Koska tilaa on rajallisesti käytössä ja koottavat osat eivät ole aina pysyvissä vakiopaikoissa, kuluu osien etsimiseen paljon aikaa.

Linjakokoonpanoon siirtymisen jälkeen halliin vapautuu paljon lattiatilaa. Osa tästä tilasta on varattu linjakokoonpanolle, mutta jäljelle jäävä tila voidaan hyödyntää esimerkiksi testaukseen tai jättää vapaaksi, jotta hallista lähtevä ja halliin tulevat materiaalit saadaan nopeammin lastattua ja purettua. Tilaa pitää jäädä myös kokoonpanopisteille, jotta työskentely on tehokasta ja sujuvaa. Liian ahtaat tilat saattavat aiheuttaa myös ylimääräisiä vaaratilanteita sekä ne vaikuttavat myös työn ergonomiaan, mukavuuteen ja työn sujuvuuteen.

## 4 SUUNNITTELU

Opinnäytetyön toiminnallisena osuutena oli suunnitella yrityksen kokoonpanohallin kokoonpanolinjalle asennustelineitä. Suunnittelun apuna käytettiin itse kerättyä kokemusta moduulikokoonpanojen asennuksesta ja kokoonpanotyöstä sekä ehdotuksia muilta asentajilta ja henkilöstön jäseniltä. Suunnittelu on tehty yrityksen käytössä olevalla 3D CAD –järjestelmällä.

#### 4.1 Suunnitteluparametrit

Suunnitteluparametrit ovat niitä tekijöitä, jotka ohjaavat suunnittelun kulkua kohti lopullista kokonaisuutta. Ensisijainen suunnitteluparametri asennustelineiden suunnittelussa on moduulikokoonpanon fyysinen koko eli sen leveys ja pituus. Muita suunnittelua ohjaavia parametreja olivat kokoonpanon käsiteltävyys, toimivuuden yksinkertaisuus, jigin kestävyys, valmistuskustannukset ja ergonomiaan liittyvät tekijät kuten työasennot ja käsiteltävät kuormat.

#### 4.2 Ohjelmisto

Suunnittelutyön apuna ja mallinnukseen käytän Pro/Engineer-ohjelman Wildfire 3.0-versiota. Pro/Engineer (lyhyemmin Pro/E tai Pro) on tuotekehitystoimintaan tarkoitettu 3D CAD/CAM-järjestelmä, jolla voidaan mallintaa kolmiulotteisia malleja, kokoonpanoja, piirustuksia ja myös työstöratoja. Mallit koostuvat mitta- ja parametriohtuista piirteistä, joita voidaan muokata, uudelleenjärjestää tai poistaa. Muutokset 3D-mallissa näkyvät heti myös piirustuksissa ja kokoonpanossa.

Ohjelmiston vahvuuksiin kuuluu mallien muokattavuus, haasteellisten geometrioiden mallintaminen, suurten kokoonpanojen hallinta ja saumattomasti integroituvat sovellukset. Ohjelmaan on tarjolla useita erilaisia työkalumoduuleita, jotka keskittyvät määrättyyn osa-alueeseen kuten esimerkiksi muovivalutekniikkaan, ohutlevysuunnitteluun, reverse engineeringiin tai työkalusuunnitteluun.

#### 4.3 Tehtävät

Tehtävänäni on suunnitella kokoonpanolinjan kokoonpanopisteet. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon kokoonpanon sujuvuus ja ergonomia. Jokaiseen kokoonpanopisteeseen tulee perinteiset työkalut ja tarvikkeet, mutta osaan tulee mahdollisesti myös erikoistyökaluja kuten paineilmalla toimiva mutteriväännin. Kokoonpanossa käsitellään kymmeniä kiloja painavia moduulikokoonpanoja, joten niiden käsittelyn on oltava mahdollisimman vähän lihasvoimaa vaativaa, jotta työ ei olisi liian raskasta.

Työasentojen ja painavien kappaleiden käsittelyn vuoksi huomiota kiinnitetään erityisesti moduulikokoonpanojen asentoihin ja niiden liikuttavuuteen.

Asennustöiden helpottamiseksi suunnittelun isona osana on niin sanottujen jigien suunnittelu. Jigi on puhekielen ilmaisu kokoonpanon tai asennuksen apuvälineelle, jolla koottava rakenne voidaan pitää halutussa asennossa työskentelyn ajan. Jigien suunnittelussa on otettava huomioon työskentelyasentojen lisäksi kokoonpantavien rakenteiden nopea ja yksinkertainen kiinnitys ja irrotus, jotta siihen ei kulu turhaa aikaa. Joidenkin jigien tulee sisältää yksinkertaista mekaniikkaa, kuten kiertämis- tai pyörimismahdollisuuden.

#### 4.4 Työpisteet

Jokainen työpiste sisältää perinteisiä työkaluja kuten kuusiokoloavaimia, momenttivääntimiä ja hylsysarjan, jotka ovat mahdollisesti sijoitettuna pyörillä varustettuun työkaluvaunuun tai kiinteisiin työpöytäan. Työpisteissä on myös pöytiä tai tasoja varusteille ja pienemmille osille.

Osakokoonpanopisteessä tulee olla erikoistyökaluja, kuten prässi, jotta saadaan esimerkiksi renkaiden laakerit puristusliitoksella kiinni. Pienimuotoisten korjaus- ja muutostöiden vuoksi lähettyvillä on hyvä olla myös pylväs porakone ja ruuvipenkki. Lisäksi tulee olla tarvikkeita, kuten muttereita ja pultteja riittävästi omassa määrättyissä paikoissaan, jotta niiden noutamiseen ei kulu aikaa.

Jokaiselle moduulikokoonpanolle on oma työpisteensä. Sähköistys voidaan suurelta osin suorittaa myös kokoonpanopisteissä, mutta lopullinen kokoonpano ja sähköistys tapahtuvat omalla alueellaan. Portaalirobotin kokoonpano on jaettu eri moduuleihin, jotka koostuvat pienemmistä osakokoonpanoista. Osakokoonpanot tehdään pienkokoonpanopisteessä, joka sijaitsee kokoonpanoalueen läheisyydessä. Valmiit osakokoonpanot varastoidaan kokoonpanolinjan takana olevaan hyllystään omiin määriteltyihin laatikoihin.

#### 4.4.1 Ergonomia

Ergonomia on ihmisen ja toiminnan, esimerkiksi työn, välisen vuorovaikutuksen tutkimista ja kehittämistä. Ergonomian avulla voidaan edistää ihmisen hyvinvointia ja suorituskykyä. Oikeanlaisella ergonomialla toiminta ja siinä käytettävät välineet sekä ympäristö, jossa toiminta tapahtuu, mukautetaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita vastaaviksi. Ergonomian avulla saavutetaan turvallisuutta, hyvinvointia sekä järjestelmien tehokkaampaa toimintaa. /9./

Ergonomian periaatteiden huomioiminen tarkoittaa muun muassa sitä, että otetaan huomioon käyttäjään, eli ihmiseen, kohdistuva henkinen ja fyysinen rasitus, joita pyritään pienentämään. Kuormittavia liikkeitä ja työasentoja tulee välttää. Ottamalla käyttäjäryhmän erilaisuudet, eli todennäköiset mitat, voimat ja käytettävät työasennot ja toiminta huomioon suunnittelussa, saadaan fyysistä rasitusta pienennettyä. Lisäksi melu, värinä ja lämpö tulee ottaa huomioon työskennellessä. Työpisteiden valaistus tulee hoitaa riittäväksi välttämällä häikäisyä ja varjoja. /10./

Kokoonpanopisteiden ergonomia otetaan huomioon erityisesti jigien suunnittelussa ja yleisessä varustelussa, kuten säädettävissä työtasoissa tai työtuoleissa. Oikealla korkeudella työskentely vähentää työntekijän selkään ja raajoihin kohdistuvaa rasitusta. Sopiva korkeus työskentelyyn saadaan yleensä joko työtason tai työtuolin korkeussäädön avulla. Raskaampien erikoistyökalujen keventäminen auttaa vähentämään käsiin kohdistuvaa rasitusta.

Jigien ansiosta käsiteltävien rakenteiden asentoa voidaan säätää mahdollisimman hyvien työasentojen saavuttamiseksi ja työmukavuuden lisäämiseksi. Ergonomian kannalta oleellista on myös kokoonpanojen siirtäminen linjan pisteeltä varastointitilaan. Painavampien moduulien siirrot tullaan suorittamaan siltanosturien avulla, sillä ne ylittävät 25 kg:n painon, joka on koneturvallisuusstandardissa SFS-EN 1005-02 määritelty yksittäisen noston maksimitaakaksi.

#### 4.4.2 Turvallisuus

Suunnittelun kannalta turvallisuus tulee vastaan lähinnä kokoonpanopisteiden keskinäisten etäisyyksien, mahdollisesti käytettävien nostimien ja jigien suunnittelun myötä. Työpisteiden välillä tulee olla riittävästi tilaa, jotta esimerkiksi siirtojen yhteydessä ei pääse syntymään vaaratilanteita.

Jokaiselle asentajalle on jaettu työvaatteet. Erityisesti takkien ja lyhythihaisten paitojen värityksen ansiosta työntekijöiden näkyvyys hallin tiloissa on parempi. Hallin tiloissa on käytettävä turvajalkineita, jotta jalkoihin kohdistuvilta tapaturmilta vältyttäisiin paremmin. Erilaisia työsuojaimia, kuten hengitys- ja kuulosuojaimia on tarpeen mukaan saatavilla.

Konedirektiivin mukaan koneiden ominaisuuksien suunnittelu tulee toteuttaa niin, että erityisiä turvallisuusteknisiä toimia ei tarvita. Teollisuudessa kuitenkin merkittävä osa koneiden turvallisuudesta toteutetaan erilaisilla turvalaitteilla ja ohjausjärjestelmien avulla. Huolellisella suunnittelulla ja rakenteella voidaan poistaa osa riskeistä, mutta huonolla suunnittelulla ja rakenteella saadaan aikaan helposti tarpeettomia riskejä. Vaaroja voidaan poistaa ja vähentää monin eri keinoin. /11./

Koneen rakenteen ominaisuudet kuten lujuus ja vakavuus, terävät kulmat ja työtila tulee suunnitella tarkoitukseen sopiviksi ja ihmisen mittojen mukaisiksi. Turvaetäisyydet ja turvavälit tulee huomioida työtilaa suunnitellessa. Koneen suunnittelussa huomioidaan ergonomian vaatimukset, kuten käyttäjältä vaadittava voiman käyttö, toistuvat liikkeet ja työasennot. /11./

## 5 JIGIEN TOTEUTUS

Kokoonpanopisteiden suunnittelu aloitettiin yksinkertaisimman moduulikokoonpanon jigien suunnittelusta. Siitä edettiin hieman vaativampien moduulikokoonpanojen jigien suunnitteluun. Jokaisen moduulikokoonpanoon tehtiin nopealla tahdilla ensimmäiset, karkeat prototyypiversiot. Kun jokaisen moduulikokoonpanon jigien

luonnos oli valmiina, lähdettiin tärkeimpiä ja kriittisimpiä jigejä jalostamaan valmiiksi versioiksi.

Jokaisen jigin suunnittelussa lähdettiin liikkeelle karkean rakenteen ja mahdollisten tarvittavien liikkeiden, kuten pyörimisen tai kiertämisen määrittelystä. Lähes jokaisessa jigissä on mahdollista toteuttaa jonkinlaista liikettä. Pääsääntöisesti liikkeet ovat moduulikokoonpanon rakenteen kiertämistä tai kallistusta eri asentoon kokoonpanotyön helpottamiseksi.

Kullekin jigille oli asetettu omat tavoitteensa. Tavoitteet liittyivät lähinnä kokoonpanon käsiteltävyyteen, rakenteen ja toiminnallisuuden yksinkertaisuuteen sekä työn ergonomisuuteen ja sujuvuuteen. Myös toteutuksen edullisuus otettiin suunnittelussa huomioon.

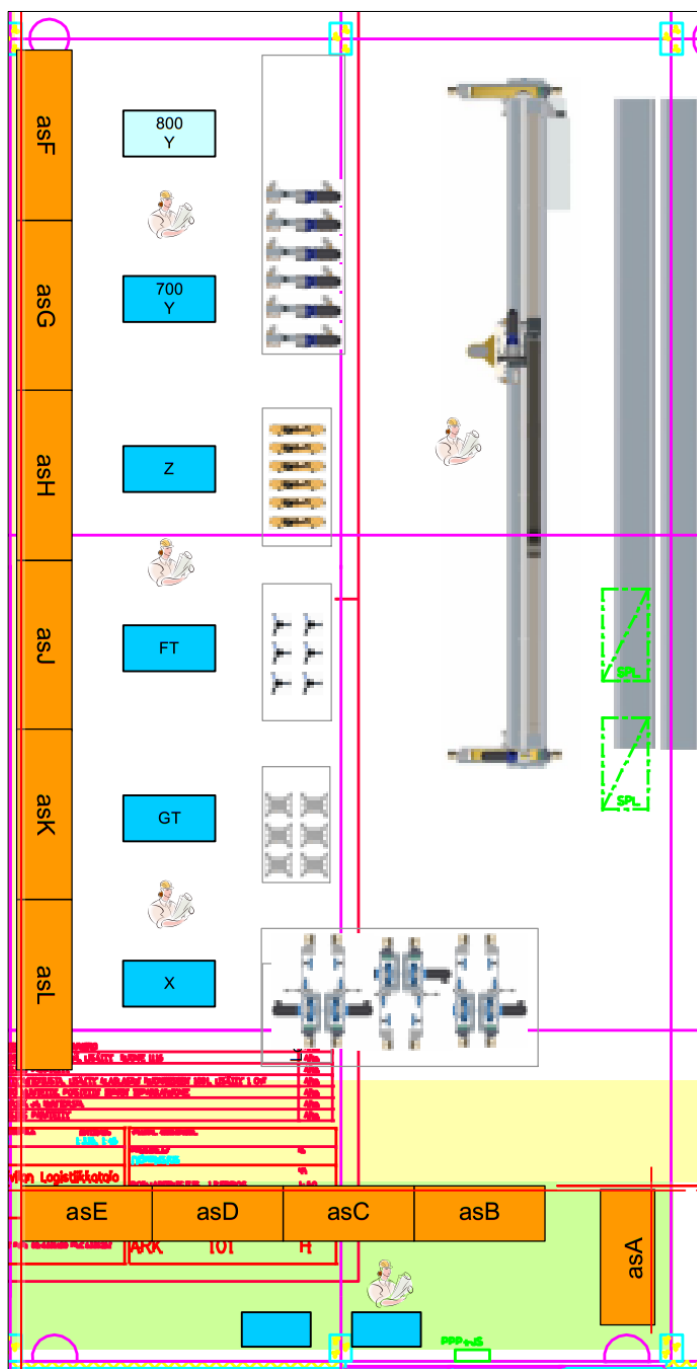
## 5.1 Moduulikokoonpanopisteet

Moduulikokoonpanopisteissä toteutetaan portaalirobotin moduulien kokoonpano. Jokaiselle moduulikokoonpanolle on varattu oma alueensa. Jokaisessa kokoonpanopisteessä on moduulille suunniteltu jigi sekä vaadittavat työkalut asennusta varten, mutta myös asennustyöstä poikkeavia tilanteita varten. Poikkeavia tilanteita ovat tilanteet, jotka muuttavat tai jopa pysäyttävät asennustyön hetkellisesti. Yleensä asennettavien osien valmistusvirheet tai suunnitteluvirheet aiheuttavat tämänkaltaisia tilanteita. Kokoonpanopisteiden läheisyydessä tulisikin olla erikoistyökaluja, joilla tilanteet saadaan ratkaistuksi.

## 5.2 Layout

Kokoonpanoaluetta varten on suunniteltu oma alue hallissa. Layoutin suunnittelu ei ollut osa opinnäytetyötä. Alueesta osa on varattu pienkokoonpanojen kokoamista varten. Varastointitilaa on varattu pienkokoonpanoille ja moduulikokoonpanoille varsinaisten moduulikokoonpanopisteiden ympärillä. Moduulikokoonpanoista jokaiselle on suunniteltu oma alue. Loppukokoonpano suoritetaan myös samalla alueella.

Mekaanisesti valmis portaalirobotti siirretään pyörillä varustettujen pukkien avulla erilliselle alueelle, jossa robotti sähköistetään ja testataan.



Kuva 16. Pohjapiirustus kokoonpanolinjasta.

Kuvan alareunassa on pienkokoonpanoalue ja sen läheisyydessä hyllytilaa vaadittaville osille ja tarvikkeille. Kuvassa ylempänä on kokoonpanoalue moduulikokoonpanoille ja loppukokoonpanolle. Alhaalta nousevassa järjestyksessä on X-kelkan piste, pallettitarttujan ja rengastarttujan piste. Niiden jälkeen on kokoonpanopisteet pys-

tymoduulille ja sekä 700+ että 800+ -robottien Y-kelkkojen pisteet. Vasemmalla kuvassa on hyllytilaa valmiille moduulikokoonpanoille. Oikealla on loppukokoonpanopiste.

### 5.3 Muut työt

Kokoonpanoalueesta ja linjakokoonpanoon liittyvistä jigeistä on laadittu alustava suunnitelma. Tulevaisuudessa jigejä tullaan kehittämään, jotta saavutettaisiin mahdollisimman tehokas työskentely-ympäristö. Jigien kehittämisen lisäksi on alustavasti suunnitteilla esimerkiksi erilaisia työkaluja moduulikokoonpanojen säätämiseen. Työkalujen avulla säädöt saadaan tehdyksi jo ennen testausvaihetta.

Kokoonpanolinjastoa voidaan kehittää esimerkiksi erilaisten nostimien avulla, mikäli niille on tarvetta. Kokoonpanotyön helpottamiseksi on monia mahdollisuuksia. Käytettävillä työkaluilla, apuvälineillä ja tarvikkeilla on suuri merkitys työn sujuvuuteen ja mukavuuteen.

Useita osia, joita uusien +-sarjan robottien kokoonpanoissa käytetään, on muutettu varastonimikkeiksi. Ennen muutosta jokaista projektia kohden tilattiin vain tarvittava määrä alihankinnan kautta tulevia osia. Nykyisin pienkokoonpanoja ja moduulikokoonpanoja varten on saatavilla osia ja tarvikkeita suoraan hyllystä entistä suurempi määrä.

## 6 SUUNNITTELUN TULOKSET

Suunnittelutyön tavoitteena oli suunnitella kokoonpanotyön avuksi asennustelineet eli jigit. Jigit on suunniteltu moduulikokoonpanoja varten ja niiden suunnittelussa on otettu huomioon asennustyötä helpottavia tekijöitä kuten esimerkiksi työn ergonomisuus, rakenteiden asennot asennusvaiheessa sekä työn tehokkuus ja mielekkyys.

Suunnittelun tuloksena saatiin aikaan jokaiselle portaalirobotin moduulikokoonpanolle asennusjigi. Jokaisen jigin rakenne ja toiminnallisuus pyrittiin pitämään yk-

sinkertaisena, jotta käyttäminen on luontevaa ja jotta tulevaisuudessa jigeihin voi tarpeen tullen vaivattomammin lisätä ominaisuuksia. Jigien rakenteissa on käytetty suurilta osin neliö- tai suorakaiteenmuotoista rakenneputkea.

Teräksisiin rakenneputkiin päädyttiin niiden edullisuuden, hyvän saatavuuden ja niiden geometrinen ominaisuuksien vuoksi. Lisäksi neliö- ja suorakaideputkissa on neljä tasaista sivua, joihin voidaan kiinnittää helpommin toimivuuden kannalta tärkeitä osia. Pyöreät rakenneputket olisivat olleet ominaisuuksiltaan huonompia puuttuvien tasaisten pintojen vuoksi.

Rakenneputkien lisäksi käytettiin myös teräslevyä ja terästankoa. Pääosin teräslevyä käytettiin erilaisten tukien ja lukitusten vuoksi, mutta myös jigien jaloissa, jotta ne saadaan porattua levyn reikien läpi lattiaan kiinni. Osaan jigeistä työstettiin terästangosta akselit ja pesät laakereille, jotta saatiin jigeihin ominaisuus, joka mahdollistaa kokoonpanojen 90 asteen kääntämisen.

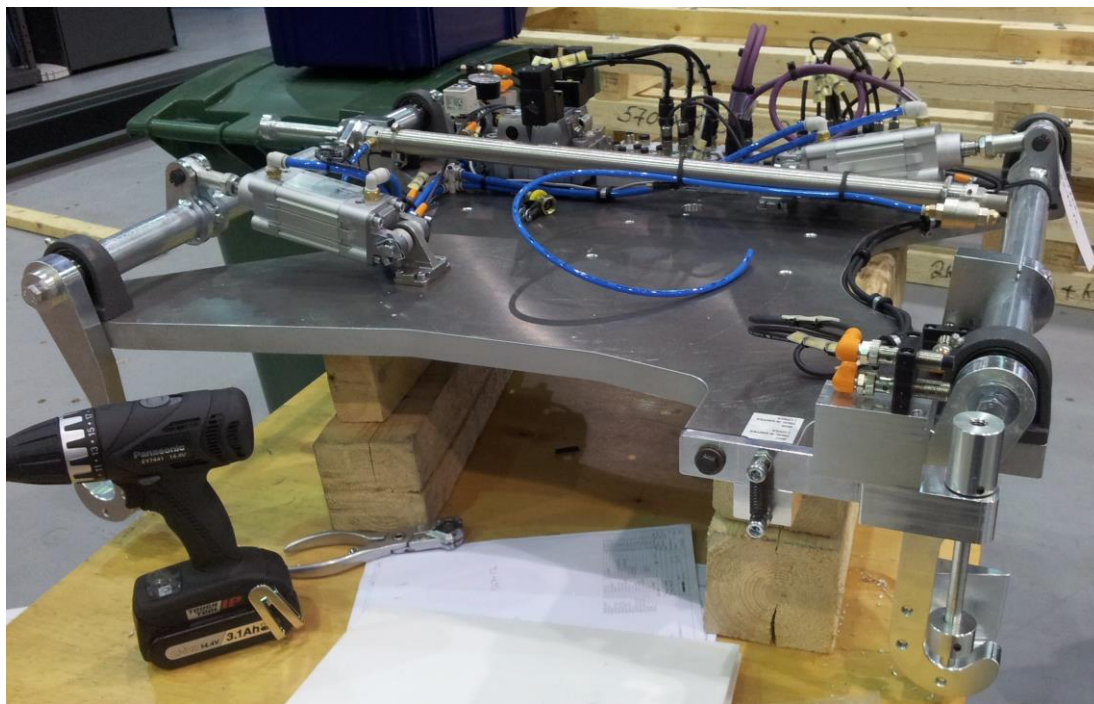
Kahta eri kokoa olevaa neliöputkea käyttämällä saatiin jigeille tukevat ja helposti säädettävissä olevat jalat, asettamalla kooltaan pienempi putki suuremman sisään. Jalkojen lukitus toteutettiin kummassakin putkessa olevilla rei'illä, joiden läpi työnnetty ruuvi pitää jalat halutussa korkeudessa.

## 6.1 Pallettitarttujan jigi

Pallettitarttuja käsittelee palletoja, joiden avulla siirretään renkaita työvaiheelta toiselle. Pallettitarttujan jigin suunnittelu oli hyvin yksinkertainen, sillä jigi ei sisältänyt mekaniikkaa korkeussäädön lisäksi. Jigi koostuu yksinkertaisesti korkeussäädettävästä jalasta, metallilevystä sekä korokepaloista. Pallettitarttujan kokoonpano ei vaadi päärakenteen kääntämistä tai kiertämistä.

Tavoitteena oli saada korkeussäädettävä taso, jotta asentaja saa työskennellä haluamallaan korkeudella. Kokoonpanon ja siihen liittyvän työn yksinkertaisuuden vuoksi muita vaatimuksia ei asetettu. Suunnittelun alkuvaiheilla oli harkinnassa toteuttaa jigin jalka korkeussäädettävällä sähkömoottoroidulla nostopylväällä. Idea kuitenkin hylättiin, koska nostopylväs oli liian kallis suhteutettuna sen tuomaan hyötyyn ja tar-

peeseen. Lopulta jalaksi päädyttiin ottamaan ulkovarastosta löytynyt, käyttämättömäksi jäänyt alumiininen jalka, jossa korkeudensäätö toteutetaan ruuvien avulla.



Kuva 3. Pallettitarttuja kokoonpanovaiheessa.

Pallettitarttujalle suunniteltua jigia ei mahdollisesti tulla toteuttamaan, koska nykyisin pallettitarttujien kysyntä on vähäistä. Pallettitarttujille on alun perin varattu oma tilansa kokoonpanolinjassa, mutta sitä ei todennäköisesti tulla toteuttamaan ja tila luovutetaan jollekin muulle moduulikokoonpanolle.

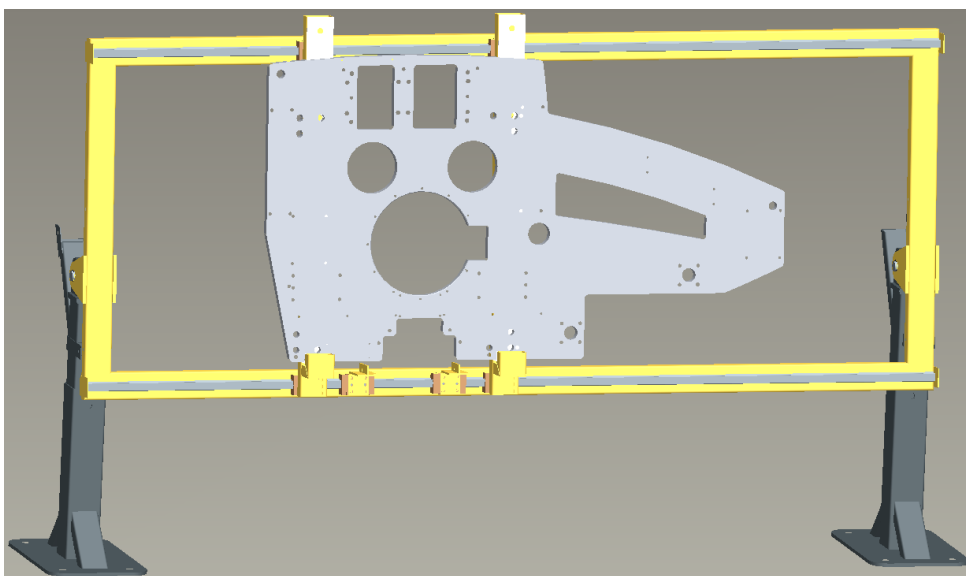
## 6.2 X-kelkan jigi

X-kelkka, toisin sanoen robotin päätylevy, on portaalirobotin kummassakin päädyssä oleva moduulikokoonpano, joka vastaa robotin x-suuntaisesta, eli maahan asennettavien johteiden suuntaisesta liikkeestä. X-kelkan moduulikokoonpano sisältää paljon erikokoisia asennettavia osia sekä moottori-vaihte -pakettin. X-kelkkaa on kahta eri mallia, riippuen robotista. MBR700+ -robotti, joka on yksipalkkinen, sisältää pienemmän X-kelkan. MBR800+ -robotti, joka on kaksipalkkinen, raskaampia ja suurempikokoisia kuormia käsittelevä robotti, sisältää rakenteeltaan erilaisen X-kelkan.



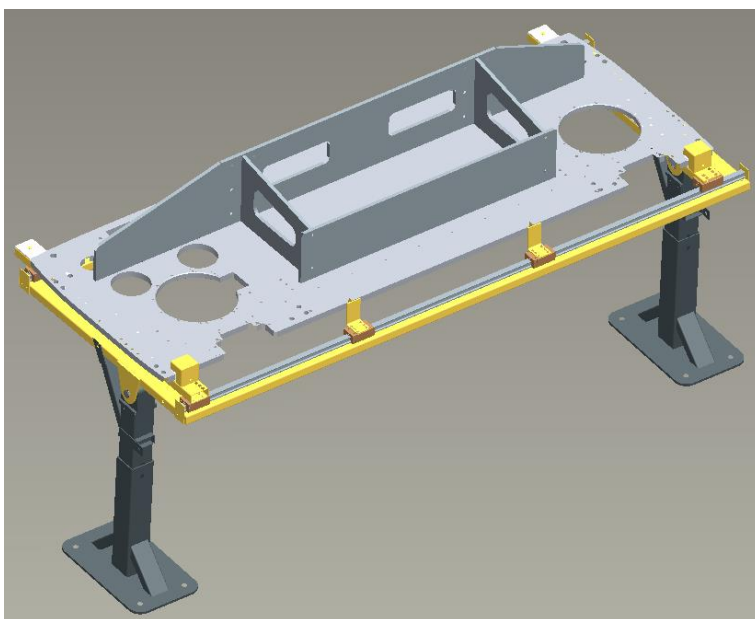
Kuva 5. X-kelkka kokoonpanovaiheessa lähes valmiina.

Tavoitteena oli suunnitella jigi, jolla pystyy käsittelemään kummatkin x-kelkat. 700+ -sarjan x-kelkka on yksinkertaisempi ja pienempi sekä se sisältää vähemmän asennettavia osia kuin 800+ -sarjan x-kelkka. Kelkkoja tuli pystyä käsittelemään myös takapuolelta ja ne tuli saada käännettyä myös vaaka-asentoon, jotta massaltaan suuret osat kuten vaihde ja siihen liitettävä kantopyörä saataisiin mahdollisimman pienellä työllä asennettua. Jalkojen korkeussäätö oli myös yksi määritellyistä tavoitteista.



Kuva 6. 700+ päätylevy jigissä.

Jigi koostuu korkeussäädettävistä jaloista, käännettävästä rungosta sekä liikuteltavista orsista. Tämän lisäksi rungon keskiosaan tuli myös pienemmät, irrotettavat orret 800+:n päätylevyn jäykistyslevyjen asennusta helpottamaan. Irrotettavia orsia käytetään pystyasennossa jäykistyslevyjen asennuksen ajan, jonka jälkeen ne voidaan ottaa pois. Päätylevy tulee jigiin vaaka-asennossa, koska se auttaa hahmottamaan kokoonpanoa paremmin sen luonnollisessa asennossa ja jotta sen käsittely on helpompaa, koska korkeusvaihtelu ei ole niin suuri.



Kuva 7. 800+:n päätylevy vaaka-asennossa.

### 6.3 Y-kelkan jigi

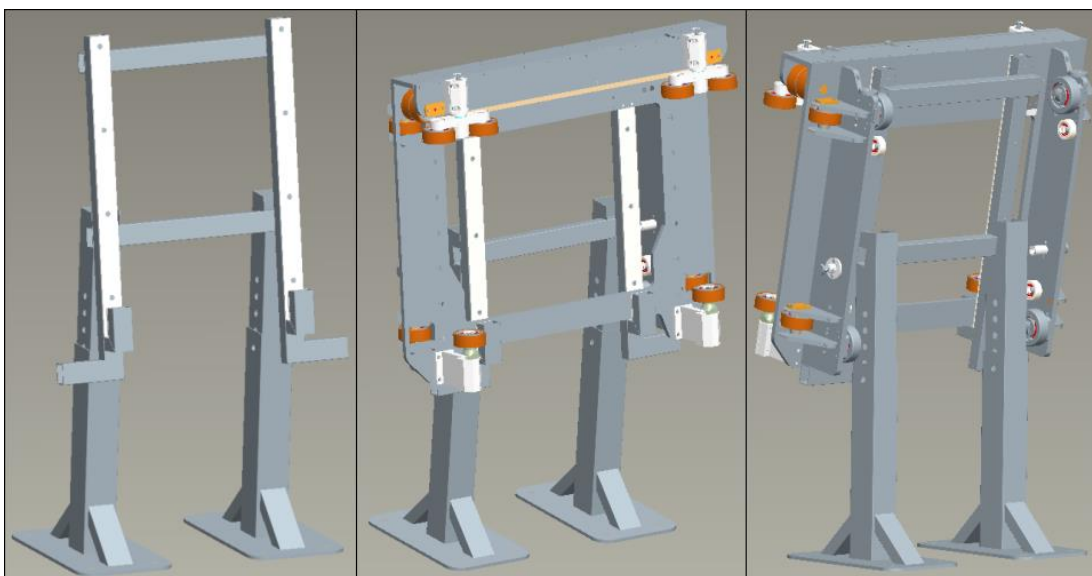
Y-kelkka on moduulikokoonpano, joka liikkuu portaalirobotin palkin suuntaisesti ja vastaa y-suuntaisesta liikkeestä. Pystymoduuli lasketaan kelkan y-kelkkaan siten, että pystymoduulin I-palkit asettuvat pyörien väliin. Y-suuntainen liike hoidetaan hihnan avulla.

Y-kelkan jigille asetettiin tavoitteeksi moduulikokoonpanon käsiteltävyys sen kummaltakin puolelta. Toinen tavoite on jigien tukevuus ja jalkojen korkeussäätö. Jigiltä vaaditaan tukevuutta ja kokoonpanon hyvää kiinnitystä jigiin, koska kokoonpanoon joudutaan asentamaan lieriösokkia ja kaksi kantopyörää vasaraa käyttäen.



Kuva 8. Y-kelkka robotin johteella.

Y-kelkan jigien suunnittelutyö oli melko yksinkertainen ja nopea. Jigin jaloissa on korkeudensäätö. Y-kelkan asento on valittu pystyasentoon, koska se tulee siinä asennossa myös robotin johteelle, joten se on jigissä luonnollisessa asennossaan. Jigissä suoritettava kokoonpanotyö ei vaadi päärungon eli suuren alumiinisen levyn kään-lyä.



Kuva 9. Vasen: jig. Keskellä: Jigi ja kelkka edestä. Oikea: Jigi ja kelkka takaa.

Asennustyö voidaan suorittaa helposti levyn ollessa vain yhdessä asennossa. Päälevyyn kiinnitetään pienempiä levyjä, muutamia pienkokoonpanoja sekä moottori-vaihte -paketti. Päälevy lasketaan jigiiin, jonka runko on hieman taaksepäin kallellaan, jotta asennuksesta saadaan hieman ergonomisempaa ja jotta levy pysyy paremmin paikallaan.

#### 6.4 Pystymoduulin jigi

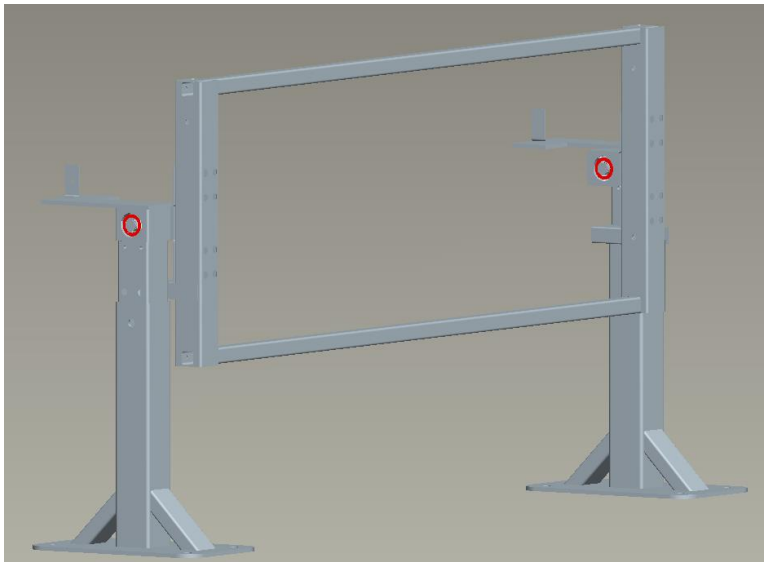
Pystymoduuli kiinnitetään robotissa y-kelkkaan ja se vastaa siihen liitettävän tarttujan z-suuntaisesta liikkeestä. Pystymoduuli koostuu pääasiassa kahdesta palkista, kolmesta tukilevystä ja pienestä kelkasta niiden välissä sekä pienemmistä kokoonpanoista. Johteiden pituudet vaihtelevat asiakkaiden tarpeiden mukaan, joten pituusvaihtelut tuli ottaa suunnittelussa huomioon.



Kuva 10. Valmis pystymoduuli.

Jigin vaatimuksena oli, että moduulia pystyy kääntämään 90 astetta vaakatasossa, jotta takapuolen osat ja kiinnitystarvikkeet voidaan asentaa mahdollisimman helposti. Toinen vaatimus oli ottaa huomioon johteiden pituuksien vaihtelut. Johteiden etäisyys toisistaan ei vaihtele tai vaihtelee vain hyvin vähän, joten etäisyysvaihtelua ei otettu suunnittelussa erityisesti tarkkailtavaksi. Yhtenä vaatimuksena on myös kelkakokoonpanon saaminen helposti pystymoduulin sisään. Tästä syystä I-profiilien alla tulisi olla niiden suuntaisesti tuet. Kuvassa olevat puut ottavat kelkkaan kiinni ja haittaavat näin ollen kelkan saamista paikalleen.

Asennustyö aloitetaan laskemalla jigien päälle molemmat alumiinijohteen ja kiinnittämällä ne toisiinsa päätylevyn avulla. Johteet lukitaan tämän jälkeen esimerkiksi pikakiinnittimillä jigisiin.



Kuva 11. Pystymoduulin jigien raakaversio pystyasennossa.

### 6.5 Rengastarttujan jigi

Rengastarttuja on toinen käytettävistä tarttujamoduuleista. Se kiinnitetään pystymoduuliin. Rengastarttujan toiminto perustuu kolmeen servomootorilla avattavaan ja suljettavaan lapaan. Lavat on kiinnitetty tarttujassa keskiputkeen. Lapojen liike hoidetaan kuularuuvien avulla, jota servomoottori pyörittää. Rengastarttuja kykenee siirtämään useamman renkaan pinoja ja yksittäisiä renkaita.

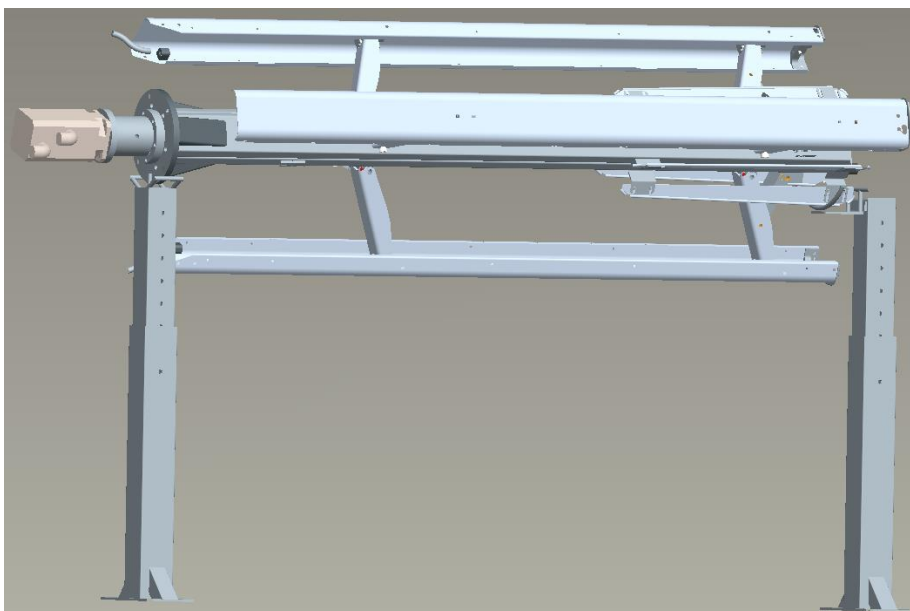
Jigin vaatimuksena oli kannatella tarttujaa vaaka-asennossa. Toinen vaatimus oli tarttujan pyörittämisen mahdollisuus, jotta lavat saadaan helpommin asennettua. Myös jalkojen korkeussäätö asetettiin yhdeksi vaatimukseksi.

Tarttuja koostuu pienistä osakokoonpanoista, joiden kokoonpanotyössä ei ole tarvetta jigille. Jigin tarve perustuu lapojen ja muiden pienten osien kiinnittämisen helpottamiseen.



Kuva 12. Valmis rengastarttuja.

Rakenteeltaan rengastarttuja on melko yksinkertainen, sillä se ei koostu kovin monesta isosta osasta eikä kovin monimutkaisista osista. Myös jigin suunnittelutyö oli melko yksinkertainen. Jigin ensimmäinen versio sisälsi kaksi korkeussäädettävää jalakkaa, joiden päihin oli hitsattuna kaksi haarukkaa, joiden varaan tarttujan keskiputki olisi laskettu.



Kuva 13. Rengastarttujan jigin ensimmäinen versio.

## 6.6 Loppukokoonpano

Portaalirobotin loppukokoonpano tapahtuu kahden teollisuuspyörillä liikuteltavan pukin päällä. Pukkien pyörien ansiosta valmis kokonaisuus voidaan siirtää toiselle puolelle hallia, jossa tapahtuu sähköistys ja testaus. Pukin alla on kestävät pyörät, joiden kantokyky on 500 kg rengasta kohden. Pukit on mitoitettu 700+ -robotin mukaisesti, mutta 800+ -robotia varten pukkien päälle on laitettava pukkeja leveämpi u-palkki, jotta kaksijohteisen robotin koko leveys saadaan hyvin kannatettua.



Kuva 14. Loppukokoonpanon pukki.

## 6.7 Muut työt

Kokoonpanoalueesta ja linjakokoonpanoon liittyvistä jigeistä on laadittu alustava suunnitelma. Tulevaisuudessa jigejä tullaan kehittämään, jotta saavutettaisiin mahdollisimman tehokas työskentely-ympäristö. Jigien kehittämisen lisäksi on alustavasti suunnitteilla esimerkiksi erilaisia työkaluja moduulikokoonpanojen säätämiseen. Työkalujen avulla säädöt saadaan tehdyksi jo ennen testausvaihetta.

Kokoonpanolinjastoa voidaan kehittää esimerkiksi erilaisten nostimien avulla, mikäli niille on tarvetta. Kokoonpanotyön helpottamiseksi on monia mahdollisuuksia. Käy-

tettävillä työkaluilla, apuvälineillä ja tarvikkeilla on suuri merkitys työn sujuvuuteen ja mukavuuteen.

Useita osia, joita uusien +-sarjan robottien kokoonpanoissa käytetään, on muutettu varastonimikkeiksi. Ennen muutosta jokaista projektia kohden tilattiin vain tarvittava määrä alihankinnan kautta tulevia osia. Nykyisin pienkokoonpanoja ja moduulikokoonpanoja varten on saatavilla osia ja tarvikkeita suoraan hyllystä entistä suurempi määrä.

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

Jigien suunnittelun hyväksi sain paljon arvokasta tietoa ja näkemystä tekemällä työtä asentajana eri projekteissa. Asennustyössä sai tietoa siitä, miten moduulikokoonpanojen asennustyö etenee ja mitä jigien suunnittelussa piti erityisesti ottaa huomioon. Asennustyön ohella sain joiltakin asentajilta ehdotuksia, mitä ominaisuuksia jigien olisi hyvä sisältää ja mitä tulisi ottaa huomioon suunnittelussa.

Usean moduulikokoonpanon asennustyössä ongelmana oli kiinnitystarvikkeiden, kuten ruuvien ja mutterien hankalat asennuspaikat. Ongelmat johtuivat lähes poikkeuksetta siitä, että asennettava kokoonpano oli asennuksen kannalta huonossa asennossa.

Kokoonpanojen huonoista asennoista johtuen kokoonpanoja jouduttiin kääntelemään useitakin kertoja eri asentoihin ja välillä kokoonpanojen saaminen haluttuun asentoon vaati puukappaleiden asettamista rakenteiden alle. Asentojen muuttamiseen ja siirtelyyn kuluu paljon aikaa. Työn tehokkuuden kannalta koottavat kokoonpanot ja rakenteet onkin saatava mahdollisimman edulliseen asentoon, jotta työ on sujuvaa ja keskeytymätöntä.

Työn sujuvuuden kannalta oleellista on myös ruuvien, muttereiden ja muiden kiinnitystarvikkeiden saatavuus lähellä asennuspaikkaa. Tulevaisuuden kannalta olisi tarpeellista pitää kokoonpanoille oleelliset kiinnitystarvikkeet lähellä työpisteitä. Jokai-

sen moduulikokoonpanopisteen tulisikin sisältää vain kyseiseen kokoonpanoon tarvittavat kiinnitystarvikkeet ja työkalut työn selkeyden ja ajan säästämisen vuoksi.

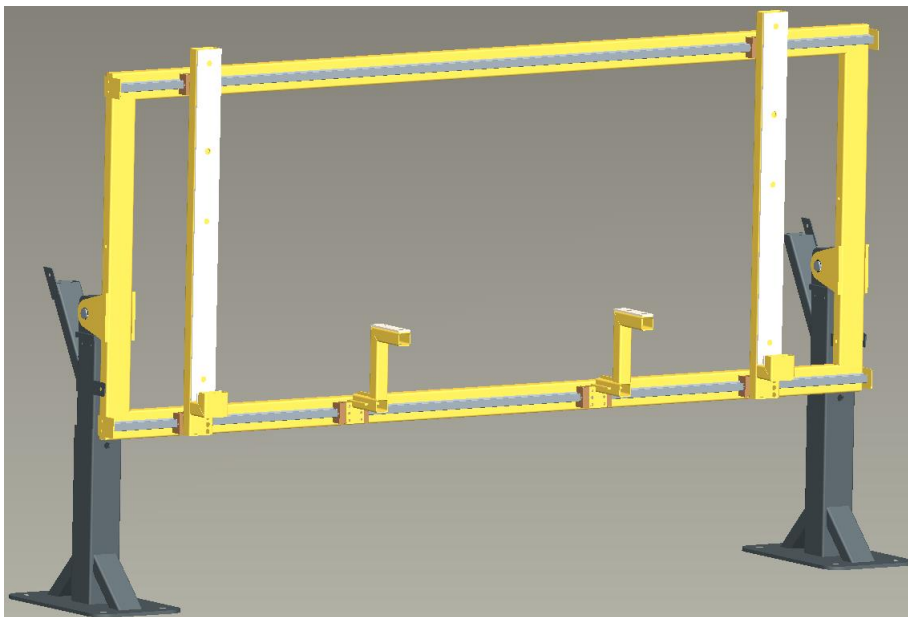
Uskon, että suunnittelutyön tuloksena valmistuvat jigit tulevat helpottamaan ja tehostamaan kokoonpanotyötä. Kokoonpanolinjaston ympärille rakennetut hyllyt ja piirustusosien muuttaminen varastonimikkeiksi tulevat takaamaan osien saatavuuden kokoonpanoja varten.

Tarkempaan tarkasteluun olen valinnut kolme jigii, joista on mielestäni eniten hyötyä kokoonpanovaiheessa. Ainoastaan x-kelkan jigi on täysin valmis ja valmistettu käyttöön. Loput jigeistä viimeistellään ja toteutetaan lähitulevaisuudessa tärkeysjärjestyksessä.

### 7.1 X-kelkan jigin tarkastelu

Robotin päätyihin tulevien päätylevyjen, eli X-kelkkojen kokoonpanotyön vuoksi suunniteltiin jigi, jonka avulla suurikokoista ja painavaa runkoa voidaan käsitellä helpommin kahdessa eri asennossa. Levy lasketaan jigii pystyasennossa, koska sen asennustyö on siinä asennossa helpointa ja kokoonpano on silloin luonnollisessa asennossaan. Jigin ollessa pystyasennossa voidaan levyyn liittää suurin osa asennettavista osista, mutta vaaka-asento mahdollistaa painavampien osien helpomman paikkoittamisen ja asentamisen.

Jigin keskellä olevat kaksi ortta ovat 800+ -sarjan robotin päätylevyn jäykistyslevyjen kannattamiseen kiinnityksen ajaksi. Orret on mahdollista irrottaa jigistä. Tämä on hyödyllistä erityisesti 700+ -sarjan X-kelkan moduulikokoonpanoa kokoonpannessa, jossa orsille ei ole tarvetta. Sivummaisista orsia voidaan käyttää kummankin sarjan kokoonpanossa. Ne ovat kiinnitettyinä kuulakelkkoihin, joita voidaan liikuttaa johdekiskoja pitkin haluttuun paikkaan, joka vaihtelee päätylevyjen leveyden mukaan.



Kuva 15. X-kelkan jigi.

Koska jigissä tuli pystyä käsittelemään kummankin sarjan päätylevyjä, joista 800+ -sarjan päätylevyjen leveys vaihtelee tapauskohtaisesti asiakkaan tarpeiden mukaan, tuli suunnitteluvaiheessa vastaan muutamia ongelmia. Orret olivat suunnittelun alkuvaiheessa hitsattava määrättyyn paikkaan, mutta suunnittelun edetessä selvisi, että orsia tulisi voida siirrellä erikokoisten päätylevyjen mukaan. Tämän myötä orsista tehtiin ruuvikiinnitteiset. Tällä ratkaisulla kiinnitysreikiä olisi pitänyt lisätä runkoon aina sitä mukaan, kun uuden kokoinen päätylevy tulisi asennettavaksi. Työn loppuvaiheessa orret päätettiin kiinnittää kuulakelkkoihin. Keski-orret olivat suunnittelun alussa myös hitsattavia. Keski-orret muutettiin kuulakelkkoihin kiinnitettäväksi. Lisäksi orsia muutettiin niin, että ne saadaan irrotettua kuulakelkoista, jotta ne eivät ole 700+:n päätylevyn asennustyössä tiellä ja jotta ne saadaan irti 800+:n jäykistyslevyjen asennuksen jälkeen.

Jigin runko on tehty teräksisistä putkista ja levyistä, koska käsiteltävät kokoonpanot ovat raskaita, joten jigiltä vaadittiin tukevuutta ja kestävyyttä. Myös jigi on käytetyn materiaalin vuoksi hieman raskas käyttää. Koska jigin piti kallistua 90 astetta, oli otettava huomioon jigin rungon ja käsiteltävän kappaleen massa ja tarkasteltavien niiden painopisteitä. Likimääräinen painopiste määriteltiin ProE:n avulla. Kallistusakseli määritettiin hieman jigin rungon keskikohtaa alemmaksi, jotta jigiiä olisi helpompi kallistaa.

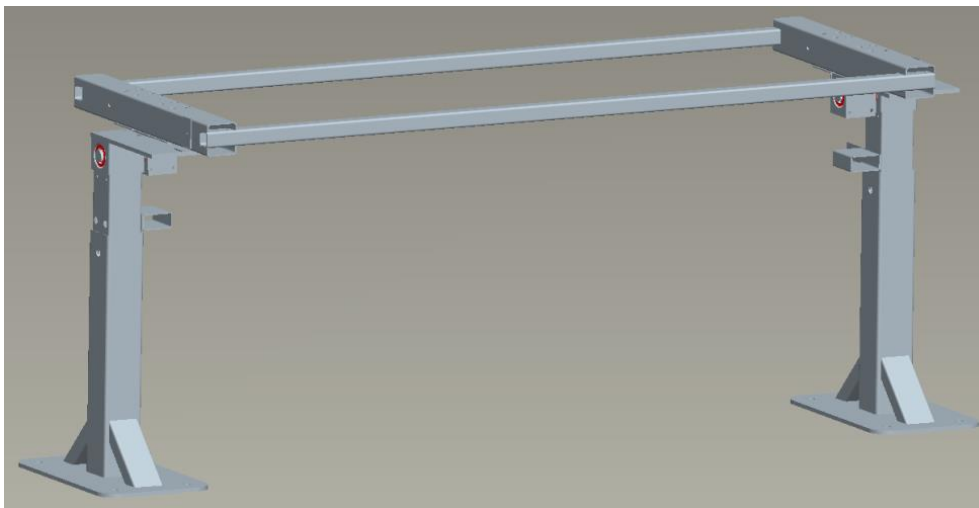
Mielestäni X-kelkan jigi onnistui hyvin ja se täytti sille asetetut vaatimukset. Jigistä tuli huomattavasti raskaampi kuin olin kuvitellut. Jigiä on mahdollista parantaa lisäämällä siihen uusia työkaluja esimerkiksi asennettavien osien säätämistä helpottamaan.

## 7.2 Pystymoduulin jigin tarkastelu

Pystymoduulin jigin vaatimuksena oli myös 90 asteen kääntömahdollisuus, jotta osia on mahdollisimman helppo liittää myös takaapäin. Toinen vaatimus oli ottaa huomioon eripituiset pystymoduulit. I-palkin pituus vaihtelee tapauskohtaisesti. Palkkien etäisyys toisistaan ei koe suurta vaihtelua, joten sen huomioiminen jätettiin vähäiseksi.

Jigi on tehty niin ikään pääosin teräsputkesta ja -levyistä. Teräksinen rakenne tulee lisäämään käytön raskautta, mutta painoa pyritään pienentämään löytämällä optimaalinen putkien vahvuus ja koko. Pystymoduulin painopiste on keskellä leveys suunnassa, ja sen paikka tulee ottaa myös jigin suunnittelussa huomioon siten, että jigin on helppo kääntää pystyasennosta takaisin vaaka-asentoon, kun pystymoduuli on siinä kiinnitettynä.

Kokoonpanon kiinnitystä jigiin ei ole vielä suunniteltu, mutta alustavana ideana on käyttää tarpeeksi tukevia pikakiinnittimiä ja tehdä jigin toiseen sivuun kiinteät tuet, joiden varassa toinen I-palkki lepää jigin ollessa pystyasennossa. Kaksi pitkää putkea jalkojen välissä pitävät kummatkin päädyt samansuuntaisina ja tuovat runkoon jäykkyyttä. Pitkät putket on mitoitettu lyhyimmän pystymoduulin mukaisesti. Mielestäni putkien väliin voisi lisätä vielä poikittaissuunnassa yhden putken, jotta I-palkkien nostaminen paikalleen onnistuisi helpommin.



Kuva 16. Pystymoduulin jigi vaaka-asennossa.

Jigin viimeistelyssä on tarkasteltava putkien paksuuksia tarkemmin, jotta jigin käytöstä ei tulisi liian raskasta, mutta kuitenkin niin, että jigi pysyy jäykkänä kokonaisuutena. Toinen huomioon otettava ominaisuus on kelkan kokoonpanon saaminen mahdollisimman helposti pystymoduulin sisään. Kelkan ulkopuolen ruuvit tulevat hieman I-profiilien pintoja alemmaksi, joten ne ottavat jigin vaakaputkiin nykyisellään kiinni. Lisäksi jigiin on lisättävä muoviliuskoja, jotta käsiteltävät osat eivät saa naarmuja. Mielestäni jigi on idean perusteella valmis toteutettavaksi, mutta ennen sen valmistamista se vaatii pieniä parannuksia sen rakenteeseen, jotta käyttö on sujuvampaa.

### 7.3 Rengastarttujan jigin tarkastelu

Rengastarttujan jigin vaatimuksena oli ensisijaisesti kannatella keskiputkea siten, että lapojen kiinnitys onnistuu mahdollisimman helposti. Suunnittelussa päädyttiinkin aluksi hyvin yksinkertaiseen ratkaisuun; kaksi säädettävää jalkaa joiden päälle keskiputki voitiin laskea. Putkea ei ollut tarkoitus lukita mihinkään tiettyyn asentoon, vaan se lepäsi kahden hitsaamalla kiinnitetyn kaaren päällä. Putkea tuli pystyä vapaasti kääntämään.

Jigin ensimmäinen versio oli mielestäni jo toimiva, mutta ei juuri tarjonnut apua asennustyöhön. Keskiputkea ja siihen kiinnitettäviä lapoja pystyi kiertämään asennuksen edetessä keskiputken levätessä haarukoiden varassa, mutta kiertäminen ei

ollut sujuvaa ja se vaatisi mielestäni liikaa voimaa. Ensimmäisen version suunnittelutyön jätin kesken, koska en ollut lopulta tyytyväinen ratkaisuun.

Jigin toisen version idea on valmiina, ja se saatiin eräästä toisesta käytössä olevasta jigistä. Toista versiosta jigistä ei ole vielä suunniteltu eikä mallinnettu. Uudemmassa jigissä on yksi korkeussäädettävä jalka, jonka päässä laakeripesä. Laakeripesään asennetaan akselitappi, johon rengastarttujan keskiputken laippa voidaan kiinnittää kokoonpanotyön ajaksi. Laakeroinnin ansiosta keskiputkea voidaan kääntää ja lukita haluttuun asentoon esimerkiksi työntötankoisella pikakiinnittimellä.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä kokoonpanolinjastoon, sen toimintaan, eri toimintamalleihin ja –tapoihin. Työssä käytiin läpi myös erityisesti tuotteiden modulaarisuutta ja sen merkitystä tuotannolle. Cimcorpin tuottamat yleisimmät robotit ovat moduloituja kokonaisuuksia. Työn tekninen osuus sisälsi kokoonpanohallin uuden kokoonpanolinjan jigien, eli asennustyötä helpottavien asennustelineiden, suunnittelun.

Suunnittelussa saatiin aikaan kaikkiaan kuudelle moduulikokoonpanolle jigit. Tällä hetkellä jigeistä on toteutettu vain yksi. Jigien toteutus hoidetaan tulevaisuudessa tärkeysjärjestyksessä. Jokaisesta jigistä saatiin valmiiksi perusversio, josta niiden kehitystä voidaan jatkaa. Kokoonpanolinjaa voidaan kehittää myös muilta kuin jigien osalta. Pienkokoonpanopisteessä sijaitsevan hydrauliprässin vuoksi olisi mielestäni aiheellista suunnitella pieniä aputyökaluja helpottamaan ja nopeuttamaan prässin käyttöä.

Työ oli mielestäni mielenkiintoinen. Sen aihe oli mielenkiintoinen ja suunnittelutyö tarjosi runsaasti haasteita. Kaikkia jigejä ei valitettavasti saatu täysin valmiiksi, mutta niiden suunnittelutyö jatkuu lähitulevaisuudessa. Työskentelin työn aikana hallissa asentajana. Työ tarjosi minulle paljon kokemuksia kokoonpanotyöstä ja antoi ideoita jigien suunnittelua silmällä pitäen.

## LÄHTEET

1. Cimcorpin www-sivut. Viitattu 20.2.2012. <http://www.cimcorp.fi/>
2. Cimcorpin tehdas käymässä ahtaaksi. Satakunnan Kansa 30.1.2013. Viitattu 27.2.2013. <http://www.satakunnankansa.fi>
3. Tekniikka ja talous 2.1.2008. Viitattu 20.2.2012. <http://www.tekniikkatalous.fi/metalli/article53002.ece>
4. Hammarberg, V. 2004. Cimcorp Oy. Satakunnan Kansa 23.5.2004. Viitattu 21.2.2012. <http://www2.pori.fi/kirjasto/satakunta/sk/artikkeli.php?id=99969>
5. TEKES. Viitattu 20.2.2012. [http://www.tekes.fi/fi/community/Asiakkaiden\\_tuloksia/403/Asiakkaiden\\_tulosia/647?name=Maailmanmitan+automaatiotoimituksia+rengasteollisuudelle](http://www.tekes.fi/fi/community/Asiakkaiden_tuloksia/403/Asiakkaiden_tulosia/647?name=Maailmanmitan+automaatiotoimituksia+rengasteollisuudelle)
6. Cimcorpin esitteet. Viitattu 10.1.2013. <http://www.cimcorp.fi/Esitteet>
7. Lapinleimu, I., Kauppinen, V., Torvinen, S. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY, 1997. 398 s.
8. Ericsson, A., Erixon G., Controlling Design Variants: Modular Product Platforms. New York: ASME Press, 1999. 145 s.
9. Työterveyslaitoksen www-sivut. Viitattu 16.4.2012. [http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita\\_ergonomia\\_on/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita_ergonomia_on/sivut/default.aspx)
10. Väyrynen, S., Nevala, N., Päivinen, M. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Tampere: Tammer-Paino Oy, 2004. 336 s.
11. Siirilä, T., Koneturvallisuus. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 2005. 431 s.

