



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# AVANT PIENKUORMAAJAN NOSTOPUOMIN HITSAUKSEN MENETELMÄSUUNNITTELU

Juuso Kivisilta

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017  
Kone ja -tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja laiteautomaation suuntautumisvaihtoehto

KIVISILTA, JUUSO:

Avant-pienkuormajan nostopuomin hitsauksen menetelmäsuunnittelu

Opinnäytetyö 96 sivua, joista liitteitä 30 sivua

Toukokuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa R3-robottisolun toiminta-astetta ja ongelma-kohtia. Menetelmäsuunnittelun, lean-filosofian ja 5S-standardoimistustyökalun avulla saadaan solut organisoitua toimivimmiksi. Ongelmakartoitusta ja arvovirtakuvausta hyödyntäen saadaan selville tuottamattomat toiminnot, joihin solun kehitystyö keskittyy. Työn on tilannut Avant Tecno Oy.

Opinnäytetyössä tutustutaan Mig-, Mag- ja robottihitsaukseen teoreettisesti kirjallisten lähteiden avulla sekä käytännönläheisesti. Tämän opinnäytetyön laatija vastaa itse käytännön tutkimuksesta ja käyttää myös omaa tietopohjaansa metallialan töistä, hyödyntäen työkokemustaan ja aiempia tutkintojaan. Useista eri lähteistä ja yrityksen työntekijöiltä saadut faktat auttavat työn aikana havaittujen lisäarvoa tuottamattomien osien kehitystyössä. Työn kautta selvennetään tehtaalla olevaa imuohjautuvaa tuotantostrategiaa ja selvitetään prosessin puutteet ja kehitystä vaativat alueet.

Opinnäytetyössä tutkitaan ja analysoidaan prosessin alkutilanne, kehitystoimenpiteet, päivitykset ja saavutetut tulokset. Jatkuva parantaminen ja prosessien kehittäminen eivät saavuta koskaan loppuaan. Tämä työ antaa perustietopaketin hitsaamisesta ja robotisoinnista sekä avaimia kehittämiseen nyt ja tulevaisuudessa. Tutkimuksessa solun prosessien kehittämisessä esiin tulleita tuloksia ja dokumentteja voidaan hyödyntää myös tulevissa projekteissa ja mahdollisissa ongelmatilanteissa.

---

Asiasanat: menetelmäsuunnittelu, Mig- ja Mag-hitsaus, robottihitsaus, lean, 5-S, arvovirtakuvaus, lisäarvo

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Option of machinery and equipment automation

### **KIVISILTA JUUSO**

Avant multi-loader liftingboom welding method design

Bachelor's thesis 96 pages, appendices 30 pages  
May 2017

---

The purpose of this thesis was to identify the R3 robot cell operating rate and problem areas. Lean manufacturing and 5S- standard tool were used to get cells organized in a more functional manner. In this thesis is used couple tools like identifying problems method and value stream mapping, to get known the non-productive functions. The thesis was commissioned Avant Tecno Oy.

The theoretical part introduces the Mig-, Mag- and robotic welding using literary sources. Whilst the practical part relied mainly on the practical study and knowledge of the author in metal works, making use of professional experience and previous examinations. The author of this thesis is responsible for the practical study and use his own knowledge base metal works, making use of professional experience and previous examinations. A variety of sources and facts from the company's employees helped to improve unproductive parts during this thesis. Work through the clarification of the factory production pull controlled strategy and explains the weaknesses, deficiencies and areas requiring development.

The thesis studied and analyzed the process of the initial situation, measures of the development, equipment updatings and the all achieved results. It is important to continue to improve and develop processes. This work provides basic information about welding and using robot in automation, as well as the keys to development now and in the future. Results and documents which have emerged in the study can be utilised also in the future projects and in the possible problem situations.

---

Key words: method design, Mig- and Mag- welding, robotic welding, lean, 5-S, value stream mapping

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	AVANT TECNO OY YRITYKSENÄ .....	9
2.1	Yrityksen toiminta .....	9
2.2	Avantin tuotteet .....	10
3	MIG/ MAG SEKÄ ROBOTISOIDUN HITSUKSEN TEORIAA.....	11
3.1	Hitsausvirheet .....	13
3.2	Robottihitsaus .....	16
4	HITSUSPROSESSIN KEHITYSTYÖ YLEISELLÄ TASOLLA .....	18
4.1	Hitsausprosessiin vaikuttavien tekijöiden kehittäminen .....	18
4.2	Muita tarkasteltavia asioita hitsausprosessissa .....	23
5	TUOTANNONSUUNNITTELUN TEORIAA .....	26
5.1	Lean tuotanto .....	26
5.2	Imuohjaus.....	27
5.3	Hukan käsitteet Muda, Mura ja Muri .....	28
5.4	5S.....	29
5.5	Asetusaikojen minimoinnin työväline SMED, Single Minute Exchange of Die .....	33
5.6	Työn standardisointi ja ohjeistus .....	35
6	R3- ROBOTTI- JA VIIMEISTELYSOLU.....	36
6.1	Kokonaisuuksien layoutit muutostöiden ja järjestelyjen jälkeen .....	37
6.2	Robotin ja muiden solun laitteiden esittely.....	38
6.3	Kokonaisprosessin kuvaus .....	45
6.4	Robotti- ja viimeistelysolun alkutilanne ja tehokkuus .....	46
6.5	Prosessin arvovirtakuvaus.....	47
6.6	R3:n työkulkukaaviot taulukoituina .....	49
6.7	Prosessin hukan muodot.....	51
6.8	Solujen miehitys .....	52
7	TYÖN TULOKSET, TYÖSTANDARDIN JA MENETELMIEN KEHITTÄMINEN.....	55
8	POHDINTA/ YHTEENVETO .....	60
	LÄHTEET .....	66
	LIITTEET .....	67
	Liite 1. Laatutapahtumia 2015 elo- ja syyskuulta. ....	67
	Liite 2. Kuormaajamallit perustietoineen taulukoituna.....	68
	Liite 3. Mig- ja Mag hitsaus.....	69
	Liite 4. Mig- ja Mag hitsauksen sähköinen toimintaperiaate ja etuja. ....	70
	Liite 5. Mig- ja Mag hitsauslaitteisto esimerkki.....	71

Liite 6. Mig- ja Mag hitsauslisäaineet.....	72
Liite 7. Mig- ja Mag hitsauksen suojakaasut.....	73
Liite 8. Mig- ja Mag hitsauksen hitsausparametrien ja kaarialueen valinta, lyhytkaarihitsaus.....	74
Liite 9. Mig- ja Mag hitsauksen hitsausparametrien ja kaarialueen valinta, lyhytkaarihitsauksen havainnointi kuvat.....	75
Liite 10. Mig- ja Mag hitsauksen hitsausparametrien ja kaarialueen valinta, välikaari ja kuumakaari.....	76
Liite 11. Mig- ja Mag hitsaus pulssikaarella.....	77
Liite 12. Hitsaus- ja laatustandardeja.....	78
Liite 13. Tietoa hitsausvirheiden aiheuttajista ja ehkäisemisestä.....	79
Liite 14. Kuvat silloitetuista 600- sarjan tyvi- ja kärkipuomista.....	80
Liite 15. Havainnointikuva heftatuista ja hitsatuista 600- sarjan puomeista robotin pöydässä kiinnitettynä.....	81
Liite 16. Havainnointikuva heftatuista ja hitsatuista 400- sarjan puomeista robotin pöydässä kiinnitettynä.....	82
Liite 17. Viimeistelysoluun tuotuja- ja viimeistelyjä puomipareja.....	83
Liite 18. Puomikokoonpanossa olevat maalatut puomit.....	84
Liite 19. Päivitys kuvia R3- solun kehitystyöstä.....	85
Liite 20. Päivitys kuvia R3- solun kehitystyöstä.....	86
Liite 21. Päivitys kuvia R3- solun kehitystyöstä.....	87
Liite 22. Päivitys kuvia R3- viimeistelysolun toiminnan kehittämisestä.....	88
Liite 23. Päivitys kuvia R3- viimeistelysolun toiminnan kehittämisestä.....	89
Liite 24. Päivitys kuvia R3- viimeistelysolun toiminnan kehittämisestä.....	90
Liite 25. Standardiohjejärjestys R3- robottisoluun.....	91
Liite 26. Standardiohjejärjestys R3- viimeistelysoluun.....	92
Liite 27. 5S- ohjeistus.....	93
Liite 28. 5S- Auditointilomake.....	94
Liite 29. Hitsausrobotin kunnossapito ohjeistus ja seuranta.....	95
Liite 30. Työturvallisuus työpisteissä.....	96

## ERITYISSANASTO JA TERMIT

Heftaus/ silloitus	Heftaus ja silloitus tarkoittavat kappaleen, esimerkiksi nostopuomin eri osien silloitusta toisiinsa, jolloin kappale on jo oikean näköinen. Tämän jälkeen kappaleeseen suunnitellut hitsaukset ovat suoritettavissa.
Siloitus jigi/ kiinnitin	Jigi on alusta, johon tuotteen osat saadaan laitettua esimerkiksi ohjauspintojen avulla helposti asemiinsa ja ne menevät automaattisesti oikeille paikoilleen, näin ne voidaan heti heftata toisiinsa.
Jigi hitsausasemassa	Jigi voi tarkoittaa myös robotin pöytään valmistettuja kappaleiden kiinnityskohtia. Suunniteltujen kiinnityksien, paikoitusten ja ohjauksien avulla, silloitettu kappale asettuu aina samalla lailla hitsauspöytään, jolloin automatisoitu hitsaus on luotettavasti suoritettavissa.
IWE	kansainvälinen hitsausinsinööri
IWS	kansainvälinen hitsausneuvoja
NDT	rikkomaton aineenkoetusmenetelmä (Nondestructive testing)
WPS	a Welding Procedure Specification eli hitsausohje
Mig	Mig- hitsaus, eli metal inert gas , on yksi ei- rautametallien hitsausprosessimuoto.
Mag	Mag- hitsaus, eli metal active gas, on yksi hitsausprosessimuoto muun muassa terästen hitsaukseen.
Lean	Tuotantofilosofia/ toimintastrategia, joka keskittyy virtaustehokkuuteen.
5S	Yksi jatkuvan parantamisen työkaluista. Lean filosofian mukainen menetelmä/ työkalu järjestystä ja organisointia varten. Se keskittyy ylläpitämään siisteyttä, järjestystä työalueilla ja ympäristöissä.

## 1 JOHDANTO

Tutkimuksen tausta hahmottuu suuressa kehityksessä olevan teknologiateollisuuden kilpailtuun markkinatilanteeseen. Tuotteiden laatuvaatimusten kiristytessä myös Avant Tecno Oy:ssä on pyrittävä jatkuvasti tehostamaan kaikkia prosesseja ja toimintoja tuotannossa. Eri prosessit ja toimintamallit tehtaalla pyritään saamaan sulaviksi ja tuotantotehokkaiksi. Tämä tutkimustyö perehtyy pääasiassa hitsausprosessien, hitsausrobottien ja soluissa tapahtuvien toimintojen yhdenmukaistamiseen tehtaalla ja hyvän tasaisen laadun takaamiseen.

Kyseinen tutkimus tehdään, koska toiminnoissa hitsausprosessin ympärillä on havaittu paljon vaihtelevuuksia ja ongelmakohtia. Hitsausprosessien virheet, häiriöt, turhat toiminnot ja työntekijöiden yhteisen linjan puute vaikuttavat negatiivisesti tuottavuuteen ja aiheuttavat laaduntuottokyvyn vaihtelua. On järkeenkäypää, että kaikki virheet, puutteet ja ongelmat kuluttavat aikaa, energiaa, resursseja ja lopulta yrityksen pääomaa.

Jos jonkinlaisen virheen omaava tuote päätyy asiakkaalle, aiheuttaa se ylimääräistä työtä ja vaivaa kaikille osapuolille. Reklamaatiot ja yleensäkin kaikki viat tuotteissa vaikuttavat suoraan yrityksen maineeseen, ja negatiiviset asiat vaikuttavat aina myös heikentävästi asiakaskuntaan. Tässä työssä perehdytään pääosin puomien valmistusprosesseihin, mutta työssä ilmeneviä ajatuksia voidaan soveltaa myös muihin valmistettaviin kuormaajan hitsauskoonpanoihin. Liitteessä 1 on kuva ilmoitustaululta, jossa havainnoidaan ongelmia ja niiden lukumäärää.

Kehitysprojektin tavoitteena on saada aikaan toimivampi ja tuotantotehokkaampi toimintamalli solun hitsausprosesseihin. Projektissa tarkoitus on nostaa solujen tuotannon hyöttyprosenttia luomalla työstandardi, kehittämällä työmenetelmiä ja pureutumalla käytännön osoittamiin epäkohtiin.

Opinnäytetyö syventyy Mig/ Mag- hitsaukseen ja sen ongelmakohtiin. Opinnäytetyö antaa lukijalleen paljon yleistietoa hitsaamisesta, robotin hyödyntämisestä, solun toiminnasta ja laitteista, sekä kehitykseen liittyviä ajatuksia kokonaisprosessista. Ongelmatilanteita ratkaisemalla ja huomioimalla pyritään lisäämään robottisolun käyttöastetta. Pyritäessä kehittämään solun toimintaa ja poistamaan hidastavia tekijöitä on mietittävä kokonaisuutta, ongelmien juurisyitä ja niiden ratkaisutapoja. Solun toiminnan tehostaminen vaatii lisäinvestointeja ja päivityksiä robottiin.

Työn rakenne rajautuu empiiriseen tutkimukseen ja teoreettiseen kirjallisuustutkimukseen. Näin saadaan kattavampi näkökulma tutkittaviin asioihin. Tutkimuksessa yhdistetään siis kaksi tutkimusnäkökulmaa, joissa teoreettinen näkökanta vahvistaa ja todentaa empiirisen tarkastelun tuloksia.

Empiirinen eli kokemuksiin perustuva tutkimus hyödyntää projektikohteessa havaittua informaatiota. Saatua tietoa voidaan silloin hyvin käsitellä ja mitata. Näin päästään hyvin käytännön kautta ongelmien ytimeen ja ratkaisujen etsiminen voidaan aloittaa välittömästi. Havaittuihin ongelmiin sovelletaan soluissa työskentelevien ammattitaitoa ja käytännön kokemusta, jotta toiminnot saataisiin mahdollisimman toimiviksi. Tarkoitus työssä ei ole keksiä pyörää uudelleen, vaan yhdistää vanhaa ja uutta tietoa, sekä saada useiden näkökantojen kautta tuloksellinen perspektiivi kehitystyöhön.

Teoreettinen tutkimus perustuu jo olemassa oleviin todennettuihin tietoihin ja ajatelmiin. Teoreettisessa osuudessa tietoa saadaan jo olemassa olevista materiaaleista ja tutkimuksista. Internet ja kirjallisuus antavat paljon tietoa, joista pystyy kokoamaan kyseiseen työhön liittyvän teoreettisen viitekehyksen.



## 2 AVANT TECNO OY YRITYKSENÄ

### 2.1 Yrityksen toiminta

Avant tecno Oy on perheyritys joka valmistaa monipuolisia pienkuormaajia useisiin käyttötarkoituksiin. Yritys on valmistanut vuodesta 1991 yli 40000 kuormaajaa, ja on tällä kokemuksella ja ammattitaidolla saavuttanut ansaitusti paikan pienkuormaajien markkinoiden kärjessä. Osa Avant Group -konsernia on myös Ylöjärvellä henkilönostimia valmistava Leguan Lifts Oy.

Yrityksen toiminta lähti liikkeelle entisen Ylö-Tehtaat Oy:n konkurssin myötä vuonna 1991. Tällöin Risto Käkelä osti pienkuormaajan kehitys- ja valmistusoikeudet ja alkoi kehittää sitä yhdessä ydinryhmänsä kanssa. Ajat olivat hyvin tiukat, mutta kovalla työllä ja oikeanlaiset markkinat löytämällä mahdollistettiin myös kasvumahdollisuudet yritystoimintaan.

Menestyvä yritys on saavuttanut tuotteidensa myynnillä kaikki mantereet ja perustanut myyntiyhtiöt Saksaan, Iso-Britanniaan ja USA:han, sekä saanut maahantuontikumppaneita yli 40 maahan. Se, että tuote menestyy ankarasti kilpailussa maailman markkinatilanteessa, kertoo tuotteen hyödyllisyydestä ja monipuolisuudesta, sekä hyvästä laadusta ja suomalaisten työntekijöiden hyvästä ammattitaidosta.

Tehtaan työntekijöillä on pitkät työurat, joka kuvastaa vahvaa jatkuvuutta ja menestystä. Arvot ovat syvällä suomalaisessa perheyrittämisessä: suositaan kotimaista tuotantoa ja toteutetaan valmistus omalla tontilla ja omalla väellä mahdollisimman pitkälle. (Avant tecnon kotisivut)

## 2.2 Avantin tuotteet

Tuotteiden kehityksessä pyritään olemaan ajan hermolla ja vastaamaan markkinoiden tarpeisiin. Myynti ja kehitys ovat vuorovaikutuksessa asiakkaiden/ tilaajien kanssa ja näin kehitys on jatkuvaa. Avantin pienkuormaajien yleisimpiä käyttökohteita ovat muun muassa maatalouden työt, metsä- ja puutyöt, monipuolisesti rakentamiseen ja alueiden hoitoon liittyvät työt, sekä kiinteistöjenhoidon työt. Kattavan lisälaittevalikoiman kautta avant-kuormaaja malleista ja lisälaitteista löytyy kombinaatioita työhön kuin työhön. Lisälaitteiden suunnittelu tapahtuu Avantilla, mutta valmistuksen hoitavat alihankkijat Suomessa ja Virossa. Avant-kuormaaja mallisarjoja on kaikkiaan seitsemän ja lisäksi kehitetään sähkökäyttöistä e-sarjaa. Kuormaajille soveltuvia työlaitteita on jo yli sata erilaista.

Seuraava kuva 1 sisältää esimerkit avanteista. Kuvakokoelmassa näkyvät esimerkit kone- ja työlaitemallistosta. Kuvista löytyvät seuraavat mallit: 760, 640, 525, 419, 320, R28, e5, e6 ja 225. Kuvat antavat käsityksen konekannan laajuudesta ja työlaitteiden suomista mahdollisuuksista. Vaikka konemalli ja työlaite vaihtuvat, ovat puomit aina koneen tärkeimpiä ja rasituksille alttiimpia osia. Opinnäytetyö keskittyy 400, 500 ja 600 konesarjan puomeihin. Liitteessä 2 löytyy kuormaajamallit perustietoineen lisähavainnointia ja vertailua varten.



KUVA 1. Avantin konemalleja. (Avant Tecnon kotisivuilta markkinointimateriaalista)

### 3 MIG/MAG SEKÄ ROBOTISOIDUN HITSUKSEN TEORIAA

Mig- ja Mag- hitsausmenetelmät ovat kaasukaarihitsausmenetelmiä. Kummassakin käytetään suojakaasua suojaamassa hitsaustapahtumaa. Molemmissa prosesseissa lämpöenergia syntyy valokaaresta ja näin saadaan kappaleiden liitoskohta sulamaan. Peruspiirteissään siis valokaari syntyy hitsauslangan ja hitsattavan kappaleen väliin ja sen suojana ympärillä on suojakaasu. Hitsausprosessin, suojakaasun ja lisäaineen valintaan vaikuttavat ainakin hitsattava materiaali, hitsattava kappale muotoineen, kappaleen hitsattavien osien ainevahvuus, hitsaustapahtuman asento, kappaleelta ja näin myös hitsiltä vaadittavat kriteerit sekä hitsauskohteen liitos- ja railotyyppit. Konekanta huomioiden on pyrittävä ottamaan siitä näillä valinnoilla kaikki tehokkuus irti. Kaarihitsauksen etuja on ainakin sen käytön yleisyys, monipuolisuus, sen edullisuus ja tuottavuus, helppo mekanisointi ja automatisointi, mahdollisesti myös siirreltävyyden sekä sen käyttömahdollisuudet kaikkiin yleisimpiin metalleihin. Mig/Mag-hitsauksen puhutaan olevan yleisimminkin käytössä oleva hitsausprosessi robottihitsauksessa. (Agan esite käytännön ohjeita Mig- ja Mag- hitsaukseen, 4-5; Esabin osaamiskeskus hitsausmenetelmät/ Mig- ja Mag hitsaus)

Hitsauslisäaineena voi olla umpilangan lisäksi myös esimerkiksi jauhetäytelanka. Tämän hitsausprosessin numero on 136, ja nimityksenä on Mag-jauhetäytelankahitsaus. Lisäainetyyppejä ja niiden valmistajia on markkinoilla paljon. Lisäaine valitaan aina hitsattavan materiaalin ja käytössä olevan hitsausprosessin mukaan. Muita yleisimpiä kaarihitsausmenetelmiä on: Mig- hitsaus (131), Mag-hitsaus (135), Mag-metallitäytehitsaus (138), puikkohitsaus (111), jauhekaarihitsaus (12), Tig-hitsaus (141) ja plasmahitsaus (15). (Hitsaustekniikka lehti 6/2011, 25); Esabin osaamiskeskus hitsausmenetelmät)

Liitteissä 3- 12 löytyy selventävää ja syventävää lisätietoa Mig- ja Mag- hitsauksesta, hitsaustapahtumasta ja hitsausstandardeista. Avant tecnolla pystytään hyödyntämään liitteissä olevaa teoriaa käytännön tueksi. On hyvä tietää tuotannossa mitä hitsausprosessissa tapahtuu. Kun teoria on kaikille selvää, on helpompi käsitellä esimerkiksi hitsausprosessissa esiintynyttä ongelmaa. Vuorovaikutus työntekijöiden välillä ja ongelmanratkaisun tehokkuus paranevat, kun kaikki ymmärtävät mistä puhutaan perusteista lähtien.

### **Mig- hitsaus**

Mig- hitsaus tulee englanninkielisistä sanoista metal inert gas. Siinä kaasuna käytetään reagoimatonta ja tunnotonta eli inerttiä jalokaasua Argonia. Suojakaasu ei siis reagoi hitsisulan kanssa. Hitsausprosessia käytetään ei- rautametallien hitsaukseen, kuten alumiinin hitsaukseen. (Agan esite käytännönohjeita Mig- ja Mag- hitsaukseen, 4-5.)

### **Mag- hitsaus**

Mag- hitsaus tulee englanninkielisistä sanoista metal active gas. Siinä kaasuna käytetään reagoivaa ja näin ollen aktiivista suojakaasua. Yleisesti suojakaasuna käytetään hiilidioksidia, heliumia, aiemmin mainittua argonia ja näistä koostettuja seoskaasuja. Prosessia käytetään terästen hitsaukseen, jossa yleisimmin käytetään seoskaasua, jossa on seostettuna argonia ja hiilidioksidia. Lisäaineena on yleensä käytössä kupari päällysteinen umpilanka, mutta on olemassa myös täytelankoja. Täytelankoja on metallijauhe täytteisiä, sekä kuonaa tuottavia rutiili- ja emäs jauhe täytteisiä lankoja. Jauhe sulaa lisäaineeksi sulaan ja mahdollisesti syntyvä kuona suojaa sulaa ilman vaikutuksilta. Nopeasti jähmettyvä kuona tuo myös lisää asentohitsausominaisuuksia. On olemassa myös sellaisia täytelankoja, jotka eivät tarvitse suojakaasua, mutta suojakaasun käyttö on kuitenkin aina suositeltavaa. Metallitäytteisten lankojen sisältö koostuu metallijauheesta ja metallisista deoksidaatioaineista, joilla saadaan happi pois hitsaustapahtumasta, muita suojaavia aineita ei ole. Hyötyluvultaan korkea (95%) metallitäytelanka, on miltei umpilangan vertainen. (Agan esite käytännönohjeita Mig- ja Mag- hitsaukseen, 4-5.)

## Silloitus

Silloitus eli heftaus on todella tärkeä osa tuotteen valmistusta hitsausprosessissa.

Silloituskohdat valitaan niin, että silloitukset antavat kaikille hitsattaville osille varman ja tukevan tuennan. Silloituksessa on otettava huomioon myös se, ettei vät heftit ole tiellä tai muuten haitaksi itse hitsaukselle. Silloitushitsien paikat, tiheys ja koko harkitaan tarkkaan. Silloituksen on saavutettava oikea lujuus ja sen on kestävä mahdolliset lämmönvaikutukset, hitsausjännitykset ja kuormitukset. Rakenteellisesti ja pinnanlaadullisesti siltohitsit on tehtävä niin, että ne sulavat hitsaustapahtumassa osaksi laadukasta hitsiä.

Heftauksen jälkeen kappaleella on oikea muoto ja hitsattavat osat ovat mittatarkasti oikeilla paikoillaan ja se on valmis hitsattavaksi. (Haataja, Mika; 2012, 10)

### 3.1 Hitsausvirheet

Kun halutaan saada hyvä hitsi, on se riippuvainen monista tekijöistä. Aluksi on varmistettava oikea hitsaustekniikka ja hitsausasento. Jalkoasentoa hitsauksessa on pidetty turvallisimpana ja nopeana hitsausasentona, se ei siis ole niin virhealtis kuin muut asennot. Hitsaustapahtuma on suojattava sitä ympäröivältä ilmasta, ja ilman typen ja hapen negatiivisilta vaikutuksilta hitsisulaan. Suojakaasulla on siis tärkeä osansa kaarihitsauksessa, ja se osaltaan vaikuttaa prosessin sekä taloudellisiin, että laatu-tekijöihin. Hitsausprosessi voidaan suojata käyttäen suojakaasua, kuonaa, tyhjiötä tai puristusta, joka suoritetaan mekaanisesti. Avant tecnolla käytetään suojakaasua kaikissa hitsausprosesseissa. Lämmön tuonti ja hitsaustapahtuma aiheuttavat muutoksia materiaalissa ja sen rakenteessa. Usein muutokset näkyvät erilaisina vääntyminä, muodonmuutoksina ja hitsaus tekee myös jännitystiljoja materiaaliin. Mahdollisia hitsausvirheitä on lukuisia. Yleisimpiä ovat virheet hitsin tunkeumassa, muodossa, mitoissa ja pinnanlaadussa sekä halkeamat, huokokset, ontelot, sulkeumat ja liitosvirheet. (Esab Hitsien laatu ja hitsausvirheet, 1- 15). Liitteessä 13 on esitetty havainnekuvia hitsausvirheistä ja niiden aiheuttajista.

Opinnäytetyön aikana havaittiin useita hitsausvirheitä, joihin etsittiin mahdolliset aiheuttajat prosessissa. Roiskeet, jotka johtuvat usein huonosta hitsauskolvin asennosta tai mahdollisesti tukkeutuneesta kaasuholkista. Huokokset, joita syntyy, kun suojakaasu ei jostain syystä pääse suojaamaan hitsaustapahtumaa tai kun materiaaleissa on epäpuhtauksia. Huokosia aiheuttaa myös kosteus ympäristössä, kosteus kappaleissa, vuoto hitsauspistoolissa, vetoisuus hitsausympäristössä, liian pieni tai suuri suojakaasun virtausnopeus, liian pitkä valokaari ja liian suuri hitsausnopeus. Tuotteen kannalta huonot muodonmuutokset, joita usein aiheuttavat huono ja liian vähäinen osien yhteen silloittaminen tai ennakkosemointien puuttuminen osia yhteen silloitettaessa. Myös tarpeettoman suuret hitsausarvot lisäävät lämpökuormaa kappaleessa, joka voi aiheuttaa muodonmuutoksia. Kuuma-halkeamat, joita aiheuttavat liian suuri hitsausnopeus ja epäpuhtaudet. Liitosvirheet, aiheuttajina epäpuhtaudet, huono hitsauskolvin suuntaus, väärä kuljetusnopeus, sulan vyöryminen valokaaren eteen ja liian vähäinen hitsausenergia. Reunahaavat, joita syntyy, kun hitsausarvot ovat liian suuret, kaarijännite on liian korkea, hitsauskolvin suuntaus kappaleisiin on huono, virheellinen kuljetus, liian nopea hitsausnopeus, valokaari on liian pitkä tai kun yritetään saavuttaa liian suurta a- mittaa yhdellä kertaa. Vajaa hitsautumissyvyys, jonka aiheuttaa useimmiten virheellinen railomuoto, liian pieni ilmarako, väärät hitsausarvot ja liian suuri kuljetusnopeus.

Opinnäytetyön puitteissa hitsausvirheet on pyritty poistamaan muokkaamalla hitsausympäristöä hitsauksen kannalta paremmaksi ja opettamalla työntekijöille yhteiset ohjeet sekä laitteiston turvallinen ja tehokas käyttö. Keskittymällä suojakaasun virtauksiin, kappaleiden puhtauteen, hitsauskoonpano osien laatuun ja mittatarkkuuteen, osien asemointiin, ilmarakoihin, hitsausasentoihin sekä hitsausarvoihin, on suurimmat hitsausvirheiden aiheuttajat saatu kuriin. Lisäksi on panostettu hitsausohjelmiin, tarkkoihin hitsauslaitteiston huolto ja putsaus käytäntöihin sekä on investoitu uuteen pulssihitsauksen mahdollistavaan robottihitsauslaitteistoon.

Muokkaamalla hitsaussolu mahdollisimman vedottomaksi ja hitsausprosessi toimivaksi sekä suorittamalla kehitystoimenpiteet on hitsauksen laatu ja toimintavarmuus parantunut huomattavasti. Ennen opinnäytetyön kehitystoimenpiteitä joutui ohjelmia korjaamaan usein ja toimia epävarman laitteiston kanssa, mutta kehitystoimenpiteiden jälkeen ei ole tarvinnut ohjelmien ja laitteiston sisäänajon jälkeen puuttua toimintoihin kuin hienosäätöjen puitteissa. Joitakin vaikeuksia uuden tekniikan kanssa on ollut, mutta viat on käsitelty heti laitteiston valmistajan sekä huoltohenkilöiden kanssa ja laitteiston puutteet on korjattu välittömästi. Suuntana on joka korjauksella toimintavarmempi ja tehokkaampi automatisoitu hitsausprosessi.

### 3.2 Robottihitsaus

Robottihitsauksessa robotti suorittaa varsinaisen hitsaustyön. Automatisoidussa hitsausolussa hitsaustapahtuma on täysin robotisoitu. Ohjauskeskus ohjaa hitsausohjelmansa kautta virtalähdettä, pyörityspöytää, hitsausrobotia ja muita mahdollisia oheislaitteita. Robotteja on nykypäivänä useita erilaisia ja ne eroavat myös ohjelmointikieleltään toisistaan. Automaatio ja robottivalmistajia on useita esimerkkeinä: ABB, Motoman/ Yaskawa, KUKA Robotics, Hyundai, Mitsubishi, Fanuc, Kawasaki ja Hitachi. Robottien käyttö on yleistynyt viime vuosina paljon erityisesti niiden monipuolisuuden takia. (Roukala, Jani; 2013, 14-16)

Hitsausrobottien käyttö parantaa usein saumojen laatua ja tuottavuutta, nopeuttaa tuotantoa ja läpimenoaikoja, lisää varmuutta ja parantaa toimitusaikoihin reagointia. Kaikki saavutetut hyödyt alentavat valmistukseen liittyviä kustannuksia. Automatisoinnissa tärkeimpiä asioita ovat toistettavuus hitsaustapahtumissa ja mahdollisimman tasainen hitsauslaatu. Hitsausasennot voivat olla hankalia, ja huonosti toteutettu hitsaustapahtuma tietää usein hitsausvirheitä ja laadun heikkenemistä. Hitsauksen automatisointi poistaa virheitä, koska hitsauspään asennot ja etäisyydet pysyvät aina halutuilla asetuksilla. Robottihitsaus mahdollistaa suurempien virtojen käytön, koska robotti kestää enemmän lämpöä hitsaustapahtuman ympäristössä kuin ihminen manuaalihitsauksessa. Automatisoidun hitsausprosessin kaariaikasuhte on suurempi kuin manuaalihitsauksessa, koska robotti ei tarvitse taukoja. (Roukala, Jani; 2013, 14-16)

Kun robotti suorittaa hitsaamisen, se on myös työntekijän kannalta turvallisempaa kuin hitsattaessa manuaalisesti. Robotin suorittaessa hitsaustyön, työntekijä altistuu vähemmän savuille, kaasuille, säteilylle, melulle, staattisille ja rasittaville työasunnoille. Kun terveys- ja turvallisuusriskit vähenevät, vähenevät myös työperäisten sairauksien aiheuttamat poissaolot ja mahdolliset kuntoutukset ja muut kulut. Poissaolojen vähentyessä ei tarvitse työpaikalla tehdä erikoisjärjestelyjä, eikä näin ollen synny tuotantokatkoksia. Yritys, joka hyödyntää automatisointia, saavuttaa arvostusta ja etuja myös yhteistyökumppaneiden silmissä sekä asiakkaiden hankinnassa. (Roukala, Jani; 2013, 14-16; motomanin sovellukset/ kaarihitsaus)



Yleisesti teknologiateollisuuden yritykset Avant tecno mukaan lukien, panostavat robottien hyödyntämiseen tuotannossa, pysyäkseen kilpailukykyisinä ja vakavasti otettavina yhteistyökumppaneina. Vaikka automatisointi vaatii suuria investointeja, maksaa se oikein toteutettuna itsensä takaisin. Avantilla on tänä päivänä kahdeksan Motomanin valmistamaa hitsausrobottia, joista jokaiselle on osoitettu oma hitsaussolu ja hitsauspöytä tuotteen mukaan. Toiminta muuttuu robotisoinnin avulla tehokkaammaksi ja organisoidummaksi.

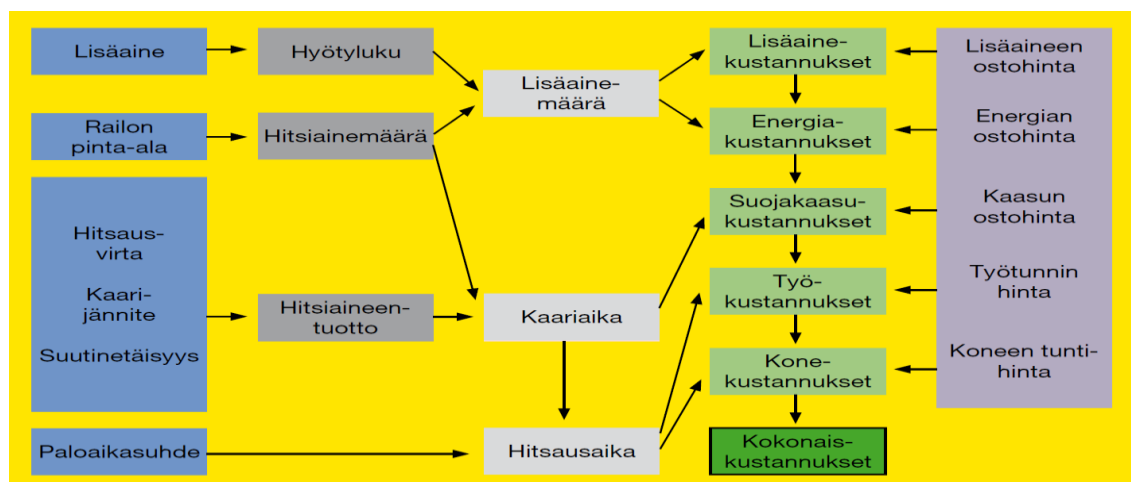
## 4 HITS AUSPROSESSIN KEHITYSTYÖ YLEISELLÄ TASOLLA

Hitsausprosessien kehittäminen alkaa aina lähtötilanteen kartoittamisesta, johon halutaan muutosta. Aluksi on tiedettävä, mitä halutaan kehittää ja miksi. Lähtökohtien ollessa selvillä pystytään tähtäämään kehitys oikeaan suuntaan. Kehittämisen voi jakaa esisuunnitelmaan, suunnitelman toteutukseen ja hallintaan, sekä toteutuksen valvontaan ja dokumentointiin. Hitsausprosessia tulee valvoa mahdollisimman reaaliaikaisesti, jolloin epäkohtiin ja poikkeamiin laadussa voidaan puuttua välittömästi. Tärkeä osa kehitystä on myös kustannustehokkuus. Hitsattavia tuotteita tulee olla kannattavaa valmistaa. (Lukkari, Juha; 2011)

On järkevää käyttää jo olemassa olevaa tietoa esimerkiksi aiemmista projekteista ja työntekijöiden ammatillisista kokemuksista. Työntekijöiden käytännön tieto kehityskohteesta on avainsana, kun asioita halutaan viedä eteenpäin.

### 4.1 Hitsausprosessiin vaikuttavien tekijöiden kehittäminen

Seuraava kuvio 1 osoittaa tekijöitä, joista hitsausprosessi koostuu. Prosessi koostuu monista asioista ja kaikki vaikuttavat osaltaan kokonaisuuteen. Kehittämällä prosessin pienempiä osia, saadaan vaikutettua kokonaisuuteen ja kehitettyä itse hitsausprosessia haluttuun suuntaan. Asioita käsitellään opinnäytetyössä enimmäkseen Mag-umpilankahitsauksen kannalta.



KUVIO 1. Algoritmi kokonaiskustannuksien muodostumisesta hitsausprosessissa, hit-saustekniikka 3/ 2011 lehdestä sivulta 2.

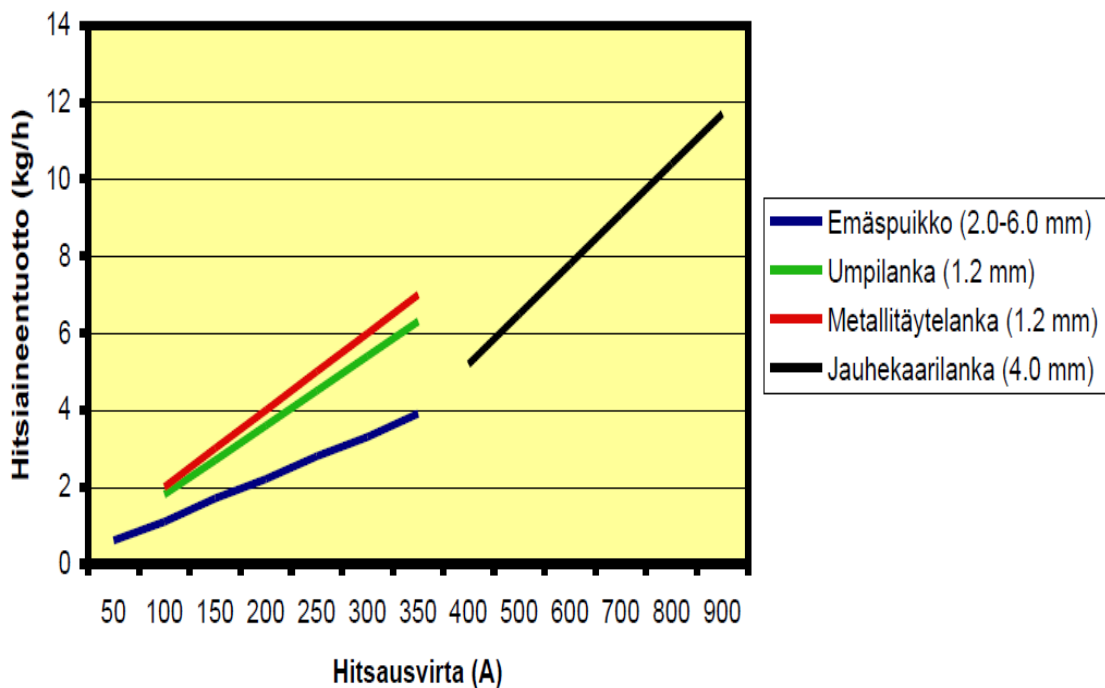
## Hitsiaineentuotto

Hitsiaineentuotto eli tuotettu hitsiainemäärä aikayksikköä kohden (kg/h) ja paloaikasuhte eli kaariaika jaettuna kokonaistyöajalla (%) vaikuttavat eniten kokonaiskustannuksiin.

Usein tuotantoprosessien tehokkuutta mitataan tuotetulla hitsiainemäärällä ja paloai-  
kasuhteella.

Esimerkkinä perinteisestä kaavasta hitsiaineentuotolle MAG-umpilankahitsaukselle, jossa lisäainelanka on halkaisijaltaan 1,2mm, on  $0,018 \times I$  (A). Esimerkkilasku hitsiaineentuotolle kuvitteellisella hitsausvirralla 200A on,  $0,018 \times 200 = 3,6$  kg/h. Tuottoarvoille on olemassa paljon taulukoita ja erilaisia käyriä, mistä voi saada suuntaa tavoitearvoille.

Seuraavana oleva kuvio 2 esittää hitsiaineentuotto käyriä eri hitsausprosesseilla. Käyrät perustuvat ”peukalosäätöinä” pidettyihin arvoihin ja kaavojen laskumalleihin. Taulukosta on hyvä havaita umpilankahitsauksen käyrän sijoittuminen. Hitsiaineentuotoltaan parempia ovat vielä täytelankaa ja jauhekaarilankaa käyttävät hitsausprosessit. (Lukkari; 2011, 2-3)



KUVIO 2. Hitsiaineentuotto käyriä eri hitsausprosesseilla, hitsaustekniikka 3/ 2011 lehdestä sivulta 3.

## Kaariaika

Kaariaika on hitsiainemäärä (kg/m) jaettuna hitsiaineentuotolla (kg/h). Se on usein lyhyempi kuin muut ajat prosessissa. Siksi on oleellista yrittää lyhentää myös muita aikoja. Tämä tarkoittaa siis koko tuotantoketjun suunnitelmallista kehittämistä.

Mag- hitsauksen työkustannuksien osuus on noin 70- 90%, joten muut kustannukset syntyvät siis kulutetusta energiamäärästä, suojakaasusta sekä käytössä olevien koneiden ja lisäaineiden tuottamista kuluista valmistusketjussa. Kun kyseessä on mekanoitu ja automatisoitu robottihitsaus, on koneista muodostuvien kustannusten suhteellinen osuus tuntuvasti suurempi, kuin manuaalihitsauksessa. Kulut koostuvat kaikesta solussa tarvittavasta materiaalista, konekannasta ja järjestelmistä eli hintavista laitteistoinvestoinneista. Työaika saadaan laskennallisesti kuristettua kaarihitsauksessa pienentämällä hitsiainemäärää ja suurentamalla hitsiaineentuottoa ja paloaikasuhdetta.

Alla oleva kaavat esittävät yhtälömallit työajan laskentaan. Hitsiainemäärä (kg/m) jaetaan hitsiaineentuotolla (kg/h), joista saadaan kaariaika (h/m), se taas jaetaan paloaikasuhteella (%) ja jäljelle jää kokonaisaika (h/m). (Lukkari; 2011, 4-5)

Työaika voidaan laskea hyödyntämällä kaavoja 1 ja 2 (Hitsaustekniikka, 2011):

$$\text{kaariaika (h/m)} = \frac{\text{hitsiainemäärä (kg/m)}}{\text{hitsiainetuotto (kg/h)}} \quad (1)$$

$$\text{kokonaisaika (h/m)} = \frac{\text{kaariaika (h/m)}}{\text{paloaikasuhte (%)}} \quad (2)$$

Esimerkkilasku työajalle hyödyntäen kaavaa:

Hitsiainemäärä (0,3 Kg/m): Hitsiaineentuotto (3,6 Kg/m)  $\Rightarrow$  Kaariaika (0,08h/m)

$\Rightarrow \Rightarrow$  Kaariaika (0,08h/m): Paloaikasuhte (60%) = 0,13h/m.

Työaika pienenee, kasvatettaessa paloaikasuhdetta tai hitsiaineentuottoa ja vähentämällä hitsiainemäärää.

## Hitsiainemäärä

Tavoitteena on usein sulatettavan hitsiaineen määrän vähentäminen eli hitsiainemäärän (kg/m) minimointi. Hitsiainemäärää voidaan vähentää useilla eri tavoilla. Panostetaan osien laatuun, levyjen leikkaukseen, railojen valmistukseen sekä niiden suunnitteluun. Mietitään railomuodot, sopivat railokulmat, ilmaaot, juuripinnat ja levyjenpaksuudet. Tehdään tarkkoja osien sovituksia, jotta railot ja ilmaaot pysyvät suunniteltuina sekä käytetään mahdollisimman paljon valssattuja ja taivutettuja osia. Voidaan vähentää hitsien sekä hitsattavien osien lukumäärää ja mahdollisuuksien mukaan käyttää katkohitsejä. Hyödynnetään upotettuja pienahitsejä normaalien pienahitsien rinnalla ja vältetään ylisuuria hitsejä. Mahdollisuuksien mukaan käytetään suuren tunkeuman omaavia hitsausprosesseja. Hyödynnetään lujia teräksiä mahdollisuuksien mukaan ja otetaan lujuslaskelmissa huomioon hitsien tunkeumat pienahitseissä hyödyntäen suunnittelustandardeja. (Lukkari; 2011, 4-5)

Joskus voi olla tarve suurentaa hitsiaineentuottoa (kg/h), eli suurentaa hitsiin sulatetun lisäaineen määrää/aikayksikkö. Hitsiaineentuottoa saadaan kasvatettua useilla eri toimenpiteillä. Valitaan hitsiaineentuotoltaan tehokas hitsausprosessi sekä lisäaineet ja mahdollisuuksien mukaan käytetään suurempia hitsausarvoja. Hyödynnetään kappaleenkäsittelylaitteita, jotta kappale saadaan jalkoasentoon ja hitsataan jalkoasennossa mahdollisimman paljon. Käytetään olosuhteiden salliessa useampia hitsauspäitä, mekanisoidaan ja automatisoidaan hitsausprosessi mahdollisimman tuottavaksi. (Lukkari; 2011, 4-5)

## **Paloaikasuhde**

Kun suurennetaan prosentuaalisesti paloaikasuhdetta, se tarkoittaa yleisesti kaari- ja muiden sivuaikojen, käsittelyaikojen sekä tuotantoprosessin apuaikojen lyhentämistä. Tästä seuraa kaariajan eli ajan jolloin valokaari palaa, prosessiosuuden kasvaminen työajassa sekä kokonaisajan lyheneminen. Paloaikasuhde (%) saadaan yksinkertaisimmillaan, kun jaetaan kaariaika työhön kuluneella ajalla. Paloaikasuhdetta voidaan yrittää suurentaa vaikuttamalla muihin prosessin aikoihin lyhentävästi. (Lukkari; 2011, 6-7)

Paloaikasuhdetta saadaan suurennettua monin eri tavoin. Käyttämällä niin sanottuja jatkuvia lisäaineita kuten: hitsauslankoja kelalta, tynnyreissä kelalla olevia hitsauslankoja, suurkeloja ja pakkauksia. Käyttämällä kuonattomia prosesseja, vähemmän hapettavia suojakaasuja ja lisäaineita joiden kuona on helposti irtoavaa. Siirtämällä lisäainetarasto lähelle työpistettä. Panostamalla hitsausarvojen helppoon säätämiseen, esiohjelmoituihin hitsausarvoihin, kaukosäätömahdollisuuksiin, synergian ja pulssihitsauksen hyödyntämiseen. Pyrkimällä virheettömään ja roiskeettomaan hitsaukseen ja valitsemalla oikea hitsausprosessi, lisäainetyyppi, suojakaasu, hitsausarvot ja asennot. Käyttämällä resursseja hyviin koulutuksiin, hitsaajien pätevyysiin, oikeiden suoritustekniikoiden löytämiseen, hitsausohjeiden laadintaan sekä puhtauteen kaikissa hitsattavissa osissa ja railoissa. Suorittamalla juurenavaus, jos tarpeen esimerkiksi hyvän läpihitsautumisen saavuttamiseksi. Hyödyntämällä juuritukea tarpeen mukaan, jos yhdeltä puolelta hitsaaminen tehostaa prosessia. Käyttämällä kappaleenkäsittelyyn suunniteltuja jigejä ja laitteita ja ennakoimalla mahdolliset hitsauksessa syntyvät muodonmuutokset. Suunnittelemalla oikeat hitsausjärjestykset, mahdolliset esitaivutukset ja muut ennakot. Valitsemalla oikeanlaiset kiinnitykset ja kiinnittimet. Välttämällä niin sanottua ylihitsausta ja valitsemalla hyvä hitsausnopeudet, railotyypit ja tilavuudeltaan pienet railot. Panostamalla jatkuvaan koneiden ja laitteiden huoltoon ja pyrkimällä ennakoimaan häiriöitä ja virheitä kaikissa toiminnoissa. (Lukkari; 2011, 6-7)

Tehokkuuksien ja suhteiden laskeminen on kuitenkin niin monen muuttujan summa, että toimivampana tuotannon mittarina on usein pidetty tuotteen läpimenoaikaa. Tästä tutkimuksesta ja laskennoista jää ulkopuolelle monia muita verrattain tehokkaita hitsausprosesseja. Esimerkkeinä voisi kuitenkin mainita sädehitsaus-, laserhitsaus-, ja laser-Mig/Mag- hybridihitsaus menetelmät. Niillä on sovellettuina erinomaisia ominaisuuksia kuten, pienehkö lisääineentarve, hyvä hitsausnopeus, hyvä tunkeuma, vähäiset muodonmuutokset ja mainio mittatarkkuus. Muihin hitsausprosesseihin käytetään niihin soveltuvia laskukaavoja, jotka ovat ihan oma lukunsa.

#### **4.2 Muita tarkasteltavia asioita hitsausprosessissa**

Tarkastelun ja analysoinnin kohteena on pidettävä kaikkia niitä ominaisuuksia, mitkä vaikuttavat hitsaustuotannon toimivuuteen ja tuottavuuteen. On useita asioita, joihin kannattaa perehtyä ja käyttää yrityksen resursseja. Kokonaisprosessin ja hitsausprosessin suunnittelu sekä hitsauksien luoksepääsevyys. Tehtaan ja tuotannon yleinen järjestely, siisteys ja työolosuhteiden kehittäminen työpaikalla. Lean- johtamisfilosofia ja lean-kaizen kehitystyökalu ja niiden hyödyntäminen. Laatujohtamisen luonti sekä läpimenoaikojen ja laadun tarkkailu niin hitseissä kuin muussakin toiminnassa. Hitsiaineiden vetypitoisuudet, materiaalina käytettävän teräksen valmistusmenetelmät, ominaisuudet sekä tarve lämmöntuontiin ja esikuumennukseen. Hukkamateriaalin minimointi ja materiaalisuunnittelu. Ulkoa ja talon sisältä tilattavien materiaalien ja tuotteiden muoto- ja mittatoleranssit ja niiden seuranta. Kaikki siirtoajat, kuljetusajat ja mahdolliset hitsauskokoontamien odotusajat. kokoonpano-osien ja materiaalin saatavuus ja määrät työpisteillä. Erilaisten kappaleenkäsittelylaitteiden ja koneiden käyttö ja suunnittelu sekä prosessien mekanisointi ja automatisointi. Opastuksen, neuvojen, hitsausohjeiden ja työohjeiden laadinta ja saatavuus. Henkilöstön pätevyitysmiskoulutukset ja ammattitaidon kehittäminen. (Lukkari; 2011, 7-8)

## **Suunnittelijan ja suunnittelun merkitys prosessikokonaisuudessa**

Suunnittelijan merkitys on suuri, kun rakennetaan hitsaussuunnitelmaa ja kokonaisprosessia. Suurin osa kustannuksista ja prosessin vaiheista päätetään suunnitelmaa laadittaessa. (Lukkari; 2011, 7-8)

Tärkein tekijä on materiaalivalinta, joka vaikuttaa materiaalikustannuksien lisäksi myös muihin kustannuksiin ja toimintoihin. Valittu materiaali ja sen lujuusarvot vaikuttavat suoraan levynpaksuuteen, railotilavuuksiin, hitsiainemääriin, lämmöntuontiin ja sen rajoituksiin, ja näin myös hitsaustöiden määrään. Mietittäessä rakennetta ja sen liitoksia, vaikutetaan usein säästöihin painossa ja kustannuksissa. Rakenteelliset ratkaisut ja hitsien sijoitusten suunnittelu vaikuttavat hitsausmenetelmän valintaan, hitsattavuuteen eli luoksepääsevyyteen hitsauslaitteilla sekä mekanisoinnin ja automatisoinnin hyödyntämiseen. (Lukkari; 2011, 7-8)

Kun pystytään esivalmistelemään osia esimerkiksi esitavutuksilla ja erilaisilla profiilirakenteilla, pystytään vaikuttamaan hitsaustarpeeseen tuotteessa. Näillä toimenpiteillä pystytään myös vähentämään ja vaikuttamaan hitsatun tuotteen oikaisu tarpeeseen tai muihin muokkauksiin hitsauksen jälkeen. (Lukkari; 2011, 7-8)

Hitsaustekniset asiat ja käytännön toteutukset on hyvä olla entuudestaan tuttuja, jotta ratkaisut olisivat realistisia. Yhteistyö tuotannossa työskentelevien ja suunnitteluosaston välillä on siis todella tärkeää, jotta saadaan kaikki asiantuntemus hyödynnettyä. Olivat suunnittelijat sitten saman katon alla tai muualla, on yhteistyön vaatimalle ajalle sekä tapoille järjestettävä tarvittavat resurssit. On siis tärkeää, että siihen myös panostetaan yrityksessä. (Lukkari; 2011, 7-8)

Suunnittelun vaiheissa kontrolloidaan ja vaikutetaan tuotteen tuotantokaareen ja kustannuksiin. Oletusarvonahan on löytää ratkaisut mahdollisimman edulliseen tuotantoon, kuitenkin tinkimättä standardien ja asiakkaan asettamista kriteereistä. Toteutuksen on siis oltava kelvollinen ja tuotteen kustannuksien oltava vähäisiä koko sen elinkaaren ajan.

Suunnittelun ja toteutuksen on pelattava saumattomasti yhteen, jotta tuotanto on tehokasta. Virheiden korjaus maksaa usein moninkertaisesti alkuperäiseen verrattuna, joten laatuun ja tekemiseen tulee kiinnittää huomiota. (Lukkari; 2011, 7-8)



## **Työturvallisuuden merkitys prosessissa**

Työturvallisuus pitää ottaa osaksi tuotantostrategiaa. Se on lähtökohta jatkuvalle parantamiselle ja tuottaa paljon hyötyä yrityksen toimintaan. Sairaudet, jotka ovat työstä johtuvia, vähenevät. Huonoiksi koettaviin toimintamalleihin etsitään vaihtoehtoisia parempia toimintatapoja, tällöin myös asenteet muuttuvat ja työtaturmia tapahtuu vähemmän. Työntekijät ovat motivoituneempia ja haluavat pysyä työpaikassaan, missä on turvallista ja työolosuhteet kunnossa. Kun työntekijöiden energia saadaan osoitettua itse työhön muiden asioiden sijaan, työn tuottavuus ja laatu paranevat. Yritys, jossa työntekijät viihtyvät ja jossa työturvallisuusasiat ovat tärkeä osa yrityksen toimintamallia, saa hyvän ja positiivisen maineen maailmalla. Työvoimatarpeen ilmaannuttua, on helpompi löytää hyviä työntekijöitä. Mahdollisesti hyvä työturvallisuus otetaan huomioon vakuutusmaksuisakin. Parantamalla työturvallisuutta ei ilmaannu tuotantokatkoksia tai jouduta maksamaan vahingonkorvauksia, jotka johtuisivat työturvallisuuden laiminlyönneistä. Kaiken kaikkiaan, kun työntekijät voivat hyvin, tyypillisesti myös yritys voi hyvin. (Lukkari; 2011, 8)

## 5 TUOTANNONSUUNNITTELUN TEORIAA

Nykypäivänä hitsaussolun kehittäminen tarkoittaa usein hitsausprosessien automatisointia. Automatisointi luo mahdollisuuksia rakentaa tuotantotehokas kokonaisuus soluun. Kun tuotanto on tehokasta ja laadukasta, on yritys kilpailukykyinen kansainvälisillä markkinoilla. Yleisesti tavoitteet, joita automatisoinnilla halutaan saavuttaa, ovat tehokkaampi tuotanto ja alhaisemmat tuotantokustannukset. Automatisoinnilla vaikutetaan tuotannon työtehtäviin, prosessin laatuasioihin, ympäristön vaikutuksiin ja tekijöihin, työntekijöille vaarallisiin ja raskaisiin tehtäviin sekä tuotannon tasaisuuteen. Automatisoinnilla saadaan vaikutettua miehittämättöminä oleviin ajanjaksoihin, ja näin laskettua työvoimakustannuksia. Automatisoinnin tarkoitus on tehdä enemmän asioita pienemmässä ajassa, eli nostaa tuotannon tehokkuutta, tuottavuutta, käyttöastetta ja tuotantokapasiteettia. Automatisointi vaikuttaa myönteisesti tuotannonohjattavuuteen ja kilpailukykyyn. (Roukala; 2013)

### 5.1 Lean tuotanto

Kun tuotannosta pyritään poistamaan sitä rasittavat ja hidastavat tekijät, jotka yleensä esiintyvät hukan eri muodoissa, puhutaan Leanin prosessijohtamisen filosofiasta. Se keskittyy siis lisäämään arvoa asiakkaan näkökannalta, lisäämällä prosessin virtausta ja läpimenoa. Tällöin tavoitteena on yleisesti lisäarvon tuottaminen ja läpimenon kehittäminen. Näihin pyritään vähentämällä hukan osuutta prosessissa.

Lean strategialla pyritään saamaan samalla resurssimäärällä suurempi määrä parempia palveluita ja tuotteita. Asiaa voi käsitellä muun muassa resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden kannalta. Resurssitehokkuudessa tuotantokapasiteettia hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti ja virtaustehokkaassa tuotannossa virtausyksikköön tuodaan niin paljon arvoa kuin mahdollista niin lyhyessä ajassa kuin mahdollista.

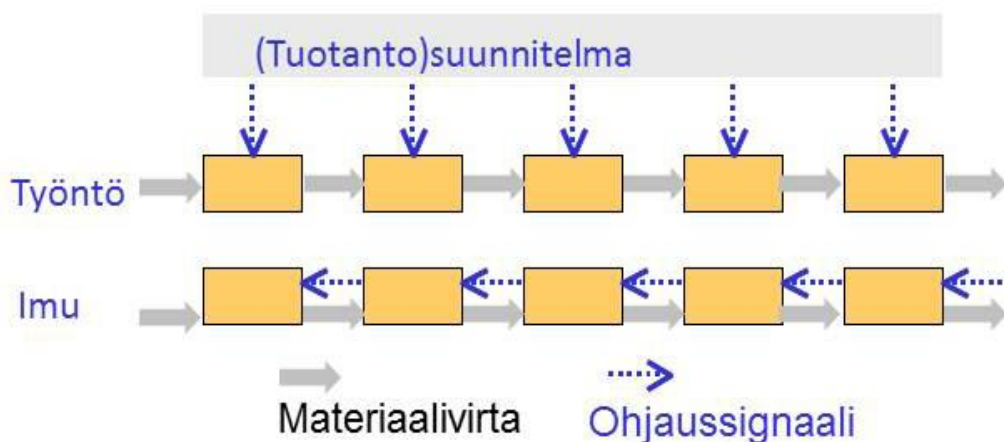
(Logistiikanmaailma lean- ajattelu artikkeli; Antti Piirainen; 2014)

## 5.2 Imuohjaus

Imuohjaus on tuotannonohjausmenetelmä, jonka idea on minimoida varastot, jotka synnyttävät kuluja ja voivat piilotella ongelmakohtia prosessissa. Täydellisessä maailmassa tuotteita valmistettaisiin yksi kerrallaan ja nopeasti, asiakkaan tilauksesta. Se ei kuitenkaan ole yleensä realistista, joten lean- ajattelun kautta toiseksi paras toimintamalli on imuohjaus. Imuohjauksessa toiminta perustuu rajoitettuun keskeneräisten tuotteiden ja varastojen määrään, sekä asiakastarpeen luomaan tuotantotahtiin. Keskeneräisiä tuotteita siirretään tuotantoketjussa eteenpäin vain tarpeen esiintyessä silloin kun ketjun seuraava vaihe niin vaatii. Ketju lähtee siis asiakkaasta, joka luo tarpeen ja ohjaa näin edellistä vaihetta. (Logistiikanmaailma JIT (Just-in-time) ja imuohjaus artikkeli)

Imuohjauksen toteutus tapahtuu usein ohjauskorttien, kaksilaatikkojärjestelmän, visuaalisten signaalien, merkittyjen alueiden ja tyhjen hyllypaikkojen avulla. Imuohjauksen käyttäminen on hyväksi havaittu menetelmä materiaalivirran osissa, joissa materiaali-tarve on tasainen ja läpäisy aika lyhyt. Vaikeampaa toteuttaminen on tilanteessa, jossa kysyntä vaihtelee paljon ja täydennysajat venyvät pitkiksi ja vaihteleviksi, esimerkiksi tavarantoimittajista johtuen. (Logistiikanmaailma JIT (Just-in-time) ja imuohjaus artikkeli)

Seuraava kuvio 3 esittää materiaalivirran ja ohjaussignaalin kulkua työntö- ja imuohjauksessa. Avan Tecnolla hyödynnetään imuohjausta, jolloin ohjaussignaali saa aikaan materiaalivirtaa tuotannossa.



KUVIO 3. Havainnointikuvio työntö- ja imuohjauksesta logistiikanmaailma sivustolta.

### 5.3 Hukan käsitteet Muda, Mura ja Muri

Käsitteenä hukka eli muda on syntynyt ajan rinnalle, joka ei tuo lisäarvoa. Kaikki hyödytön ja lisäarvoa tuottamaton tiivistyy siis hukaksi. Se jaetaan kolmeen luokkaan: muda, mura ja muri. Muda on tunnetuin hukan muoto, ja sitä käytetään yrityksissä, jossa hyödynnetään lean- prosessijohtamista. Lean filosofian hukan ryhmät ovat: ylituotanto, varastot, kuljetukseen liittyvät asiat, liikkeet ja varsinkin turhat sellaiset, mahdollinen yli-laatu ja valmistus, odotusajat, laatu puutteet/ ongelmat ja niiden korjaus. Nämä on tunnettu hukan seitsemänä muotona. Edellisten lisäksi on havaittu olevan ainakin yksi hukan muoto lisää, se on osaamisen ja tietotaidon niukka hyödyntäminen. Kaikki hukan muodot pystytään havaitsemaan prosesseista ja niistä pyritään eroon. Nämä kaikki ovat oireita jostain, itse syyt ja ongelmien aiheuttajat ovat jossain muualla. (Piirainen; 2014)

Mura tarkoittaa epätasapainoa, jota voidaan havaita missä tahansa suorituksessa, toiminnassa tai prosessin osassa. Myös mura on oire jostain. Systemin ailahtelut johtavat usein epätasapainoon. Näin useimmiten paljastuu esteet läpimenoille, joita kutsutaan pullonkauloiksi. Kun kysyntään vastataan ailahtelevasti, tuo se näkyviin kertyvän hukan ja näin ollen myös prosessin ongelmakohdat. (Piirainen; 2014)

Muri kuvastaa ylikuormitusta, joka voi esiintyä missä vain lisäarvoa tuottavassa prosessin osassa. Myöskään tämä hukan muoto ei ole syy vaan seuraus jostain. Usein kun kysynnän ja ominaispiirteiden muodostumiseen kuluva aika on vaihtelevaa, on niiden mukaisen kuormituksenkin suunnittelu vaikeaa. Tämä johtaa ylikuormitukseen ja tuotannon ongelmiin. (Piirainen; 2014)

Hukasta puhuttaessa on siis huomattava, että se on aina seuraus jostain tapahtumasta. Kun hukka tunnistetaan, havaitaan samalla ongelmat järjestelmässä.

Kaikissa toiminnoissa saattaa esiintyä välillä ailahteluja. Niiden huono hallinta johtaa hukan muodostumiseen. Jos vaihtelua ei esiintyisi, tuskin olisi ongelmiakaan ja hukan muodostumista. (Piirainen; 2014)

## 5.4 5S

5S on laatutyökalu, jolla pyritään tuottavuuteen, työturvallisuuteen ja työhyvinvointiin. Kun pyritään jatkuvaan parantamiseen, on laatujärjestelmä kehityksen perusta.

5S järjestelmää suunniteltaessa ja käyttöönotettaessa, on johdon ja henkilöstön arvioitava yhdessä työpisteiden layoutit. Samalla hahmotetaan työkoneiden, laitteiden, työkalujen ja materiaalien sijainnit. Vain kaikki tarpeellinen materia jätetään työpisteeseen. (Väisänen, Jouni; 2013; Leanlion.com sivusto ja miksi 5S introkurssi)

Laatujärjestelmä pureutuu työergonomian ja järjestyksen kautta työturvallisuuteen ja tuottavuuteen. Turhaa työvälineiden etsimiseen kuluva aikaa vähennetään luomalla ja merkitsemällä paikat päivittäisessä käytössä oleville työkaluille. Samalla merkitään muulle tarvittavalle materiaalille paikat. Toiminnoilla pystytään vaikuttamaan myös työalueen visuaalisuuteen ja yleiseen viihtyvyyteen. (Väisänen, Jouni; 2013; Leanlion.com sivusto ja miksi 5S introkurssi)

Laatujärjestelmän toteuttaminen onnistuu tehokkaimmin, henkilöstön saadessa vastuun sen toteutuksesta. Näin esimiehet, työryhmä, kuin työntekijätkin otetaan huomioon suunnittelussa. On useita yritykselle tärkeitä tavoitteita joihin 5 S: n hyödyntämisellä pyritään. Hukan ja ongelmakohtien tunnistamiseen ja korjaamiseen työpaikalla. Toimintojen systemaattisuuden, tuottavuuden ja laadun parantamiseen, järjestyksen luomiseen työpaikalle sekä sen ylläpitämiseen ja valvontaan. Mahdollistamaan reaaliaikaisen työkalujen ja laitteiden seurannan, valvonnan ja kaluston huollot. Turhien aikaa vievien toimintojen, kuten työvälineiden etsimiseen kuluvan ajan minimointiin sekä työturvallisuuden lisäämiseen, riskien arviointiin ja työergonomian parantamiseen.

(Väisänen, Jouni; 2013; Leanlion.com sivusto ja miksi 5S introkurssi)

Laatujärjestelmän vaiheet ovat sortteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta. 5S on tehokas konkreettinen työkalu, jolla saadaan lyhyessäkin aikataulussa näkyviä tuloksia. Seuraavassa esitellään lyhyesti 5S:n vaiheet.

### **Sortteerataan ja lajitellaan**

Erotellaan työssä välttämätön materia turhasta, jonka jälkeen työalueelta poistetaan kaikki tarpeeton. Alkutilanne valokuvataan, jolloin se saadaan hyvin tallennettua. Kaikki ylimääräinen tunnistetaan, merkitään ja lopulta viedään pois. Kun on varmistettu, että työalueella on vain työssä käytettävät välineet ja materiaalit, voidaan arvioida mahdollisten tarvikkeiden tarve ja määrä, sekä tehtyjen muutosten hyödyt. (Väisänen, 2013; Leanlion.com sivusto ja miksi 5S introkurssi)

### **Systematisoidaan ja järjestetään**

Yksinkertaistetaan työalue järjestämällä jäljelle jäänyt materia niin, että ne ovat helposti löydettävissä ja järjestys on selkeä. Järjestyksen toteutus voi vaatia alueiden rajauksia esimerkiksi maalaamalla. Tavoitteena on selkeät käytävät, säilytyspaikat, ilmoitustaulut ja roskille jäteastiat. Tarpeen tullen voidaan käyttää apuna myös nimikointilappuja ja kylttejä, värikoodeja, sekä tavaroiden säilytyspaikkojen merkintää maalaamalla ja teippaamalla. Näin huomataan epäjärjestys tai puute heti. Jäljelle jääneen tavaran lajittelun jälkeen suunnitellaan tavaroille paikat ja merkitään ne. Kun tavarat on paikoitettu, suoritetaan arviointi tehdyistä toimista. (Väisänen, 2013; Leanlion.com sivusto ja miksi 5S introkurssi)

## **Siivotaan ja huolletaan**

Koostetaan ohjelmat siivoukselle/ järjestelylle sekä huolloille. Ohjelmissa määritellään toiminnot ja toimenpiteet, jotka suoritetaan esimerkiksi päivittäin tai viikoittain. Kaikki toiminta mietitään systemaattisesti ja ajoitetaan esimerkiksi vuorojen vaihtoon tai muuhun sopivaan ajankohtaan. Tavoitteiden asettaminen on myös tärkeää. Tavoitteet asetetaan työalueen, koneiden ja laitteiden, sekä työkalujen puhtauteen ja mahdollisiin huoltoihin. On sovittava selkeästi toimintoja suorittavien työntekijöiden työnjaoista, vastuualueista ja vastuutehtävistä. Työalueille toimitetaan tarvittavat välineet siivoamisen ja huoltojen suorittamiseen. Luodaan käytäntö, jonka avulla seurataan ja valvotaan ohjelmien suorittamista. Lopuksi tehdään arviota puhtaanapidon ja huoltojen toteutuksesta, suoritusten laadusta ja mietitään mahdolliset muutokset ja kehitystarpeet. (Väisänen, 2013; Leanlion.com sivusto ja miksi 5S introkurssi)

## **Standardisoidaan ja vakiinnutetaan**

Luodaan standardi parhaista ja toimivimmista käytännöistä yksikön työntekijöiden ja esimiesten kesken. Käytetään hyväksi työkokemusta ja jokapäiväisten työssä esiintyvien kokemusten antamaa informaatiota. Sovitaan kaikista yksikön muuttujista, toiminnoista ja käytännöistä kuten esimerkiksi: siivous ja sen suoritusajankohdat, tarvittavat työkalut, jäteastioiden tyhjennys, tavaroiden sijainnit työkaluseinällä ja lattialla.

Parhaat käytännöt vakiinnutetaan sovitusti ja mahdollisesti tarkennetaan kaikki tehtävien jaot, vastuutehtävät ja alueet. Samalla päätetään yhteisistä pelisäännöistä yhteisellä työpaikalla. Kun muut asiat on saatu sovittua ja kartoitettua, päätetään vielä, kuinka johdetaan, seurataan ja arvioidaan onnistuneesti 5S- suunnitelmaa. (Väisänen, 2013; Leanlion.com sivusto ja miksi 5S introkurssi)

## **Seurataan ja kehitetään toimintaa edelleen**

Kun aikaisemmat vaiheet on suoritettu, ja jäljelle jääneillä tavaroilla on paikkansa, on tärkeää huolehtia, että sovittuja yhteisiä pelisääntöjä ja siisteystasoa noudatetaan. Kaikki 5S- suunnitelmassa on tukena jatkuvalle kehittämiselle ja parantamiselle. Uusien sovittujen käytännön toimien jatkuva ylläpito auttaa niitä vakiintumaan jokapäiväiseen toimintaan työmaalla.

Kommunikointi esimiesten ja muun henkilöstön välillä on ensiarvoisen tärkeää ja sitä pitää myös kehittää mahdollisuuksien mukaan. Vastuu järjestelmän toiminnasta ja kehityskulusta kuuluu kaikille. Auditoinnin ja tarkastuksien toteutussuunnitelma sisältää myös niiden aikataulutukset ja palautteenannon toteutustavat. Kaikkien viiden vaiheen suorittamisen jälkeen arvioidaan yleisesti 5S- standardin vakiintumista eri toimintoihin ja pidetään yllä jatkuvaa kehittämistä. (Väisänen, 2013; Leanlion.com sivusto ja miksi 5S introkurssi)



## 5.5 Asetusaikojen minimoinnin työväline SMED, Single Minute Exchange of Die

SMED on yksi Leanin menetelmistä, joilla vähennetään hukan määrää tuotantoprosesseissa. Menetelmä keskittyy lyhentämään tuotantosarjoissa esiintyviä asetusajoja. Onnistunut käyttö mahdollistaa sarjojen pienentämisen vaikuttamatta kapasiteettiin. SMED rakentuu neljästä prosessin osasta. Ensimmäinen osa pitää sisällään toiminnan valmistelun. Valmistelu sisältää oikeiden tarvittavien työkalujen valinnan, työkalujen järkeväen paikoituksen, turhien työkalujen, sekä muun tarpeettoman tavaran pois viennin. (Pellja, Maksim; 2006, 3-32; Peltonen, Aarne; 1998)

Seuraavassa osassa käsitellään tuotteiden, sen osien ja työvälineiden kiinnittämistä ja irrottamista. Tässä vaiheessa mietitään prosessin eri vaiheissa esiintyviä kiinnityksiä ja niiden purkuja. Mietitään, voidaanko sisäisiä kiinnityksiä vähentää esimerkiksi lisäämällä ulkoisia kiinnityksiä. (Pellja, Maksim; 2006, 3-32; Peltonen, Aarne; 1998)

Seuraava osa koostuu mittauksien suorittamisesta, asetusten laittamisesta ja muuttamisesta, sekä mahdollisten kalibrointien suorittamisesta. Suoritukset kaikkine tietoineen kirjataan ylös. Kirjanpidon tulee vastata kysymyksiin: mitä, missä, miksi ja missä järjestyksessä toiminnot suoritetaan. (Pellja, Maksim; 2006, 3-32; Peltonen, Aarne; 1998)

Lopulta päästään koeajamaan ja säätämään tehtyjä muutoksia. Koeajojen suoritusajat kirjataan ylös, kunnes oikeanlainen laadukas tuote saadaan valmistettua kyseiseltä työvaiheelta. Mahdollisiin säätämisiin ja koeajoihin kuluva aika pyritään lyhentämään kehittämällä kaikkia mahdollisia aiempia työvaiheita. Sisäinen asetus (SA) tarkoittaa sitä, että työssä käytettävä kone täytyy olla pysäytettynä esimerkiksi työkalujen tai asetusten vaihtamisen aikana. Kaikkiaan asetusten muutokset ovat tehtävissä vain silloin kun kone on pysähdyksissä. Asia ilmaistaan englannin kielellä termein IED eli Inside Exchange of Die, tai Int eli INTERNAL activities. Ulkoinen asetus (UA) tarkoittaa sitä, että tuotannossa käytettävä kone voi olla käynnissä asetuksia laitattaessa. Muun muassa työkalujen ja asetusten muutokset voidaan hyvin esivalmistella, vaikka kone kävisikin samalla. Englannin kielellä asiat ilmaistaan termein OED eli Outside Exchange of Die tai EXT eli EXTERNAL activities. (Pellja, Maksim; 2006, 3-32; Peltonen, Aarne; 1998)

Hyötyjä onnistuneesta SMEDIN käytöstä on useita. Eri valmistusvaiheissa käytetyt varastot pienenevät, jolloin vapautuu tilaa ja yrityksen varoja muuhun käyttöön. Laadunhallinta ja seuraaminen tulee helpommaksi, tuotteiden siirryttyä edellisiltä vaiheilta miltei suoraan käytettäväksi. Näin pystytään puuttumaan virheisiin hyvin pian virheiden ilmaantua. Kun valmistettavat sarjat pienenevät, lyhenee myös läpimenoaika, jolloin reagointi kysynnässä ja tilauksissa tapahtuviin muutoksiin on nopeampaa.

(Pellja, Maksim; 2006, 3-32; Peltonen, Aarne; 1998)

## 5.6 Työn standardisointi ja ohjeistus

Standardi voi olla viralliseen käyttöön hyväksytty normi, tyyppi tai toimintamalli. Sen on hyväksynyt standardoinnista päättävä elin, jonka jälkeen se on yleisesti saatavilla. Standardeja on kolmella tasolla: kansainvälinen (ISO ja IEC), eurooppalainen (CEN, CENELEC ja ETSI) ja kansallinen taso Suomi (SFS). Standardien on tarkoitus helpottaa, varmentaa ja tehostaa toimintoja sekä lisätä niiden turvallisuutta ja taloudellisuutta. Standardit myös parantavat laatua, jonka vuoksi viat vähenevät ja näin ollen myös kulut pienenevät. Standardien käytön myötä myös yrityksen on helpompi laajentua markkinoilla. Jotta tuotantoprosessi toimisi, on vaihtelu eliminoitava ja toiminnot vakioitava standardoinnin avulla. (Kauppila; 2016)

Hitsaus on alusta loppuun standardoitu toimiala, joka luetaan erikoisprosessiksi. Prosessissa tulevat tulokset eivät ole täysin todennettavissa. Tästä syystä on erittäin tärkeää seurata mahdollisia dokumentoituja menettelytapoja ja suorittaa tiivistä tarkkailua, jotta asetetut vaatimukset täytyisivät. Hitsausstandardien osa-alue kattaa yli 250 standardia, jotka eivät ole riippuvaisia tuotteista. (Kauppila; 2016)

Hitsaustoiminta on jatkuvassa kosketuksessa myös muihin standardeihin joita ovat muun muassa erilaiset laatuun liittyvät- ja ympäristön järjestelmät, tuotteiden, koneiden ja laitteiden standardit sekä hitsauksessa käytettävien perusaineiden standardit. (Kauppila; 2016)

Laadunhallintaan sisältyy työntekijät, jotka ovat ammattitaitoisia ja koulutettuja tehtävään, jota he suorittavat. Henkilöstön on suoritettava tarpeen mukaan pätevyityksiä ja perehdyttäviä koulutuksia liittyen työnkuvaansa. Tarvittaessa henkilöstöä nimitetään ja pätevöidään tarkastuksesta vastaaviksi henkilöiksi. (Kauppila; 2016)

Laaditaan hyvät ja selkeät työohjeet ja esimerkiksi hitsausohjeet. Hitsaustöissä mahdollisuuksien mukaan tukeudutaan standardiin (SFS-EN ISO 3834). On huolehdittava toimivasta ja turvallisesta työympäristöstä, se kertoo myös yrityksen hyvästä kilpailukyvystä ja tehokkuudesta. (Kauppila; 2016)

## 6 R3- ROBOTTI- JA VIIMEISTELYSOLU

### Hitsattavat tuotteet

R3- robottihitsaussolu on kohdennettu 400-, 500- ja 600- sarjan Avant- pienkuormaimien teleskooppi- nostopuomien silloitukseen ja hitsaukseen. Solussa silloitetaan jigiä apuna käyttäen hitsausvalmiiksi 400- 600- sarjan tyvipuomit ja kärkipuomit, jotka yhdessä muodostavat zoom- puomiston. Liitteissä 14-18 löytyy havainnointi kuvia R3- solussa silloitetuista ja hitsatuista puomeista, viimeistellyistä puomeista sekä kokoonpano vaiheessa olevista puomeista.

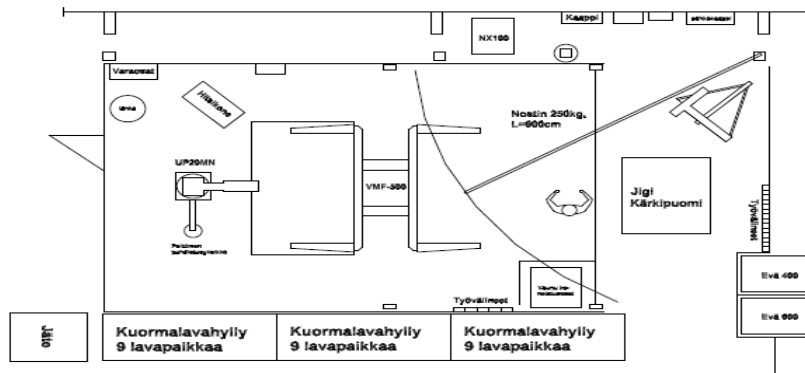
Seuraavana oleva esimerkki kuva 2 osoittaa teleskooppipuomin toimintaperiaatetta valmiissa koneessa.



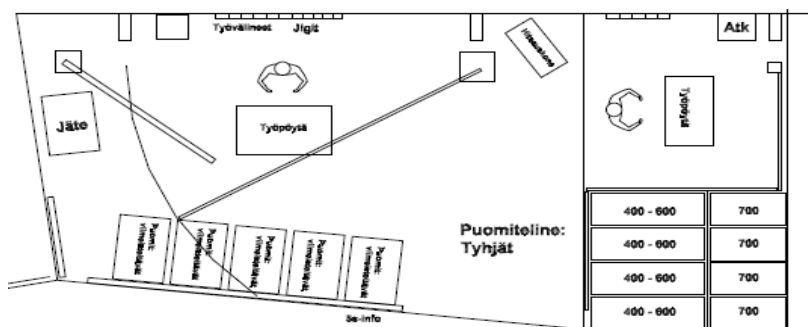
KUVA 2. Kuvattuna Avant 640, 420 ja 520 eri asennoista. Teleskooppipuomisto on rajattuna kuvassa keltaisella. Puomistoissa on asennettuna etulevy työlaitteiden kiinnitystä varten. (Avant Tecno markkinointimateriaali.)

## 6.1 Kokonaisuuksien layoutit muutostöiden ja järjestelyjen jälkeen

Opinnäytetyön työntutkimuksessa robotti- ja viimeistelysolussa havaittiin useita hukan muotoja ja yleistä tehottomuutta. Solujen toiminta ei ollut organisoitua eikä vastannut tuotantovauhtiin. Työkaluiksi otettiin 5S ja aikaisemmat kokemukset metallialan tuotannosta. Huomattiin että kummankin näkökulman kannalta solut on järjestettävä uudelleen ja toimintaa selkeytettävä. Aikaisempi heftaussolu muuttui viimeistelysoluksi ja robottisolu muovautui myös heftaussoluksi. Toiminta tehostui ja yleisilme parantui huomattavasti alkuperäiseen verrattuna. Soluissa tarvittavat kokoonpano-osat löysivät selkeät paikat hyllyistä, kulutusosat saivat oman kaapin, soluissa olevat tavarat saivat työkaluseinänsä ja kaikki turha materiaali poistettiin. Useiden vaiheiden ja siirtojen kautta päädyttiin uuteen ja selkeään ja toimivampaan solukokonaisuuteen niin robotti solussa kuin viimeistelysolussakin. Seuraavat kuvat 3 ja 4 esittävät layoutit kehitystyön jälkeisiä asettelusta soluissa.



KUVA 3. Layout kuvanto päivitetystä robottisolu R3: sta. (Avant Tecno Oy laatudokumentti.)



KUVA 4. Layout kuvanto päivitetystä viimeistelysolusta. (Avant Tecno Oy, laatudokumentti.)

## 6.2 Robotin ja muiden solun laitteiden esittely

### Heftaus- ja käsin hitsauslaitteisto

Solussa käsin hitsaus tapahtuu kehitysyön jälkeen niin sanotulla leijuvalla kempillä (kuva 5), joka on sijoitettu ilmaan puomin varaan. Etuina on lattialla olevaan hitsauslaitteistoon verrattuna helppo siirreltävyys, toimivuus ja tilan saanti hitsausjigien ympärille sekä kaapeleiden parempi sijainti, joka estää mahdollisia vaaratilanteita lattialla lojuvien kaapeleiden kanssa.



KUVA 5. Leijuva Kempact Mig 2530.

### R3- solun silloitusjigit 400-600 sarjan puomeille

Solussa on omat jiggit eri sarjojen tuotteiden valmistukseen. Seuraavassa kuvassa 6 on niin sanottu kiinteä jigi kärkipuomeille (vihreä jigi) ja kääntyvä jigi tyvipuomien valmistukseen (keltainen rungon väritys). Jigeihin tehtiin parannuksia ja varmistuksia virheiden vähentämiseksi. Muokkaukset ehkäisevät virheellisiä kokoonpanoja, helpottavat työntekijöiden työtä ja asetetut ennakot ottavat huomioon hitsaustapahtumassa tapahtuvat muodonmuutokset, jolloin tuotteet ovat mittatarkkoja vielä hitsauksen jälkeenkin.



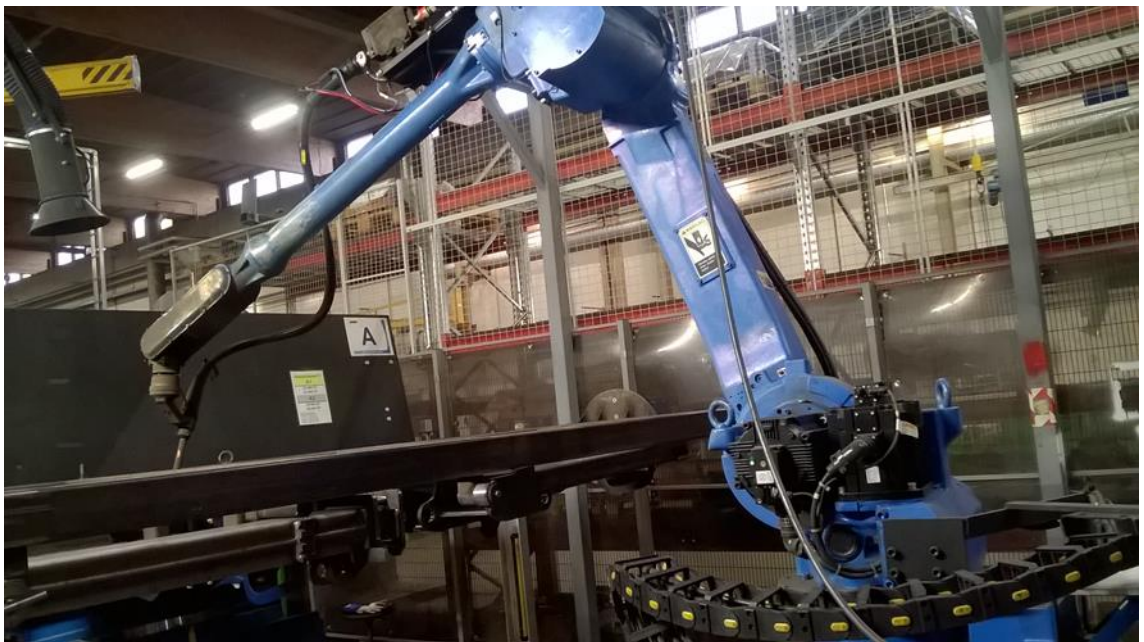
KUVA 6. Kärkipuomien silloitusjigit ja tyvipuomien silloitusjigi.

## UP20MN

Robotiksi R3-soluun on valittu Yaskawa Motoman 6-akselinen robotti mallimerkinnällään YR-UP20MN-A00. Kuvassa 7 robotti on hitsaamassa A puolelle asetettuja puomeja.

UP20MN on ulottuvuudeltaan huippuluokkaa suurella 3106 millimetrin ulottuvuudellaan ja 20 kg hyötykuormallaan. Tämä dynaaminen 6- akselinen robotti soveltuu leikkaamiseen, hitsaamiseen, annosteluun, konepalveluun, kappaleen- ja yleisesti materiaalin käsittelyyn, lavaukseen ja työstöprosesseihin. (Yaskawa Motoman, internet sivut)

Avantilla UP20MN on kohdistettu puomien hitsaukseen. Kyseinen malli on hyvä valinta soluun, koska sen yläkäsivarren ansiosta se soveltuu isojen kappaleiden hitsaukseen ja tässä tapauksessa se hyödyntää hyvin suuret kääntöpöydät. Kun ulottuvuus ja tarkkuus ovat hyvät, lisää se tuotantokapasiteettia osaltaan ja varmistaa työalueensa tuottavan ja tuloksellisen käytön.



KUVA 7. Yaskawan UP20MN malli R3 solussa.

## NX100 ohjauskeskus

Ohjauskeskus, opetusyksikkö ja robotin runko pysyivät päivityksissä samoina kuin ennen. Seuraavassa kuvassa 8 on ohjauskeskus sijainnissaan hitsaussolussa.



KUVA 8. Motomanin NX100 ohjauskeskus R3- hitsaussolun yhteydessä.

Motomanin ohjauskeskuksessa on värillinen kosketusnäyttöinen opetusyksikkö. Ohjauskeskuksessa on verkkoliityntä mahdollisuus. Keskuksen ominaisuuksiin kuuluu muun muassa moniajotehtävien hallinta ja synkronointi sekä helppo varmuuskopiointi flash-asemaa hyödyntäen. Käsiohjain sisältää kaikki käyttöön liittyvät painikkeet, joten ohjauskeskus voi sijaita kauempana. (Yaskawa Motoman, internet sivut)



## Kemppi ProMig 5200 ja Fronius TPS 500i PULSE

- Virtalähteenä robotin yhteydessä on toiminut Kempin promig malli, joka vaihtui kehitysprojektissa uuteen malliin Froniukselta. Syitä laitteiston päivitykseen oli useita. Promig oli jo vanha laite, ja se näkyi sen toiminnassa epävakautena. Vanhassa virtalähteessä oli olemattomat säätö ja laajennusmahdollisuudet. Myöskään haluttua pulssitoimintoa, älypoltinjärjestelmää ja usean hitsauskolvin käyttömahdollisuutta ei vanhaan laitteeseen olisi saanut. Uusi virtalähde on uusinta tekniikkaa ja se pystyy vastaamaan oheislaitteineen tuotannon tarpeisiin ja se suo monia mahdollisuuksia automatisoituun hitsaukseen tämän hetken- ja tulevaisuuden tarpeisiin. Tarvittaessa sen toimintaa pystyy soveltamaan myös muihin tuotteisiin. Parannuksia ominaisuuksissa oli useita. Tarkasti säädettävät hitsausarvot ja kaarialueet sekä pulssikaarihitsaus, joka mahdollistaa roiskeettoman ja tehokkaan hitsausprosessin. Kappaleiden hitsauksesta johtuvat muodonmuutokset vähentyivät paljon. Tästä johtuen myös heftaus ja kappaleiden asetus nopeutuivat. Uuden järjestelmän älykäs laitteisto keskustelee koko ajan vetävän älypolttimen kanssa. Laitteisto kertoo tarkat vikailmoitukset ja sisältää paljon tallennustilaa eri parametreille. Virtalähteet ovat kuvattuna seuraavissa kuvissa 9 ja 10.



KUVA 9. Solun vanha virtalähde.



KUVA 10. Froniuksen uusi virtalähde.

## Hitsauskolvin putsauslaitteisto

Vanha pneumaattinen putsauslaitteisto (kuva 11) vaihdettiin uuteen viimeistä tekniikkaa olevaan laitteistoon Froniukselta (kuva 12). Vanha putsauslaitteisto oli ongelmallinen ja hieman heppoinen kiinnitykseltään. Hitsauspoltin jäi usein jumiin puhdistuslaitteistoon. Kiinni jääminen ja huono lopputulos kaasuholkin puhdistuksessa aiheuttivat katkoksia hitsausohjelmiin sekä virheitä hitsausaumoihin.



KUVA 11. Vanha putsauslaitteisto.

Uudessa laitteistossa (kuva 12) on kehittyneemmät ominaisuudet kuten öljysumu kaasuholkkiin ja hitsauslangan mittaaminen sekä kohdistus. Samassa on myös hitsauskolvin vaihtopöytä, joten päivitysten jälkeen hitsausprosessissa pystytään käyttämään useita hitsauskolveja, näin robotin käyttö- ja hitsaus ominaisuudet moninkertaistuvat. Usean polttimen käyttö mahdollistaa kaikkien hitsausaumojen hitsaamisen robotilla. Järjestelmä seuraa polttimien kuntoa koko ajan muun muassa kohdistus toimintojen avulla, joten erillisiä tarkistuspisteitä ei välttämättä tarvita. Ongelmat tukkoisten suuttimien ja kaasuholkien kanssa sekä jumittumiset putsauslaitteistoon loppuivat kokonaan.



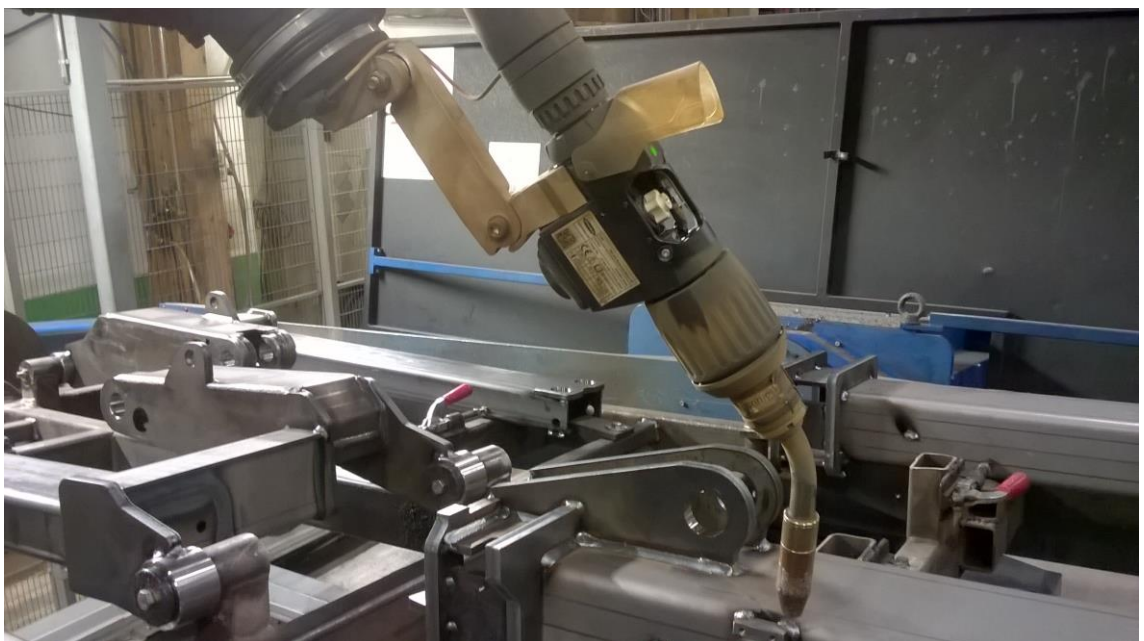
KUVA 12. Uusi Froniuksen putsaus laitteisto, johon on yhdistetty polttimen vaihto järjestelmä. B hitsauskolvi vaihtajassa, joten A kolvi käytössä kuvaus hetkellä.

## Robotin langansyöttökoneisto

Kuvassa 13 ja 14 on robotin vetävä langansyöttökoneisto ja uusi poltinpaketti Froniuk-selta, jotka ehkäisevät langansyöttöongelmia ja häiriöitä. Etuina muun muassa edistykseellinen pulssihitsauksen hyödyntäminen, häiriötön langansyöttö sekä poltinkaapelin, lankasuuttimien ja langanohjaimen pidempi käyttöikä.



KUVA 13. Kuva langansyöttölaitteista ja poltinpaketista päivitysten jälkeen.



KUVA 14. Päivitetty vetävä langansyöttölaitteisto.

## Hitsauslanka robotilla

Hitsauslanka automatisoituun hitsaukseen tulee tynnyriltä (kuva 15). Käytössä on lankoja Hundailta (kuvassa) ja Esabilta. Tynnyri mahdollistaa pitkän langanvaihtovälin ja sulavan langansyötön.



KUVA 15. Hundain hitsauslankatynnyri R3- hitsaussolussa.

## Yhteenveto robotin laitteiston päivityksistä

Tiivistettynä laitteiston päivitykset olivat askel tehokkaampaan hitsaukseen. Päivitykset mahdollistavat luotettavamman, häiriöttömämmän, laadukkaamman ja nopeamman hitsauskierron. Laitteistolla on hyvät laajennusmahdollisuudet tulevaisuuden tarpeita ajatellen. Varmemman toiminnan ansiosta kulutusosia kuluu paljon vähemmän, joka osaltaan vaikuttaa myös taloudellisuuteen.

Alussa on ollut joitakin ongelmia laitteiston käyttöönotossa. Ongelmatilanteita on ollut pneumaattisissa toiminnoissa ja vanhan ohjauskeskuksen, uuden virtalähteen ja älypolttimen yhteensovittamisessa. Ongelmia on ratkottu yksi kerrallaan ja laitteisto on hioutunut päivä päivältä tehokkaammin yhteen.

### 6.3 Kokonaisprosessin kuvaus

Tyvi- ja kärkipuomin valmistus alkaa siitä, että kaikki niiden osat ovat valmiina hyllyssä paikoillaan. Tarvittavat osat kerätään kärryyn ja kuljetetaan R3 solun sisälle, jossa varsinainen kokoonpano, heftaus ja hitsaus tapahtuu. Yleensä otetaan osat kahteen kärki- ja tyvipuomiin kerralla, koska robotin kääntöpöytiin on tehty hitsausta varten paikat kahdelle kokonaiselle puomille. Variaatioitakin voidaan tarvittaessa tehdä.

Heftausjigiä käyttäen osat saadaan silloitettua hyvin paikoilleen, jonka jälkeen tuote nostetaan puominosturilla robotin pöydälle ja kiinnitetään paikoilleen. Kun pöytä on täytetty tuotteilla työjärjestyksen mukaisesti, se käännetään robotin puolelle ja hitsaustapahtuma voi alkaa.

Robotin hitsatessa, vastakkainen pöytä tyhjennetään puomeista. Puomit kuljetetaan kuormalavalla viimeistelysoluun niille tarkoitetuille paikoille, joista ne vuorollaan viimeistellään ja asetetaan maalaukseen meneviin kuljetustelineisiin.

Kun hitsatut puomit puretaan hitsauspöydästä lavalle ja kuljetetaan ulos solusta, laitetaan työjärjestykseen merkintä valmistuneista puomeista ja katsotaan heftauslistasta järjestyksessä seuraavat tarvittavat puomit. Seuraaviin puomeihin kerätään osat, ne silloitetaan ja lopulta asetetaan hitsauspöytään valmiiksi kääntöä varten.

#### **6.4 Robotti- ja viimeistelysolun alkutilanne ja tehokkuus**

R3- robottisolun ja viimeistelysolun alkutilanne ennen muutos- ja kehitystöitä olivat sekavat ja jokseenkin tehottomat. Alkutilanteessa viimeistely tapahtui R3- robottisolussa hitsauksen ohessa ja heftaus nykyisessä viimeistelysolussa.

Tyhjillä ja täysillä maalaustelineillä, työvälineillä sekä työkaluilla ei ollut sovittua paikkaa. Kaikki soluissa olleet tavarat olivat vailla vakituista paikkaa ja soluissa oli myös paljon turhaa ja tarpeetonta materiaalia. Työkalut ja muut tarpeelliset välineet olivat usein hukassa. Viimeistely robottisolussa aiheutti muun muassa pölyhaittaa R3- solun vieressä sijaitsevalle laserleikkauskeskukselle. Trukkiliikenne ja tuotteiden siirto seuraavaan pisteeseen oli sekavaa.

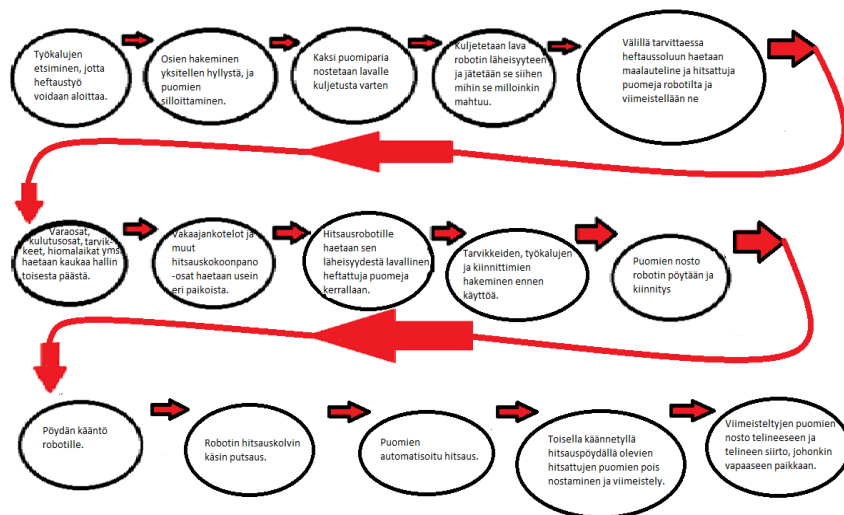
Hitsauksessa tarvittavien kokoonpano- osien, kulutusosien sekä tarvikkeiden sijainti oli kaukana ja niiden hakeminen vei paljon aikaa. Myöskään osahyllyt ja niiden täyttö ei toiminut. Työntekijöiden työsuoritteissa ja tavoissa oli paljon eroja, jotka aiheuttivat sekavan työympäristön, virheiden syntymisen tuotteisiin sekä turhia erimielisyyksiä työntekijöiden kesken.

Yhteenvetona sotkuiset ja epämääräiset solut eivät toimineet loogisesti ja tehokkaasti. Tehottomuus näkyi myös turhina siirtoina ja liikkeinä. Kaikki negatiiviset asiat tuotannossa kulminoituvat tuotantotehokkuuteen ja sen puutteeseen.

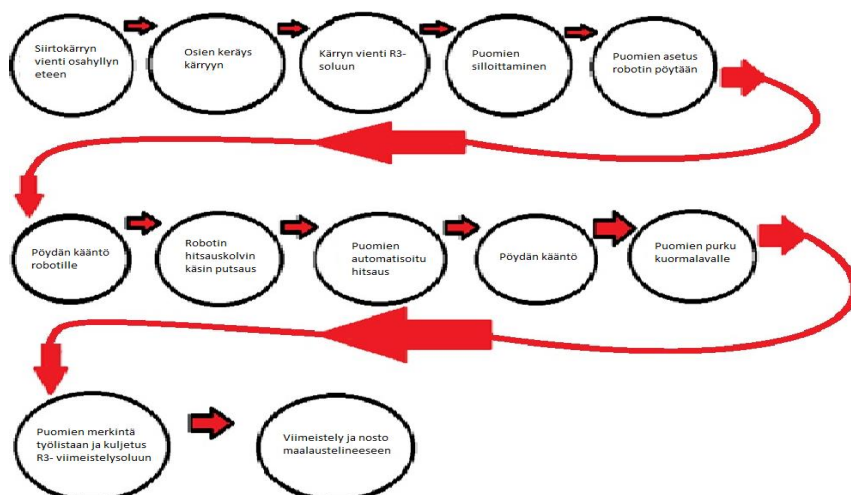
## 6.5 Prosessin arvovirtakuvaus

LEAN Arvovirtakuvaus, eli englanniksi Value Stream Mapping on johdonmukainen ja hyvin valaiseva menetelmä prosessin analysointiin. Siinä selviää prosessin lisäarvoa tuottavat ja tuottamattomat osaset. Arvovirtakuvaus havainnollistaa prosessin hukkan määrän ja miten sekä milloin hukka on rajoittava tekijä virtauksessa. Tuottamattomia osia pyritään ensisijaisesti kehittämään. (Väisänen; 2013)

Seuraaviin kuvioihin (4 ja 5) on Microsoftin paint ohjelman avulla piirretty ja osoitettu prosessin osat, joihin lopulta jokaiseen on tehty parannuksia ja poistettu lisäarvoa tuottamattomia toimintoja ja asioita. Kuvio 4 kuvaa prosessia ennen muutoksia ja kuvio 5 muutoksien ja kehitystoimenpiteiden jälkeen.



KUVIO 4. Työskulun vaiheet soluissa ennen prosessin kehitystoimenpiteitä.



KUVIO 5. Työskulun R3- soluissa kehitystoimenpiteiden jälkeen.

Kuvion 4 osoittamia kohtia parannettiin huomattavasti standardoinnin yhteydessä. So-  
luissa on vain tarvittava materiaali ja kaikki nimikkeet, kiinnittimet ja työkalut aina oi-  
keilla paikoillaan, joista niiden käyttöönotto on nopeaa ja vaivatonta. Solut pysyvät siis-  
teinä ja kulkureitit ovat aina avoinna.

Kokoonpantavat osat haetaan aina kerralla puomeihin, joka vähentää turhia liikkeitä. Puo-  
mit nostetaan nykyään suoraan hitsauspöytään silloituksen jälkeen eikä niitä tarvitse kul-  
jetella mihinkään. Solut pysyvät nyt omissa toiminnoissaan, toisessa silloitetaan sekä hit-  
sataan ja toisessa viimeistellään. Selkeät työtavat, tehtävät ja järjestykset ovat tehokkaam-  
min ohjattavissa ja reagointikyky kone- ja varaosatilauksiin on parempi.

Varaosia ja muita tarvikkeita ei tarvitse enää hakea kaukaa vaan ne löytyvät solujen vä-  
lissä olevasta kaapista. Kaikille kokoonpano-osille on tarkat paikat hyllyssä, joten on  
helppo seurata osien riittoisuutta ja tilaustarvetta. Vakaajakoteloilla ja muilla osilla, joita  
hitsaaja tarvittaessa hakee lisää, on selvät paikat koneistajien hyllyissä, joista niitä nou-  
detaan robottisoluun. Siirtelyä on huomattavasti vähemmän ja hitsatut puomit siirretään  
vain kerran viimeistelysoluun, jossa ne käsittelyn jälkeen asetetaan maalaustelineeseen ja  
maalaamon operaattori noutaa täyden telineen maalattavaksi.



## 6.6 R3:n työnkulkukaaviot taulukoituina

Taulukoissa 1 ja 2 on kuvattu ja mitattu prosessia ennen ja jälkeen kehitystyön. Työnkulkukaavioista ja työajoista voi nähdä kokonaisprosessin parantumisen ja tehostumisen. Robotin laitteiston ja silloitusjigien parannusten sekä solujen organisoimisen jälkeen tuotteet ovat hitsauksiltaan ja mittatarkkuudeltaan laadukkaampia. Hyvin toimiva solu ja prosessi mahdollistavat sen, että tuotanto on sujuvampaa ja tasaisempaa.

**TAULUKKO 1.** Työnkulkukaavio R3: n toiminnasta ennen robotin ja menetelmien päivityksiä.

Työnkulkukaavio		Vanha menetelmä VS päivitetty menetelmä	
R3- hitsaussolu		Laatija: Juuso Kivisilta	
600- sarjan Tyvi puomin kokoaminen ja heftaaminen vanhalla menetelmällä ja robotin laitteistolla		Päivämäärä: 30.11.2016	
Kaikki ajat ovat keskiarvoja useammasta otannasta, jotta saadaan mahdollisimman realistinen kuva tapahtumista.			
Vaihe nro.	Työvaiheen lyhyt kuvaus	Työvaiheeseen kuluva aika	
1.	Kauluksen asetus	0min 23,33s	
2.	Nostosylinterin korvakkeiden asetus	0min 50,38s	
3.	Alapuoliskon ja holkin asetus	0min 24s	
4.	Yläpuoliskon ja holkin asetus	0min 47,11s	
5.	Asetettujen osien ja letkun kannattimen heftaus	2min 25,33s	
6.	Tyviholkin asetus ja heftaus	1min 43,21s	
7.	Korvakkeiden asetus tyviholkkiin ja heftaus	1min 51,19s	
8.	Nurkkajäykisteen asetus ja heftaus	0min 66,78s	
9.	Puristimien irroitus, jigin kääntö ja alapuolen heftaus	1min 49,39s	
10.	Tyvipuomin irroitus jigistä ja kääntö hitsauspöytään nostoa varten	1min 10,21s	
<b>TYVIUOMIN HEFTAUSAIKA YHTEENSÄ</b>		<b>12min 30,93s</b>	
Työnkulkukaavio		Vanha menetelmä VS päivitetty menetelmä	
R3- hitsaussolu		Laatija: Juuso Kivisilta	
600- sarjan Kärki puomin kokoaminen ja heftaaminen vanhalla menetelmällä ja robotin laitteistolla		Päivämäärä: 30.11.2016	
Kaikki ajat ovat keskiarvoja useammasta otannasta, jotta saadaan mahdollisimman realistinen kuva tapahtumista.			
Vaihe nro.	Työvaiheen lyhyt kuvaus	Työvaiheeseen kuluva aika	
1.	Nivelholkkien asetus	0min 34,95s	
2.	Vakaajakotelon haku + asetus	0min 34,04s	
3.	Uloloman otsalevyn asetus	0min 23,48s	
4.	Sisäputken nosto sekä laakeripesän ja kulutuslapun heftaus putkeen	1min 22,07s	
5.	Sisäputken asetus paikoilleen	0min 21,51s	
6.	Tiilitin korvakkeen asetus + asetettujen osien heftaus + sisäsaumojen hitsaus	2min 29,43s	
7.	Sisemmän otsalevyn asetus + heftaus	1min 8,9s	
8.	Kiinnityksien ja ohjaustappien irroitus ja kärkipuomin nosto pois jigistä	1min 39,55s	
<b>KÄRKIPUOMIN HEFTAUSAIKA YHTEENSÄ</b>		<b>8min 33,93s</b>	
x	Siirtopöydän vieni solusta osahyllyjen eteen osakeräystä varten	23,73s	HUOM!
x	Osien kerääminen siirtopöydälle heftaamista varten (Osat 2:een tyvi- ja kärkipuomiin)	3min 49,23s	
x	Siirtopöydän kuljetus R3- soluun	23,73s	
x	Korvakkeiden ottaminen siirtopöydälle	21,83s	
x	Robotin kääntöpöydän täyttäminen kahdella tyvi- ja kärkipuomilla käyttäen vanhoja kiinnityksiä.	8min 26,175s	
x	Robotin hitsauspolttimien käsin huoltaminen ennen hitsausta	2min 26,70s	
x	Täyden pöydän ( 2 tyvipuomia + 2 kärkipuomia) automatisoitu hitsaus robotilla	92min 20,19s	
x	Robotin kääntöpöydän kääntö tyhjennystä varten	12,07s	
x	Robotin kääntöpöydän tyhjentäminen puomeista	5min 44,38s	
x	Puomien vieni viimeistelysoluun	1min 6,38s	
x	Tyvipuomin viimeistely	18min 9,47s	HUOM! 2 kpl/ pöytä
x	Kärkipuomin viimeistely	13min 49,08s	HUOM! 2 kpl/ pöytä
<b>MUUT AJAT YHTEENSÄ</b>		<b>179min 11,52s</b>	
<b>YHDEN PÖYDÄLLISEN VALMISTUKSEEN KULUVAT AJAT YHTIENLASKETTUNA:</b>		12min 30,93s X 2 =25min 1,86s	
		8min 33,93s X 2 =17min 7,86s	
		179 min 11,52s =179 min 11,52s	
		<b>SUMMA =&gt; 221min 21,25s</b>	
<b>LAITTEITA VALMISTETAAN VUODESSA (2015)</b>		<b>762 Kpl =&gt;&gt; 168671min 44,88s =&gt;&gt;&gt; 2811h 11min 44,88s</b>	

## TAULUKKO 2. Työnkulkukaavio R3: n toiminnasta, kun käytössä uusi laitteisto ja parannellut menettelytavat.

Työnkulkukaavio		Vanha menetelmä VS päivitetty menetelmä	
R3- hitsaussolu		Laatija: Juuso Kivisilta	
600- sarjan Tyvi puomin kokoaminen ja heftaaminen uudella menetelmällä ja robotin laitteistolla		Päivämäärä: 30.11.2016	
Kaikki ajat ovat keskiarvoja useammasta otannasta, jotta saadaan mahdollisimman realistinen kuva tapahtumista.			
Vaihe nro.	Työvaiheen lyhyt kuvaus	Työvaiheeseen kuluva aika	
1.	Kauluksen asetus	0min 23,33s	
2.	Nostosylinterin korvakkeiden asetus	0min 50,38s	
3.	Alapuoliskon ja holkin asetus	0min 24s	
4.	Yläpuoliskon ja holkin asetus	0min 47,11s	
5.	Asetettujen osien ja letkun kamattaminen heftaus	2min 14,32s	
6.	Tyviholkin asetus ja heftaus	1min 26,73s	
7.	Korvakkeiden asetus tyviholkkiin ja heftaus	1min 51,19s	
8.	Nurkkajäkysteen asetus ja heftaus	0min 50,43s	
9.	Puristimien irroitus, jigin kääntö ja alapuolen heftaus	1min 25,02s	
10.	Tyvipuomin irroitus jigistä ja kääntö hitsauspöytään nostoa varten	1min 10,21s	
<b>TYVIUOMIN HEFTAUSAIKA YHTEENSÄ</b>		<b>11min 22,72s</b>	
Työnkulkukaavio		Vanha menetelmä VS päivitetty menetelmä	
R3- hitsaussolu		Laatija: Juuso Kivisilta	
600- sarjan Kärki puomin kokoaminen ja heftaaminen uudella menetelmällä ja robotin laitteistolla		Päivämäärä: 30.11.2016	
Kaikki ajat ovat keskiarvoja useammasta otannasta, jotta saadaan mahdollisimman realistinen kuva tapahtumista.			
Vaihe nro.	Työvaiheen lyhyt kuvaus	Työvaiheeseen kuluva aika	
1.	Nivelholkkien asetus	0min 34,95s	
2.	Vakaaajaketelon haku + asetus	0min 34,04s	
3.	Ulomman otsalevyn asetus	0min 23,48s	
4.	Sisäputken nosto sekä laakeripesän ja kulutuslapun heftaus putkeen	1min 22,07s	
5.	Sisäputken asetus paikoilleen	0min 21,51s	
6.	Tiilit korvakkeen asetus + asetettujen osien heftaus + sisäsaumojen hitsaus	2min 29,43s	
7.	Sisemmän otsalevyn asetus + heftaus	1min 8,9s	
8.	Kiinnityksien ja ohjaustappien irroitus ja kärkipuomin nosto pois jigistä	1min 39,55s	
<b>KÄRKIPUOMIN HEFTAUSAIKA YHTEENSÄ</b>		<b>8min 33,93s</b>	
x	Siirtopöydän vienti solusta osahyllyjen eteen osakeräystä varten	23,73s	Huom!
x	Osien kerääminen siirtopöydälle heftaamista varten! Osat 2:een tyvi- ja kärkipuomiin)	3min 49,23s	
x	Siirtopöydän kuljetus R3- soluun	23,73s	
x	Korvakkeiden ottaminen siirtopöydälle	21,83s	
x	Robotin kääntöpöydän täyttäminen kahdella tyvi- ja kärkipuomilla Käyttäen uusia muutettuja kiinnityksiä.	10min 46,64s	
x	Robotin hitsauspolttimien käsin huoltaminen ennen hitsausta	2min 26,70s	
x	Täyden pöydän ( 2 tyvipuomia + 2 kärkipuomia) automatisoitu hitsaus robotilla	92min 20,19s	
x	Robotin kääntöpöydän kääntö tyhjiennystä varten	12,07s	
x	Robotin kääntöpöydän tyhjentäminen puomeista	7min 57,06s	
x	Puomien vienti viimeistelysoluun	1min 6,38s	
x	Tyvipuomin viimeistely	12min 22,78s	HUOM! 2 kpl/ pöytä
x	Kärkipuomin viimeistely	13min 49,08s	HUOM! 2 kpl/ pöytä
<b>MUUT AJAT YHTEENSÄ</b>		<b>172min 11,28s</b>	
<b>YHDEN PÖYDÄLLISEN VALMISTUKSEEN KULUVAT AJAT YHTEENLASKETTUNA:</b>		11 min 22,72s X 2 => 22min 45,44s	
		8 min 33,93s X 2 => 17min 7,86s	
		172 min 11,28s => 172 min 11,28s	
		<b>SUMMA=&gt; 212min 4,58s</b>	
<b>LAITTEITA VALMISTETAAN VUODESSA (2015)</b>		<b>762 Kpl ==&gt; 161602min 9,96s ==&gt;&gt; 2693h 22min 9,96s</b>	

## 6.7 Prosessin hukun muodot

Opinnäytetyön kehitysprosessissa havaittiin soluissa useita hukun muotoja ja kehitystä kaipaavia toimintoja. Laadun ailahtelu, ylilaatu ja vastaavasti laatupuutteet viimeistelyssä ja hitsauksessa ovat usein seurausta standardien puutteesta. Nimikkeet, työkalut, varaosat ja kulutustavarat olivat sijoitettu etäälle, mikä aiheuttaa paljon materiaalin siirtelyä ja raskaita nostoja. Materiaalinkeruupöydät olivat huonon korkuiset ja liikkuivat huonosti. Robotin toiminnassa oli paljon ongelmia ja puutteita. Heftaus- ja hitsausjigeissä oli puutteita ja laadunvarmistus petti aika- ajoin, jolloin virheellisiä tuotteita siirtyi seuraaviin työvaiheisiin. Kaikki solujen tavarat olivat epäjärjestyksessä ja yleisilme epäsiisti. Esimiestahojen ristiriitaiset ohjeet työjärjestyksistä ja huonot työohjeet muodostivat välillä ongelmatilanteita. Työntekijöiden tietotaitoa ja ammattitaitoa hyödynnettiin heikosti prosessissa. Hitsauskokoontarvikkeiden saannissa hitsaussoluun oli viivytyksiä ja puutteita. Ohjaus osien tilauksissa takkuili, josta seurasi epävarmat toimitusajat. Laserien toiminnan heikkous aiheuttaa runsaasti ongelmia sisäisissä toimitus ajoissa. Puutteita on ollut myös tarvittavien huolto osien, tarvikkeiden ja muun materiaalin saannissa robottiin ja käytössä oleviin käsihitsaus koneisiin.

## 6.8 Solujen miehitys

Viimeistely ja hitsaussolussa on ollut yksi henkilö per vuoro. Opinnäytetyön aikana tehtyjen muutosten ja kehitystyön jälkeen viimeistelysoluun on tehty täysi valmius kahdelle henkilölle, jolloin puomeja pystytään viimeistelemään tuplavoimin tarpeen tullen. Muutokset antavat hyvin resursseja toimimaan kone- ja varaosatilausten mukaan, kuitenkin laadusta tinkimättä. Heftaus/ hitsaussolussa riittää yksi työntekijä käyttämään hitsausrobotia ja heftaamaan tuotteita hitsattavaksi.

### Prosessien välisten puskuritasojen määrittäminen

Lean tuotanto pyrkii käytännössä vähentämään puskurivarastojen kokoa kohti yksi-osaista virtausta ”one piece flow”. Vastaavasti imuohjaus vaatii toimiakseen puskurivarastoja. Käytettäessä tilausohjautuvaa tuotantomallia, puhutaan käytännössä imuohjauksesta tai työntöohjauksesta. Asiakasohjautuva kokoonpanolinja syö puskureista tarvittavia kokoonpanoja. Tuotannossa esiintyvien työvaiheiden välillä on käytössä yleensä aina puskurivarastot. Kun varastot tyhjenevät tai tiedossa oleva tilausraja alittuu, on se signaali edellisille vaiheille tuottaa lisää tuotannon tarvitsemää nimikettä. Kun käytetään imuohjausta, on määritettävä myös imupuskuritasot. Imupuskuri tarkoittaa varastoa, joka toimii imuohjauksen ajatuksella.

Yksi opinnäytetyön tarkoituksesta oli selvittää työkaluja puskurien määrittämiseen sekä taustatietoa solujen toiminnasta ja tarvittavista puskurivarastoista. Määrittäessä puskuria ja sen täydennysaikaa on huomioitava useita asioita. On selvittävä tuotteiden tuotantonopeus, läpimeno- ja kokoonpanoaika. Täytyy kartoittaa täydennysajat eri nimikkeille, kaikki häiriöajat ja tuotannon toimintatehokkuus. Ohjaukseen pitää voida luottaa kaikissa tilanteissa, joten on selvittävä ja tarvittaessa parannettava ohjauksessa olevia viiveitä ja ongelmakohtia.

Opinnäytetyössä selvitettiin työkaluiksi sopivia laskentakaavoja puskuri laskentaan. On olemassa valmiita kaavoja, joilla voidaan laskea imupuskurille arvoja. Kaavoissa käytettäviä lyhenteitä ja suureita on taulukossa 3. Kuvassa 16 on esimerkki laskentaa puskurin määrityksestä. Laskentaan vaikuttavat valikoima ja toivottu volyymi. Myös häiriötekijät ja niiden yleisyys vaikuttavat osaltaan tuotantoon.

TAULUKKO 3. Lyhenteet, kuvaukset ja suureet taulukoituina.

LYHENNE	KUVAUS	SUURE
MP	Mitoitusperuste; kuinka monta trackiä valmistetaan tiettyä ajankohtaa (päivää) kohden (ennusteiden pohjalta)	[LT/d]
HA	Nimikkeen hankinta-aika	[d]
HA <sub>e</sub>	Nimikkeen hankinta-ajan epävarmuus (saatavuusongelmat peilautuvat osittain HA <sub>e</sub> :lla)	[d]
HA <sub>TOT</sub>	Epävarmuustekijän sisältävä hankinta-aika	[d]
N	Kuinka monta nimikettä tarvitaan trackiä kohden	[kpl/LT]
VV	Varmuusvarasto (peilaa ohjaukseen liittyviä epävarmuuksia)	[kpl]
T%	Optioiden volyymien toteutuma %; kuinka suuressa osassa valmistettavia trackejä kukin optio on esiintynyt (perustuu historiatietoon)	[%]
K <sub>HA</sub>	Hankinta-ajan kulutus	[kpl]
LT	Lepotaso ~Tilauspiste	[kpl]

$HA_{TOT} = HA + HA_e$	»»»»	$HA_{TOT} = 0,50$
$K_{HA} = MP \times HA_{TOT} \times N \times T\%$	»»»»	$K_{HA} = 4 \times 0,5d \times 1 \times 80\% = 1,6$
$LT = K_{HA} + VV$	»»»»	$LT = 1,6 + 1 = 2,6$

KUVA 16. Imupuskurin laskennassa käytettyjä kaavoja Vesa Rosenbergin tutkintotyöstä sekä laskenta esimerkki kuvitteellisilla arvoilla.

### Imuohjauksen termistöä

Tärkeää termistöä jota käytetään imuohjauksessa ovat täydennysajan kulutus ja lepotaso. Täydennysajan kulutus tarkoittaa tuotteen kulutusta täydennys tarpeen ilmoittavan impulssin ja imupuskurin täytön välisenä ajanjaksona. Kun taas lepotaso tarkoittaa maksimitasoa imupuskurissa oleville tuotteille. Jossain tapauksissa lepotaso on yhteenlasku täydennysajan kulutuksesta ja täydennyserästä erän ollessa >1. Kun määritetään lepotasoa, on tiedossa oltava tilauskanta ja ennuste kysynnälle.

Laskentaesimerkkejä lepotason kartoitukseen, joita voidaan soveltaa tulevaisuudessa so-  
lujen lepotasojen määrittämiseen:

### **Tiluserän ollessa yksi**

Laskenta esimerkissä on kuvitteelliset arvot. Tuotteen arvioitu kulutus kahdelle kuukau-  
delle on 120. Tähän ajanjaksoon sisältyy 60 työpäivää. Kulutusnopeudeksi lasketaan  
 $120/60 = 2$  kappaletta vuorokaudessa. Tuotteen täydennysaika normaaliolosuhteissa on 1  
työpäivä. Tällöin täydennysajan kulutus saadaan laskettua laskutoimituksella  $2 * 1 = 2$   
kappaletta. Täydennyserän ollessa 1, lepotaso on 2 kappaletta. Kun täydennyserä on 1,  
on lepotason arvo täydennysajan kulutuksen arvo.

### **Tiluserän ollessa >1**

Laskenta esimerkissä on kuvitteelliset arvot. Summataan täydennyserä ja täydennysajan  
kulutuksen arvo. Lepotasoksi otetaan täydennysajan monikerta. Tuotteen täydennysaika  
on 1 työpäivä, kulutusnopeudeksi arvioitu arvo on 2 kappaletta per vuorokausi ja kulje-  
tuserän suuruus 3. Laskettuna lepotaso on  $2 * 1 = 2$  kappaletta. Kuljetuserän ollessa 3 kpl  
on laskennallinen lepotaso  $2 + 3$  eli 5 kappaletta. Lepotason arvoksi otetaan tästä huoli-  
matta 6, koska se on lähimpänä oleva monikerta ylöspäin laskettaessa ( $2 * 3$ ). Erän ol-  
lessa suurempi kuin 1, on lepotason arvo täydennysajan kulutuksen arvo + täyden-  
nyserä.

### **Esimerkki tapaus tuotannossa**

Tuotteen täydennysaika on 1 työpäivä, kulutusnopeudeksi on arvioitu 4 kappaletta/ vuo-  
rokausi ja kuljetuserän suuruus on 4. Lepotaso on laskettuna:  $4 * 1 = 4$  kappaletta. Kulje-  
tuserä on 4 on laskennallinen lepotaso  $4 + 4$  eli 8 kappaletta. Lepotaso on kuitenkin lähin  
monikerta ylöspäin eli  $4 * 4 = 16$ .

## 7 TYÖN TULOKSET, TYÖSTANDARDIN JA MENETELMIEN KEHITTÄMINEN

**Työn empirian pohjalta laaditut kehityskohteet soluissa, niiden toimintaa parantamaan tehdyt toimenpiteet, sekä vaikutukset hitsausaikaan ja laatuun.**

Työaikaan, hitsausaikaan ja laatuun vaikuttaa useat tekijät prosessissa. Tärkeää on, että puutteisiin ja ongelmiin puututaan järkevästi ja johdonmukaisesti. Johdonmukaiset päätökset tuotannossa ovat pitäneet tuotannon tehokkaammin käynnissä.

Standardoinnista ja menetelmien kehitystoimenpiteistä löytyy esimerkkikuvia liitteistä 19-30. Kuvista pystyy havaitsemaan kehityksen kohteet ja uudet järjestykset soluissa sekä niiden sisällön selkeä organisointi. Liitteistä löytyy myös uutta materiaalia solujen info-tauluista, josta löytyy ohjeet työturvallisuuteen, tehokkaaseen toimintaan, siisteyteen, kunnossapitoon sekä kehitystoimenpiteiden valvontaan seuranta materiaali.

Puutteita ja ongelmia tuotannossa oli paljon, mutta niihin löytyi ratkaisuja ja kehitystoimenpiteitä. Solut olivat alun perin sekavat ja huonosti organisoidut. Solut ovat kehittyneet 5S- standardin mukaantulon jälkeen huomasti parempaan suuntaan. Viimeistelytyö sai oman solun, jossa mahdollisuus lisätä miehitystä kiire tapauksissa. Solu on nyt selkeä ja paljon toimivampi. Silloitus muutettiin samaan soluun robottihitsauksen kanssa, joten muutoksen jälkeen solussa pystytään puuttumaan heti tarvittaessa heftauksen ongelmiin ja robotin ongelmiin hitsausprosessissa. Solussa pystytään nyt myös nopeasti reagoimaan mahdollisiin kiiretilauksiin, varaosatilauksiin sekä kokoonpanossa ja viimeistelyssä ilmeviin ongelmiin.

Työergonomiassa ja töiden suoritustavoissa oli puutteita, jotka näkyivät mm. sairauslomissa. Työntekijöitä ei voitu kohdistaa monipuolisesti eri tehtäviin, mikä hankaloitti työtehtävien kierrätystä työntekijöillä. Ongelmakohtia on käyty paljon läpi työntekijöiden ja työterveyshuollon ammattilaisten kanssa. Ongelmatilanteisiin pyritään löytämään hyvät työtavat ja nostolaitteiden käyttöä tehostetaan ja kehitetään. Tavarat on sijoitettu ergonomisesti parempiin ja luontevampiin paikkoihin. Raskaammat tavarat pyritään nostamaan apulaitteita käyttäen ja ne on sijoitettu oikealle korkeudelle, jolloin niiden käsittely on turvallisempaa.

Käsinhitsaus oli työntekijälle usein rasittavaa ja huonoissa asennoissa tapahtuvaa toimintaa. Hitsauksessa ja silloituksen vaiheissa syntyvä melu, värinä, liikkeiden toistuvuus, hitsauskaasut ja valokaaren tuottama säteily ovat riskitekijöitä hitsaajalle. Hitsaajan altistumista savukaasuille ja muille hitsausprosessin rasitus elementeille pyrittiin vähentämään jatkuvan kehityksen toimenpiteillä, imureita kehitettiin ja imukanavat putsattiin ja raitisilmahitsausmaskien käyttöä on korostettu. Työergonomia ja työhyvinvointi on otettu vakavammin osaksi prosessien, solujen, nostolaitteiden ja tuotannon suunnittelua. Hitsaus- ja heftausjigejä parannetaan jatkuvasti toimivimmiksi. Robottihitsauksen osuutta lisättiin ohjelmia kehittämällä, laitteiston ja päivitysten salliessa.

Tuotteissa havaittiin hitsauksesta johtuvia lämmön aiheuttamia ongelmia. Tuotteet eivät ole olleet jatkokokoonpanossa toimivia, mittatarkkoja ja laadullisesti kelvollisia. Muodonmuutoksia ja hitsauksista johtuvan lämmöntonniin vaikutuksia pyritään ennakoimaan ja lieventämään. Tarkkailussa ja muutoslistalla oli hitsausjärjestyksien arviointi, heftausjärjestys, hitsausarvojen mahdolliset muutokset, hitsausohjelmien päivitykset, robotin päivitykset ja rakenne muutokset, jigeihin tehtävät muutokset esijännityksineen ja kriittisten osien ennakoasemoinnit ja paikoitukset.



Hitsaussaumoissa ja rakenteissa havaittiin ongelmia, heikkoja kohtia ja laatupuutteita. Lisäksi oli paljon ailahtelua työvaiheiden suoritteissa eri työntekijöiden kesken. Vioista on tullut reklamaatioita ja virheilmoituksia niin seuraavilta työpisteiltä tehtaalla, kuin maailmalle myytyjen koneiden omistajilta. Tuotteen valmistukseen ja hitsauksien laatuun on panostettu ja kiinnitetty entistä enemmän huomiota. Reagointi virheisiin ja laatupuutteisiin on nopeutunut, ja ongelmien syy/seuraus-tutkinta on tehostunut. Tuotteiden suunnittelussa on pyritty kehittämään rakenteita ja itse tuotteita kestävämmiksi ja varmemmiksi. Hitsaus/heftausjigejä on parannettu toimintavarmemmiksi, jotta mahdollisia työntekijöiden virheitä pystytään minimoimaan. Tuotteiden ja virheiden korjaaminen vie usein enemmän aikaa kuin uuden tuotteen valmistaminen. Tasaista laatua ylläpitäisi ja tehostaisi kausittaiset tarkastukset jigeihin, joilla työtä tehdään päivittäin. Jigit ovat yksi tärkeimmistä työkaluista Avant Tecnonlla, joten niiden huoltoon ja kunnossapitoon asianmukaisilla välineillä tulisi myös panostaa enemmän. Asioihin pyritään vaikuttamaan vieläkin yksityiskohtaisemmin, kun laaditaan tämän tutkimuksen pohjalta päivitetty työhohjeet soluihin myöhempänä ajankohtana.

Robotin toiminnassa oli paljon epävarmuutta ja häiriöitä. Hitsit jäivät usein vajaiksi ja huokosia esiintyi aika ajoin. Roiskeita oli usein huomattava määrä, joten viimeistelyyn jäi paljon korjattavaa, hitsattavaa ja viimeisteltävää. Robotin toimintaa alettiin seurata tarkistus-, -huolto-, ja kunnossapitolistojen sekä käyttäjäkohtaisien muistiinpanojen avulla. Ongelmiin puututaan nyt ripeämmin ja tehokkaammin, kun pystytään tarkentamaan ongelmakohdat. Robotti ja hitsauspöydät modifioitiin ja päivitettiin paremmin puomien hitsaukseen sopivaksi. Hitsauspöytiin lisättiin varmuutta antavat kiinnitykset puomeille. Robottiin vaihdettiin useita viimeisintä hitsaustekniikkaa olevia komponentteja kuten: virtalähde, vetävä langansyöttökoneisto, polttinpaketti ja kaapelit sekä polttimen vaihto- ja putsaus-koneisto. Uudet Froniuksen komponentit ovat paremmin suunniteltuja robottikäyttöön. Ne mahdollistavat useamman hitsauspolttimen käytön ja niiden automaattisen vaihtamisen. Uudet läpikäydyt hitsausohjelmat, pulssikaarihitsauksen käyttäminen ja päivitykset robotin laitteistoon, monipuolistavat robotin käyttöä ja lisäävät toimintavarmuutta vähentäen hitsausvirheitä ja roiskeita. Robotin uudistukset mahdollistavat tehokkaan ja tarkan robottihitsaamisen ahtaissakin väleissä sekä häiriöttömämmän hitsaamisen. Luotettava ja keskeytyksetön hitsaaminen robotilla, nopeuttaa hitsausaikaa ja vähentää viimeistelyä myöhemmin. Hyvä ohjelmointi ja siihen panostaminen on vahva tekijä tuloksekkaassa prosessissa. Perus- ja syventävää koulutusta robotin käyttöön tulee lisätä, jotta

työntekijät saavat mahdollisuuden kehittyä työssään. Työntekijöiden potentiaalin nostaminen tuo pitkällä aikavälillä niin työviihtyvyyttä kuin itseohjautuvaa prosessin kehittämistä. 3D-simulointia, offline- ohjelmointia sekä seurantaa on tulevaisuudessa hyödynnettävä paremmin.

Solujen infotauluissa oli kehitettävää ja varaosien tilauskaavakkeisiin oli täydennettävää ja tarkennettavaa. Infotaulut on muutettiin selkeämmiksi ja vastaamaan tämän päivän tarpeita. Monipuolisempi tiedotus sekä tilauskaavakkeiden päivitykset ovat tehostaneet osaltaan toimintaa. Myös varaosien toimittajiin on oltu yhteydessä ja robotin varaosiin on tehty uusi kaappi muiden robottien yhteyteen, josta löytyy kriittisimmät osat. Muut osat tilataan suoraan Froniuksen jälleenmyyjän kautta.

Soluissa tarvittavan materiaalin ja tarvikkeiden saanti oli puutteellista. Hitsausosien, hyllytavarain, varaosien ja kaikkien kulutusosien tilaamiseen ja saatavuuteen panostettiin. Työntekijöiden kanssa laadittujen tarvikelistojen avulla määritettiin tarpeelliset materiaalit, tavarat, tarvikkeet ja suojavälineet. Tarpeellisille nimikkeille hankittiin kaappi työpisteiden läheisyyteen, josta niitä on nopea ja helppo tarpeen tullen hakea. Täytöstä ja täytön seurannasta on sovittu tavaroiden toimittajien kanssa. Työaikaan vaikuttavia tekijöitä on huomioitu tuomalla kulutustavarat lähelle työpisteitä ja vähentämällä näin tavaroiden hakemiseen kuluva aikaa. Mikään tarpeellinen materia ei saa loppua soluista aiheuttaen katkoja tuotantoon. Tavoitteena on noudattaa täsmällisesti komponenteille toteutettua tilauspistejärjestelmää ja mahdollistaa tuotannon sujuvuus. Jos yksikin osa tuotteesta puuttuu, ei tuotetta voi valmistaa jalostamaton odottelu-aika lisääntyy. Laserleikkauslaitteet ovat täysin työllistettyjä, joten virhetilauksiin ei ole varaa. Osista ja muusta materiaalista on tehtävä selvät ja harkitut tilaukset. Tällöin ei tule sekaannuksia eikä tuotantokatkoja. Useat osat ovat tilaustavaraa, joten niiden saannista keskustellaan toimittajien kanssa. Useimmat osat tulevat kuitenkin imuohjautuvasti talon sisältä laserleikkauslaitteilta, särmäskoneelta ja koneistuksesta. Osat tilataan hitsauspaikoilta osakohtaisten tilauspisteiden mukaan. On kuitenkin havaittu, että ennalta määritellyjä tilauseriä pienennetään ja muutetaan kesken laserleikkauksen, mikä vie merkitystä tilausmäärien laatimisesta ja aiheuttaa ongelmia myöhemmin prosessissa. Osien tilaamisessa niin talon sisälle kuin uloskin tulee saada järkevä ja kauaskantoinen katselukulma. Lyhytnäköisyys kostautuu joka osassa prosessia.

Kummassakin solussa oli huono valaistus ja savukaasujen poisto. Ongelmat on tiedostettiin ja niihin puututaan mahdollisuuksien mukaan. Valotehoa lisättiin päivittämällä valaistus led- hallivalaisimiin. Imureiden kanavat on huollettiin ja puhdistettiin.

Tiedonkulussa oli ongelmia johdon ja työntekijöiden välillä. Asia otettiin esille työnjohdon, tuotannonjohdon ja insinöörien kanssa. Vuorovaikutus on parantunut, ja työntekijät ovat ottaneet enemmän kantaa asioihin ja vastuuta solujen toiminnasta.

Teräsleikkeiden ja tuotteiden puskurivarastojen puutteet luovat epävarmuutta sisäisiin toimitusaikoihin. Koska tuotteet menevät täysin niin sanotusti kädestä suuhun, on tuotanto turhaan koko ajan veitsenterällä. Yksikin ongelma tuotantoketjussa esimerkiksi robotissa tai laitteissa, hitsattavien osien saannissa, työntekijöiden poissaoloissa tai sairastumisissa aiheuttaa viivästyksen tuotantoketjussa ja näin ollen koko prosessissa. Tästä syntyvä kiire ainoastaan synnyttää lisää painetta tuotantoon, mikä heikentää lopulta laatua ja tuottavuutta. On tarpeen kehittää toimiva puskurivarasto hitsatuille, sekä viimeistellyille tuotteille. Puskurivaraston määritykseen vaikuttaa tuotantokapasiteetti, lattiapinta-ala varastolle, sekä imuohjauksesta tuleva tarve tuotteille. Puskurin suuruuden määrittäminen tapahtuu siis työntekijöiden ja päättävien tahojen yhteistyöllä. Kokemusperäisiin tietoihin nojaten on pidetty palaveria eri toimintoja suorittavien työntekijöiden kanssa ja arvioitu puskurivaraston suuruudeksi yhdessä päivässä valmistuvat tuotteet. Tämä on huomattu kokemuksen kautta toimivaksi, ja yhden vuoron aikana pystytään jo reagoimaan ongelmaan ja kuromaan niin sanottua menetettyä puskuria kiinni. Toki kaikkiin ongelmiin, kuten pidempi aikaisiin koneseisokkeihin robotin hajotessa, ei voi aina varautua. Ennaltaehkäisemällä tiedossa olleita ongelma-kohtia ja tekemällä asiat niin, ettei samoja virheitä toisteta, pysytään jokapäiväisessä kehityksessä. Kuten aiemmin puskuritasojen määrityksessä huomattiin, erilaiset kaavat antavat hyvin suuntaa puskurien määrityksiin, kunhan tilauskanta on tiedossa.

## 8 POHDINTA/ YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa R3-hitsaus ja viimeistelysolun toiminnan tehokkuus ennen kehitystoimenpiteitä ja niiden jälkeen. Alkutilanteen arvioinnin jälkeen selvitettiin kehitystä vaativat asiat sekä työkalut ja toiminnot, joilla solujen toimintaa kehitetään. Opinnäytetyössä etsittiin laajalti keinoja kehittää hitsausprosessia ja tuotantoprosessia. Opinnäytetyössä on hyödynnetty paljon käytännön kautta haettua tietoa. Työhön haettiin teoriaa useista lähteistä hitsaus- ja tuotantoprosessista sekä menetelmien kehityksestä. Työssä parannettiin havaittuja ongelmakohtia monin eri tavoin sekä selvitettiin ja esiteltiin kaavoja ja avaimia tuotannon kehittämiseen myös tulevaisuudessa.

Käytännössä toimintaan tuli useita parannuksia. Solujen toimintaa muokattiin selkeämmäksi, robotin yhteydessä heftataan ja viimeistelysolussa viimeistellään. Turhia siirtelyjä ja toimintoja jäi pois. Solut muokattiin toimiviksi 5S-työkalun ja lean-periaatteiden mukaan ja uudet layoutit ovat siistit, selkeät, turvalliset ja toimivat. Kaikki turha poistettiin soluista ja vastaavasti kaikki tarpeellinen sai merkityn paikkansa. Heftausjigejä muokattiin niin, että niissä ennakoidaan lämmön ja hitsauksen tuomia vaikutuksia ja myös heftaus vaiheessa mahdolliset virheet vähenevät. Robotin pöydän kiinnityksiä muutettiin varmemmiksi, jotta puomien liikkuminen hitsausprosessin aikana loppuisi. Tyvipuomin rakennetta vahvistettiin ja silloituksia, juurisaumoja ja saumojen laatua seurataan tiiviimmin robottisolussa. Robotin laitteisto päivitettiin vastaamaan nykypäivän tarpeita ja hitsausohjelmat päivitettiin uuden laitteiston kanssa toimiviksi. Viimeistelysolu sai yhden käsinhitsauslaitteiston lisää, jolloin viimeistelyä pystytään jatkossa suorittamaan kahden työntekijän voimin. Pääosin kehitystyössä keskityttiin poistamaan turhia toimintoja ja keskityttiin parantamaan sekä tehostamaan lisäarvoa tuottavia tekijöitä. Työohjeet ja työtavat, kokoonpano-osien tilauslistat ja paikat, kulutusosien saanti ja paikka, 5S- seuranta, laitteistojen huolto, työturvallisuus työpisteissä ja yleinen tiedotus päivitettiin ja niille tehtiin omat taulut ja paikat soluihin.

Solujen toiminta parani huomattavasti kehitystöiden jälkeen. Turhat siirtelyt jäivät pois ja kaikelle tarpeelliselle löytyi oma paikkansa, joten kaikki soluissa tarvittava on aina löydettävissä. Kokoonpano-osat ovat siististi ja loogisesti omissa hyllyissään, josta niitä on helppo hakea uudella siirtopöydällä heftaussoluun. Kokoonpano-osien tilaaminen ja seuranta on parantunut. Kulutusosat löytyvät nyt läheltä soluja, joten turhaa aikaa ei kulu niiden hakuun. viimeistelystä tuleva pöly ei enää kulkeudu robotin vieressä oleviin laserleikkaus laitteistoihin. Tuotteet ovat olleet mittatarkkoja hitsauksenkin jälkeen ja heftaus sekä kokoonpanovirheitä sattuu paljon vähemmän. Robotin hitsauspöydän kiinnitykset on todettu toimiviksi ja puomit pysyvät hyvin paikallaan hitsauksen aikana. Robotin toiminta on todella paljon tehokkaampaa, luotettavampaa ja hitsausvirheet ovat vähentyneet. Viimeistely on paljon nopeampaa, koska robotti pystyy hitsaamaan tuotteet nyt valmiiksi asti jokapaikasta. Tuotteet ovat laadukkaampia hitsauksiltaan ja tuotteet ovat edustavamman näköisiä. Yleisilme soluissa on paljon parempi ja ympäristö turvallisempi. Työergonomia on parantunut ja työssä tapahtuvat nostot ovat vähentyneet. Laitteistoja huolletaan ja työpisteitä siivotaan paljon paremmin. Tiedon kulku soluihin ja reagointi tilauksiin on tehokkaampaa. Solut toimivat paremmin yhteen, tuotantovauhti on parantunut ja huono palaute tuotteista on vähentynyt. Laatuun panostetaan enemmän ja tarvittaessa ongelmiin pystytään puuttamaan nopeammin.

Opinnäytetyön aikana esiin tuli paljon asioita toiminnan ympäriltä, joihin voisi tulevaisuudessa keskittyä ja mahdollisesti suorittaa toimenpiteitä ja jatkotutkimusta. Tässä työssä on tutkittu enimmäkseen käytännön kautta kehitystöiden vaikutuksia solujen toimivuuteen, tuottavuuteen ja laatuun. Kaikki vaikutukset ovat olleet positiivisia.

Opinnäytetyössä otettiin esille ongelmakohtia prosessissa, joiden kehittäminen tulevaisuudessa nostaa edelleen solujen käyttösuhdetta ja paloikasuhdetta. Näiden sivuaikojen vähentyessä vähenee myös työaika kokonaisuudessaan. Kuitenkin ajatellessa kaikenlaisia suhteita ja laskukaavoja, tulee muistaa, että kaikki prosessin ja kaavojen osat vaikuttavat toisiinsa. On nähtävä kokonaisuus, jotta voi seurata tuottavuutta. Esimerkiksi paloikasuhdetta paremmin robottisolun käyttöä kuvastaa käyttösuhde. Siinä verrataan todellisuudessa tapahtuvien suoritteiden määrää solun kapasiteettiin nähden. Laskennallisesti todellinen käyttöaika jaetaan solun mahdollisella käyttöajalla ja lopuksi kerrotaan sadalla prosentilla, jolloin tulos on prosentteja ja helpommin ymmärrettävissä. Mitä pienempi prosenttiluku, sitä pienemmällä käytöllä robotti on. Paloikasuhde nousee ja kaariaika pienenee, kun monipuolistetaan robotin käyttöä hitsauksessa. Hyvän ohjelmoinnin ja robotin täyden kapasiteetin hyödyntämisen kautta vähennetään jälkityöskentelyä. Verrattaessa robottia käsihitsaajaan, on sen paloikasuhde ja hitsiaineentuotto ylivoimaiset. Kun hitsausohjelmia kehitetään ja seurataan jatkuvasti tuotannon ohella, pystytään löytämään hyvät hitsauslangat ja niiden vahvuudet, virta- arvot, langansyöttönopeudet, jotka kaikki osaltaan vaikuttavat hitsiaineentuottoon.

Esille on tullut myös mahdollisuus etäohjelmointiin eli offline-ohjelmointiin robotilla. Jolloin hitsausohjelmat ja niiden muutokset voidaan tehdä muualla tuotantoa keskeyttämättä. Vaikka yrityksessä onkin toistuvia tuotteita, eikä etäohjelmointia ole juurikaan käytetty, on offline- programming vartenotettava vaihtoehto ohjelmointiin ja muutoksiin tulevaisuudessa automatisoinnin lisääntyessä.

Hitsauksiin, laatuun, rakenteisiin ja toiminnan kehittämiseen on saatava käyttää aikaa tuloksien aikaansaamiseksi. Esimerkiksi hyvin toimiva ja hiottu hitsausohjelma säästää aikaa, rahaa ja kalustoa. Virheiden korjaaminen tulee maksamaan ja viemään tuotannon resursseja paljon enemmän kuin kerralla hyvän tuotteen tekeminen, joten on kaikkien kannalta kannattavaa pyrkiä mahdollisimman virheettömään suoritukseen. Automatisointia kehittämällä ja lisäämällä saavutetaan tehokas kilpailukykyinen valmistuskokonaisuus, jolloin yrityksen tuotto kasvaa. Kehittämällä prosesseja tasaiseen ja hyvään laatu-kokonaisuuteen, säästetään lopulta aikaa ja rahaa, ja pysytään alati kiihtyvässä kilpailussa mukana. Tavoitteena voidaan pitää prosessin jatkuvaa parantamista kohti pidemmän aikavälin tavoitteita tuotannon ja sen ohjauksen suhteen.

Niin robottihitsaus kuin manuaalinenkin hitsaus, tarvitsevat oman laadunhallintaohjeistuksensa. Automatisoidussa robottia käyttävissä hitsausprosesseissa, on erittäin tärkeää, että hitsattavat tuotteet ja niiden osat ovat mittatarkkoja. Tämä lisää kaikkien osien, niin ulkoa tulevien kuin yrityksen sisällä tuotettavien osien mittatarkkuus-, ja laatuvaatimuksia. Jokainen vaihe osia tehdessä on siis tärkeä, ja jokaisella tekijällä tulee olla motivaatio ja tarvittavat taidot tehdä ja valvoa omia tuotoksiaan.

Laadunvarmistusta voidaan ajatella kolmen aikajakson kautta. On ennen hitsausta tapahtuva, hitsauksen aikainen sekä hitsauksen jälkeinen tarkastelu ja laadun seuranta. Tämä tarkoittaa, että jokainen vaihe prosessin alusta loppuun on lopputuloksen kannalta todella tärkeä. Jokainen hyvin tehty vaihe helpottaa seuraavaa työvaihetta, ja lopulta tuloksena on laadukas tuote, johon kaikki ovat panostaneet. Kun hitsaustapahtuma vakioidaan robotisoidusti, saadaan virhetapahtumia osittain poistettua, ja voidaan keskittyä aiempiin työvaiheisiin ja niiden ongelmakohtiin. Jotta saadaan hyvä, laadukas, kestävä ja hinnaltaan kilpailukykyinen tuote, on jokaisen työntekijän annettava parhaansa. On pyrittävä tulevaisuudessa hyödyntämään, kaikkia automatisoinnin ja robottihitsauksen hienouksia, kuten esimerkiksi pulssihitsaamista, railon seuranta ja hakua, hitsausparametrien mittausta ja seuranta, railon tilavuuden mittauksia. Automatisoinnin täysi hyödyntäminen vaatii myös tarpeelliset koulutukset. Kaiken kaikkiaan tuotteen prosessointiin voi liittää sanonnan, ” hyvin valmisteltu on puoliksi tehty”. Kaikki vaikuttaa kaikkeen, oli se pieni tai suuri asia. Jos pystytään ennakoimaan jotakin, on se avuksi ja helpotukseksi seuraavassa työvaiheessa. Tämä kaikki lisää myös työntekijöiden yhteenkuuluvuutta, mikä on aina yrityksen eduksi.

Laadunhallinnan osat ja tarkoitus on selvennettävä kaikille työntekijöille. Esimerkiksi hitsaustöissä siihen kuuluu hyvän ammattitaidon, koulutuksen ja perehdytyksen omaavat metallityöntekijät, tarvittaessa henkilöstön pätevyityskoulutukset (IWT, IWS, IWE, IWI, IW) tai syventävät koulutukset, vastaavien henkilöiden nimeäminen, työohjeet eli WI ohjeet, hitsausohjeet eli WPS ohjeet, laatujärjestelmän ja standardien seuraaminen, 5S laatujärjestelmän tuomien hyötyjen ymmärtäminen ja noudattaminen sekä hyvä, turvallinen ja kuunteleva työympäristö. Kilpailukyky koostuu ja syntyy kaikista näistä elementeistä, motivoituneiden työntekijöiden työntuloksen kautta.

Tuotteiden valmistamisen kannalta on tärkeää myös, että suunnittelijoiden ja tuotteita valmistavien tahojen välinen yhteistyö toimii. Mitä tarkemmin ja varmemmin suunnittelijat suunnittelevat tuotteen osat ja niiden liitokset, on tuotannon helpompi valmistaa tuotteet kuvien mukaan. Jos esimerkiksi hitsataan liian suuren a- mitan omaavia saumoja, tuottaa se usein ongelmia lämmöntonni vuoksi, lisää työhön kuluva-aikaa ja kuluja. Liian pienet, kylmät tai liian vähän tunkeutuneet saumat taas heikentävät rakenteita.

Loppujen lopuksi hyvä laatu on tulos tekemisestä eikä pelkästään tarkastamisista. Toimivaan ja hyvinvoivaan tuotantoprosessiin kuuluu useita tärkeitä elementtejä. On tehtävä töitä ammattitaidolla ja hyvällä ammattitaidolla. Lisäksi on panostettava koulutukseen ja annettava mahdollisuuksia kehittyä ammatissaan ja ammattitaidoissaan yrityksen sisällä. On hyödynnettävä työntekijöiden tietoja, taitoja ja kokemuksia, sillä ne ovat ilmaisia lisäarvoa tuottavia valttikortteja. Looginen, turvallinen, siisti ja toimiva työympäristö antaa mahdollisuudet hyviin suorituksiin. Koko prosessia on ohjattava selvin ohjeistuksin ja katsottava asioita enemmän pitkällä tähtäimellä. On pystyttävä palkitsemaan / huomiomaan hyvin sujuneet prosessien osat, jotta motivaatio ja halu tehdä hyvää tulosta pysyy kaikkien mielessä.

Yritys tarvitsee eri osa-alueille vastuuhenkilöt, jotka ovat kiinnostuneita työstään, ja jotka puuttuvat alueidensa ongelmatilanteisiin ja -kohtiin. Henkilöt vastaavat alueistaan ja niiden toimivuudesta. He ottavat asioista selvää, keräävät tietoa ja kehittävät itseään ja aluettaan jatkuvan kehityksen mukana. Jaettu vastuu takaa yksityiskohtaisemmat tiedot kaikille alueille. Esimerkiksi hitsausinsinööri voi vastata hitsaukseen liittyvien asioiden lisäksi työympäristönsä kehityksestä, koulutuksista, seurannasta ja laaduntarkkailusta, hyödyntäen omia käytännön kokemuksiaan.

Tärkeintä on kuitenkin keskittyä turhien toimintojen poistamiseen ja hukan muodostumiseen, sekä luomaan tuotannon eri vaiheista vakiosuoritteita. Vakioiminen on edullinen ja toimiva työkalu laadunhallintaan. Lisäarvon tuottaminen lean-periaatteiden avulla nopeuttaa läpimenoa ja yhdenmukaistaa toimintoja. Tärkeää on, että materiaalia virtaa oikea määrä, oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan asiakkaan toiveet täyttäen.



Katselukulmia asioihin on useita. Kaikissa tuotannonohjausmenetelmissä voi olla heikkouksia. Kuitenkin käytäntö on osoittanut, että työvaiheiden välillä on hyvä olla puskurivarastot, joista nimikkeitä otetaan käsittelyyn ja laitetaan seuraavaan varastoon. Näin eri työvaiheet eivät heti lamaannu esimerkiksi virheen tai ongelman sattuessa. Liian suuri puskuri taas lisää läpimenoaika varastojen suurennuttua, joten kultainen keskitie on jälleen toimiva. Jos työvaiheet eristyvät liikaa toisistaan, voi ongelmien havaitseminen olla vaikeaa. Hyvä laadunseuranta ja maltilliset puskurivarastotasot, pitävät tuotannon käynnissä ja estävät ongelmien leviämisen.

Tuotannon tehokkuuden kartoittaminen on kaiken kaikkiaan monen muuttujan kokonaisuus. Siksi hyvä ja vertailukelpoinen mittari onkin läpimenoaika. Tuotannon kehittämiseen ei ole yhtä ratkaisua, vaan se koostuu monista palasista, kuten työ on osoittanut. Vaikka monet asiat tässä tutkimuksessa voivat tuntua pieniltä seikoilta, on usean toimivaksi kehitetyn ajatuksen vaikutus solun toiminnassa suuri. Kun yrityksen kaikki solut toimivat yhteen ja pyrkivät analysointien kautta aina vain parempaan lopputulokseen, on seurauksena tuotantotehokas ja menestyvä yritys. Opinnäytetyössä ilmenneet kehitetyt asiat ja vielä kehitystä kaipaavat kohteet tulevat tulevaisuudessa parantamaan toimivuutta ja laatuajattelua.

Niin tuotteiden tuottavuuden, työhyvinvoinnin kuin koko yrityksen toiminnan kehittämisenkin ovat täyttä työtä ja jatkuvan parantamisen tiellä kulkemista. Koko tuotantoketju paranee, kun keskitytään yrityksen tuotannonsuunnitteluun avarakatseisesti ja määrätietoisesti.

## LÄHTEET

Avant Tecno Oy. Internet sivut. Luettu 3.1.2017. [www.avanttecno.fi](http://www.avanttecno.fi)

Oy AGA Ab. Internet sivut. Luettu 15.1.2017. [www.aga.fi](http://www.aga.fi)

Suominen Ilpo. Opinnäytetyö ”Hitsausprosessin robotisoinnin kannattavuuden arviointi”

Yaskawa Finland Oy. Internet sivut. Luettu 22.1.2017. [www.motoman.fi](http://www.motoman.fi)

Esab Oy. Internet sivut. Luettu 29.1.2017. [www.esab.fi](http://www.esab.fi)

Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry. Internet sivut. Luettu 3.2.2017. [www.shy-hitsaus.net](http://www.shy-hitsaus.net)

Roukala Jani. Opinnäytetyö ”Hitsaussolun kehittäminen Wärtsilä oil sump”

Haataja Mika. Opinnäytetyö ” Puomihitsauksen laadunvarmistusmenetelmät”

Quality Knowhow Karjalainen Oy. Internet sivut. Luettu 10.2.2017. [www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukka-muda-mura-ja-muri](http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukka-muda-mura-ja-muri)

Logistiikan maailma. Internet sivut. Luettu 15.2.2017. [http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT\\_\(Just-in-time\)\\_ja\\_imuohjaus](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_(Just-in-time)_ja_imuohjaus)

Työturvallisuuskeskus. Internet sivut. Luettu 21.2.2017. [http://www.tuottavuus-tyo.fi/menestyva\\_tyopaikka/hyva\\_laatu/5\\_s\\_laatuja\\_rjestelma](http://www.tuottavuus-tyo.fi/menestyva_tyopaikka/hyva_laatu/5_s_laatuja_rjestelma)

Lean Lion Oy. Internet sivut. Luettu 26.2.2017. <http://www.leanlion.com>

Maksim Pellja. Opinnäytetyö ”Muotin asetusajan lyhentäminen Smed- järjestelmän avulla”.

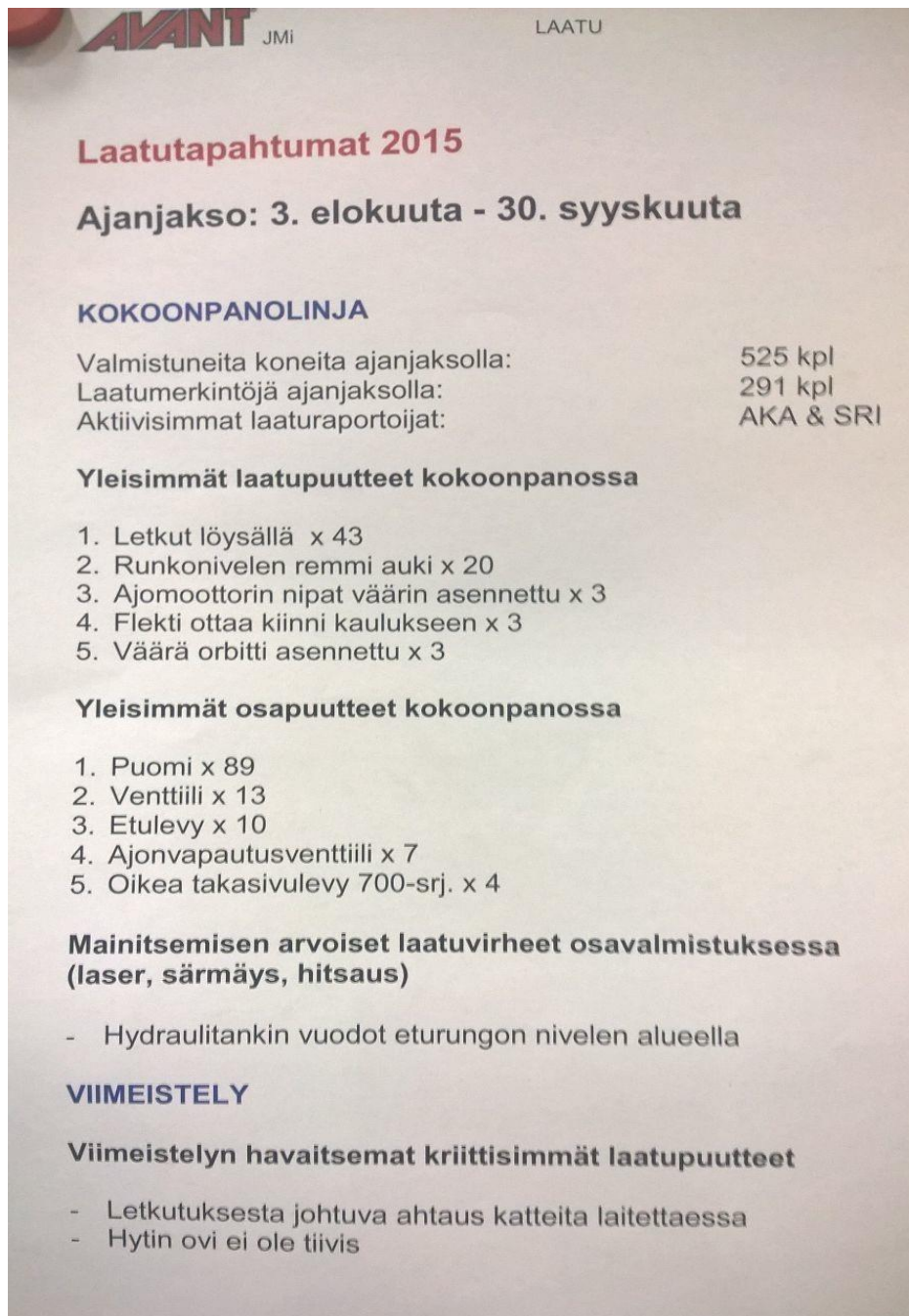
Aarne Peltonen. Tuottava tehdas kirja internet osio oppimateriaali. Luettu 1.3.2017. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/index.html>

Rosenberg Vesa. Tutkintotyö ”Materiaalivirran ohjaus linjatuotannossa”.

## LIITTEET








Liite 1. Laatutapahtumia 2015 elo- ja syyskuulta.

Kuvasta 17 nähdään kehitystyön lähtökohta. Laatutapahtumat listauksesta huomaa kuinka suuri osa osapuutteista koostuu puomeista.



KUVA 17. Valokuva ilmoitustaululta mm. osapuutteista.

## Liite 2. Kuormaajamallit perustietoineen taulukoituna.

KUORMAAJAT					
	<b>700-SARJA</b> <i>Työtehoa ja hallittavuutta</i>	1500 kg	57 hv	3,1 m	30 km/h
	<b>600-SARJA</b> <i>Voimaa ja ketteryyttä</i>	1100 kg	37,5 hv	2,8 m	22 km/h
	<b>500-SARJA</b> <i>Voittamaton teho - hintasuhde</i>	950 kg	28 hv	2,8 m	10 km/h
	<b>400-SARJA</b> <i>Kevyt ja taloudellinen työjuhta</i>	550 kg	20 hv	2,8 m	12 km/h
	<b>300-SARJA</b> <i>Voimakas ja kompakti</i>	450 kg	20 hv	2,4 m	9 km/h
	<b>200-SARJA</b> <i>Kevyt ja pienikokoinen</i>	350 kg	20 hv	1,4 m	10 km/h
	<b>R-SARJA</b> <i>- Se erilainen Avant</i>	1050 kg	37,5 hv	2,8 m	14 km/h

Kuva 18. Avant kuormaajamallit perustietoineen Avant Tecnon kotisivun markkinointimateriaalista.

Tekniset tiedot	AVANT e5
Pituus	2470 mm
Leveys (vakioarenkain)	1130 mm
Korkeus	1985 mm
Paino alkaen	1520 kg
Vakioarenkaat	23x10.50-12"nurmi/TR
Ajovoimansiirto	Hydrostaattinen
Ajonopeus	12 km/h
Työhydrauliikka	30 l/min
Kääntösäde (sisä / ulko)	995 / 2050 mm
Nostokorkeus	2790 mm
Kaatokuorma	900 kg
Akku	201 Ah
Polttoaine	Sähkö

Kuva 19. Esimerkkitiedot päästöttömästä e- sarjasta. Tiedot e5 kuormaajamallista.

## Liite 3. Mig- ja Mag hitsaus.

### 1.1 Prosessikuvaus

MIG/MAG-hitsauksessa lisäainelankaa syötetään hitsauspistoolin lävitse valokaareen, joka palaa lisäainelangan ja työkappaleen välillä. Suojakaasu johdetaan kaasupullostasta virtaussäätimen ja magneettiventtiilin avulla hitsauspistoolin kaasusuuttimeen. Hitsausvirta johdetaan virtalähteestä hitsauspistoolin ja kontaktisuuttimen avulla lisäainelankaan. Virtalähteellä muokataan verkkovirta hitsaukseen sopivaksi. Maadoituskaapeli yhdistää sähköisesti virtalähteen ja työkappaleen.

MIG = Metal Inert Gas welding

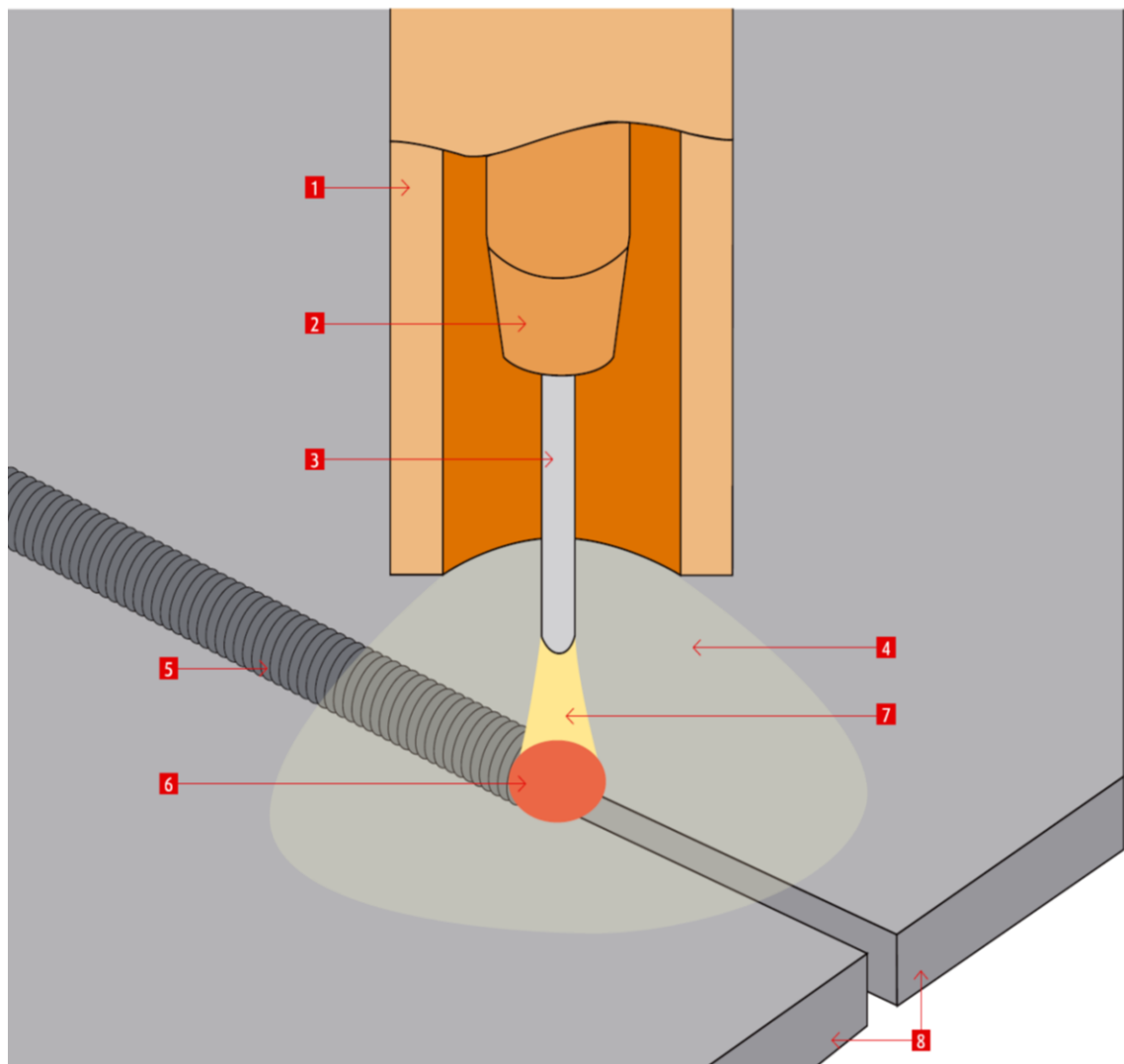
MAG = Metal Active Gas welding

Inerttejä eli reagoimattomia kaasuja ovat argon (Ar), helium (He) ja niiden seokset.

Aktiivisia eli hapettavia kaasuja ovat hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ), happi ( $\text{O}_2$ ) ja niiden argonpohjaiset seokset ( $\text{Ar} + \text{CO}_2$ ,  $\text{Ar} + \text{O}_2$ ,  $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ ,  $\text{Ar} + \text{He} + \text{CO}_2$ ,  $\text{Ar} + \text{He} + \text{O}_2$ ).

### MIG/MAG-hitsaus

1 Kaasusuutin 2 Kontaktisuutin 3 Lisäainelanka 4 Suojakaasu 5 Valmis hitsi 6 Valokaari 7 Valokaari 8 Perusmateriaali (työkappale)



KUVA 20. Sivü 4 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf oppaasta

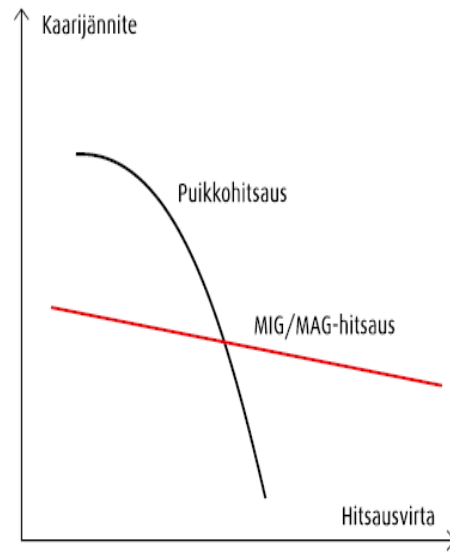
## Liite 4. Mig- ja Mag hitsauksen sähköinen toimintaperiaate ja etuja.

### 1.2 MIG/MAG-hitsauksen sähköinen toimintaperiaate

Hitsausvirran ja kaarijännitteen suhde muuttuu eri hitsausmenetelmissä eri tavoin. MIG/MAG-hitsausvirtalähteen ominaiskäyrä on lähes vaakasuora. Tämä mahdollistaa vakaan valokaaren.

MIG/MAG-hitsauksessa käytettävä virtalähde on vakiojännitetasasuuntaaja. Tämä saa aikaan kaariominaisuudet, joiden vaikutuksesta valokaari pysyy hitsauksen aikana säädetyn pituisena.

Hitsauskone muuttaa hitsausvirtaa automaattisesti valokaaren pituuden muuttuessa kohtuullisissa rajoissa. Kun pistooli viedään työkappaletta kohti, valokaari lyhenee ja jännite laskee. Virtalähde vastaa tähän nostamalla hetkellisesti virtaa, minkä ansiosta lanka sulaa nopeammin ja valokaaren pituus ja jännite palaavat alkuperäisiin arvoihin. Jos hitsaaja tekee päinvastoin, kaaren pituus ja jännite kasvavat. Virtalähde pienentää virtaa, jolloin langan sulaminen hidastuu ja valokaari lyhenee.



Hitsausvirtalähteiden ominaiskäyrät.

### 1.3 Kuristimen vaikutus

MIG/MAG-hitsauksessa nopeat virta- ja jännitemuutokset ovat olennainen osa hitsaustapahtumaa. Muutosten nopeutta on pystyttävä säätämään. Tässä säätelyssä on välttämätön hitsausvirtapiiriin sijoitettu kela eli kuristin.

Lyhytkaarihitsauksessa kuristimen merkitys on seuraavanlainen:

- Kuristimella pyritään rajoittamaan oikosulun aikana hitsausvirtaa siten, että se ei pääse nousemaan liian korkeaksi. Liian korkea virta voisi aiheuttaa pisanan irrotaessa lisäaineesta räjähdyskaltaisen ilmiön, joka häiritäisi hitsaustapahtumaa ja lisäisi samalla roiskeenmuodostusta.
- Kuristin säätää aikayksikössä tapahtuvien oikosulkujen lukumäärää ja paloaikaa. Paloajan säätö perustuu kuristinkelan virran nousua ja laskua vastustavaan ominaisuuteen (induktanssi).
- Lyhytkaarihitsauksessa kuristimen asento valitaan käytetyn lisäaineen koostumuksen ja suoja kaasun mukaan.
- Käytännössä suuremmalla kuristimen asennolla saadaan pehmeämpi valokaari ja vähemmän oikosulkuja (n. 20-100 kpl/s). Pienemmällä kuristimen asennolla saadaan kovempi valokaari ja enemmän oikosulkuja (n. 100-200 kpl/s).

Kuumakaarihitsauksessa kuristimen asennolla ei ole kovin suurta merkitystä. Poikkeuksena on kuitenkin täytelankahitsaus.

### 1.4 MIG/MAG-hitsauksen edut

- suoritustekniikka on helppo oppia
- suuri hitsiaineen tuotto (kg/h)
- korkea kaariaikasuhde
- helppo mekanisoida
- ei lisäainehävikkiä kuten puikkohitsauksessa
- hitsiaineen tuotto samalla lisäainemäärällä suurempi kuin puikkohitsauksessa (pienemmät lisäainekustannukset)
- hitsaus kaikkiin ainevahvuuksiin 1-2:lla lisäainevahvuudella
- hitsaus kaikissa asennoissa
- hyvät ohutlevyhitsausominaisuudet
- hitsausnopeus suurempi kuin puikkohitsauksessa
- vähemmän oikaisutyötä (alhaisempi lämmöntuonti kuin puikkohitsauksessa)
- soveltuu sekä jaksottais- että pistehitsaukseen
- ei kuonanpoistoa
- suuri tunkeuma (kuumakaari)
- pieni hitsin vetypitoisuus
- hyvät hitsin lujuusominaisuudet
- huurujen ja savujen määrä pienempi kuin puikkohitsauksessa

KUVA 21. Sivun 5 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf

oppaasta.

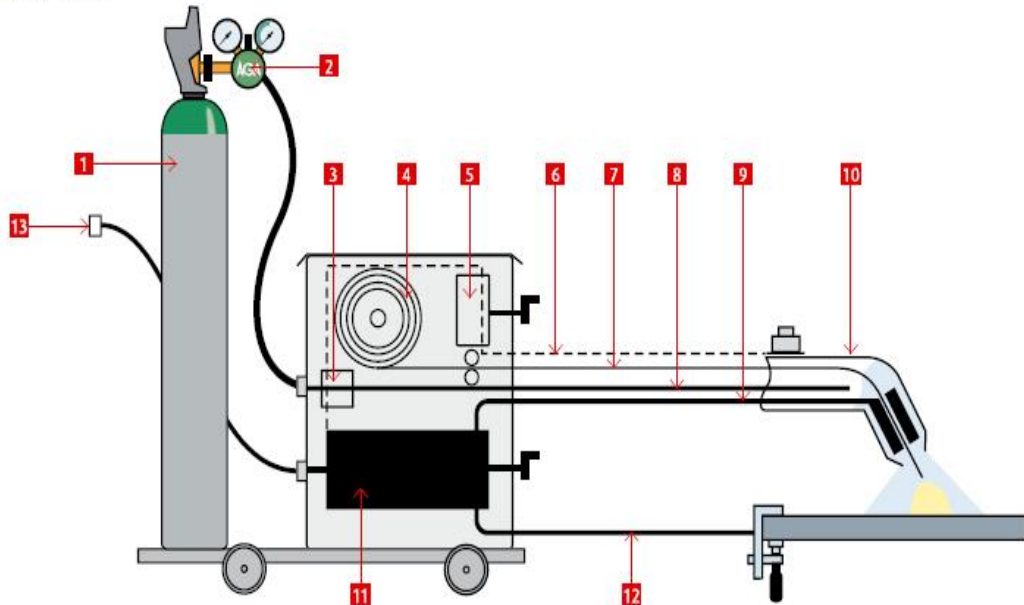
## Liite 5. Mig- ja Mag hitsauslaitteisto esimerkki.

### 2.1 Perusosat

MIG/MAG-hitsauslaitteiston perusosat ovat nähtävissä alla olevasta kuvasta.

#### Perusosat

- 1 Suojakaasupullo 2 Virtausmittari 3 Suojakaasun magneettiventtiili 4 Lisäainelankakela 5 Langansyöttölaite 6 Ohjauskaapeli 7 Langanjohdin 8 Suojakaasuletku (SFS-EN ISO 3821 standardin mukaan) 9 Hitsausvirtakaapeli 10 Hitsauspistooli 11 Virtalähde (tasasuuntaaja) 12 Maadoituskaapeli 13 Verkkoliitäntä



### 2.2 Tavallisimmat säätimet

Alla olevassa kuvassa on esimerkki MIG/MAG-hitsauslaitteiston tavallisimmista säätimistä.



#### Tavallisimmat säätimet

- 1 Langansyöttöpottiometri 2 Piste- ja jaksosausajan potentiometrit  
3 Kaarijännitteen säätökytkin 4 Virtakytkin (ON/OFF)  
5 Hitsauspistoolin liitäntä 6 Kuristimien liitännät

KUVA 22. Sivun 6 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf oppaasta.

## Liite 6. Mig- ja Mag hitsauslisäaineet

### 3.1 Lisäainehalkaisijan valinta

#### Seostamaton ja niukkaseosteinen teräs

	Umpilanka Ø mm	Täytelanka Ø mm
Ohutlevy- ja asentohitsaus	0,6 - 0,8	—
Kuumakaari- ja asentohitsaus	0,8 - 1,2	0,9 - 1,2
Kuumakaari-, ala- ja jalkopienahitsaus	1,0 - 1,6	1,2 - 1,6
Pohjamaalatut materiaalit	(1,0 - 1,6)	1,2 - 1,6

#### Ruostumaton ja haponkestävä teräs

	Umpilanka Ø mm	Täytelanka Ø mm
Lyhytkaari-, kuumakaari ja asentohitsaus	0,8 - 1,0	—
Kuumakaari-, ala- ja jalkopienahitsaus	1,0 - 1,2	1,2 - 1,6

Lisäaine valitaan perusaineen mukaan.

Sekaliitoksissa (seostamaton/ruostumaton teräs) käytetään yliseostettua lisäainelankaa.

#### Alumiini

	Umpilanka Ø mm
Yli 3 mm:n ainevahvuuksille	1,0 - 1,2
Pulssikaarihitsaus, paksut ainevahvuudet	1,2 - 1,6

Lisäaine valitaan perusaineen mukaan.

Yleissääntönä alumiinin lisäainevalinnassa on muistettava, että hitsin pitää sisältää sama määrä tai mielellään enemmän piitä ja magnesiumia kuin perusaineen. Mikäli näin ei ole, saattavat perusaineen raerajat olla vielä sulana kun hitsiaine on jo jähmettynyt. Tällöin liitos repeää hitsin vierestä, kun kutistumisjännitykset alkavat vaikuttaa.

### 3.2 Lisäaineiden varastointi ja säilytys

Kaikki MIG/MAG-hitsauslisäainelankatyypit on syytä säilyttää kuivassa pölyttömässä paikassa, mieluiten suljettuina ennen käyttöönottoa. Oikein säilytetyn lisäainelangan laatua eivät ruoste, kosteus ja pöly pääse heikentämään.

Jos pyritään erityisesti minimoimaan huokosmuodostusta, yli vuotta vanhempaa Al-hitsauslankaa ei yleensä tulisi käyttää. Lisäainelangan paksun hapettumakalvon sisältämästä kosteudesta joutuu hitsiin vetyä, joka aiheuttaa huokosia. Jo Al-lisäaineeseen paljain käsin koskeminen saattaa näkyä huokosina hitsissä.

KUVA 23. Sivun 10 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf oppaasta.



## Liite 7. Mig- ja Mag hitsauksen suojakaasut.

### 4.1 Suojakaasun vaikutus ja tehtävät

Erialaisten seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen hitsauksessa käytetään yleisimmin argonpohjaisia seoskaasuja, joilla saavutetaan puhtaaseen hiilidioksiidiin nähden suurempi hitsausnopeus. Seoskaasuilla myös hitsauskoneen säädöt on helpompi suorittaa.

Mitä vähemmän suojakaasussa on hiilidioksidia tai happea, sitä puhtaampi (vähemmän oksidisulkeumia) hitsiaineesta saadaan. Matalammalla hiilidioksidipitoisuudella roiskeita syntyy vähemmän ja hitsisulalla on parempi juoksevuus ja perusaineen kostutus. Hitsipalosta tulee matalakupuinen ja perusaineeseen hyvin liittyvä.

#### Suojakaasu vaikuttaa

- hitsausnopeuteen
- hitsauskoneen säädettävyys
- kaaritapahtuman tasaisuuteen
- roiskeiden kokoon ja määrään, sekä niiden muodostumiseen
- tunkeuman syvyyteen ja muotoon
- hitsikuvun korkeus-leveysuhteeseen
- hitsin lujuusominaisuuksiin
- työn laatuun
- hitsattavan kappaleen viimeistelyyn
- työturvallisuuteen, puhtauteen ja viihtyvyyteen
- hitsauskustannuksiin

#### Suojakaasun tehtävät

- Suojaa hitsisulaa, lisäainelangan päätä ja sulia lisäainepisaroihin ilman hapelta ja typeltä.
- Luo valokaarelle edellytykset palaa toivotulla tavalla.
- Jäähdyttää pistoolin osia.
- Johtaa valokaaren lämpöä työkappaleeseen.
- Optimoivat valitun hitsausprosessin.

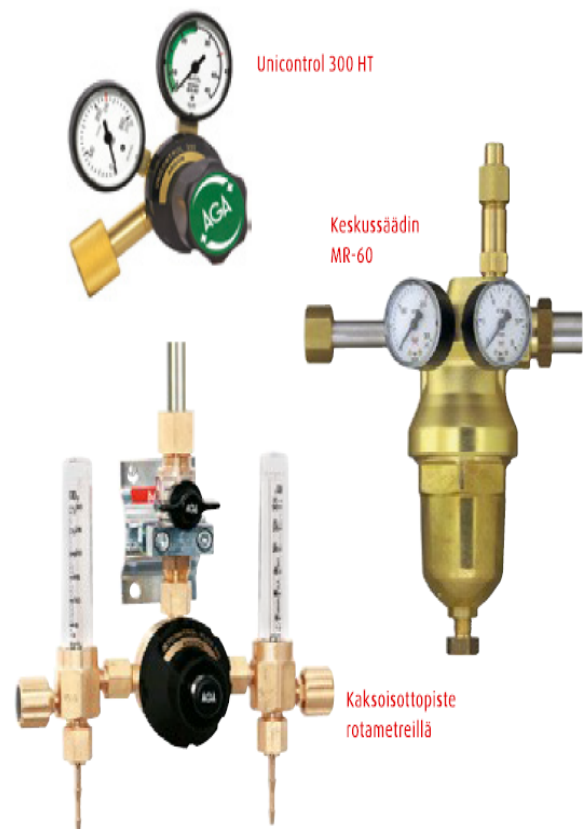
### 4.2 Suojakaasun ohjaus

Hitsauspaikalla käytetään tavallisesti kaasupullossa toimitettavaa suojakaasua. Suojakaasupullojen koot vaihtelevat 5 ja 50 litran välillä. Suojakaasua niissä on kaasutyypistä riippuen 1,1 - 12,4 m<sup>3</sup>, litroissa 1100 - 12400 l.

Kaasuakarihitsauksessa käytetään kaasunsäätiminä vakiovirtaussäätimiä kuten esimerkiksi Unicontrol 300 HT:tä. Paineensäätimet eivät sovellu käytettäväksi, johtuen kaasun virtausmäärän suuresta vaihtelusta ja käytettävillä virtauksilla esiintyvistä epätarkkuuksista.

Kiinteässä kaasukeskusjärjestelmässä käytetään suuritehoista MR-60 -tyyppistä säädintä keskussäätimenä. Kaasuverkostossa on käytettävä suojakaasuhitsauksen tarkoitettuja kaasunotto pisteitä. Vaatimukset täyttävät suojakaasun ottopisteet on varustettu tarkalla ja helpposäätöisellä virtausmittarilla, jonka avulla saadaan vakaa suojakaasun virtaus riippumatta kaasun paineesta.

Jos suojakaasuverkostossa käytetään tavanomaisia kaasupullojen virtaussäätimiä keskussäätimen sijasta, saattaa kaasuvirtaus vaihdella kesken hitsausta. Tästä on seurauksena hitsauksen laadun heikkeneminen esim. huokoisuuden muodossa.



KUVA 24. Sivu 11 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf oppaasta.

## Liite 8. Mig- ja Mag hitsauksen hitsausparametrien ja kaarialueen valinta, lyhytkaarihitsaus.

### 5.1 Hitsausparametrien valinta

MIG/MAG-hitsauksessa hitsausvirta muuttuu langan syöttönopeutta muuttamalla. Langansyöttönopeutta lisättäessä virta suurenee. Hitsausvirran kasvaessa kasvavat myös sulatusnopeus (kg/h) sekä tunkeuma. Sen sijaan hitsausvirran vaikutus palon leveyteen on vähäisempi.

Kaarijännitteen muuttaminen ei yksin vaikuta merkittävästi sulatusnopeuteen. Palon leveys sen sijaan kasvaa jyrkästi kaarijännitteen kasvaessa.

#### Hitsausvirran suurentamisesta seuraa:

- lyhyempi valokaari
- kovempi valokaari
- suurempi sulatusnopeus
- suurempi tunkeuma
- kapeampi hitsi
- korkeampi kupu
- pienempi seosaineiden poispalaminen

Hitsausvirran pienentämisellä on päinvastainen vaikutus.

#### Kaarijännitteen suurentamisesta seuraa:

- pitempi valokaari
- pehmeämpi valokaari
- leveämpi hitsi
- matalampi kupu
- juoksevämpi hitsisula
- suurempi seosaineiden poispalaminen

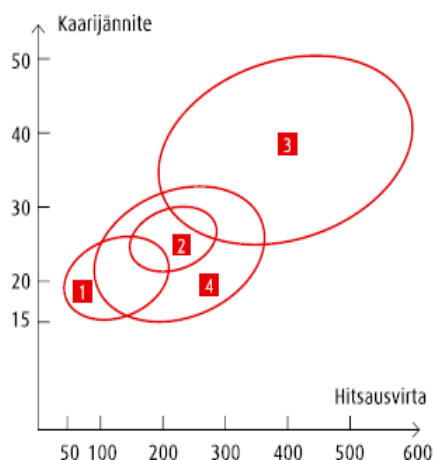
Kaarijännitteen pienentämisellä on päinvastainen vaikutus.

### 5.2 Kaarialueet

MIG/MAG-hitsauslaitetta säätämällä ja eri suojakaasuja käyttäen on mahdollista hitsata erityyppisten kaaritapahtumien avulla.

#### Kaarialueet

1 Lyhytkaari 2 Välikaari 3 Kuumakaari 4 Pulssikaari (sykekaari)



KUVA 25. Sivu 15 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf oppaasta.

### 5.2.1 Lyhytkaarihitsaus

Lyhytkaarihitsauksessa lisäaineen siirtyminen tapahtuu oikosulkujen avulla. Lisäaine muodostaa olkosulun pisaran siirtyessä hitsiin. Oikosulkujen määrä vaihtelee n. 20 - 200 kpl/s suojakaasusta ja kuristimen arvosta riippuen.

Koska valokaari palaa vain osan hitsausajasta, on lämmöntuonti vähäistä. Lyhytkaarihitsaus sopii erittäin hyvin ohuiden aineiden hitsaukseen, koska lämpöpalamisen vaara on pieni. Lyhytkaarihitsausta käytetään ohutlevy- ja asentohitsaukseen.

Kaarijännite 15 V - 22 V  
Hitsausvirta 50 A - 200 A

Kun hitsataan argonpohjaisilla seoskaasuilla, voidaan kaarijännitearvot säätää pienemmiksi kuin hiilidioksidia käytettäessä, valokaaren toimiessa vielä vakaasti. Tästä on suuri etu nimenomaan ohutlevyhitsauksessa, jossa puhkipalamisen vaara on hiilidioksidilla ilmeinen. Samalla kun valokaari toimii vakaasti, hitsaus etenee nopeasti ja saadaan matala juoheva liitos. Tästä johtuen hitsattava kappale kuumenee vähemmän ja oikomisien tarve on pienempi. Toisaalta, jos käytössä on pienitehoinen hitsauskone (esim. 125-150 A), voidaan argonpohjaisilla seoskaasuilla hitsattaessa käyttää suurempaa langansyöttönopeutta eli virtaa kuin hiilidioksidilla. Näin ollen pienemmilläkin koneilla pystytään hitsaamaan entistä paksumpia aineita.

#### Hitsausparametrien säätö

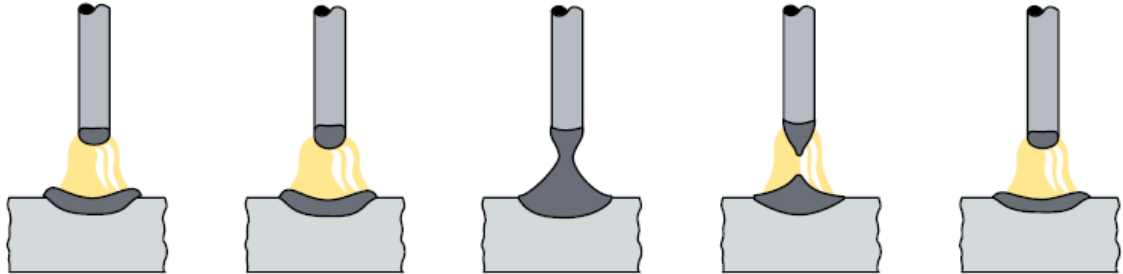
Hitsausarvot säädetään:

- perusaineen paksuuden
- railomuodon
- hitsausasennon
- suojakaasun
- lisäainehalkaisijan ja -tyypin mukaan

Lyhytkaarihitsauksessa säädetään ensin kaarijännite virtalähteen säätimistä. Sen jälkeen säädetään langansyöttönopeus (hitsausvirta) valitulle kaarijännitteelle sopivaksi.

- Jos langan syöttönopeus on liian suuri, lisäaine pyrkii työntämään pistoolia ylöspäin, eli "tökkimään". Kaaritapahtuma on kova ja katkonainen.
- Jos syöttönopeus on liian pieni, lisäaineen pää palloutuu ja tarttuu kosketussuuttimeen herkästi kiinni (varsinkin lakihitsauksessa). Liian pienellä syöttönopeudella valokaari on epätasainen ja aiheuttaa roiskeisuutta.

Liite 9. Mig- ja Mag hitsauksen hitsausparametrien ja kaarialueen valinta, lyhytkaarihitsauksen havainnointi kuvat.



#### Lisäaineen siirtyminen lyhytkaarihitsauksessa

#### Hitsausparametrien säätö hitsausäänen mukaan

- Hitsausarvojen ollessa oikeat hitsausääni on yhtäjaksoisesti tasainen, pehmeä ja miellyttävän sirisevä.
- Jos ääni on karkea, kova, vaihtelevan rätisevä ja räiskyvä, hitsausarvot eivät ole kohdallaan tai käytössä on CO<sub>2</sub>-suojakaasu.
- Kaasun virtausmäärä 8 - 12 l/min. Kaasun virtausmäärä tarkistetaan kaasusuuttimen kärjestä rotametrin avulla.

#### HUOM!

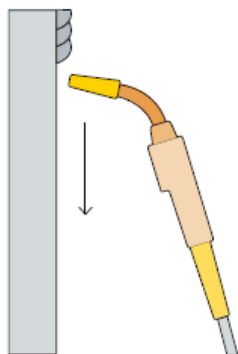
Portaallisia jänniteensäätökytkimiä ei saa säätää valokaaren palaessa, sillä säätäminen voi aiheuttaa säätimen tuhoutumisen. Portaaton langansyöttöä sen sijaan pitää säätää valokaaren palaessa.

#### Suoritustekniikka

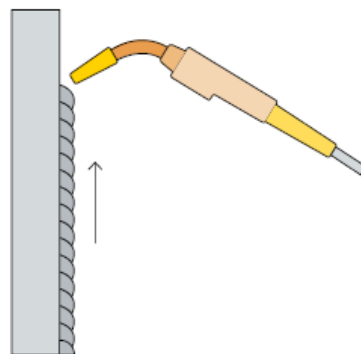
Ohutlevyjen (alle 2,5 mm) pystyhitsien lyhytkaarihitsaus on hyvä suorittaa ylhäältä alaspäin, jotta työkappaleisiin ei viedä liikaa lämpöä ja saadaan kaunis, juoheva liittymä. Ilmarakona päättäisliitoksissa (I-railo) voidaan käyttää lähes levyn paksuutta. Kuva A.

Paksummilla levyillä, joissa käytetään isompia a-mittoja tai kun hitsattavat materiaalit ovat epäpuhtaita, hitsataan alhaalta ylöspäin. Näin saavutetaan kerralla isompi a-mitta ja hitsistä saadaan laadultaan varmempi. Kuva B. Vaativimmissa hitsauksissa hiotaan hitsausraiot puhtaiksi.

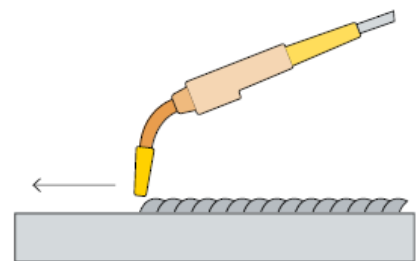
Ohutlevyjen jalko- ja vaakahitsien lyhytkaarihitsauksissa paras hitsauspistoolin kuljetusasento on työntävä. Näin puhkipalamisen vaara on pienin. Kuva C.



Kuva A



Kuva B



Kuva C

KUVA 26. Sivu 16 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf oppaasta.

## Liite 10. Mig- ja Mag hitsauksen hitsausparametrien ja kaarialueen valinta, välikaari ja kuumakaari.

### 5.2.2 Välikaarihitsaus

Lisäaine siirtyy pisaroina sekä osittain oikosulkujen kautta. Suuripisarainen lisäaineen siirtyminen ja vaikuttavat kaarivoimat aiheuttavat roiskeita ja huurujen muodostumisnopeuden kasvua. Välikaarialuetta tulisi välttää.

### 5.2.3 Kuumakaarihitsaus

Kuumakaarihitsauksessa lisäaineen siirtyminen tapahtuu kuvan mukaisesti pieninä pisaroina ilman oikosulkuja. Tämä edellyttää kuitenkin argonpohjaista suojakaasua. Hiilidioksidilla ei oikosuluttamaan, puhtaaseen kuumakaarialueeseen päästä millään virta-/jännitearvoilla. Hiilidioksidia käytettäessä seurauksena on epävakaa valokaari ja hitsausroiskeita. Argonvaltaisemmalla suojakaasulla (esimerkiksi MISON® 8) kuumakaarialue saavutetaan pienemmällä parametreilla.

Kuumakaarihitsaukselle on ominaista

- suuri hitsausnopeus
- roiskeeton hitsi
- tasainen, juoheva hitsipalon muoto
- hyvä tunkeuma
- tasainen ja vakaa valokaaritapahtuma

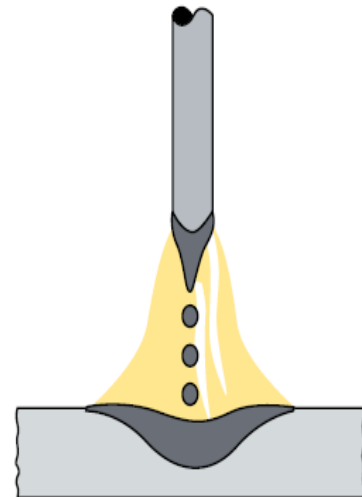
Kuumakaarihitsausta käytetään yleensä yli 3 mm:n aineenvahvuksille. Suuri sula merkitsee, että kuumakaarta ei yleensä käytetä asentohitsaukseen muuten kuin poikkeustapauksissa, esim. täytelankahitsauksessa.

Kaarijännite 26 V - 50 V

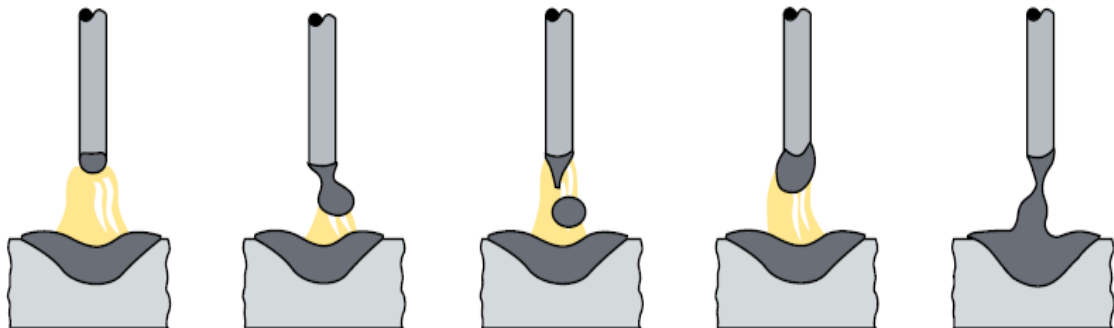
Hitsausvirta 200 A - 600 A

### Hitsausparametrien säätö

- Kaarijännite säädetään yli 26 V:n ja langansyöttö niin, ettei oikosulkuja enää synny, jolloin lisäaine siirtyy kaaritilan yli suihkumaisena.
- Suojakaasuna MISON® 25, MISON® 18 tai MISON® 8, sillä kuumakaarihitsaukseen päästään ainoastaan argonpohjaisella seoskaasulla. Hiilidioksidilla ei päästä milloinkaan puhtaaseen kuumakaarihitsaukseen, vaan siinä on aina oikosulkuja, josta on seurauksena suuria roiskeita.
- Langansyöttönopeus säädetään siten, että hitsausääni on pehmeän "ritisevä". Langansyöttönopeuden ollessa liian suuri lisäainelanka sukeltaa hitsisulaan ja vaarana on liitosvirhe. Langansyöttönopeuden ollessa liian pieni valokaari on pitkä ja vaarana on reunahaava.
- Jos hitsauksen loputtua langanpää sulaa suuttimeen kiinni, säädetään jälkipaloaikaa pienemmäksi.
- Kaasun virtausmäärä 12 - 18 l/min.



Lisäaineen siirtyminen kuumakaarihitsauksessa



Lisäaineen siirtyminen välikaarihitsauksessa

KUVA 27. Sivun 17 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf oppaasta.

## Liite 11. Mig- ja Mag hitsaus pulssikaarella.

### 5.2.4 Pulssikaarihitsaus

Pulssikaarihitsauksessa (sykekaarihitsauksessa) lisäaine siirtyy suuripisaraisena ilman oikosulkuja kuvan mukaisesti.

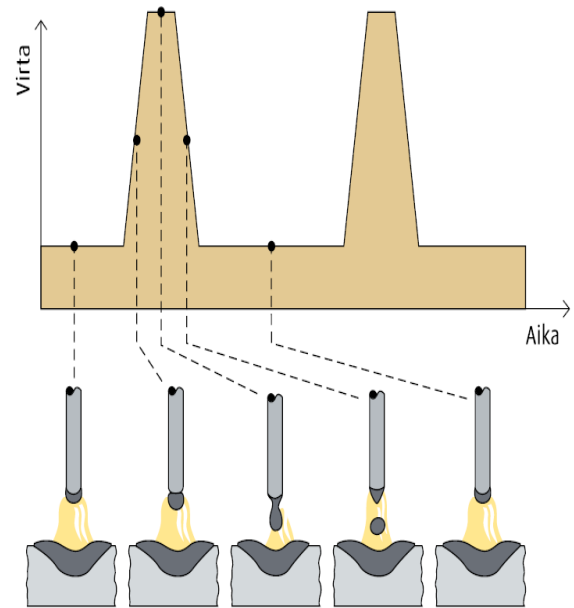
Pulssittamalla hitsausvirtaa saadaan aikaan säännöllinen lisäaineen siirtyminen ja vakaa kaari sekä samalla pieni lämmötuonti perusaineeseen.

Pulssikaarihitsausta käytetään sen monien etujen vuoksi mm. vaativissa asentohitsauksissa, kun halutaan erittäin tasaista tunkeumaa ja vähän roiskeita.

Pulssikaarihitsauksessa on mahdollista käyttää paksuja lisäainelankoja ja kuitenkin pientä kokonaisvirtaa.

Suuri lisäainelangan halkaisija merkitsee sitä, että hitsiainekiloa kohti saavutetaan pieni lisäainelangan ulkopinta-ala. Tällöin mm. langan pintaan sitoutunut kosteus, josta usein on peräisin hitsiin joutunut vety-määrä, jää pieneksi. Pulssikaarihitsauksella saavutetaan helpommin huokos- ja halkeamavapaa hitsi.


Rakenneterästen pulssikaarihitsauksen suojakaasu on MISON® 8.



Lisäaineen siirtyminen pulssikaarihitsauksessa

KUVA 28. Sivun 18 Agan, AGA MIG MAG Welding Brochure 2014 FI634\_122347.pdf oppaasta.

Liite 12. Hitsaus- ja laatustandardeja.



**The Welding Society of Finland**

**European (international) standards for fusion welding**

**Muita**

**Rikkova testaus**

Hitsauksen laatu 3834

Hitsausajan pätevyys

Hitsausohjeet ja niiden hyväksyminen

Hitsauskoordinaatit

Silmämääräinen tarkastus

Hitsaluokat ja railonvalmistus

Leikkauksen laatu

QUALITY REQUIREMENTS for welding*		
EN ISO 3834		
Arc welding		Aluminium
Grouping of materials	CEN ISO/TR 15608, 20172, 20173, 20174	
Welder qualification	<b>EN-ISO 9606-1</b>	EN ISO 9606-2
WPS	EN ISO 15609-1	
Welding procedure qualification	EN ISO 15614-1	
Welding operator qualification	EN ISO 14732	
NDT-personnel	EN ISO 9712	
Welding coordination	<b>EN-ISO 14731</b>	
Inspection & testing during welding	EN ISO 13918	
- Measurement of preheat and interpass temp.	EN 1011-2 & -3 (ISO/TR 17671-2 & -3)	EN 1011-4 (ISO/TR 17671-4)
- Recommendations for welding	CEN ISO/TR 17844	
- Comparison of methods for avoidance of cold cracks		
Inspection & testing after welding	<b>SFS-EN 17637</b>	
- NDT - General rules		
- Radiographic testing	EN ISO 17638-1 & -2	
- Ultrasonic testing	EN ISO 17840	
- Magnetic particle testing	EN ISO 17638	
- Macro- & microscopic testing	EN ISO 17638	
- Penetrant testing (general)	EN ISO 3452-1	
Post-weld heat treatment	EN ISO 17863	
Calibration/validation	EN ISO 17882	

European (international) standards for fusion welding

Copper	Nickel	Titanium & Zirconium
EN ISO 9606-3	EN ISO 9606-4	EN ISO 9606-5

Gas welding	Electron beam welding
EN ISO 15609-2	EN ISO 15609-3

Cast iron	Titanium & Zirconium	Copper
EN ISO 15614-3	EN ISO 15614-5	EN ISO 15614-6

Overlay welding	Tube to tube plate	Beam welding
EN ISO 15614-7	EN ISO 15614-8	EN ISO 15614-11

Clad steel	Laser	Electron beam	Cast iron
EN 1011-5 (ISO/TR 17671-5)	EN 1011-6 (ISO/TR 17671-6)	EN 1011-7 (ISO/TR 17671-7)	EN 1011-8 (ISO/TR 17671-8)

Environment, health & safety	Product
EN ISO 15011-11-4 & CEN ISO/TR 15011-5	EN 13479

Fume sampling in laboratory	Quality req. for
EN ISO 10882-1 & -2	EN 12074

Fume sampling in breathing zone	Procurement
EN ISO 15012-1 & -2	EN ISO 14384

Eye protection	Type testing
EN 188, 170, 171, 175 & 379	EN 14532-1, -2 & -3

Protective clothing	Testing
EN ISO 11611, EN 12477	EN ISO 15792-1, -2 & -3, 6847, 14372, 8249, 3090 & ISO 2401

TIG-electrodes	Hard facing
<b>EN 1598</b>	EN ISO 6848

Environm. checklist	Hard facing
EN 14717	EN 14700

Ympäristö ja työturvallisuus

Toimitusehdot

Suojaverhot

Environment, health & safety	Product
EN ISO 15011-11-4 & CEN ISO/TR 15011-5	EN 13479
EN ISO 10882-1 & -2	EN 12074
EN ISO 15012-1 & -2	EN ISO 14384
EN 188, 170, 171, 175 & 379	EN 14532-1, -2 & -3
EN ISO 11611, EN 12477	EN ISO 15792-1, -2 & -3, 6847, 14372, 8249, 3090 & ISO 2401
<b>EN 1598</b>	EN ISO 6848
EN 14717	EN 14700

Hitsausmerkit

Proc. numbers

Terms & Def.

Def. weld proc.

Terms on joints & welds

Tolerances

Reinforcing steel

Hitsauslisäaineet

Hitsauslisäaineet luokittelu

Hitsauslisäaineet

Hitsauslisäaineet luokittelu

Hyväksymisrajat NDT

Quality req. for		Acceptance levels for NDT	
EN ISO 544		EN ISO 10875-1 & -2	
EN ISO 14384		EN ISO 11668, 16628, 22626, 23279	
EN 14532-1, -2 & -3		EN ISO 23278	
EN ISO 15792-1, -2 & -3, 6847, 14372, 8249, 3090 & ISO 2401		<b>EN ISO 23277</b>	
EN ISO 6848		Visual testing (+ macro/micro etc)	For all imperfections EN ISO 5817 etc apply
EN 14700			

Hitsauslisäaineet luokittelu

Steel		Other materials						
Non-alloy and fine grain	High strength	Creep resistant	Stainless and heat resisting	Nickel	Copper	Alumiini	Cast iron	Titanium
EN ISO 2950	EN ISO 18275	EN ISO 3580	EN ISO 3681	EN ISO 14122	EN ISO 17777			
EN ISO 14341	EN ISO 18276	EN ISO 21802			EN ISO 24373	<b>EN ISO 18273</b>	EN ISO 1071	EN ISO 24034
EN ISO 638	EN ISO 18278	EN ISO 17634	EN ISO 14343	EN ISO 16274				
EN ISO 14171	EN ISO 26304	EN ISO 24598						
Fluxes for submerged arc: EN ISO 14174								
EN ISO 17632	EN ISO 18276	EN ISO 17634	EN ISO 17633	EN ISO 12153				EN ISO 1071
EN 12638 (ISO/CD 20378)	EN 12636 (ISO/CD 20378)							
Shielding gas: EN ISO 14175								

Hitsaluokat ja railonvalmistus

Leikkauksen laatu

Quality levels & Joint preparation		
Quality levels for fusion welding (not beam)	<b>EN-ISO 5817</b>	EN ISO 10042
Quality levels for beam welding	EN ISO 13919-1	EN ISO 13919-2
Quality levels for cutting	<b>EN-ISO 9013</b>	
Joint preparation	EN ISO 9802-1 & -2	EN ISO 9802-3

Other	
Pressurized comp. / Steel const.	EN 1308-1 & -3 / -2 (ISO 'trialing')
Fusion welding / Pressure welding	EN ISO 8520-1 / -2
Thermal cuts	EN 12584 (ISO 17658)
Designation system	CEN ISO/TS 17845

Hitsauslisäaineet luokittelu

MMA

MIG/MAG

TIG

Electrodes etc for submerged arc

Fluxes for submerged arc

Cored wires

Gas welding

Shielding gas

\* References in fields with this colour are directly linked to EN ISO 3834

† The ISO reference in brackets is in most cases identical with or is based on corresponding EN

Update available at [www.swelds.se/public/aw](http://www.swelds.se/public/aw) Merihias Lundin, Swedish Welding Commission, April 2015

17.3.2016/JKa

11

[www.hitsaus.net](http://www.hitsaus.net)

KUVA 29. Sivu 11 Juha Kauppiilan hitsausstandardeista.

## Liite 13. Tietoa hitsausvirheiden aiheuttajista ja ehkäisemisestä.



## Hitsausvirheitä - syitä ja estäminen

www.esab.fi

 <p><b>Roiskeita</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liian korkea hitsausvirta.</li> <li>• Liian pitkä valokaari.</li> <li>• Virheellinen napaisuus.</li> <li>• Huono kaasusuojaus.</li> </ul> <p>• Kosteat puikot.</p> <p>• Magneettinen puhallus.</p> <p>• Epäpuhtaudet rallopinnolla.</p> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähennä virtaa.</li> <li>• Hitsaa lyhyemmällä valokaarella.</li> <li>• Käytä oikeaa napaisuutta.</li> <li>• Tarkista suojaasu ja kaasuvirtaus. Korjaa hitsauspistoolin asentoa pysyvämmäksi.</li> <li>• Kuivaa puikot.</li> <li>• Korjaa maadoituksen paikkaa.</li> <li>• Puhdista rallopinnat.</li> </ul>	 <p><b>Muodonmuutokset</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jos on hitsaus yhdeltä puolelta.</li> <li>• Paljon ohuita palkoja.</li> <li>• Kappaleet kiinnitetty huonosti.</li> <li>• Levyt pienialikotessa suorassa kulmassa.</li> </ul> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hitsaa molemmilta puolilta jos mahdollista.</li> <li>• Hitsaa vähemmän ja paksampia palkoja.</li> <li>• Paranna kiinnitystä.</li> <li>• Kiinnitä kappaleet ennakkokulmaan.</li> </ul>	 <p><b>Magneettinen puhallus</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maadoitin väärässä paikassa.</li> <li>• Esintyy levyjen reunassa.</li> <li>• Esintyy tasavirralla.</li> </ul> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kokeile vaihtaa maadoittimen paikkaa. Kiinnitä maadoitin ralloin molempiin päihin.</li> <li>• Käytä lisäainetta puhalluksen suuntaan.</li> <li>• Käytä vaihtovirtaa, jos ei muu auta ja jos mahdollista.</li> </ul>
 <p><b>Vetyhalkeama muutosvyöhykkeellä</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Karkeana perusaine (teras).</li> </ul> <p>• Liian nopea hitsin jäähtyminen.</p> <p>• Vetyä liikaa: kostea lisäaine, kosteus ja epäpuhtaudet rallopinnolla, kosteus suoja kaasussa.</p> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valitse vähemmän karkeava teräs jos mahdollista tai esikuumenna.</li> <li>• Käytä esikuumennusta.</li> <li>• Kuivaa lisäaine ja varastoi lisäaineet kuivassa paikassa. Kuivaa ja puhdista rallopinnat. Käytä niukkavetyistä lisäainetta. Tarkista suojaasu.</li> </ul>	 <p><b>Huono valokaaren syttyminen</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liian pieni hitsausvirta.</li> <li>• Liian pieni jännite.</li> <li>• Maadoitin kiinnitetty huonosti.</li> <li>• Epäpuhtas maadoituskohta.</li> <li>• Kuona hitsauspuikon päissä.</li> </ul> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lisää virtaa.</li> <li>• Käytä virtalähdettä, jossa riittävä tyhjäkäyntijännite.</li> <li>• Paranna kiinnitystä.</li> <li>• Puhdista maadoituskohta.</li> <li>• Puhdista puikon pää.</li> </ul>	 <p><b>Kuumahalkeama hitsin keskellä</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Korkeat epäpuhtauspitoisuudet perusaineessa, esim. P ja S.</li> <li>• Virheellinen palkomuoto (levy/syvyys-suhte &lt; 1)</li> <li>• Liian ahdas rallo.</li> <li>• Liian suuri hitsisula.</li> </ul> <p>• Liian suuri hitsausnopeus.</p> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähemmän epäpuhtauksia sisältävä perusaine.</li> <li>• Korjaa hitsausarvoja, jotta palkko on leveämpi kuin syvämpi.</li> <li>• Suurena rallokulmaa.</li> <li>• Hitsaa suuremmalla nopeudella, pienennä virtaa, jotta sula on pienempi. Monipaikohtausa.</li> <li>• Pienennä hitsausnopeutta.</li> </ul>
 <p><b>Liitosvirhe</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liian pieni hitsausenergia.</li> </ul> <p>• Liian suuri sula ja vyöryminen valokaaren eteen.</p> <p>• Liian ahdas rallo.</p> <p>• Virheellinen lisäaineen suuntaus.</p> <p>• Jyrkkä liittyminen palkojen ja rallokyljen välillä.</p> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hitsaa suuremmalla energialla: lisää virtaa, pienennä nopeutta.</li> <li>• Suuntaa valokaari sulan päin. Hitsaa nopeammin, hitsaa pienemmällä virralla.</li> <li>• Suurena rallokulmaa.</li> <li>• Suuntaa lisäaine niin, että valokaari sulattaa rallokyljet.</li> <li>• Hio jyrkät liittymät.</li> </ul>	 <p><b>Kraaterihalkeama</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Virheellinen lopetus tapa: yhtäkkiäinen valokaaren sammutus.</li> </ul> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lopeta hitsaus kuljettamalla valokaarta hieman taaksepäin ja sammuta valokaari valmiin palon päällä tai ralloin kyljellä. Käytä hitsauskooneissa olevaa lopetus-automaattikkaa, jos sellainen on.</li> </ul>	 <p><b>Reunahaava</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liian korkea kaarjännite.</li> <li>• Liian pitkä valokaari.</li> <li>• Virheellinen lisäaineen kuljetus.</li> <li>• Liian suuri a-mitta kerralla pienalhissa.</li> <li>• Liian suuri hitsausnopeus.</li> <li>• Liian suuri hitsausvirta pienalhissa.</li> </ul> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pienennä jännitettä.</li> <li>• Hitsaa lyhyemmällä valokaarella.</li> <li>• Pysähdä rallokyljellä riittävän pitkään.</li> <li>• Käytä monipaikohtausa yksipaikohtausken sijaan.</li> <li>• Pienennä hitsausnopeutta.</li> <li>• Hitsaa pienemmällä virralla.</li> </ul>
 <p><b>Huokokset</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosteus. Esim. kosteat puikot, hitsausjauhe tai täytelanka. Kosteus suoja kaasussa. Vuoto vesijähdytyksessä pistoolissa.</li> <li>• Epäpuhtaudet rallopinnolla.</li> <li>• Huono kaasusuojaa kaasukaari-hitsauksessa: roiskeet kaasusuuttimessa, liian pieni tai suuri kaasuvirtaus, väärin hitsauspaikka.</li> <li>• Liian pitkä valokaari.</li> <li>• Liian suuri hitsausnopeus.</li> </ul> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varastoi lisäaineet oikein ja uudelleenkuivaa tarvittaessa. Tarkista virtausjärjestelmä, suojaasu ja pistoolin kunto.</li> <li>• Puhdista rallopinnat.</li> <li>• Puhdista kaasusuutin. Tarkista kaasuvirtaus ja säädä virtaus oikeaksi. Suojaa hitsauspaikka vedolta.</li> <li>• Hitsaa lyhyemmällä valokaarella.</li> <li>• Pienennä nopeutta.</li> </ul>	 <p><b>Kuonansulkeumat</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuona mennyt sulan eteen.</li> <li>• Puutteellinen kuonanpoisto.</li> <li>• Palot muodotetaan liian kuperia.</li> <li>• Virheellinen palkojärjestys.</li> </ul> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuljeta lisäainetta niin, ettei kuona mene sulan eteen. Kuljeta nopeammin. Suurena rallokulmaa, jos liian ahdas.</li> <li>• Poista kuona huolellisesti.</li> <li>• Lisää jännitettä ja korjaa palkoja hiomalla.</li> <li>• Hitsaa palot niin, ettei reunoihin jää syviä uria ja jyrkkiä liittymiä.</li> </ul>	 <p><b>Vajaa hitsautumissyvyys</b></p> <p><b>Syitä</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Virheellinen rallomuoto: liian pieni rallokulma, liian suuri juuripinta, liian pieni ilmarako.</li> <li>• Liian paksu lisäaine.</li> <li>• Liian suuri hitsausnopeus.</li> <li>• Riittämätön juurenavaus.</li> </ul> <p><b>Estäminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Korjaa rallomuotoa: suurena kulmaa, pienennä juuripintaa, suurena ilmarakoa.</li> <li>• Käytä ohuempaa lisäainetta.</li> <li>• Pienennä hitsausnopeutta.</li> <li>• Tee riittävän syvä avaus.</li> </ul>

Lisätietoja ESABin tuotteista on osoitteessa www.esab.fi.

KUVA 30. Kuva otanta Esabin kotisivulta hitsausvirheistä.

Liite 14. Kuvat silloitetuista 600- sarjan tyvi- ja kärkipuomista.



KUVA 31. 600- sarjan kärkipuomi silloitettuna jigissä.



KUVA 32. 600- sarjan tyvipuomi silloitettuna jigissä.



KUVA 33. 400- sarjan kärkipuomi silloitettuna jigissä.



KUVA 34. 400- sarjan tyvipuomi silloitettuna jigissä.



Liite 15. Havainnointikuva heftatuista ja hitsatuista 600- sarjan puomeista robotin pöydässä kiinnitettyinä.

Pöytään valmistettu hitsausjigi kiinnittimiseen on suunniteltu 400 ja 600 sarjan puomien hitsaukseen robotilla. Pöydässä voidaan hitsata 400- ja 600- sarjan puomeja samoilla kiinnityksillä. Päivitysten ja muutosten jälkeen kiinnitykset muuttuivat ja pöydässä voidaan hitsata myös 700- sarjan puomeja.



KUVA 35. Silloitetut 600- sarjan puomit valmiina hitsattavaksi. Pöydässä vielä vanhat kiinnittimet.



KUVA 36. Hitsatut 600- sarjan puomit. Pöydässä uudet kiinnittimet.

Liite 16. Havainnointikuva heftatuista ja hitsatuista 400- sarjan puomeista robotin pöydässä kiinnitettyinä.

Pöytään valmistettu hitsausjigi kiinnittimiseen on suunniteltu 400 ja 600 sarjan puomien hitsaukseen robotilla. Pöydässä voidaan hitsata 400- ja 600- sarjan puomeja samoilla kiinnityksillä. Päivitysten ja muutosten jälkeen kiinnitykset muuttuivat ja pöydässä voidaan hitsata myös 700- sarjan puomeja.



KUVA 37. Silloitetut 400- sarjan puomit valmiina hitsattavaksi. Pöydässä vielä vanhat kiinnittimet.

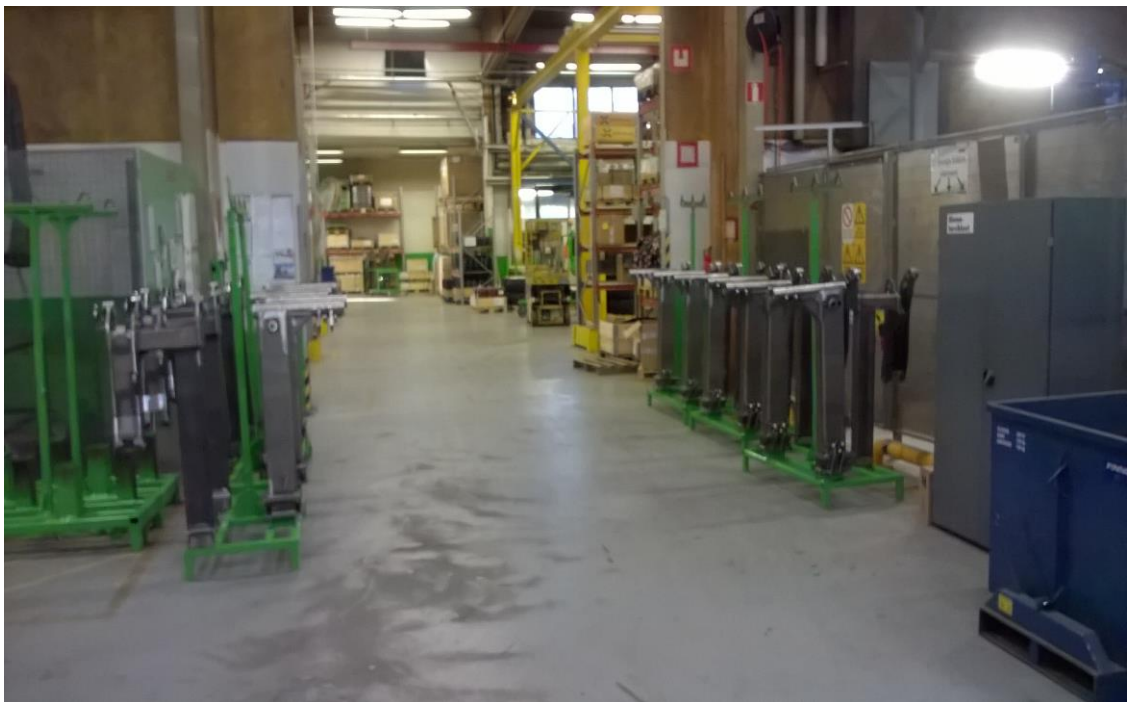


KUVA 38. Hitsatut 400- sarjan puomit. Pöydässä vanhat kiinnittimet.

Liite 17. Viimeistelysoluun tuotuja- ja viimeistelyjä puomipareja.



KUVA 39. Viimeistelysolun laitaan määritettiin lavapaikat, joihin hitsatut puomit kuljettetaan roboteilta.



KUVA 40. Viimeistelyjä puomipareja trukkikuskia odottamassa.

Liite 18. Puomikokoonpanossa olevat maalattut puomit.



KUVA 41. 400- sarjan puomipari kokoonpanopöydällä.



KUVA 42. 600- sarjan puomipari kokoonpanopöydällä.



KUVA 43. 400- sarjan ja 600- sarjan puomiparit yhteen kasattuina ja varusteltuina valmiina jatkokokoonpanoon.

Liite 19. Päivitys kuvia R3- solun kehitystyöstä.



KUVA 44. Organisoitu R3: n osahylly.



KUVA 45. Päivitetty R3: n ilmoitustaulu.

Kehitysprosessin aikana havaittu ongelmallinen ja heikko kohta tyvipuomissa parannettiin muuttamalla nurkkajäykisteen ainevahvuutta ja pinnanmuotoja. Nurkkajäykisteen materiaalivahvuutta muutettiin 6mm → 8mm, joka vaikutti muun muassa tuotteen kestävyteen rasituksessa. Vahvempi osa istuu paremmin puomin rakenteeseen ja helpottaa osan asettamista paikalleen ja antavat paremmat olosuhteet hitsaukseen robotilla. Suurempi materiaalivahvuus mahdollistaa suuremmat hitsausarvot ja hyvän hitsausrailon liitoksien yhtymäkohtaan.



KUVA 46. Vahvistetut nurkkajäykisteet hyllypaikallaan hitsaussolussa.

Liite 20. Päivitys kuvia R3- solun kehitystyöstä.



KUVA 47. Paranneltu osien kuljetuspöytä. Pöytää nostettiin ja laitettiin hyvät pyörät, jotta sen kuljettaminen ja lastaaminen olisi helpompaa.

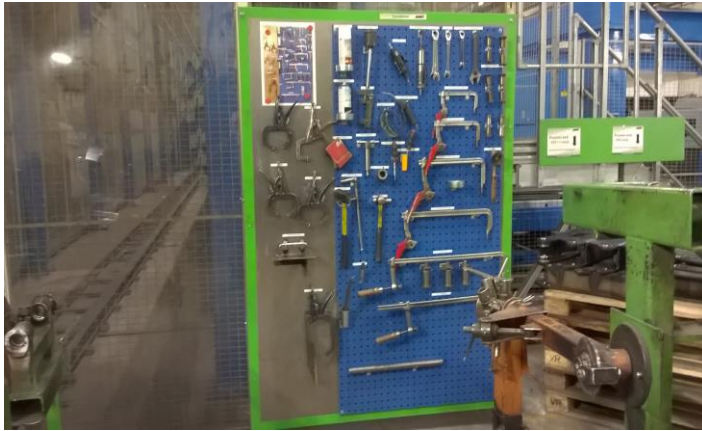


KUVA 48. Vakaajakoteloiden uusi sijainti solussa. Uusien koteloiden hakeminen soluun onnistuu hyvin trukilla ja osat on nostettu lattiatasosta, joten nostot tapahtuvat paljon paremmissa asennoissa.

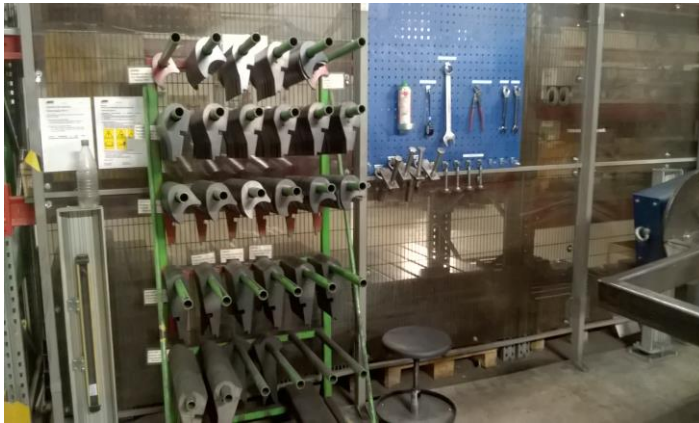


KUVA 49. Kaikelle on solussa merkitty paikkansa, myös taloustikkaille, joita tarvitaan robotin huollossa.

Liite 21. Päivitys kuvia R3- solun kehitystyöstä.



KUVA 50. Valikoitu ja järjestelty työkaluseinä 1 R3- solusta.



KUVA 51. Valikoitu ja järjestelty työkaluseinä 2 R3- solusta sekä korvakkeiden teline, joka osien loppuessa korvataan uudella täydellä telineellä koneistuksesta.



KUVA 52. Uusi kaappi asetettiin solujen välittömään läheisyyteen, jolloin sitä voidaan kätevästi ja aikaa hukkaamatta hakea tarvittavia kulutustavaroita. Myös kippuri löysi paikkansa läheltä soluja, jolloin siihen on helppo tuoda roskat ja se on helppo käydä trukkilla tyhjentämässä pihalla olevalle roskalavalle.

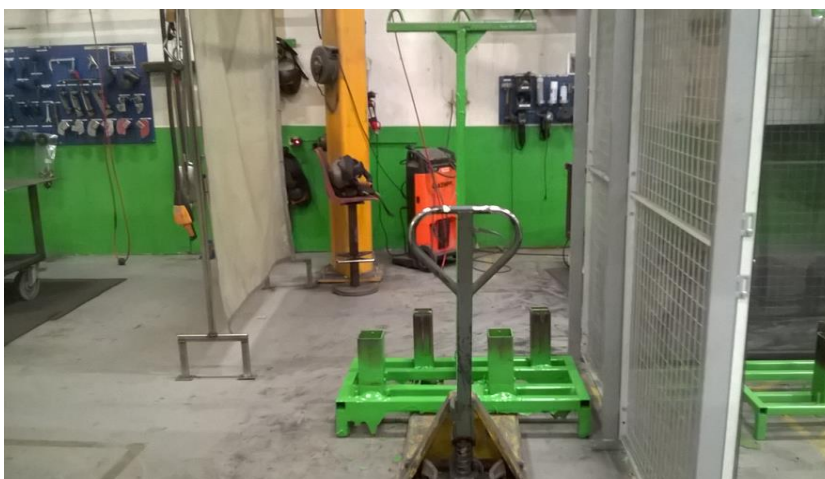
Liite 22. Päivitys kuvia R3- viimeistelysolun toiminnan kehittämisestä.



KUVA 53. Maalaustelineet muutettiin kätevämpään malliin, johon menee kaksi paria puomeja. telineille kartoitettiin oma paikkansa solu ympäristössä.



KUVA 54. Tyhjien telineiden uusi paikka viimeistelysolun vieressä.



KUVA 55. Maalausteline valmiina täytettäväksi viimeistelyllä puomeilla.



Liite 23. Päivitys kuvia R3- viimeistelysolun toiminnan kehittämisestä.



KUVA 56. Viimeistelysolun uusi valikoitu työkaluseinä, ja muiden tavaroiden määrättyt paikat.



KUVA 57. Viimeistelysolun uuden puolen työkaluseinä ja muiden tavaroiden paikat.



KUVA 58. Viimeistelysolun yhteyteen koottiin infoseinä, josta löytyy jatkossa tehtaan tiedotteita, ajankohtaista tietoa tuotannosta, tietoa 5S: stä, tapahtumista jne. Näin tieto on aina lähellä työntekijöitä.

Liite 24. Päivitys kuvia R3- viimeistelysolun toiminnan kehittämistä.


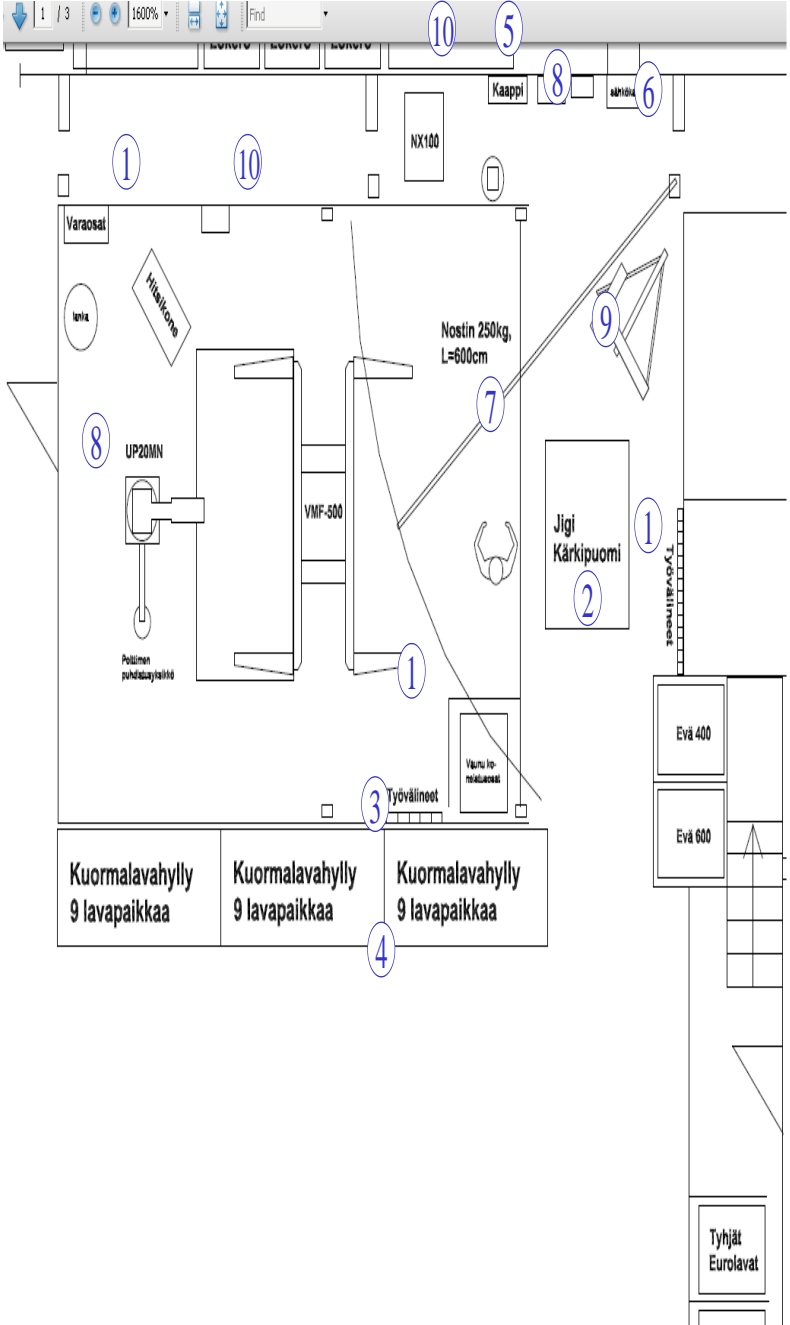


KUVA 59. Viimeistelysolun uudet suojaseinät ja infoseinä.



KUVA 60. Viimeistelysolu sai oman roskakipperin.


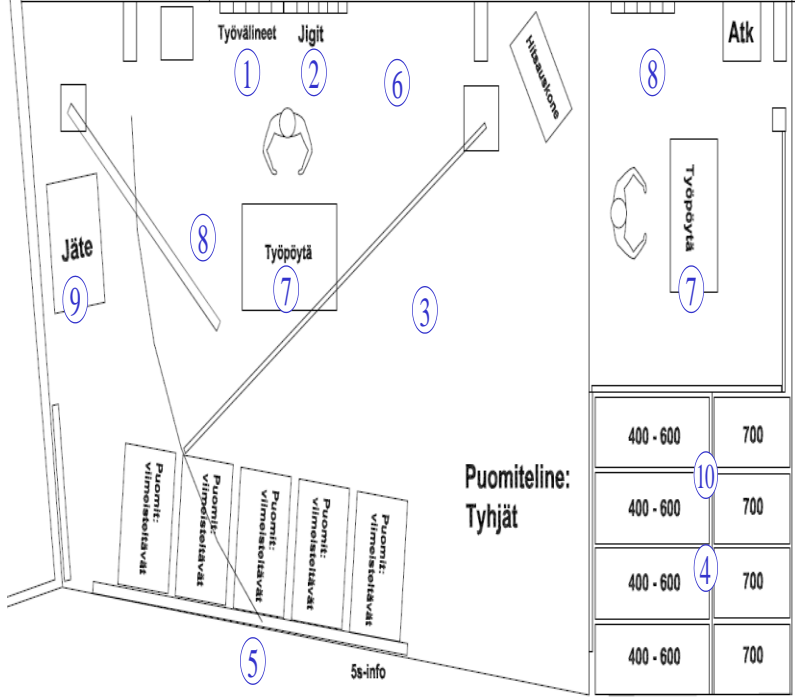
## Liite 25. Standardiohjejärjestys R3- robottisoluun.

5S STANDARDIOHJEJÄRJESTYS		Kohde: R3 Heftaus + robottihitsaus			
#	5S Tehtävät				
1	Työvälineet oikeille paikoille (a+p)				
2	Tyhjen kuormalavojen ja lavakauluksien poistaminen (a+p)				
3	Nimikkeet oikeille paikoille (a+p)				
4	Pääkukuvaylillä ei varastoida soluun liittyviä tarvikkeita (a+p)				
5	Henkilökohtaiset suojavarusteet oikeille paikoille (a+p)				
6	Siivousvälineet oikeille paikoille (a+p)				
7	Työskentelyalueen lakaisu (p)				
8	Muiden alueiden lakaisu (v)				
9	Kiinnittimien puhdistus paineilmalla (v)				
10	Kaappien ja ohjauskeskuksen päällisten puhdistus (v)				
11	Hitsausrobotin kunnossapito erillisen ohjeen mukaan (v)				

5S ( 1. Lajittelu 2. Järjestä 3. Puhdista 4. Standardoi 4. Ylläpidä)

KUVA 61. Standardiohjejärjestys R3: n ilmoitustaululta.

Liite 26. Standardiohjejärjestys R3- viimeistelysoluun.

5S STANDARDIOHJEJÄRJESTYS		Kohde: R3 Viimeistely	
#	5S Tehtävät		
1	Työvälineet oikeille paikoille (a+p)		
2	Kiinnittimet oikeille paikoille (a+p)		
3	Tyhjen kuormalavojen ja avakauluksien poistaminen (a+p)		
4	Puomitelineet oikeille paikoille (a+p)		
5	Pääkulkuväylillä ei varastoida soluun liittyviä tarvikkeita (a+p)		
6	Henkilökohtaiset suojavarusteet oikeille paikoille (a+p)		
7	Työpöydän puhdistaminen (p)		
8	Työskentelyalueen lakaisu (p)		
9	Jäteastian tyhjennys tarvittaessa (p)		
10	Puomitelinealueen lakaisu (v)		
	a = päivittäin aamuvuorossa		
	p = päivittäin ilta vuorossa		
	v = viikoittain perjantaina ilta vuorossa		

KUVA 62. Standardiohje järjestys R3- viimeistelysolun ilmoitustaululta.



## Mitä on 5S?



Kyseessä on viisivaiheinen Japanista peräisin oleva toimintamalli, jonka tavoitteena on siisteyteen panostamalla ja työpisteen olosuhteita ja menetelmiä järjeistämällä pyrkiä vähentämään tuhlausta ja turhaa työtä.

**1S Erottele:** Erotellaan välttämätön sekä turha tavara työpisteellä ja hankkiudu eroon jälkimmäisestä. Jos jotakin ei tarvita viikoittain, se heitetään pois.

**2S Yksinkertaista:** Järjestetään välttämättömät tavarat siten, että niille on oma merkitty paikka. Paikka kaikelle, kaikki paikallaan.

**3S Puhdista:** Pidetään koneet, työkalut ja työympäristö siistinä.

**4S Systematsoi:** Kehitetään järjestyksenpidolle, puhdistukselle ja niiden tarkistukselle rutiinit. Toteutetaan kolme ensimmäistä ässä jokapäiväisesti.

**5S Standardoi:** Standardoidaan rutiinit ja noudatetaan sekä kehitetään niitä jatkuvasti. Ylläpito vaatii myös sitä, että otetaan itseämme niskasta kiinni ja sitoudumme systemaattiseen rutiniin. Toimintamallin ylläpitämiseksi tehdään tarkastuksia. Kuka tahansa voi nopeasti arvioida työpisteen tilan ja mahdolliset poikkeamat.

### Saavutettavissa olevat hyödyt

- Käy järjeen, että siisteys tuo viihtyisyyttä ja turvallisuutta työpisteelle
- Selkeästi ja yksinkertaistetusta tilasta löytää tarvitsemansa helposti
- Seuranta auttaa motivoitumaa ja parantamaan toimintaa

### Tällä tavoitellaan ihan jotain oikeaa

- Toimintahäiriöitä pyritään välttämään ja ennaltaehkäisemään paremmin
- Työturvallisuutta ja ergonomiaa halutaan parantaa
- Tuottavuuden lisäksi työn miellekkyyttä pyritään lisäämään samassa suhteessa
- Työntekijä innostuu kehittämään työpisteen toimintaa ja kehitys mahdollistetaan

5S-projektin tarkoituksena ei ole suinkaan työnteon hankaloittaminen, vaan kehitystyö tapahtuu työntekijävetoisesti yhdessä tuotantoinsinöörien kanssa tähdäten käytännöllisiin ratkaisuihin.

Kullekin työpisteelle luotu 5S-malli elää ja työntekijä on avainasemassa parantamassa sitä edelleen. Jokainen kehitysehdotus - pienikin sellainen - huomioidaan ja yhteistyössä tuotantoinsinöörien kanssa luodaan yhä parempia ratkaisuja *työntekijöiden ehdoilla*.

## Liite 28. 5S- Auditointilomake.



## 5S Auditointilomake (puutteet merkitään ruksilla)

Auditointi on viikoittainen tarkastus, jolla seurataan työpisteen siisteyden ja järjestyksen tasoa

Työpiste: R3 robottihitsaus

Auditoinnin tekijä (nimikirjaimet):													
Päivämäärä:													
1	Työkalutaulujen työkalut oikeilla paikoilla?												
2	Työpisteeseen ei ole kertynyt ylimääräisiä työkaluja?												
3	Siivousvälineet ovat oikeilla paikoilla?												
4	Työpisteessä ei ole ylimääräisiä kuormalavoja?												
5	Henkilökohtaiset suojavälineet ovat oikeilla paikoilla?												
6	Lattialla ei ole ylimääräisiä tavaroita?												
7	Lattiat on lakaistu?												
8	Kaappien ja ohjauskeskuksen päälliset puhtaat?												
9	Nimikkeet varastoidaan vakioituilla paikoilla?												
10	Pääkulkuväylällä ei varastoida työpisteeseen liittyviä tarvikkeita?												
11	Työskennelläänkö turvallisuusohjeen mukaisesti?												
12	Työntekijät käyttävät asianmukaisia suojavälineitä?												
13	Onko robotin viikkohuollot suoritettu ja kuitattu?												

Puutteiden lukumäärä merkitään punaisella ylös

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

KUVA 64. 5S auditointilomake R3- solun ilmoitustaululta.



Liite 30. Työturvallisuus työpisteissä.



## Työturvallisuus työpisteessä



### Työpisteessä työskentellessä käytettävä työskentelyvarustus on:

- Hitsattaessa ja hiottaessa on käytettävä hitsausmaskia ja/tai suojalaseja sekä kuulosuojaimia
  - Turvakengät tai -saappaat ja muut asianmukaiset palosuojatut työvaatteet (haalarit tai vastaavat)
  - Suojakäsineet kappaleita käsitellessä
- Älä käytä työvaatteina: kaulaliinoja tai huiveja, avonaisia jalkineita tai vaatteita, jotka sisältävät irtonaisia osia

### Koneiden suojavälineet:

- Työpisteen koneiden ja laitteiden suojavälineitä (esim. valoverhot, verkot, hiomakoneen suojat) ei saa poistaa
- Mikäli jonkun työtehtävän vuoksi suojaväline joudutaa poistamaan, tulee se asettaa välittömästi paikoilleen työtehtävän suorittamisen jälkeen
- Koneita ja työlaitteita tulee käyttää niiden käyttöohjeiden mukaan

### Työturvallisuus hitsausrobotilla työskennellessä:

- Älä koskaan lätkuta robottia ulkoista voimaa käyttäen. Älä kiinnitä robottiin sen käyttörajoitusten ylittäviä kuormia
- Ohjelmointi ja työn vaihdot ovat sallittuja vain niille, joille on annettu siihen tarvittava koulutus
- Älä modifioi hitsaukseen liittyviä kiinnittimiä ilman työnjohtajan suostumusta
- Ota huomioon ja noudata järjestelmässä olevia varoituksia
- Tarkista hitsauslaitteen kunto säännöllisesti. Kiinnitä erityistä huomiota kaapelien kiinnityksiin ja niiden eristyksiin.
- Hitsausvirtalähteen virran ollessa kytkettynä älä koskaan kosketa suuttimen kärkeä tai lisäainelankaa
- Älä tuo palavia, herkästi syttyviä tai räjähtäviä aineita järjestelmään tai sen välittömään läheisyyteen
- Varmista riittävä ilmanvaihto, käynnistä poistoimulaitteisto ennen hitsauksen aloittamista
- Pidä työskentelyalue aina puhtaana ja järjestyksessä varastoimalla työkalut ja muut vastaavat laitteet vakioituilla paikoilla. Ylimääräiset esineet voivat aiheuttaa vaaratilanteita erityisesti silloin, kun ne jätetään niille kulumattomaan paikkaan. Noudata 5S-standardia erillisen ohjeen mukaan

### Työntekijän velvollisuudet (Työturvallisuuslaki 18§ - 22§):

- Työnantajan määräysten ja ohjeiden noudattaminen
- Omasta ja toisten työturvallisuudesta huolehtiminen
- Havaitsemiensa vikojen ja puutteellisuuksien poistaminen ja niistä ilmoittaminen työnantajalle ja työsuojeluvaltuutetulle
- Koneiden ja työvälineiden asianmukainen ja oikea käyttö
- Henkilösuojainten ja turvalaitteiden asianmukainen käyttö

KUVA 67. Työsolun työturvallisuusohjeistus R3- solun ilmoitustaululta.