

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka, Automaatiolinja

2018

Tomi Sihvo

MANUAALIHITSAUKSEN AUTOMATISOINTI

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka, Koneautomaatio

2018 | 28 sivua, 6 liitesivua

Tomi Sihvo

MANUAALIHITSAUKSEN AUTOMATISOINTI

Tämä opinnäytetyö käsittelee manuaalisen pistehitsausaseman siirtämistä olemassa olevaan robottisoluun. Komponenttien mallinnuksessa käytettiin Catia V5 3D-mallinnusohjelmaa ja simuloinnissa ohjelmana oli Delmia V5.

Työ tehtiin Valmet Automotiven korihitsaamoon. Projektin tarkoituksena oli saada raskas ja epäergonominen työvaihe automatisoitua ja samalla parantaa tuotannon tehokkuutta sekä tuotteen laatua.

Olemassa olevaan robottisoluun oli mahdollista lisätä manuaaliasemalla tehtävät neljä pistehitsiä ilman, että solulle määritetty tahtiaika ylittyisi. Manuaaliaseman jigia eli pöytää, johon kolme yhteen hitsattavaa tuotetta kiinnitetään, muokattiin ja käytettiin hyväksi liitettäessä prosessi robottisoluun.

Simuloinnilla varmistettiin, että työ on ylipäättään mahdollista siirtää robottisoluun. Simuloinnista selvisi myös mitä vanhasta manuaaliaseman jigistä voidaan käyttää ja mitä uutta piti 3D-mallintaa.

Lopputuloksena 3D-mallinnuksen perusteella valmistetut osat kiinnitettiin robottisolun kääntöpöytään. Ainoaksi manuaalityöksi jäi osien lataaminen ja irrottaminen jigistä.

ASIASANAT:

Jigi, robottisolu, simulointi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering, Machine Automation

2018 | 28 pages, 6 pages in appendices

Tomi Sihvo

MANUAL WELD STATION INTEGRATED IN ROBOT CELL

The deal of this thesis is about moving manually done spot welds to already existing robot cell. Catia V5 3D-program was used to model components that were used in project and simulation was done with program named Delmia V5.

Job was done for Valmet Automotive. The aim of the project was not only to automate heavy and unergonomic task but also to improve process and quality of the product.

It was possible to add four manually done spot welds to existing robot cell without crossing the cycle time which is given to station. Jig that was used in manual welding station was modified to fit in the robot cells turn table.

With simulation it was ensured that the project was even possible to execute in the existing robot cell. It was also defined with simulation which parts of the old jig were possible to be used and what new had to be 3D-modelled.

Components that were manufactured based on 3D-model results were attached to robot cells turn table. Only manual job that is left is loading parts to turn table.

KEYWORDS:

Jig, robot cell, simulation

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 VALMET AUTOMOTIVE	8
3 KONETURVALLISUUS	9
3.1 Standardeista yleisesti	9
3.2 Turvallisuus- ja riskin arviointistandardit	9
3.2.1 SFS-EN ISO 12100	10
3.2.2 SFS-ISO/TR 14121-2	10
3.2.3 SFS-EN ISO 10218-2	11
4 ROBOTTISIMULOINTI	12
4.1 Robottisolun simulointi	12
4.2 Simulointiohjelma robotille	13
5 CASE	14
5.1 Lähtötilanne	14
5.2 Tavoite	15
5.3 Vaihtoehdot simuloinnissa	16
5.3.1 Kelkkaratkaisu	17
5.3.2 Kääntöpöytä	18
5.3.3 Päätös	18
5.4 3D-mallinnus	19
5.4.1 Ongelmat	19
5.4.2 Loppuratkaisu	19
5.5 Automaatio	20
5.5.1 Klamppaus	21
5.6 Asennus ja käyttöönotto	21
5.7 Turvallisuus ja ergonomia	23
5.7.1 Työntekijöiden perehdytys	23
5.7.2 Kappaleen korkeus/etäisyys ja paino	24
5.7.3 Osien kuljetus ja haku	24
5.8 Kustannukset ja takaisinmaksuaika	25

6 YHTEENVETO	27
---------------------	-----------

LÄHTEET	28
----------------	-----------

LIITTEET

Liite 1. Projektin 3D-mallit

KUVAT

Kuva 1. Hitsattavat pisteet.	14
Kuva 2. Manuaaliaseman kääntöpöytä, jossa jigikiinni.	15
Kuva 3. Manuaalisesti käytettävä hitsauspihti.	16
Kuva 4. Hahmotelma kelkkaratkaisusta.	17
Kuva 5. Valmis 3D-malli uudesta jigistä.	20
Kuva 6. 3D-mallissa uuden jiginkiin paikoitus robottisolun kääntöpöytään.	22
Kuva 7. Lopputulos tehtaalla.	23
Kuva 8. Robottisolun layout.	25

TAULUKOT

Taulukko 1. Riskin arviointi (SFS-ISO/TR 14121-2 pdf).	11
--	----

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
PLC	Programmable logic controller
SFS	Suomessa laadittu ja kansalliseksi vahvistettu standardi
EN	CEN:ssä laadittu ja vahvistettu standardi (eurooppalainen standardi)
ISO	ISO:ssa laadittu ja vahvistettu standardi (kansainvälinen standardi)
SFS-EN ISO	CEN:in ja ISO:n yhdessä laatima ja kansalliseksi vahvistettu standardi
Jigi	Pöytä, johon osa/t kiinnitetään
Klamppaus	Osien kiinnitys jigissä
Kompletti	Osakokonaisuus

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee manuaalisesti tehtävien pistehitsauksien automatisointia olemassa olevaan robottisoluun. Projekti tehtiin Valmet Automotivelle Uudenkaupungin korihitsaamoon. Opinnäytetyössä käydään läpi projektin eri vaiheet projektinvetäjän näkökulmasta.

Lähtökohtana tehtävänannossa oli siirtää neljä manuaalihitsauspihdillä tehtävää pistehitsausta robottisoluun, jossa robotilla on työkaluna valmiiksi hitsauspihti. Manuaalisesti tehtynä työ on raskasta painavan pihdin ja huonon ergonomian takia. Robotilla tehty työ on myös laadullisesti tasaisempaa ja huomattavasti nopeampaa. Työntekijä voidaan siirtää manuaaliasemalta muihin tehtäviin, jolloin myös tuotannon tehokkuus paranee.

Tavoitteena oli integroida manuaaliasemalle rakennettu jig robotisoluun niin, että robotti ylettyy tekemään työn ja solun tahtiaika pysyy alle annetun raja-arvon. Vartenotettavia vaihtoehtoja oli vain kaksi kappaletta, joita alettiin simuloinnin avulla käydä läpi. 3D-mallit vietiin simulointiohjelmaan, jossa hitsattaville osille selvitettiin työntekijän ja robotin kannalta paras mahdollinen sijainti.

Opinnäytetyössä käydään lisäksi läpi koneturvallisuutta ja standardeja. Koneturvallisuus on huomioitu, koska työ suoritettiin robottisoluun ja se vaikutti solun toimintaan sekä työntekijöiden työhön.

2 VALMET AUTOMOTIVE

Valmet Automotive on perustettu vuonna 1968 Uudessakaupungissa. Viimeisen 50 vuoden aikana Uudessakaupungissa on valmistettu muun muassa Saabeja, Porscheja sekä Mercedes-Benzejä. Valmet Automotiven erityisalaa ovat korkean arvoluokan henkilöautot. (Autotehtaan sankarit.)

Yritys työllistää noin 6 000 ihmistä maailman laajuisesti (Valmet Automotive). Suomessa Valmet Automotive työllistää ihmisiä suunnittelutyössä sekä autonrakennustyössä. Uudessakaupungissa autonrakennuksen tuotantolinjasto koostuu korihitsaamosta, maalaamosta ja kokoonpanosta. Auton rakennuksen lisäksi myös sisäinen ja ulkoinen logistiikka työllistävät suuren määrän ihmisiä, sillä rekkaliikenne tehtaalle on jatkuvaa ja auton osat pitää saada tehtaan sisälle käyttöpaikoilleen.

Valmet Automotiven parhaimpina kilpailuvaltteina sopimusautonvalmistajana ovat tinkimätön laatu sekä todella nopea reagointi asiakkaiden toiveisiin. Uusi tuotantolinja saadaan toimintakuntoon kilpailijoita nopeammin, jonka ansiosta asiakkaan tuotteet saadaan nopeasti markkinoille.

Autonvalmistuksen lisäksi Valmet Automotive tarjoaa suunnittelupalveluja sähköautojen akkujärjestelmille sekä korkealaatuisten avoautojen kattojärjestelmille (Valmet Automotive). Tulevaisuuden näkymät akkujärjestelmien suunnittelussa ovat hyvät, sillä sähköautojen määrä maailmassa kasvaa jatkuvasti.

3 KONETURVALLISUUS

EU:n konedirektiivin 2006/42/EY on pohjana koneturvallisuuden standardeille. Konedirektiivissä esitellään turvallisuus- ja terveysvaatimukset, jotka koneen on täytettävä. Direktiivin erona standardeihin on, että direktiivin vaatimuksia on pakko noudattaa konetta suunniteltaessa. Standardit antavat paljon yksityiskohtaisempia vaatimuksia ja ohjeita koneen turvallisuuteen ja käyttöön.

3.1 Standardeista yleisesti

Standardisoinnilla tarkoitetaan menetelmien ja toimintatapojen yhtenäistämistä ja niiden avulla pyritään lisäämään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta sekä ihmisille että ympäristölle. Standardit ovat tarkoitettu yleiseen käyttöön ja ne ovat kaikille yleisesti saatavilla. Standardien avulla pystytään sopimaan yhteisistä säännöistä, jolloin ne helpottavat globaalia kauppaa ja helpottavat tuotteiden sekä palvelujen pääsyä kansainvälisille markkinoille. (Suomen Standardisoimisliitto SFSa.) Esimerkiksi ruuvien ja muttereiden standardisointi on helpottanut kuluttajien ja valmistajien elämää, sillä nykyään kierteet ovat yhteensopivia.

Standardien käyttö on vapaaehtoista, mutta asiakkaat voivat vaatia tilaamilleen tuotteille esimerkiksi lainsäädännön perusteella tiettyjä turvallisuusstandardeja. Tällöin standardit täyttävät tuotteet ovat huomattavasti kilpailukykyisempiä. (Suomen Standardisoimisliitto SFSa.)

3.2 Turvallisuus- ja riskin arviointistandardit

Turvallisuuteen ja terveyteen liittyvät standardit ovat nykyään tärkeimpiä standardisoinnin osa-alueita, koska ne liittyvät usein lainsäädännön vaatimuksiin. Valitettavasti uusien standardien tarve huomataan vasta onnettomuuksien kautta. Kone- ja tuotantotekniikassa turvallisuuteen ja terveyteen liittyvät standardit koskevat muun muassa prosessien ja tuotteiden turvallisuusominaisuuksia, suojaustekniikkaan liittyviä laitteita ja periaatteita sekä myös ergonomiaa. (Suomen Standardisoimisliitto SFSb.) Koneturvallisuuden standardeja onkin yli 700 kappaletta.

Turvallisuusstandardit luokitellaan kolmeen ryhmään A-, B- ja C-tyyppin standardeihin. Luokittelun tarkoituksena on nopeuttaa standardien laadintaprosessia sekä varmistaa, että turvallisuussuunnittelun periaatteet ovat yhtäläiset erilaisia koneita suunniteltaessa. (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys METSTAA.)

A-tyyppin standardeja kutsutaan turvallisuuden perusstandardeiksi. Niissä esitellään perusteet sekä yleiset näkökohdat, joita voidaan soveltaa koneita ja niiden osajärjestelmiä suunniteltaessa. A- ja B-tyyppin standardit toimivat lähtökohtana C-tyyppin standardien vaatimuksille ja luovat perustan konekohtaisille vaatimuksille. (Suomen Standardisointiliitto SFSc.)

Seuraavaksi käydään lyhyesti läpi yleisimmät koneturvallisuuteen liittyvät standardit, jotka piti projektissa huomioida.

3.2.1 SFS-EN ISO 12100

Tämän standardin ensisijainen tarkoitus on antaa suunnittelijoille yleiset puitteet sekä ohjeet koneiden kehitykseen, jotta voidaan suunnitella turvallisia koneita. Se auttaa myös laatimaan yhdenmukaisia sekä tarkoituksenmukaisia B- ja C-tyyppin standardeja. Standardi on tarkoitettu perustaksi muita A-, B- ja C-tyyppin standardeja laadittaessa. (SFS-EN ISO 12100 pdf.)

SFS-EN ISO 12100 standardi määrittelee peruskäsitteet, periaatteet ja menetelmät turvallisuuden saavuttamiseksi koneita suunniteltaessa. Se määrittelee myös riskin arvioinnin ja kuvaa menettelytavat vaarojen tunnistamiseksi sekä riskin suuruuden arvioimiseksi. Standardista löytyy apua riskin arvioinnin ja riskin pienentämisprosessin asiakirjojen laadintaan. (SFS-EN ISO 12100 pdf.)

3.2.2 SFS-ISO/TR 14121-2

Tämä standardi sisältää menetelmiä ja työkaluja sovellettavaksi vaarojen tunnistamisessa sekä riskin suuruuden ja merkityksen arvioinnissa. Riskin arvioinnin tarkoitus on tunnistaa mahdolliset vaarat sekä arvioida riskin suuruutta ja merkitystä, jotta riskejä voitaisiin minimoida. (SFS-ISO/TR 14121-2 pdf.) Tämä standardi tukee tarkemmin SFS-EN ISO 12100:2010 riskin arviointiosiota.

Suojaustoimenpiteiden lisääminen jälkikäteen koneisiin saattaa aiheuttaa lisäkustannuksia ja rajoittaa koneen käytettävyyttä. Riskien arviointi on kannattavaa tehdä jo koneen suunnitteluvaiheessa, koska silloin suojaustoimenpiteiden lisääminen on edullisempää sekä helpompaa. (SFS-ISO/TR 14121-2 pdf.)

Standardissa on esitelty erilaisia kaavioita sekä matriiseja, joiden avulla on helpompi ennakoita ja ennaltaehkäistä vahinkoja. Esimerkkinä riskin suuruuden arviointimatriisi (Taulukko 1), jossa on neljä todennäköisyystasoa. Vahingon vakavuutta arvioidaan yleensä henkilöön kohdistuvana vammana tai terveyshaittana. Vakavuustasoja esimerkiksi on neljä kappaletta; tuhoisa, vaikea, kohtalainen sekä vähäinen.

Taulukko 1. Riskin arviointi (SFS-ISO/TR 14121-2 pdf).

Vahingon esiintymis-todennäköisyys	Vahingon vakavuus			
	Tuhoisa	Vaikea	Kohtalainen	Vähäinen
Erittäin todennäköinen	Suuri	Suuri	Suuri	Keskimääräinen
Todennäköinen	Suuri	Suuri	Keskimääräinen	Pieni
Epätodennäköinen	Keskimääräinen	Keskimääräinen	Pieni	Merkityksetön
Erittäin epätodennäköinen	Pieni	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön

3.2.3 SFS-EN ISO 10218-2

Tässä standardissa käydään läpi vaarat, joita esiintyy robottijärjestelmissä, kun ne on yhdistetty ja asennettu teollisuusrobottisoluihin tai – linjoihin. Standardissa esitetään ohjeita turvallisuuden varmistamiseksi robottien yhdistämisessä ja asentamisessa.

Standardissa käydään läpi vaarojen tunnistaminen ja riskin arviointi, turvallisuusvaatimukset ja suojaustoimenpiteet sekä niiden todentaminen ja kelpuus. Yhtenä standardin tavoitteena on, että eri sidosryhmät, eli valmistajat, toimittajat ja käyttäjät, vastaavat yhteistyössä robottisolusta turvallisena työympäristönä.

ISO 10218-1 standardissa käydään läpi vain yksittäisten robottien turvallisuusvaatimukset. Standardisarjan osa 2 on täydentävä ja lisänä standardille ISO 10218-1.

4 ROBOTTISIMULOINTI

Simuloinnin tarkoituksena on luoda virtuaalinen malli suunnitellusta tai olemassa olevasta prosessista, jolla voidaan testata uusia tapoja kehittää tai nopeuttaa prosessia, ilman reaali maailman investointeja. Simuloinnissa selviää prosessissa mahdollisesti ilmenevät ongelmat tai pullonkaulat jo ennen suunnitellun hankkeen toteutusta. (Shannon, R. 1998.)

Mahdolliset ongelmat pystytään ratkaisemaan jo suunnitteluvaiheessa, jolloin prosessi ei ole vielä käytössä ja jolloin muutosten teko on helppoa ja edullista. Olemassa oleviin prosesseihin tehtävät muutokset ja päivitykset ovat hankalampia, mikäli on vaarana, että simulointiohjelmaan viety malli ei jostain syystä täysin vastaa todellisuutta.

4.1 Robottisolun simulointi

Robottisolun simuloinnissa pääpaino on robotin työkierron simuloinnissa. Simuloinnissa robotille luodaan X-, Y- ja Z-koordinaatistoon liikerata, jota pitkin se liikuttaa työkalupistettä. Robotille annetaan ohjelmaan jokin työkalu, esimerkiksi pistehitsauspihti, johon luodaan työkalupiste.

Robottisolussa robotilla on jonkinlainen työpöytä, johon hitsattavat osat ovat kiinnitetty. Simuloinnilla selvitetään, miten robotin liikkeet ohjelmoidaan niin, ettei roboti tai työkalu törmää mihinkään. Myös robotin ulottuvuus tarkistetaan, sillä hitsattavat osat voivat olla monimutkaisia, jolloin työkalun saaminen oikeaan asentoon saattaa osoittautua mahdottomaksi. Simuloinnissa saadaan myös selville ihmiseen vaikuttavat ergonomiset asiat, kuten kappaleiden lataukseen liittyvät etäisyydet, mikäli prosessi vaatii myös ihmisen työpanosta.

Robottisoluille on usein määritelty jokin tahtiaika. Tahtiajalla tarkoitetaan yhteen työkiertoon käytettyä aikaa. Tasaisella tahtiajalla tuotannossa saavutetaan työvoiman ja koneiden tasainen kuormitus sekä vältytään turhilta välikvarastoilta. Simuloinnilla pystytään varmistamaan etukäteen, että robottisolun pysyy vaaditussa tahtiajassa, mikäli robotille annetaan lisää tehtävää.

4.2 Simulointiohjelma robotille

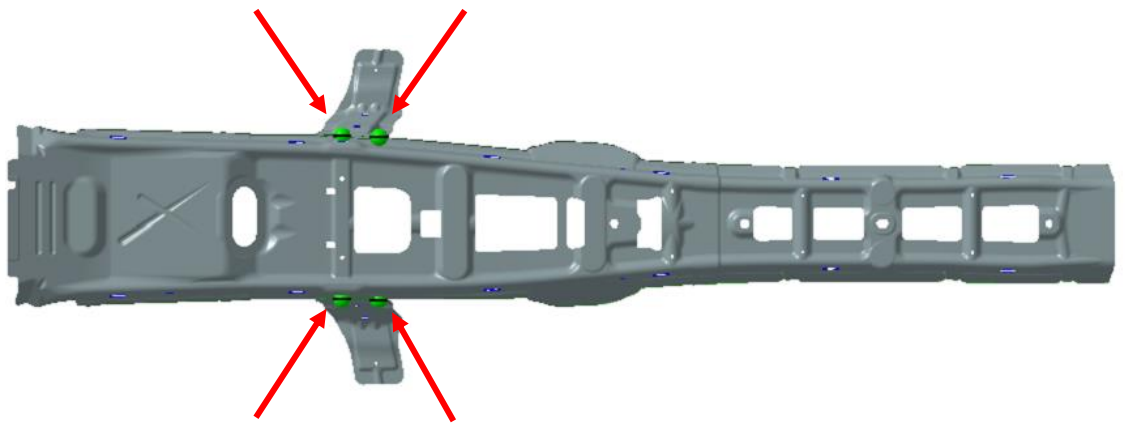
Simulointiohjelmaan tuodaan 3D-mallit, jotka sijoitetaan ohjelmassa niin, että ne vastaavat todellisuutta. Hitsausrobotisoluun kuuluu yleensä robotti tai useita robotteja, jigi tai kääntöpöytä johon hitsattavat osat kiinnitetään sekä turva-aidat ja – ovet. Koko solu tuodaan todellisuutta vastaavasti 3D-malleina simulointiohjelmaan. Robotille luodaan työkierto ja tarkistetaan, että robotti ylettyy ja mahtuu tekemään vaaditut liikkeet ja työt. (John W. Fowler and Oliver Rose, 2004.)

Simulointimallissa luotu robotin ohjelma ladataan työpisteessä robotille. Tämän jälkeen robotilla on sama ohjelma käytössään kuin simuloinnissa. Ohjelman käyttöönotto vaatii kuitenkin robottiohjelmoijan tarkan läpikäynnin käsiä jolla, sillä todellisuus eroaa aina hieman simulointimallista. Ohjelman tarkastus ja viimeistely käytännössä on kuitenkin helppoa, koska simuloinnista ladatussa ohjelmassa on kaikki robotin työkierron vaiheet. Robottiohjelmoijan tarvitsee vain tarkistaa työkierto törmäysten varalta ja että työn jälki on laadukas.

5 CASE

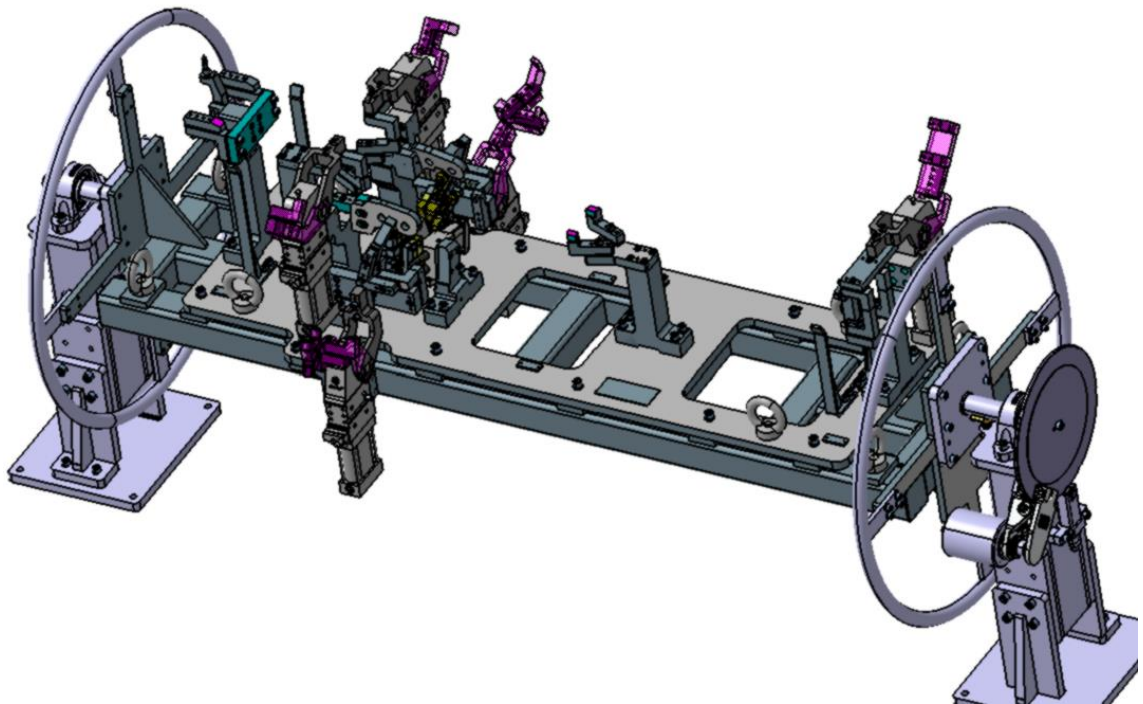
5.1 Lähtötilanne

Lähtötilanne tässä projektissa oli siirtää manuaalisesti tehtävät pistehitsaukset robotisoluun. Toteutukseen annettiin vapaat kädet, kunhan solu pysyy vaaditussa tahtiajassa. Pistehitsauksia tehdään tuotteeseen vain neljä kappaletta (Kuva1), johon robotti käyttää vain noin 1s/hitsauspiste plus muutama sekunti siirtymiseen pisteestä toiseen. Joten varsinaisesti ainoa vaara ylittää solun tahtiaika oli, jos robotti joutuisi odottamaan osien latausta.



Kuva 1. Hitsattavat pisteet.

Manuaaliasemalla oli tuotteelle olemassa oleva jigi, johon hitsattavat osat kiinnitettiin klamppaamalla osat tiukasti. Lähtökohtana oli käyttää jigiä hyväksi siirrettäessä työrobotisoluun, koska osat olivat siinä kiinnitetyt geometriavaatimusten mukaisesti. Kuvasssa 2 jigi on kiinnitetty manuaaliaseman kääntöpöytään.

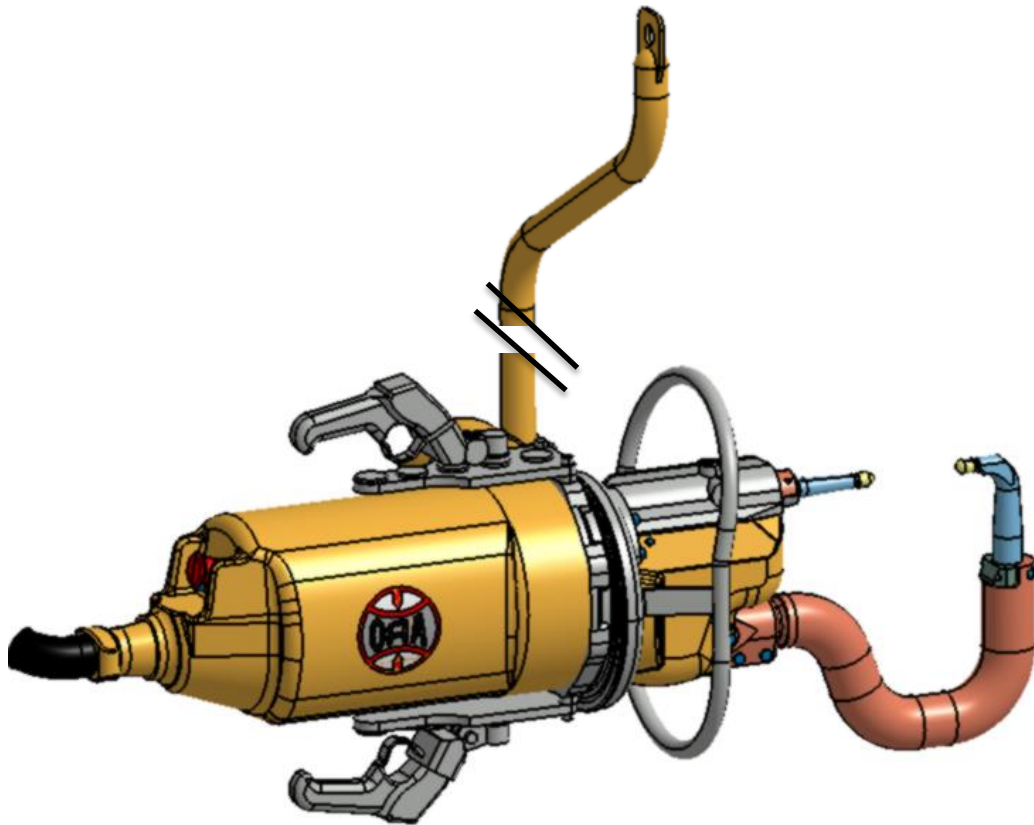


Kuva 2. Manuaaliaseman kääntöpöytä, jossa jigi kiinni.

5.2 Tavoite

Tavoitteena projektissa oli saada raskas ja hidas työvaihe siirrettyä ihmiseltä robotille. Manuaalihitsaus suoritetaan painavalla ja kankealla pistehitsauspihdillä (Kuva 3), joka roikkuu vaijerikeventimen varassa katossa kiskoilla. Hitsauspisteet sijaitsevat pareina eri puolella tuotetta, joten pisteiden teko vaati osan kääntämistä. Manuaalijigissä oli tätä vaihetta varten mahdollisuus kallistaa osa pitkittäisakselinsa ympäri.

Työvaiheet manuaaliasemalla olivat siis osien lataaminen jigiin, osien klamppaus, kahden ensimmäisen pisteen teko, raskaan jigin pyöräytys ympäri, kahden viimeisen pisteen teko, jigin pyöräytys takaisin ja lopuksi tuotteen nosto valmiiden osien kärryyn. Tämä neljästä hitsipisteestä aiheutunut työmäärä oli siis tavoitteena automatisoida.



Kuva 3. Manuaalisesti käytettävä hitsauspihti.

5.3 Vaihtoehdot simuloinnissa

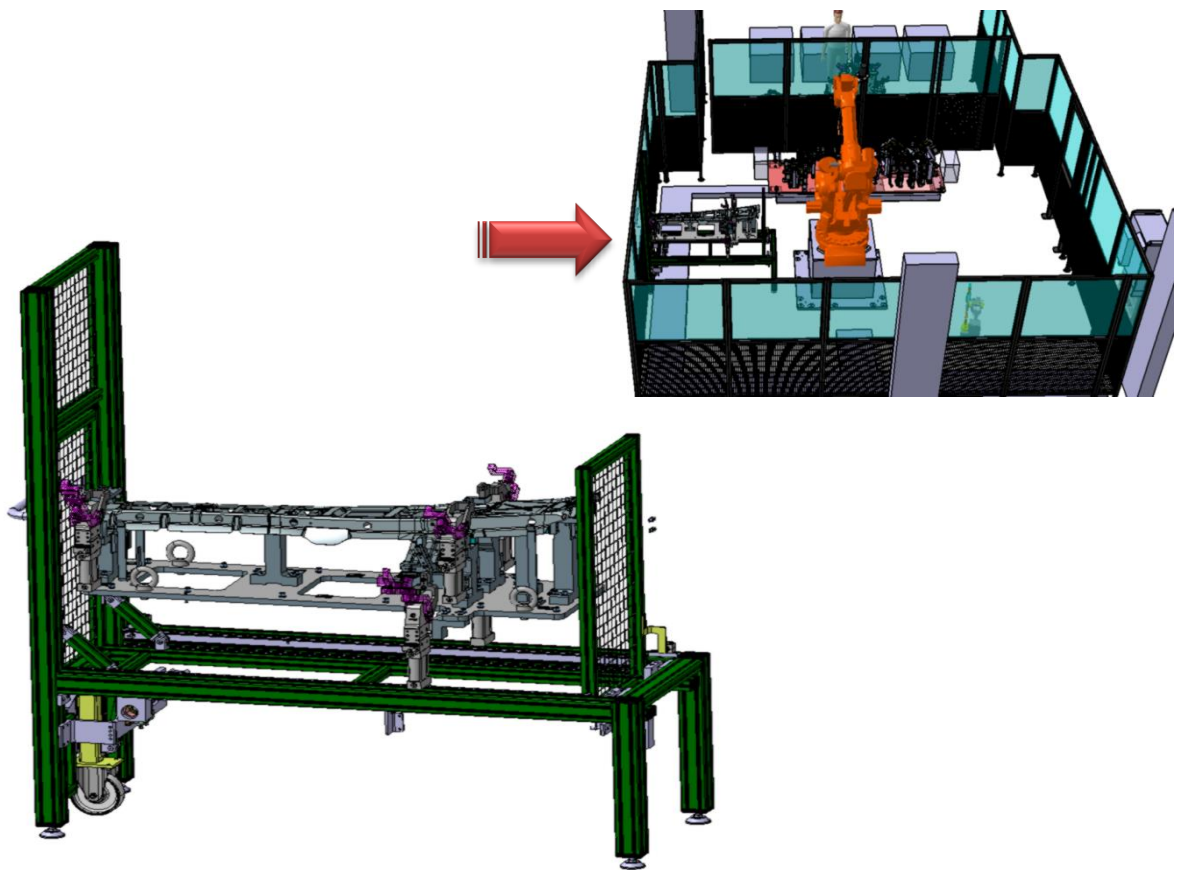
Varsin nopeasti työn toteuttamiseksi valikoitui kaksi erilaista vaihtoehtoa. Molempia ideoita alettiin simulointiohjelmalla käydä läpi. Simulointiohjelma käytössä oli Delmia V5.

Ensimmäinen vaihtoehto oli manuaalijigin ja osien syöttäminen robottisoluun ulosvedettävällä kelkalla. Kyseinen ratkaisu on käytössä muuallakin prosessissa ja yksi kappale kelkkoja oli varalla, joka oli mahdollista ottaa käyttöön.

Toisena vaihtoehtona oli liittää manuaalijigi jollakin tapaa robottisolun kääntöpöytään. Oli heti selvää että joko manuaalijigiä tai kääntöpöydän jigejä oli muokattava, koska tila oli todella ahdas.

5.3.1 Kelkkaratkaisu

Ideana tässä ratkaisussa oli, että robottisolun aitaan tehdään reikä, josta hitsattavat osat syötetään kelkalla robotille. Kelkassa on turva-aita tuotteen edessä ja takana, jonka ansiosta solun aitaan tehty reikä saadaan suljettua, kun valmis tuote vedetään ulos tai hitsattavat osat työnnetään sisään. Solun sisäpuolella olevan kiinteän tason ansiosta jigi pysyy paikoillaan robotin hitsatessa osia. Hitsauksen valmistuttua työntekijä vetää kelkan ulos, nostaa osan jigistä valmiiden osien kääryyn, lataa uudet osat jigiin, työntää kelkan soluun ja kuittaa työn. Kuvassa 4 manuaalijigi on sijoitettu kelkalle ja nuoli näyttää suunnitellun lataussuunnan.



Kuva 4. Hahmotelma kelkkaratkaisusta.

Hyvät puolet:

- + Varakelkka on olemassa
- + Osalla varma paikoitus, koska kääry on suunniteltu robottisolun
- + Helppo ja halpa asennus

Huonot puolet:

- Turvallisuusspeksien päivitys
- Solussa töissä olevalle työntekijälle tulee lisää liikkumista
- Solun vieressä olevat osalavat pitäisi sijoittaa muualle ulosvedettävän kelkan takia

5.3.2 Kääntöpöytä

Tämän vaihtoehdon ideana oli liittää manuaalijigi robottisolun kääntöpöytään. Kääntöpöydässä on jo valmiiksi jigit kahdelle eri tuotteelle per puoli. Ainoa mahdollisuus liittää uusi tuote kääntöpöytään on saada se mahtumaan olemassa olevien jigien väliin.

Simulointiohjelmaan tuotiin robottisolu sekä manuaalijigin 3D-malli. Manuaalijigiä alettiin sovittaa eri asentoihin solun kääntöpöytään välittämättä siitä, että jigi ei selvästi sellaisenaan mahtuisi kääntöpöydälle. Osat olivat mallissa kiinnitetty manuaalijigiin ja aluksi oli tarkoitus selvittää mihin korkeuteen hitsattavat osat pitää saada, että robotti ylipäättään ylettyy hitsaamaan pisteet eikä törmää kääntöpöydän jigien klamppeihin.

Kun osille oli löydetty robotin kannalta sopiva korkeus ja etäisyys, alettiin selvittää miten osien lataaminen jigiin käytännössä onnistuu. Osien lataamista helpotettiin säätämällä jigien kulmaa hieman, jotta lataus tulisi ergonomisemmaksi.

Seuraavaksi piti selvittää mitä manuaalijigistä täytyy purkaa ja/tai muokata, jotta osat saadaan haluttuun paikkaan.

5.3.3 Päätös

Valinta oli lopulta helppo tehdä, sillä robotin ulottuvuus käytössä olleella hitsipihdillä ei riittänyt kelkkaratkaisussa. Lisäksi kääntöpöydästä löytyi juuri sopiva tila muokatulle manuaalijigille. Soluun ei itsessään tarvinnut tehdä muita muutoksia kuin asentaa uusi jigi kääntöpöytään, päivittää plc-ohjelma sekä lisätä kaksi kappaletta venttiilejä ja lopuksi päivittää robottiohjelma.

5.4 3D-mallinnus

Simuloinnista saaduilla tuloksilla alettiin manuaalijigiä sovittamaan kääntöpöytään. 3D-ohjelmana käytössä oli Catia V5. Selvää oli heti, että jigiä pitää muokata. Jigistä haluttiin säilyttää se pääty, jossa kaksi pienempää osaa klampataan kiinni isompaan osaa, sillä se on jigin tärkein osa tuotteen geometrian takia.

Isoin osa on noin 1,5m pitkä ja olisi tällöin ollut kiinnitetty ainoastaan toisesta päästä. Jigistä päätettiin tämän takia säästää myös keskiosan tukipinnat ja alaosan tukipinnat sekä ohjaintappi, josta osa myös klampataan tukevasti paikoilleen. Ratkaisuksi keksittiin, että jigistä säilytettävälle painavimmalle yläosalle suunniteltiin tukeva tukitolppa, keskiosan tukipinnoille kevyempi tukitolppa ja lopuksi alaosan tukipinnoille, ohjaintapille sekä klampille oma kiinnityspalikka.

5.4.1 Ongelmat

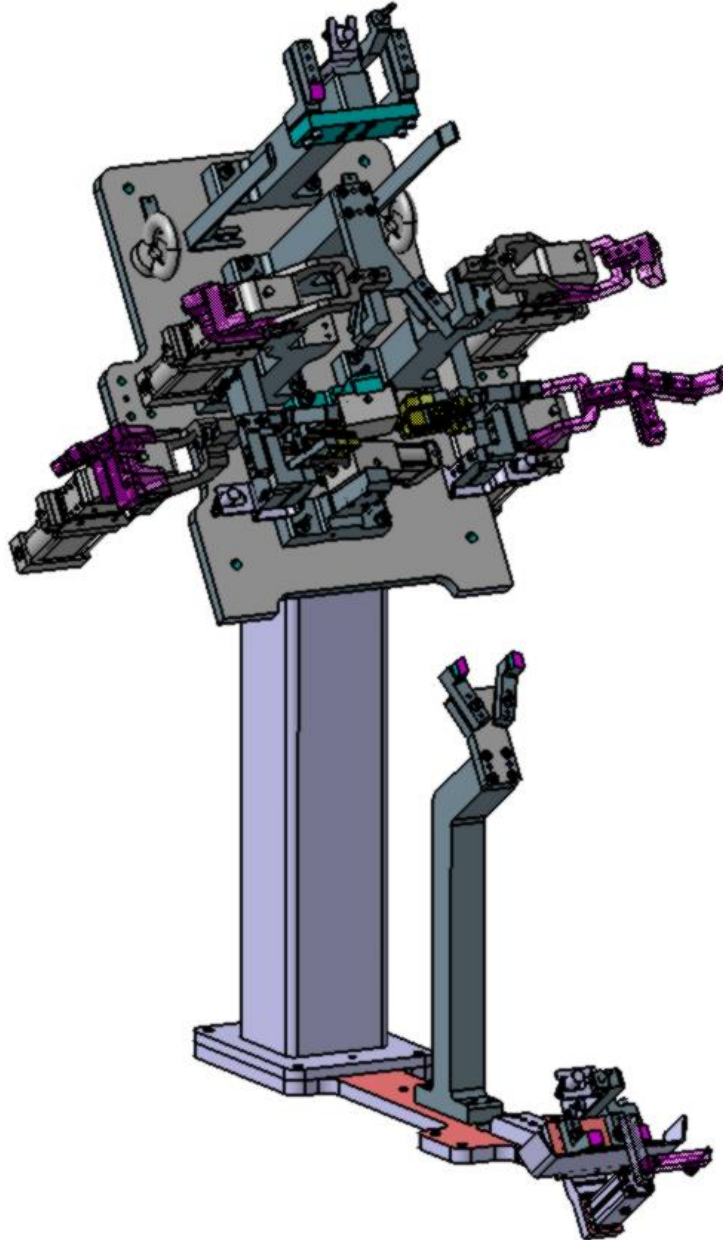
Tämän vaihtoehdon ongelma oli alusta saakka kääntöpöydän ahtaus. Koska uusi jigi lisättiin vain kääntöpöydän toiselle puolelle, oli jigin tukitolppien suunnittelussa huomiotava myös että, kääntöpöytään ei lisätä liikaa painoa toispuoleisesti. Painavin tukitolppa pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman lähelle kääntöpöydän keskusta, jolloin lisäpainon tuoma vaikutus on mahdollisimman pieni.

Yllättävän haastavaksi osoittautui myös alaosan tukipintojen, ohjaintapin sekä klampin tukipalikan suunnittelu. Klampin sylinterille oli myös suunniteltava suoja, ettei se vaurioidu kun osaa ladataan. Suojuksen piti myös olla osaa ohjaava, jotta osan lataus olisi mahdollisimman helppoa.

5.4.2 Loppuratkaisu

Tukitolpille mallinnettiin aluslevy johon jokaiselle tuelle on tehty valmiiksi reiät ja kierreet, jotta tukien kiinnitys asennusvaiheessa olisi mahdollisimmat helppoa ja että etäisyydet ovat varmasti oikein.

Ennen kuin mallinnetuista osista tehtiin työtilaus, varmistettiin vielä simulointiohjelmassa, että kaikki toimii. Kuvassa 5 on lopullinen 3D-malli robottisolun kääntöpöytään kiinnitettävästä uudesta jigistä.



Kuva 5. Valmis 3D-malli uudesta jigistä.

5.5 Automaatio

Työssä piti huomioida myös robottisolun plc-ohjelma, koska kääntöpöytään lisättiin uuden jigin myötä klamppeja ja osasensoreita. Simuloinnista saadun työkierron mu-

kaan pystyttiin jo ennen jigin fyysistä asennusta suunnittelemaan uutta logiikkaohjelmaa.

5.5.1 Klamppaus

Aikaisemmin manuaalisesti suoritettu osan klamppaus lisättiin solun työkiertoon. Kääntöpöydän venttiiliterminaaliin lisättiin kaksi kappaletta venttiilejä, jotta työkierto saadaan toteutettua oikein. Venttiilejä tarvittiin kaksi, koska jigissä olevat kahden pienemmän osan ohjaustappien sylinterien liike piti saada toimimaan eriaikaisesti osan klamppauksen kanssa. Automaation takia tarvittiin myös osasensoreita, jotta tarvittavat ehdot täyttyvät plc-ohjelmassa ennen kuin prosessi saa luvan jatkaa työkiertoa. Sensorien avulla varmistutaan, että osat ovat paikoillaan ja oikein ladattu.

Ohjaintappien liike ohjattiin erikseen, koska pienempien osien paikoitus olisi muuten mahdotonta. Työntekijän ottaessa osat pois jigistä, kuittaa hän kääntöpöydän turva-alueen jigin ollessa tyhjä. Tällöin jigin ohjaintapit liikkuvat työasentoon, jonka ansiosta osien lataaminen on mahdollista. Kun osat ovat ladattu paikoilleen, työntekijä kuittaa jälleen turva-alueen sekä työn, jolloin osat klampataan paikoilleen ja kääntöpöytä pyörähtää robotille. Robotin hitsattua osat ja mikäli työntekijä on ladannut kääntöpöydän toisen puolen ja kuitannut työn, kääntöpöytä pyörähtää takaisin. Jotta osien irrotus jigistä olisi mahdollista, klampit avautuvat ja ohjaintapit palautuvat kotiasentoon.

5.6 Asennus ja käyttöönotto

3D-mallinnettujen osien tultua koneistamolta, alkoi projektin fyysinen toteutus. Ensin testattiin sopiiko aluslevy sille suunniteltuun paikkaan ja ovatko levyn paikoitusreiät kääntöpöydän sekä paikallaan olevan jigien reikien kanssa kohdakkain. Aluslevy todettiin hyväksi, jonka jälkeen pöytään lisättiin muutamia reikiä, jotta aluslevy saatiin kiinnitettyä kunnolla.

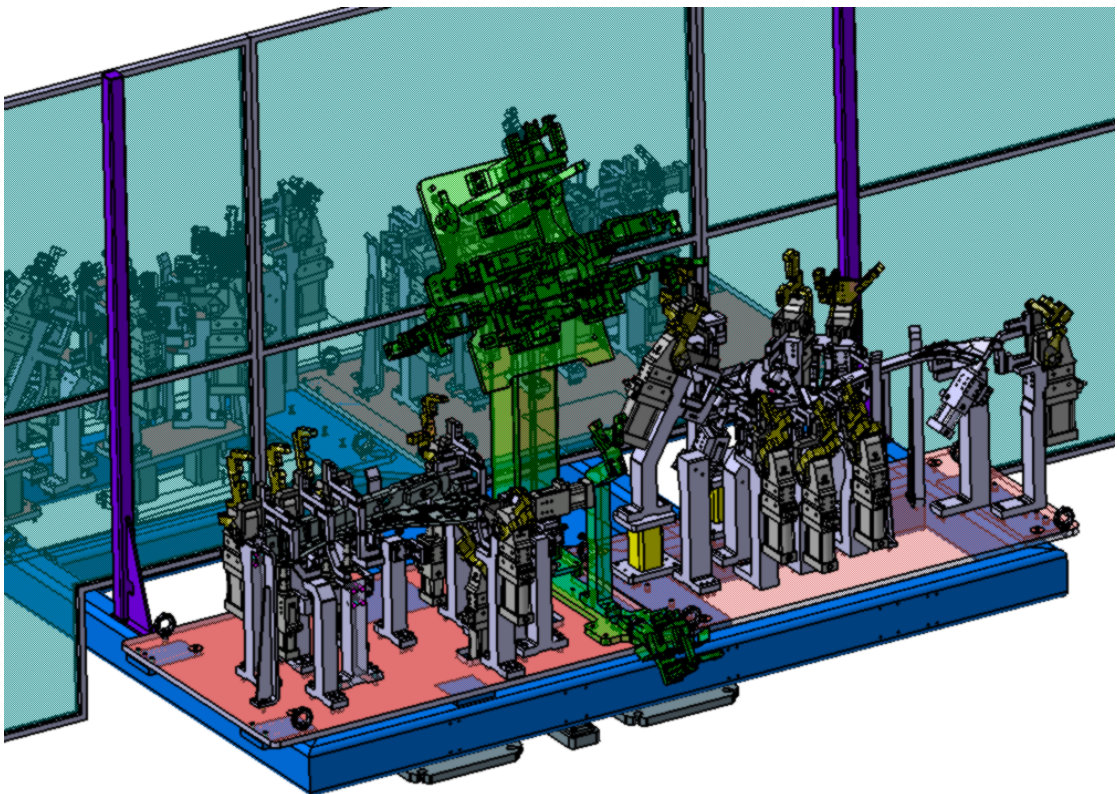
Seuraavaksi aluslevyyn kiinnitettiin tukitolpat ja alaosan tukipalikka johon kiinnitettiin klamppaussylinteri. Manuaalijigi halkaistiin, jotta saatiin haluttu yläosa kiinnitettyä uudelle paikalleen isompaan tukitolppaan. Klamppien johdot ja paineilmaletkut säästettiin, jotta niitä pystyttiin käyttämään uudessa prosessissa. Manuaalijigistä irrotettiin keskitolppaan liitettävät tukipinnat, samoin kuin alaosan tukipinnat ja ohjaintappi, ja asennet-

tiin ne uusille paikoilleen. Lopuksi kiinnitettiin osasensoreille pitimet, liitettiin klampit venttiileihin ja niputettiin kaikki johdot sekä paineilmaletkut siististi kouruja pitkin hitsausroiskeilta suojaan.

Ennen käyttöönottoa tarkistettiin, että klampit olivat liitetty oikein ja että logiikka on kunnossa. Myös robottiohjelma käytiin läpi käsiajolla, että työkierto on kunnossa ja että hitsauspisteet tulevat oikeaan paikkaan. Kun kaikki oli kunnossa, suoritimme testiajon.

Ohjelma toimi hyvin. Robotti ei törmännyt mihinkään eikä uusi työvaihe sotkenut vanhaa ohjelmaa. Hitsausparametrien säädön ja tuotteen laadun varmistamisen jälkeen solu oli käyttökunnossa.

Kuvasta 6 näkee 3D-mallissa uuden jigin suunnitellun paikan ja kuvassa 7 on fyysinen lopputulos. Kuten kuvista ilmenee, tilaa oli varsin vähän, mutta oikein tehdyillä 3D-malleilla työ saatiin toteutettua suunnitellulla tavalla.



Kuva 6. 3D-mallissa uuden jigin paikoitus robottisolun kääntöpöytään.



Kuva 7. Lopputulos tehtaalla.

5.7 Turvallisuus ja ergonomia

5.7.1 Työntekijöiden perehdytys

Robottisolulla työskenteleville työntekijöille pidettiin lyhyt koulutus uudistetusta solusta. Koulutuksen tarkoitus oli esitellä mitä uutta soluun on lisätty ja miten uudet osat ladataan jigiin. Myös päivitetty ohjelman valinta ohjeistettiin, sillä uutena mahdollisuutena on valita ohjelma, jossa robotin työkiertoon kuuluu ainoastaan uuden jigin osat.

Solulla on työohjeet, jotka päivitettiin vastaamaan uutta prosessia. Kääntöpöydän viereiseen aitaan on lisätty A3-kuvat osien lataamisen helpottamiseksi.

5.7.2 Kappaleen korkeus/etäisyys ja paino

Ergonomiaan on kiinnitetty huomiota projektin alusta asti. Koska kolmesta ladattavasta kappaleesta isoin on 1,5m pitkä painaa useamman kilon, on osan lataukseen pitänyt kiinnittää huomiota.

Alkuperäisessä manuaaliasemalla tehtävässä latauksessa osa oli helposti ladattavissa vaakatasoon ja noin vyötärön korkeudelle. Ergonomiaongelmaksi koituivatkin hankalat asennot raskaan hitsauspihdin kanssa sekä pöydän manuaalinen kääntäminen.

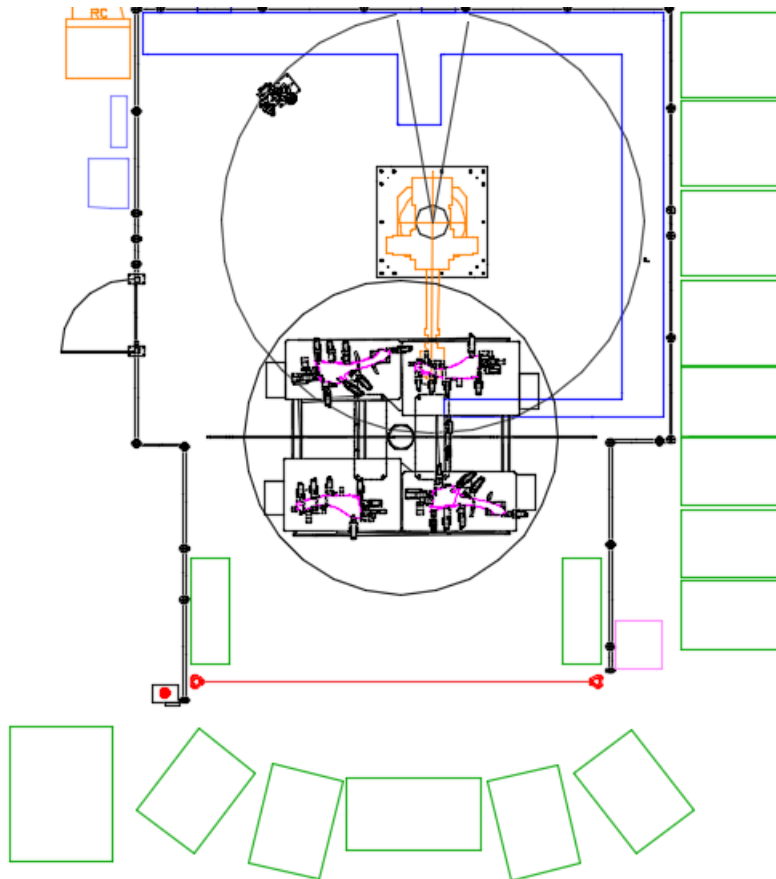
Robottisolun kääntöpöytään sijoitettu uusi jigi muutti isoimman kappaleen asennon lähes pystyyn. Osan latausta on pyritty helpottamaan suunnittelemalla jigin alaosaan tukirauta, jota vasten osa voidaan laittaa makaamaan ja joka suojaa myös klampin sylinteriä. Jigin yläosassa on kaksi kappaletta karkeita ohjausrautoja helpottamaan osan paikoitusta.

Kahden pienemmän osan haasteeksi koitui latauskorkeus ja – syvyys. Haastavuus tuli siitä, että simuloinnissa olisi ollut helppo ratkaisu nostaa osat korkealle, koska robotin ulottuvuus olisi ollut parempi ja riski törmätä kääntöpöydän kahteen muuhun jigiin pienempi. Osien korkeus kuitenkin laskettiin niin matalalle, että ne ovat vielä ergonomisesti hyvä ladata.

5.7.3 Osien kuljetus ja haku

Robottisolussa tehdään yhteensä viittä eri osakomplettia joihin käytetään kolmeatoista eri osaa. Tämä aiheuttaa tilanahtautta myös solun ulkopuolella, koska osalavoja on kolmeatoista ja kaikille viidelle valmiille osakompletille tarvitaan omat kärryt.

Ratkaisuksi pienemmille osille on tehty välivarastokärryt, joiden kanssa osalavoista haetaan laatikolliset osia kääntöpöydän viereen, josta ne ovat nopeasti ja helposti ladattavissa jigiin. Valmiiden osakomplettien kärryt on sijoitettu heti kääntöpöydän turvalueen taakse, jotta niiden kuljetus olisi mahdollisimman lyhyt. Uuteen jigiin ladattavan ison osan lavapaikka on myös mahdollisimman lähellä kääntöpöytää. Kuvasta 8 näkee robottisolun layoutin, jossa osalavojen ja osakomplettikärryjen paikat on merkattu vihreillä nelikulmioilla. Muutama osalava on sijoitettu kauemmas.



Kuva 8. Robottisolun layout.

5.8 Kustannukset ja takaisinmaksuaika

Projektin toteutus oli lopulta varsin edullinen investointi toimeksiantoyritykselle. Kustannuksia muodostui projektin simuloinnista, 3D-mallinnuksesta, automaatio suunnittelusta, asennustyöstä sekä osien valmistuksesta. Säästöä syntyy yhden työntekijän verran per työvuoro.

Alla olevaan kustannusarvioon ei ole laskettu omia työtunteja eikä robottiohjelmointiin käytettyjä muutamaa tuntia. Kustannusarviossa olevat kustannukset ovat arvioita alihankkijoiden käyttämistä työtunneista ja uusien osien kustannuksista.

Tehtävä/tuote		Määrä	Hinta a
Simulointi	Tuntityö	10	50
3D-mallinnus	Tuntityö	10	50
Automaatio	Tuntityö	8	50
Asennus	Tuntityö	16	50
Valmistustyö + materiaalit	Jigin tukiosat	1	1500
Feston sylinteri	Jigin alaosan klamppi	1	150
Feston lisäventtiilit	Venttiiliterminaaliin	2	50
Yhteensä			3950€

Säästöjen määrä riippuu kuinka monessa vuorossa tuotantoa tehdään. Kun yhden työntekijän vuosikustannukseksi lasketaan noin 50 tuhatta euroa, voidaan laskea projektin takaisinmaksuaika. Kustannusarvio on hieman yläkanttiin, mutta projekti on joka tapauksessa maksanut itsensä takaisin alle kuukaudessa vaikka tuotantoa olisi vain yhdessä vuorossa.

Työvuorot	Kustannus	Takaisinmaksuaika
Tuotantoa yhdessä vuorossa	50 000€ / vuosi	$3\,950\text{€} / 50\,000\text{€} = 29$ vuorokautta
Tuotantoa kahdessa vuorossa	100 000€ / vuosi	$3\,950\text{€} / 100\,000\text{€} = 14,5$ vuorokautta
Tuotantoa kolmessa vuorossa	150 000€ / vuosi	$3\,950\text{€} / 150\,000\text{€} = 9,5$ vuorokautta

6 YHTEENVETO

Projekti sujui lopulta todella hyvin, sillä yhtään vastoinkäymistä tai estettä työn toteuttamiselle ei ollut. Suuri kiitos tästä kuuluu ammattitaitoisille työkavereille ja erinomaiselle työlle simuloinnissa ja 3D-mallinnuksessa.

Simuloinnissa vaihtoehtoja oli alun perin kaksi kappaletta, joita tutkittiin. Lopulta toinen vaihtoehtoista päätettiin unohtaa robotin ulottuvuusongelman sekä solun käytettävyyden heikentymisen takia. Robotin työkierto saatiin nopeasti kuntoon, kun osille löydettiin robotin ja ihmisen kannalta ergonominen paikka solun kääntöpöydässä.

3D-mallinnuksessa haasteina oli kääntöpöydän ahtaus sekä uuden jigin alaosan tuen mallinnus. Kääntöpöydässä olleiden kahden muun tuotteen jigin väistäminen onnistui muokkaamalla manuaaliaseman jigiä ja mallintamalla sille tukitolpat joiden päähän säilytettävät komponentit kiinnitettiin. Uuden jigin alaosaan mallinnettu tuki oli hieman haastavampi, sillä siihen piti kiinnittää säilytettävät tukipinnat, ohjaintappi, uusi klampin sylinteri ja suoja sylinterille. Lopuksi mallinnettiin aluslevy, johon uudet tuet liitettiin, jotta asennusvaiheessa niiden paikoitus olisi varmuudella oikein.

Asennustyö alkoi, kun 3D-mallinnuksen pohjalta valmistetut osat tulivat koneistamolta. Painavimmat osat nostettiin paikoilleen trukin avustuksella. Kun uusi jigi saatiin paikoilleen, oli asennus viimeistelyä vaille valmis. Johdot ja paineilmaletkut vedettiin siististi piiloon hitsausroiskeilta.

Lopuksi robotin työkierto käytiin varmuuden vuoksi käsiajolla läpi, että kaikki on kunnossa. Työntekijöille pidettiin koulutus muutetusta solusta ja työohjeet päivitettiin.

Lopputuloksena tuotantoon saatiin lisättyä toimiva kokonaisuus, joka helpotti alkupeleistä työtä sekä tehosti tuotantoa.

LÄHTEET

Valmet Automotive autotehtaan sankarit. Viitattu 13.6.2018

<https://autotehtaansankarit.fi/valmet-automotive>

Valmet Automotive. Viitattu 13.6.2018

<https://www.valmet-automotive.com/>

Suomen Standardisoimisliitto SFSa. Viitattu 6.6.2018

http://www.sfsedu.fi/standardien_abc

Suomen Standardisoimisliitto SFSb. Viitattu 6.6.2018

http://www.sfsedu.fi/aihealueet/kone-_tuotanto-_ja_materiaalitekniikka/turvallisuus_ja_terveys

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys METSTAA. Viitattu 6.6.2018

http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_teemasivut/standardisointi/01-03-00.php

Suomen Standardisoimisliitto SFSc. Viitattu 6.6.2018

http://www.sfsedu.fi/aihealueet/kone-_tuotanto-_ja_materiaalitekniikka/turvallisuus_ja_terveys/koneturvallisuus

SFS-EN ISO 12100:2010 pdf. Suomen Standardisoimisliitto Viitattu 6.6.2018

SFS-ISO/TR 14121-2 pdf. Suomen Standardisoimisliitto Viitattu 6.6.2018

SFS-EN ISO 10218-2:2011 pdf. Suomen Standardisoimisliitto Viitattu 6.6.2018

Shannon, R. 1998. Introduction to the art and science of simulation. Proceedings of the 1998

Winter Simulation Conference. Viitattu 15.6.2018

<http://cecs.wright.edu/~fcirall/ISE195/Readings/ShannonSimulationART.pdf>

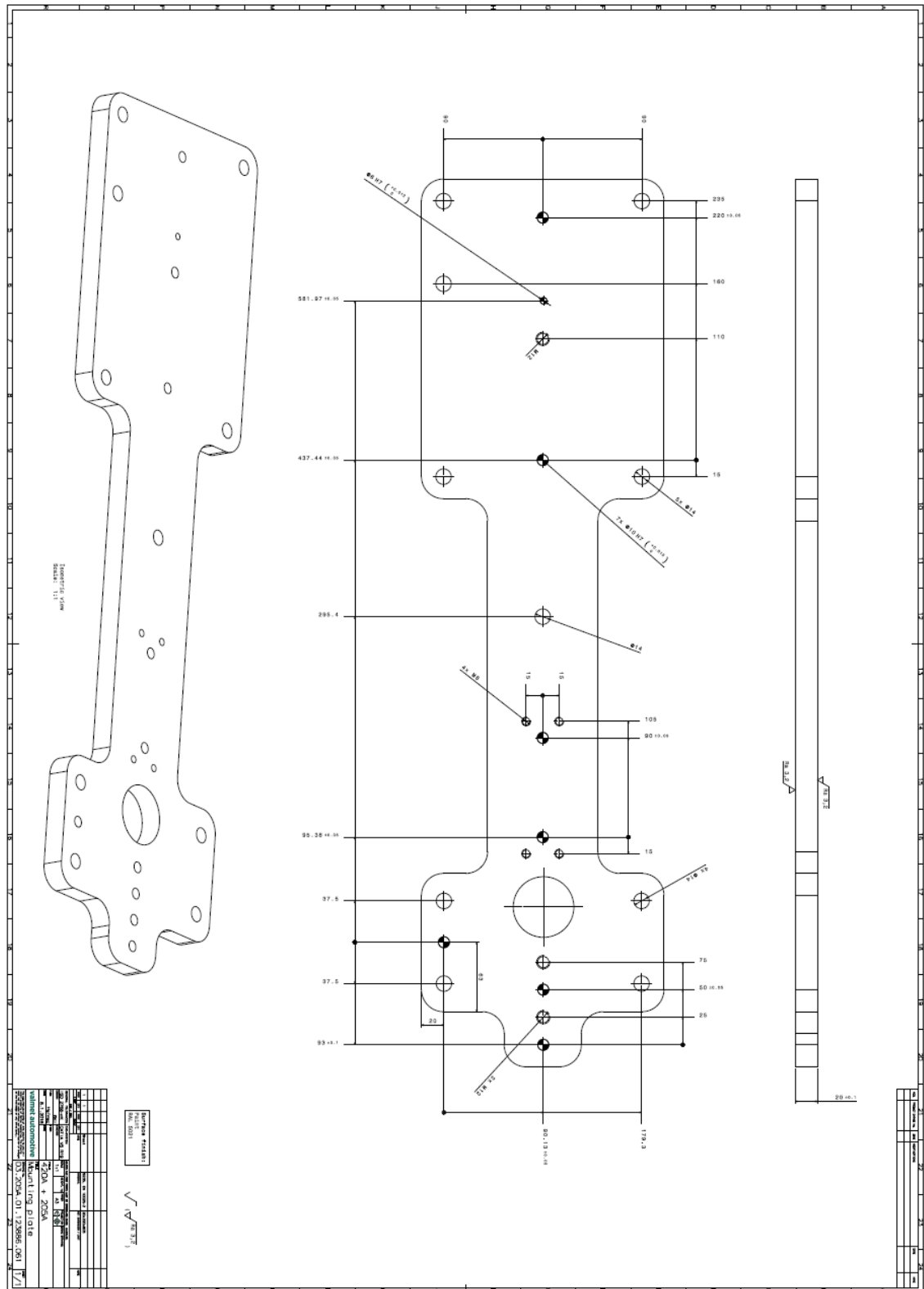
Grand Challenges in Modeling and Simulation of Complex Manufacturing Systems

John W. Fowler and Oliver Rose. SIMULATION 2004 Viitattu 15.6.2018

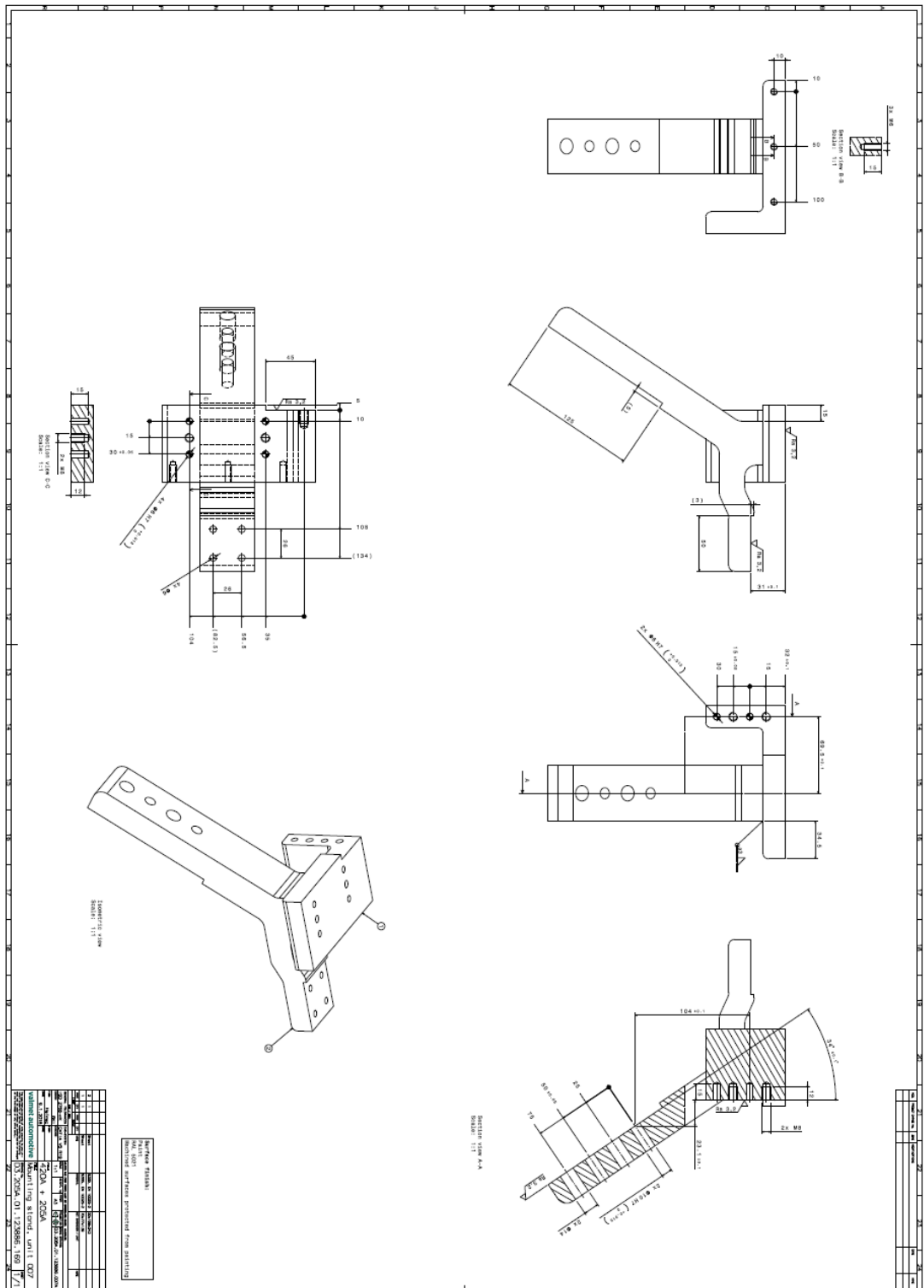
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.85.3924&rep=rep1&type=pdf>

Projektin 3D-mallit

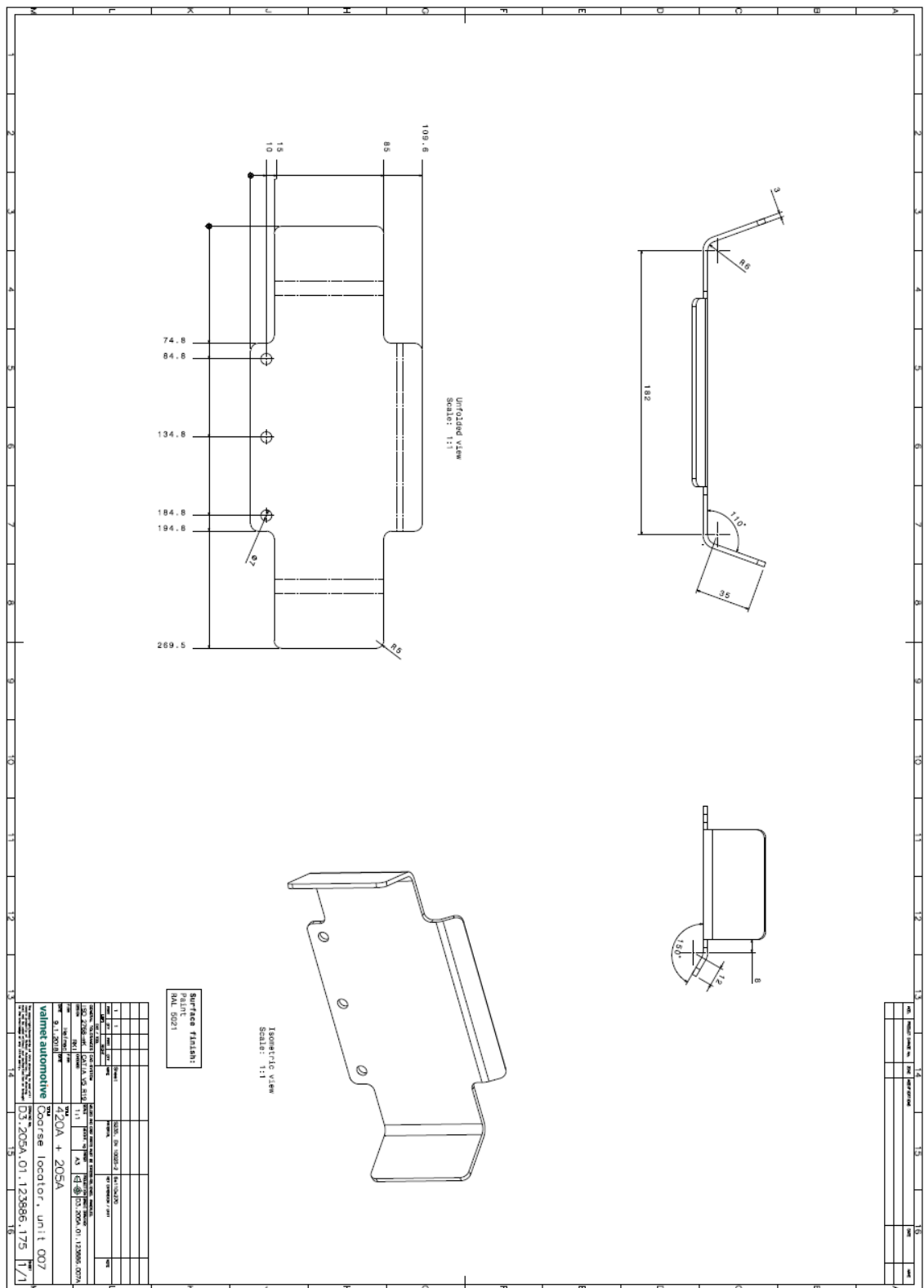
Aluslevy, joka kiinnitettiin kääntöpöytään.



Alatuki, johon kiinnitettiin osan tukipinnat, ohjaintappi, sylinteri ja sylinterin suojus.



Sylinterin suojus.



Sylinteriin kiinnitettävä klampin varsi.

