



SAVONIA



■ TEKNIikka JA LIIKENNE

HITNET —

HITSAAVAN TEOLLISUUDEN HANKINTATOI- MEN JA TOIMITUSKETJUN TEHOSTAMINEN

LOPPURAPORTTI

KIRJOITTAJAT Antti Alonen, Esa Jääskeläinen, Juha Nissinen, Markku Pirinen,
Kari Solehmainen, Jenni Toivanen ja Aku Tuunainen

HitNet

Hitsaavan teollisuuden hankintatoimen ja toimitusketjun tehostaminen

Loppuraportti

Savonia-ammattikorkeakoulu

Antti Alonen
Esa Jääskeläinen
Juha Nissinen
Aku Tuunainen
Kari Solehmainen

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Markku Pirinen
Jenni Toivanen

Savonia-ammattikorkeakoulu
Julkaisutoiminta
PL 6 (Microkatu 1 B)
70201 KUOPIO
p. 044 785 5023
f. 017 255 5014
julkaisut@savonia.fi
www.savonia.fi/julkaisut

Copyright © 2014 tekijät ja Savonia-ammattikorkeakoulu

1. painos

Tämän teoksen kopioiminen on tekijänoikeuslain (404/61) ja tekijänoikeusasetuksen (574/95) mukaisesti kielletty lukuun ottamatta Suomen valtion ja Kopiosto ry:n tekemässä sopimuksessa tarkemmin määritellyä osittaista kopiointia opetustarkoituksiin. Teoksen muunlainen kopiointi tai tallentaminen digitaaliseen muotoon on ehdottomasti kielletty. Teoksen tai sen osan digitaalinen kopioiminen tai muuntelu on ehdottomasti kielletty.

ISBN: 978-952-203-189-1 (PDF)
ISSN-L: 1795-0848
ISSN: 1795-0848
Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D4/4/2014

Kustantaja: Savonia-ammattikorkeakoulu
Taitto: Tapio Aalto

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	5
2 HitNet -hankkeet	7
2.1. HitNetGlobal –hanke	8
2.2. HitNetWork -hanke	8
2.3. Hankkeen yritysverkosto	9
3 Hitsaavat verkostot osana suomalaisen hitsaavan teollisuuden kilpailukykyä	11
4 HitNet näkymiä Kiinasta ja Länsi-Afrikasta	17
4.1. Hitsauksen tilanne Kiinassa	17
4.2. Hitsauksen tilanne Länsi-Afrikassa	22
5 Total Welding Management	27
5.1. TWM ajattelun tausta	27
5.2. TWM –ajattelumallin soveltaminen pohjoissavolaisessa yrityksessä	29
5.3. TWM soveltaminen ja työkalu-ajatukset	30
5.3.1. Työkalun hahmotelma	31
6 Hitsauksen laadunhallinta ja 3834-standardi	35
6.1. Yritysten nykytilannekarttoitus	36
6.2. Esille nousseita kehityskohteita	36
6.3. Yhteenveto	38
7 Hitsauksen simulointi ja etäohjelmointi	39
7.1. IGRIP	40
7.2. ABB-Robotstudio	42
7.3. DelfoiARC	44
7.4. Delmia V5 (+DelfoiARC)	47
7.5. Simulointiohjelmien vertailu	49
8 Hankkeissa tehty tutkimus- ja kehitystyö	55
8.1. Hitsauskiinnittimien suunnittelu	56
8.1.1. Case Normet	58
8.1.2. Case Ratesteel	63
8.1.3. Case Stera	67

8.2. Hitsausrobotin ohjelmointi voimaohjausta hyödyntämällä ..	72
8.3. Hankkeessa tehty muu tutkimustyö	78
8.3.1. Hankkeessa tehdyt opinnäytetyöt	78
8.3.2. Etäohjelmoinnin käyttöönottestaus Paakkilan konepajalla	80
8.3.3. ERP-järjestelmän kehitystyö	82
8.3.4. Sermi-tuotteiston linjamainen valmistaminen	83
8.3.5. Ylävaunurungon kehitystyö	85
9 Tutkimustyön ja opetuksen integraatio Savonialla	87
9.1. Projekti-opintojaksot	87
9.2. Hitsausmetallurgian tutkimustyö	90
10 Hankkeen tulokset	92
10.1. Julkaisut ja tiedonlevitys	93
11 Jatkopohdinnat ja tulevaisuuden tarpeet	96
12 Lähteet	99

1. Johdanto

Hitsaava teollisuus elää Suomessa muutoksen ja kehityksen aikaa. 2000-luvun alun kiivaan talouden ja tuotantomäärien kasvuvauhdin jälkeen, jo vuosia kestänyt epävarmuus näkyy myös hitsaavassa teollisuudessa. Kasvun aikana tuotannollisia asioita kehitettiin, mutta paljon jäi tekemättäkin kiireen ja vauhtisokeuden takia. Tuolloin ratkaisuja tehtiin usein kevyin perustein ja lyhytjänteisesti, mikä näkyi esim. materiaalihankinnoissa ja globaaleissa ulkoistamistoimenpiteissä. Kokonaisoptimoinnin sijaan itse kukin harjoitti osaoptimointia, jolloin kokonaiskustannukset saattoivat karata käsistä. Esim. tietämättömyys materiaalihankinnoissa saattoi aiheuttaa valmistusvaiheessa ongelmia tai käytössä jopa vaaratilanteita.

Huolestuttavaa on suomalaisen teollisuuden kilpailukyvyn heikentyminen 2000-luvun aikana. Tämä näkyy mm. investointien suuntautumisena yhä enemmän Suomen rajojen ulkopuolelle. Globaali yhteistyö ei poissulje suomalaisen hitsaavan teollisuuden kehitystä, mutta tuo haasteita hitsaustyön kannattavuuteen Suomessa. Kilpailukykyä vahvistaakseen yritysten on rakennettava ja ylläpidettävä luotettavia kumppanuuksia - verkostoja. Verkostojen haasteena on hitsaustoimintojen hallinta koko toimitusketjun aikana siten, että hitsaustyön laatu täyttää sille asetetut vaatimukset kustannustehokkaasti. Hitsaavan verkoston kehittäminen kilpailukykyiseksi edellyttää koko tuotantoketjun ja hankintatoimen tarkastelua aina suunnittelusta viimeistelyyn saakka.

Hitsaustuotantoketjun kehittäminen edellyttää yhteistyötä. Tähän vaikuttaa yrityksen johdon sitoutuminen sekä tuotekehityksen, valmistuksen, laadunhallinnan ja hankintatoimintojen valmiudet nähdä kehitystyön vaikutus osana kokonaisuuden tehokkuuden ja kannattavuuden lisäämistä. Hitsaustyöhön vaikuttavat ratkaisut sekä hitsaustyön vaikutus ulottuu paljon laajemmalle kuin itse hitsaamoon. Hitsatun rakenteen kustannuksista suurin osa tulee hitsaustyön osuudesta, joten kerralla valmis ja laatuvaatimukset täyttävä lopputulos on aina paras. Tämä vaatii eri toimintojen hallintaa niin ennen hitsausta, hitsauksen aikana kuin hitsauksen jälkeenkin. Laatuvaihtelut näkyvät suoraan myös laatuksustannusten virheistä aiheutuneissa kustannuksissa. Panoitamalla ennakoivien toimenpiteiden laatuksustannuksiin, voidaan virhekustannuksia pienentää moninkertaisesti käytettyyn työmäärään nähden. Valmistuksen vieminen osittain tai kokonaan hitsaavaan ver-

kostoon tuo haasteita hallita kokonaisuutta. Yksittäisten toimintojen kehittämisellä voidaan saavuttaa hitsaustyön ja lopputuotteen laadun paranemista ja suuriakin kustannussäästöjä koko tuotteen valmistusketjussa, vaikka verkostoyritykset toimisivat itsenäisinä yrityksinä.

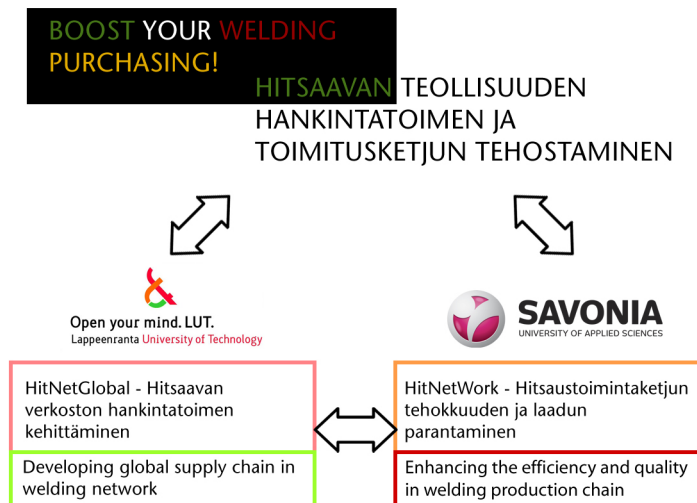
Tässä raportissa on käsitelty hitsaustoimintaketjun tehokkuuden ja laadun parantamisen mahdollisuuksia kolmen hankkeessa mukana olleen hitsaavan verkoston kautta. Kehitystyössä verkoston yhteistyön lisäämistä, laadunhallintaa sekä tuottavuuden ja kustannustehokkuuden lisäämistä on tarkasteltu yksittäisten kehitystoimenpiteiden avulla. Aihe on hyvin laaja ja siksi työ on rajautunut pääosin suunnittelun ja valmistuksen välisen tiedonkulun selkeyttämiseen, hitsauksen laadunhallinnan kehittämiseen sekä tuotannon ohjauksen, automaation ja apuvälineiden mahdollisuuksiin osana hitsaustyön tuottavuutta. Yksittäiset toimenpiteet ovat hyvä alku hitsaavan verkoston kokonaisuuden tehokkuuden ja laadun parantamiseen.

2 HitNet -hankkeet

HitNet-hankkeiden tavoitteena oli rakentaa toimintamalli hitsaavan tuotannon tehokkuuden ja laadun parantamiseksi verkostomaisessa toimintamallissa. Tutkimuksen yhteisenä teemana oli ”hitsaavan teollisuuden hankintatoimen ja toimitusketjun tehostaminen”. HitNet-hankekokonaisuus muodostui kahdesta saman aihepiirin ympärille rakennetusta hankkeesta jotka olivat Savonia ammattikorkeakoulun HitNetWork-hanke, sekä Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston HitNetGlobal-hanke. Hankkeiden välillä tehtiin tiivistä ja kattavaa yhteistyötä.

Hankkeen tutkimus- ja kehitystyön kantavana ajatuksena oli hitsaus-toimintojen kokonaisvaltainen kehitys, Total Welding Management.

Määrälliseksi tavoitteeksi asetettiin tuotantoverkoston kustannustehokkuuden parantaminen 20 – 50%. Lisäksi tavoitteena oli kehittää verkostoyritysten hitsaus toimintojen arviointi- ja kehittämistyökalu.



Kuva 1. Tutkimuskokonaisuuden kuvaus.

2.1. HitNetGlobal –hanke

Hitsaavan verkoston hankintatoimen kehittäminen (lyhyemmin HitNetGlobal) -hankkeessa Lappeenrannan teknillinen yliopisto (LUT) toimi lähellä yrityksiä tutkien globaaleihin hankintaketjuihin vaikuttavia tekijöitä. Yritysverkostoissa työ painottui 3834-hitsausstandardin käyttöönoton vaatimiin asioihin. Lisäksi tutkittiin Total Welding Management (TWM) mallin soveltuvuutta verkoston tuottavuuden kehittämiseen. Hanke toteutettiin 1.11.2010-31.10.2013.

LUT:n rooli oli keskittyä erityisesti globaalin maailman tuomiin mahdollisuuksiin Suomen hitsaavalle teollisuudelle. Tätä tutkittaessa pyrittiin löytämään ne seikat, joiden ansioista yritykset ovat onnistuneet tukemaan globaalilla hankintatoimella koko yrityksen menestymistä. Lisäksi oltiin mukana Savonian kanssa yhdessä hakemassa niitä keinoja verkostoista, joilla kustannustehokkuutta pyrittiin parantamaan 20-50 %. Globaalin hankintatoimen lisäksi näitä keinoja olivat standardin 3834 hyödyntäminen yrityksissä sekä TWM menetelmän soveltaminen kehittämisessä.

Ensimmäisen kartoitusvaiheen aikana löydettiin kustakin verkostosta sille soveltuvat kehittämiskohteet. Tässä vaiheessa hyödynnettiin kunkin yrityksen koko henkilökuntaa käytännön ideoiden löytämisessä. Toisessa toteutusvaiheessa näitä kehittämiskohteita toteutettiin yhdessä yritysten henkilökunnan kanssa. Kolmantena vaiheena luotiin näistä pilottihankkeista malli, jota voidaan suomalaisessa konepajateollisuudessa soveltaa pyrittäessä kehittämään hitsaavaa tuotantoa.

2.2. HitNetWork -hanke

Hitsaustoimintaketjun tehokkuuden ja laadun parantaminen (lyhyemmin HitNetWork) -hankkeessa Savonia toimi lähellä yritysrajapintaa toteuttaen verkostoa palvelevia tutkimus- ja kehitysprojekteja. Hanke toteutettiin 1.11.2010-28.2.2014.

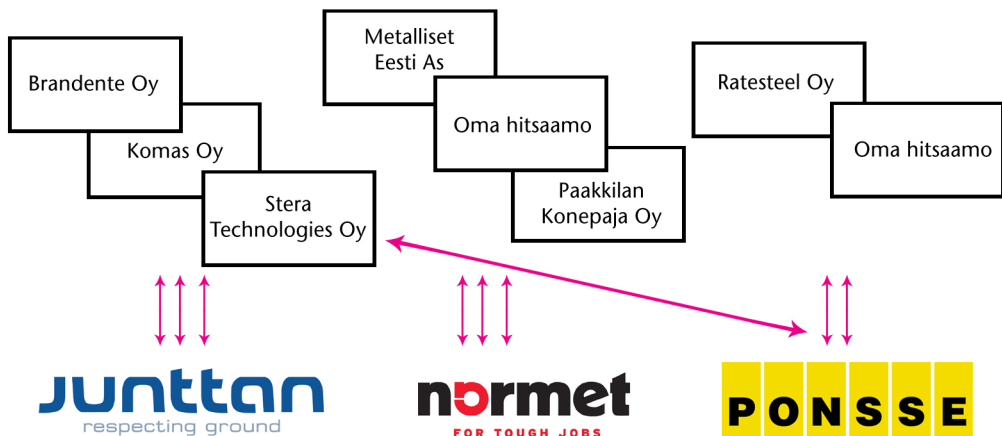
Savonian rooli oli keskittyä erityisesti verkostoyritysten ja sitä kautta verkoston kilpailukyvyn parantamiseen. HitNet –hankkeiden tavoitteiden saavuttamiseksi selvitettiin tuotantoketjun osatoimintojen parantamisen keinoja. Erityistarkastelun kohteena olivat automaation ja mekanisoinnin optimointi, uudet hitsausprosessit, ergonomia, työterveys/turvallisuus sekä laadunhallinta.

Ensimmäisessä vaiheessa kartoitettiin kunkin verkoston hankintaketjun toimintatapa ja täsmennettiin erityistarkastelun kohteet ja vaatimukset verkoston toiminnan parantamiseksi. Toisessa vaiheessa asetettiin löydetty kehittämistoimenpiteet toteutusjärjestykseen ja alettiin toteuttaa niitä.

Hankkeessa toimi Savonia -ammattikorkeakoulun tki-henkilökuntaa, opinnäytetyöntekijöitä, projektityöntekijöitä ja harjoittelijoita. Pääsääntöisesti hankkeelle työskentelevän henkilökunnan määrä vaihteli henkilövaihdoista johtuen 2-4 hengen välillä. Hankkeen aikana tutkimustyöhön käytetty työpanos oli noin 80 htkk josta 31 % oli opinnäytetyöntekijöiden ja hankkeelle työsuhteessa olleiden opiskelijoiden työpanosta. Lisäksi hankkeen aikana toteutettiin laajamittaista yhteistyötä opetuksen ja tki-toiminnan välillä.

2.3. Hankkeen yritysverkosto

Hankkeessa oli mukana Junttanin, Normetin ja Ponssen yritysverkostot, jokainen kolmella yrityksellä tai omalla hitsaamollaan.



Kuva 2. HitNet –hankkeen yritysverkostot.

Yritysverkostot osallistuivat omalla panoksellaan tutkimus- ja kehitystyöhön. Yrityksiin liittyvät tutkimus- ja kehitystoimenpiteet määriteltiin yhdessä yrityksen henkilökunnan kanssa.

Hankkeen aikana yritysverkostossa tapahtui muutoksia. Komas Oy:n toiminta Kuopiossa loppui ja tuotanto niiltä osin siirtyi Junttan Oy:n toimitiloihin.

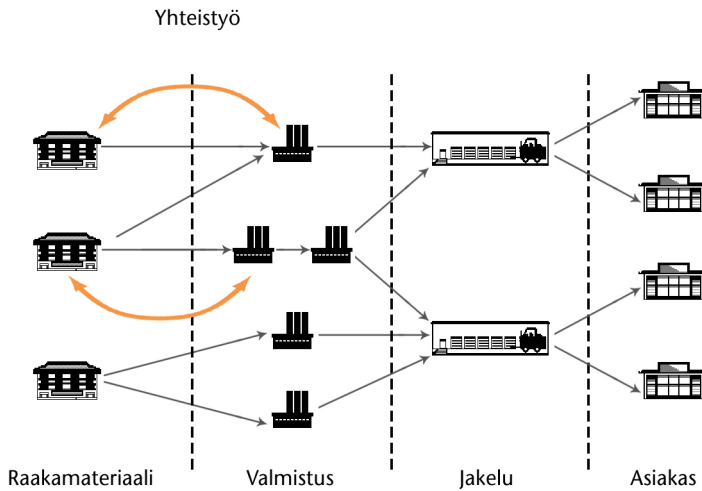
3 Hitsaavat verkostot osana suomalaisen hitsaavan teollisuuden kilpailukykyä

Liiketoiminta on muuttunut viime vuosina. Jatkuva kilpailu sekä kustannusten pienentäminen ja asiakkaan tarpeiden ymmärtäminen ovat tärkeä osa päivittäisiä haasteita. Valmistus on usein osittain tai kokonaan jaettu eri yrityksiin, globaaliin toimintaympäristöön. Markkinoiden epävarmuus ja muuttuva taloudellinen ja toiminnallinen tilanne ajaa yrityksiä kehittämään jatkuvasti omia liiketoimintaprosessejaan sekä tuotteen valmistusketjua vastatakseen globaaliin kilpailuun. Muuttuva liiketoimintamalli ja muutokset valmistusketjussa aiheuttavat muutoksia myös valmistusprosesseissa. Tämä näkyy mm. eri toimintojen välisten linkitysten ja yhteistyön vaikutuksena. Globaali toimintaympäristö on tullut osaksi myös hitsaavaa teollisuutta. Sen tuomat muutokset toimintaan sekä paineet vastata taloudellisiin haasteisiin ja kilpailukyvyn parantamiseen vaativat kokonaisuuden hahmottamista niin liiketoimintaprosessien kuin valmistusketjun suunnittelun osalta.

Toimitusketjun hallinnasta verkostojen koordinointiin

Nykyään on hyvin yleistä puhua yritys- ja valmistusverkostoista, kun aikaisemmin puhuttiin enemmän toimitusketjuista. Tämä osoittaa uuden ajattelumallin tuomista osaksi liiketoimintaympäristöä ja sen toimintoja. Mitä tämä muutos tarkoittaa ja miten se näkyy teollisuuden toimintamalleissa?

Toimitusketjuja eri teollisuuden osa-alueilla on tutkittu laajasti ja ne ovat usein käsittäneet koko valmistusketjun raakamateriaalista lopuliseen valmiiseen tuotteeseen asiakkaalle. Tutkimusten ohella myös erilaiset kehitysprojektit, esim. toimitusketjun tehokkuuden parantamiseksi, ovat nostaneet esille kokonaisuuden hallitsemisen ja sen tuoman mahdollisuuden kilpailukyvyn parantamisessa. Tyypillinen toimitusketju muodostuu raaka-ainetoimittajista, valmistuksesta, jake-
lusta ja asiakkaista (kuva 3). Kokonaisuus muodostuu siis useasta yrityksestä sekä näiden yritysten välisistä yhteyksistä osana valmistuksen tehokkuutta ja hallintaa. Yhteydenpito rajoittuu kuitenkin usein kahden yrityksen välille, esim. pääyrityksen ja toimittajan väliseen kanssakäymiseen.



Kuva 3. Toimitusketjun tyypilliset osa-alueet (muok. Beamon 1999).

Liiketoimintaprosessit sekä eri yhteistyösuhteiden merkityksen ymmärtäminen osana kokonaisuutta toimitusketjun tehokkuuden kehittämisen yhteydessä ovat nousseet yhä tärkeämmäksi (Dass & Fox 2011). Kiinnostus valmistusprosesseista on muuttunut enemmän kohdistumaan niiden hallintaan ja tästä johtuen on alettu puhumaan enemmän valmistusverkostoista. Raja toimitusketju- ja valmistusverkostoajattelun välillä ei ole selkeä. Tähän vaikuttaa tarkastelunäkökulma ja -kohde ja se, kuinka paljon asiaa ymmärretään laajemmasta näkökulmasta. Usein toimitusketju-ajattelu tulee esille tarkasteltaessa yksittäistä valmistusmenetelmää tai yksittäisten toimintojen vaikutusta koko valmistusprosessiin. Verkostoajattelu taas ymmärretään lähinnä kuvaavan kokonaisuutta eri toiminnoista. Tämä vääristää kuvaa, että valmistusverkostoa ei voida kehittää yksittäisen valmistusmenetelmän, esim. hitsauksen, näkökulmasta.

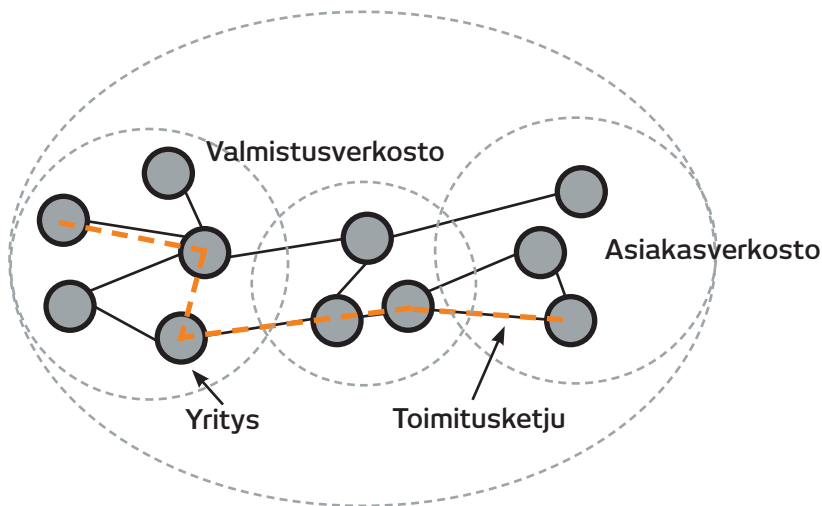
Lähemmäksi verkostoajattelua päästään, kun on alettu sisällyttämään verkosto-käsite osaksi toimitusketjua. On yleistä kuvata liiketoimintaprosessien ja valmistusprosessien olevan toimitusketjuverkostossa (esim. Zhang et al. 2011; Chang et al. 2012; Pan & Nagi 2013). Tämä kuvastaa muutosta yritysten ja liiketoiminnan johtamisessa, mutta kertoo myös nykypäivän valmistuksen haasteista, missä halutaan korostaa monimutkaisia valmistukseen liittyviä yhteyksiä (Lambert & Cooper 2000; Meixell & Gargeya 2005). Valmistusverkostot koetaan siis monimutkaisina ympäristöinä liiketoiminnan johtamisen ja valmistuksen hallinnan kannalta (Liu & Cruz 2012; Chang et al. 2012).

Verkostot sisältävät aina erilaisia toimintoja ja suhteita sen muihin jäseniin (Chang et al. 2012). Tässä korostuu yhteistyön merkitys verkostossa toimittaessa (Camarinha-Matos 2009; Wilhelm 2011). Usein verkostoaajattelussa ja siirtymisessä verkostoympäristöön myös liiketoimintaprosessien ja valmistusprosessien uudelleenrakentaminen on tarpeen (Chang et al. 2012). On eri asia sopia asioista yhden yrityksen kanssa kerrallaan kuin hallita monen eri yrityksen osuutta kokonaisuuteen sekä huomioida näiden keskinäisiä suhteita ja vaikutusta verkostoon. Verkostoa ja sen toimintoja voidaan tarkastella eri näkökulmista (Chang et al. 2012) ja usein valmistusverkostossa kokonaisuutta tarkastellaan pääyrityksen näkökulmasta. Valmistajan haasteena on hallita kaikki ne verkoston toimintojen osat, jotka vaikuttavat omaan toimintaan siten, että liiketoiminnan tavoitteet ja valmistettavan tuotteen vaatimukset täyttyvät. Näkökulmaa muutettaessa verkoston haasteet tulevat esille uusien vaikuttavien tekijöiden kautta, vaikka edelleen tarkasteltaisiin samaa valmistusverkostoa.

Taulukko 1. Toimitusketjun ja valmistusverkoston erityispiirteet eri lähestymistavoin vertailtuna.

Lähestymistapa	Toimitusketju	Valmistusverkosto
Toiminnan kohdistuminen	Toiminnan hallinta	Yhteistyön hallinta
Valmistusnäkökulma	Toimittaja - valmistaja - asiakas	Toimittajaverkosto - valmistusverkosto - asiakasverkosto
Valmistusverkon liitoskohdat	Keskittyminen liitoskohtiin	Keskittyminen liitoskohtien välisiin linkkeihin
Valmistuksen koordinointi	Pääyritys	Moniulotteinen
Pääyrittäjän merkitys	Pääyritys hallitsee	Voidaan valita monta eri näkökulmaa
Yhteistyö	Kahden yrityksen välinen	Monitasoinen, voimakkaasti yhteistyöstä riippuva
Yhteistyön suunta	Vertikaalinen	Vertikaalinen ja horisontaalinen

Valmistusverkostot ja toimitusketjut nähdään hyvin samankaltaisina (Nagurney 2010) ja asiayhteyksistä riippuen ne voivat tarkoittaa hyvin samanlaista kokonaisuutta. Kuitenkin on havaittavissa eroavaisuutta näiden erityispiirteissä. Näitä on esitetty taulukossa 1. Suurin erottava tekijä on toiminnan taso ja laajuus, kun tarkastellaan liiketoimintaprosessien ja tuotantoketjun hallinnan yhteisvaikutusta, kuinka toimintaa johdetaan ja hallitaan toimittajista asiakkaaseen saakka. Yleisesti verkostomainen lähestymistapa keskittyy enemmän yritysten välisten suhteiden johtamiseen ja liiketoimintaprosessit ulottuvat monitasoisesti verkostossa. Toiminta on enemmän vertikaalinen ja horisontaalinen kuin vain vertikaalinen kuten toimitusketjuissa (Rudberg & Olhager 2003). Eri yhteyksissä verkostokokonaisuus halutaan jakaa ja korostaa liiketoimintaprosesseja ja valmistusprosesseja erikseen. Jos valmistusverkosto ja toimitusketju eritellään omiksi toiminnoiksi, verkosto voidaan nähdä muodostuvan monesta eri toimitusketjusta ja eri verkoston jäsenten ajatella olevan liitoskohtia valmistusverkostossa (kuva 4) (Wilhelm 2011; Chang et al 2012).



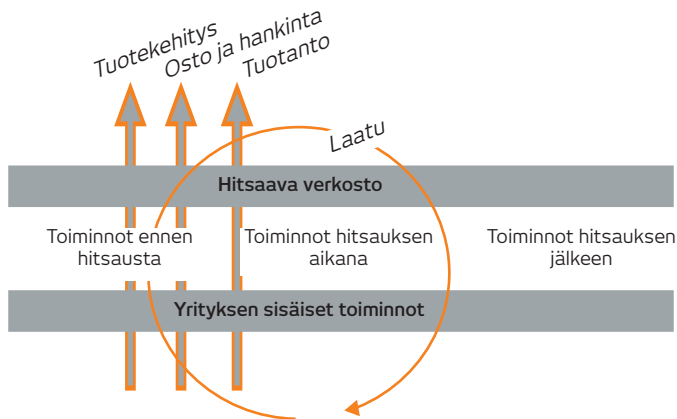
Kuva 4. Toimitusketju ja valmistusverkosto osana samaa verkostokokonaisuutta.

Hitsaava verkosto

Verkostoajattelu nähdään yleensä pelkästään liiketoimintaprosessien kannalta ja usein käsite tulee vastaan kauppatieteiden, liiketoiminnan ja tuotantotalouden eri tutkimus-, koulutus-, ja kehittämishankeyhteyksissä. Samoin valmistusverkosto on erityisesti esillä mm. autoteollisuuden, elektroniikkateollisuuden ja eri komponenttiteollisuuden toimintamallina. Tämä johtuu siitä, että näissä usein eri valmistajat

hyötyvät toistensa liiketoiminnasta. Valmistus on myös yleensä runsaasti automatisoitua ja valmistusmäärät ovat suuret, joten eri yhteyksien hallinta ja koko toiminnan johtaminen on merkittävässä asemassa. Hitsaustuotannossa tilanne on tyypillisesti yhden pääyhteyksen ja tämän toimittajaverkoston muodostama kokonaisuus, missä toimintaa tarkastellaan pääyhteyksen näkökulmasta.

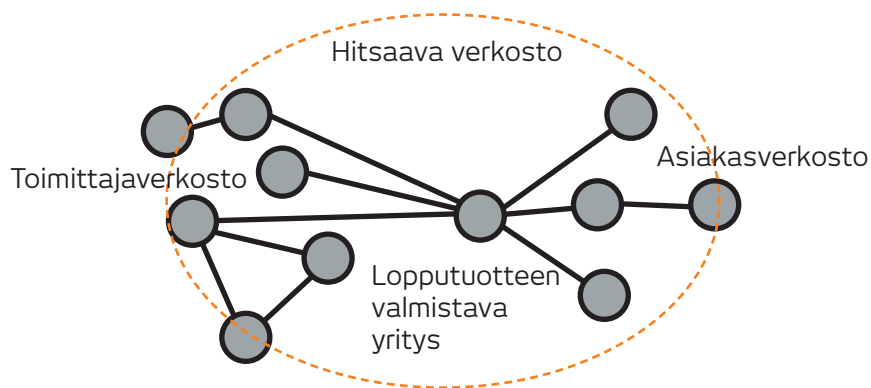
Valmistusverkosto on kuitenkin noussut esille myös hitsauksessa ja tänä päivänä hitsaava verkosto nähdään osana hitsaavan teollisuuden liiketoimintaympäristöä. Verkostoajattelu ja toiminnan taso verkostoympäristössä on vielä epäselvää ja se hakee paikkaansa hitsauksen kokonaisvaltaisessa laadun, yhteistyön ja johtamisen hallinnassa. Hitsauksessa lopputuotteen ja valmistuksen laatu korostuvat. Hitsaus nähdään usein aliarvostettuna toimintona, jos arvioidaan sen vaikutusta kokonaisliiketoimintaan. Keskittyminen hitsaustoimintoihin osana tehokasta ja kustannustehokasta valmistusketjua voi tuoda huomattavan kasvun tuottavuuteen (Barckhoff 2010) ja lopputuotteen kannattavuuteen. Hitsauksessa lähtökohtana täytyy olla laatu tuotteen kaikissa valmistuksen vaiheissa. (Kuva 5).



Kuva 5. Laatu osana hitsaavan tuotannon kokonaisuutta.

Tyypillinen toimitusketju-ajattelu kuvastaa tällä hetkellä hyvin hitsaustoimitusketjua. Hitsaavassa teollisuudessa yksitasoinen ja kahden yrityksen välinen (esim. pääyhteyks-toimittaja) suhde on paljon yleisempää, kuin monitasoinen, verkostoajattelussa yleinen yhteistyö. Verkostoajattelu on selvästi osoitus siitä, että hitsaus nähdään jo nyt tärkeänä osana kokonaistuottavuutta ja kannattavuutta liiketoiminnassa, vaikka se on vielä alussa ja kehitettävää tällä alueella on paljon. Kuva 6 kuvastaa tämän hetken hitsaavan verkoston toimintamallia, missä yhteistyön

merkitys ja kokonaisuuden hallinta alkaa jo näkyä, mutta jättää vielä kehitettävää toiminnalle. Hitsaavan verkoston toimintamalli, hallinta ja johtaminen tuovat uudenlaisen näkemyksen yritysten keskinäisiin suhteisiin ja valmistusprosesseihin. Hitsaavan verkoston vaikutus hitsatun rakenteen laatuun, toiminnan tuottavuuteen ja sitä kautta yksittäisen verkostoyrityksen sekä koko hitsaavan verkoston kannattavuuteen on tärkeä. Verkostoajattelu avaa uusia näkökulmia ja hitsaavalla verkostolla on vielä paljon keinoja parantaa toimintaa kokonaisuutena. Tähän tarvitaan jokaisen verkostoyrityksen panosta ja halua kehittää toimintaansa omassa tuotannossa ja koko verkostossa.



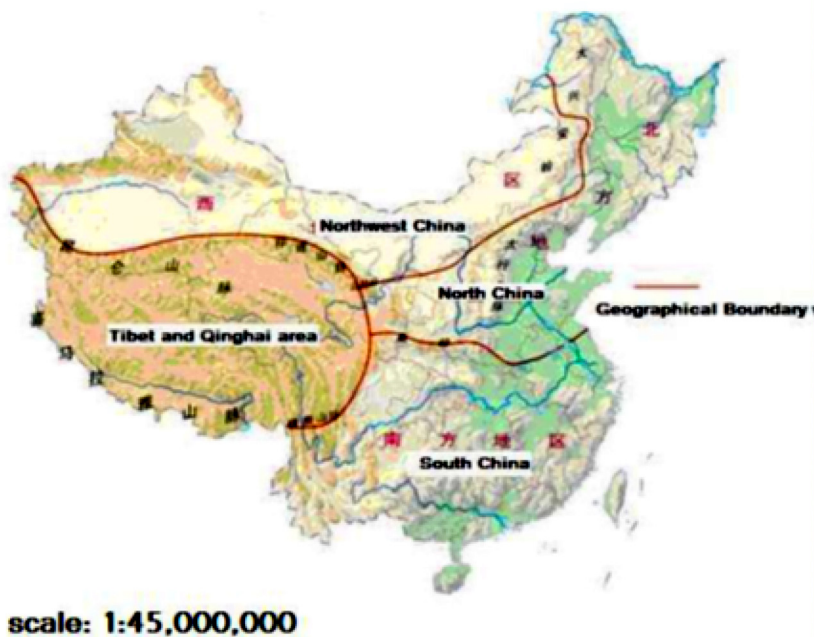
Kuva 6. Tyypillinen tämän päivän hitsaava verkosto.

4 HitNet näkymiä Kiinasta ja Länsi-Afrikasta

HitNetGlobal-projektin aikana tehtiin kaksi laajaa tutkimusta hitsaavan teollisuuden tilasta maapallon kahdelle kehittyvälle alueelle, Kiinaan ja Länsi-Afrikkaan. Kiina on ollut pitkään voimakkaasti kehittyvä Aasian valtion. Kiinan väkiluku on suuri, 1,4 miljardia ihmistä. Sieltä löytyy tänä päivänä osaamista kaikilla tuotannon alueilla ja sitä kautta Kiina vaikuttaa voimakkaasti maailman talouteen nykyään. Länsi-Afrikan tilanne on erilainen. Siellä asuu myös paljon ihmisiä, mutta alueen poliittinen ja taloudellinen tilanne on epävakaa. Ihmisten koulutus- ja elintaso on alhainen. Tutkimuksemme keskittyi kolmeen maahan, kahdella alueella. Halusimme tutkia mikä on hitsaavan koulutuksen, tutkimuksen ja teollisuuden tilanne näillä kahdella alueella. Kiinan suunnassa kiinnosti erityisesti se, että suomalaiset suuret konepajayritykset ovat siirtäneet tuotantoaan sinne pysyvästi.

4.1. Hitsauksen tilanne Kiinassa

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää laajasti hitsauksen tilanne Kiinassa. Tämä tehtiin haastattelemalla Kiinan hitsausteknillistä yhdistystä, yliopistojen edustajia ja laajasti hitsaavan teollisuuden yrityksiä Kiinan eri osissa. Tutkimuksessa keskityttiin kolmeen hitsauksen alueeseen: tuottavuuteen, kustannuksiin ja laatuun. Tuottavuutta selvitettiin seuraavilla asioilla: työntekijöiden määrä, asiakkaat, työntekijöiden ammattitaito, tilat, koneet ja laitteet, materiaalit sekä työterveys ja turvallisuus seikat. Kustannuksia mitattiin palkkojen, materiaalikulujen, logistiikan kulujen, katteen ja liikevaihdon avulla. Laadun mittareina käytettiin prosesseja, hitsausohjeen (WPS) käyttöä, kulttuuri- ja inhimillisiä tekijöitä, koulutusta, tarkastusmenetelmiä, koneiden kunnossapitoa, materiaalivarastoja ja työterveys ja turvallisuus tekijöitä. Yrityksiä tutkittiin Kiinan eri osissa, pohjoisessa, itä-jarannikkoalueella, Luoteis-Kiinassa ja sisämaassa. Tutkimus kattoi suuret valtio-omisteiset yritykset, keskisuuret yksityiset ja valtio-omisteiset yritykset sekä pienet yksityiset yritykset. Yrityksiä oli teollisuuden eri alueilta, kuten laivanrakennuksesta, kattila- ja painelaiteteollisuudesta, teräsrakenteista, metalliteollisuudesta, koneenrakennuksesta ja elektroniikkateollisuudesta.



Kuva 7. Kiinan valtion jakautuminen selvästi erilaisiin taloudellisiin alueisiin.

Kiinan hitsaavalla teollisuudella on kaksi tutkimusaluetta. Ensimmäinen alue on hitsauskoneiden ja laitteiden sekä hitsausteknologian tutkimus. Sitä tehdään eri hitsausinstituuteissa, kuten Harbinin hitsausinstituutti. Lisäksi sitä tehdään kansallisissa hitsausjärjestöissä, yliopistojen erillisissä laitoksissa tai tutkimusinstituuteissa. Myös suurilla yrityksillä on omia hitsaukseen liittyviä tutkimuskeskuksia. Toinen tutkimusalue on hitsausmenetelmien soveltava käyttö. Sitä tutkimusta tehdään kaikkialla Kiinan eri osissa missä on teräsrakennevalmistusta, laivanrakennusta, koneenrakennusta, painelaitevalmistusta ja kemianteollisuutta.

Kiinasta löytyy hyvin erikokoisia ja monenlaisia yksityisiä hitsaavia yrityksiä. Pienetkin yritykset tekevät hitsattuja tuotteita, mutta niiden laatutaso on alhainen. Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä on tänä päivänä mahdollisuus vallata markkinoita, koska monet suuret yritykset siirtävät hitsaavaa tuotantoaan niihin erikoistuneisiin yrityksiin. Tämä suuntaus ei ole pelkästään ulkomaalaisten ja kiinalaisten yritysten välis-
tä, vaan suuret valtio-omisteiset kiinalaiset yritykset tekevät sitä samaa.

Suomalaisyritykset tämän päivän Kiinassa

Suomalaisilla yrityksillä on paljon taloudellisia aktiviteetteja tämän päivän Kiinassa. Niillä on myös erilaista yhteistyötä kiinalaisten yritysten kanssa. Jotkut yritykset ovat hankkineet itselleen sopivia alihankkijoita, jotka toimittavat tuotteen osia kokoonpantavaksi Suomessa. Toiset yritykset ovat rakentaneet oman tuotantolaitoksen Kiinaan. Tällöin koko tuotanto hitsauksesta kokoonpanoon tapahtuu tällä heidän tehtaallaan Kiinassa. Monet suomalaiset yritykset tekevät molempia, sekä alihankkivat osia omalle suomalaiselle tehtaalleen että valmistaavat valmiita tuotteita Kiinassa. Suomalaisten yritysten tavoite Kiinassakin on parantaa tuottavuutta, alentaa kustannuksia ja pitää laatutaso riittävänä. Suomen valtion laitokset, kuten Tekes, Finnpro ja Finchi, auttavat suomalaisia yrityksiä tuntemaan maan tavat ja lait Kiinassa.

Hitsaava teollisuus Pohjois-Kiinassa

Kiinassa ei ole tutkimuksen mukaan monia suuria hitsaavia yrityksiä. Tämä koskee erityisesti **Pohjois-Kiinaa**. Pohjois-Kiinasta löytyy kaksi yritystä, Shougang teollisuustehdas ja CFHI Tianjin heavy industrial Co. Ltd, jotka harjoittavat hitsaavaa tuotantoa. Usein suuret yritykset käyttävät hitsauksessa alihankkijoita, jotka ovat pieniä tai keskisuuria yrityksiä. Pohjois-Kiinan raskaan teollisuuden yritykset ovat usein metalliteollisuutta avustavia yrityksiä. Niiden teknologia hitsauksessa on vanhentunutta, ainakin kun sitä verrataan Itä-Kiinaan ja rannikkoalueisiin. Kuitenkin se on kehittyneempää kuin Lounais- ja Luoteis-Kiinassa. Pohjois-Kiinan etuja ovat kaksi hyvää satamaa, työntekijöiden hyvä ammattitaito, liiketoimintaosaaminen, keskitasoa oleva työntekijöiden palkkaus (400 €/kk), lojaaluisuus ja kuiva ilmasto. Epäkohtina voidaan mainita laatu järjestelmien ja hitsausta ohjaavien standardien puuttuminen käytännön työstä. Samoin kylmä ilmasto haittaa talvella työskentelyä.

Itä-Kiinassa ja rannikkoseudulla sijaitsevilla tehtailla on Kiinan kehittyneimmät johtamisjärjestelmät, viimeisimmät prosessijärjestelmät, mutta myös kalleimmat palkkakustannukset. Hitsaustyötä tehdään usein pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Suuret yritykset eivät ole kiinnostuneita ulkomaantoimituksista, koska ne kuormittavat täysin kotimaan markkinoilta. Ne ovat myös valtio-omisteisia. Hitsausautomaation ja robotisoinnin osuus kasvaa koko ajan Itä-Kiinan ja rannikon tehtaissa. Itä-Kiinan ja rannikkoalueen etuja on mm. se että sillä alueella sijaitsee monia hyviä satamia, hyvä liiketoimintaosaaminen, työntekijöiden am-

Yulong Machining and Manufacturing Co. Situation of the Plant



Kuva 8. Yulong Machining and Manufacturing Co (Pohjois-Kiina, Shijiazhuang).

QMD Situation of the Plants



Kuva 9. Wartsila MHI Linshan Marine Diesel co., Ltd (Itä-Kiinan rannikko, Qingdao Qiyao).

mattitaito, pitkä historia yhteistyöstä, ahkera luonteenlaatu, ei kylmää talvea ja toimivat laatujärjestelmät. Heikkouksina voidaan mainita Kiinan korkein palkkataso ja hitsauksen kannalta korkea ilmaston kosteus.

Lounais-Kiinan tilanteesta saatiin tutkimuksessa erinomainen selvyys haastatteleamalla Kunmingin tiede- ja teknologian yliopiston professoria He Pangia. Tarkasteltaessa alueen sisäisiä eroja havaittiin, että parhaimmaksi alueeksi hitsaavan teollisuuden suhteen muodostuu Sichuan alue, toiseksi parhaaksi Yunnan provinssi ja viimeiseksi Guizhoun provinssi. Verrattaessa koko aluetta muihin Kiinan alueisiin, voidaan todeta hitsausteollisuuden tason olevan Lounais-Kiinassa kaikista alhaisin.

70-80 % hitsauksesta tapahtuu nykyisin MAG-menetelmällä. Suurilla ja valtio-omisteisilla yrityksillä suurempi osuus hitsauksesta tapahtuu MAG-menetelmällä kuin pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Yrityksissä käytetään myös automaatiota ja robotisointia hitsauksessa. Näin on erityisesti suurissa yrityksissä. Samoin leikkausprosesseista ainoastaan suurilla yrityksillä on automaattisia NC-leikkauslaitteita.

Lounais-Kiinan alueella palkkataso on Kiinan alhaisin. Hitsarin palkka vaihtelee reilusta 100 €:sta vähän yli 200 €:oon kuukaudessa. Myös ainoastaan 50 €/kk palkkoja maksetaan joissakin vähän vaativissa hitsaustöissä. Hitsauskoneina käytetään yleensä kiinalaisia tai länsimaisia Kiinassa valmistettuja hitsauskoneita. Yrityksistä löytyy ammattitaidon mukaan kolmentasoisia hitsareita: aloittelijoita, keskiluokka ja mestarit. Erikoismateriaaleihin ja niiden hitsaamiseen liittyvät tiedot ovat hyvin puutteellisia. Samoin hitsejä ei yleensä tarkasteta kuin silmäääräisesti. Suurilla yrityksillä on käytössään NDT tarkastuslaitteita.

Lounais-Kiinan ja Kiinan sisämaa-alueiden etuina voidaan mainita kaikista alhaisimmat työvoimakustannukset ja suotuista ilmasto hitsauksen kannalta. Haittoina ovat mm. lyhyt historia yhteistyöstä ulkomaisten yritysten kanssa, korkeammat kuljetuskustannukset kuin rannikkoseuduilta, sadekauden kostea ilmasto, vähäinen laadunvalvonta ja työntekijöiden alhaisempi ammattitaito.

Yhteenveto

Suomalaiset Kiinassa toimivat yritykset ovat osoittaneet, että yhteistyö kiinalaisten yritysten kanssa on mahdollista ja hedelmällistä. Yhteistyössä kannattaa keskittyä pieniin ja keskisuuriin yrityksiin. Suuret yritykset Kiinassa ovat usein valtio-omisteisia ja niillä ei ole tarvetta eikä kokemusta ulkomaisten yritysten kanssa toimimisesta. Pienet ja keskisuuret yritykset ovat paljon joustavampia. Niillä on myös halu tehdä kauppaa ulkomaisten yritysten kanssa.

Laadun suhteen on Kiinassa vielä paljon tehtävää. Yksi hyvä keino on perustaa oma yritys Kiinaan, jolloin laatua voidaan kontrolloida itse. Tämä on aikaa vaativa prosessi, mutta sen tulokset ovat hedelmällisiä. Toinen tie on lähteä kouluttamaan kiinalaisia yrityksiä vastaamaan länsimaisiin laatuvaatimuksiin. Siinä tarvitaan oppilaitosten ja yritysten välistä yhteistyötä.

Kiina on niin valtava maa, että tässä työssä ja tämän tutkimuksen aikana ehdittiin vain raapaista pintaa Kiinan hitsaavasta teollisuudesta. Tarkemman tiedon saamiseksi tarvittaisiin lisää tutkimusta eri Kiinan alueista ja yrityksistä. Samoin tutkimus pitäisi kohdentaa vielä tarkemmin tietyille tutkimusalueille. Kiina teollisuus kehittyy niin valtavaa vauhtia edelleen, että tarvitaan systemaattista ja säännöllistä tutkimusta päästäkseen selville Kiinan hitsaavan teollisuuden tilanteesta.

Lisätietoja tutkimuksesta löytyy osoitteesta: <http://www.doria.fi/search?query=xiaochen+yang&submit=Hae&scope=10024%2F4002>

4.2. Hitsauksen tilanne Länsi-Afrikassa

Afrikan teollisuus kehittyy tänä päivänä vauhdilla ja sitä edistää luonnonvarojen hyväksikäyttö. Esimerkiksi öljy- ja kaasuteollisuuteen tarvitaan sekä maalle että merelle poraus- ja talteenottolaitteita, putkistoja ja säiliötä. Myös mineraalivarojen hyödyntämiseen tarvitaan erilaisia laitteita, joista monet ovat hitsattuja rakenteita. Yritykset haluaisivat ostaa nämä laitteet paikan päältä, sillä vielä tänäkin päivänä suurin osa laitteista ja niitä asentavasta työvoimasta joudutaan tuomaan kohdemaan ulkopuolelta.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Länsi-Afrikan hitsaavan koulutuksen, tutkimuksen ja teollisuuden nykytila. Esimerkkinä käytettiin Ghanaa, Nigeriaa ja Kamerunia. Erityisesti tutkittiin tuottavuutta, taloutta ja laatua näissä maissa ja hitsaavissa yrityksissä. Parhaimmat tiedot saatiin Ghanasta, mutta samansuuntaisia tuloksia saatiin myös Nigeriasta. Kamerunista tietoa on saatu jo aikaisemmista havainnoista. Hitsaustekniikan laboratorion tutkija tohtori Paul Kah on Kamerunin kansalainen ja hän on suorittanut konetekniikan insinööriopinnot Kamerunissa ennen Suomeen tuloaan.

Johtopäätöksiä

Ensimmäiseksi tutkittiin millaisissa tuotannon alueilla hitsausta käytetään laajasti näissä Länsi-Afrikan maissa. Huomattiin että hitsausta käytetään laajasti rakennusteollisuudessa, kunnossapidossa ja huollossa ja raskaassa konepajateollisuudessa. Lisäksi huomattiin, että hitsaava tuotanto koostuu kahdesta toisistaan erottuvasta alueesta: pienimuotoisesta valmistuksesta ja vaativasta valmistuksesta. Vaativaa hitsaavaa teollisuutta esiintyy keskisuurissa ja suurissa teollisuusyrityksissä, kun taas pienimuotoista valmistusta tehdään mikroluokan yrityksissä, jotka eivät tuota tuotteitaan teollisuuteen. Nämä kaksi aluetta erottuvat toisistaan hitsauksen tuottavuuden, taloudellisuuden ja laadun perusteella. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että teollisuuden hitsaavaa tuotantoa tekevät yritykset olivat yrityksiä, joiden työt olivat pääsääntöisesti projektiluonteisia. Niillä ei ollut omaa tuotetta tuotannossaan. Mikroyritykset taas usein tekivät jotain omaa tuotetta, kuten ovia, ikkunoita, kaltereita, jne. Mikroyrityksillä ei myöskään ollut samanlaista laite- ja työkalukantaa kuin teollisuusyrityksillä. Kummalakaan yritystyyppillä ei ollut pitkälle kehittynyttä automaatiota ja robotisointia käytössään.

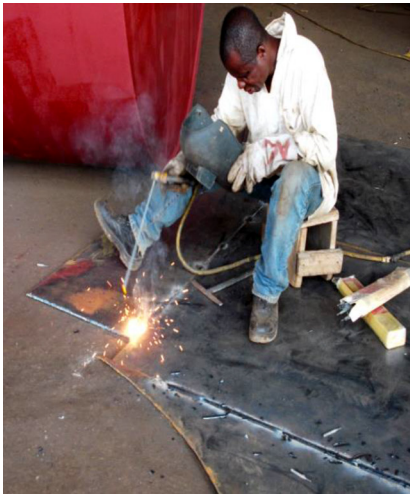
Toisena kohtana tutkittiin hitsaavien yritysten hitsauksen laatua, tuottavuutta ja taloudellisuutta. Tutkimuksessa huomattiin, että yleisten hitsausstandardien käyttö on vähäistä. Hitsauksen laatutarkastusta ja hyväksyntää tehdään kolmannen osapuolen toimesta. Tämä liittyy projektiluonteiseen valmistamiseen, jossa esim. piirustuksissa on määritelty tietty tarkastustaso hitseille. Yritykset itse tekevät visuaalista tarkastusta hitseille. Puikkohitsaus on hyvin yleistä yrityksissä. Lisäksi MAG- ja TIG-hitsausprosessit ovat käytössä. Puikkohitsauksen käyttö on yleistä sen halpojen investointi- ja käyttökustannusten takia.



Kuva 10a) Hitsausta pienessä pajassa.



Kuva 10b) Tyypillinen hitsausasento pienessä pajassa.



Kuva 11a) Puikkohitsaus on yleisin hitsausprosessi.



Kuva 11b) Työterveys ja turvallisuustaso on matala.

Tuottavuutta kehittävät toimet olivat melko alhaisella tasolla tutkimuksen mukaan. Tuottavuutta mitattiin lähinnä arvioimalla työhön käytettyä aikaa tarjouksessa laskettuun aikaan. Mikään kehittyneitä menetelmiä, kuten Lean tai TWM, tuottavuuden parantamiseksi ei ollut käytössä. Yrityksillä ei myöskään ollut käytössä mekanisointia tai muunlaista automatisointia. Yritysten layout-järjestelyissä ja työpisteiden ergonomiassa oli paljon parannettavaa.



Kuva 12. Siisteys ja järjestys ovat kehityskohteita konepajassa Länsi-Afrikassa.

Hitsauksen taloudellisuudessa kiinnitti huomioita hitsareiden hyvin alhainen palkkataso. Normaalin tieto- ja taitotason omaavilla hitsareilla palkka oli 150-200 €/kk. Parhaimman ammattitaidon omaavat hitsarit hankkivat 250-390 €/kk. Näin alhainen palkkataso antaa yrityksille mahdollisuuden pärjätä kilpailussa, vaikka laatu ei aluksi vastaa odotuksia ja töitä joudutaan tekemään kahteen kertaan.

Kolmantena kohtana tutkittiin niitä ongelmia, haasteita ja tarpeita, joita hitsaava teollisuus kohtaa näissä Länsi-Afrikan maissa. Tutkimuksessa kävi ilmi, että terveys, turvallisuus ja ympäristöasiat ovat kaikista haasteellisimpia jokapäiväisessä toiminnassa. Myös huono johtaminen, valtiovallan tuen puuttuminen, huono tuottavuus, koulutuksen, laatu järjestelmien ja sertifiointin puute ovat asioita, jotka heikentävät hitsaavien yritysten toimintaa. Nämä valtavat haasteet, joita nyt esiintyy Länsi-Afrikassa, voidaan nähdä myös tulevaisuuden mahdollisuutena kehittää tätä teollisuudenalaa yhdeksi Afrikan maiden selviytymiskeinoista. Euroopan kannattaa olla tässä kehitystyössä mukana, koska näin voidaan myös vähentää Afrikan pakolaisten muutttoa Eurooppaan. Lisätietoja löytyy osoitteesta: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014032621686>

5 Total Welding Management

Hankkeen kantavana ajatuksena oli Total Welding Management ajattelumalli (myöhemmin TWM), eli **hitsauksen kokonaisvaltainen johtaminen**.

Hitsauksen kokonaisvaltainen johtaminen on J. R. Barkhoffin lanseeraama ajattelumalli, jossa pureudutaan syvälle hitsauksen prosessien hallinnan maailmaan. TWM on ennen kaikkea laadun- ja tuottavuudenhallinnan työkalu jossa hitsaaja on nostettu tarkastelukeskiöön. Siinä yhdistyy useita erilaisia toiminnanjohtamismenetelmiä kuten työkeskeinen suunnittelu, työkeskeinen ohjaus, hitsaajan tukemisjärjestelmä ja ylösalainen organisaatiomalli. Yrityksen johto osallistuu aktiivisesti kehitysprosessiin, jonka tavoitteena on koko hitsatun tuotteen valmistuksen kehittäminen, suunnittelusta tuotantojärjestelmän laadunhallintaan.

Selvitystyössä käytetään apuna matriisityökalua, jonka avulla pyritään löytämään yrityksen toiminnoista ns. ”kuumat pisteet”, joihin kehittämistoimenpiteet tulee ensisijaisesti kohdistaa. Matriisissa yrityksen toiminta on jaettu neljään kokonaisuuteen: Rakenteen suunnittelu ja mitoitus, tuotannon suunnittelu ja ohjaus, hitsaustuotanto ja laadunvarmistus.

Jokaista kokonaisuutta tarkastellaan viiden tekemisen kautta:

- Vähennä hitsien määrää ja niiden tilavuutta
- Lyhennä kaariaikaa
- Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja jätettä
- Vähennä työn rasittavuutta
- Vähennä irrottamisia, uudelleenkiinnittämisiä, siirtelyjä, välivarastoja ym. tuottamattomia aikoja

5.1. TWM ajattelun tausta

TWM ajattelussa esiintyy käsite *”ylösalaisin käännetty organisaatio”*. Organisaatiomallissa ajatellaan että yrityksen muiden toimintojen tehtävä on tukea hitsaajaa työssään. Hitsaaja omalla työllään nostaa tuotteen jalostusarvoa asiakkaan silmissä. Johdon on luotava suotuisat toimintaedellytykset tälle työlle. Seuraavassa tarkastellaan TWM matriisin neljää kokonaisuutta hieman tarkemmin.

Rakenteen suunnittelu ja mitoitus

- Suunnittelijan tulee ymmärtää valmistusprosessien tuomat mahdollisuudet ja rajoitukset tuotteen valmistukseen. Osa tai tuote on silloin hyvin suunniteltu kun se on helppo ja edullinen valmistaa sekä täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset. Yksinkertaista sanoa, mutta monimutkaisempaa toteuttaa. Valmistuskuvien ja dokumentaation tulee olla yksiselitteisiä ja niissä täytyy olla kaikki tarvittava tieto. Suunnittelijan valitsemien materiaalien on täytettävä lopputuotteelle asetetut vaatimukset, mutta niiden on myös sovellettava käytettävissä olevilla työmenetelmillä valmistettaviksi. Hitsaustyö tulisi voida tehdä tuotanto-olosuhteissa normaaleja työmenetelmiä käyttäen. Listaa voisi jatkaa lähes loputtomiin, ja siksi suunnittelijan työkenttä on hyvin haasteellinen.

Tuotannon suunnittelu

- Tuotannon suunnittelu ja ohjaus on tuotesuunnittelun ja tuotannon välinen silta, jossa hitsaus on yksi tarkasteltava asia. Hitsauksen laatuvaatimuksia käsittelevä standardi SFS-EN ISO 3834 puhuu vaatimusten katselmuksesta ja teknisestä katselmuksesta. Näissä on kuvattu varsin kattavasti mitä tulee ottaa huomioon, kun tuotetta ollaan viemässä tuotantoon. Katselmoinneissa mm. tarkastetaan yrityksen toimintojen kyky täyttää tuotteelle asetetut vaatimukset sekä tuotedokumentaation aukottomuus. Tärkeässä roolissa on myös tuotantosuunnitelman laadinta, menettelyohjeet eri työvaiheisiin ja mahdollisiin poikkeamatilanteisiin, sekä tuotannossa tarvittavien ja syntyvien dokumenttien saatavuuteen ja arkistointiin.

Hitsaustuotanto

- Vanha sanonnan mukaan ”Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty”, joka pitää usein paikkansa. Aiempien vaiheiden puutteet nousevat viimeistään tuotannossa esiin. Puute voi olla esim. pieneltä tuntuva hitsausmerkintöjen epämääräisyys, mutta jos seurauksena on kriittisen rakenteen sortuma, saa alkuaan pieni asia aikaan suuret vaikutukset. Tuotantovaiheessa ei usein voida enää muuttaa tuotteen rakennetta, mutta viimeistään tässä vaiheessa on syytä puuttua, jos rakenne ei ole järkevästi hitsattavissa, tai kaikkea hitsauksen kannalta tarvittavaa tietoa ei ole olemassa.

- Hitsaajalla on oltava tarvittava pätevyys sekä käytettävissä tuotedokumentaatio, hitsausohjeet ja työohjeet. Työkaluvarustuksen ja tilojen on oltava vaatimuksia ja tarpeita vastaavia. Lisäksi työn toteutuksessa tarvittavat osat, komponentit, kiinnittimet, työkalut, hitsausaineet ym. on oltava saatavilla.

Laadunhallinta

- Laatu saadaan tekemällä eikä tarkastamalla ja vastuu tästä on annettava alimmalle mahdolliselle tasolle. Hitsaajalla pitää olla riittävä osaaminen, ei pelkästään hitsaukseen, vaan myös hitsauksen laadun arviointiin. Hitseille asetettujen laatuvaatimusten vähimmäistarkastusmenetelmä on silmämääräinen tarkastus. Erillistä laadunvalvontaa, kuten NDT-tarkastuksia, käytetään tarpeen ja vaatimusten mukaisesti.

5.2. TWM –ajattelumallin soveltaminen pohjoissavolaisessa yrityksessä

Yksi tapa hyödyntää TWM ajattelua on yhdistää matriisitarkastelu ja työntutkimus. Matriisitarkastelussa edetään toiminnoittain, etsien kuumia pisteitä eli risteyskohtia, joihin vaikuttamalla saavutetaan suurimmat teknistaloudelliset hyödyt. Tarkastelun toteutukseen sovelletaan työn tutkimuksen keinoja. Työn tutkimuksessa työpäivä tai joku muu tarkastelujakso jaetaan erilaisiin aikalajeihin. TWM ajattelua soveltaen nämä aikalajit voisivat esimerkiksi olla irrottamis- ja kiinnittämisaika, kaariaika, korjausaika, apu-, elpymis- ja taukoaika sekä häiriöaika. Samalla kun työaika jaetaan aikalajeihin, tehdään myös merkintöjä parannuskohteista, jotka voidaan jäljittää yrityksen toimintoihin. Työn tutkimuksen kautta voidaan löytää ajankäytön ongelmakohdat ja TWM matriisi selkeyttää niihin puuttumisen keinoja. Aika on suhteellisen helppo muuttaa rahaksi ja se taas toimii motivaationa puuttua ongelmakohtiin.

Hitsauksen laatuvaatimusstandardisarja ja TWM ajattelu tukevat vahvasti toisiaan. Yrityksen luodessa hitsauksen laatukäsikirjaa se joutuu määrittelemään menettelyohjeita, jotka tukevat TWM ajattelun kehittymistä. Hitsauksen koordinointi, etenkin koordinaattorin vastuu ja valtuudet nousevat esiin monessa kohdin standardissa SFS-EN ISO 3834. Koordinaattori on hitsaavan tuotannon avainhenkilö, joka toimii

linkkinä yrityksen muihin toimintoihin päin ja vastaavasti varmistaa, että hitsaajalla on kaikki tarvittava tieto, taito, välineistö ja aineisto tehdä hitsaustyötä tuottavasti ja laadukkaasti. Hitsauksen laatukäsikirjan mukainen toiminta vaatii johdon tuen ja valtuutuksen hitsauskoordinaattorille sekä jatkuvaa koulutusta ja asioiden perusteltua läpikäyntiä kaikkien asianosaisten kanssa.

5.3. TWM soveltaminen ja työkalu-ajatukset

Yksi hankkeen tavoitteista oli verkostoyritysten hitsaustoimintojen arviointi- ja kehittämistyökalu. Hankkeen aikana työkalun rakennetta ja toiminnallisuuksia ideointiin ja konseptoitiin, mutta valmista ratkaisua työkalun rakenteelle ei vielä löytynyt.

Työssä hyödynnettiin J.R. Barckhoffin Total Welding Management-matriisiperiaatetta, mutta kaiken kattavaa työkalua on vaikea ellei mahdotonta rakentaa.

Työkalu tulisi pilkkoa useampaan eri osaan riippuen siitä mitä osa-aluetta ja toiminnallisuutta tarkoitetaan. Barckhoffin luoma matriisimalli antaa hyvän pohjan, mutta sen käyttö vaatii aikaa ja se ei sovellu suoraan verkostoihin. Barckhoffin tekemää matriisijakoa neljään kokonaisuuteen eli rakenteen suunnitteluun ja mitoittamiseen, tuotannon suunnitteluun, tuotantoon ja laadunvarmistukseen voi myös kritisoida. Laadun irrottaminen omaksi kokonaisuudekseen on tavallaan riskitiridassa yhden hitsauksen perusajatuksen kanssa eli laatua ei tehdä tarkastamalla vaan tekemällä, joten laatu pitäisi tämän ajatuksen mukaisesti liittää osaksi kolmea muuta osa-aluetta. Toisaalta verkostomaisen tuotanto tuo omat lisähaasteensa, joten välillä mietittiin pitäisikö se ottaa omaksi tarkastelukokonaisuudeksi, mutta ajatuksesta kuitenkin luovuttiin.

Kappaleessa 5.3.1. on kuvattu ajatuksia TWM matriisiin pohjautuvasta työkalusta. Päätyökalun rinnalla pohdittiin myös ajatusta työkalusta, jonka avulla yritys voisi arvioida kiinnitintarvetta ja sen rinnalla tuotteen hitsauksen oikeaa automaatioastetta. Työkalun funktio olisi tuoda systemaattisuutta ja puolueetonta päätöksentekopohjaa oikeiden työmenetelmien valintaan. Tuotosten ja siihen käytettyjen panosten välinen suhde on hyvä mittari tässäkin yhteydessä.

TWM matriisin mukaisesti tarkasteltuna oleellisimmin hitsauskiinnittimet tehtävät liittyvät kaariajan, korjaustyön ja romun määrän, työpanoksen sekä odotus- ja siirtoaikojen vähentämiseen. Kiinnitintarvetta arvioivassa työkalussa lähtökohtana pohdittiin tuotteen hitsattavuuden ja hitsausmäärien arviointia. Hitsattavuuden osalta pääpaino on hitsauksen automatisoinnin mahdollisuuksien arvioinnissa. Hitsausmäärien arvioinnin kautta voidaan vastaavasti hahmottaa hitsaukseen käytettävää työaikaa. Lopputuloksena saadaan arvio hitsaukseen käytettävästä kokonaistyöpanoksesta, josta joku prosenttiosuus on hitsattavissa esim. robotilla.

Mikäli tarkastelu johtaa päätelmään robotisoinnin kannattavuudesta, on se myös selkeä viesti kiinnitintarpeesta. Vastaavasti vaikka robotisoinnin edellytykset eivät täyty, niin se ei kuitenkaan suoraan tarkoita ettei hitsauskiinnittimeen kannata investoida. Tämä vaatii vielä tarkentavan analysoinnin, jossa huomioidaan hitsauskiinnittimellä saavutettavat hyödyt suhteessa kustannuksiin. Suoria taloudellisia hyötyjä voidaan arvioida tuotantomäärien kautta. Välillisten hyötyjen, kuten laatukustannusten vähenemisen arvioiminen voi olla hieman vaikeampaa, ainakin jos tuote on uusi, jolloin historiatietoa ei ole käytävissä.

Kiinnitinasiaan läheisesti liittyen, oikean automaatiotason valintaa on tutkittu mm. Heikki Salkinojan väitöskirjassa ”*Optimizing of Intelligence Level in Welding*”. Väitöskirjassa asian tarkastelun painotus on tuottavuudessa, eräkoossa sekä laatu- ja käyttövaatimuksissa (Salkinoja H, *Optimizing of Intelligence Level in Welding*, 2009, Lappeenranta University of Technology).

5.3.1. Työkalun hahmotelma

Hankkeessa työkalua mietittiin tuotteen suunnitteluvaiheessa itse tuotteen kautta, koska koko tuotesuunnittelun analysointi koettiin liian haastavaksi kokonaisuudeksi. Työn voisi vaiheistaa ainakin kahteen vaiheeseen, jota puoltaisi myös tuotannon verkostoituminen. Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan tuote suunnittelun jälkeen tai parhaassa tapauksessa arviointia tehdään suunnittelun rinnalla. Tässä vaiheessa käytettäisiin Taulukon 2 mukaista rakenteen suunnittelu ja mitoitusmatriisia, joka on jaettu Barckhoffin mukaisesti viiteen osa-alueeseen.

Tehdyt huomiot numeroidaan sekä kuvataan joko sanallisesti tai jollain muulla tavoin. Analysoinnin päätteeksi matriisi arvioidaan ja priorisoidaan suunnittelun ”kipeät kohdat”.

Taulukko 2. Rakenteen suunnittelu ja mitoitusmatriisi.

Avainalueet		Rakenteen suunnittelu ja mitoitus				
		a	b	c	d	e
Hitsaustekijät		Materiaalin valinta	Hitsin mitat ja koko	Railo- ja liitos-tyyppi	Valmistettavuus	Hitseille asetettavat vaatimukset, hitsiluokat
Hitsiaineen määrän vähentäminen	1					
Kaariajan vähentäminen	2					
Korjaustyön ja romun määrän vähentäminen	3					
Työpanoksen vähentäminen	4					
Odutus ja siirtoaikojen vähentäminen	5					

Analysoinnin toinen vaihe kohdistuisi tuotantoon ja tehdään joko tuotekohtaisesti tai koko toimintaa arvioiden. Jos tuotanto on verkostossa, niin tarkastelu ympäristö vaihtuu samalla. Tähän tarkasteluun on otettu mukaan kuudes osa-alue, joka liittyy laadunvarmistukseen.

Taulukon 3 mukaista matriisia käytetään vastaavalla tavalla kuin suunnitteluvaiheen matriisia, analysoinnin jälkeen ”kipeät kohdat” priorisoidaan ja tartutaan toimeen.

Taulukko 3. Tuotannon suunnittelun ja tuotannon matriisi.

Avainalueet		Tuotannon suunnittelu					
		a	b	c	d	e	f
Hitsaustekijät		Tuotannon suunnittelu ja ohjaus	Vaatimusten katselmus ja tekninen katselmus	Hitsaus-prosessin ja menetelmän valinta	Tarkoituksenmukaisen automaatio- ja älykkyydystason valinta	Hitsaus- ja työohjeet (WPS)	Tarkastus, tunnusluvut, mittarit ja raportointi
Hitsiaineen määrän vähentäminen	1						
Kaariajan vähentäminen	2						
Korjaustyön ja romun määrän vähentäminen	3						
Työpanoksen vähentäminen	4						
Odotus ja siirtoaikojen vähentäminen	5						
Avainalueet		Tuotanto					
		g	h	i	j	k	l
Hitsaustekijät		Hitsaus-henkilöstön osaaminen ja pätevyudet	Railonvalmistus, kiinnittimet ym. hitsaukseen liittyvät toiminnot	Layout ja materiaali-virta	Tuotannon läpimeno ja valvonta = soljuminen	Viimeistely ja jälkityöt	Laatu-kustannukset ja korjaavat toimenpiteet
Hitsiaineen määrän vähentäminen	1						
Kaariajan vähentäminen	2						
Korjaustyön ja romun määrän vähentäminen	3						
Työpanoksen vähentäminen	4						
Odotus ja siirtoaikojen vähentäminen	5						

6 Hitsauksen laadunhallinta ja 3834-standardi

SFS-EN ISO 9001 standardiin perustuva laadunhallintajärjestelmä on laajasti tunnustettu yritysmaailmassa. Sitä usein täydennetään ISO 14001 ympäristönhallinta-, sekä OHSAS 18001 työterveys- ja turvallisuusstandardeilla. Hitsausta on käsiteltävä SFS-EN ISO 9001 standardin mukaisesti erikoisprosessina, koska hitsausprosessien laatuvaatimuksia ei voida valmiiksi todentaa, eikä ainetta rikkomattomalla menetelmällä voida hitsin laatua varmentaa jälkikäteen. Tuotteille, joihin olennaisena osana kuuluu hitsaus, tulee hitsauksen laatuvaatimusten täyttyminen varmistaa koko ketjussa tuotesuunnittelusta valmistukseen. Kansainvälinen sulahitsauksen laatuvaatimusstandardi SFS-EN ISO 3834 antaa työkalun tähän työhön.

Hitsauksen laadunhallinta on kenties helpointa kuvata omassa hitsauksen laatukäsikirjassa. Standardi SFS-EN ISO 3834 koostuu kuudesta osasta, joista osa 1 käsittelee tarkoituksenmukaisten laatuvaatimustason valintaperusteita. Vaatimustasoja on kolme ja oikean tason valinnassa on syytä huomioida tuotteiden turvallisuusnäkökohtia, valmistuksen monimutkaisuutta, tuotevalikoimaa, materiaaleja ja siihen liittyvää metallurgiaa sekä valmistusvirheiden vaikutusten vakavuutta. Mahdolliset viranomaisvaatimukset, tuotestandardit ja muut spesifikaatiot ohjaavat myös valintaa. Kun vaatimustaso on valittu, laatukäsikirja laaditaan joko osan 2: Kattavat laatuvaatimukset, osan 3: Vakiolaatuvaatimukset tai osan 4: Peruslaatuvaatimukset mukaisesti. Laatukäsikirjan sisällön tuotannossa on suurena apuna osa 5, jossa on lueteltu asiakirjoja, joita yrityksen tulee käyttää tai ainakin ottaa kantaa. Laatukäsikirjan käyttöönoton tukena voidaan käyttää osaa 6, josta voi löytyä apua myös standardin tulkintaa vaativiin tilanteisiin.

Projektin aikana hitsauksen laatukäsikirjatyö on käynnistetty kaikissa mukana olevissa yritysverkostossa. Ponsella tämä työ aloitettiin ensimmäisenä. Yrityksellä oli jo ennen hanketta tehty laatukäsikirja hitsaukseen, mutta se koettiin raskaaksi, joten tarve päivitykseen oli olemassa. Uudessa käsikirjassa kuvataan yrityksen hitsauksen laadunhallinta katselmuksista laatuasiakirjoihin ilman turhia korulauseita, toki huomioiden standardin asettamat vaatimukset. Tällä tavoin aiemmin kymmenien sivujen pituinen kirja lyheni alle 20 sivun mittaiseksi käytännön työkaluksi. Tätä mallin mukaan on lähdetty rakentamaan myös Ponssen verkostokumppaneille, Ratesteel Oy:lle ja Stera Technologies Oy:lle, hitsauksen laatukäsikirjoja. Myös Normet Oy:llä tämä työ

on aloitettu, mutta hankkeen aikana tätä työtä ei enää ehditty viedä Normetin verkostoon. Junttan verkostossa toimivalla Brandente Oy:llä kehitettiin myös aktiivisesti laatukäsikirjaa projektin aikana.

6.1. Yritysten nykytilannekartoitus

SFS-EN ISO 3834 työ on hyvä aloittaa standardin nykytilakartoituksella. Toki tätä ennen voi olla tarpeen kouluttaa yrityksen avainhenkilöitä, jolloin itse standardi ja sen merkitys tulevat tutuksi. Kartoituksen suurin anti lienee kokonaiskuva yrityksen hitsaukseen sidoksissa olevasta toiminnasta ja sen vastaavuudesta standardin vaatimuksiin. Kartoituksen perusteella nousee suurempia ja pienempiä kehityskohteita, joiden läpiviemiseen pitää saada johdon tuki. Tärkeää on edetä kenties pienin, mutta ripein ja määrätietoisin askelin. Muutosvastarinnan yllättäessä on oltava sitkeä ja on tärkeä muistaa perustella miksi ei voida tehdä niin kuin aina ennenkin. Monesta yhteydestä tuttu lause ”laatu syntyy tekemällä eikä tarkastamalla” kuvastaa tavoitetilaa.

Nykytilannekartoitusta tehtäessä edettiin standardin esittämässä järjestyksessä, alkaen vaatimusten katselmuksesta aina laatuasiakirjojen arkistointiin saakka. Jokaisessa kohdassa pohdittiin miten yritys on järjestänyt ko. toiminnon, onko se kuvattu jossakin tai onko siihen olemassa menettelyohjetta, standardoitua toimintatapaa tai jotain vastaavaa menettelyä tai dokumenttia ja lisäksi kuka on päävastuullinen toiminnosta. Hyvin monessa kohdin toimittiin jo nykyisellään ihan standardin hengen mukaisesti. Toisaalta myös useita kehityskohteita nousi esiin.

6.2. Esille nousseita kehityskohteita

Kehityskohteet poikkeavat yrityksittäin, mutta tässä on kuitenkin kerrottu joitakin esimerkkejä mihin tämän tutkimuksen aikana törmättiin. Kaikki projektin aikana laaditut käsikirjat perustuvat kattaviin laatuvaatimuksiin eli toiminta kuvattiin SFS EN ISO 3834-2 mukaisesti.

Prosessikuvaukset nousivat usein esiin. Pääprosessit on kuvattu, mutta hitsauksen rooli ja merkitys ei niistä välttämättä käy ilmi. Tähän liittyy myös katselmuksot, joita kyllä käytetään mm. osto- ja tilausprosessien yhteydessä. Katselmoinnissa ei kuitenkaan oteta riittävästi tai

ainakaan systemaattisesti kantaa hitsauksen vaatimusten ja yrityksen kyvykkyyden läpikäymiseen. Prosessikuvauksia päivittämällä sekä määrämuotoisten katselmuspohjien laadinnalla saadaan tilanne paremmin hallintaan.

Vastuiden kuvauksessa ei näy hitsauskoordinaattoria nimikkeenä tai hänen vastuukuvauksensa puuttuu. Myös hitsauksen koordinoinnin varamies tulee olla nimetty. Selkeimmäksi tavaksi korjata tilanne todettiin ns. vastuumatriisin rakentaminen, jossa avataan organisaatio-kaaviossa kuvattujen henkilönimikkeiden vastuut sekä ainakin tärkeimpien vastuiden varajärjestelyt. Hitsauskoordinaattorin tehtävät voidaan toki kuvata myös itse laatukäsikirjassa.

Hitsaajien pätevyyydet olivat pääosin kunnossa, mutta hitsausoperaattoreille ei pätevyyskriteeriä ole samassa laajuudessa hankittu vaikka standardi sitä edellyttääkin. Joiltakin osin pätevyyydet eivät tosin vastanneet tuotantoa. Hitsausohjeiden osalta tilanne oli vieläkin puutteellisempi. Hyväksyttyjä hitsausohjeita oli käytössä vain jos tuotestandardi tai asiakasvaatimukset olivat niitä edellyttäneet. SFS EN ISO 3834:n 2- ja 3- taso kuitenkin edellyttää hyväksyttyjä hitsausohjeita ja niiden käytön valvontaa. Ratkaisuina tilanteeseen mietittiin standardihitsausohjeiden käyttämistä niiltä osin kuin se on mahdollista. Standardihitsausohjeita on saatavilla kaupallisesti, mutta toinen vaihtoehto olisi yritysten yhdessä hankkimat hitsausohjeet, joku yrityksistä tai vaikkapa oppilaitosorganisaatio voisi koordinoida asiaa.

Hitsausaineiden varastoinnin suhteen löytyi melko helposti korjattavia puutteita, esim. lämpötilan ja/tai ilmankosteuden mittausta ei ollut järjestetty. Myös laatuasiakirjojen ym. dokumenttien käytön ja arkistoinnin suhteen jouduttiin pohtimaan oikeita menettelytapoja. Esimerkiksi valinta sähköisen ja paperisen dokumentin välillä. Kulkeeko dokumentti työmääräimen mukana, vai löytyykö se henkilöstökansista, toiminnanohjausjärjestelmästä tai verkkolevyiltä. Kuvaus on tehtävä realistisesti, esimerkiksi olemassa olevista käytännöistä valitaan parhaimmat ja vakiinnutetaan ne normaaliksi toiminnaksi.

6.3. Yhteenveto

Laadulle on määritettävä tarkoituksenmukainen taso. Jos yrityksen strategia on toimia kattavien laatuvaatimusten mukaan, niin sen on oltava tietoinen valinta. Mikäli peruslaatuvaatimukset riittävät, eli mahdolliset tuotestandardit, lakisääteiset vaatimukset tai asiakas ym. vaatimukset täyttyvät, on otettava huomioon että myös ylilaatu aiheuttaa turhia kustannuksia. Laatutasovaatimuksiin vastaamisessa nousee katselmuksella merkittävään rooliin. Katselmuksessa mm. varmenneetaan että yrityksellä on riittävät valmiudet täyttää asetetut vaatimukset.

Yleissääntönä voidaan todeta, että hitsaukselle on luotava edulliset olosuhteet, johon liittyy oikean tiedon oikea-aikainen saatavuus sekä ammattitaitoinen hitsauksen koordinointi. Kun esimiehet ja johto hoitavat työnsä hyvin, myös hitsaajat kokevat työnsä mielekkääksi ja ovat motivoituneita. Hitsaajia on koulutettava, pätevoiditettävä ja heille on annettava kaikki tarpeellinen tieto, jotta heillä olisi riittävä edellytykset suoriutua työstä vaatimusten mukaisesti.

7 Hitsauksen simulointi ja etäohjelmointi

Hitsausrobottien etäohjelmoinnilla pyritään tehostamaan robotin ohjelmointityötä, parantamaan laatua sekä pitämään robottien käyttöaste korkeana. Robottisolu on investointi joka tuottaa sitä paremmin, mitä vähemmän tuotanto on pysähdyksissä. Kun hitsausohjelmaa tehdään perinteiseen tapaan opettamalla robottia käsiohjaimella, kuluu tuotantoon käytettävissä oleva aika tuottamattomaan työhön.

Etäohjelmoinnissa, kuten termistäkin on pääteltävissä, ohjelman teko toteutetaan robotista erillään, tietokoneella. Robottisolun toiminta ei keskeydy hitsausohjelman tekemistä varten, vaan solu voidaan pitää käynnissä aina seuraavan ohjelman lataukseen asti. Valmis ohjelma voidaan siirtää verkon kautta robotille, joten ohjelmointityö ei ole sidottu robotin sijaintiin. Ohjelmoinnin ohessa hitsattavalle tuotteelle on mahdollista suunnitella kiinnitin hitsausta varten, todentaa valmistus- tai vaiheajoja sekä ylipäättään testata onko tuote hitsattavissa robotilla.

Robottien ohjelmoinnin tehokkuus korostuu pohjoissavolaisille konepajoille tyypillisessä piensarjatuotannossa, jossa tuotekirjo on yleensä suuri ja eräkoot pienehköjä. Useassa yrityksessä vallitsevan käsitysten mukaan sarjakoon tulee olla riittävän suuri, jotta tuotteen robotisoitu hitsaus kannattaa. Tämä pitää hyvin paikkansa, mikäli robotin ohjelmointiin ei ole käytössä tehokkaita työkaluja. Tältä pohjalta tarkasteltaessa etäohjelmointi ohjelmistoilta vaaditaan hyvää käytettävyyttä ja tehokkuutta toiminnoissa.

HitNetWork-hankkeen aikana hitsausrobottien etäohjelmointiin paneuduttiin useammassa yritys-casessa. Lisäksi ohjelmia käytettiin Savonian omissa tutkimuksissa sekä opetuksessa. Igrip-ohjelmisto on ollut Savonialla tutkimuskäytössä vuodesta 2000 lähtien. Muut tässä raportissa syvemmin tarkastelussa olevat ohjelmistot on hankittu kolmen viime vuoden aikana. Koska hankkeen aikana käytettiin eri ohjelmia, päätettiin näiden kokemusten pohjalta toteuttaa yhteenveto, jossa käydään läpi ohjelmien ominaisuuksia ja käytettävyyttä. Ohjelmistoista saa tietoa ohjelmistotoimittajien kautta, mutta ohjelmistojen välistä vertailua nykyaikaisista ohjelmista ei ole yleisesti saatavilla. Tämän raportin tavoitteena on tuoda esille ohjelmistojen ominaisuuksia riippumattoman osapuolen näkökulmasta. Lisäksi raporttiin on koottu ohjelmistojen hintatietoja toimittajilta saatujen tietojen pohjalta, sekä listattu muita suomesta saatavilla olevia vastaavia ohjelmistoja.

Vertailtavat ohjelmistot jakautuvat kahteen ryhmään robottimerkkien osalta. ABB:n RobotStudio on suljettu ympäristö, jossa on hyödynnettävissä vain ABB:n robotit ja käsittelylaitteet, kun taas muut tarkastelussa olevat ohjelmat ovat ”avoimia”, ja niihin löytyy kirjastot valtaosaan markkinoilla olevista robottimerkeistä ja malleista. Avoimet ohjelmistot vaativat yleensä räätälöintiä, jotta ne soveltuvat tehokkaaseen työskentelyyn - käyttöliittymän toiminnot joudutaan pääsääntöisesti muokkaamaan robottimerkin ja sovelluksen mukaan. Lisäksi ne vaativat robottimerkin mukaan toteutetun postprosessorin, koodinkääntäjän, jonka avulla ohjelmakoodista saadaan oikeanlaista. Robottimerkkikohtaisissa ohjelmissä kääntäjä on yleensä sisäänrakennettu, jolloin ohjelma tuottaa koodia joka toimii robotilla sellaisenaan.

Robottimerkkiin sidonnaiset ohjelmistot koostuvat yleensä perusversiosta, joka sisältää mahdollisen robottiohjaimen (*robot controller*) sekä perustoiminnot robotin ohjelmoimiseen. Sovelluskohtaisesti on saatavilla tiettyä tarkoitusta varten räätälöityjä moduuleita, kuten esim. kaa-rihitsaus, jotka sisältävät tehokkaammat toiminnot ohjelmointiin sekä prosessikohtaiset käskyt.

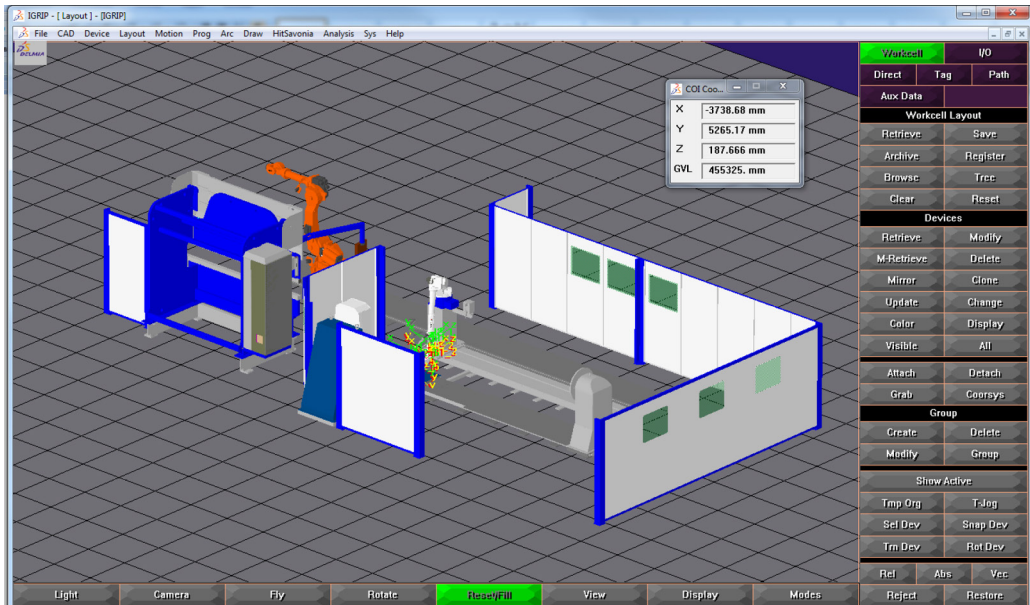
Yrityksen hankkiessa etäohjelmointiin ohjelmistoa,ärkevin ja usein myös tehokkain ratkaisu on hankkia ohjelmisto sekä kalibroitu solumalli pakettina. Tällöin ohjelmiston toimittaja ”rakentaa” yrityksen robottisolusta/soluista ohjelmointiin soveltuvan mallin, jonka avulla ohjelmointi tehdään.

7.1. IGRIP

Interactive Graphics Robot Instruction Program, eli lyhennettynä **IG-RIP**, on alan merkittävimpiä ohjelmia. Vielä 5-10 vuotta sitten ohjelma oli erittäin yleinen hitsauksen etäohjelmointi- ja simulointiohjelma. IGRIP on vielä laajasti käytössä alan yrityksissä vaikkakin markkinoille on viimeisen vuosikymmenen aikana tullut useita varteenotettavia vaihtoehtoja ohjelmalle.

Igrip-ohjelmisto on tapahtumapohjainen monipuolinen simulointiohjelma, jolla voidaan simuloida manipulaattoreita ja robotteja 3D-maailmassa. Ohjelmistoon on integroitu oma 3D-piirtotyökalu, jolla voidaan suunnitella tarvittavat 3D-komponentit. Ohjelmaan voidaan myös tuoda kolmiulotteisia malleja muista suunnitteluohjelmista. Piirtotyöka-

lun kömpelyydestä johtuen kaikki monimutkaisemmat osat kannattaa piirtää jollakin muulla suunnitteluohjelmalla.



Kuva 13. Kuva IGRIP-ohjelman käyttöliittymästä.

Igrip -ohjelmiston monipuolisuuden ja sitä kautta monimutkaisuuden vuoksi joudutaan sen käyttöliittymä käytännössä aina räätälöimään. Räätälöinnissä tarvittavat toiminnot ohjaavat painikkeet kootaan loogisiin yhtenäisiin ryhmiin ja samalla käyttöliittymä voidaan haluttaessa suomentaa. Myöskään ohjelmiston mukana seuraavat robottiohjelmien kääntäjät eivät toimi ilman muutoksia. Lisäksi vaaditaan pieniä apuohjelman pätkiä (scriptejä), joilla helpotetaan ohjelman käyttöä ja saadaan suoritettua monimutkaisemmat toiminnot yhdellä painikkeen painalluksella.

Igrip on räätälöitynä monipuolinen ja hyvä työkalu hitsauksen etäohjelmointiin. Hyvin suunniteltuna ja apuohjelmien avulla hitsien suunnittelu malliin on kohtuullisen nopeaa ja sujuu kokeneelta käyttäjältä sujuvasti. Räätälöitynä sovelluksessa on myös monipuoliset paikoituspisteiden muokkausmahdollisuudet joilla voidaan kopioida, peilata ja asemoida yksittäisiä pisteitä tai pisteryhmiä. Myös käännös robotille on helppo ja kaikki käskyt kääntyvät oikealla tavalla. Joillekin robotimerkeille (Fanuc, Cloos...) tarvitaan vielä erillinen kääntäjä jolla Igrip-ohjelman tuottama tekstimuotoinen ohjelma käännetään robotin ymmärtämäksi ohjelmaksi.

Ohjelman heikkoutena on se, että se vaatii aina yrityskohtaisen räätälöinnin josta johtuen käyttöönottokustannukset nousevat korkeiksi. Samoin varsinaisen ohjelman korkea hankintahinta rajoittaa sen käyttöä.

Ohjelma soveltuu hyvin eri layout ja robottimerkkien testaukseen ja suunnitteluun laajan robottikirjastonsa vuoksi. Monipuolisuudessaan ohjelma on omaa luokkaa ja sitä voidaan käyttää käytännössä lähes kaikkiin ajateltavissa oleviin robotti- ja manipulaattorisovelluksiin maalauksesta kokoonpanoon ja hitsaukseen.

7.2. ABB-Robotstudio

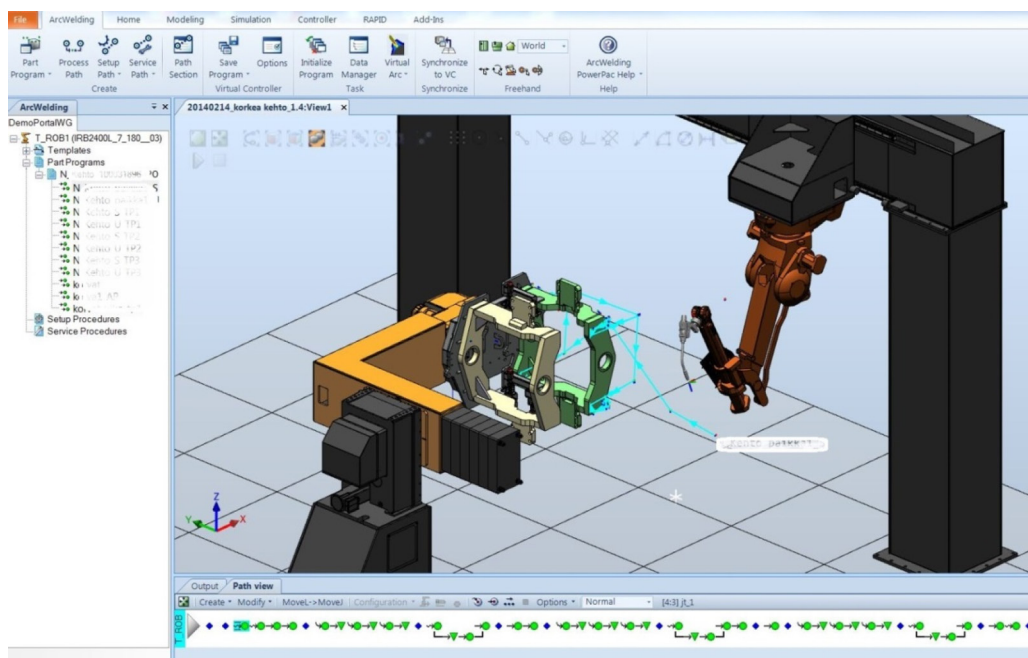
ABB:n RobotStudio on laajemmin vertailtavista ohjelmistoista ainoa, joka on sidottu vain yhteen robottimerkkiin. RobotStudio on virtuaalisen robottijärjestelmän luomiseen, muokkaamiseen ja ohjelmointiin soveltuva ohjelmisto. Näiden lisäksi RobotStudion avulla oikean robottijärjestelmän hallinta ja muokkaus on toteutettavissa verkon kautta, datan siirron onnistuessa kätevästi molempiin suuntiin. Ohjelmoitavasta robottisovelluksesta riippuen, RobotStudion päällä hyödynnetään sovelluskohtaista *PowerPac*:ia, josta löytyy optimaaliset toiminnot ja käskyt.

ArcWelding PowerPac on tarkoitettu kaarihitsausrobotin ohjelmointiin ja sen käyttöliittymä sisältää hitsausohjelman luomiseen tarvittavat toiminnot. RobotStudion taustalla on käynnissä jatkuvasti *Virtual Controller* - vastaava ohjaustietokone kuin ABB:n IRC 5 -roboteissa. Hitsausradat luodaan kuitenkin ns. aseman puolella, jossa VC ei ole vielä käytössä. Kun ohjelma kokonaisuutta halutaan testata, synkronoidaan se VC:lle ja ajetaan simulaatio sen avulla. Esimerkiksi railonhaun liikkeet toimivat oikealla tavalla vasta VC:llä ajettavassa simulaatiossa. Se että ohjelman testaus ja muokkaukset tehdään eri paikoista hankaloittaa hieman työtä ja ohjelmien ja tietojen synkronointeihin tulee alussa kiinnittää huomioita. Vaikka VC hieman hankaloittaa ja hidastaa ohjelmointityötä, pystytään sen avulla varmistamaan että ohjelma toimii juuri halutulla tavalla. Virtual Controller mahdollistaa kaikkien robotilla olevien käskyjen lisäämisen ohjelmaan ja monimutkaistenkin ohjelma kokonaisuuksien rakentamisen sekä testaamisen.

RobotStudiosta sekä ArcWelding PowerPac:sta on olemassa hyvät ohjeet, joissa kuvataan kaikki käytettävissä olevat toiminnot. Lisäksi verkossa on kaikille avoin RobotStudio-foorumi, josta voi kysyä apua ohjelmaan liittyviin ongelmiin. Tavallisten käyttäjien lisäksi ohjelmiston kehittäjät seuraavat foorumia ja vastaavat aktiivisesti kysymyksiin. Kaarihitsausrobotin ohjelmointiin ei kuitenkaan hankkeen aikana löydetty selkeää workflow -ohjeistusta, joten sellainen tehtiin itse.

ArcWelding PowerPacin kanssa RobotStudiolla pystytään ohjelmoimaan hitsausrobotteja erittäin monipuolisesti. Tämä kuitenkin vaatii riittävää koulutusta ja melko jatkuvaa käyttöä, jotta tuntuma pysyy yllä. Lisäksi robotin ohjelmasyntaksista on tiedettävä enemmän verrattuna muihin vertailussa olleisiin ohjelmistoihin. RobotStudion ehdoton valttikortti on sen monipuolisuus. Sen avulla voidaan hallita robottisolua ja sen dataa, tehdä varmuuskopiot sekä luoda ohjelmat. Näiden monipuolisten ominaisuuksien johdosta hitsausrobottien ohjelmointityö ei ole kuitenkaan aivan yhtä jouhevaa, kuin juuri hitsauksen etäohjelmointia varten räätälöidyillä ohjelmilla. Monipuoliset ominaisuudet vaativat enemmän painikkeita sekä valikoita ja niiden lisääminen heijastuu käytettävyyteen.

Uusin versio RobotStudiosta on ladattavissa ABB:n sivuilta. Ensimmäisen 30 päivän ajan ohjelman kaikki ominaisuudet ovat vapaasti käytettävissä. Vuotuinen lisenssi RobotStudioon maksaa hieman vajaat 1000 € ja hitsaukseen tarkoitettu Arc Welding PowerPac toisen tonnin. Voimassa olevilla lisensseillä on saatavilla aina uusimmat versiot ohjelmista. 30 päivän trial-jakson jälkeen käyttöön jäävät ominaisuudet mahdollistavat kuitenkin joitain yksinkertaisia toimintoja, kuten yhteyden muodostamisen oikealle robotille sekä datan ja ohjelmakoodin muokkauksen. Ilman lisenssiäkin RobotStudio on kätevä jatke robotin käsiohjaimelle, erityisesti haastavamman ohjelmakoodin tekemisessä.



Kuva 14. Solumalli ja valmista hitsausohjelmaa Robotstudiassa.

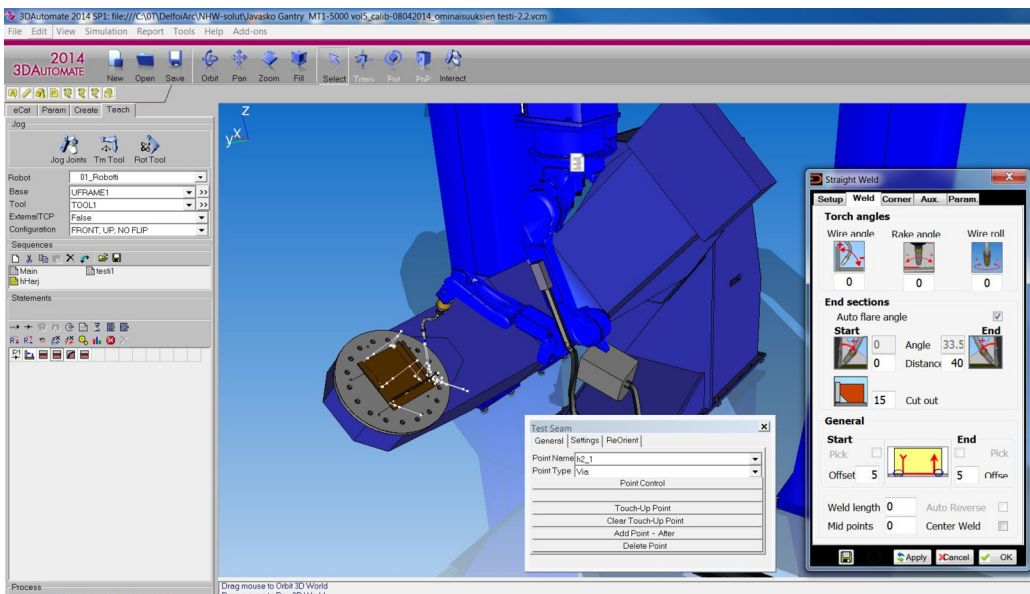
7.3. DelfoiARC

Delfoi Oy vaihtoi vuonna 2012 etäohjelmointi-ohjelmistoalustansa Delmia V5:stä suomalaiseen Visual Componentsiin. Tämän tuotannon simulointiin alun perin tarkoitetun ohjelmiston päälle on rakennettu hitsausrobottien etäohjelmointiin tarkoitettu ohjelma. Delfoilta löytyy myös Visual Componentsin alustaa käyttävät leikkaus- ja maalausrobottien ohjelmointityökalut, joissa hyödynnetään platformin 3D-mallin pinnantunnistustoimintoja, eli 3D-mallin topologiaa.

DelfoiARC-ohjelmiston käyttö on mahdollista myös Visual Componentsin tuotannon simulointiin tarkoitettujen 3DCreate ja 3DAutomate -ohjelmien kanssa. Normaalisti DelfoiARC kuitenkin toimitetaan erillisenä pakettina, joka sisältää vain tarvittavat ominaisuuden etäohjelmointiin. 3DAutomate ja 3DCreate -ohjelmilla on mahdollista rakentaa myös omia solumalleja, mutta suljetun rakenteen vuoksi itse tehdyt solumallit eivät toistaiseksi toimi DelfoiARcin kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaa että ohjelmisto, kalibroitu solumalli, sekä robottikohtaiset kääntäjät on hankittava Delfoin kautta. Delfoin kumppaneille on kuitenkin tarjolla Setup-paketti, joka mahdollistaa itse tehtyjen solu-

jen integroimisen DelfoiARC:iin. Setup-paketti sisältää solumallin kalibrointityökalut, tarvittavat kääntäjät sekä solukohtaiset parametrit ja skriptit.

Tällä hetkellä ohjelmistoa DelfoiARC myydään tuotteena ”as is”. Mikäli asiakasprojektissa on tarvetta kustomoinnille, voidaan se tehdä joko DelfoiARC -perustuotteen lisäosana (Add-On) tai tarvittaessa kokonaan kustomoituna tuotteena. Delfoin pyrkimyksenä on, että yhdellä käyttöliittymällä voidaan hoitaa eri merkkisten robottien ohjelmointi ja ohjelmaa päivitetään tarpeen mukaan joitain kertoja vuodessa.



Kuva 15. DelfoiARC-käyttöliittymä ja hitsin asetusvalikot.

Koska ohjelma on tehty erityisesti hitsausrobottien ohjelmointia varten, on valikoiden määrä saatu pidettyä vähäisenä. Hitsien luonnissa käytettävissä toiminnoissa on pyritty visuaalisuudella helpottamaan asetusten tekemistä. Ohjelma sisältää käteviä lisätoimintoja, joista on apua myös muissa toimenpiteissä. Hitsausaika ja hitsin pituudet saadaan helposti näkyviin ja robottioperaattorille voidaan toteuttaa kuvallinen raportti ohjelman käyttöönoton tueksi. Törmäystarkasteluihin voidaan muiden ohjelmistojen tapaan asettaa useampia tarkastelupaikkoja.

DelfoiARC on tarkastelussa olleista ohjelmistoista ollut käytössä Savonialla lyhimmän aikaa. Ohjelmistolla tehtyjä ohjelmia ei voitu testata

käytännössä robotilla, koska Savonialla ei ole vielä käytössä virtuaalista solumallia. DelfoiARC:n eri versioita käytössämme on ollut 2013 syksystä lähtien muutama ja testauksessa on käytetty Delfoin toimittamaa demosolua.

Hitsien luonti DelfoiARC:n avulla on erittäin joutuisaa. Ohjelma optimoi käsittelylaitteen ja ulkoisten akseleiden käyttäytymisen käyttäjän valitsemalla tavalla, eikä niihin muuta huomiota juuri tarvitse kiinnittää. Monimutkaisillekin railomuodoille hitsien luominen vaatii vain kahden tason sekä aloituspisteen määrittämisen. Kun hitsi on luotu, pääsee asetuksia muuttamaan joko yksinkertaisen pikavalikon tai monipuolisen, laajemman valikon kautta. Polttimen asennon muokkauksissa hyvänä apuna toimivat paikkapisteissä näytettävät polttimen ääriviivat, josta työkalun asento käy selkeästi ilmi. Muiden ohjelmistojen tapaan käyttäjän täytyy lisätä manuaalisesti joitain välipisteitä jotta törmäyksiltä vältytään.

Jos hitsausrobotin etäohjelmoinnilta haetaan tehokkuutta, on DelfoiARC ehdottomasti listan kärjessä. Hitsien luonti ja muokkaus ovat käytettävyydeltään parempia kuin muissa tarkastelussa olleissa ohjelmistoissa. Ohjelma kokonaisuuden luominen sekä testaaminen voisi kuitenkin olla vielä kätevämpää. Vasta kun ohjelmakokonaisuus ajetaan simulaatiolla läpi, toimivat robotin nivelille asetetut rajat oikealla tavalla. Hitsejä askel kerrallaan testattaessa voi yksittäisen hitsin liikkeet näyttää toimivilta mutta simulaatiossa robotin nivelen raja tulee vastaan. Tähän voidaan kuitenkin vaikuttaa siten, että ennen hitsin luontia tehdään manuaalisesti paikkapiste sopivalla robotin asennolla. Delmia V5:ssä ja RobotStudiossa kätevin tapa on ensin luoda hitsi ja sitten paikkapisteet niiden välille.

Vaikkakin kokemuksemme DelfoiARCI:n osalta on vertailtavista ohjelmistoista vähäisintä, on se nykyisiltä toiminnoiltaan erittäin vakuuttava. Täysin realistisen kuvan ohjelman toimivuudesta pystyy kuitenkin muodostamaan vasta pidemmän käytön jälkeen. DA sisältää paljon ominaisuuksia, joita on monesti tullut toivottua käyttäessä muita etäohjelmointi ohjelmistoja. DA tulee vielä varmasti hioutumaan nykyisestä muodostaan monien toimintojen osalta ja yksinkertainen asennuspaketti, tuote-installer julkaistaan ennen kesää 2014. Jos yrityksellä on harkinnassa etäohjelmointi, kannattaa ehdottomasti pyytää ohjelmistosta 30 pv:n kokeiluversio, joka sisältää perusohjelman, esimerkiksi solun sekä tutorial-paketin.

Ohjelmisto on saatavilla ”avaimet käteen” -periaatteella ja toimitus sisältää ohjelmiston, kalibroidun solumallin sekä koulutuksen. Robottisolulle, jossa on rata sekä kaksiakselinen käsittelylaite, kustannukset ovat noin 25 000€. Lisäksi ohjelmistoon liittyvät päivitykset sekä ylläpidon ja virhekorjaukset sisältävä ylläpitomaksu on 2800€ vuodessa. Lisätietoja antaa Delfoi Oy.

7.4. Delmia V5 (+DelfoiARC)

Delmia V5 on monipuolisempi versio yleisemmin tunnetusta Catia V5 -suunnitteluohjelmasta. Erillisten lisämodulien, *Workbenchien*, avulla ohjelmaa voidaan käyttää robottien ja työstökoneiden ohjelmointiin. Ohjelmistosta löytyvät lisäksi ominaisuudet 2D-piirtotoiminnoista 3D-mallinnukseen sekä tuotannon simulointiin.

Delmia V5:n kanssa Savonialla on käytössä DelfoiArc -lisäosa, joka on Suomalaisen Delfoi Oy:n rakentama käyttöliittymä hitsausrobottien ohjelmointiin. Lisäksi DelfoiArc sisältää ohjelman kääntämiseen tarvittavat postprosessorit. Robottiohjelman luonnissa käytettävät käskyt löytyvät V5:n valikoista mutta DelfoiArcin käyttöliittymässä ne on koottu selkeään järjestykseen robottiohjelman tekoa silmällä pitäen. DelfoiArcin kehitystyö liittyen V5:een on päättynyt joitain vuosia sitten, Delfoin siirtyessä käyttämään Visual Components Oy:n ohjelmistoa sovelluksensa pohjana.

V5 soveltuu hyvin solumallien rakentamiseen ja muokkaamiseen. Ohjelmistoon voidaan tuoda 3D-malleja useissa eri muodoissa, joista step-muoto on toiminnaltaan varmin. 3D-mallien pohjalta käyttäjä voi rakentaa mekanismeja, kuten robotin radat ja käsittelylaitteet. Valtaosa markkinoilla olevista roboteista löytyy ohjelman kirjastosta, ja tarpeen mukaan myös robotin kinematiikka on itse luotavissa 3D-mallin pohjalta. Käyttöliittymästä löytyy toiminnot solumallin kalibroimista varten ja ainakin Savonia sai toimituksen yhteydessä nipun postprosessoreita eri merkkisille roboteille. Robottisovelluksesta riippuen postprosessorit vaativat jonkin verran räätälöintiä toimiakseen oikealla tavalla. Samoin DelfoiArcin käyttöliittymä on räätälöity robottimerkkien toiminnallisten erojen takia.

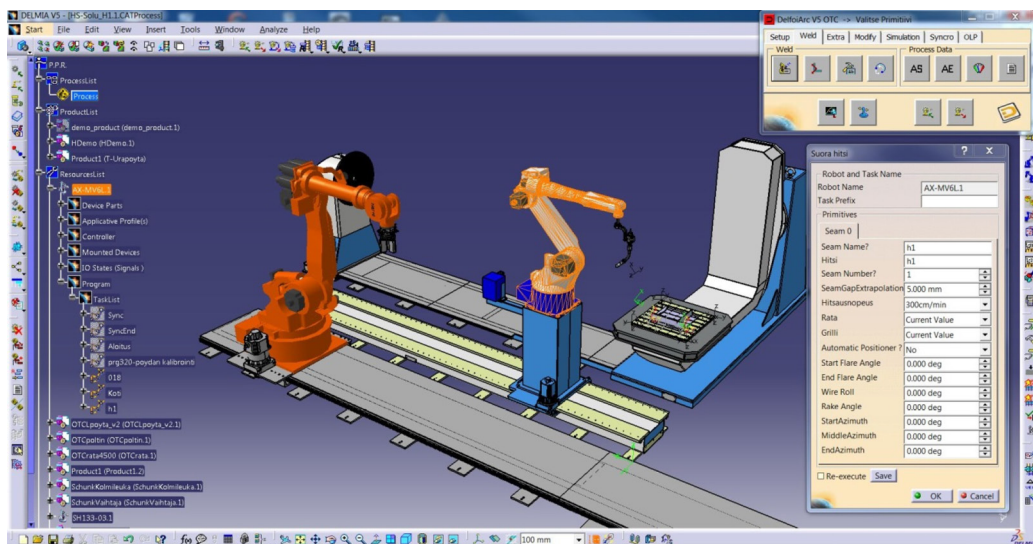
Tutkimuskäytössä Delmia V5 on ollut hyvä ratkaisu sen avoimuuden ja monipuolisuuden takia. Kirjastosta löytyvät robotit mahdollista-

vat pikaisten ulottuvuustarkastelujen ja yksinkertaisten simulointien teon. Ohjelmointityössä joutuu hyppimään valikoiden välillä sekä piirrepuussa välillä turhauttavasti. Tämä johtuu siitä, että ohjelmisto on alun perin luotu myös moneen muuhun tarkoitukseen soveltuvaksi ja valikoita on runsaasti.

Kun toiminnot ja valikot ovat tulleet tutuiksi, on hitsausohjelman teko melko joutuisaa. Hitsausratojen luomiseen käytettävien primitiivien käytön oppimisen jälkeen ohjelmointi etenee jouhevasti, mikäli ei tarvitse tehdä manuaalisia muokkauksia hitseihin. Pääohjelman luominen ja ohjelmajärjestyksen muokkaaminen ja simulointi tämän jälkeen on todella helppoa.

Ohjelmisto on joidenkin toimintojen osalta epävakaa ja tallennuksia pitää tehdä tasaisin väliajoin. Varsinkin alkuun ohjelmapaketin käyttäminen vaatii harjoittelua. Testattaessa ohjelmaa huomasimme että runsaasti paikkapistettä sisältävien hitsausohjelmien luonti ja suoritus hidasti ohjelman toimintaa merkittävästi. Ohjelman ominaisuuksista johtuen tiedon lisääntyminen piirrepuussa lisää piirrepuulle tehtäviä tarkastuksia ja näin hidastaa ohjelman toimintaa.

Kun hitsausohjelma on luotu, onnistuu sen testaus kätevästi simulointitoiminnolla ja samalla voidaan suorittaa törmäystarkastelut. Alasla-
taus postprosessorin läpi sujuu ilman ongelmia.



Kuva 16. Solumalli V5.

7.5. Simulointiohjelmien vertailu

Ohjelmistojen ominaisuuksien vertailutaulukko.

	IGRIP	DelmiaV5 + DelfoiArc	DelfoiArc	RobotStudio + AWPP
Tuetut 3D- formaatit	Vakiona Parasolid. STL, VRML tuonti onnistuu hyvin import toiminnolla.	Vakiona .step. Pitää tallentaa ensin Delmian formaattiin jotta voidaan käyttää. Jonkin verran klikkailua.	Vakiona mm. .skp,.3ds,DXF, DWG,.xyz,.pts, .xyzrgb,.bxyz,VNC, .stl, .vrml, .vrl. Muille yleisimmille formaateille saa- tavana kääntäjät.	Vakiona mm. .sat,.wrl,.stl, .dae, obj,.3ds,.rsgfx. Muille yleisimmille formaateille saa- tavana kääntäjät.
Osan asemointi+ kiinnitys	Koordinaatistojen perusteella tai monipuolisilla pai- koitustoiminnoilla	Jos kiinnityskohta osan nollapistees- sä niin helppoa, muuten vaatii klikkailua jonkin verran.	Jos kiinnityskohta osan nollapistees- sä niin helppoa, muuten hieman hitaampaa.	Jos kiinnityskohta osan nollapistees- sä niin helppoa. Muutama tapa to- teuttaa, vaativat klikkailua jonkin verran.
Hitsien luontitapa	Primitiivien avulla, vaatii harjoittelua. Primitiivit mah- dollista räätälöidä tarkoitukseen sopiviksi.	Primitiivien avulla, vaatii harjoittelua. Primitiivit mah- dollista räätälöidä tarkoitukseen sopiviksi. Juohe- va käyttö vaatii harjoittelua.	Suorille ja kaa- revia muotoja sisältäville hitseille omat asetusik- kunat. Haasta- vankin muotoiset hitsit onnistuvat helposti. Havain- nollinen.	Hitsien asetu- sikkunan kautta. Asetuksia voidaan valita ennalta teh- tyjen taulukoiden avulla. Kaipaisi lisää havainnolli- suutta.
Hitsin railopintojen valinta	Seinä- ja pohjapin- tojen valinta. Aloitus ja lopetus koh- tien valinta joko manuaalisesti tai automaattisesti. Monimutkaiset railot pitää valita manuaalisesti. Myös kaariliikkeet onnistuvat.	Seinä- ja pohjapin- tojen valinta. Aloitus ja lopetus koh- tien valinta joko manuaalisesti tai automaattisesti. Monimutkaiset railot pitää valita manuaalisesti. Kaarevien muoto- jen paikkapisteet syntyvät lineaa- rikäskyinä mutta ovat muutettavis- sa kaariliikkeiksi.	Seinä ja pohja- pinnan valinta. Aloitus ja lopetus pisteen valinta joko automaatti- sesti tai manuaa- lisesti. Kaareviin muotoihin tulee automaattisesti kaariliikkeitä.	Määritettävä peruspinta josta poltin kulma las- ketaan. Aloitus ja lopetus määri- tettävä tarkasti railosta. rajalliset hitsin muodot. Monimutkaisem- mille railoille on toiminto mutta valinnat tehtävä manuaalisesti ja kaarimuodot toteutetaan line- aarisina.
Poltinkulman asetus	Asetetaan pri- mitiivistä. Vaatii käyttämistä jonkin verran että toimin- not oppii.	Asetetaan primitiivistä. Vaatii käyttämistä jonkin verran että toiminnot oppii. Ei visuaalisuutta tukena.	Visuaalisuus auttaa asetuksen tekemisessä. Helppo asettaa.	Asetettaan poltin kulma peruspinnasta valinta ikkunaan. Melko yksinkertai- nen, visuaalisuus helpottaisi asetta- mista.

Konfiguraation hallinta	Vaatii huomiointia harvoin. Primitiivin asetetaan oletuskonfiguraatio. Muokattavissa helposti jälkikäteen.	Vaatii huomiointia harvoin. Primitiivin asetetaan oletuskonfiguraatio. Muokattavissa helposti jälkikäteen.	Vaatii huomiointia harvoin. Muokattavissa jälkikäteen helposti.	Joudutaan huomiomaan usein. "Väärinpäin" olevan robotin kanssa asetettava jatkuvasti. Paikkapisteen muokkauksen jälkeen asetettava aina uudestaan.
Kaarevan hitsin luonti	Kaariliikkeet onnistuvat. Muunnos tapahtuu primitiivin tallentamien taulukkotietojen perusteella käänsvaiheessa.	Onnistuu. Luodut liikekäskyt joudutaan muokkaamaan jälkikäteen kaarevaksi. Muuttava kaari ei ole ongelma.	Yksinkertaista, muuttuva kaari ei ole ongelma.	Vakio kaari helppo, muuttuva kaari vaatii erikoistoinnin käyttöä joka taas vaatii useiden pintojen valintoja.
Hitsaus synkronoidusti käsitteilylaitteen laitteen kanssa	Helppo, yksi valinta primitiivissä.	Helppo, yksi valinta primitiivissä.	Helppo, yksi valinta primitiivissä.	Joudutaan ennalta asettamaan käsitteilylaite ja rata oikeaan asentoon ja sitten luodaan hitsi. Synkronoitua liikettä varten täytyy luotua hitsiä muokata.
Hitsimuokkaus	Hitsausratoja voidaan muokata joustavasti joko yksittäisinä pisteinä tai valittuna pistejoukkona.	Joitain asetuksia helppo muokata, joissakin muokauksissa osa hitsin ominaisuuksista häviää.	Monipuoliset muokkaukset mahdollisia helposti. Visuaalisuus helpottaa.	Muokattavissa mutta vaatii klikkailua valikoista. Robotti hävittää konfiguraation muokkauksessa joten se on tehtävä uudelleen.
Käsitteilylaitteen asennon muokkaus jälkikäteen	Helposti muokattavissa, joko taulukkotiedoista tai opettamalla.	Melko helposti muokattavissa.	Joustavasti muokattavissa.	Melko helposti muokattavissa. Visuaalisuus helpottaisi muokauksista.
Välipisteiden lisäys ohjelmaan	Kopioimalla toisia pisteitä tai tekemällä uusia pisteitä polkuun.	Helppoa	Helppoa	Jonkin verran klikkailua valikoista.
Railonhaun teko	Helppo primitiivien avulla.	Helppoa, ottaa hakutuloksen käyttöön automaattisesti haun jälkeen.	Helppoa.	Helppoa, liikkeet näkyvät oikealla tavalla kuitenkin vasta simulatioissa.
Railonhaku tuloksen käyttö muualla ohjelmassa	Riippuen robottimerkistä aliohjelmien tai funktioikäskyjen avulla.	Onnistuu, käyttäjän pitää itse muistaa muistipaikat.	Onnistuu, apuna taulukko josta näkee käytössä olevat muistipaikat.	Lisääminen onnistuu haluttuun kohtaan, käyttäjän pitää itse muistaa muistipaikat.

Parametrien asetus	Helposti muokat- tavissa suoraan taulukkomuotoi- seen dataan.	Hitsikohtaisesti melko helposti asetettavissa. Käytössä olevien parametrien tar- kistus hankalaa.	Hitsikohtaisesti asetettavissa ja muokattavis- sa. Käyttäjä voi helposti laatia halutunlaiset taulukot.	Hitsikohtaisesti, melko kätevästi asetettavissa. Ennakkoon tehtyt taulukot nopeut- tavat asetusta. Taulukot itse toteutettavissa.
Ohjelman simulointi	Yksinkertaista oikein tehtyjen skriptien avulla. Voidaan ajaa eri nopeuksilla.	Pääohjelman ko- koaminen hieman työlästä. Simuloin- ti helppoa, nopeus säädetävissä joustavasti.	Helposti toteutet- tavissa ja nopeus säädetävissä.	Ohjelma joudu- taan siirtämään "aseman puolelta" Virtual Control- lerille. Simuloin- tinopeutta ei voi juurikaan kasvat- taa.
Törmäystarkas- telut	Voidaan määrittää useampia pareja joiden törmäyksiä tai "läheltä piti"- tilanteita voidaan tarkkailla.	Voidaan määrittää useampia pareja joiden törmäyksiä tai "läheltä piti"- tilanteita voidaan tarkkailla.	Voidaan määrittää useampia pareja joiden törmäyksiä tai "läheltä piti"- tilanteita voidaan tarkkailla.	Voidaan määrittää useampia pareja joiden törmäyksiä tai "läheltä piti"- tilanteita voidaan tarkkailla.
Ohjelman alaslataus	Postprosessori tekee käännöksen ajettavaan muo- toon. Käännös ta- pahtuu primitiivien pisteisiin tekemien taulukkotietojen perusteella.	Ohjelma ajetaan postprosessorin läpi jonka jälkeen se on siirrettäväs- sä robotille.	Ohjelma ajetaan postprosessorin läpi jonka jälkeen se on siirrettäväs- sä robotille.	Virtual Controlleril- ta ohjelma on suo- raan ladattavissa robotille ilman erillistä kääntäjää.

Muita Suomesta saatavilla olevia hitsauksen etäohjelmointi-ohjelmistoja

Olemme keränneet tähän tietoja muista Suomessa saatavilla olevista ohjelmistoista. Tiedot ovat koostettu toimittajilta saamistamme tiedoista ja sisällön laajuus vaihtelee toimitetun materiaalin mukaan.

Fanuc ROBOGUIDE WeldPRO

Fanuc:n omille roboteille soveltuva ROBOGUIDE-simulointiohjelmisto on saamiemme tietojen pohjalta tarkasteltuna hyvin paljon ABB:n RobotStudio:n kaltainen. Ohjelman taustalla on käytössä virtual controller, joka mahdollistaa samojen toimintojen toteutuksen kuin oikealla robotilla. Ohjelmistosta löytyy kirjastot Fanuc:in roboteista ja niiden pohjalta voidaan luoda virtuaalisia robottijärjestelmiä. Kaarihitsausrobottien ohjelmointiin on saatavilla lisäosa, WeldPro, josta löytyy

prosessikohtaiset käskyt sekä hitsien luontiin soveltuvat toiminnot. Hintaa ohjelmiston perusversiolla on muutaman tuhannen euron tietämillä ylöspäin. Tarkemmat tiedot ja hinnat saatavilla Fastems Oy:ltä.

KUKA.Sim Pro

Kuka-robottien oma etäohjelmointiin soveltuva KUKA.Sim Pro on rakennettu Suomalaisen Visual Componentsin ohjelmistoalustanpäälle kuten myös uusi DelfoiArc. Kuka.Sim Pro on kuitenkin sidottu vain Kukan roboteille, mutta käyttöliittymät ja toiminnot muistuttavat paljon DelfoiArc:ia. Layouttien teko onnistuu ohjelman robotti ja komponentti kirjastojen avulla ja lisäksi on mahdollista luoda ohjelmoimalla omia älykkäitä komponentteja. Ohjelmiston taustalla on käytössä virtuaalinen controller, joka suorittaa ohjelmakoodia oikean robotin tavoin. Ohjelmiston peruspaketin hinta on hieman yli 10 000 €. Lisätietoja antaa KUKA Nordic AB

Kawasaki

Myös Kawasakilta löytyy virtual controllerin pohjalle luotu simulointi ja etäohjelmointi ohjelmisto K-Roset. Ohjelmistossa on kirjasto Kawasakin roboteista ja niistä voidaan rakentaa virtuaalisia soluja. Myös useampia robotti controllereita sisältäviä soluja on mahdollista rakentaa ja simuloida. Kaarihitsauksen ohjelmointiin soveltuvan ohjelmiston hinta on n. 1500€. Ominaisuudet vaikuttavat samankaltaisilta kuin muissakin robottimerkkien omissa simulointiohjelmistoissa. Ohjelmistosta lisätietoja antaa järjestelmätoimittaja Orfer Oy joka käyttää ohjelmistoa aktiivisesti mm. omassa projektitoiminnassaan.

Kustannukset

Ohjelmistojen välinen hintavertailu on yleisesti ottaen äärimmäisen hankalaa. Osaltaan tähän vaikuttavat periaatteet, joilla toimittajat ilmoittavat hinnat. Ohjelmiston hankkivan yrityksen kustannukset koostuvat ohjelmistolisenssin hinnan lisäksi ohjelmointiin soveltuvan solumallin rakentamisesta ja henkilöstön koulutuksesta sekä mahdollisista ylläpitomaksuista.

Tehokkaan etäohjelmoinnin edellytyksenä on toimiva ja kalibroitu solumalli. Lähtökohtaisesti suosittelemme että sellainen kannattaa hankkia valmiiksi toteutettuna, jos riittävää tietotaitoa ei omasta yrityksestä

löydy. Toimiva solumalli mahdollistaa tehokkaan ohjelmointityön ilman turhia kikkailuja.

Jotta ohjelmiston käyttöönotto on tehokasta, tarvitaan riittävää koulutusta. Ohjelmistojen käyttöliittymiin tulee jatkuvasti intuitiivisuutta avuksi mutta koulutusta vaaditaan aikaisemmasta kokemuksesta riippuen vähintään 2-4 päivää. Lähtökohtana on hyvä pitää vankkaa kokemusta hitsauksesta ja mielellään roboteista. Koska ohjelmointia tehdään tietokoneella, on riittävä osaaminen myös tällä saralla tärkeää. Ohjelmiston hankinnassa on tärkeä hahmottaa että riittävä koulutus antaa hyvän pohjan tehokkaalle etäohjelmoinnin käyttöönotolle. Koulutuksissa säästäminen johtaa todennäköisesti siihen että kustannukset siirtyvät piilossa pidemmälle ajanjaksolle, kun ohjelmaa opetellaan käyttämään tuotanto-ohjelmia tehdessä.

Yrityksen harkitessa etäohjelmointia, tulisi pohtia tarkkaan millaiseen tarpeeseen ohjelmistoa ollaan hankkimassa. Jos tavoitteena on tehdä tehokkaasti ohjelmia useille eri tuotteille, kannattaa vertailua tehdä kriittisesti etäohjelmointiin räätälöityjen ja robottimerkkien omien ohjelmistojen välillä. Realistisen vertailun vuoksi hankinnan kaikki kustannukset on hyvä selvittää, eikä pelkästään tehdä ratkaisua ohjelmiston hinnan perusteella. Jos taas tavoitteena on ohjelmiston monipuolisempi käyttö muuhunkin kuin etäohjelmointiin, antavat robottimerkkien omat ohjelmat laajemmat mahdollisuudet tähän tarkoitukseen.

8 Hankkeissa tehty tutkimus- ja kehitystyö

Hitnetwork-hankkeen suunnitteluvaiheessa lähtökohdaksi otettiin TWM ajattelu. Se on toimintatapa, jossa kehittämisalueena on koko hitsaustuotanto ja siinä tarkastellaan myös hitsaushenkilöstön osaamista ja pätevyyksiä. Lisäksi siihen kuuluu hitsaukseen liittyvät toiminnot, kuten osavalmistus, railonvalmistus, kiinnittimet sekä viimeistely ja jälkityöt. TWM- periaatteeseen kuuluu ”kuumien pisteiden” hakeminen, jolla tarkoitetaan kohteita joita kehittämällä saavutetaan suurimmat hyödyt. Siinä kiinnitetään huomiota myös hitsaamon layout-suunnitteluun ja materiaalivirtoihin.

Tässä esitellään suurimmat tutkimuskokonaisuudet joita hankkeessa tehtiin. Näiden kokonaisuuksien lisäksi tehtiin useita pienempiä projekteja.

Kartoitusvaiheessa havaittiin selkeitä ”hotspotteja” hitsauskiinnittimiin liittyen. Myös TWM -materiaalissa mainitaan kiinnittimet useissa kohdissa. Kirjassa tuodaan esille kiinnittimiltä tavoiteltavia ominaisuuksia, niiden toteutuksen suunnitelmallisuutta, ja useassa kohdassa käytetään termiä ”hyvä” kiinnitin. Kirjassa ei kuitenkaan kiinnittimien suunnitteluun oteta syvemmin kantaa.

Oleellisimmin hitsauskiinnittimet liittyvät neljään viimeisimpään toimenpiteeseen (*welding do's*).

1. Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta.
2. Vähennä kaariaikaa.
3. Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua.
4. Vähennä työn rasittavuutta.
5. Vähennä turhaa liikettä, siirtelyitä ja odotusta

8.1. Hitsauskiinnittimien suunnittelu

Hitsauskiinnitin on yleistermi jolla tarkoitetaan kiinnitintä joka mahdollistaa, helpottaa tai tehostaa hitsausta ja siihen liittyviä toimenpiteitä.

Koska kyseessä on yleistermi, tarkoitetaan sillä rakenteeltaan ja käyttötarkoitukseltaan hyvinkin erilaisia hitsauskiinnittimiä.

Perinteisesti hitsauskiinnittimiä rakennetaan pk-yrityksissä työntekijöiden toimesta ja niihin panostetaan yrityksen näkökannasta katsoen hyvin vähän aikaa, rahaa ja resursseja. Tältä kannalta katsoen ei ole yllättävää että niistä mahdollisesti saatavia hyötyjä ei ole helppo hahmottaa.

Yritysten työntekijät voivat karsastaa hitsauskiinnittimiä koska ne rajoittavat työntekijän mahdollisuutta vaikuttaa hitsausprosessin kulkuun ja vähentää siinä tarvittavaa käsityön/taidon osuutta. Hitsaus on käsityötä ja sen vakioiminen syö työn tekemisen mielenkiintoisuutta työntekijän näkökannasta katsoen. Tuotannon laadunhallinnan ja tehokkuuden kannalta työnteon ja laadun vakioiminen on kuitenkin hyvä ja tavoiteltava asia.

Hitsauskiinnittimien käytön yleistymisen kulkee usein käsi kädessä yrityksen laatujärjestelmien käyttöönoton kanssa. Laatujärjestelmät vaativat tuotannolta tasaista työn jälkeä joka on yleensä helpoin saavuttaa vakioimalla tuotantoa mahdollisimman paljon. Hitsauksessa tähän voidaan vaikuttaa merkittävästi erilaisten kiinnittimien avulla joiden käyttäminen pakottaa hitsaamaan tuotteen aina samalla tavalla ja samassa järjestyksessä.

Robotisoitu hitsaus, käsittelylaitteesta riippuen, vaati jonkinlaisen kiinnittimen. Yleisinä vaihtoehtoina isommilla tuotteilla on tehdä silloitus erikseen toisessa, siihen tarkoitettussa kiinnittimessä ja hitsaus yksinkertaisemmassa hitsauskiinnittimessä. Lyhyehköjen valmistusaikeiden tuotteilla tehokas tapa on koota osat kiinnittimeen, mahdollisesti silloittaa osat siinä käsin, ja hitsata robotilla loput. Tällöin kiinnittimen suunnittelu vaatii yleensä perehtymistä ja enemmän työtä. Pienillä tuotteilla robotisoinnissa kannattaa pyrkiä sijoittamaan kiinnittimeen mahdollisimman monta osaa, jotta päästään pitkiin hitsausvaiheisiin. [Tekninen tiedotus 15/87]

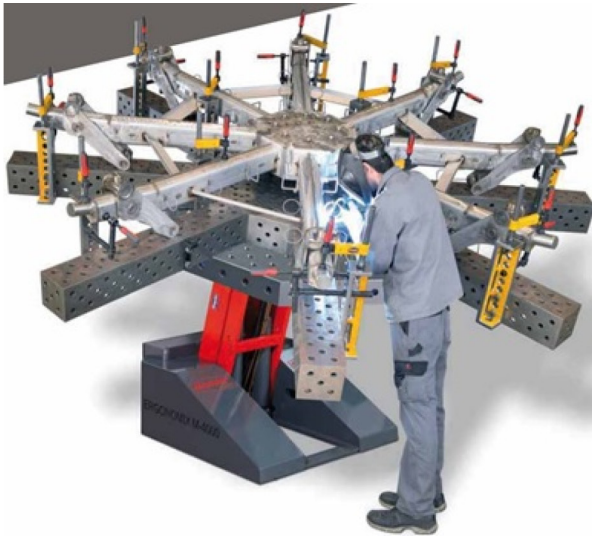
Kiinnittimen suunnittelusta ja valmistuksesta tulee aina kustannuksia ja ne vaihtelevat suhteessa kiinnittimellä valmistettavaan eräkokoon. Lisäksi kiinnittimen lukumäärän kasvaessa niihin sitoutuu huomattavasti pääomaa, jonka tuotto harvoin valmistettavilla sarjoilla voi olla kyseenalainen. [Barckhoff, J. 2005, Tekninen tiedotus 15/87]

Jotta kiinnittimiä voidaan hyödyntää kannattavasti, voidaan sen suunnittelussa lähteä tuoteperhe-ajattelusta, eli siitä että yksi kiinnitin soveltuu usean jossain määrin samankaltaisen tuotteen hitsaukseen. Tämä tietysti edellyttää että on olemassa tuoteperhe tai ainakin tuotteita, joiden yhteneviä piirteitä voidaan hyödyntää kiinnityksessä. Määrätietoisien tuote- ja valmistuksen suunnittelun avulla on kuitenkin mahdollista toteuttaa kiinnittimiä, joita voidaan hyödyntää laajaan tuotekirjoon.

Askel edellisestä eteenpäin on hyödyntää täysin tai osittain modulaarisia kiinnitinratkaisuja. Modulaarisissa kiinnitinratkaisuissa hyödynnetään vakiokomponentteja joista kootaan työtä varten tarvittava kiinnitin. Mikäli tuotteen kiinnittämiseen ei täysin voida hyödyntää olemassa olevia vakiokomponentteja, voidaan joitain pieniä kokonaisuuksia joutua valmistamaan itse. Tällaisessa tapauksessa valmistettava osa tulisi kuitenkin olla kiinnitettävissä osaksi modulaarisen kokonaisuutta. [Tekninen tiedotus 15/87]

Modulaaristen kiinnittimien avulla voidaan hillitä varastoon kertyviä kiinnittimiä, kun erän valmistuttua kiinnitin voidaan purkaa ja sarjan mahdollisesti toistuessa kiinnitin taas koota uudelleen. Ratkaisu vaatii suunnitelmallisuutta ja kiinnittimen kokoonpanokuvat on toteutettava hyvin, jotta se voidaan koota tehokkaasti. Modulaarisista kiinnittimen osista on saatavilla 3D-mallit, joiden avulla suunnitteluaikaa voidaan lyhentää. Nykyään yleisimpiin 3D-mallinnusohjelmiin on saatavilla moduuli komponenttien toimittajien valmistamia lisäosia kiinnittimien suunnitteluun. [Tekninen tiedotus 15/87]

Täysin modulaarisista osista rakennettavaan kiinnitinratkaisuun joutuu investoimaan huomattaviakin summia rahaa. Kiinnitysosista kertyy nopeasti kustannuksia eikä ole silti varmaa että tuote saadaan kiinnittimeen sopimaan ilman räätälöintiä. Ongelmana on ehkä pikemminkin se, että täysin modulaarisista osista rakennettu kiinnitin ei kuitenkaan ole yhtä hyvä kuin tuotekohtaisesti suunniteltu kiinnitin. Tästä syystä kyseisenlaiset ratkaisut tuskin yleistyvät pk-yritysten käytössä.



Kuva 17. Modulaariset kiinnittimet.

Suhteellisen pienellä investoinnilla voidaan sen sijaan saavuttaa selkeitä hyötyjä, kun otetaan edellä mainitut tuoteperheet ja samankaltaisten tuotteiden käyttö huomioon ”perinteistä kiinnitintä” suunnittelussa. Tämä ei vaadi kallista työpanosta yritykseltä ja kiinnittimen käyttöaste saadaan selvästi korkeammaksi kuin yksittäisille tuotteille tehtävä kiinnitin. Esimerkkinä tällaisista sovelluksista on seuraavaksi esiteltävät HitNetWork –hankkeen case-projekteissa toteutetut kiinnittimet.

8.1.1. Case Normet

Normet Oy:n kiinnitinsuunnittelun toteuttamiselle haettiin periaatteet koko HitNet-hankkeen perustana olleesta TWM-ajattelusta. Kohteeksi valittiin yrityksen hitsaustoiminnoista se, jolla pystyttiin vaihtamaan tehokkaimmin laatuun, tuottavuuteen ja taloudellisuuteen. Normet Oy:n tapauksessa se oli robottihitsaukseen tulevien runkojen silloituskiinnitin. Lähtötiedot kiinnitinsuunnittelulle saatiin hitsaajilta, joilla oli pitkäaikainen runkojen hitsauskokemus ja näkemys siitä miten silloitus tulisi tehdä. Myös suunnittelijat olivat mukana siten että tuotteeseen tehtiin tarvittavia muutoksia sen valmistettavuuden parantamiseksi.

Lähtötilanteessa hitsaamossa oli käytössä kiinnittimiä joihinkin pienempien osakokonaisuuksien koontiin. Ne eivät olleet suunniteltuja

kiinnittimiä vaan hitsaajat olivat koonneet ne erilaisista ylijäämä osista. Niiden mittatarkkuutta ei ollut tarkastettu mutta ne helpottivat merkittävästi hitsaajien työtä.

Rungot koottiin ja silloitettiin mittamaalla suoran teräspöydän päällä. Palkkiosien korkeuspaikoituksiin käytettiin sorvattuja holkkeja, erilaisia putken pätkiä ja säätöruuveja.

Osa osista hitsattiin lopullisesti jo silloitusvaiheessa lähinnä luokse päästävyyden varmistamiseksi. Hitsaajilla oli myös käytössä grillityyppinen kääntölaite, jolla koko silloitettua runkoa voitiin pyörittää pituusakselin ympäri.

Runkoon liittyi myös alikokoonpanoja, joista osa tuli verkostotoimittajilta ja osa koottiin Normet Oy:n hitsaamossa. Esimerkiksi lokasuojat, sylinterinkorvat ja puomipukki tulivat valmiiksi koottuna verkostotoimittajilta. Takarungot hitsattiin runkohitsaajien toimesta kokoon erillisessä kiinnittimessä, jonka jälkeen ne kiinnitettiin päärunkoon.

Tavoitteet

Tavoitteena oli hitsaamon tuottavuuden sekä tuotteiden laadun parantaminen. Projektin päämääränä oli kehittää kiinnitin, jonka avulla voitaisiin silloittaa koko runko yhdellä kertaa. Lisäksi verkostotoimittajien valmistamiin lokasuojiin oli tarkoitus valmistaa erilliset kiinnittimet, jotka olisivat kulloisenkin valmistajan käytettävissä.

Laadullisina tavoitteina oli kokoonpanohitsauksen jälkeisen rungon mittojen toistuvuuden ja tarkkuuden parantaminen robottihitsauksen vaatimalle tasolle. Lisäksi Normetin tavoitteena oli käyttää etäohjelmointia runkojen hitsausohjelmien ohjelmointiin ja myös tämän vuoksi runkojen kokoonpano suunniteltiin uudelleen.

Yhtenä päätavoitteena oli uudenlaisen kiinnitinkulttuurin tuominen hitsaamoon, siten että kiinnittimen suunnittelu ja käyttö jatkuisi yrityksessä myös hankkeen jälkeen. Kiinnittimien myötä hitsaajien työn toivottiin helpottuvan, siten että virheet kokoonpanossa vähenisivät.

Tuottavuuden mittaamiseen käytettiin tuotteen läpimenoaikaa ja hitsaustyöhön käytettyä aikaa. Muiden tavoitteiden täyttymistä mitattiin haastattelemalla hitsaamon henkilökuntaa ja muita hankkeeseen osallistuneita hankkeen päättymisen jälkeen.

Kiinnittimen suunnittelu ja rakenne

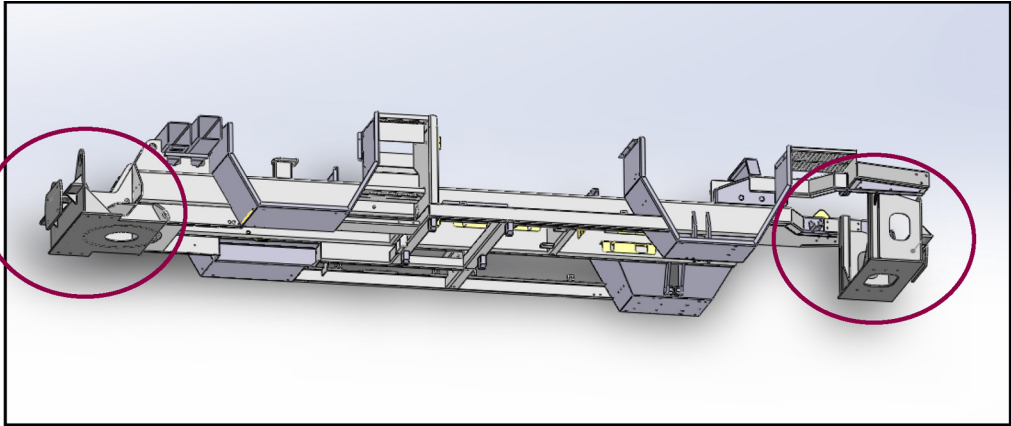
Hankkeen alussa päätettiin että kiinnittimet suunnitellaan ja valmistetaan kahdelle robottihitsaukseen tulevalle, varsin samankaltaiselle runkotyypille. Kiinnitinsuunnittelu aloitettiin vanhemmasta runkomallista, jonka osalta pyrittiin minimoimaan kiinnittimen valmistuskustannukset, koska oli tiedossa että kyseessä on tuotannosta lähiaikoina poistuva tuote.

Hankkeen aikana vanhemmasta runkomallista luovuttiinkin ja kiinnitinsuunnittelussa keskityttiin uudempaan runkomalliin käyttäen osittain pohjana jo tehtyä suunnittelua mutta suunnittelemalla kiinnittimestä modulaarinen ja muunneltava.

Modulaarisuus toteutettiin siten että kiinnittimeen tuli selkeä runko-osa johon varsinaiset osien paikan määräävät paikoitus- ja päätymoduulit kiinnitettiin pulttiliitoksilla. Runko tehtiin kahdesta pitkittäisestä putkipalkista, joiden päälle hitsattiin lattaraudat. Lattarautojen pinta koneistettiin suoraksi ja siihen porattiin kierrereiät paikoitusmoduulien kiinnitystä varten. Paikoitusmoduulit koottiin leikkeistä hitsaamalla. Lopulliset kiinnittimen mitat olivat: 7,6 m pitkä, 2,2 m leveä ja 1,2 m korkea. Kiinnittimen painoksi muodostui n. 2000kg.

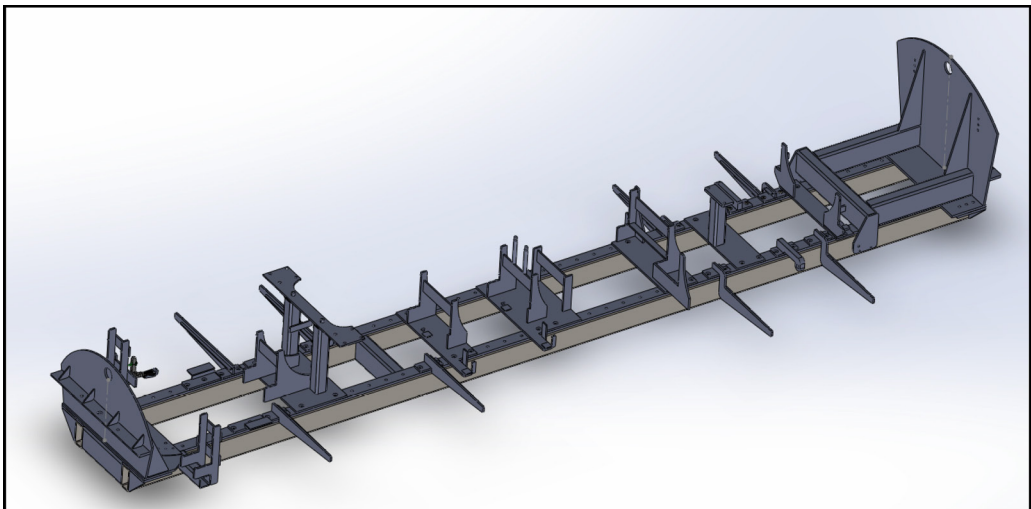
Paikoitusmoduulien kiinnittämiseen runko-osaan käytettiin uppokan-
tapultteja. Koneistettujen kartioreikien ja pultissa olevien kartioiden avulla moduulit saatiin asemoitua tarkasti kiinnittimen runkoon. Moduulien pohjalevyt koneistettiin suoraksi ja samalla paikoitusnastat koneistettiin mittatarkaksi. Tällä parannettiin paikoitusmoduulien mittatarkkuutta.

Kiinnitinrungon molempiin päihin tuli pulttikiinnitteiset päätyosat joita käytetään rungon kiinnittämiseksi silloituksessa pyörityspöytään. Samat päätyosat seuraavat runkoa robottihitsaukseen, jossa niitä käytetään sen kiinnitykseen vaakapyörityspöytään. Varsinainen kiinnittimen runko jää tällöin vapaaksi seuraavaa silloitusta varten. Näitä päätykiinnitysosia tehtiin kahdet siten että valmiiksi silloitetun rungon ollessa robottihitsauksessa seuraavaa runkoa voidaan silloittaa.



Kuva 18. Robottihitsaukseen käytetyt päätykiinnitysosat (ympyröity).

Modulaarisesta rakenteesta johtuen kiinnittimen valmistuksessa tarvittiin runsaasti koneistuksia ja paikoitusmoduulien erilliset rungot nostivat kiinnittimen painoa. Näistä syistä johtuen kiinnittimen valmistuskustannukset olivat suuremmat kuin ei-modulaarisen ratkaisun. Suunnittelussa pyrittiin ottamaan huomioon valmistettavuus ja kustannukset. Kustannuksia pyrittiin säästämään vähentämällä koneistettuja osia ja käyttämällä pääasiassa plasmaleikkeitä. Kiinnittimien suunnitteluvaiheessa haettiin myös uusia toimintamalleja tuotannon ja suunnittelun väliselle kommunikaatiolle. Tavoitteena oli, että tuotannon ja hitsaajien näkemykset tuotteen rakenteesta, työmenetelmistä ja tuotteiden valmistamisesta otettaisiin huomioon entistä paremmin jo tuotteen suunnitteluvaiheessa.

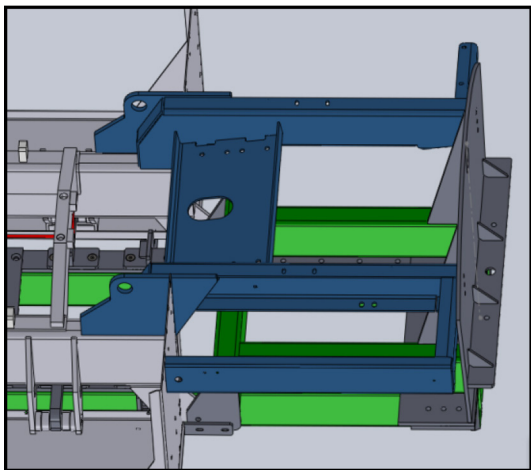


Kuva 19. Rungon kiinnitin.

Valmis kiinnitin runkoineen vietiin simulointimalliin, jossa tarkasteltiin robottiaseman ulottuvuudet ja polttimen luoksepäästävyys.

Kiinnittimien käyttöönottovaiheessa hitsaajien kanssa käytiin läpi kokoamisjärjestys ja kiinnittimen käyttöön liittyviä asioita. Samalla myös hitsaajat saivat esittää parannusehdotuksia kiinnittimeen. Lisäksi kiinnitettiin huomiota esim. nostovälineisiin ja muihin aputyökaluihin jotka helpottavat hitsaajien työtä ja tekevät siitä turvallisempaa.

Runkojen kokoamisjärjestyksestä tehtiin Excel-taulukko, jossa olivat alikokoonpanojen koonti ja niihin kuuluvat osat sekä pääkokoonpanon koontijärjestys. Jokaisen osan sijainnista kiinnittimessä oli 3D-ohjelmasta otettu kuva joka oli linkitetty taulukkoon. Taulukon on tarkoitus olla hitsaajien käytössä joko tietokoneella tai paperiversiona. Käyttöönottovaiheessa sovittiin myös säännöt siitä kenen päätöksellä kiinnittimiä voidaan muuttaa. Pääperiaate oli että kiinnitintä ei muuteta muuten kuin tuotteen rakenteen muuttuessa.

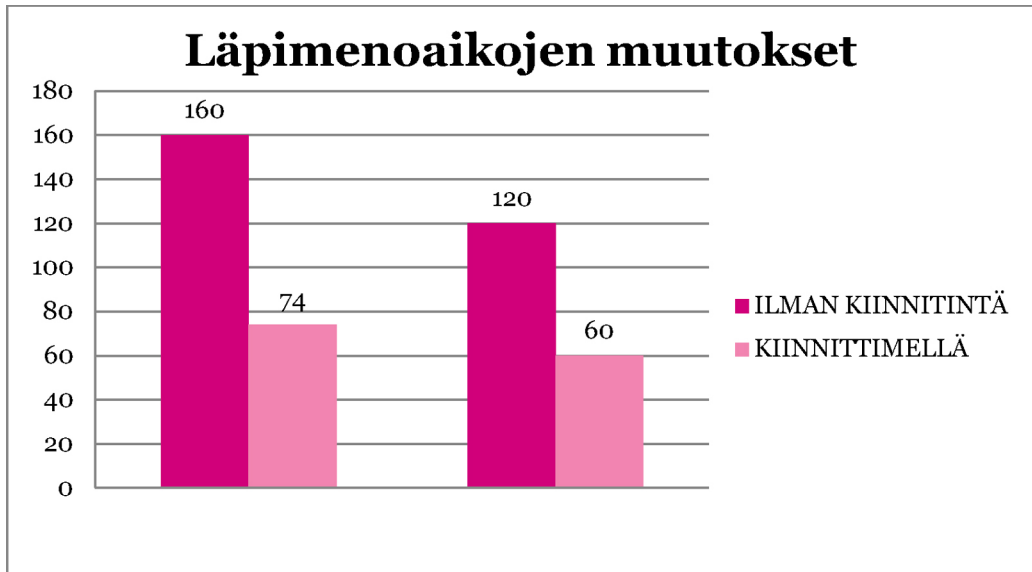


Kuva 20. Osien sijaintikuva kokoonpano-ohjeessa. Asennettavat osat sinisellä.

Tulokset

Silloituskiinnittimien käyttöönotto oli edellytys robottihitsauksen käyttöönotolle runkojen hitsauksessa. Kiinnittimien ansiosta silloitetujen runkojen mittatarkkuus on parantunut ja kokoonpanovirheet vähentyneet. On myös huomattu että loppukokoonpanossa osat sopivat paremmin paikoilleen kuin ennen. Myös hitsaajat ovat pääosin tyytyväisiä uuteen valmistustapaan.

Alla olevassa kuvassa on esitetty hitsauksen kokonaisvalmistusaikojen muutos kummallekin kiinnittimille. Kummankin runkotyyppin osalta valmistusaika lyheni noin 50%, mutta on huomioitava että valmistusaikojen muutokseen on vaikuttanut kiinnittimen lisäksi siirtyminen robottihitsaukseen.



Suurin yksittäinen kustannus kiinnittimien valmistuksessa aiheutui kiinnittimen suunnittelusta. Normetilla on laskettu että investointi kiinnittimiin oli kannattava, ja että kiinnittimet maksavat itsensä takaisin normaalilla tuotantomäärällä noin kahdessa kuukaudessa. Lisäksi on huomioitava että se oli myös edellytys hitsaustuotannon kehittämiselle ja tuotteiden siirtämiselle robottihitsaussoluun. Tämän perusteella voidaan todeta että valittu kehityskohde oli oikea ja saavutetut tulokset erinomaisia.

8.1.2. Case Ratesteel

Kiinnitinsuunnittelun kohteeksi valikoitui Ponsse Oy:lle valmistettava pankonjatkeet –tuoteperhe. Tuoteperhe valmistettiin ennen kehitystyötä käsityönä Ratesteel Oy:ssä ja se soveltuu rakenteeltaan hyvin robottihitsattavaksi tuotteeksi. Valitun kohteen kehitystyö palvelee myös itse päähankkijayritystä, jonne työ näkyy parempana laatuna ja alenevana hinnankorotuspaineena.

Tuoteperhe valmistettiin ennen kehitystyötä käsityönä ja kiinnittin-suunnittelun myötä se haluttiin saada robottihitsaukseen. Suunnittelun lähtökohtina pidettiin tuoteperhettä, käytettävissä olevaa robottihitsaussolua sekä nykyistä tilauskantaa. Suunnittelu ja prototestaustyö tehtiin pääosin Savonialla. Yrityksen laitteisiin ja tuotteisiin tutustuttiin Ratesteel Oy:llä Vieremällä.



Kuva 21. Pankonjatkeiden kiinnitin.

Tavoitteet

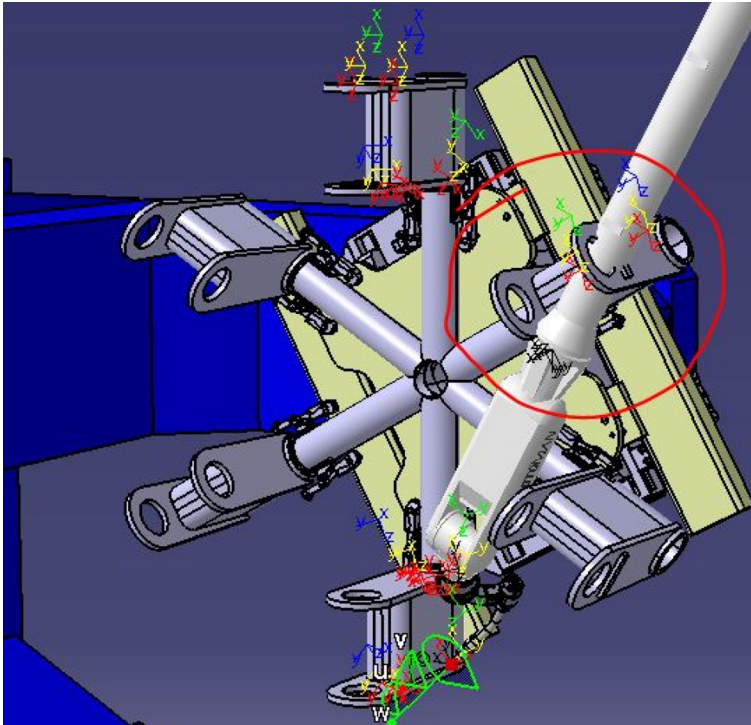
Hitsauskiinnittimen kehitystyön tavoitteena oli tuoteperheen hitsauksen automatisointi sekä tuottavuuden ja laadun parantaminen. Tuottavuuden parantamista päätettiin mitata läpimenoajalla, sekä työhön käytetyllä manuaalisella työajalla. Laadullisissa tavoitteissa pyrittiin pitämään sama toimitusvarmuus, sekä parantamaan hitsauksen laadun tasaisuutta.

Suunnittelun alkuselvitysvaiheessa tavoitteeksi asetettiin 6-12 kappaleen hitsaus yhdellä asetuksella jotta asetusaajat saataisiin mahdollisimman pieneksi.

Kiinnittimen suunnittelu ja rakenne

Tuoteperhe asetti kiinnittimelle tietyt vakiomitat sekä kiinnityspisteet. Kiinnitinmalleja luotiin useita, joista paras löytyi ulottuvuustarkastelun avulla. Tämän jälkeen suunniteltiin yhdelle tuotteen kiinnittämiseen tarvittava rakenne. Rakennetta toistettiin tämän jälkeen kiinnittimeen tulevien kappaleiden lukumäärän verran.

Kiinnittimen suunnittelu suoritettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla kesän 2012 aikana. Suunnittelutyötä edelsi työn lähtökohtiin perehtyminen. Ensimmäinen kiinnitinmalli oli luonnostelma, jonka avulla pyrittiin selvittämään parasta kiinnitystyyliä ja hitsausasentoa. Kiinnitin testattiin Delmian V5 –hitsauksen simulointi ja ulottuvuustarkasteluohjelmalla, josta saatiin hyviä ideoita. Ensimmäisessä mallissa valittiin hyvät hitsausasennot ja kiinnitystyylit.



Kuva 22. Ensimmäinen kiinnitinversio ulottuvuustarkastelussa.

Käytettävissä oleva solu asetti omat rajoitteensa kiinnittimen ulkomittojen ja painon suhteen. Ulkomittoja ei voinut kasvattaa määräänsä isommiksi robottisolun teknisen toteutuksen takia. Yhden tuotteen kiinnitys vaati tilaa tuotteen ympäriltä, jolloin huomattiin että tavoiteltu tuotteiden lukumäärä 12 olisi melko epäkäytännöllinen.

Nykyinen tilauskanta rajasi kiinnittintä siinä määrin, että sitä ei kannattanut suunnitella yksittäisille tuotteille. Tuoteperheen menekki oli suhteellisen tasaista, ja sitä oli paljon. Tällöin oli tärkeää saada mahdollisimman monta tuotetta kerralla hitsaukseen, ja kiinnittimen oli sovelluttava kaikille tuoteperheen tuotteille.

Ensimmäisen kiinnittimen pohjalta suunniteltiin tuotteen kiinnitystä varten testauskiinnitin, jolla todellista kiinnitystapaa pystyttiin testaamaan. Prototestauksen avulla pystyttiin testaamaan ja valitsemaan tarkoitukseen parhaiten sopiva kiinnitystapa hallitusti ja turvallisesti Savonian tiloissa. Kun kiinnitystapa oli valittu, se mallinnettiin ja otettiin käyttöön kiinnitinsuunnittelussa.

Prototestauksella oli merkittävä rooli tuotteen lopputuloksessa, sillä kiinnityksestä saatiin luotettava yksinkertaisella ja halvalla rakenteella. Yksinkertainen rakenne mahdollisti useamman tuotteen sijoittamisen kiinnittimeen, ilman että tuotteiden hitsaus kärsi. Kiinnittimen ulottuvuustarkastelu tehtiin Delmian V5-ohjelmistolla. Ulottuvuustarkastelussa testattiin kuinka monta kappaletta todellisuudessa saadaan sijoitettua hitsattavaksi, ja niiden tarkat paikat pystyttiin määrittelemään. Lopulliseen kiinnittimeen saatiin sijoitettua 6 tuotetta, ja niiden hitsausaste oli noin 95 % luokkaa. Suunnittelu saatiin nopeasti päätökseen kun tuotteiden tarkat paikat olivat tiedossa.

Tulokset

Lopullinen kiinnitin valmistettiin laser-leikatusta S-355 teräksestä. Laserleikkeiden lisäksi kiinnittimeen kuuluu pikakiinnittimiä, sekä kohdistuskartioita. Tuotteen lopullinen paino oli noin 500 kg ja sen valmistaminen materiaaleineen maksoi noin 2500 €.

Kiinnittimen hyötyjä mitattiin aluksi laskennallisten arvojen perusteella. Laskelmallisesti arvioidut hyödyt osuivat melko hyvin kohdalleen, mutta kyseiset arvot haluttiin vielä tarkistaa mittaamalla. Kiinnittimen hyödyt tuotantokäytössä todennettiin seuraamalla ja mittaamalla tuotantoa käyttöönoton jälkeen. Tulokset olivat seuraavat:

- Tuotteen läpimenoaika laskenut 9 %
- Hitsaajan käyttämä aika laskenut 53 %

Tuloksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon että hitsausrobotin hitsausnopeus on nopeampi kuin hitsaajan. Kiinnittimessä käsitellään

kuutta kappaletta kerralla jolloin tuotteen valmistukseen käytetyn asetusajan merkitys pienenee.

Hitsaajalta siirtyi robotille kapasiteettiä 53 %, joka taas tekee siirtyneen työn noin 20 % nopeampaa. Tuloksia mitatessa arvioitiin lisäksi että mikäli työt jaoteltaisiin tehokkaammin setittäjille, voitaisiin hitsaajan työmäärää laskea 63 %:iin asti.

Lisäksi tuotteessa on silminnähden huomattavissa laadun paraneminen tasaisempaan hitsauksena sekä toistuvina tuotteina.

Loppuarviona voidaan sanoa, että hitsausrobotin käyttöönotto laski yrityksessä tuotteen läpimenoaikaa n.10 % ja se vähentää hitsaajan työaikaa noin puolella. Tehokkaasti setittäjää käyttämällä, hitsaajalle voitaisiin saada vielä ylimääräinen 10 % työaikaa käyttöön.

Projektin myötä toimituksen ennakointi on noussut, sekä tuotteen laatu on parantunut.

8.1.3. Case Stera

Kiinnitinsuunnittelun pilottituotteiksi valittiin Ponssen hydraulisäiliöt. Säiliöiden suunnittelussa oli lähtökohtaisesti huomioitu robotisoitu hitsaus sekä yhtenevät piirteet. Tuotteet oli suunniteltu ”puhtaalta pöydältä” ja prosessin aikana Stera Technologies oli mukana antamassa oman näkemyksensä tuotteiden valmistettavuuteen. Muutostarpeita ilmeni useita kertoja projektin aikana, josta johtuen tuotteen hankkeessa tehtyyn suunnitteluvaiheeseen kului ennakoitua enemmän aikaa.

Case tuotteet olivat koneen vastakkaisille sivuille tulevat säiliöt, jotka ovat pääpiirteiltään toistensa peilikuvia. Tuotteet koostuvat pääosin särmätyistä ja särmäämättömistä ohutlevyistä, holkeista sekä vaihtelevan paksuisista kiinnitysosista. Tuotteiden kiinnityspisteet koneeseen ovat lähes identtiset ja niitä pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman paljon myös valmistukseen liittyvissä kiinnityksissä.

Valitut pilottituotteet ovat melko haastavia ohutlevyrakenteita, joiden mittatarkkuus on tuotteen toimivuuden kannalta kriittinen. Lisäksi käsihitsattavaksi tuotteet ovat melko haastavia ja työläitä. Tuotteiden menekki on suuri, joten katsottiin että tuotteet tarvitsevat valmistukseen soveliaat kiinnittimet.

Koska kyseessä oli vasta tuotantoon tulossa oleva uusi tuote, jouduttiin kiinnitinsuunnittelua tekemään useassa osassa ja muuttamaan suunnitelmia sitä mukaa, kun tuotteisiin tulevista muutoksista saatiin tietoa. Vaikkakin tuotteita oli vain kaksi, käsiteltiin niitä tuoteperheenä.

Tavoitteet

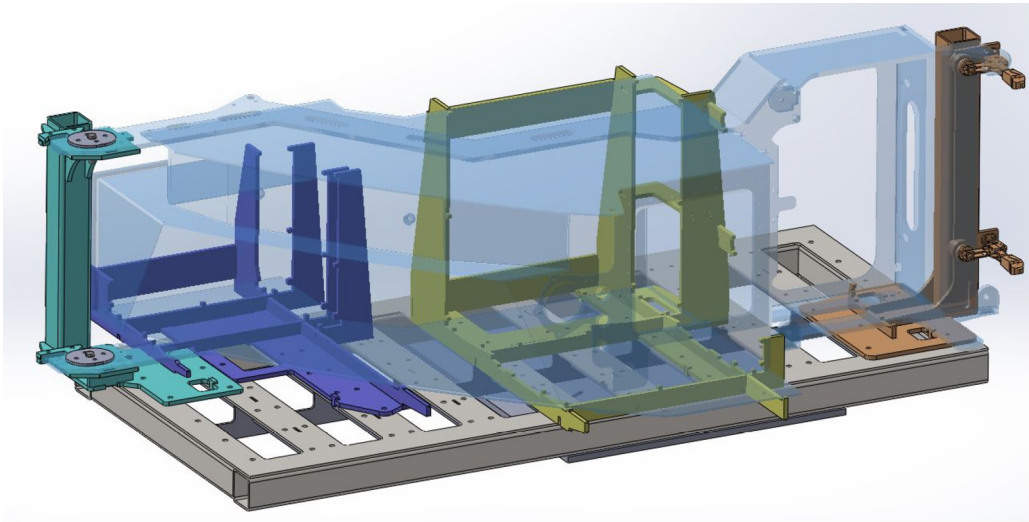
Myös tässä projektissa hitsauskiinnittimien suunnittelutyön tavoitteena oli tuoteperheen hitsauksen automatisointi, läpimenoajan lyhentäminen sekä laadun parantaminen. Kiinnittimien tuli olla helpokäyttöisiä, kompaktin kokoisia sekä käytettävissä valmistussolujen käsittelylaitteissa. Kiinnittimien ja robotisoinnin vaikutusta seurattiin mittaamalla tuotteen valmistukseen käytettyjä käsihitsausaikoja sekä valmistumisen jälkeen läpimenoaikaa robottisolussa. Yhtenä työkaluna robotin hitsauskiinnittimen suunnittelussa käytettiin yrityksessä käytössä olevaan hitsausrobotin etäohjelmointiohjelmalla. Robotin ohjelmointi tehtiin samalla ohjelmalla yrityksen toimesta.

Kiinnittimen suunnittelu ja rakenne

Esisuunnitteluvaiheessa kartoitettiin toimintaympäristö ja kiinnittimelle asetettavat vaatimukset sekä halutut toiminnallisuudet. Tähän kuului mm. tuotteen toiminnallisuudet sekä oleelliset mitat, robottisolun aiheuttamat vaatimukset kiinnittimelle, kiinnittimien kiinnitys käsittelylaitteisiin, enimmäispaino sekä käsiteltävyys.

Silloituskiinnitin

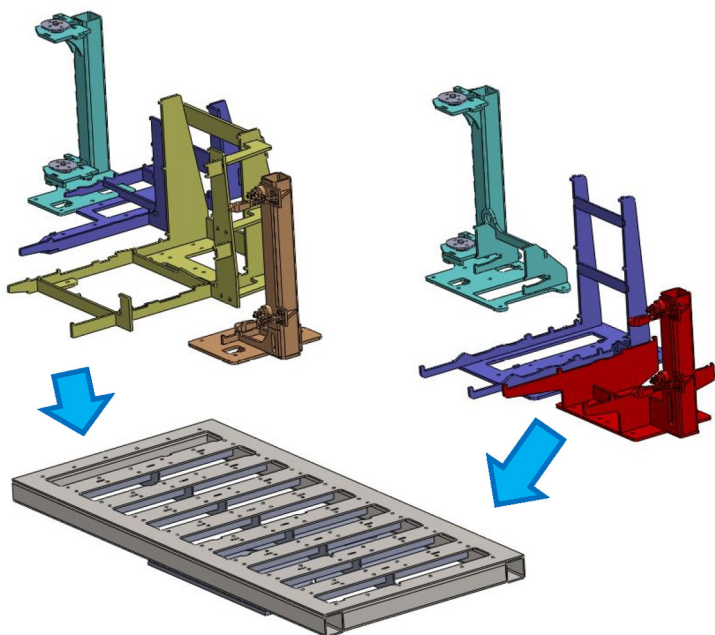
Silloituskiinnitinkokonaisuutta lähdettiin suunnittelemaan yhden perusrungon ympärille siten että perusrunkoa voidaan käyttää molemmilla tuotteilla. Perusrungon päälle suunniteltiin tarvittava määrä moduuleita, joiden avulla eri tuotteet pystytään kokomaan. Perusrunkoon toteutettiin sopivat hahlot, joihin moduulit paikottuvat yksilöllisesti. Tämä varmistaa pulteilla kiinnitettävien moduulien asettamisen vain oikeaan paikkaan. Lisäksi perusrunko on hyödynnettävissä myös muiden tuotteiden kiinnittimiä varten.



Kuva 23. Moduulit perusrungon päällä.

Moduulien koossa otettiin huomioon, että työntekijä pystyy helposti asettamaan ne paikalleen ilman nosturia. Moduuleihin suunniteltiin osien paikoitukseen vastinpintoja, joihin osat ladotaan paikalleen. Suunnitteluvaiheessa tiedettiin että kiinnitin tulee käytettäväksi käsittelylaitteessa. Kiinnittimen vastinpinnat suunnattiin siten, että valmiiksi kokoonpantu tuote voidaan sopivasta suunnasta nostamalla irrottaa kiinnittimestä kun käsittelylaitetta kallistetaan sopivasti. Nostopisteinä käytetään kohtia, josta tuotteita on muutenkin tarkoitus nostaa. Joihinkin moduuleihin tehtiin varmuuden vuoksi ylimääräisiä paikoittavia muotoja, jotka voidaan helposti poistaa jos ne huomataan turhaksi tuotannossa. Lisäksi yrityksen toimesta toteutettiin paikoittavia lisäosia.

Ainoat silloituskiinnittimeen kiinnitettävät kohdat ovat vastaavat, joista tuotteet kiinnitetään hitsauskiinnittimeen robotilla. Joidenkin osien asemointiin ja silloitukseen suunniteltiin irtonaisia paikoitustyökaluja, jotka ottavat paikotuksen silloituskiinnittimestä.

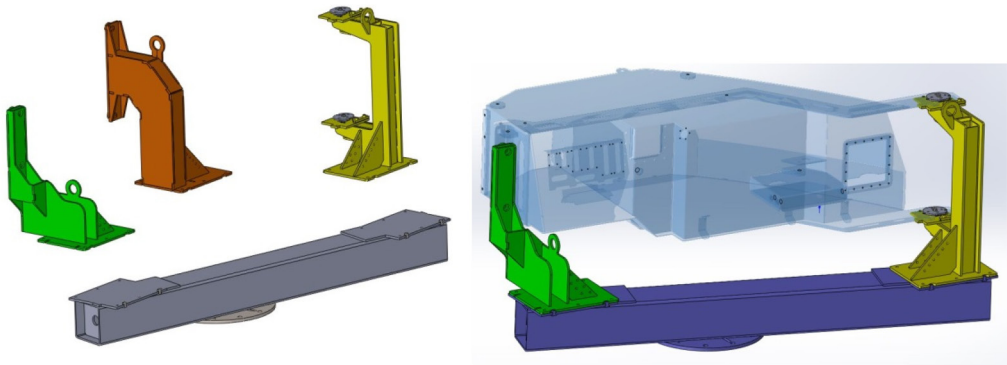


Kuva 24. Modulaarinen ratkaisu samalla pohjarungolla,

Robottikiinnitin

Säiliöiden koko, n. 2 x 1,2 x 0,6 metriä, asetti haasteen robottikiinnittimen suunnitteluun. Tuotteiden pituudesta johtuen kiinnitin jouduttiin suunnittelemaan siten, että sitä ei voida pyörittää vapaasti käsittelylaitteen 2.-akselin ympäri. Kiinnittimelle tehtiin ulottuvuustarkastelu ABB:n RobotStudio-ohjelmalla. Käytössä olevat ohjelmistoversiot hankaloittivat jonkin verran tutkimustyötä koska Savonialla oli käytössä uudempi versio ohjelmasta, joka puolestaan ei ollut yhteensopiva Steran version ja robottisolun kanssa. Ulottuvuustarkastelun avulla haettiin tuotteille optimaalinen asento ja rajattiin kiinnittimelle käytössä oleva tila. Lisäksi varmistettiin käytännöllinen asento ja korkeus, jossa tuote ladataan ja poistetaan kiinnittimestä, jotta operaattori ylettyy tekemään työn lattian tasolta.

Robottikiinnittimelle suunniteltiin niin ikään perusrunko, johon tehtiin paikat moduuleille ylä- ja alapuolen kiinnityksiä varten. Alapuolen kiinnityspisteillä on vain 20 mm:n ero, joten siihen toteutettiin yksinkertainen välipala jota käytetään tarpeen mukaan.



Kuva 25. Robottikiinnittimen perusrunko ja moduulit.

Tuotteiden asemointi robottikiinnittimeen toteutettiin siten että ne voidaan laskea nosturilla kiinnittimeen tuotteen kahdesta nostoreiästä. Tuotteet kiinnitetään kiinnittimeen kahdella pultilla molemmista päistä. Pultteja varten kiinnittimeen tehtiin ylimääräisiä kierrereikiä, joissa pultteja voidaan säilyttää. Näin operaattorin ei tarvitse hakea pultteja erikseen kauempaa. Tuotteen muutama hitsi joudutaan hitsaamaan silloitusvaiheessa, koska robottikiinnitin rajoittaa luokse päästävyyttä. Robottikiinnittimen toteutus siten että kaikki hitsi olisivat robotilla hitsattavissa, olisi ollut haastavaa käsittelylaitteen asettamien rajojen takia.

Osana hanketta suunnitellut kiinnittimet lisättiin yrityksen tuotantojärjestelmään. Kaikki kiinnittimen moduulit sekä perusrungot ovat numeroitu ja tarvittaessa työntekijä kokoaa kiinnittimen työmääräimen mukaisesti ennen varsinaisen työn aloittamista.

Tulokset

Lopullinen kiinnitin valmistettiin levyleikkeistä, putkipalkista sekä sorvatuista osista. Laserleikattaviin osiin suunniteltiin paikoitusnas-toja, jotka nopeuttivat kiinnittimen valmistusta huomattavasti. Osa kiinnityselementeistä suunniteltiin alun perin toteutettavaksi pika-kiinnittimillä mutta lopulta kaikki kiinnitykset toteutettiin pulteilla.

Kiinnittimen suunnitteluun käytettäviä työtunteja on Savonian osalta hankala mitata, koska kiinnitintä suunniteltiin monessa eri vaiheessa tuotteessa tapahtuvien muutosten takia. Karkea arvio suunnitteluajasta on noin 20-30 työpäivää pitäen sisällään tuotantoon tutustumisen ja tuotteen valmistuksen seurannan. Yrityksen henkilökunnan työtunteja

kiinnittimen ja sen valmistuksen suunnitteluun liittyen kului arvioilta noin 40 tuntia.

Tuotteiden prototyypit ja ensimmäiset tuotantokappaleet valmistettiin ilman silloituskiinnittimiä ja hitsaus tehtiin käsin. Näiden vaiheiden läpimenoaikoja verrattiin silloituskiinnittimien avulla kokoonpantuihin sekä robotilla hitsattujen tuotteiden läpimenoaikoihin. Käsihitsauksen yhteydessä läpimenoaika mitattiin yhteisesti hitsauksen viimeistelyn ja koeponnistuksen osalta, joten pelkän hitsauksen osuutta ei voida erotella, vaikka se onkin huomattava.

- Säiliön kokoonpanon läpimenoaika **nopeutui 50%** kiinnitintä hyödyntämällä
- Hitsauksen, viimeistelyn ja koeponnistuksen yhteen laskettu läpimenoaika **nopeutui 67,6%**
- Tuotteen kokonaisläpimenoaika hitsauksen osalta nopeutui **63%**

Mitattuja lukuja tarkastellessa on huomioitava että silloitustyövaihe tapahtuu jatkossakin käsityönä. Jo pelkän kiinnittimen käyttöönottoaminen laski silloituksen läpimenoajan puoleen. Ilman silloituskiinnittimien käyttöä tuotteita ei voitaisi hitsata tehokkaasti robotilla. Robotilla ei tehdä railonhakuja eikä railonseurantaa, joten kokoonpanojen tulee olla riittävän tarkkoja.

Kiinnittimet saatiin toteutettua hyvin yhteistyössä Steran kanssa vaikkakin muutokset tuotteen rakenteessa ja Savonian henkilöresursseissa venyttivät projektin aikataulun hankkeen loppupuolelle. Tutkimustyötä voisi vielä jatkaa tarkastelemalla millaista tiedon vaihtoa Savonian Steran ja Ponssen välillä tuotteen suunnittelu ja ylösajovaiheessa käytiin.

Hankkeessa tehdyn työn tulosten pohjalta olisi hyödyllistä luoda toimintamalli vastaaviin, uusien tuotteiden tuotannon suunnittelu ja käyttöönotto tilanteisiin.

8.2. Hitsausrobotin ohjelmointi voimaohjausta hyödyntämällä

Hankkeessa tehtiin tutkimustyötä voimaohjausjärjestelmän hyödyntämisestä hitsausratojen opetuksessa. Työnimellä FC-WELD kulkeneen

menetelmän kantavana ajatuksena oli se, että hitsausoperaattori voisi mahdollisimman helposti opettaa hitsausradan työsolussa ilman koke-
musta etäohjelmoinnista.

Johdanto

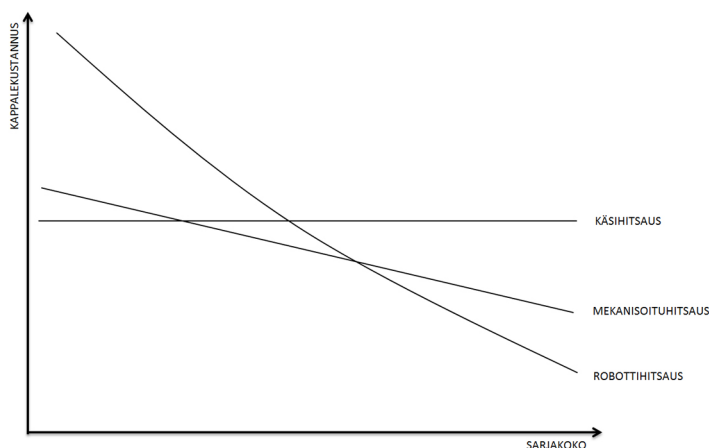
Perinteisesti hitsausautomaation eri tasot jaetaan viiteen eri kategori-
aan [Esa Hiltunen, 2006]:

- **Käsinhitsaus:** Ihminen suorittaa kaikki hitsaustapahtumaan liitty-
vät toimenpiteet.
- **Osittain mekanisoitu hitsaus:** Hitsauspään kontrollointi suorite-
taan käsin mutta lisääineen tuonti ja tai hitsaus tapahtuma tapah-
tuu ”napin painalluksena”.
- **Täysin mekanisoitu hitsaus:** Hitsauspään paikoitus liitoksessa ta-
pahtuu mekaanisesti.
- **Automatisoitu hitsaus:** Hitsaustapahtuma tapahtuu automaattises-
ti mutta hitsattavat kappaleet tuodaan ja kiinnitetään hitsauspaik-
kaan käsin.
- **Täysin automatisoitu hitsaus:** Kokoonpantavat osat tuodaan au-
tomaattisesti hitsauspaikalle ja hitsaustapahtuma on täysin auto-
maattinen.

Käytettävän hitsausautomaation taso riippuu monesta eri tekijästä.
Niistä yksi on hitsin monimutkaisuus. Hitsien monimutkaisuuteen
vaikuttavat etenkin hitsien geometria ja liitosmuoto.

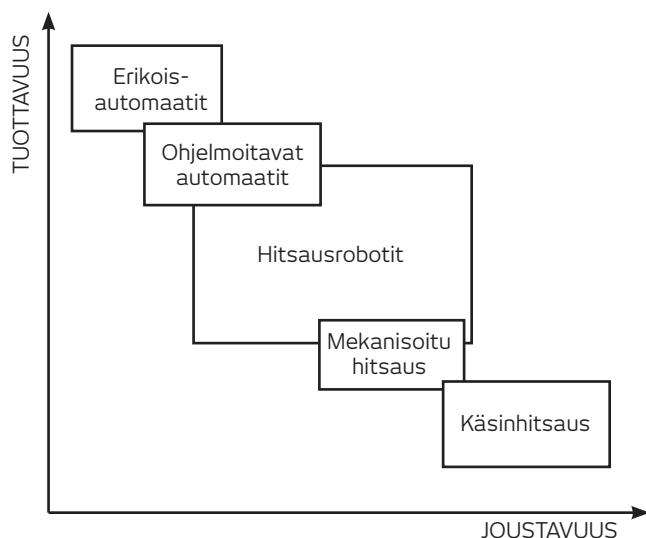
Mekanisoitu hitsaus on hyvä ratkaisu kun sarjakoko on pienehkö. Li-
säksi hitsausrailojen on oltava kohtuullisen pitkiä ja suoria tai pyö-
rähdyssymmetrisiä. Hitsauksen tulee tapahtua pääasiassa jalko- ja ala-
piena-asennossa. Näin ollen mekanisoitua hitsausta ei voida käyttää
monimutkaisille tuotteille. Hitsien geometria ei yleensä ole este robo-
tisoinnille vaikka se lisääkin ohjelmointityötä.

Jos hitsattavan kappaleen geometria ei aseta esteitä hitsaustavalle,
automatisoidun hitsauksen taloudellisuus riippuu lähes suoraan teh-
tävien tuotteiden valmistussarjan suuruudesta. Pienessä sarjakoossa
ohjelmointikustannukset lisäävät robottihitsauksen kappalekohtaista
kustannusta. Mekanisoidussa hitsauksessa taas asetusajat lisäävät hit-
sattavien tuotteiden kappalekustannusta myös suurilla sarjoilla. Käsi-
hitsaus on hitsaustavoista joustavin ja hitsauksen kappalekustannus ei
juuri riipu sarjakoosta.



Kuva 26. Sarjakoön vaikutus kappalekustannuksiin eri hitsaustavoilla. [Esa Hiltunen, 2006]

Tuottavuudeltaan käsinhitsaus on huonoin ja erikoisautomaatit, jotka on suunniteltu tietyn tyyppisten kappaleiden hitsaukseen, paras. Robottihitsaus asettuu tuottavuudeltaan näiden välimaastoon ja mekani-soitu hitsaus on hieman parempi kuin käsihitsaus.



Kuva 27. Hitsaustapojen joustavuus ja tuottavuus. [Esa Hiltunen, 2006]

Käsinhitsauksen ja robottihitsauksen väliin jää alue, jossa hitsausta ei ole mahdollista automatisoida, mikäli kyseessä on monimutkaiset hitsattavat tuotteet. Haasteena on löytää ratkaisu kappaleille joiden valmistusmäärät ovat liian pieniä robottihitsaukseen, mutta jotka ovat liian monimutkaisia mekani-soituun hitsaukseen ja joissa käsihitsausta on kuitenkin kohtuullisen paljon.

Voitaisiinko parantaa käsihitsauksen tuottavuutta ja samalla tehdä normaalisti käsihitsauksena tehtävä raskas työvaihe ergonomisesti helpommin? Voisiko ratkaisuna olla helposti ohjelmoitavissa oleva robotti, johon voidaan tehdä radat puoliautomaattisesti ilman varsinaista ohjelmointityötä? Voitaisiin tällaisella konseptillä hitsata jopa yksit- täiskappaleita ja robotti olisikin hitsaajan apuri joka suorittaa varsinaisen hitsaustyön?

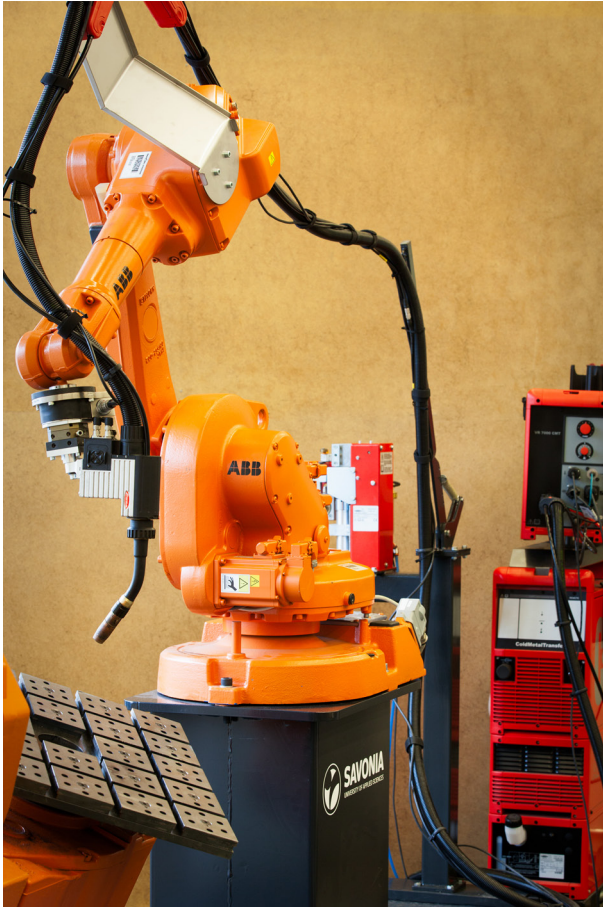
Tähän kysymyksen lähdettiin hakemaan vastausta kun Savonia-ammattikorkeakoulun hitsauslaboratorion ABB-robottiin hankittiin voimaohjausjärjestelmä. Ideana oli käyttää voimaohjausta siten että robottia voitaisiin johdattaa käsin opetettaviin hitsauspisteisiin ja robottiohjelma luotaisiin käyttöliittymän avulla puoliautomaattisesti siten että sen pystyisi ammattitaitoinen hitsaaja tekemään ilman koulutusta.

Voimaohjaus mahdollistaa läheisen ja käsityömäisen työskentelyn robotin kanssa. Toimintaperiaate on yksinkertainen – robotin työkalulai- passä on kiinni voimaohjaussensori. Kun työkalusta tartutaan kiinni, sensori tunnistaa siihen kohdistuvan voiman ja liikuttaa robotin ni- veliä ohjaimen osoittamaan suuntaan. Kun robotti on asemoitu halut- tuun pisteeseen, tallennetaan piste ja siihen liittyvät parametrit muis- tiin käyttöliittymän avulla. Tallennetuista pisteistä muodostuu lopuksi hitsausohjelma.

Voimaohjausta käytetään yleisesti mm. hiontasovelluksissa. Hitsauk- seen soveltuvia kaupallisia sovelluksia ei hankkeen alkuaikoina ollut olemassa. Hankkeen aikana kanadalainen yritys Robotiq ([www.rob- otiq.com](http://www.robotiq.com)) toi markkinoille Motoman –roboteille soveltuvan, ”Kinetiq Teaching” -nimisen hitsauksen voimaohjaussovelluksen. Saatavilla olevan materiaalin ja esitteiden perusteella kyseessä on varsin saman- lainen toteutus kuin mitä tämän tutkimusprojektin osalta kehitettiin ABB:n roboteille.

Laitteisto- ja toimintakuvaus

Kehitystyöhön ja testaukseen käytetty laitteisto koostuu ABB IRB1600- 6 / 1.45 robottikäsiarvesta, ForceControl- voimaohjausjärjestelmästä Programming Handle -varustuksella, ja Fronius CMT 4000 Advanced hitsausvirtalähteestä hitsauspistoolilla.



Kuva 28. ABB IRB-1600-6 robotti voimaohjausmoduulilla.

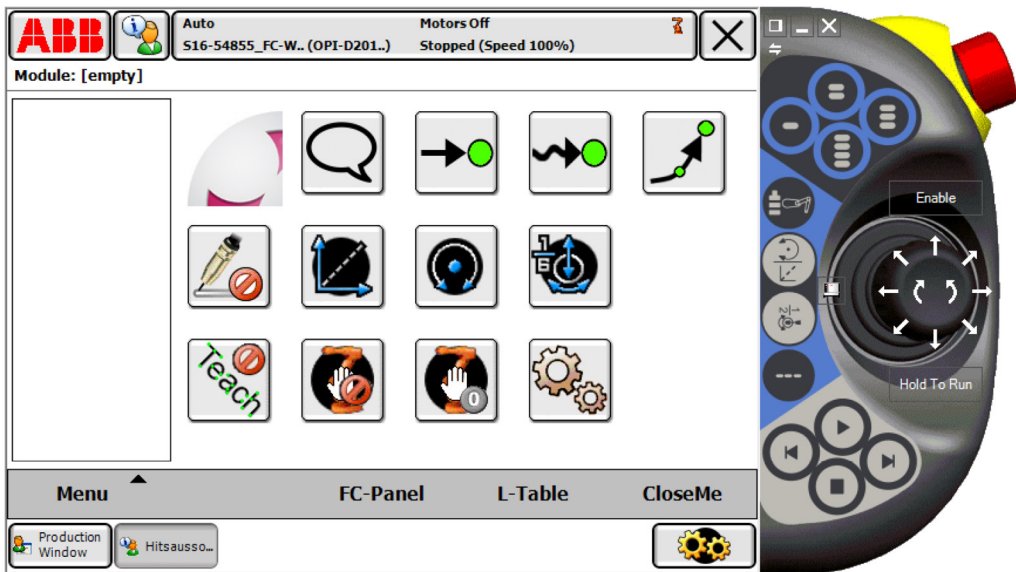
Voimaohjausanturin mukana toimitettiin robotin käyttöjärjestelmän päivitys ja voimaohjaukseen liittyvät ohjelmamoduulit. Käsi ohjaimes-
sa on erillinen näyttö jonka kautta voimaohjauksen toimintoja ja para-
metreja voidaan hallita.

Tutkimustyössä rakennettiin käsi ohjaimeen oma sovellus, työnimel-
tään FC-WELD, joka mahdollistaa hitsausratojen opetuksen ja voima-
ohjausjärjestelmän käytön. Sovellus sisältää kaikki tarpeelliset toi-
minnallisuudet hitsausratojen opetukseen, mutta on kuitenkin niin
helppokäyttöinen, että sen käytön oppii ilman sen suurempia koulu-
tuksia.

Voimaohjausjärjestelmän mukana tullut kahvaohjaus todettiin tarpeet-
tomaksi sillä voimaohjauksen ollessa päällä robottia voi ohjata hitsaus-
pistoolista kiinni pitäen. Hitsauspistoolin käyttämisen liikkeiden oh-
jaukseen myös mahdollistaa käsi ohjaimen käytön toisella kädellä.

Toimintaperiaate on yksinkertainen: käyttöliittymästä aktivoidaan voimaohjaus, valitaan haluttu liiketyyppi ja ohjataan robotti kohteeseen siinä orientaatioissa kuin käyttäjä haluaa. Tämän jälkeen tallennetaan piste. Pisteelle voidaan määritellä pistekohtaisesti tarvittavia asetuksia kuten esim. nopeus, hitsauksen aloitus, jne. Toimenpidettä jatketaan kunnes hitsausrata on luotu. Hitsausrata tulee näkyviin tekstilistana käyttöliittymän vasempaan reunaan.

Hitsausradan luomisen jälkeen se tallennetaan robotille jonka jälkeen sen ajaminen voidaan suorittaa suoraan käyttöliittymästä käsin. Käyttöliittymän jatkokehityksessä otetaan huomioon ulkoisten akselien ohjaus käsiohjaimella (esim. L-pöytä), samalla kun hitsausrataa opetetaan. Koska kyseessä on ABB-ympäristöön rakennettu sovellus, pyrittiin säilyttämään ABB:n ”look and feel” käyttämällä RobotStudio –ohjelman käyttämiä ikoneja eri toimintojen painikkeissa.



Kuva 29. FC-Weld opetusikkuna.

Tutkimustyön alustavat tulokset ovat lupaavia. Hitsausratojen opettaminen käyttöliittymän ja voimaohjauksen avulla on selkeästi perinteistä tapaa nopeampi ja asiaan liittyvää kehitystyötä jatketaan Savonialla HitNetWork-projektin päättymisen jälkeen.

8.3. Hankkeessa tehty muu tutkimustyö

HitNetWork –projektissa tehtiin myös yksittäisiä tutkimus- ja kehitysprojekteja pilottiyritysten hitsaustuotannon tehostamiseen liittyen. Edellä mainittujen suurempien kokonaisuuksien lisäksi tehtiin mm. ERP-järjestelmän kehitystyötä, suunnitelma tuotannon muuttamiseksi solutuotannosta linjatuotannoksi sekä pilottituotteen kehitystyötä erinomaisin tuloksin. Koska aiheet olivat pilottiyritysten tarpeista johdettuja yksittäisiä ja yritysکوhtaisia projekteja on niistä kerrottu lyhyesti tämän kappaleen alla.

Kuten seuraavista esimerkeistä näkee, hankkeessa käytettiin hitsauksen kokonaisvaltaista tarkastelutapaa jossa keskitytään paitsi itse hitsaajan työhön, myös muiden siihen vaikuttavien työvaiheiden kehittämiseen.

8.3.1. Hankkeessa tehdyt opinnäytetyöt

HitNetWork –projektissa aloitettiin seitsemän insinööritutkintoon liittyvää opinnäytetyötä joista kuusi valmistui hankkeen aikana. Tässä kappaleessa on esitelty lyhyesti kahden opinnäytetyön sisältöä. Lista kaikista hankkeen opinnäytetöistä ja niiden nimistä löytyy kappaleesta julkaisut. Opinnäytetyöt ovat kokonaisuudessaan vapaasti ladattavissa sähköisessä muodossa kansallisesta theseus-arkistosta osoitteessa <http://www.theseus.fi>. Työt löytyvät Savonia –ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman alta.

HitNetGlobal-projektissa valmistuivat projektin aikana seuraavat diplomityöt:

- Xiaochen Yang, The productivity, economy and quality of welding in the different (geographical) areas of China- today and in the future.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201109082357>
- Mikko Nissinen, Hitsatun kappaleen valmistuksen tehostaminen uudelleensuunnittelun avulla.
- Mika Karttunen, Hitsaustuotannon kehittäminen verkostoyrityksessä.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201203021484>

- Jenni Toivanen, Laatu ja tuottavuus hitsaavassa verkostossa.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201208066274>
- Antti Martikainen, Lean, Six Sigma ja Total Welding Management hitsaavassa verkostossa.
<http://urn.fi/URN:URN:fi-fe201308194281>
- Emmanuel Afrage Gyasi, Quality, Productivity and Economy of Welding in Production and Manufacturing Networks.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014032621686>
- Aki Riikonen, Hitsatun tuotteen TWM analyysi.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014032621685>

Lisäksi projektin aikana ovat edenneet Esa Jääskeläisen ja Jenni Toivasen väitöskirjat. Esa Jääskeläisen väitöskirjan aiheena on “*Hitsaavan verkoston tuottavuuden ja laadun optimointi*” ja Jenni Toivasen väitöskirjan aiheena on “*Welding quality assurance level in welding network*”. Väitöskirjatyö jatkuu projektin jälkeen, mutta projektin aikana on luotu pohja hyvälle väitöskirjalle.

Hydraulisen voimayksikkötuoteperheen teräsrakenteen valmistettavuuden tarkastelu - Mikko Vilhunen

Opinnäytetyössä perehdyttiin Total Welding Management -menetelmän avulla Junttan Oy:n 10xCU-voimayksikön runkorakenteen valmistettavuuteen. Tähän tuoteperheeseen oli tulossa uusia, samankaltaisia rakenteita sisältäviä tuotteita. Tutkimuksen avulla haluttiin varmistua tuotteen valmistusystävällisyydestä, ennen kuin tuoteperhettä laajennetaan.

Tutkimusta tehtiin pääasiassa tarkkailemalla ja olemalla käytännössä mukana tuotteen valmistuksen eri vaiheissa. Samalla tuotannon valmistuksesta ja työvaiheissa mahdollisesti esiintyvistä ongelmista kerättiin tietoa. Ongelmat jaoteltiin TWM -matriisiin, jonka kautta havaittiin osa-alueet, joihin valmistettavuuden näkökulmasta kannattaisi puuttua.

Suunnittelun kannalta isoin huomio kiinnittyi särmäyksiin ja niiden toteutukseen. Osa särmättävistä osista oli haasteellisia toteuttaa käytännössä, koska ne vaativat runsaasti työkaluasetuksia joka taas hidasti

valmistusta huomattavasti. Näiden tarkastelujen pohjalta toteutettiin ehdotuksia, jotka muuttaisivat osia valmistusystävällisemmiksi, toiminnallisuuden juurikaan kärsimättä.

Osa muutosehdotuksista otettiin käyttöön pienillä muutoksilla. Lisäksi tutkimuksessa kerätty tieto toi esiin muita kohtia joihin suunnittelu-työssä tulee valmistettavuuden kannalta kiinnittää huomiota.

Särmäyksen simulointi ja käytäntö - Tuomo Penttinen

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, kuinka särmäyspuristimen etäohjelmointiin tarkoitettu AutoPol -ohjelmisto soveltuu paksuille (max. 8 mm) levyateriaaleille. Lähtökohtaisesti ohutlevytyökaluksi mainostettava ohjelma on Savonialla opetuskäytössä ja tutkimuksella haluttiin selvittää kuinka ohjelma soveltuu teollisuuden tarpeisiin.

Testeihin kerättiin hankkeen erästä yrityksestä tuotteita, joiden särmäyksessä oli ollut erilaisia poikkeamia. Ohjelmaan tehtiin materiaali-kohtaiset kalibroinnit ja käytössä olevan työkalukirjaston pohjalta saatiin levyaihioille oikaistut pituudet samalla kun särmäysohjelmat luotiin. Yritys toimitti testejä varten sopivat aihiot jotka särmättiin laboratorion laitteistolla. Osat mitattiin sekä analysoitiin kappalekohtaisesti. Tuotteiden mitat olivat pääsääntöisesti lähellä haluttuja. Aihioiden muodot, kuten aukotukset särmäyksen muodonmuutos alueella aiheuttivat useassa osassa mittapoikkeamia. Tutkimuksen avulla pystyttiin todentamaan, että kyseinen ohjelma soveltuu tarkkuudeltaan ja toiminnallisuudeltaan myös paksummille levyateriaaleille.

8.3.2. Etäohjelmoinnin käyttöönottotestaus Paakkilan konepajalla

Paakkilan konepajalla on käytössä useita hitsausrobotteja. Tuotannossa robotit ohjelmoidaan manuaalisesti opettamalla ja hankkeessa lähdettiin toteuttamaan toimenpiteitä joiden tavoitteena oli etäohjelmoinnin käyttöönotto. Paakkilan konepajalla on käytössä ABB:n hitsausrobotit joten etäohjelmointiin valittiin ohjelmaksi ABB:n RobotStudio.

Toteutusympäristöksi valittiin yrityksen uusiin robottisoluihin, johon oli saatavilla solumalli RobotStudiota varten. Solumalli poikkesi hieman olemassa olevasta robottisolusta, joten hankkeen tutkimustyön aikana siihen jouduttiin tekemään pieniä muutoksia.

Hitsattavat tuotteet ovat pääasiassa keskiraskaita komponentteja, joiden robotisoidussa hitsauksessa tarvitaan tyypillisesti railonhaku ja -seuranta toimintoja. RobotStudiolla tehtiin aluksi testiohjelmia, joiden avulla varmistettiin että solumalli vastaa kalibroinniltaan oikeaa solua. Tämän jälkeen testattiin railohaun toimivuus ja tarkkuus. Solumallin hakutoiminnon muistipaikkojen nimeämiset erosivat robotilla käytettävistä ja ne jouduttiin nimeämään samalla tavalla. Käyttämällä vakioituja nimiä haussa ei käyttäjän tarvitse juurikaan huomioida nimeämisä.

Tuotteiden hitsaus etäohjelmoinnin avulla vaatii hitsauksen aikana vaaputukseen perustuvan railonseurannan käytön. Railonseurantaa testattiin useampaan otteeseen siinä ilmenneiden ongelmien takia. Tutkimustyön aikana ilmeni mm. että virtalähteen huollon yhteydessä osa seurantaan liittyvistä komponenteista oli asennettu väärin, joka aiheutti seurannan toimimattomuuden. Komponentit asennettiin uudelleen oikealla tavalla ja testihitsien avulla todennettiin että seuranta toimi vaaditulla tavalla.

Käytännön testien ohella toteutettiin yhdelle tuoteperheelle hitsauskiinnitin, johon voidaan asettaa kaksi tuotetta hitsattavaksi yhdellä työkierrolla. Lisäksi yksittäisten tuotteiden kiinnittimiä voidaan tarvittaessa käyttää yrityksen muilla roboteilla.

Kyseiselle tuotteelle tehtiin ohjelma RobotStudion ”Arc Welding Power Pac”:llä, joka on kaarihitsausrobottien ohjelmointiin tarkoitettu lisätyökalu. Ohjelman teon ohessa luotiin RobotStudion tehokkaampaa jatkokäyttöä varten taulukot, joiden avulla hitsausparametrien asettaminen voidaan tehdä mahdollisimman yksinkertaisesti. Monipalkohitsien muodostaminen RobotStudiolla oli ennakoitua työläämpää ja vaatii jonkin verran käskyjen syöttämistä ja parametrien asettamista RobotStudion valikoista. Ohjelmaa tehdessä täytyy olla tarkkana jotta määritykset tulevat oikein kaikkiin käskyihin.

Hitsauskiinnittimet sekä osien valmistustarkkuus vaikuttavat suuresti etäohjelmoinnin luotettavuuteen. Hankkeessa toteutetun robottikiinnittimen lisäksi yrityksen edustajien kanssa käytiin läpi millä tavalla hitsauskiinnittimet kannattaa toteuttaa, jotta etäohjelmoinnilla toteutettu ohjelma toimii halutulla tavalla. Lisäksi hitsaustestien yhteydessä tuotiin käytännön kautta esille millaisia ongelmia manuaalisesti valmistut hitsausrailot voivat aiheuttaa. Käsivaraisesti toteutettujen

railojen tilavuudet vaihtelivat sen verran että osa hitseistä jäi vajaiksi ja osassa a-mitta kasvoi huomattavasti liian suureksi.

Tutkimustyön lopuksi yritykselle jäi käyttöönsä solumalli, jota voidaan hyödyntää ohjelmointiin. Lisäksi hankkeen aikana toteutettu workflow -tyyppinen ohje ohjelmointityön eri vaiheista räätälöitiin yritykselle sopivaksi. Yrityksen työntekijät olivat eri tavoin testeissä mukana ja heitä ohjeistettiin RobotStudion käytön kanssa.

8.3.3. ERP-järjestelmän kehitystyö

Kehitysprojektissa laajennettiin pilottiyrityksessä käytössä olleen VIS-MA L7 ERP-järjestelmän käyttöä tuoterakenteen, tarjouslaskennan ja tuotannonohjauksen osalta. Tavoitteena kehitystyöllä oli parantaa verkoston ennakoitavuutta ja toimitusvarmuutta. Pääyhteyteen kehitystyö tuli näkymään täsmällisempinä toimituksina ja alentuneina hinnankorotuspaineina. Työn haastavuutta lisäsi se, että Savonialla ei ollut käytössään kyseistä ERP-ohjelmistoa tai kokemusta sen käytöstä.

Tuoterakenteellista testausta tehtiin useille tuotetyypeille jotta ohjelmasta saatiin mahdollisimman kattava. Vaiheistuksen tueksi luotiin hinnoittelu, joka mahdollisti tarjouslaskennan. Tämän lisäksi yrityksen käyttöön oli luotava useita uusia vaiheita. Näiden lisäksi luotiin vaiheistukseen toimintasäännöt, kuinka vaiheistusta käytetään.

Ensimmäisessä vaiheessa käyttöönotettiin tuoterakenne, vaiheistus ja tarjouslaskenta. Samalla myös tuotannonohjauksesta otettiin käyttöön työn kuormittaminen. Uudelle toimintamallille luotiin perusta ja jokaisesta uudesta työvaiheesta tehtiin erilliset toimintaohjeet.

Toinen vaihe käyttöönotossa tapahtui puoli vuotta ensimmäisen vaiheen jälkeen. Toisessa vaiheessa keskityttiin tuotannonohjauksen tarkempaan hallintaan, jälkilaskentaan sekä varaston hallintaan. Lisäksi yritykselle suunniteltiin ja toteutettiin varaston kartoitus ja merkklaus sekä luotiin varaston ylläpidolle ja inventoinnille menettelyohjeet.

Tämän jälkeen aloitettiin kolmen kuukauden seurantajakso jonka aikana korjattiin joitain pienempiä toimintahäiriöitä. Seurantajakson jälkeen järjestelmän käyttöönotto todettiin onnistuneeksi.

Kehitystyön tuloksena yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä otettiin käyttöön laajemmin, mahdollistaen tehokkaamman ja toimintavarmemman työskentelyn. Lisäksi varaston hallinnan ja jälkilaskennan taso paranivat huomattavasti. Kasvaneen tehokkuuden myötä hitsauksen laatuja järjestelmän käyttöönottoon ja sen vaatimiin toimenpiteisiin riitti toimihenkilöillä paremmin aikaa.

Tavoitteena ollut toimitusvarmuuden parantuminen onnistui hyvin. **Myöhästyneiden toimitusten määrä laski vertailujaksolla 66,9%.** Lisäksi toiminnanohjausjärjestelmän kehittymisen myötä pystytään paremmin seuraamaan työaikojen toteutumista ja sitä kautta puuttumaan tuotannon ongelmiin.

Hyviä tuloksia saatiin myös ensimmäisen vaiheen toimenpiteistä. Mittauksen perusteella saatiin mm. seuraavia tuloksia vanhaan toimintamenetelmään verrattuna:

- Tarjousvaiheessa säästettiin 39 % ja kaupantekovaiheessa 44% työaikaa
- Sarjakoon vaihtamiseen vaikuttavien tekijöiden huomiointi nopeutui 50%
- Ostatus tapahtuu 77% nopeammin
- Kaiken kaikkiaan toimihenkilöiden aika yhtä kauppaa kohti pieneni noin 50%.

8.3.4. Sermituotteiston linjamainen valmistaminen

Projektissa suunniteltiin sermituotteiston linjamainen tuotantotyyli Ratesteel Oy:lle ja tuotiin sitä kautta Total Welding Management-ideologiaa yrityksen tietoisuuteen.

Suunnittelun lähtökohtana pidettiin nykyisiä tuotantotiloja ja tuotettavia tuotteita. Linjan tuotteet ovat Ponssen työkonien sermituotteita sekä muut niiden kaltaiset tuotteet joiden menekki on ennustettavissa. Nykyinen tuotantomalli on solumainen tuotantomalli, jossa työntekijät vastaavat tuotannosta tilauslistan avulla. Nykyisessä mallissa ei ole merkittäviä ongelmia, mutta tuotantoa halutaan kehittää nykyaisempaan suuntaan. Haasteena tuotantotyylin muuttamiselle on toimitusvarmuuden säilyttäminen, sillä nykyinen tuotanto on toiminut erittäin varmasti.

Sermien tuotantolinjamaisella tuotannolla pyritään saavuttamaan työvaiheiden toistuvuutta, jolloin ylimääräiset asetusajat saadaan minimoitua ja jalostavan työn määrä lisääntyy. Tavoitteena on myös vähentää tuotteen turhaa liikuttelua sekä välivarastointia. Sermirakenteita ei enää tarvitse kuljettaa välivarastoon, vaan ne voidaan viedä suoraan seuraavaan soluun, tulevan tuotantovaiheen ääreen. Toisaalta taas tuotantoerä koko nousee, mikä nostaa lopputuotteiden varastointimäärää, kun tuotteita ei enää lähtökohtaisesti tehdä suoraan tarpeeseen.

Laadullisesti tuotantolinjassa valmistuvien tuotteiden odotetaan olevan laadukkaampia, ja tuotteiden mittatarkkuuden voi olettaa parantuvan. Tämä johtuu tuotteiden ja työvaiheiden toistuvuudesta ja vakiinnista. Työnjohdollisesti tuotantolinja on helpommin hallittavissa ja arvioitavissa solumaiseen tuotantoon nähden. Jälkilaskenta ja tuotannon ohjaus ovat loogisempaa ja tarkempaa, kun tiedetään, mitä tuotanto tekee ja missä vaiheessa ollaan menossa. Vaiheaikojen selvittäminen on teoreettisesti viety mahdollisimman pitkälle, mutta käytännön säättämistä joutuu käyttöönottovaiheessa tekemään.

Tuotantolinjamaisuus vähentää solujen joustavuutta, ja vaatii hieman enemmän yrityksen toimitusverkostolta. Raaka-aineiden ja osien saanti ja riittävyys on tärkeämpää kuin solumaisessa tuotannossa, mutta toisaalta tilaaminen on hieman helpompaa, koska se voidaan hoitaa suuremmissa erissä.

Perinteinen linjatuotanto ei sovi sermituotteille suoraan sillä tuotteiden työajat vaihtelevat suuresti. Mikäli kaikki tuotteet haluttaisiin samaan linjaan, tulisi tehdä kaksi tai useampia sivuhaaroja mikä kasvattaisi linjan pinta-alaa sekä tarvittavien henkilöresurssien määrää.

Projektin aikana tuotteiden valmistaminen jaoteltiin sopiviin alikokonaisuuksiin ja eri työvaiheiden työajat ja tahtiaika tasapainotettiin linjatuotannon mahdollistamiseksi. Projektin kuluessa tehtiin myös tuotantontarkkailua ja kerättiin kehitysesityksiä tuotteiden valmistukseen liittyen.

Tuloksena syntyi suunnitelma sermituotteiden valmistamiseksi linjatuotannossa.

8.3.5. Ylävaunurungon kehitystyö

Ylävaunun runko valittiin HitNetWork -hankkeen case tuotteeksi Komasa Oy:n ja Junttanin väliseen verkostoyhteistyön kehittämiseen. Tuotteella oli tarkoitus luoda ja esitellä oikeanmallinen toimintatapa verkostoyrityksissä suunnittelun, valmistuksen ja palautteen suhteen. Lisäksi tuotetta pyrittiin kehittämään mahdollisimman hyvin valmistettavaksi.

Projektin toteutus voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen.

- Ensimmäisessä vaiheessa projekti aloitettiin muutosten suunnittelulla Junttan Oy:ssä diplomityönä.
- Toinen vaihe sisälsi tuotannon tarkkailun sekä valmistukseen liittyvän logistiikan ja layoutin suunnittelun Komasa Oy:n tiloissa.
- Kolmannessa vaiheessa kehitystyötä jatkettiin tuotannon tarkkailulla ja valmistettavuuden analyysillä rungon uusista ja päivitettyistä malleista.

Ensimmäinen vaihe

Diplomityössä käsiteltiin pääasiassa verkoston kehittämistä ja tuotteeseen tulevien muutoksien tekemistä suunnittelupöydällä Total Welding Management- filosofiaa hyödyntäen. Työssä löydettiin paljon kehityskohteita ja lopputuloksena työstä yritys sai suunnitelmat tuotteeseen kuluvaan lisäaineen pudottamiseksi lähes neljänneksellä. Tämä tarkoittaa noin 12% säästöä työajassa. Kehitysesitykset katselmoitiin yrityksen kanssa, ja osa muutoksista tehtiin ennen projektin seuraavaa vaihetta.

Lisäksi työssä luotiin verkostomaisen toiminnan kehittämissuunnitelmat, joilla tuotteen tuottaminen verkostossa tehostuu ja laatu paranee.

Toinen vaihe

Diplomityön jälkeen tuotteen kehittäminen jalkautettiin Komasin tiloihin tuotannotarkkailun merkeissä. Tuotannotarkkailun päätavoitteena oli luoda uudet työohjeet koko rungon tekoon. Työohjeiden tekemisen ohella kerättiin kehityskohteita ylös ja ne katselmoitiin yrityksen kanssa.

Työohjeista saatiin kattavat ja helpposelkoiset mutta niiden suurin miinus oli päivitettävyyys. Mallin muuttuessa, työohjeita joutui välittömästi muuttamaan, ja tuotteessa oli vielä tuolloin melko paljon muuttuvia kohteita. Työn ohella Komasin käyttöön suunniteltiin poikkeamalomakkeet ja reklamaatiolomakkeet, sekä toimintamallit niiden käyttämiselle.

Projektin toisen vaiheen aikana Junttan osti Komas Oy:n Kuopion yksikön toiminnot ja siirsi tuotannon omiin tiloihinsa.

Kolmas vaihe

Kolmannessa vaiheessa tehtiin uuden ylävaunun runkomallin tuotannon tarkkailu. Tuotantotarkkailussa keskityttiin kehittämään pääasiallisesti hitsaustyöhön liittyviä tekijöitä. Työn aikana kerättiin noin 200 erilaista kehityskohdetta jotka jätettiin yritykselle jatkokäsitteltäväksi.

Tuotteen runko painaa valmiina noin 7200 kg josta hitsauslisäainetta on noin 170kg. Runko koostuu viidestä pääkomponentista jonka jälkeen ne kasataan ja varustellaan. Lisäaineista noin 60 % tulee komponentteihin ja 35 % kokoonpanohitsauksiin. Loput 5 % tulee varusteluhi-
tsauksiin. Nämä huomioitiin työssä siten, että suurin osa resursseista kohdennettiin komponentteihin ja kokoonpanoon.

TWM-analyysissä kartoitettiin yrityksen kannalta oleelliset kehityskohteet joita yrityksen kannattaa hitsauksen osalta alkaa seuraavaksi kehittämään.

Tulokset kolmannen vaiheen kehitystyöstä olivat erinomaiset.

- Havaituista kohteista 70-80% päivittyvät muutoksina kuviin.
- Suunnitelmat tuotteen hitsausyhtälöisempään suunnitteluun jolla vähennetään lisäaineen tarvetta. **Tuloksena lisäaineen kulutus väheni 37,5%.**
- Työohjeet tuotteen kaikille kokoonpanoille, loppukokoonpanoon, hitsaukseen ja varustukseen.
- TWM -analyysi hitsaamon toiminnasta

Muiden tulosten lisäksi hahmoteltiin toimintamallia tuotteiden kehittämisen käsittelystä yrityksen sisällä.

9. Tutkimustyön ja opetuksen integraatio Savonialla

Ammattikorkeakouluilla on kaksi päätehtävää:

1. Järjestää työelämän ja sen kehittämisen vaatimuksiin sekä tutkimukseen perustuvaa korkeakouluopetusta ammatillisiin asiantuntijatehtäviin.
2. Harjoittaa ammattikorkeakouluopetusta palvelevaa sekä työelämää ja aluekehitystä tukevaa ja alueen elinkeinorakenteen huomiioon ottavaa soveltavaa tutkimus- ja kehitystyötä.

Näiden päätehtävien mukaisesti opiskelijat ovat osallistuneet erilaisien projektien ja opinnäytetöiden muodossa myös HitNet hankkeen tutkimus- ja kehitystoimintaan. Tästä voidaan käyttää nimitystä tutkimustyön ja opetuksen integraatio.

9.1. Projekti-opintojaksot

Projekti-opintojaksot ovat jo vakiintunut opetusmenetelmä Savonian koneosastolla ja hyvä esimerkki TKI -toiminnan ja opetuksen yhteistyöstä yritysrajoissa.

HitNetWork –hankkeen aikana tarjottiin opiskelijoille mahdollisuuksia tehdä hankkeen yrityksiin hitsaustekniikan projektissa projektityö. Projektitöiden aiheita etsittiin tasaisesti kaikista hankkeen yrityksistä ja niitä pyrittiin tarjoamaan noin kolme kappaletta vuodessa. Opiskelijat saivat valmiiksi rajatun aiheen projektin tutkimukseen liittyvästä aihepiiristä.

Projektiurssien (Projektiurssi 4) tarkoituksena on valmentaa opiskelijoita opinnäytetyön suorittamiseen ja yrityksessä työskentelyä varten. Normaali käytäntö projektitöiden osalta on se, että opiskelijat etsivät itse projektitöiden aiheet. Koska opiskelijoilta voi kuitenkin mennä paljonkin aikaa sopivan projektityöaiheen löytymiseen, pyrittiin hankkeessa nopeuttamaan aiheen löytymistä. Hankkeen kautta tarjottavat valmiit, työelämlähtöiset aiheet, mahdollistavat sen että opiskelijat voivat keskittyä suoraan työn tekemiseen. Samalla myös varmistutaan

siitä että aiheet ovat todellista työelämää vastaavia. Kurssit ovat 10 opintopisteen (270 tuntia) laajuisia, sisältäen opiskelijoilta vaadittavan raportoinnin, joka mahdollistaa realististen kehitystoimenpiteiden suorittamisen.

Kaikissa töissä oli tavoitteena HitNetWork -hankkeen kannalta yritysten hitsausteknillisen osaamisen ja toiminnan kehittäminen. Osa töistä oli teoriapainotteisia ja osa suuntautui suoraan käytäntöön. Jokaisessa työssä oli oma ohjaajansa hankkeen puolelta joka jakoi projektista vastanneen opettajan kanssa vastuun työn onnistumisesta.

Lisätavoitteena oli opiskelijoiden ja opiskelun kehittäminen, sekä yrityslähtöisen opiskelupohjan luominen. Lisäksi opiskelijat saivat opintojaksossa näkemystä alan yritysten toiminnasta ja luotua kontakteja yritysmaailmaan.

Kaikista näkökulmista katsoen projektitöiden liittäminen hankkeisiin näyttäisi synnyttävän Win-Win –tilanteen jossa jokainen osapuoli hyötyy toiminnasta. Projektityön aiheen tarjoaville yrityksille ei tule muita kustannuksia kuin opastamiseen käytetyt henkilötyöresurssit. Opiskelijat saavat tekemästään tutkimuksesta opintopisteitä ja hankkeen puolen asiantuntijan palkka maksetaan projektilta. Ammattikorkeakoulu varmistuu siitä että projektitöiden aiheet ja sitä myötä opetus on työelämlähtöistä. Hanke puolestaan edistää tutkimustavoitteitaan sangen pienillä kustannuksilla.

Tuloksina projekteista saatiin mm. suunniteltua hitsauskiinnittimiä, tehtaan layoutsuunnitelma, hitsaamon kehityssuunnitelma, vuototestausmenetelmä ja robotisoidun tuotteen esiselvitystyö. Osa töistä jatkui ja syventyi myöhemmin opinnäytetyön muodossa. Tämä kuvastaa hyvin sitä että hankkeessa tehty projektityö voi avata uusia mahdollisuuksia opiskelijoiden opintojen päättymiseen.

HitNetWork–hankkeen aikana toteutettiin seuraavat projektityöt:

Tekijä(t)	Vuosi	Yritys	Aihe/Kuvaus
Ville Kauhanen	2011	Stera Technologies Oy	Varastoinnin Layout
<ul style="list-style-type: none"> - Yrityksen sisäisten materiaalivirtojen määrittäminen ja kehitys. Materiaalivirtoja yksinkertaistamalla pyrittiin tehostamaan toimintaa ja tuottavuutta. - Tuloksena syntyi layoutsuunnitelma varastopaikoista ja parannusehdotuksia nykyiseen järjestelmään. 			
Kimmo Kauppinen	2011	Stera Technologies Oy	Hitsaamon kehitystyö
<ul style="list-style-type: none"> - Yrityksen hitsaussolujen toiminnan tehostaminen mallisolun avulla (5S, koulutussuunnitelma, ylläpitosuunnitelma) 			
Tero Kyrölä Petri Pasanen Anssi Hakkarainen	2011	Paakkilan Konepaja	Kiinnitinsuunnittelu
<ul style="list-style-type: none"> - Tavoitteena oli robottihitsauksen parantaminen yrityksessä. Tarkastelun kohteena oli kolme robottia jotka jaettiin projektiryhmän kesken. Tutkimuskohteina olivat hitsauskiinnittimet, robottisolujen layout ja tuotantotilojen ympäristö. - Tuloksena uusia ideoita hitsauskiinnittimiin ja tuotantosolujen layoutteihin liittyen sekä yhden hitsauskiinnittimen osalta valmistuspiirustukset. 			
Aki Tarkiainen Veli-Niilo Pulkkinen	2011	Stera Technologies Oy	Vuototestaus
<ul style="list-style-type: none"> - Tavoitteena oli hitsattavien säiliötuotteiden vuototestauksen parantaminen. - Tuloksena saatiin vertailu yrityksen käyttöön soveltuvista säiliötuotteiden vuototestausmenetelmistä. 			
Ilkka Kauppinen	2012	Ponsse Oy	Laserseurannan tutkiminen
<ul style="list-style-type: none"> - Työssä tutkittiin optisen railon seurannan käyttöä ja hyödyntämistä suorakulmaisen päittäisliitoksen hitsauksessa. - Tuloksena selvitys siitä miten railon paikkatiedot pystytään lukemaan talteen erillisenä prosessina hitsauksesta. 			
Heikki Ihalainen Ilkka Gröhn Aatu Lukkarinen Jarkko Kinnari	2012	Brandente Oy	Hitsauksen tuottavuus
<ul style="list-style-type: none"> - Tavoitteena selvitys hitsauksen tuottavuudesta eri lisäaineiden ja suojakaasujen osalta. - Tuloksena murtokokeiden, hieen tutkimisien ja visuaalisen tarkastelun pohjalta tehdyt johtopäätökset. 			
Ilkka Nissinen Tatu Savolainen	2012	Ratesteel Oy	Robottihitsauksen selvitystyö
<ul style="list-style-type: none"> - Tavoite: uuden robottihitsattavan tuotteen valitseminen nykyisistä käsin hitsattavista tuotteista. - Tavoite toteutui ja yritykselle löydettiin tuotteistosta tuoteryhmä jonka siirtäminen robottihitsaukseen on järkevää tuotannollisesti ja taloudellisesti. 			

9.2. Hitsausmetallurgian tutkimustyö

Hitsausmetallurgian tutkimustyö suoritettiin yhteistyössä Savonia ammattikorkeakoulun vapaavalintaisen Hitsausmetallurgia-opintojakson ja Savonian HitNetWork-hankkeen kanssa. Kyseessä oli ensimmäisiä konealan opintojaksoja jotka järjestettiin tässä mittakaavassa yhdessä hankkeen kanssa.

HitNetWork-hankkeen päätavoitteena oli “Hitsaustoimintaketjun tehokkuuden ja laadun parantaminen”, joten hitsausmetallurgian tutkimisen toimintaketjussa tuki hyvin hankkeen päätavoitetta. HitNetWork-hankkeen tärkeää antia oli tarjota tutkimustyöhön tutkimusalueet, materiaalit ja resurssit. Opiskelijoiden tehtävänä oli suorittaa tutkimustyö tarjottujen aiheiden ja materiaalien pohjalta. Tutkimustyön tulokset raportoidaan hankkeen, ja sitä kautta yritysten, käyttöön.

Tutkimuksen lähtökohtana pidettiin HitNetWork-hankkeeseen kuuluvien yritysten erilaisia vaativampia hitsauksia. Töissä pyrittiin demoamaan yritysten hitsauksia koekappaleiden, railomuotojen sekä lisäaineiden osalta. Aiheet valittiin tarkoin, jotta tutkittavat kappaleet eivät menneet liian tarkkoihin yksityiskohtiin, eivätkä tutkittavat työt muodostu liian vaativiksi. Hitsaustöihin varattiin jokaisella opintojaksoon kuuluvalla ryhmällä noin 10 h, ja toinen 10h hitsauksen metallurgian tutkimiseen. Nämä resurssit eivät mahdollistaneet kovinkaan syvällistä tutkimusta, joten työt pyrittiin pitämään melko pintapuolisina.

Yhtenä tutkimustyön tavoitteena oli myös lujittaa TKI-toiminnan ja opetuksen välistä sidettä ja luoda opiskelijoille mielekkäämpi oppimisympäristö tuotantoon liittyvien aiheiden parissa. Tämän tutkimuksen avulla myös hankkeen yritykset saavat arvokasta tietoa hitsauksen metallurgiaan liittyen. Hitsausmetallurgia- kurssin tuloksista suunniteltiin myös tehtäväksi julkaisu hitsausalan ammattilehteen opintojakson vastuussa olevan opettajan johdolla. Opettajan apuna toimivat luonnollisesti tutkimukseen liittyneet työntekijät ja hankkeen henkilökunta.

Töiden hitsaukset suoritettiin Savonia ammattikorkeakoulun hitsauslaboratorion tiloissa, jossa hitsauksessa ohjeistuksesta ja perehdytyksestä vastasi HitNetWork-hankkeen henkilökunta. Testikappaleiden analysointi tapahtui materiaalitekniikan laboratoriossa, jossa materiaaliteknisistä kokeista vastasi tekniikan lisensiaatti Mika Mäkinen,

jonka vastuulla kyseinen vapaavalintainen opintojakso oli. Tutkimusta tekevät opiskelijat tulivat luokilta EKK8SS ja C, EKK9SS ja C, EKK10SS ja C. Jokainen ryhmä valmisti työstään tarkan raportin yritykselle, sekä erillisen PowerPoint-esityksen, joka esiteltiin opintojakson päättäneessä seminaarissa.

Seminaari oli kaikille hankkeessa mukana oleville yrityksille avoin. Seminaaripäivästä järjestettiin keskusteleva seminaari, jossa kaikki tutkimustyöt käytiin läpi. Osanotto seminaarissa oli kohtuullinen. Oletusarvona oli hieman suurempi edustus yritysten suunnalta, mutta viimehetken perumiset sekä seminaarin ajankohta verottivat osanottoa.

Kurssin aiheet olivat seuraavat:

- Suuren vaaputuksen vaikutukset hitsauksen metallurgiaan
- Case tuote – suuren railon hitsaus
- Esilämmityksen vaikutukset
- Liian pieni lämmöntuonti
- Täyte- ja umpilankahitsauksen erot
- Suurlujuusterästen hitsaus
- Kulutusterästen hitsaus
- Case tuote – Hitsauksen vaurioanalyysi

Opintojakso ja tutkimustyö saivat tutkimustyöntekijöiltä (opiskelijoilta) varsin positiivista palautetta, tosin palautteessa ilmeni toive tiiviimmästä yhteistyöstä yritysten kanssa. Muutoin menettelyyn oltiin tyytyväisiä ja asiakasyhteistyö oli tutkimustyötä innoittava tekijä.

Yritysten edustajat antoivat hyvää palautetta mutta yrityspuolen palautteestakin ilmeni toive tiiviimmästä yhteistyöstä opiskelijoiden kanssa. Lisäksi toivottiin että mikäli vastaavia kursseja järjestetään jatkossa, myös hitsausarvot otettaisiin suoraan yrityksiltä. Muutoin yritysten edustajat olivat tyytyväisiä yhteistyöhön ja toivoivat samankaltaisia tutkimuksia ja opintojaksoja lisää.

10 Hankkeen tulokset

Kokonaisuudessaan HitNet-hankekokonaisuus onnistui hyvin. Tuloksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon että hankkeessa tehtiin useita erilaisia ja erityyppisiä kehitystoimenpiteitä useisiin eri kohteisiin.

Selkeimmin saavutetut tulokset näkyvät verkostoyrityksiin tehdyissä yksittäisissä kehitysprojekteissa joista suurin osa liittyi pilottituotteiden kiinnitinsuunnitteluun ja valmistettavuuteen.

- Normetin pilottituotteen osalta valmistusaika uuden kiinnittimen myötä **nopeutui 50%**.
- Ratesteelin tapauksessa tuotteen läpimenoaika **nopeutui 9%** ja hit-saajan käyttämä aika **vähentyi 53%**
- Steran pilottituotteen kokonaisläpimenoaika **nopeutui 63%**

Junttanin pilottituotteeseen liittyvän tuotannon tarkastelun ja valmistettavuuden projektissa saavutettiin **37 % lisäaineen säästö**. Tämä tarkoittaa jatkossa säästöjä hitsaukseen käytetyssä ajassa, siihen liittyvissä suorissa ja epäsuorissa kustannuksissa sekä huomattavaa läpimenoajan nopeutumista. Samalla yrityksessä alettiin kiinnittää huomiota entistä enemmän tuotannon ja suunnittelun välisen tiedon liikkumiseen.

Kiinnitinsuunnittelun erinomaiset tulokset selittyvät sillä että pilottituotteet olivat uusia tuotteita joiden valmistuksessa ei vielä käytetty kiinnittimiä. Uusien kiinnittimien suunnitteluvaiheessa otettiin modulaarisuus huomioon ja uusien kiinnittimien myötä pilottituotteet soveltuvat robottihitsaukseen.

Hitsauksen laadunhallintaan liittyvät kehitystoimenpiteet konkretisoituvat yrityksissä osin heti, mutta pääosin pitemmän ajan kuluessa. Heti havaittavia muutoksia ovat vakiintuvat toimintatavat ja tietoisuus nykytilasta eli mitkä asiat ovat tai eivät ole kunnossa yrityksessä. Pitemmällä aikajänteellä havaitaan kehitystoimenpiteiden vaikutukset laatu-kustannuksina, kuten asiakasreklamaatioiden ja sisäisten poikkeamien vähenemisinä. Hyvin organisoitu hitsauksen laatujohtaminen näkyy myös tuottavuuden kasvamisena, kun

- jokainen tietää tehtävänsä ja vastuualueensa (vastuumatriisi)
- hitsauksen vaatimuksia arvioidaan kattavammin jo työn vastaanottovaiheessa (katselmukset)

- työ tapahtuu vakioidummin (hitsausohjeet, tarkastuksen ja testauksen menettelyohjeet)
- perus- ja lisäaineiden varastointi tapahtuu asianmukaisesti, valvotusti ja dokumentoidusti (menettelyohjeet)
- hitsaustuotannon laitteiden huolto ja kalibrointi on vastuutettu ja dokumentoitu

Listaan voisi lisätä monia muitakin kohtia, edellä mainitut ovat esimerkki tyypillisistä asioista joihin hitsauksen laadunhallinnan kehityksessä joudutaan ottamaan kantaa.

Yksi esimerkki hankkeessa toteutetun, laatuun liittyvän tutkimustyön hyödyllisyydestä on Brandentelle tehty tutkimustyö. Hankkeen aikana tehtiin pohjatyötä 1090 standardin mukaisen laatujärjestelmän käyttöönottoa varten. Brandente jatkoi tehtyä pohjatyötä ja on saanut Inspectan suorittaman auditoinnin jälkeen valmiudet hakea 1090 standardin mukaisen laatujärjestelmän sertifikaattia käyttöönsä. Sertifikaatti mahdollistaa kantavien teräsrakenteiden CE-merkinnän ja sitä kautta säilyttää yrityksen kilpailukyvyn.

10.1. Julkaisut ja tiedonlevitys

Hankkeen aikana tehtiin useita opinnäyte- ja diplomitöitä. Muita julkaisuja olivat hitsaustekniikka -lehteen kirjoitetut julkaisut hankkeen aihepiiriin liittyen sekä Savonia-julkaisuna toteutettu suunnittelijan opas.

Julkaisujen lisäksi hanketta esiteltiin erilaisissa tapahtumissa, mm. alihankintamessuilla.

Julkaisu	Tekijä	Vuosi	Yritys	Nimi
Opinnäytetyö	Aki Tarkiainen	2012	Komas Oy	Tuotantotilojen materiaalivirtojen kehittäminen layoutin avulla
Opinnäytetyö	Joni Korhonen	2011	Junttan Oy	Järkäleen valmistuksen tehostaminen
Opinnäytetyö	Mikko Vilhunen	2011	Junttan Oy	Hydraulisen voimayksikkötuoteperheen teräsrakenteen valmistettavuuden tarkastelu
Opinnäytetyö	Minna Törrönen	2011	Paakkilan konepaja Oy	Hitsaavan tuotannon nykytila-analyysi
Opinnäytetyö	Tuomo Penttinen	2012	Savonia-ammattikorkeakoulu	Särmäyksen simulointi ja käytäntö
Opinnäytetyö	Veli-Niilo Pulkkinen	2012	Stera Technologies Oy	Optisen railonseurannan käytettävyys säiliön hitsauksessa
Kirja	Tomi Piironen	2013	<i>"Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen: Onnistuneen suunnittelun periaatteita – DFMA"</i> , Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja	
Artikkeli	Mika Mäkinen Esa Jääskeläinen Juha Nissinen Opiskelijat	2014	"Lujaa ja kaunista -Ruukin Optim S650MC ylilujan ja tasalujan hitsausliitosten vertailua", Hitsaustekniikka 2/2014.	
Artikkeli	Aku Tuunainen Esa Jääskeläinen Kari Solehmainen Antti Alonen	2014	Työn alla on useita artikkeleita jotka on tarkoitus julkaista alan ammattilehdissä, mm. - Hitsauksen etäohjelmointi/simulointi - Voimaohjaussensorien käyttö hitsausratojen ohjelmoinnissa	
Diplomityö	Xiaochen Yang	2011	The productivity, economy and quality of welding in the different (geographical) areas of China- today and in the future	

Diplomityö	Mikko Nissinen	2011	Hitsatun kappaleen valmistuksen tehostaminen uudelleensuunnittelun avulla
Diplomityö	Mika Karttunen	2012	Hitsaustuotannon kehittäminen verkostoyrityksessä
Diplomityö	Jenni Toivanen	2012	Laatu ja tuottavuus hitsaavassa verkostossa
Diplomityö	Antti Martikainen	2013	Lean, Six Sigma ja Total Welding Management hitsaavassa verkostossa
Diplomityö	Emmanuel Afrage Gyasi	2013	Productivity and Economy of Welding in Production and Manufacturing Networks - Case Study: West Africa
Diplomityö	Aki Riikonen	2014	Hitsatun tuotteen TWM analyysi
Artikkeli	Jukka Martikainen	2013	Hitsaustekniikka 3 / 2013: Laadun vaikutus hitsauksen kilpailukykyyn
Artikkeli	Antti Martikainen Jukka Martikainen	2013	Hitsaustekniikka 5 / 2013: Total Welding Management (TWM) – työkalu hitsaustoimintojen johtamiseen ja laadunhallintaan

11 Jatkopohdinnat ja tulevaisuuden tarpeet

Hitsaavan verkoston kehitysmahdollisuuksia

Globalisaatio lisääntyy koko ajan maailmalla. Hankintatoimi on aina ollut ensimmäisiä globalisaation hyödyntäjiä, suunnittelu ja valmistus ovat tulleet heti perässä. Suomalaisilla konepajayrityksillä on paljon toimintaa Kiinassa. Myynnin ja markkinoinnin lisäksi myös omia valmistavia tehtaita on perustettu. Näiden tehtaiden parempi hyödyntäminen niin, että ne toisivat lisätyötä myös Suomeen, on tutkimuksellisesti kiinnostava aihe. Tällä hetkellä kiinalaisten tehtaiden tuotannosta vastaavien aika ja energia tahtoo mennä kulttuurin ja laadun kanssa painimiseksi. Suomalaisilla olisi paljon annettavaa tuottavuuden ja laadun parantamiseksi Kiinassa. Samalla se toisi lisää työtä myös Suomeen kasvaneen markkinaosuuden myötä. Afrikassa aloitetaan paljon suuremmalta takamatkalta. Tutkittuihin maihin on juurrutettava ensin länsimainen laatukulttuuri. Samoin alkeelliset tuotantotavat on saatettava nykyaikaiselle tasolle. Tämä saadaan aikaiseksi ainoastaan sitkeällä pitkäaikaisella koulutus- ja kehittämistyöllä.

Total Welding Management (TWM) on todettu erinomaiseksi keinoksi nostaa hitsaavan yrityksen tuottavuutta. Tässä hankkeessa tutkittiin myös keinoja soveltaa TWM:ää hitsaavaan verkostoon. Verkostoissa toimivat yritykset ovat erilaisia ja täten niillä on myös lähtökohtaisesti erilaiset tarpeet. Verkoston yritysten tavoitteiden sopeuttaminen palvelemaan kaikkien siinä toimivien yritysten tavoitteita vaatii TWM:n soveltamiselta uutta luovaa ajattelua. Se voidaan saada toimimaan, mutta siitä tarvitaan lisää tutkimusta.

Yritysten verkostuminen hitsaavissa verkostoissa on yleensä vertikaalista. Horisontaalisella verkostoitumisella voisi olla uutta luova ulottuvuus. Tähän tarvittaisiin lisää tutkimusta. Vanha termi benchmarking hakee vain senhetkistä tilaa toisista kilpailevista yrityksistä tai yhteistyökumppaneista. Verkostoitumalla voitaisiin saada aikaiseksi pysyvä olotila, jolloin voitaisiin hyödyntää kilpailijoiden ja yhteistyökumppaneiden kehittyneitä toimintoja paremmin.

Hitsaavien verkostoyritysten kehitysmahdollisuuksia

Hankkeen aikana kävi ilmi että hitsauskiinnitinsuunnittelun merkitykseen ei ole yleisesti ottaen kiinnitetty riittävästi huomiota. Hitsauskiinnitin nähdään ”välttämättömänä pahana”, jota ei ylipäättään tehdä ellei siihen ole pakottavaa syytä. Mikäli sellainen on pakko tehdä, pyritään siitä tekemään kustannuksiltaan mahdollisimman halpa ja toiminnaltaan välttävä. Koska hitsauskiinnittimet nähdään toisarvoisina asioina, ei niiden suunnitteluun käytetä riittävästi aikaa jolloin myös tulokset ovat usein välttäviä.

Hyvien tulosten saavuttamiseksi ajatusmallissa pitäisi saada aikaan muutos ja kannustaa yrityksiä ajattelemaan hitsauskiinnittimiä yhtenä olennaisena mahdollisuutena hitsausprosessin tehostamisessa. Suurin mahdollinen hyöty saavutetaan ottamalla kiinnittimien käyttö ja mahdolliset huomioon jo tuotteiden suunnitteluvaiheessa.

Kiinnittimien huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa puolestaan tukee tuotteiden robottihitsausta ja yhdessä helpommin ohjelmoitavien hitsausrobottien avulla mahdollistaisi entistä joustavamman tuotannon.

Hankkeen aikana perehdyttiin vain pintapuolisesti hitsauskiinnittimien tuleviin mahdollisuuksiin. Hankkeen käytännönläheisen luonteen vuoksi pääpaino kiinnittimien hyödyntämisestä oli jo markkinoilla olevien tuotteiden ja menetelmien hyödyntämisessä. Kiinnitinsuunnittelussa nousi kuitenkin useampaan otteeseen esille ajatuksia ja ideoita siitä miten kiinnitintekniikka voisi kehittää entistä parempaan ja helppokäyttöisempään suuntaan.

Kehittyvä teknologia voisi mahdollistaa entistä tehokkaampien kiinnittimien käyttämisen tuotannossa, esimerkiksi kiinnittimien asentojen ja tuotteiden automaattisen tunnistamisen avulla.

Toinen tuotantovauhtia nopeuttava kehityskohde voisi olla projektin aikana aloitettu voimaohjattava hitsausrobotti. Hitsauksen simulointiohjelmilla saadaan tehtyä nopeasti monimutkaisetkin hitsausradat mutta yksinkertaisia hitsaustoimenpiteitä varten niiden opettelu on turhan työlästä. Lisäksi hitsauksen parissa työskentelevät ammattilaiset usein karsastavat tietokoneita.

Yritysten näkemys siitä mihin tutkimus- ja kehitystoimintaa pitäisi kohdistaa

Hankkeen aikana ja sen lopuksi kerättiin mukana olevasta yritysverkostosta tietoa siitä mitkä asiat yritykset kokevat tärkeiksi kehittämis-kohteiksi tulevaisuudessa.

Lähes kaikki mukana olevat yritykset olivat sitä mieltä että kehityksen kohteena pitäisi olla tuotantotehokkuuteen ja tuotantovirtaukseen vaikuttavat asiat, erityisesti robotiikan ja automaation lisääminen sekä niihin liittyvä henkilöstön ammattitaidon kohottaminen.

Toinen yleisesti todettu kehityskohde on tuotteen valmistettavuuden huomioiminen parantamalla suunnittelun ja valmistuksen yhteistyötä, niin yritysten sisällä kuin verkostossakin. Valmistettavuuden kehittäminen yhdessä hitsauskiinnittimien kanssa tuottikin selkeimmät ja helposti mitattavissa olleet hyödyt hankkeen yrityksille.

Lisäksi palautteessa tuli ilmi toive siitä että LEAN ja TWM –perusteita otettaisiin mukaan konetekniikan insinöörien perusopetukseen. Tältä osin Savonia onkin jo hankkeen aikana reagoinut tarpeeseen, ja TWM –käsitteenä on mukana laatuun liittyvissä kursseissa.

Etäohjelmoinnin ja simuloinnin mahdollisuudet kiinnostavat monia pk-yrityksiä mutta niihin liittyvien kustannusten vuoksi käyttö ei ole yleensä perusteltavissa. Tällä hetkellä pk-yritykselle tulee liian kalliiksi hitsauksen etäohjelmointi- ja simulointiohjelmien hankkiminen niin ohjelmistolisenssien kuin osaamisenkin ylläpitämisen kannalta. Vaikka se mahdollistaisikin joustavamman tuotannon helpommin muokattavien hitsausratojen ja robottiohjelmien myötä, ei sitä katsota kustannusteknisesti kannattavaksi.

12 Lähteet

Barckhoff, J.R. P. 2005. Total Welding Management. American Welding Society

Barckhoff J.R. 2010. Total Welding Management. American Welding Society 1 - 6, 2010, 15–36.

Beamon. B.M. 1999. Measuring supply chain performance. International Journal of Operations Production Management, 19/3, 275–292.

Camarinha-Matos, L.M. 2009. Collaborative networked organizations: Status and trends in manufacturing. Annual Reviews in Control, 33, 199–208.

Chang, C-W., Chiang, D.M, Pai, F-Y. 2012. Cooperative strategy in supply chain networks. Industrial Marketing Management, 41, 1114–1124.

Dass, M., Fox, G. 2011. A holistic network model for supply chain analysis. International Journal of Production Economics, 131, 587–594.

Hiltunen Esa, 2006. IWE-Kurssi 19, kurssimonisteet

Lambert, D.M., Cooper, M.C. 2000. Issues in Supply Chain Management. Industrial Marketing Management, 29, 65–83.

Liu, Z., Cruz, J.M. 2012. Supply chain networks with corporate financial risks and trade credits under economic uncertainty. International Journal of Production Economics, 137, 55–67.

Meixell, M., Gargeya, B. 2005. Global supply chain design: A literature review and critique. Transportation Research Part E, 41, 531–550.

Nagurney, A. 2010. Optimal supply chain network design and redesign at minimal total cost and demand satisfaction. International Journal of Production Economics, 128, 200–208.

Pan, F., Nagi, R. 2013. Multi-echelon supply chain network design in agile manufacturing. The International Journal of Management Science, Omega 41, 969–983.

Rudberg, M., Olhager, J. 2003. Manufacturing networks and supply chains: an operation strategy perspective. *The International Journal of Management Science*, Omega 31, 29–39.

Tekninen tiedotus 15/87. 1987. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Tuunainen Aku, 2013, ”Hitsauskiinnittimet ja Total Welding Management”, Hitsauksen tuotanto ja laatu -seminaarityö

Wilhelm, M.M. 2011. Managing cooperation through horizontal supply chain realtions: Linking dyadic and network levels of analysis. *Journal of Operations Management*, 29, 663–676.

Zhang, G., Shang, J., Li, W. 2011. Collaborative production planning of supply chain under price and demand uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 215, 590–603.



SAVONIA

HITNET —

HITSAAVAN TEOLLISUUDEN HANKINTATOIMEN JA TOIMITUSKETJUN TEHOSTAMINEN

LOPPURAPORTTI

Kädessäsi on Savonian ja Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston HitNet -hankkeiden yhteinen loppuraportti. HitNetWork ja HitNetGlobal -nimillä kulkeneet hankkeet keskittyivät Hitsaavan teollisuuden hankintatoimen ja toimitusketjun tehostamiseen. Hankkeiden tutkimus- ja kehitystyön kantavana ajatuksena oli hitsaustoimintojen kokonaisvaltainen kehitys, Total Welding Management.

Tutkimustyö painottui verkostojen osalta hitsauksen laadunhallintaan sekä 3834-standardin käyttöönoton valmisteluun. Tämän lisäksi verkostoyrityksissä toteutettiin kehitysprojekteja Total Welding Management ajattelumallin pohjalta mm. kiinnitinsuunnitteluun ja tuotannon tehostamiseen liittyen.

Yritysverkostoon keskittyvän tutkimustyön lisäksi tehtiin yleistä hitsaustoimintojen tehostusta tukevaa tutkimustyötä mm. kartoittamalla ja vertailemalla suomessa tarjolla olevia hitsauksen simulointi- ja etäohjelmointiohjelmia. HitNetWork -hankkeessa tehtiin opinnäytetöiden ohella laajamittaista yhteistyötä Savonian perusopetuksen kanssa projekti-opintojaksojen ja hitsausmetallurgian kurssin osalta. Tässä loppuraportissa myös kerrotaan HitNetGlobal-hankkeessa tehdyistä kartoituksista hitsaavan teollisuuden tilasta ja mahdollisuuksista Länsi-Afrikassa ja Kiinassa.



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013

Tekes



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

