

**Jani Koskela**

**KUSTANNUSTEHOKKUUDEN KEHITTÄMINEN  
AUTOMAATION AVULLA**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Helmikuu 2014**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Helmikuu 2014	<b>Tekijä/tekijät</b> Jani Koskela
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> KUSTANNUSTEHOKKUUDEN KEHITTÄMINEN AUTOMAATION AVULLA		
<b>Työn ohjaaja</b> Sakari Pieskä, Jari Kaarela		<b>Sivumäärä</b> 37 + 6 liitettä
<b>Työelämäohjaaja</b> Juha Niemelä		
<p>Kiristyneen kilpailun ja tuotantokustannusten noustessa päädyttiin miettimään uusia vaihtoehtoja tuotantomenetelmiin. Työn tavoitteena oli laskea Raita Sport Oy:n kokoonpanotuotantoon automaation kannattavuus jääkiekkokaukaloiden valmistuksessa ja esittää vaihtoehto automaattioratkaisusta.</p> <p>Kustannustehokkuuden kehittäminen automaation avulla aloitettiin miettimällä, miten kokoonpanorobottisolun voidaan toteuttaa. Päädyttiin yhdistämään kokoonpanorobottisolun kanssa perinteisten käsityömenetelmien nopeat ja kevyet työvaiheet. Kokoonpanorobottin tehtäväksi suunniteltiin poraus sekä muovien leikkaus ja käsityönä jäisi tehtäväksi niittaus sekä elementin valmistelu käsittelylaitetta apuna käyttäen.</p> <p>Laskelma päätettiin tehdä Forum S+ jääkiekkokaukalolle, koska se on ollut viime vuosien myydyin jääkiekkokaukalo Raita Sportilla. Laskettiin Forum S+ jääkiekkokaukalon kokoonpanotuotantokustannukset käsityömenetelmillä ja kokoonpanorobottisolun tuotantokustannukset. Robotin poraus ja leikkausajat arvioitiin, koska ilmeisesti vastaavaa kokoonpanorobottisolua ei aikaisemmin ole toteutettu. Laskelmassa huomioitiin myös käsityön ja kokoonpanorobottisolun yhtäaikaiset työt.</p> <p>Takaisinmaksuaika laskettiin kokoonpanorobottisolulle investoinnille ja koneinvestoinnin poistot määriteltiin viidelle vuodelle. Laskelmien perusteella voitiin esittää Raita Sportin hallitukselle investointiesitys.</p> <p>Investointipäätös tehtiin joulukuussa 2012. Koneet ja laitteet tilattiin heti investointipäätöksen jälkeen. Asennus ja käyttöönotto aloitettiin maaliskuussa 2013. Opinnäytetyössä esitellään henkilökunnan käyttökokemuksia.</p>		

**Asiasanat**

Kustannustehokkuus, robotiikka, takaisinmaksuaika

**ABSTRACT**

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> February 2014	<b>Author</b> Jani Koskela
<b>Degree programme</b> Industrial management		
<b>Name of thesis</b> DEVELOPING COST-EFFICIENCY THROUGH AUTOMATION		
<b>Instructor</b> Sakari Pieskä, Jari Kaarela		<b>Pages</b> 37+6
<b>Supervisor</b> Juha Niemelä		
<p>Because of the increased competition and the raised production costs, Raita Sport Ltd started planning new methods of production. The aim was to calculate the profitability of automating the manufacturing of ice hockey dasher boards and to present a suitable solution.</p> <p>The development of cost-efficiency through automation began by discussing how an assembly robot cell could be realized. The assembly robot cell was finally combined with fast and lightweight traditional craft methods. The robot was designed for drilling and plastic cutting. Riveting and preparation of the element would still be done manually.</p> <p>The investment decision was made in December 2012. The machinery and equipment were ordered immediately after the investment decision. The installation and introduction began in March 2013. This thesis presents the experiences of the staff concerning the usage.</p>		

<p><b>Key words</b> Cost-efficiency, robotics, payback time</p>
---

## **TIIVISTELMÄ**

## **ABSTRACT**

## **SISÄLLYS**

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TYÖN LÄHTÖKOHDAT</b>	<b>3</b>
2.1	Tuotantokapasiteetin lisääminen	3
2.2	Tuotantotilojen muutos	4
2.3	Minimi- eli katetuottokalkyylien laskenta	4
2.4	Tuotantomenetelmien muutos	5
<b>3</b>	<b>TUOTANNON KEHITTÄMINEN AUTOMAATION AVULLA</b>	<b>7</b>
3.1	Teollisuusrobotit	7
3.1.1	Robottityypit ja rakenteet	8
3.1.2	Robotin ohjaus ja säätö	9
3.1.3	Robotin sähkösuunnittelu	10
3.1.4	Robotin tarraimet ja työkalut	10
3.1.5	Robotin ohjelmointi	11
3.1.6	Robottijärjestelmät projektina	12
3.2	Layout-suunnittelu ja robotin visualisointi simulaationa	13
3.3	Kannattavuuslaskenta	14
3.4	Anturointi	14
<b>4</b>	<b>LASKELMAT JA SUUNNITELMAT</b>	<b>16</b>
4.1	Laskelmat	16
4.1.1	Laskelma ennen automaatiota	16
4.1.2	Laskelma automaation kanssa	17
4.1.3	Takaisinmaksuaika	17
4.2	Suunnitelmat ja uuden layoutin valinta	17
<b>5</b>	<b>ROBOTTIJÄRJESTELMÄN TOTEUTTAMINEN</b>	<b>18</b>
5.1	Kokoonpanorobottisolu	18

<b>5.2</b>	<b>Porausrobotti</b>	<b>19</b>
5.2.1	Teollisuusrobotti	19
5.2.2	Käsittelylaite	20
5.2.3	Poratyökalu	20
5.2.4	Koneistustyökalu	20
<b>5.3</b>	<b>Nostotyöpöytä ja rullakuljetin</b>	<b>21</b>
<b>5.4</b>	<b>Esivalmistelu-, mainos- ja taustajigi</b>	<b>21</b>
<b>5.5</b>	<b>Asennus ja ohjelmointi</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>ROBOTTISOLUN TYÖMENETELMÄT</b>	<b>22</b>
<b>6.1</b>	<b>Esivalmistejigin työmenetelmät</b>	<b>22</b>
<b>6.2</b>	<b>Käsittelylaitteen työmenetelmät</b>	<b>22</b>
<b>6.3</b>	<b>Robotin työmenetelmät</b>	<b>22</b>
6.3.1	Kokoonpanorobotti	22
6.3.2	Työntekijän tehtävät	23
<b>6.4</b>	<b>Viimeistelyjigi</b>	<b>23</b>
<b>6.5</b>	<b>Nostopöytä</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>KOKOONPANOROBOTTISOLUN TOTEUTUS</b>	<b>24</b>
<b>7.1</b>	<b>Investointipäätös</b>	<b>24</b>
<b>7.2</b>	<b>Uudet tuotantotilat ja layout</b>	<b>24</b>
<b>7.3</b>	<b>Kokoonpanorobottisolun</b>	<b>25</b>
<b>7.4</b>	<b>Käsittelylaite ja käsittelylaitteen jigi</b>	<b>26</b>
<b>7.5</b>	<b>Robotin työkalut</b>	<b>27</b>
7.5.1	Poratyökalu	27
7.5.2	Koneistustyökalu	28
<b>7.6</b>	<b>Kokoonpanorobottisolun käyttöönotto ja arviointi</b>	<b>29</b>
<b>7.7</b>	<b>Raita Sportin henkilökunnan kokemuksia uudesta robottisolusta</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>YHTEENVETO JA POHDINTA</b>	<b>34</b>
	<b>LÄHTEET</b>	<b>37</b>
	<b>LIITTEET</b>	

## **KUVIOT**

<b>KUVIO 1.</b> Yleisempien robottityyppien rakenne-esimerkkejä	7
<b>KUVIO 2.</b> Suorakulmainen robotti	8
<b>KUVIO 3.</b> Scara-robotti	8
<b>KUVIO 4.</b> Kiertyvänivelinen robotti	9
<b>KUVIO 5.</b> Teollisuusrobotti ja käsittelylaite	19
<b>KUVIO 6.</b> Kokoonpanorobottisolun	25
<b>KUVIO 7.</b> Kokoonpanorobottisolun suojaseinä yhdistettynä materiaalivarastona	25
<b>KUVIO 8.</b> Kokoonpanorobottisolun suojaovi	26
<b>KUVIO 9.</b> Käsittelylaite ja kokoonpanojigi	26
<b>KUVIO 10.</b> Poratyökalu	27
<b>KUVIO 11.</b> Koneistustyökalu	28

## 1 JOHDANTO

Vuonna 1979 urheilijat Raimo Eskola ja Tapani Haapakoski aloittivat maahantuonnin seiväshyppöseipäistä ja perustivat yrityksen Raita Sport. Seipäiden lisäksi he aloittivat valmistamaan seiväshyppypatjoja Tampereella. Lisäksi he laajensivat toimintaa urheilukalustamisen ammattilaisina ja aloittivat valmistamaan myös muita liikuntasali-, muita yleisurheilu- ja jääkenttäkalusteita vuonna 1985. Vuonna 2003 yritys lopetti liikuntasali- ja urheilukenttäkalusteiden valmistamisen ja keskitti valmistamisen jääkenttä- ja jäähallikalusteisiin.

Nykyään Raita Sport on tunnettu lukuisista arvokisatoimituksistaan ja on kansainvälisesti tunnettu yritys. Raita Sport on toimittanut jääkiekkokaukalot Lillehammerin, Naganon ja Sotshin olympialaisiin, 28:lle jääkiekon MM-kisa-areenalle ja useille monitoimiareenoille ympäri Eurooppaa ja Venäjää. Vuosien varrella Raita Sport on toimittanut yli 2000 jääkiekkokaukaloa yli 30 maahan. Raita Sport on Euroopan johtava jääkenttäkalusteiden valmistaja. Yritys toimii Pohjois-Pohjanmaalla Oulaisissa ja työllisti vuonna 2012 28 henkilöä. Raita Sportilla on jälleenmyyjät Venäjällä Pietarissa, Ruotsissa Hjärnarpissa ja Fränsassa, Norjassa Sandessa, Sveitsissä Wetzikonissa ja Turkissa Istanbulissa.

Ydintuotteina yrityksellä ovat jääkiekkokaukalojärjestelmät, jotka voidaan valmistaa metalli- tai alumiinirungoista. Jääkiekkokaukaloiden valmistus tehdään Oulaisissa Raita Sportin omassa tuotannossa. Tuoteperheeseen kuuluu monitoimiareenoiden kalusteet, joihin kuuluvat esim. monitoimiareenoiden joustojääkiekkokaukalo, pelaaja- ja toimitsija-aitiot, siirtokatsomot ja istuimet, jääkiekkomaalit ja verkot, äänentoistojärjestelmät, tulostaulut, pienempien jäähallien kaukalot, ulkokaukalot niin pienille kuin isoille kentille, ja myös lähiliikuntapaikkojen kalusteet.

Jääkenttien putkituksia ja kylmäkoneita on toimitettu ulkomaille sijoittuvissa suurissa projekteissa, kun asiakas on halunnut yhden varman toimittajan kanssa solmia kokonaisuuran. Suurin osa jääkenttäkalusteiden valmistuksesta toteutetaan projektityönä. Projektit räätälöidään asiakkaan jäähallien ja kenttien mukaisesti tilauksesta työn alle JOT tuotannonohjausmenetelmä periaatteella (Nagy 2007, 6). Raita Sportin päämarkkina-alueet ovat Pohjoismaat, Eurooppa ja vanhan Neuvostoliiton alueet. Raita Sport on vientiyritys, ja

viennin osuus oli vuonna 2011 80 %. Yrityksen tuotteita käyttävät jäähallit, monitoimiareenat, kunnat, kaupungit, jäähallien ja liikuntapaikkojen urakoitsijat, urheiluseurat ja kyläyhdistykset.



## 2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Tuotantokapasiteetin lisääminen

Opinnäytetyön tavoitteena on Raita Sport Oy:n kokoonpanolinjan kustannustehokkuuden kehittäminen, joka on yksi osa-alue koko tuotannon kehittämisestä.

Jääkiekkokaukaloiden valmistus on ollut melkein kokonaan käsityötä. Ainostaan levyt ja listat on sahattu valmiiksi mittaansa. Jääkenttäkalusteiden valmistus on ollut kausipainotteista, ja sen vuoksi kesä- ja syyskuukaudet ruuhkautuvat vuodesta toiseen. Tähän päivään asti on yritetty selvittää ylitöillä ja vuokramiehillä todella suurista tilausmääristä ruuhkahuipun aikana. Kesä- ja syyskuukausina kokoonpanopuolen työntekijöitä on jouduttu palkkaamaan lisää 12 - 15 kpl. Tämä määrä työntekijöitä ei ole ollut riittävä lisäämään kapasiteettia. Kesäkuukaudet on aina tehty ylitöitä ja kesäisin aamusta iltaan tapahtuva työ heikentää vakiohenkilökunnan motivaatiota. Kesälomat on aina vaikea järjestää, koska on ollut dokumentoimatonta tietoa. Tähän on reagoitu ja suunnittelun tuottamiin piirustuksiin on keskitytty. Solid Worksillä mallinnetut piirustukset ja ohjeet kokoonpanoon ovat hyviä ja kertoo kaikki tarvittavat tiedot. Ongelmaksi tuli kuitenkin se, että piirustusmäärä lisääntyi aikaisemmista 2D-suunnitelmista. Siitä johtuen piirustukset olivat vaikeita lukea. Tästä ongelmasta olisi voitu päästä eroon karsimalla turhat kuvat pois kokoonpanon ja samoin metallipuolen kuvista. Näin kuvanippua olisi saatu kevennettyä.

Valitettavasti vuodesta toiseen aikataulut venyvät, ja on jouduttu kieltäytymään lisätilauksista. Aikaisemmin Raita Sport on pystynyt toimittamaan tilaukset ajallaan noin 98 %:n varmuudella. Vuonna 2011 toimitusvarmuus putosi hieman aikaisemmista vuosista. Jääkenttäkalusteiden valmistaminen tehdään projekteina, ja useat eri työvaiheet sisältyvät onnistuneeseen toimitukseen. Projektit koostuivat markkinoinnista, myynnistä, suunnittelusta, ostoista, metallitöistä, alihankinnasta, kokoonpanosta ja varastoinnista. Varastossa hoidetaan kuljetustilaukset ja tullipaperit laskutuksen kanssa. Peruslähtökohtana on ollut, että 8 viikon kuluttua kirjallisesta tilauksesta valmis jääkiekkokaukalo on lastattavissa asiakkaalle. Nyrkkisääntönä on ollut valmistaa 1 kaukalo viikossa. Kesäkuukausina toimituksia on ollut jopa 3 kaukaloa viikossa. Vuonna 2011 Raita Sport teki 42 kpl kaukaloa. Niistä suurempia jäähallikaukaloita oli noin 55 %, jotka tehtiin melkein kaikki kesä- lokakuun aika-

na. Tämä kaikki on johtanut siihen, että kokoonpanolle varattu aika on kutistunut liian pieneksi.

## 2.2 Tuotantotilojen muutos

Tuotantotilat tekevät omat rajoitteet tilausmäärien kasvaessa. Halli on vanha kenkätehdas, joka ei vastaa nykyajan tuotantotila vaatimuksia. Hallin pinta-ala on 3670 m<sup>2</sup>, josta toimitot ovat vieneet kolmasosan. Tilat ovat sokkeloiset ja ahtaat suuresta pinta-alasta huolimatta. Liian paljon pylväitä ja seiniä siellä täällä tekevät materiaalien virtaamisen hitaaksi ja työlääksi työvaiheelta toiselle. Lisäksi tämä aiheuttaa turhaa epäjärjestystä tuotantotiloissa.

Raita Sport on solminut uuden vuokrasopimuksen aiemmin Flextronicin käytössä olleesta hallista. Uuden tuotantotilan pohjapinta-ala on 3850 m<sup>2</sup>. Koko on lähes sama aikaisemman tilan kanssa, mutta layout sopii paremmin nykyaikaisiin tuotantomenetelmiin.

Uuden tuotantotilan vuokraus mahdollistaa uudet konehankinnat, vanha ”Raitalaisen tekemisen” yrityskulttuurin muuttamisen nykyaikaisiin tuotantomenetelmiin. Uusi tila on selkeä ja materiaalivirrat voivat edetä sujuvasti työvaiheilta toisille. Hukkaneliöt jäävät pois, ja kaikki tila on järkevästi yrityksen käytössä. Toimistorakennuksien osuus jää pohjapinta-alasta pieneksi, koska ne on tehty kahteen kerrokseen. Lisäksi on optiomahdollisuus vuokrata tarvittaessa vielä 1000 m<sup>2</sup> tuotantotilaa lisää samasta hallista.

## 2.3 Minimi- eli katetuottokalkyylien laskenta

Tällä hetkellä IIHF:n (International Ice Hockey Federation) sääntökirjan mukaan virallisen jääkiekkokaukalon mitat täytyy, kun jääkiekkokaukalo on pituudeltaan 56 m – 61 m ja leveydeltään 26 m - 30 m. Kansainvälissä kisoissa käytetään yleensä 60 m x 30 m jääkiekkokaukalon kokoa (IIHF 2010,9.) Ensimmäisenä työvaiheena laskin tämänhetkisen elementtikohtaisen minimikalkyylihinnan 60 m x 30 m Forum S-jääkiekkokaukalolle. Selvitin elementtikohtaisen kokoonpanotyön tarkan hinnan, ja laskelmat tein Excel-ohjelmalla (LIITE 1). Erittelin yhden elementin kokoonpanotyön kaikki 21 eri työvaihetta ja mittasin keskiarvo ajan elementtiä kohden. Työtunnin omakustannushinta oli jo tiedossa ja käytin saamaani hintatietoa laskelmissani. Toisena työvaiheena suunnittelimme uuden

layoutin robottisolulle (LIITE 2). Laskin robottisolun työtunnin minimikalkkylihinnan ja investoinnin takaisinmaksuajan (LIITE 3).

## 2.4 Tuotantomenetelmien muutos

Jääkenttäkalusteiden valmistus on ollut kovasti kilpailtu ala Suomessa, jossa on kolme merkittävää tekijää, joista Raita Sport on suurin. Tuotantomenetelmien muutoksella haetaan kilpailukykyä, laatua ja mahdollisuutta lisätä kapasiteettiä ruuhkahuippujen aikana.

Jääkiekkokaukalot on tehty pitkälle käsitöinä ja ne sisältävät noin 70 kpl elementtiä. Elementeistä on 80 % vakiosuoria (32 kpl) ja kaaria (24 kpl). Loput 20 % koostuvat huoltoportista, pelaajaporteista ja tarvittavista sovite-elementeistä. Elementtien valmistaminen on sitonut paljon käsipareja. Nykyisessä vanhassa mallissa kokoonpanon työt on tehty yhdeksässä eri työvaiheessa, joka on sisältänyt jääkiekkokaukalon metalli- tai alumiinirunkojen järjestelemisen työpisteille, levyjen ja listojen sahauksen, levyjen ja listojen vienti kokoonpanojigeille, rungon asettamisen jigille, levyjen ja listojen tarkasti oikeaan asemaan asettamisen, poraus- ja niittaustyövaiheen, lasitustolppien ohjainsauvojen kiinnityksen ja reikien jyrsinnät reunakaiteisiin, taustalevyn kiinnityksen ja pakkauksen.

Työvaiheita ei voida tehdä alusta loppuun yhdellä kertaa, mikä lisää materiaalien siirtelyä ja kuluttaa turhaan aikaa. Hallin lattiapinta-alaa vievät keskeneräiset tuotteet. Elementeissä tehdään aina yksi tai kaksi työvaihetta kerrallaan valmiiksi ja siirrytään uuteen työvaiheeseen. Keskeneräiset tuotteet ovat myös herkkiä saamaan kolhuja ja muita laatuun eivottottuja tekijöitä. Tämä tekotapa on kuitenkin juurtunut vuosien varrella käytännöksi.

Kun rungot, levyt ja listat on jigien viereen järjestetty, tuotanto on edennyt seuraavalla tavalla:

- Otetaan runko ja asetetaan jigii käsipuristimien avulla suoraan
- Laitetaan äänieristysmassa rungon ja levyn väliin
- Asetetaan tarkasti polyeteenilevy ja potkulista oikeaan asemaan käsipuristimien avulla
- Käsiporalla porataan ja senkataan mittatikkujen avulla 4.8 mm reiät niittausta varten
- Niitataan niitit paineilmalla toimivalla niittipyssyllä kiinni
- Käännetään jigi 45° kulmaan ja kiinnitetään reunakaidemuovi käsipuristimilla kiinni

- Porataan 4.8 mm reiät niiteille ja niitataan niitit kiinni
  - Siirretään odottamaan lasitustolppien reikien jyrsintää ja aloitetaan uudella elementillä
- Kun yllä olevat työvaiheet on tehty, seuraavaksi:
- Jyrsitään käsiyläjyrsimellä erikoisjigiä apuna käyttäen kaksi lasitustolpanreikää per elementti
  - Kiinnitetään ohjain-/alatuki lasitustolpalle
  - Siirretään odottamaan taustalevyn asennusta ja aloitetaan uudella elementillä

Kun yllä olevat työvaiheet on tehty, seuraavaksi:

- Nostetaan elementti jigille eripäin kuin alussa, ei tarvitse kiinnittää enää ristimitaan huomiota, kun pelipinnanlevy sitoo ristimitan oikeaksi
- Asetetaan taustalevy tarkasti oikeaan asemaan käsipuristimilla
- Porataan mittatikkuja apuna käyttäen reiät niiteille
- Niitataan ja nostetaan jigiltä pakkauslavalle valmis elementti

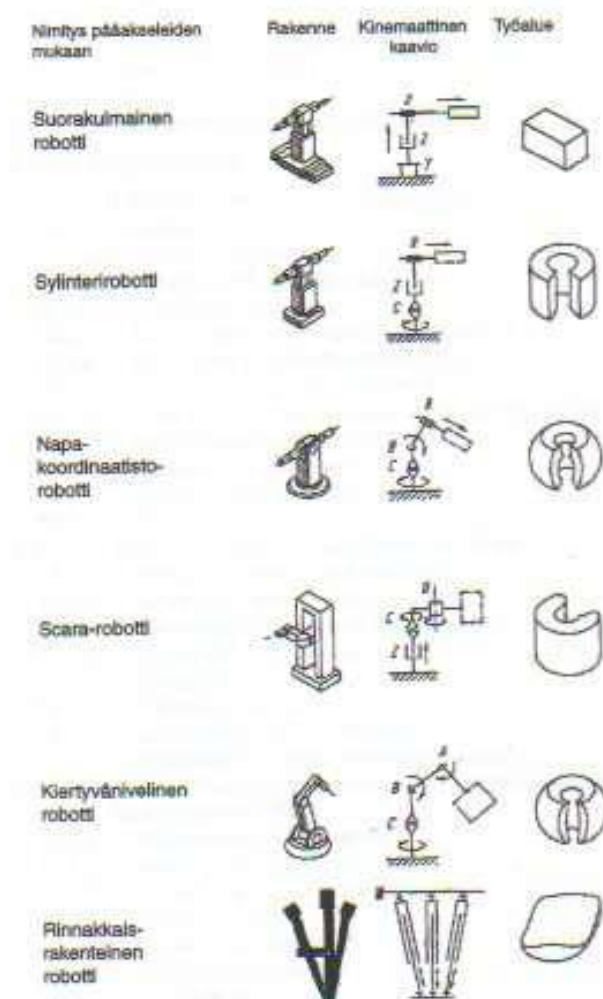
Kokoonpanotyö on fyysisesti raskasta ja ihmiskehot eivät ole koneita. Yhden elementin keskipaino noin 80 kg ja kaksi henkilöä on tarvittu pyörittelemään elementtejä. Vuosien varrella työmenetelmät ovat kehittyneet siitä, mitä ne olivat vielä 90-luvulla. Nyt on tultu siihen pisteeseen, että vanha menetelmä on kehityskaaren huipussaan. Ei ole enää järkeviä ja kustannustehokkaita ratkaisuja jatkaa perinteisen käsityömallin kehittämistä tai vastaavasti käsiparien lisäämistä.

Jos tuotantomenetelmä muutettaisiin linjamalliin, niin en usko muutoksen olevan kannattava. Muutos voitaisiin tehdä seuraavasti: ensimmäisellä pisteellä pelipinnat, toisella lasitustolppien reiät ja alaohjaimet ja kolmannella työpisteellä taustalevy ja pakointi. Työvoimakustannukset nousevat liian suureksi, ja kesä-/vuokratyöntekijät kovan kiireen kanssa laskee Raita Sportin korkeita laatukriteereitä. Tähän robotisoinnilla haetaan tuotantokapasiteetin lisäämistä ja kustannustehokkuutta. Sesonkiaikana tuotannon kapasiteetti on rajallinen eikä pysty vastaamaan kysynnän mukaista tarvetta. Kokoonpanolinjan minimikalkyylihintahinta pitää saada kilpailukykyiseksi, ja robottisolulinja on hyvä vaihtoehto parantamaan läpimenoaikaa, minimikalkyylihintaa, laatua ja toimintatapojen uudelleen järjestelyä.

### 3 TUOTANNON KEHITTÄMINEN AUTOMAATION AVULLA

#### 3.1 Teollisuusrobotit

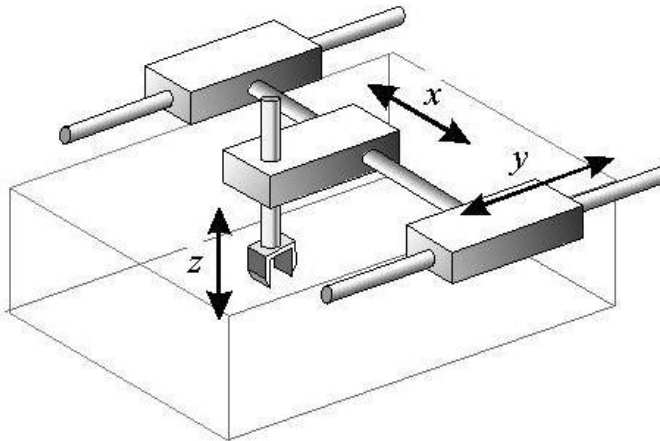
Robotin määritelmä Kansainvälinen robottiyhdistyksen mukaan on uudelleen ohjelmoitavissa oleva vähintään kolminivelinen laite, jonka tarkoituksena liikutella kappaleita, työkaluja ja osia monipuolisten tehtävien suorittamiseksi (Kuivanen 1999, 13). Kuviossa 1. esitellään yleisimpiä robottityyppejä.



KUVIO 1. Yleisempien robottityyppien rakenne-esimerkkejä (Kuivanen 1999,12.)

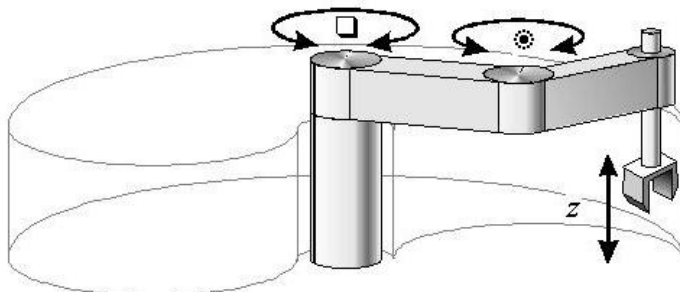
### 3.1.1 Robottityypit ja rakenteet

Teollisuusrobotteja ovat valmistaneet useat eri yritykset ja on suunniteltu useita malleja ja merkkejä. Yleisimmät robottityypit on suorakulmainen robotti, scara-robotti, kiertyväniveellinen robotti, rinnakkaisrakenteinen robotti, sylinterirobotti ja napakordinaatistorobotti. Alla olevasta kuvista 2. löytyy suorakulmainen robotti.



KUVIO 2. Suorakulmainen robotti (Takaneva 2010,12)

Kolme ensimmäistä vapausastetta on suorakulmaisessa robotissa lineaarisia. Yllä olevan kuvion robotti on portaalirobotti ja nurkista tuettu rakenne (Kuivanen 1999, 16). Portaalirobotia voitaisiin käyttää, myös jääkiekkokaukalon suoran elementin poraukseen. Elementti sijoitettaisiin vaakatasoon portaalirobotin alle ja robotti poraisi 4.8 mm reiät niiteille.



KUVIO 3. Scara-robotti (Takaneva 2010,14)

Kuviosta 3 löytyy scara-robotin kuva. Kolmella kiertyvällä nivelellä Scara-robotin työkalu saadaan oikeaan kohtaan tasolla ja kiertymä kulmaan. Työtason neljäs lineaarinen pystyliike on normaalin suuntainen (Kuivanen 1999, 16). Scara-robottia voitaisiin käyttää, myös jääkiekkokaukalon suoran elementin poraukseen. Elementti sijoitettaisiin vaakatasoon portaalirobotin alle ja robotti poraisi 4.8 mm reiät niiteille.



KUVIO 4. Kiertyvänivelinen robotti (ABB)

Kuviosta 4 löytyy kiertyvänivelinen robotti. Kiertyvänivelinen robotti on eniten ihmiskättä muistuttava robottityyppi. Kaikki vapausasteet ovat kiertyviä. Käsivarren pään saa mihin tahansa asentoon ja kulmaan robotin sisäpuoleisen liikkuma-alueella. Se on yleisimmin käytetty robottityyppi monipuolisuutensa johdosta (Kuivanen 1999, 17.) Kiertyvänivelistä robottia voidaan käyttää monipuolisesti jääkiekkokaukalon valmistamiseen. Sen kaikki vapausasteet ovat kiertyviä, niin antaa mahdollisuuden monipuoliseen työkiertoon. Näin voidaan eri työkaluja hyväksi käyttäen tehdä useita eri työvaiheita missä tahansa suunnassa ja kiertokulmassa.

### 3.1.2 Robotin ohjaus ja säätö

Ohjausjärjestelmät ovat roboteissa reaaliaikaisia prosessitietokoneita, jotka ohjaavat tuhansia kertoja sekunnissa robotin toimilaitteita ja pystyvät reagoimaan millisekunneissa ym-

päristön viesteihin. Ohjausjärjestelmissä toimii monta eri ohjelmaa samanaikaisesti ja vaihtavat tietoja viestien ja jaetun muistin avulla ohjelmissa.

Ohjausjärjestelmä koostuu tavallisesti keskusyksiköstä, muistista, käsiohjaimesta, ulkoisen tietokoneen liitännästä, nivelkohtaisista servotoimilaitteista ja teholähteistä. Ohjausjärjestelmät roboteissa voidaan jakaa viiteen eri ryhmään: liikeohjaukseen, ohjelmointiin ja opeutukseen, ohjelmien toistoon ja liikkeiden suoritukseen, turvallisuustoimintojen toteuttamiseen ja apuun huoltotehtävissä (Kuivanen 1999, 34).

### **3.1.3 Robotin sähkösuunnittelu**

Robottijärjestelmät käyttävät tulo- ja lähtösignaaleja ympäristönlaitteiden ja antureiden tilojen lukemiseen. Lähtösignaaleja apuna käyttäen robotti voi viestiä tilastaan tai ohjata oheislaitteita. Lähtöjä ja tuloja käsitellään samanlaisesti kuin ohjelmoitavissa logiikoissa. Signaaliviestin tyyppejä ovat analoginen-, digitaalinen- ja väyläviestit. Analogisen viestin signaalissa on perusjännite 0-10 V ja -10/+10 V ja virtaviesteissä 0-20 mA tai 4-20 mA. Digitaalisessa signaalissa on kaksi sovittua tilaa aktiivinen tai deaktiivinen. Viesti voidaan lähettää kytkin- tai jännitetietona. Jänniteviestitasot on normaalisti 0 V ja 24 V. Väyläviestit perustuvat tietoväylätekniikkaan. Viestit lähetetään sanomina eteenpäin (Kuivanen 1999, 52.)

### **3.1.4 Robotin tarraimet ja työkalut**

Työkalulla tarkoitetaan sitä robotin mekaanista osaa, jota asemasta toiseen robotti siirtää. Tavallisin työkalu on tarrain. Toinen ryhmä on prosessityökalut, joihin esimerkiksi hitsauspistooli, porakone, jyrsinkone, maalausruisku tai liimasuutin. Robottisovelluksissa tarraimen ja työkalujen suunnittelu tärkeässä roolissa. On välttämättömiä osia ja toiminnan kannalta tärkeitä onnistuneessa robottisovelluksessa. Tarraimet voi suunnitella itse tai yhteistyössä robotin toimittajan kanssa. Häiriöttömän tuotannon takaamiseksi on hyvä hyödyntää oman tuotantohenkilöstön tuntemus prosessissa.

Mekaanisilla tarraimilla voidaan suorittaa sormen liikkeitä. Erilaisia mekaanisia liikkeitä voidaan suorittaa nivelmekanismeilla, hammaspyörä tai hammastangoilla, epäkeskoilla,



ruuveilla, vaijeriväkipyörillä tai muilla mahdollisilla mekanismeilla (Kuivanen 1999, 60.) Imu- ja tyhjiötartuntoja käytetään alipaineeseen perustuvissa sovelluksissa, joissa on hankala käyttää mekaanista tarrainta. Imutartunnassa tartutaan työkappaleeseen yhdeltä suunnalta yleensä. Imukupit ovat yleensä kumi- tai muovipintaisia, eivätkä ne vahingoita käsiteltävien kappaleiden nostopintaa. Jos tarvitaan lisää nostovoimaa, lisätään imukuppeja (Kuivanen 1999, 63.)

Magneettitarraimia käytetään ainoastaan magneettisille aineille. Nostovoimaan magneettisilla tarraimilla vaikuttaa kappaleen materiaali, pinta, ilmaerot ja magneetin lämpötila. Tarvitsee riittävän suuren tasaisen tartuntapinta-alan, sillä magneetin nostovoima heikkenee ilma-erä kasvaessa. Sähkömagneetti lämpenee käytössä ja on otettava huomioon mahdollinen kuumeneminen (Kuivanen 1999, 64.) Erikoistarraimet on esimerkiksi laajentuvia tai kappaleeseen mukautuvia tarraimia. Robotin toimittajilla on myös standarti tarraimia ja niiden komponentteja. Näistä soveltaja voi rakentaa tai muokata tarvittavan tarraimen. Löytyy myös tarraimia rakentavia yrityksiä. Monesti joudutaan kuitenkin tekemään sovel-luskohtaisesti, mutta yksinkertaisimmillaan muokkaamalla vakiotarrainta (Kuivanen 1999, 64.) Tarraimien suunnittelussa ja valinnassa on kaksi nyrkkisääntöä.

- älä yritä matkia ihmisen toimintoja
- ota kokonaisuus huomioon

Tarraimia valittaessa huomioon otettava luotettava tartunta, pieni koko, yksinkertainen rakenne, kappaleiden keskitys ja perustilassa oleva tarrain (Kuivanen 1999, 64.)

### **3.1.5 Robotin ohjelmointi**

Robotiikka kirjassa kerrotaan robotin ohjelmoinnista seuraavasti: Ohjelmoinnilla laaditaan roboteille toimintajärjestys ja logiikka käsivarren liikkeille työkalujen työtehtäville. Myös käsivarren liikkeet tahdistetaan ympäristöstä tulevien signaalien mukaan ja annetaan tietoa muille tarvittaessa sekä määritetään toiminta robotin virhetilassa. (Kuivanen 1999, 78.)

Robotteja ohjelmoidaan johdattamalla, opettamalla, etäohjelmoimalla, mallipohjaisella ohjelmoinnilla ja suoraan käyttämällä robotin käsiohjainta tai ohjelmointivalikkoa.

Käytetyt ohjelmointikieliet aluksi muistuttivat Basic-kieltä, mutta nykyään ne muistuttavat Pascal-kieltä. Robottien valmistajilla on omia ohjelmointikieliä, ja tästä syystä monesti ohjelmointikielissä on eroja.

Ohjelmointi voidaan tehdä tietokoneella käyttäen ohjelmointityökalua. Nykyään on yleistynyt etäohjelmointi. Etäohjelmoitu ohjelma voidaan 3D-mallin kanssa testata ennen robotille lähetystä toimivaksi ja robotin tehokkuus kasvaa ohjelmointityöt tehdessä muualla.

ABB:n robotin yleisesti käytetty ohjelmointikieli on RAPID. RAPID-ohjelmointikielen peruskoodeja on esimerkiksi := (arvon nimeäminen), MoveC (ympyrärataa pitkin liikkuminen), MoveJ (nivelliikkeellä siirtyminen), MoveL (lineaarinen siirtyminen), AccSet (alentaa kiihtyvyyden), Break (keskeyttää ohjelman), Add (lisää arvon), Clear (poistaa arvon), GOTO (uuteen käskyyn siirtyminen), FOR (toistaa käskyn annetun arvon mukaan), RETURN (päättää rutiinin) ja StopMove (pysäyttää liikkeen).

Käskyssä huomioidaan aloituspiste, siirto x-suunnassa, y-suunnassa, z-suunnassa ja nopeus.

### **3.1.6 Robottijärjestelmät projektina**

Robottijärjestelmää hankittaessa vastuu voidaan jakaa kolmella eri tavalla hankkijan ja toimittajien kanssa. Ensimmäinen vaihto on kokonaistoimitus, jossa on helppo kirjata sopimukseen toimitukseen liittyvät kaupalliset ja tekniset sopimusehdot. Kokonaistoimituksen tarkasti määritetyt toimitussopimus vähentää hankkijan riskiä, mutta eivät takaa silti toimivaa robottijärjestelmää. Tässä voi jäädä hankkijan vastuulle tuottavuuden kehittäminen. Avaimet käteen periaatteella saadaan robottijärjestelmä monesti nopeasti käyttökuntoon. Hankkijan riski pienenee, koska robottijärjestelmä on toimitussopimuksessa tilattu tuotantokuntoisena. Tässä mallissa voi riskiksi muodostua robottijärjestelmän kehittäminen hankkijan omien työntekijöiden tietotaidon puutteesta, koska toimittaja on tehnyt kaikki työt valmiiksi ja hankkijan työntekijät eivät ole pystyneet perehtymään tarpeeksi hyvin robottijärjestelmän yksityiskohtiin (Kuivanen 1999, 101.)

Toinen vaihtoehto on tilata robottijärjestelmän asennus, ohjelmointi ja käyttöönotto ulkopuoliselta toimittajalta ja hankkia robottijärjestelmän laitteet itse. Monesti tämä vaihtoehto

on hyvä, kun käytetään käytettyjä robotteja. Vaihtoehto on kannattava, kun löytyy sopiva robotti edullisesti. Useasti lopputulos on hyvä (Kuivanen 1999, 101.)

Kolmas vaihtoehto on hankkia robottijärjestelmä ja asentaa toiminta kuntoon omana työnä. Tämä vaihtoehto voi olla iso riski, mutta antaa mahdollisuuden tutustua robottijärjestelmään alusta loppuun. Tällä tavoin saadaan käyttöönotosta mahdollisimman paljon omaa osaamista. Toisaalta voi olla, että ammattilainen osaisi ratkaista tietyt ratkaisut tai ongelmat paljon yksinkertaisemmin. Tämä vaihtoehto vaatii realistisen aikataulun ja paljon kärsivällisyyttä, jotta päästään toimivaan robottijärjestelmään (Kuivanen 1999, 101.)

Mielestäni robottijärjestelmää suunnitellessa kannattaa miettiä tarkkaan mikä on omaa osaaminen ja mikä osa-alue jätetään ammattilaiselle. Kolmas vaihtoehto on varmasti kustannuksiltaan edullisin, jos yrityksen oma osaaminen riittävän hyvää. Myös mitä robottijärjestelmältä haetaan, niin minusta kannattaa tehdä helpot ja nopeat työvaiheet edelleen käsityönä. Raita Sportin elementtien määrät eivät ole suuria. Siksi suunniteltiin siten, että helpot ja nopeat työvaiheet tehdään edelleen käsityönä. Aikaisemmin jo oli mietitty automaatiolla toteutettavaa menetelmää, ja siinä oli kaikki työvaiheet koneella tehtynä. Hinta oli paljon kalliimpi, ja menetelmä olisi ollut aika hidas. Nyt uusi robottisovellus tekee raskaat ja aikaa vievät työvaiheet. Nopeat, helpot ja kevyet työvaiheet tehdään käsityönä, ja näin saavutetaan kustannustehokas tapa tehdä jääkiekkokaukaloita.

### **3.2 Layout-suunnittelu ja robotin visualisointi simulaationa**

Solid Worksilla tein layout-suunnitelman uudelle robottisovellukselle. Robottisolun layout-suunnitelman tekemistä helpotti se, koska Raita Sportin muutto uusiin tuotantotiloihin oli jo varmistunut. Pystyimme määrittelemään minkä tilan robottijärjestelmä tarvitsee ja muut työpisteet järjestellään robottisolun vaatiman tilan mukaan. Layout-suunnitelman perusteella saimme hyvän pohjakuvan uuden robottisolun tilan tarpeelle. (LIITE 2.)

Aikaisemmin Raita Sportille oli mallinnettu Visual Componentsin 3D-Create ohjelmalla robottisovellus ja sitä käytettiin osaltaan hyväksi, kun mietittiin uutta robottisovellusta. Uutta sovellusta ei sen takia enää lähdetty mallintamaan, koska peruselementit ovat samantaisia kuin mallinnetussa sovelluksessa. Robotti ja käsittelylaite, jota käytettiin, oli vastaa-

va kiertyvänivelinen robotti. Mallinnuksessa porattiin ja niitattiin valmiiksi sahatut levyt ja listat.

### **3.3 Kannattavuuslaskenta**

Niko Moilanen kertoo diplomityössään seuraavasti: Robottijärjestelmän hyötyjä ja tehokkuutta mitattaessa mitataan taloudellisilla tunnusluvuilla kapasiteettia, takaisinmaksuaikaa ja läpäisyäikää ja sekä vaihtoehtoisilla järjestelmillä saavutettavilla kustannussäätöillä (Moilanen 2003, 79.)

Robottisolun kustannukset koostuvat investointi- ja käyttökustannuksista. Pitää huomioida investointi-, asennus-, jigi-, mahdollinen tuotannon pysähdys- ja muita mahdollisia kustannuksia. Yleensä asennus- ja käyttöönottokustannukset ovat noin 10 % (Moilanen 2003, 80).

### **3.4 Anturointi**

Robottisolun anturointi voidaan jakaa kahteen eri osaan, robotin sisäiseen ja ulkoiseen anturointiin. Robotin sisäisessä anturoinnissa on huomioitava teollisuusrobotin lähes kaksi kierrosta kiertyvä nivel ja ranteen nivelkulma on tiedettävä tarkasti. Myös anturin on huomioitava robotin moottorin pyörimiskierrosten määrä (Kuivanen 1999, 30.) Robotin ulkoisessa anturoinnissa voidaan käyttää esimerkiksi mitta-, konenäkö- ja turva- antureita. Ulkoisilla antureilla saadaan robottisoluun toimiva työkierto, jos robotin sisäinen anturointi tai ohjelmointi ei ole riittävä.

Robottisolun turvallinen käyttö saadaan turva-anturoinnilla. Turvapiiriin voidaan käyttää esimerkiksi valoverhoja, konenäköä ja turvakytkimiä. Turvapiirin tehtävä on hidastaa robotin toimintaa ja tai tarvittaessa pysäyttää robottisolun toiminta. Turvapiirin anturoinnissa on otettava huomioon myös robotin käyttämät työkalut. Pitää huomioida työkalujen pysähtyminen robotin pysähtymisen kanssa ja myös vastaavasti työkalun pysähtyminen pitää pysäyttää robotti, jos on vaarana aiheutua haittaa työkalulle, robotille tai ympäristölle.

Robottisolussa voidaan käyttää työkalupaleen mittaukseen esimerkiksi Omronin lasermitausanturia ZX1:stä:

- Vakaa mittaus tulos kaikilta pinnoilta
- Tarkka ja nopea
- Tarpeeksi laaja mittausalue
- Käytettävyys helppoa
- Vaativissa ympäristössä luotettavat mittaustulokset

## **4 LASKELMAT JA SUUNNITELMAT**

### **4.1 Laskelmat**

Laskelmissa keskityttiin työaikoihin ja robottisolun investoinnista tuleviin kustannuksiin. Materiaalien ja runkojen hinnat jätettiin pois, koska näiden kustannukset pysyvät edelleen samana. Laskin työajat vanhalla menetelmällä ja teimme arvioimalla uuden sovelluksen työajat. Uskon arvion olevan hyvin tarkka, koska työajat nyky menetelmällä on tarkasti tiedossa. Kannattavuuslaskennassa huomioitiin tehokkuus, kapasiteetti, takaisinmaksuaika ja 25 % avustus.

Raita Sportin hinnoittelu perustuu katetuottoajatteluun. Laskin yksittäisen tuotteen minimikalkyylihinnan ja sitä kautta vuosittaisen kpl määrän perusteella nyky menetelmän ja uuden robottisovelluksen hinnan erotuksen. Kapasiteetin tarve laskettiin miestyövuosina ja takaisin maksuaika tasapoistoina 5 vuodelle (LIITE 4).

#### **4.1.1 Laskelma ennen automaatiota**

Päädymme tekemään laskelman Raita Sportin Forum S+ jääkiekkokaukalosta. Se on eniten valmistettu pienempien jäähallien jääkiekkokaukalo.

Ensimmäisenä työvaiheena laskettiin tämänhetkisen elementtikohtaisentyön minimikalkyylihinnan 60 m 30 m Forum S-jääkiekkokaukalolle. Kaukalo koostuu suora-, kaari-, sovitte-, portti- ja huoltoporttielementeistä. Selvitimme elementtikohtaisen kokoonpanotyön tarkan hinnan, ja laskelmat teimme Excel-ohjelmalla (LIITE 1). Erittelimme yhden elementin kokoonpanotyön kaikki 21 eri työvaihetta ja mittasin keskiarvo ajan per elementti. Vertasimme lopuksi V10-järjestelmän leimausaikaraporttiin Forum S+ jääkiekkokaukalon kokoonpanotöiden osalta. V10-järjestelmän kokonaisaika ja mitatut keskiarvoajat olivat yhden vertaisia, joten kustannuslaskelma oli luotettava. Työtunnin hinta oli jo tiedossa ja käytin saamani hintatietoa laskelmissani. Ennen automaatiota työn vaiheet ja tavat on kerrottu kappaleessa 2.4:ssa.

#### **4.1.2 Laskelma automaation kanssa**

Laskelmassa verrattiin samaa Forum S+ jääkiekkokaukaloa kuin 4.1.1. Robottisolun layout- ja toimintatapasuunnitelman mukaan voitiin jättää laskelmasta pois joitain ratkaisevia työvaiheita. Arvioimme robotin työajat ja meillä oli tiedossa ne työajat, jotka päätimme tehdä edelleen käsityönä. Laskemat tein Excel-ohjelmalla (LIITE 3). Robottisolun toiminta- ja tekotavat löytyy kappaleesta 6 Robottisolun työmenetelmät.

#### **4.1.3 Takaisinmaksuaika**

Takaisinmaksuaika varten kilpailutettiin robottisolun tarvikkeet, ja siitä saatiin kustannusarvio robottisolulle. Lisäksi arvioitiin asennus- ja tuotannon pysähdysajat. ELY-keskuksen myöntämä investointiavustus on 25 % ja huomioimme sen myös. Takaisinmaksuaika päätettiin tehdä tasapoistoina viiden vuoden aikana. Työaikalaskelman säästö (LIITE 4).

Takaisinmaksuaika laskelma (LIITE 5).

#### **4.2 Suunnitelmat ja uuden layoutin valinta**

Layout-vaihtoehtoja mietittiin useita ja päädyimme seuraavaan vaihtoehtoon, joka oli meidän mielestä paras tapa lähteä viemään automaatiovaihtoehtoa eteenpäin (LIITE 2).

Raita Sportilla työntekijöiden vaihtuvuus on erittäin pientä. Työmenetelmät ovat tuttuja ja sujuvia. Päädyimme robottisolun layout-suunnitelmassa säilyttää ne työtavat, jotka ovat nopeita, keveitä ja koneella tehtyinä ei kannattavia. Layoutissa huomioitiin levy-, lista- ja runkopaikat, esivalmistusjigi, robottisolu, rullarata elementtien siirtelyyn, mainos- ja taustalevyjigi ja pakkaushissi.

## 5 ROBOTTIJÄRJESTELMÄN TOTEUTTAMINEN

### 5.1 Kokoonpanorobottisolu

Robottisoluun tulee ABB IRB 6640 robotti ja IRBPK-600 servo-ohjattu käsittelylaite (Kuvio 5). Robotti varustetaan työkalunvaihtajalla. Työkaluiksi ABB IRB 6640 robotille rakennamme kahdella porayksiköllä varustetun poraus- ja erillisen koneistustyökalun. ABB:ltä hankkisimme robotin ja käsittelylaitteen, muuten rakentaisimme koneen ympäristön itse ja koneen ohjelmointi tulisi Tmi: Heikki Hatulalta.

Jääkiekkokaukalon rungot asetetaan kokoonpanojigiin, joka on rakennettu käsittelylaitteeseen. Kokoonpanojigi varustetaan paineilmasylintereillä, jonka avulla runko oikaistaan ristimitaan. Oikaistuun runkoon laitetaan äänieristysmassa ja pintalevyt listoineen asetetaan rungon päälle ja kiinnitetään niiteillä nurkista runkoon. Toinen vaihtoehto on tehdä esikasaus viereisellä esikasausjigillä, jonka jälkeen elementti nostetaan robotille työstettäväksi.

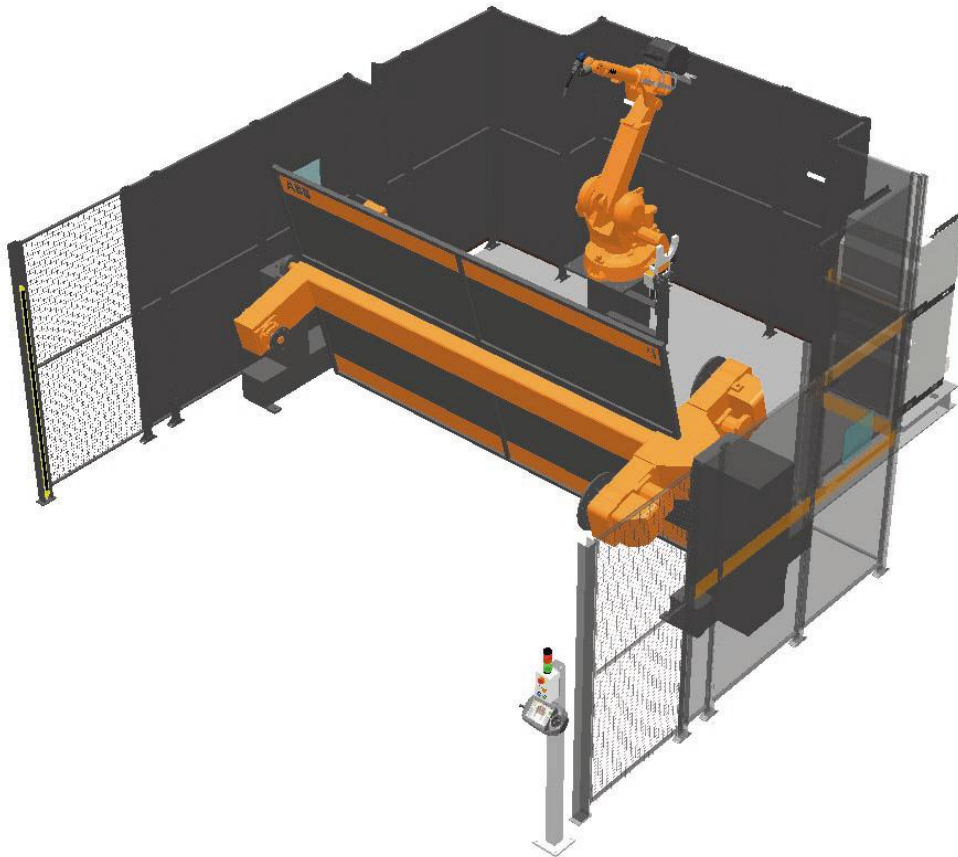
Seuraavaksi robottisolun käyttäjät kuitaavat työvaiheen valmiiksi, jonka jälkeen käsittelylaite pyörähtää robotille ja aloittaa työkierron. Robotti käy ensin mittaamassa rungon päädyt ja aloittaa sen jälkeen poraamisen.

Poraustyövaiheen jälkeen robotti vaihtaa porausyksikön koneistustyökaluun ja käy katkaisemassa elementtien muovien ylitykset päädyistä haluttuun mittaan. Tällä välin koneen käyttäjät ovat valmistaneet uuden elementin muoveineen käsittelylaitteen toiselle puolelle.

Kääntölaite pyörähtää ympäri, jonka jälkeen käyttäjät niittaavat levyt ja listat kiinni ja nostavat valmiin elementin lattiassa olevien rullien päälle ja työntävät elementin pakkaukseen. Seuraavaksi käyttäjät panostavat uuden rungon jigiin ja työkierto alkaa alusta.

Valmiiden elementtien pakkaus tapahtuisi niin että lattiassa olevat rullat menisivät lattiaan upotetun nostopöydän viereen ja elementti kaadettaisiin lavalle. Nostopöytä laskisi elementtien painosta ja pakkauskorkeus olisi aina vakio. Kun lava on valmis, nostopöytä nousee lattiasta ja valmis lava viedään pois.





KUVIO 5. Teollisuusrobotti ja käsittelylaite (ABB)

## 5.2 Porausrobotti

### 5.2.1 Teollisuusrobotti

Kuviossa 5. löytyy 6-akselinen teollisuusrobotti 6640-185/2.80, jonka ulottuvuus on 2800 mm 5-akselin keskiöön mitattuna. Robotin muita ominaisuuksia ovat toistotarkkuus +/- 0,05 mm, jarrut kaikissa akseleissa, kaapelointi robottikontrollerin ja robotin välille 15 metriä, 1 kappale I/O-kortti, paikanmittaus varmistettu akulla, kosketusnäyttölinen ohjain 10 metrin kaapelilla, kuormantunnistus- ja törmäyksen valvonta, sekä USB-, Ethernet- ja Devicenet-liittymät.

Venttiilipaketti ja suojaputkitus yläkäsivarrelle ovat Robot System Productsin tuotteita. On suunniteltu käytettäväksi IRB 6640 robotin kanssa. Venttiilipaketti sijaitsee kolmosakselilla ja suojaputkitus robotin tarttujan kiinnityspisteeseen saakka.

### 5.2.2 Käsittelylaite

Kuviossa 6. on myös yksiakselinen käsittelylaite IRBP K-600, niin sanottu ”grilli”. Käsittelylaitteen kuormitettavuus on 600 kg puolelle ja toistotarkkuus on +/- 0,05 mm mitattuna 500 mm säteellä. Muita ominaisuuksia käsittelylaitteessa ovat jarrut akseleissa, kaapelointi robottikontrollerin ja robotin välille 10 metriä

### 5.2.3 Poratyökalu

Poratyökaluksi valittiin 2 kpl Drill Matic DP 10/A porakoneita. Porakoneille tehdään kiinnitystyökalu 200 mm terien välisen etäisyyden mukaan, joten voidaan nopeuttaa poraus työvaihetta ja saadaan 2 kpl reikiä yhtä aikaa. Drill Matic DP10/A painaa 16 kg kappale ja kiinnitystyökalu noin 10 kg. Yhteensä porapaketin painoksi tulee noin 42 kg.

Porakoneet voi myös käyttää tarvittaessa taajuusmuuntajaa, mutta aluksi kokeillaan 50 Hz. Porakoneiden muita ominaisuuksia ovat: Säädettävä paineilmaisku 50 mm, pyörimissuunta myötä- ja vastapäivään, kara ER20, maksimi poranterän halkaisija 13 mm, karanopeus 3000 1/min ja yhden koneen teho 0,55 kW.

### 5.2.4 Koneistustyökalu

Koneistustyökaluksi valittiin työstöyksikkö Drill Matic 18/9/00/01/6A. Jyrsinkoneelle tehdään kiinnitystyökalu. Drill Matic 18/9/00/01/6A painaa 32 kg ja kiinnitystyökalu noin 10 kg. Yhteensä jyrsintyökalu painaa noin 42 kg.

Jyrsinkoneella jyrsitään polyeteenilevyjen ja listojen ylitykset oikeaan mittaan. Voidaan myös tehdä lasitustolppien läpivientireiät reunakaiteen läpi.

Jyrsinkoneen muita ominaisuuksia ovat: teho 1,1 kW, voidaan käyttää taajuusmuuntajan kanssa, karanopeus 3000 1/min, kara ISO 40 ja myös sirkkelin terän käyttö mahdollista.

### **5.3 Nostotyöpöytä ja rullakuljetin**

Nostotyöpöytä upotetaan lattiaan ja se mahdollistaa helpon pakkauksen painaville elementeille. Pakkaus korkeus pysyy koko pakkauksen ajan vakiona ja painuu aina elementin verran alaspäin. Pöydän teknisiin ominaisuuksiin kuuluvat: 3000 kg nostokyky, nostokorkeus 2000 mm, rakennekorkeus 300 mm, tason pituus 3600 mm, tason leveys 1600 mm, nostoaika 44 s ja 2,2 kW tehoinen moottori (Intolog, 2012, TA2012245-1)

Rullakuljetin tarvitaan elementtien siirtelyyn työpisteiden välillä. Rullarata sijoitetaan työpisteiltä työpisteille liitteen 2 mukaan. Rullaradan pituus 20 m ja rullien leveys 250 mm. Rullarata integroidaan lattian kanssa samaan tasoon.

### **5.4 Esivalmistelu-, mainos- ja taustajigi**

Esivalmistelujigi varustetaan paineilmasyylintereillä, jossa voidaan oikaista runko helposti oikeaan ristimitaan. Tässä kiinnitetään levyt ja listat nurkistaan kiinni ja nostetaan seuraavaksi robotin käsittelylaitteen jigiin työstettäväksi. Esivalmistelujigi voidaan jättää myös pois ja tehdä samat työvaiheet suoraan käsittelylaitteen jigissä. Mainos- ja taustalevyn asennusjigissä kiinnitetään mainos- ja taustalevyt muuten valmiisiin elementteihin, jos nämä lisävarusteet tulevat tehtävään projektiin.

### **5.5 Asennus ja ohjelmointi**

Kokoonpanorobottisolun robotin ja käsittelylaitteen asennus tulee ABB:ltä, myös käyttökoulutus tulee ABB:ltä robotille ja käsittelylaitteelle. Ohjelmointi ostetaan ulkopuoliselta ammattilaiselta. Ostettavaan ohjelmointiin kuuluu kolmen perusmallin suoran ja kaaren ohjelmat.

Kaikki jigit ja työkalut tehdään Raita Sportin omana työnä. Käsittelylaitteen jigi varustetaan paineilmasyylintereillä ja tarvittavilla kiinnitysmekanismeilla, jotta jääkiekkokaukalon elementin valmistus onnistuu. Tarvittaessa voidaan asentaa 6 kpl imukuppeja käsittelylaitteen molemmille puolille levyn kiinnitystä varten, jos päädytään jättämään pois esivalmistelujigi.

## **6 ROBOTISOLUN TYÖMENETELMÄT**

### **6.1 Esivalmistejigin työmenetelmät**

Esivalmistelujigissä työntekijä oikaisee rungon oikeaan ristimitaan. Tämä on tärkeää verrattuna aikaisempaan menetelmään, koska nyt ei ole enää levyt ristimitassa joiden avulla rungot oikaistiin. Rungon oikaisun jälkeen seuraavat työ vaiheet: Tarkistetaan rungon sinkkipinta ja sinkin mahdolliset valumat, ruiskutetaan äänieristysmassa rungon ja pintalevyn väliin, asetetaan pintalevy ja listat lyhentämättöminä oikeisiin kohtiin ja niitataan kulumista kiinni. Esivalmistelujigissä tarvittavat työkalut ovat: paineilimaliitöntä, keventimellä varustettu paineilmatoimiminen niittipyssy ja pieni sähköporakone 4.8 mm terällä.

### **6.2 Käsittelylaitteen työmenetelmät**

Käsittelylaitteeseen nostetaan esivalmisteltu runko ja kiinnitetään paineilmasylintereiden avulla käsittelylaitteen jigisiin kiinni. Seuraavaksi työntekijä poistuu turva-alueelta ja kuittaa työvaiheen valmiiksi. Käsittelylaite pyörähtää ympäri ja robotti aloittaa työkierron.

Käsittelylaitteen toisella puolella oleva elementti on nyt robotin aikaisemman työkierron jälkeen valmis, niin työntekijä niittaa niitit kiinni ja siirtää valmiin elementin rullaradalle pakkaukseen tai lisävarusteiden kiinnittämiseen. Tämän jälkeen työkierto alkaa alusta. Käsittelylaitteen jigissä tarvitaan keventimellä varustettu paineilmatoimiminen niittipyssy.

### **6.3 Robotin työmenetelmät**

#### **6.3.1 Kokoonpanorobotti**

Käsittelylaite pyörähtää oikeaan asemaan ja alkaa kokoonpanorobotin työkierto. Ensimmäisenä robotti käy mittaamassa anturin avulla rungon mitan ja mahdolliset sinkkipiikit elementin päistä. Seuraavaksi robotti hakee poratyökalun ja alkaa porata reiät ohjelmoituihin paikkoihin, sitten robotti vie poratyökalun omaan telineeseen ja vaihtaa jyrisytyökalun paikalleen. Jyrisytyökalun avulla leikataan levyt ja listat oikeaan mittaan ja palauttaa jyrisytyökalun omaan telineeseen. Viimeisenä robotti ajaa määriteltyyn paikkaan, joka on tar-

peeksi kaukana käsittelylaitteesta ja käsittelylaite pyörähtää ympäri. Ja työkierto alkaa alusta.

### **6.3.2 Työntekijän tehtävät**

Työntekijätekijän tehtäviin kuuluu kuitata turva-alue vapaaksi ja käynnistää robotti, kun käsittelylaite on pyörähtänyt ja robotti aloittanut työkierron voi työntekijä niitata käsittelylaitteen toisen puolen elementin valmiiksi ja vaihtaa uuden aihion jigille.

### **6.4 Viimeistelyjigi**

Viimeistelyjigissä kiinnitetään mainos- ja taustalevyt tarvittaessa. Mainoslevy kiinnitetään ruuveilla ja taustalevy niitataan samalla tavalla kuin pintalevyt ja listat. Viimeistelyjigissä tarvittavat työkalut ovat: paineilmaliitäntä, keventimellä varustettu paineilmatoimiminen niittipyssy ja pieni sähköporakone 4.8 mm terällä.

### **6.5 Nostopöytä**

Nostopöydän avulla valmiiden elementtien pakkaus kuormalavalle voidaan tehdä optimoidulla korkeudella, koska lavojen korkeus voi olla jopa korkeimmillaan 2650 mm. Elementit painaa noin 80 kg ja kahdella miehellä voidaan nostaa helposti 700 mm korkeudelle. Nostopöydän painuessa aina elementin verran alaspäin, niin nostokorkeus on aina haluttu korkeus pakkaajan mukaan. Valmis pino nostetaan ylös, pakataan kelmumuovilla, kiinnitetään teräs- tai muovipannalla tiukaksi pakkaukseksi ja siirretään varastoon odottamaan lastausta asiakkaalle.

## **7 KOKOONPANOROBOTTISOLUN TOTEUTUS**

### **7.1 Investointipäätös**

Raita Sportin hallitus teki investointipäätöksen Toni Honkalan koko tuotantoketjua koskevan Koneinvestoinnit ja tuotannon kehityssuunnitelman mukaan. Kokoonpanorobottisolun tarvikkeet tilattiin joulukuussa 2012 ja ne niiden toimitukset olivat helmi-marraskuussa 2013. Rullarata ja nostopöytä päätettiin jättää tässä vaiheessa investoimatta.

### **7.2 Uudet tuotantotilat ja layout**

Muutimme 2013 vuoden alusta uusiin tuotantotiloihin ja tämä viivästytti tuotantoa ja uusien koneiden asennusaikataulua hieman, mutta koneiden saavuttua voitiin asentaa robotti ja käsittelylaite.

Liitteen 2 mukaan robottia ei kuitenkaan pystytty asentamaan, koska uuden tuotantotilan lattiassa oli liikuntasauva juuri käsittelylaitteen jalasten välissä. Jos olisimme siirtäneet tarvittavan 1700 mm kokoonpanorobottisolua, niin muille kokoonpanopuolen työpisteille olisi jäänyt liian vähän tilaa. Jouduimme tekemään uuden layout-suunnitelman (LIITE 6).

Jätimme pois esivalmistelujigin ja rakensimme käsittelylaitteeseen imukuppien avulla jigin, jossa ei tarvitse esivalmistelua niiteillä olenkaan. Samalla kokoonpanorobottisolun tilan tarve pieneni lähes 30 %.

### 7.3 Kokoonpanorobottisolu



KUVIO 6. Kokoonpanorobottisolu (Raita Sport 2013)

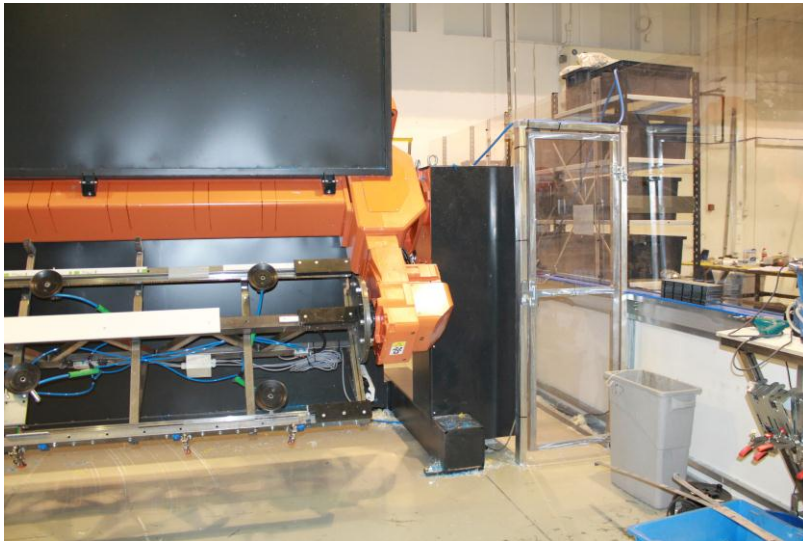
Kokoonpanorobottisoluun asennettujen robotin ja käsittelylaitteen ympärille on rakennettu Raita Hornium joustokaukalo elementeistä suojaseinät, kuten yllä olevasta kuvioista 6 näkyy.



KUVIO 7. Kokoonpanorobottisolun suojaseinä yhdistettynä materiaaliavarastona (Raita Sport 2013)

Kuviossa 7 näkyvän robottisolun käsittelylaitteen puolen turvaseinäinä käytettiin tavallisia trukkilavahyllyjä. Tässä ratkaisussa saatiin optimoitua tilan käyttöä. Samalla voidaan ulko-

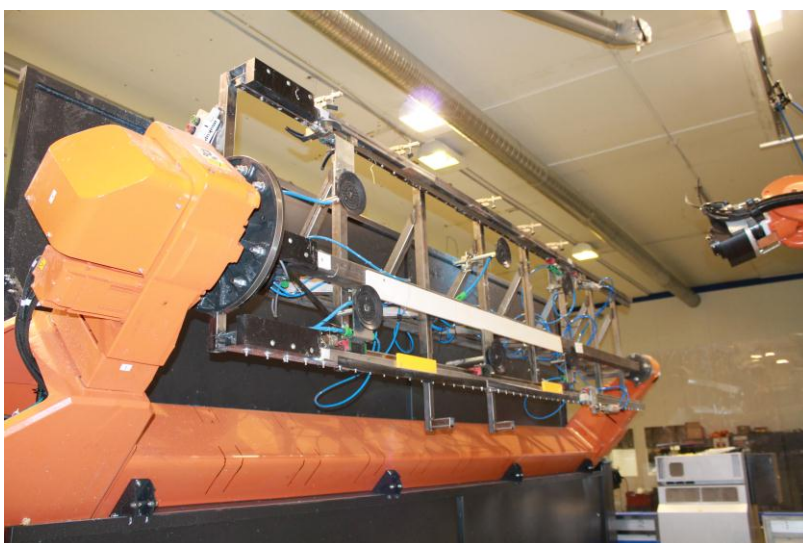
puolelta turva-aluetta lisätä levyjä ja listoja tarpeen mukaan hidastamatta kokoonpanorobottin käyttöä.



KUVIO 8. Kokoonpanorobottisolun suojaovi (Raita Sport 2013)

Kuviossa 8 näkyvälle robotin työalueelle menevään kulkuaukkoon rakensimme oven käyttäen Raita Sportin pelaajaporttien osia hyväksi. Lisäksi siihen on asennettu anturit ja varmistettu ettei robotin ollessa käynnissä kukaan pääse robotin työalueelle.

#### 7.4 Käsittelylaite ja käsittelylaitteen jigi



KUVIO 9. Käsittelylaite ja kokoonpanojigi (Raita Sport 2013)



Kuviossa 9 esitettävän käsittelylaitteen molempiin puoliin teimme metallirunkoiset jigit jotka sopivat kaikkiin yleisimpiin kaukalomalleihin. Jigit varustettiin paineilmasylinterein, joiden avulla voidaan oikaista runko helposti ristimitaan ja pysyy kiinni jigissä koko työkierron ajan.

Lisäksi siihen asennettiin paineilmalla toimivat imukupit 6 kpl levyjen kiinnitystä varten. Niittausta varten paineilmaletkut ja paineilmalla toimivat Gesipan niittipysytsyt.

## 7.5 Robotin työkalut

### 7.5.1 Poratyökalu



KUVIO 10. Poratyökalu (Raita Sport 2013)

Kuviossa 10 on kuva poratyökalusta. Poratyökaluksi valittiin 2 kpl Drill Matic DP 10/A porakoneita. Porakoneille tehtiin kiinnitystyökalu 200 mm terien välisen etäisyyden mukaan, joten voidaan nopeuttaa poraus työvaihetta ja saadaan 2 kpl reikiä yhtä aikaa.

Drill Matic DP10/A painaa 16 kg kappale ja kiinnitystyökalu 8,5 kg. Yhteensä porapaketin painoksi tuli 40,5 kg. Poratyökalulle hankittiin ABB:n työkaluteline.

Porakoneissa käytetään poran omaa iskua reunakaiteen porauksessa ja muut poraukset tehdään robotin liikkeillä. Lisäksi porakoneille asennettiin paineilmapillit terien puhdistusta varten, sähköjohdot ja paineilma vedettiin katon asennettujen keventimien kautta, niin johdot ja letkut pysyvät suorana koko työkierron ajan. Porakoneet ohjelmoitiin pyörimään vie-

lä takaperin aina porauksen jälkeen, jotta mahdolliset teriin kiinni jääneet porauslastut lähtee pois

### 7.5.2 Koneistustyökalu



KUVIO 11. Koneistustyökalu (Raita Sport 2013)

Kuviossa 11. on koneistustyökalu. Koneistustyökaluksi asennettiin työstöyksikkö Drill Matic 18/9/00/01/6A. Jyrsinkoneelle teimme kiinnitystyökalun. Drill Matic 18/9/00/01/6A painaa 32 kg ja kiinnitystyökalu 6 kg. Yhteensä jyrsintyökalu painaa 38 kg.

Jyrsinkoneella oli tarkoitus jyrsiä levyt ja listat oikeaan mittaan, mutta huomasimme terän lähtevän värisemään liian paljon. Katkaisu ei onnistunut jyrsimällä, vaikka taajuusmuuntajan avulla lisäsimme kierroslukua työstöyksikköön.

Vaihdoimme sirkkelin terän samaan työstöyksikköön ja kaikki leikkaukset onnistui halutulla tavalla. Työstöyksikköä ajetaan 60 Hz. Jätimme myös Omronin lasermittausanturin ZX1:n käyttämättä, koska rungon mittatarkkuus on riittävän hyvä ja voidaan leikata sirkkelin terällä sopivalla ylityksellä levyt ja listat poikki.

## 7.6 Kokoonpanorobottisolun käyttöönotto ja arviointi

Kokoonpanorobottisolua on nyt käytetty noin puoli vuotta ja kokemukset ovat positiiviset. Jääkiekkokaukalon läpimenoaika on lyhentynyt. Takaisinmaksuaika on realistinen, mutta vaati vielä käyttäjiltä ja ohjelmoijilta lisää panostusta.

Solun suurin tehokkuus tulee siitä, että levyt ja listat voidaan laittaa ylipitkinä eikä tarvitse enää käydä erikseen sirkelillä, sekä käsittelylaitteen avulla voidaan työstää konetyöt ja käsityövaiheet yhtä aikaa. Levyjen ja listojen turha siirtely jää minimiin ja myös tilan tarve väheni. Voitiin jättää kaksi välivarastointi vaihetta pois, koska nyt voidaan tuoda suoraan materiaalivarastosta levyt, listat ja kaukalon rungot kokoonpanorobotille. Tehokkuutta lisää myös raskaimman poraustyövaiheen pois jäänti ja kokoonpanijalle jää nopeat ja kevyet työvaiheet, joita ei minusta kannata toteuttaa koneella.

## 7.7 Raita Sportin henkilökunnan kokemuksia uudesta robottisolusta

Oma näkemykseni robottisoluprojektista ja tuloksesta on seuraava. Lähtökohtana oli vanha vuosia tapana olleet kokoonpanotyötavat. Nämä työtavat tunsin itse erittäin hyvin, koska olin ollut yli kymmenen vuotta tekemässä ja kehittämässä yhdessä muiden kokoonpanotyöntekijöiden kanssa toimintatapoja. Kun minulle ehdotettiin robottijärjestelmää kaukalon elementtien valmistukseen, niin en uskonut alkuunkaan järjestelmään. Oli jo aikaisemmin saatu tarjous robottijärjestelmästä, joka poraa ja niittaa elementit valmiiksi. Tässä olisi pitänyt sahata levyt ja listat käsin oikeaan mittaan. Tämä ei olisi nopeuttanut läpimenoaikaa ja robottisolu olisi ollut hidaskäyttöinen. Oma näkemys muuttui silloin, kun saatiin ajatus robottisolusta jossa voidaan tehdä raskaat aikaa vievät työvaiheet robotilla ja säilyttää nopeat työvaiheet käsin tehtävinä. Tärkein asia mikä vaikutti omaani näkemykseeni, oli robotin tekemä sahaus, ja niin voitiin viedä levyt ja listat yli pitkinä koneelle.

Robottisoluprojekti on haastanut koko henkilökunnan kehittämään tuotantoa Raita Sportilla. Robottisolun asennus ja käyttöönotto viivästyi suunnitellusta aikataulusta. Minun mielestä olisi pitänyt pystyä panostamaan enemmän tuotannollista kiireistä huolimatta ja irrottamaan kaksi miestä kokopäiväiseksi robottisoluprojektin viimeistelyyn. Näin olisimme saaneet viimevuoden kiireille jo robottisolun tuottamaan rahaa yritykselle, mutta parempi

myöhään kuin ei milloinkaan. Nyt robottisolulla tehdään kaukaloelementtejä paremmin kuin suunniteltiin. Ei tarvitse esikasausjigiä, vaan voidaan panostaa uusi elementti käsittelylaitteeseen suoraan ja ei tarvitse niitä nurkista, vaan paineilmalla toimivat imukupit pitävät levyn kiinni. Listat kiinnitetään erikoispuristimilla. Robottisolun toiminta on pitkälle niin kuin suunniteltiin ja tämän johdosta voi todeta, että välillä pitkä suunnitteluvaihe kantaa hedelmää onnistuneena projektina.

Alla on avainhenkilöiden kokemuksia ja omia ajatuksia kokoonpanorobottisolu projektista. Raita Sportin toimitusjohtaja Tuomo Hyvärinen, Raita Sportin tehtaanjohtaja Juha Niemelä ja kokoonpanorobottisolun pääkäyttäjä Sami Ruuska.

Tuomo Hyvärinen kertoo Raita Sport Oy:llä käyttöön otetusta tuotantoautomaatiosta:

Jääkiekkokaukaloiden toimittaminen on kausiluontoista toimintaa. Talviaikoina haasteena on osaavan työvoiman ja tuotantolinjan hyödyntäminen, kun tilauksia on hyvin vähän. Sesonkiaikaan ongelmana on riittävän tuotantokapasiteetin järjestäminen niin, että kaikki tarjolla olevat tilaukset pystytään toimittamaan asiakkaan tarvitsemassa aikataulussa ja kohtuullisilla työvoimakustannuksilla.

Raita Sportilla on kattava jälleenmyyjäverkosto Euroopan ja entisen Neuvostoliiton alueen jääkiekkoa harrastavissa maissa. Toimitettujen kaukaloiden määrässä Raita Sport on Euroopan suurin valmistaja. Ellei tarjolla olevaa tilausta kyetä vahvistamaan ja sitoutumaan asiakkaan tarvitsemaan aikatauluun, kyseinen kauppa yleensä menetetään kilpailijoille. Kauppojen peruuntuminen tuotantokapasiteetin puutteen vuoksi johtaa nopeasti myös jälleenmyyjän menettämiseen ja sitä kautta pitkäaikaiseen markkinaosuuden menettämiseen kilpailijoille. Markkinoilla asiakkaan toimitusaikatoive on tyypillisesti 6-10 viikkoa tilauksesta. Tuon ajan kuluessa on tehtävä projektikohtainen suunnittelutyö, tuotettava valmistusta varten mittatarkat työkuvat, saatava projektikohtaisesti muuttuvat alihankintaosat, valmistettava kaukalo, aitiot ja lisätarvikkeet.

Yksi kausivaihtelujen hallintaan käytettävä keino on alihankkijoiden käyttö vakio-osien tekoon. Näin siirretään osa tehtävästä työstä ulkopuolelle ja keskitytään itse tekemään se osa työstä, joka parhaiten osataan ja parhaiten tuottaa tai jota on hankala teettää muualla.

Tyypillisesti kausivaihteluihin varaudutaan tuotannollisessa liiketoiminnassa tekemällä menekkituotteita tai niiden kriittisiä osia valmiiksi varastoon. Jäähallien yksilöllisyydestä johtuva hallikohtaisen ”räätälöinnin” tarve on aiemmin koettu varastoon teon suurimmaksi esteeksi. Toinen merkittävä este on varastoon sitoutuvan pääoman tarve.

Automaatio omalta osaltaan pakottaa vakioimaan tuotteita, jotta työkaluja ja ohjelmia olisi mahdollisimman vähän. Vakioiminen antaa myös mahdolli-

suuden varautua kausivaihteluihin varastoon tekemällä. Hallikaukalossakin on vakioelementtejä jopa 70%.

Näin ollen automaatiolla pyritään parantamaan kannattavuutta:

- lisäämällä tuotantokapasiteettia kiireikaan ilman lisätyövoiman tarvetta
- nopeuttamalla kaukaloprojektin läpimenoaikaa tuotannossa sesonkiaikana
- tekemällä kauden hiljaisena aikana pienellä työvoimamäärällä kaukaloiden vakioelementtejä valmiiksi kiiresesonkia varten myyntiennusteiden perusteella
- kasvattamalla liikevaihtoa ja myyntikatekertymää kattamaan kiinteät kulut ja investointien poistot

Juha Niemelä kertoo Raita Sport Oy:llä käyttöönotetusta tuotantoautomaatiosta:

Koneinvestointiprojekti kokonaisuudessaan oli mielenkiintoinen toteuttaa. Ehdin seurata pari vuotta kaukalotoimituksia perinteisin menetelmin toteutettuna. Käsityövaltainen tuotanto oli toisaalta erittäin joustava erilaisten tuote- ja rakennemuutosten näkökulmasta, kokenut tuotantohenkilöstö toteutti välillä erittäin räätälöityjä ratkaisuja asiakkaiden ja jäähallien tarpeeseen. Toisaalta taas tuotevariaatioita oli vuosien saatossa kertynyt lukematon määrä, joka puolestaan vaikeutti tuotannon ja materiaalien hallintaa. Lisäksi erilaisten muutosten dokumentointi sekä suunnittelu- että tuotantovaiheissa on ollut hankalaa vakioitujen tuotantoratkaisujen puuttuessa.

Uusien koneiden myötä osavalmistuksessa voidaan parantaa kappaleiden mittatarkkuutta käsityökalujen käytön vähentyessä. Lisäksi on voitu ottaa käyttöön uusia rakenneratkaisuja sekä kehittää tuotteita valmistusprosessien suomien mahdollisuuksien avulla. Automatisoinnilla pystytään myös tasaamaan lopputuotteen laatuvariaatioita, jotka aiemmin ovat olleet välillä huomattavia. Toisin sanoen tekijän kädenjälki on näkynyt valmiissa tuotteessa niin hyvässä kuin pahassa. Varsinkin kiireisimpään aikaan kesällä, tuotannossa on ollut paljon kesätyöntekijöitä. Tällöin kokoneiden kesätyöntekijöiden saatavuus, kokemattomimpien tietämys oikeista työmenetelmistä, riittävän valvonnan ja oikean ohjeistuksen puuttuminen on aiheuttanut ongelmia asennusvaiheissa.

Kokoonpanosolun asennus tapahtui keväällä 2013, mutta tuotekohtaisten jiggien ja ohjelmien teko päästiin toteuttamaan vasta kesän aikana. Sesonkiaikana tuotantoresurssit oli kohdistettu kaukaloprojekteihin, joten kokoonpanosolua ei päästy testaamaan varsinaisessa tuotannossa vielä kesän aikana. Suurin osa projekteista valmistettiin perinteisin menetelmin. Valmistusmenetelmän vaihtaminen näinkin radikaalisti täydellisestä käsityöstä automaattilinjaan, vaatii huomattavasti suunnittelutyötä ja testaamista kappaleiden mittatarkkuuden varmistamisesta eri osien kiinnittämiseen robotin työkierron ajaksi. Työkalujen valinta oli hyvä esimerkki muutoksista, joita jouduttiin tekemään. Alkuperäisessä suunnitelmassa laitallevyjen mitallistaminen oli tarkoitus tehdä jyrshintapilla, mutta testeissä huomattiin robotin jäykkyyden, tapin kierrosnopeuden ja kappaleen kiinnityksen olevan puut-

teellisiä. Edellä mainittujen syiden vuoksi työstössä syntyi värinää, joka vaikutti kappaleen mittatarkkuuteen. Jyrsintappi korvattiin lopulta sirkkelinterällä, jonka avulla työstö onnistui, mutta muutostyö ja oikeiden osien löytäminen otti aikansa.

Tuotteiden ja automatiikan yhteen sovittamisessa pitäisi aina pystyä huomioimaan myös koneiden ominaisuudet ja mahdollisuudet. Ajatusmalli valmistusprosessin etenemisestä pitäisi pystyä muuttamaan samalla kun valmistustekniikkaa muutetaan. Nykyiset tuotteet ja niiden rakenneratkaisut ovat muovautuneet tietynlaisiksi käsityövaltaisessa valmistuksessa, mutta esimerkiksi robotin käsivartta ei kannata ohjelmoida tekemään liikkeitä samalla tavalla kuin ihmiskäsi ne tekee. Työjärjestys koneella voi olla huomattavan erilainen ihmiseen verrattuna, jolloin työkierron suorituksesta saadaan nopeampi. Materiaalin työstövarat sekä muut mitoitusvaatimukset voivat olla erilaiset perinteiseen valmistusmenetelmään. Tuote yleensä joudutaan suunnittelemaan, ja monesti ehdottomasti kannattaa suunnitella, uudestaan siten että huomioidaan koneiden ja automatisoinnin vaatimukset ja mahdollisuudet.

Syksyn kokemuksien perusteella, kokoonpanon automatisointi parantaa lopputuotteen laatua ja nopeuttaa läpimenoaikoja, kunhan robotin käyttäjille kertyy lisää kokemusta ja rutiinia. Sisäänajovaiheessa solussa on ollut kaksi käyttäjää, jotta molemmille tulisi kokemusta ohjelmoinnista ja solun käytöstä. Jatkossa tarkoitus on, että tuotannollisessa työssä käyttäjiä on vain yksi kerrallaan. Kiinnitys- ja työstömenetelmät kehittyvät ainoastaan jatkuvan käytön avulla, jolloin voidaan kiinnittää huomioita mahdollisiin epäkohtiin ja ongelmiin. Kokoonpanosolu vaatii vielä kehitystä mm. apulaitteiden osalta, esimerkiksi tarvitaan kevennin helpottamaan kappaleiden ja materiaalien käsittelyä.

Sami Ruuska kertoo Raita Sport Oy:llä käyttöönotetusta tuotantoautomaatiosta:

Olin aikaisemmassa työpaikassa toiminut robottien kanssa ja kun kuulin Raita Sportille tulevasta kokoonpanorobottisolusta toivoin pääseväni käyttäjäksi. Aina on kiinnostanut robotit ja oli mukava päästä aikaisessa vaiheessa mukaan projektiin. Sain osallistua kokoonpanorobottisolun asennukseen ja jigien tekoon. Ja lisäksi olen ohjelmointiin käynyt erillisen kurssin aikaisemmassa työpaikassa.

Suurin haaste oli jigien valmistus. Se miten elementti, levyt ja listat kiinnitetään ja miten nämä kaikki pysyy kiinni koko työkierron ajan. Myös jatkuvan paineen alla oleminen hiukan stressasi, koska odotukset robottisolulle olivat suuret. Asennus- ja käyttöönottoaika olivat melko pitkät. Tämä osaltansa lisäsi painetta saada nopeasti robottisolu käyttökuntoon. Toisaalta tämä oli hyväksi prosessille, koska asioita yritettiin parantaa ja edistää mahdollisimman nopeasti, mutta tämä ei tullut yllätyksenä.

Robotin suorituskyky nyt on hyvä, mutta en tiedä onko riittävä. Ainahan sitä saisi valmista tavaraa tulla nopeammin. Positiivista on myös se, kun voi tuoda omia ajatuksia ja ratkaisuvaihtoehtoja prosessin kehittämiseen. Ja

myös ongelman ratkonta lisää työn mielekkyyttä. Ja tätä kautta saa myös lisää motivaatiota päivittäiseen arkeen, joka voi olla koneen käydessä hieman puuduttavaa.

## 8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Raita Sportille suunniteltiin jääkiekkokaukalon valmistukseen soveltuva kokoonpanorobottisolu. Sen investointikustannukset ja takaisinmaksuajat laskettiin. Suunnitelmassa lähdettiin siitä, että raskaat ja aikaa vievät työvaiheet tehtäisiin automaation avulla.

Ajatuksena oli laittaa elementti liikkumaan rullarataa apuna käyttäen vasemmalta oikealle, jossa keskellä olisi robottisolua poraamassa ja leikkaamassa levyt ja listat oikeaan mittaan. Ensimmäisenä työvaiheena runko oikaistaisiin esivalmistelujigissä ja kiinnitettäisiin levyt ja listat nurkista kiinni. Sitten elementti siirrettäisiin robottisolun käsittelylaitteeseen ja kiinnitettäisiin sen jigiin. Nyt olisi käsittelylaite valmis kääntämään elementin robotille työstettäväksi. Robotti poraisi ja leikkaisi levyt ja lista oikeisiin mittoihin. Mitan robotti tarkistaisi lasermitta-anturilla. Tällä välin käyttäjä panostaisi uuden elementin käsittelylaitteeseen. Sitten kun robotti on valmis voi käsittelylaite pyörähtää ympäri ja robotti aloittaa työkierron uudestaan. Seuraavana elementti irrotettaisiin käsittelylaitteesta ja työnnettäisiin rullarataa pitkin pakkaukseen. Pakkaus tehtäisiin nostopöytää apuna käyttäen. Nostopöytä laskeutuisi aina elementin verran alaspäin ja pakkaus korkeus pysyisi kokoajan sopivana. Sitten kun pakkauksessa olisi riittävästi elementtejä, nousisi pöytä ylös ja paketti voitaisiin kiinnittää teräs- tai muovivanteilla kuljetusta varten. Mahdolliset lisävarusteet asennettaisiin ennen pakkausta mainossuoja- ja taustalevyjigissä. Liitteessä 2. on pohjakuva suunnitellusta automaatiojärjestelmästä ja käsityönä tehtävien työpisteiden sijoittelusta.

Merkittävimmät asiat suunnitellussa kokoonpanorobottisolussa olivat seuraavat:

- robotti leikkaa jyrsimällä listat ja levyt oikeaan mittaan
- ei tarvitse enää leikata pöytäsiirkelillä listoja ja levyjä kokoonpanoa varten
- voidaan tehdä nopeat ja helpot työvaiheet käsityönä edelleen
- käsittelylaite mahdollistaa käsityövaiheiden teon robotin ollessa käynnissä
- läpimenoaika lyhenee ja parantaa sesonkiajan kapasiteettia

Kokoonpanorobottisolulla ensimmäinen elementti tehtiin keväällä 2013 ja nyt 2014 saadaan elementtejä sujuvasti läpi. Uudessa tuotantotilassa piti olla tilaa suunnitellulle kokoonpanorobottisolulle, mutta lattian liikuntasäily oli tilan jaon kannalta todella pahassa paikassa. Emme saaneet käsittelylaitetta suunniteltuun paikkaan, koska liikuntasäily olisi



jäänyt käsittelylaitteen jalkojen väliin ja ei voitu varmistaa miten betonilaatan lämpölaajeneminen vaikuttaa käsittelylaitteen asemaan. Tästä seurasi ensin harmia, mutta lopputulos oli paljon parempi kuin suunniteltu kokoonpanorobottisolun. Lähdettiin miettimään ratkaisua, jossa ei tarvitse ollenkaan esivalmistelujigiä, vaan rakennettaisiin käsittelylaitteeseen paineilmalla toimiva runkojigi ja levyn kiinnitys paineilmamukuppeja hyväksi käyttäen. Liitteestä 6. löytyy toteutetun version layout. Lisäksi huomasimme, ettei jyrsimällä onnistu katkaisemaan levyjä ja listoja. Jyrsinkone alkoi värisemään liian paljon ja työn laatu ei ollut hyvä. Tämän ongelman ratkaisimme vaihtamalla jyrksinterän tilalle sirkkelinterän.

Merkittävimmät asiat toteutetussa kokoonpanorobottisolussa olivat seuraavat:

- robotti leikkaa sirkkelillä levyt ja listat oikeaan mittaan
- ei tarvitse enää leikata pöytäsiirkkelillä levyjä ja listoja kokoonpanoa varten
- voidaan tehdä nopeat ja helpot työvaiheet edelleen käsityönä
- käsittelylaite mahdollistaa käsityövaiheiden teon robotin ollessa käynnissä
- läpimenoaika lyhenee ja parantaa sesonkiajan kapasiteettia
- esivalmistelu tehdään suoraan käsittelylaitteeseen ja turhat siirtelyt jää pois
- käytettiin trukkilavahyllyä osana turvaseinää, tässä voidaan lisätä levyjä ja listoja pysäyttämättä kokoonpanorobottisolua
- uuden layoutin ansiosta kokoonpanorobottisolun tilan tarve väheni lähes 30 %

Raita Sportin avainhenkilöiden haastattelujen mukaan jäi positiivinen kuva kokoonpanorobottisoluprojektista. Haastateltavien teksteissä painotettiin selvästi eri asioita. Siellä painotettiin tuotannon aikataulullista tekemistä tai läpimenoaikoja, mitä tai miten muutos vaikuttaa tuotantomenetelmiin, ja myös mitä haasteita ja lisämotivaatiota kokoonpanosoluprojekti antaa. Mielestäni haastatteluissa oli erittäin paljon jo tutkittua ja huomioitua asiaa, mutta myös paljon mitä en ollut ottanut opinnäytetyössäni huomioon. Olin pyöritellyt enemmän lukuja, mahdollisuuksia ja ehkä niin sanottuja suurempia linjoja. Tosin suunnitteluvaiheessa ei kannata aivan pienempiin ongelmiin tarttua, vaan mennä eteenpäin ja perehtyä pieniin haasteisiin sitten aikanaan. Haastatteluista löytyi kustannustehokkuutta parantavia asioita, jonka takia kokoonpanorobottisolu investointi tehtiin. Kaikkien kolmen haastatteluissa puhuttiin läpimenoajasta tai suorituskyvystä. Tämä oli kokoonpanorobottisolun tärkein ominaisuus ja se on huomioitu kaikkien haastatteluissa, joten voidaan todeta tehtyjen laskelmi-

en, käyttökokemusten ja haastattelujen perusteella kokoonpanorobottisolun toimivan kustannustehokkaasti.

Opinnäytetyössä olisi kannattanut, myös miettiä seuraavia asioita joita haastatteluissa tuli ilmi. Haastatteluista löytyi miten radikaali tuotantomenetelmien muutos vaikuttaa myös suunnitteluun ja testauksen mittatarkkuuden pitämiseen jigissä olevien kappaleiden pintamateriaaleineen koko työkierron ajan. Jigien teko oli erittäin haastavaa ja siihen olisi kannattanut panostaa aikaisemmassa vaiheessa. Robotin asentaja kehotti jo ensimmäisessä palaverissa aloittamaan jigien teon ennen laitteiden toimitusta, mutta viivytelimme liian kauan ja käsittelylaite odotti jigia kohtuullisen pitkän ajan. Ajatusmallin muutos oli myös mikä otti aikansa, ennen kuin osattiin ottaa kokoonpanorobottisolu kunnolla käyttöön. Vaikka kokoonpanorobottisolu pystyi valmistamaan jääkiekkokaukalon elementtejä, olivat ajatukset edelleen käsityömenetelmissä.

Olisi pitänyt myös panostaa enemmän kokopäiväisesti kokoonpanorobottisoluprojektin eteenpäin viemiseen. Nyt tyydyttiin jättämään ohjelmointi ja jigien teko vähän taka-alalle, ja ruuhkahuipun aikana käsiparit sidottiin vielä perinteisiin tuotantomenetelmiin. Olisi pitänyt antaa kahden miehen viedä kokoonpanorobottisolu projektia täysipäiväisesti läpi koko ajan, niin olisi voinut olla apua jo kesän 2013 kiireillä. Siten olisi voinut maksaa panostuksen takaisin silläkin varjolla, että olisi jouduttu palkkaamaan kaksi henkilöä kesäksi lisää. Toisin sanoen minä ja muutamat muut Raita Sportilla olivat liian optimistisia kokoonpanorobottisolun aikataulutusten kanssa.

Kokoonpanorobottisolu antaa myös mahdollisuuden kehittää tuotteita aivan erilailla kuin aikaisemmin, koska vanhat käsityömenetelmät on vuosien varrella kehittynyt käsityön pohjalta. Nyt on kokoonpanorobottisolu, joka ei rasitu niin kuin ihmiskeho ruumiillisessa työssä, ja voidaan käyttää tarvittaessa ympärivuorokauden kustannustehokkaasti. Robotin työkierto voidaan tehdä usealla eri tavalla. Ei tarvitse enää miettiä miten ihminen jaksaa tehdä, vaan miten robotilla työkierto voidaan toteuttaa.

## LÄHTEET

ABB Oy. Tarjous Q-20120314-5418633-1-B, 2012

Drill Matic. Compact Maching Spindle. Saatavissa:

<http://www.drillmatic.com/area.php?idserie=35&idarea=2&idcat=6> Luettu: 11.11.2012

Drill Matic. Drilling Unit. Saatavissa:

<http://www.drillmatic.com/area.php?idserie=1&idarea=2&idcat=1> Luettu: 11.11.2012

Honkala T. 2012. Koneinvestoinnit ja tuotannonkehityssuunnitelma 2012. Kehityssuunnitelma. Raita Sport OY.

IIHF International Ice Hockey Federation 2010, 2010-2014 IIHF Official Rule Book

Intolog Oulu Oy. Tarjous: TA2012245-1, 2012

Kuivanen R. (toim.) 1999. Robotiikka. Tampere: Suomen Robotiikkayhdistys Ry.

Moilanen N. 2003. Robottihitsausjärjestelmän suunnittelu ja etäohjelmoinnin pilotointi raskaita teräsrakenteita valmistavalle konepajalle. Diplomityö. Lappeenrannan yliopisto. Konetekniikan osasto.

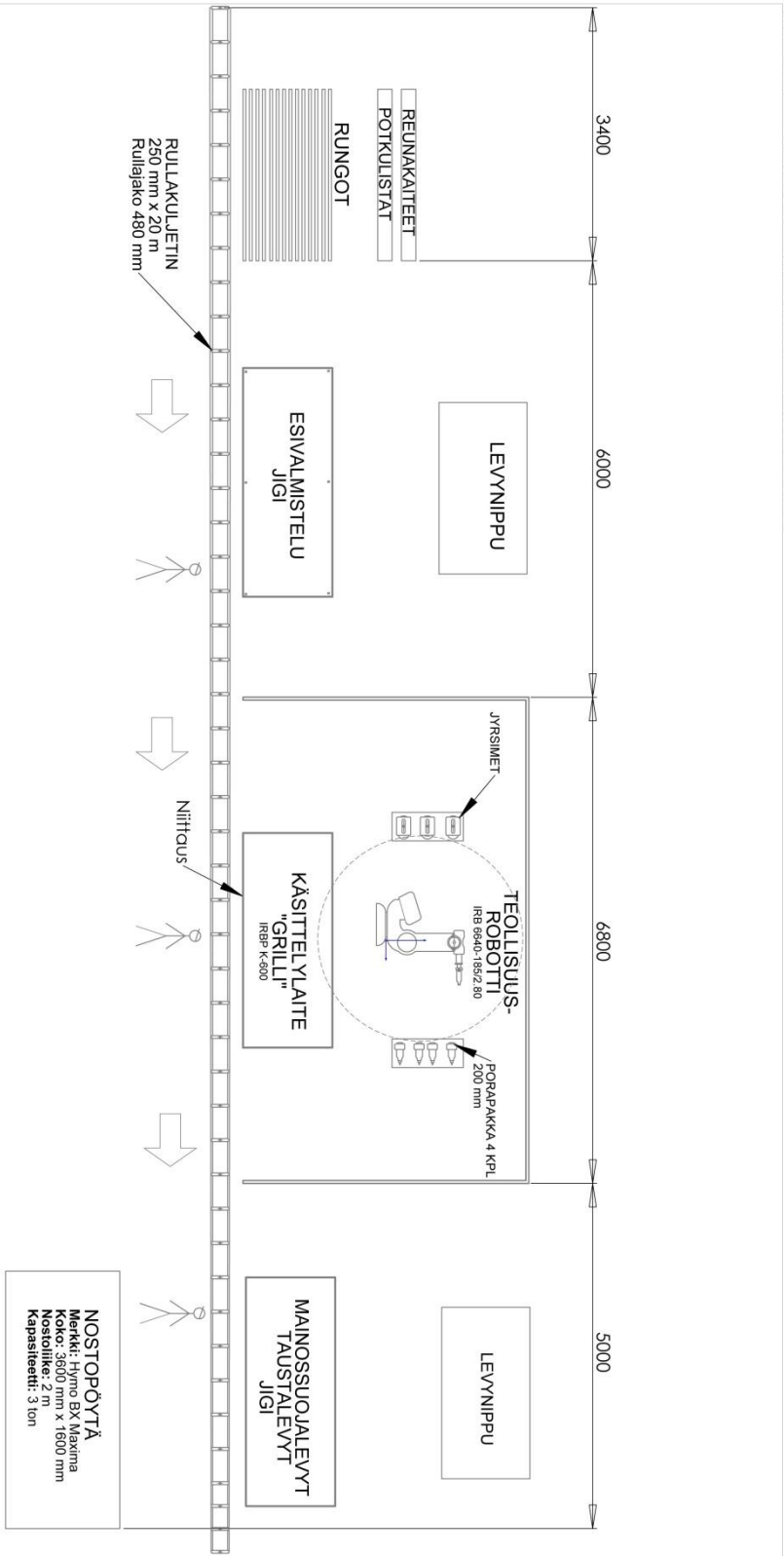
Nagy K. 2007. Kapeikkojen tunnistaminen ja avartaminen Raita Sport Oy:ssä. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu. Tuotantotalouden koulutusohjelma.

Takaneva T. 2010. Levyntyöstökoneen robotisoitu palvelu 2010. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka.

LIITE SALAINEN

# LIITE SALAINEN

F:\SUUNNITTELU\SW Työskentely\Kotina\Koskela Jani\Kokoonpanon automaattisointi



Tilausnumero	Väri	Massa	Sturanttija	Pvm
Copyright Kokoonpano Työskentely ja omistus on Raita Sport Oy:llä	Levy	0 kg	Janit Koskela	30.4.2012
<b>RAITA</b>	<b>Opinnäytetyö</b>			
Raita Sport Oy Raitaistentie 3 FI-8300 Oulainen	Nimi			
email: info@raitasport.com web: www.raitasport.com	<b>Kokoonpanon automaattisointi</b>			
pl: +358-8-479500 fax: +358-8-473693	<b>Lähtöilanne</b>			
	Mittakaava	A3	1:1	Sivu
	Piirustuksen numero			Rev
				1/1

LIITE SALAINEN

**LIITE SALAINEN**



# LIITE SALAINEN

# LIITE SALAINEN

