



# **Dokumentaation parantaminen hitsausautomaatiotuotteissa**

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)  
Syksy 2025  
Ossi Ojala

Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)  
Tekijä Ossi Ojala  
Työn nimi Dokumentaation parantaminen hitsausautomaatiotuotteissa  
Ohjaaja Mika Oinonen

Vuosi 2025

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Pemamek Oy:n PEMA-hitsausautomaatiotuotteiden dokumentaation nykytilaa. Tutkimuksen tarkoituksena oli paljastaa puutteita ja epäkohtia dokumentaatioista. Työn koosteessa tarjottiin ratkaisuja, jotta työn tilaaja voi jatkossa puuttua epäkohtiin ja parantaa omia sisäisiä toimintamallejaan.

Tutkimustavaksi muodostui selaimella avattava nopea kysely, jolla pääpiirteet puutteista saatiin nopeasti esille lyhyessä ajassa. Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät rakentuvat kolmen osaston asiantuntijoiden kokemusten ympärille laitteiden käytettävyydestä dokumentaation perusteella.

Työssä käsitellään automatisoitua hitsausta pääpiirteittäin, jotta dokumentaation tärkeys on helpommin hahmotettavissa. Tutkimustulosten analysoinnissa havaitaan toistuvia puuteteemoja dokumentaatioon liittyen.

Ratkaisuja epäkohtiin tarjottiin käytännönläheisillä menetelmillä, jotka auttavat Pemamek Oy:tä parantamaan omia käytäntöjään ja sitä myöten vahvistamaan myös positiivista asiakaskokemusta.

Ratkaisujen esittelyn pohjalta muodostui ajatus luoda uusi dokumentaation alalaji, joka keskittyy pelkästään laitteiden käytön ympärille.

Tehty työ osoittaa puutteiden havainnoinnin ja reagoinnin sisäisten laadunvalvontatyökalujen avulla olevan toimivin menetelmä dokumentaatioiden ylläpitoon.

Avainsanat Dokumentaatiot hitsausautomaatio kaarihitsaus käytettävyys  
Sivut 33 sivua ja liitteitä 21 sivua

DP Electrical and Automation Engineering  
Author Ossi Ojala  
Subject Improving Documentation in Automated Welding Products  
Supervisor Mika Oinonen

---

Year 2025

This bachelor's thesis examines Pemamek Oy's PEMA-welding automation product documentation in its current state. The main goal of this study was to identify shortcomings in documentation. The solutions presented in the thesis allow these shortcomings to be registered and repaired in the future. This is intended to improve the company's internal operational methods.

The research methodology utilized a tailored, brief internet survey, through which the shortcomings could be revealed quickly and effectively. The survey was designed to use the experiences of professionals from three departments, focusing on the usability of equipment based on the available documentation.

The research demonstrated recurring shortcomings in documentation. The main finding of this thesis was that observing and reacting to these shortcomings through internal quality control systems is the best method for documentation management.

Solutions are presented with simple principles that aid Pemamek Oy to improve their documentation policies and reinforce positive customer experience. The presentation of this research was a key event in possibility of creating an entirely new form of documentation that would focus solely on machine operating.

Keywords Arc welding documentation welding automation  
Pages 33 pages and appendices 21 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	4
2	Laitteet ja laitteiden valmistus.....	5
	3.1 Hitsaustornit .....	5
	3.2 Pyöritysrullastot ja koontiasemat .....	6
	3.3 Hitsauskäsittelypöydät.....	8
	3.4 Kokoonpano, käyttöönotto ja testaus.....	9
	3.5 Hallintalaitteet ja käyttöliittymät .....	10
	3.5.1 Weldcontrol 100.....	10
	3.5.2 Weldcontrol 500.....	11
	3.5.3 Ohjaimet .....	13
	3.6 Koulutukset .....	15
	3.7 Dokumentaatio ja laadunvalvonta.....	16
4	Yleisimmät kaarihitsausprosessit .....	17
	4.1 Kaarihitsauksen perusteet .....	18
	4.2 Hitsauksen fysiikka.....	20
	4.3 SAW-hitsaus .....	22
	4.4 GMAW-hitsaus .....	26
5	Ongelmien etsiminen ja analysointi .....	28
	5.1 Analyysi .....	29
	5.1.1 Ohjekirjat .....	30
	5.1.2 Tekniset piirustukset ja kaaviot .....	31
	5.2 Itsearviointi kyselystä ja sen tuloksista .....	32
6	Ratkaisuja kyselyn perusteella .....	33
7	Johtopäätökset.....	35
	Lähteet.....	36

## Kuvat

Kuva 1. HD-sarjan istuimellinen hitsaustorni (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) .....	6
Kuva 2. A-Sarjan Ilder-rullasto (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) .....	7
Kuva 3. A-sarjan Power-rullasto (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) .....	7
Kuva 4. Koontiasema yhdessä GMAW-hitsaustornin kanssa (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) .....	8
Kuva 5. APS250-käsittelypöytä (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) .....	9
Kuva 6. WC100 Käyttöliittymä ja RC1-ohjain istuimellisen hitsaustornin ohjaukseen .....	11
Kuva 7. Kallistetut SAW-hitsauspolttimet ja laser-railon seurannan valosäde .....	12
Kuva 8. WC500 railon seurannan visualisaatio .....	12
Kuva 9. WC500-käyttöliittymä, kameranäyttö ja RC1-ohjain .....	13
Kuva 10. Vakiolaite hitsaustornin RC1-ohjain .....	14
Kuva 11. RC-32-H langallinen ohjain (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) .....	14
Kuva 12. Micron7 langaton lisävarusteohjain (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) .....	15
Kuva 13. Päittäisliitos ahjohitsauksessa (Aspery, n.d.) .....	17
Kuva 14. Puikkohitsausvirtapiiri (Lincoln Electric, n.d.) .....	18
Kuva 15. Sulan muodostuminen puikkohitsauksessa (Lincoln Electric, n.d.) .....	19
Kuva 16. Avohuokosia GMAW-päittäisliitoksessa .....	20
Kuva 17. SAW-hitsaustapahtuma (Lincoln Electric, 2019, s.11) .....	20
Kuva 18. Virran vaikutus tunkeumaan 2.4 mm langalla, 0.6 m/min syöttönopeudella ja 35 V jännitteellä (Lincoln Electric, 2019, s.48) .....	22
Kuva 19. Jännitteen vaikutus sauman leveyteen 2.4 mm langalla, 0.6 m/min syöttönopeudella ja 35 V jännitteellä (Lincoln Electric, 2019, s.50) .....	22
Kuva 20. Jauhekaarihitsausta V-railoon kolmella polttimella .....	23
Kuva 21. Hitsausasennot jauhekaarella (Lincoln Electric, 2019, s.36) .....	24
Kuva 22. U-railo 100 mm paksussa levyssä .....	25
Kuva 23. Monipalkohitsausta U-railossa .....	25
Kuva 24. GMAW-hitsauspoltin (Lincoln Electric, 2014 s. 32) .....	26
Kuva 25. Onnistunut GMAW-pienaliitos .....	27
Kuva 26. Hitsausrobotti GMAW-varustuksella .....	27
Kuva 27. Kuvakaappaus Excel-esitystyylillä .....	33
Kuva 28. Kuvakaappaus Forms-yhteenvedosta .....	33

## Kaavat

Kaava 1. Lämmöntuonnin Q laskukaava.....	21
--	----

## Liitteet

Liite 1.	Valmis kysely
Liite 2.	Kyselyn tulosten esitys
Liite 3.	Aineistonhallintasuunnitelma

# 1 Johdanto

Työssäni asiakkaiden tuotantotiloissa kohtaan kuukausittain tilanteita, joissa koneen käyttäjät ovat törmänneet ongelmaan, johon ei ole löytynyt apua laitteen dokumentaatioista tai käyttöliittymästä. Havainnoistani keskustellessa muiden asiakasrajapinnassa toimivien osastojen edustajien kanssa syntyi ajatus aiheen tutkimiselle. Monet ovat tehneet paikan päällä asiakkaalle räätälöityjä ohjekirjasia joko vianhakuun tai toimintoihin liittyen mitä ei ole ollut kirjoitettuna koneen alkuperäisiin manuaaleihin tai ajateltu ohjekirjojen määrittelyn aikana.

Olen viimeisen kahden vuoden aikana ollut useassa asiakkaiden ja työnantajani kannalta merkittävän kokoisissa hankkeissa testausosastolla koneasiantuntijana. Osastoni tehtävä on tarkastaa ja testata kokoonpanosta valmistuneet laitekokonaisuudet, jotta ne täyttävät asiakkaan määrittelyt ja viranomaismääräykset. Laitteen asiakasluovutuksen jälkeen koulutamme laitteiden käyttäjät asiakkaan luona ja suoritamme tukijaksoja, jos asiakas on näin tilannut.

Tilaaajana tälle opinnäytetyölle toimii Pemamek Oy. Pemamek on vuonna 1970 perustettu suomalainen perheyritys, joka koko olemassaolonsa ajan on valmistanut hitsaus- ja tuotantoautomaattoratkaisuja raskaalle metalliteollisuudelle brändillä PEMA. Pemamek tuottaa laiteratkaisuja ongelmiin raskaassa valmistavassa teollisuudessa, kuten laivanrakennuksessa, energiateollisuudessa, tuulivoimalarakennuksessa ja konepajateollisuudessa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Loimaalla, Varsinais-Suomessa. Laittevalmistajana Pemamek on vahvasti vientipainotteinen, sillä yli 90 % ratkaisuista toimitetaan ulkomaille. (Pemamek. 2023d)

Tässä opinnäytetyössä paneudutaan PEMA-hitsausautomaattituotteisiin ja niiden dokumenttien ja ohjekirjojen toiminnallisuuteen tuotantokäytössä. Tutkimustiedot kerätään kollegoiden kyselyvastausten avulla. Vastauksista tutkitaan tuotteiden käytettävyyden ja ohjekirjojen keskinäistä suhdetta nykyasussa ja niiden merkitystä asiakkaan sujuvaan valmistavaan tuotantoon laiteluovutuksen jälkeen.

Tutkimuksen on tarkoitus olla tien näyttäjänä tulevien laitteiden dokumenttien määrittelyyn, asiakkaan laitteiden käytön aloituksen helpottamiseen ja tuotannon ramp up-ajan pienentämiseen. Nämä ovat myös asioita, jotka ovat avaintekijöitä laitetoimittajan lopullisessa valinnassa.

## 2 Laitteet ja laitteiden valmistus

Suurin osa Pemamekin tuotteista on asiakkaalle räätälöityjä tuotantoratkaisuja. Valikoimasta löytyy myös niin sanottua vakiolaitteistoa, joissa on vakioidut peruskomponentit ja tarpeen mukaan varustettavissa erikoisemmilla lisäosilla. PEMA-tuotemerkin vakiolaitteita ovat hitsaustornit, pyöritysrullastot, koontiasemat ja hitsauskäsittelypöydät. Seuraavissa kappaleissa esitellään vakiolaitteita ja laitteiden valmistusta hieman tarkemmin.

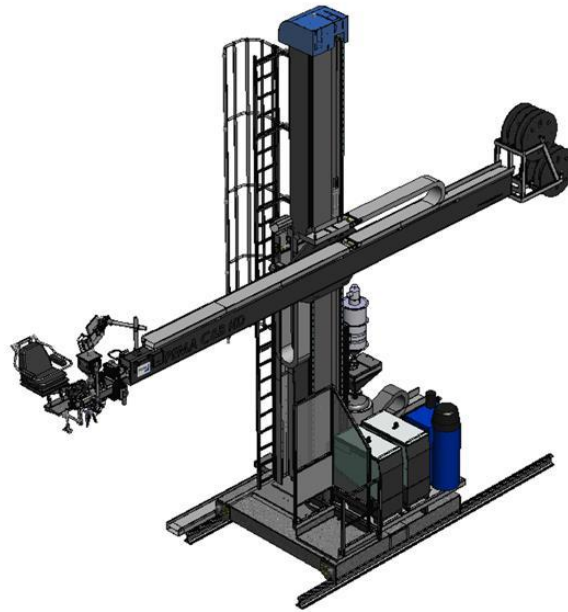
### 3.1 Hitsaustornit

Hitsaustornit ovat yksinkertaisia ja monitoimisia tuotantokoneita, joita voidaan käyttää kehä- ja pitkittäishitsausten sekä pienahitsausten tekemiseen. Hitsaustorni on varusteltavissa GMAW-, SAW-, TIG-hitsausprosesseille tai näiden yhdistelmille.

Normaalisti hitsaustornin operointipaikka on joko vaakapuomissa kulkeva istuin, HMI-paneelin ja langallisen ohjaimen muodostama kokonaisuus tai prosessikameranäytön, HMI-paneelin ja langallisen ohjaimen kokonaisuus lattialla. Hitsaustorni sisältää vähintään kaksi eri moottoroitua liikesuuntaa; pystypuomin ylös-alas liike sekä vaakapuomin sisään-ulos liike. (Pemamek, 2023b) Hitsaustorni havainnollistetaan kuvassa 1.

Useimmiten hitsaustornin puomi pyörähtää miltei oman kehänsä ympäri käsin tai moottoroituna pystypuomin alaosaan liitetyn kuula- ja rataskehän avulla. Koko tornin liikutteluun on mahdollista tilata lattiaan kiskot ja torniin moottoroitu pyörillä toteutettu kiskoliike. Lisäksi hitsauspäähän on mahdollisuus saada korkeuden- ja/tai railonseuranta. Hitsaustorni on noin 10 metrin korkeuteen saakka kohtuullinen laiteinvestointi, johon on helppo ja nopea kouluttaa operaattorit. PEMA-hitsaustornit ovat liitettävissä PEMArullastoihin sekä PEMA-hitsauskäsittelypöytiin tehostaen näin toistensa tehokkuutta ja suoritustarkkuutta. (Pemamek. 2023b)

Kuva 1. HD-sarjan istuimellinen hitsaustorni (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)



### 3.2 Pyöritysrullastot ja koontiasemat

Pyöritysrullasto koostuu vähintään yhdestä rullastoparista, joista toinen on Power-rullasto, taajuusmuuttaja ohjattujen moottorien avulla vetävä ja toinen Idler-rullasto eli vapaasti pyörivä. Rullastoparin tehtävä on sylinterimäisten kappaleiden pyörittäminen. Yksittäinen rullasto koostuu rungosta ja siihen kiinteästi asennetusta telikokoonpanosta tai kuorman mukaan säätävästä telistä. Säätävää teliä tarvitaan, jotta samaa rullastoa voidaan käyttää erilaisille sylinterihalkaisijoille. Rullastopareja on saatavilla 1000 kg:n rullastopareista aina 800 tonnin rullastokokonaisuuksiin asti. (Pemamek, 2023e) Rullastot on havainnollistettuna alla kuvissa 2. ja 3.

Lisäominaisuuksia rullastoihin on kiskoliikevaunut moottoroituna tai käsikäyttöisinä, anti-creep ja jäätyvät telit eli hydraulisesti nostettavat kuormittamattomat telit sylinterin lastauksen helpottamiseksi. Anti-creepin tehtävä on pyrkiä vähentämään sylinterin vaellusta rullastoparilla kääntämällä idler-rullaston teliä auraavaksi tai harittavaksi suhteessa sylinteriin. Vaelluksen määrää mittaa PLC laseretäisyysanturin avulla sylinterin päästä ja säätää hydraulisynterien avulla telejä tarpeen mukaan. Rullastot on liitettävissä Sync-kaapelilla hitsaustornin kanssa, jotta hitsausnopeus voidaan sovittaa tarkasti hitsausohjeen mukaiseksi. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Kuva 2. A-Sarjan Idler-rullasto (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)



Kuva 3. A-sarjan Power-rullasto (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)



Koontiasema on usein liitettyä rullaston kanssa samaan asemaan. Koontiasemalla yhdistetään kaksi tai useampi sylinterikappale toisiinsa turvallisesti yhden henkilön operoimana. Koontiasemassa on hydraulisesti nostettavia telejä ja mäntiä, joilla voidaan manipuloida sylinterien reunat samaan linjaan ja näin hitsata kaksi sylinteriä keskenään symmetrisesti yhteen. Kuvassa 4. esimerkkitapaus koontilinjan käytöstä kahden sylinterikappaleen sovittukseen ja liittämiseen. Nostolaitteita ei tarvita kuin asemalle sylinterien sijoittamiseen. Koontiasemalla sylinterien yhteensovitus vie noin neljänneksen aikaa käsin sovittukseen nähden. (Pemamek, 2023a)

Kuva 4. Koontiasema yhdessä GMAW-hitsaustornin kanssa (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)



### 3.3 Hitsauskäsittelypöydät

Hitsauskäsittelypöydät ovat alun perin käsihitsaukseen tarkoitettuja pöytiä, joissa on mahdollista kääntää työstettävää kappaletta eri akseleilla ja siten saada ergonominen ja turvallinen työskentelyasento. Nykyisin valmistettavissa pyörityspöydissä on mahdollista sarjatuotannon helpottamiseksi ohjelmoida ennalta tabletin avulla työasentoja. Pöytiä on saatavilla kantavuuksissa 250 kg aina 250 t asti. Alla kuvassa 5. pienimmän mallin PEMA-käsittelypöytä. Käsittelypöydät on myös mahdollista kytkeä tornin kanssa Sync-kaapelilla ja käyttää hitsausohjeessa määriteltyä hitsausnopeutta kehähitsaukseen. Erityisemmissä tilanteissa käsittelypöydällä voidaan korvata rullaston Power-yksikkö. (Pemamek, 2023c)

Kuva 5. APS250-käsittelypöytä (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)



### 3.4 Kokoonpano, käyttöönotto ja testaus

Kaikki PEMA-laitteet kootaan Loimaalla Pemamekin tuotantotiloissa mekaniikka- ja sähköasennusten osalta suunnittelijoiden laatimien piirustusten ja kaavioiden perusteella. Mekaniikka- ja sähköasennusten valmistuessa käyttöönottoinsinöörit aloittavat laitteiston määrittelyn ja PLC:n sekä valitun käyttöliittymän ohjelmoinnin. PEMA-tuotteissa käytetään lähtökohtaisesti Beckhoff automation GmbH -yhtiön valmistamia PLC-ratkaisuja TwinCat2 -ympäristössä. PLC-ohjelmointi voidaan toteuttaa yhdessä tai usealla eri IEC 61131-3 standardissa määritellyillä ohjelmointikielillä, joita ovat IL, LD, FBD, SFC, ST ja CFC (Beckhoff GmbH, n.d.).

Käyttöönoton ollessa loppusuoralla testausosaston koneasiantuntija yhdessä käyttöönottajan kanssa tarkastaa koneen motorisoidut liikkeet ja turvapiirit. Tarkastusten jälkeen koneasiantuntija valmistelee koneen asiakkaan spesifioimiin tehtäviin ja tarkastaa koneen toiminnallisuuden sekä raportoi ja korjaa epäkohdat. Jokaisen laitekokoonpanon mukana on koneturvallisuus- ja toiminnallisuusosastojen määrittelemä testauspöytäkirja. Pöytäkirjaan on määritelty mitä tarkastuksia kyseiselle laitteelle on tehtävä, jotta se voidaan hyväksyä turvalliseen käyttöön. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Toiminnallisten testien suorittamisen jälkeen asiakkaan edustaja saapuu tuotantotiloihin tarkistamaan FAT-protokollan määrittelyn mukaan laitteen keskeisen toiminnallisuuden ja turvallisuuden niiltä osin kuin tuotantotiloissa laite on mahdollista testata. FAT:in hyväksytyt suorituksen jälkeen laite puretaan ja toimitetaan asiakkaalle, jonka tiloissa laite kootaan jälleen uudestaan ja kasataan layoutin mukaiseksi kokonaisuudeksi yhdessä kenttälaitteiden kanssa ja käyttöön otetaan sekä testataan kokonaisuutena. Lopullinen testaus kokonaisuudelle on SAT, jossa asiakas hyväksyy laitteen sen ollessa sopiva tuotantokäyttöön. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Tuotannon aloituksessa koulutetaan yksi tai useampi operaattori kyseiselle laitteelle useimmiten testausosaston koneasiantuntijan suorittamana. Isompien laitekokonaisuuksien tilauksessa asiakkaan on mahdollista ostaa tuotannon tukijakso, jonka aikana koneasiantuntija jää avustamaan tuotannon aloituksessa operaattoreita laitteiden käytössä. Tuotannon tukijakson aikana isommissa toimituksissa usein jää aikaa paikallistaa asennus- ja ohjelmointivirheitä sekä korjata testauksen jälkeen paljastuneita epäkohtia. Tuotannon tuki- tai koulutusjakson jälkeen laite luovutetaan organisaatiossa huolto-osastolle. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

### 3.5 Hallintalaitteet ja käyttöliittymät

PEMA-tuotteissa käyttöliittymät on nimetty Weldcontrol nimellä ja sen lyhenteellä WC. Vakiolaitteissa ja normaaleissa konepajaympäristöihin suunnitelluissa hitsaustorneissa käytössä on useimmiten laitteet käyttöliittymillä WC100 ja WC500.

Kaikki Weldcontrol-käyttöliittymät on kosketusnäytön välityksellä ohjattavia hallintapaneeleita, josta koneen operaattori pystyy valitsemaan ja tallentamaan tarvittavat hitsausparametrit sekä halutut liiketoiminnot ja suunnat. Liikkeiden käsiajot ja työkierrat aloitetaan ohjaimella.

#### 3.5.1 Weldcontrol 100

WC100 käyttöliittymä on aiemmin Pemamekin kehittänyt käyttöliittymä, jonka visualisointi on rakennettu suoraan TwinCat 2 -visualisaattorilla. WC100 tukee sähkömekaanista seuranta sekä etäisyyslaser seuranta vakioasussaan. Operaattoripiste käyttöliittymälle on havainnollistettu kuvassa 6. Käyttöliittymä tukee myös etäyhteyttä, jonka yli PLC-tuki onnistuu ilman fyysistä läsnäoloa. (Pemamek, 2023f)

Kuva 6. WC100 Käyttöliittymä ja RC1-ohjain istuimellisen hitsaustornin ohjaukseen



### 3.5.2 Weldcontrol 500

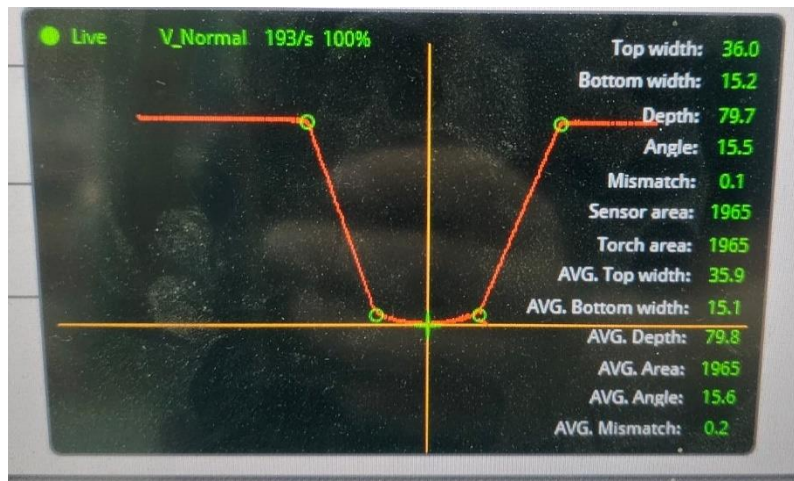
WC500 on kehittyneempi käyttöliittymä WC100 verrattuna. WC500 on intuitiivinen sovelluspohjainen laitteen hallintaympäristö mikä tukee laseranturi railonseurantaa. Kuvassa 8. havainnollistetaan visualisaatio railonseurannasta. WC500 mahdollistaa entistä paremman hitsausparametrien hallinnan sekä palkokartan rakentamisen suoraan hitsausohjelmaan ja on täten edeltäjäänsä automatisoidumpi prosessin suorittamiseen. (Pemamek, 2023f)

Operaattoripiste käyttöliittymälle on havainnollistettu kuvassa 9. Järjestelmä tukee myös hitsauspään kallistusta. Tämä on toteutettu kahden servon yhteisliikkeellä siten että hitsauslanka pysyy paikallaan, vaikka hitsaussuutin kallistuu. Kallistettu suutin esitettyinä kuvassa 7. Käyttöliittymä on suunniteltu modulaariseksi ja sitä on mahdollista täydentää kappaleen esilämmityslaitteiston hallinnalla, sekä automaattisen langanleikkauslaitteen paikoituksella. Järjestelmä on myös monipuolisempi säädön kannalta koska ohjelman servopositiot ja rajat voidaan asettaa WC500-käyttöparametreihin suoraan ilman TwinCat 2 System manager -sovellusta. (Pemamek, 2023f)

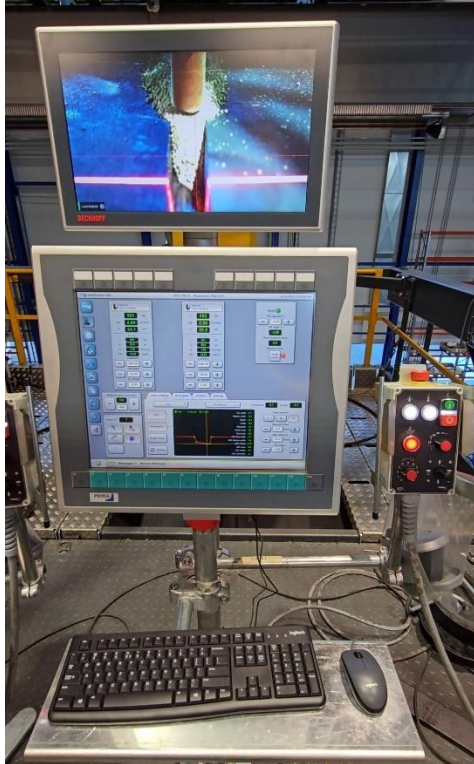
Kuva 7. Kallistetut SAW-hitsauspolttimet ja laser-railonseurannan valosäde



Kuva 8. WC500 railonseurannan visualisaatio



Kuva 9. WC500-käyttöliittymä, kameranäyttö ja RC1-ohjain



### 3.5.3 Ohjaimet

Hitsaustornin, rullastojen ja pyörityspöytien liikkeiden servoja ja solenoideja käsketään ohjaimilla, jotka PEMA-tuotteiden arkkitehtuurissa tunnetaan nimellä RC. Tämä on operaattorin tärkein työkalu laitteen käsittelyyn. Tämä on usein johdellinen ohjain millä operaattori hallitsee laitteen liikkeitä. Hitsaustornin ohjain sisältää hätäpysäytys-painikkeen, kaksiakselisen liikesuunnan valintavivun, kanavan valitsimen, portaattoman nopeudensäädön (0–100 %), seurannan kytkennän sekä suojakaasun tai jauheen hallinnan painikkeet. Hitsaustornin RC1-ohjain kuvassa 10. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Kuva 10. Vakiolaite hitsaustornin RC1-ohjain

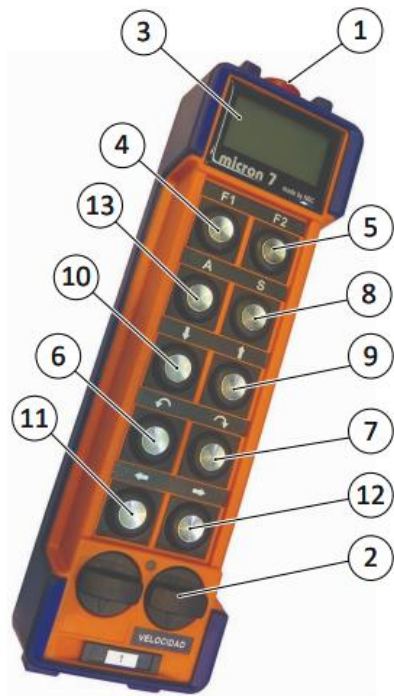


Rullastojen, pyörityspöytien ja koontiasemien ohjain on keskenään vaihtokelpoinen vakioitu tuote. Ohjain on varustettu LCD-näyttöllä, joka indikoi pyöritysnopeutta, valittua kanavaa ja virhekoodeja. Alla kuvat 11. ja 12. johdollisesta ja langattomasta hitsausapulaitteen ohjaimesta.

Kuva 11. RC-32-H langallinen ohjain (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)



Kuva 12. Micron7 langaton lisävarusteohjain (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)



### 3.6 Koulutukset

Operaattorikoulutukset suoritetaan usein koneasiantuntijan toimesta asiakkaan tiloissa käyttöön hyväksytylle laitteelle. Koulutus sisältää käyttökoulutukset laitteen päivittäishuoltoon ja operointiin liittyen. Kuluneena vuonna on koulutusasioihin alettu paneutumaan Pemamekilla entistä tarkemmin ja koulutusprosessia on aloitettu vakioimaan, jotta asiakkaan operaattoreille voidaan taata riittävä käyttökoulutus laitteen itsenäiseen käyttöön. Koulutus kestää vakiolaitteille ja hitsausprosesseille 1–2 työpäivää koulutettavien määrän ollessa noin kolme. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Koulutuksen valmistuttua operaattoreille jaetaan todistus, johon kirjataan koulutuksen sisältö, osallistujan nimi, kouluttajan nimi sekä asiakkaan esihenkilön allekirjoitus myöntämään että koulutuksen pitäjä on riittävän perehtynyt laitteeseen voidakseen kouluttaa operaattoreita koneeseen. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

### 3.7 Dokumentaatio ja laadunvalvonta

PEMA-tuotteiden ohjekirjat toimitetaan asiakkaalle kohdemaan alkuperäiskielellä ja englanniksi. Ohjekirjojen sisältöä määrittävät Euroopassa unionin sisäiset standardit ja direktiivit. Ohjekirjat sisältävät koneen keskeiset toiminnot, käyttö- ja huolto-ohjeet sekä laitteen oikean lastaamisen tiedot. Maksimikuormat ja taakat on listattuna varoituslausekkeiden jälkeen koneen tiedot sarakkeessa. Käyttöohjeet laaditaan teknisen dokumentoijan suorittamana ja sisältää myös automaatio-osaston laatiman toiminnankuvauksen sekä koneen varastoinnin ja käyttötilojen vaatimukset. Toimituksen yhteydessä laitteen mukana tulee myös tekniset piirustukset varaosanumeroiden kanssa sekä sähkö-, pneumatiikka- ja hydraulikkakaaviot. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Pemamek käyttää laadunpoikkeamien valvontaan PalveluPisara Oy:n kehittämää Hoksupilvipalvelua, jonka välityksellä voi jakaa laatu-, turvallisuus- ja siisteyshavaintoja. Järjestelmä toimii Pemamekilla selkärankana kaikille havainnoille ja on siten tärkeä työkalu päivittäisjohtamisen ja laatu-poikkeamien havaitsemiseen ja korjaamiseen. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

”Järjestelmällä saadaan poikkeamat organisoituun hakemistoon ja priorisoitua projektin kannalta tärkeille henkilöresursseille. Hoksu-merkintöjen avulla on reklamaatioille keskitetty käsittely. Koko reklamaatioprosessi hoituu yhdelle lomakkeella. Virheen kuvaaminen ja kirjaaminen, kustannusarviointi, toimittajan kirjoittama vastine ja toimenpiteet seurantoineen”. (PalveluPisara, n.d.)

## 4 Yleisimmät kaarihitsausprosessit

Kautta aikain ihmiskunnan kehitys on vaatinut tuottamaan erilaisista kappaleista kokonaisuus. Mitkä tahansa kahdesta tai useammasta kappaleesta muodostuva kokonaisuus, jotka on tarkoitus kiinnittää toisiinsa, vaatii liitoksen. Liitosmenetelmiä on erilaisia mekaanisista niitti-, ruuvi-, pultti- ja naulaliitoksista kemiallisiin liimauksiin sekä metallien juotos- ja hitsausliitoksiin. Hitsaus on SFS 3052 standardin mukaan osien liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Nykyaikaisen hitsauksen esiasteena voidaan pitää ahjohitsausta, jonka käytöstä laajamittaisesti on havaintoja keskiajalta saakka. Kyseisessä prosessissa liitetään lähellä sulamispistettä olevat keskenään hitsautuvat metallikappaleet toisiinsa takomalla kappaleiden päät yhteen, kunnes kappaleet ovat liittyneet toisiinsa. (TWI-global, n.d.) eli jatkuva yhteys muodostetaan lämmön ja puristuksen yhteisvaikutuksesta.

Kuva 13. Päittäisliitos ahjohitsauksessa (Aspery, n.d.)



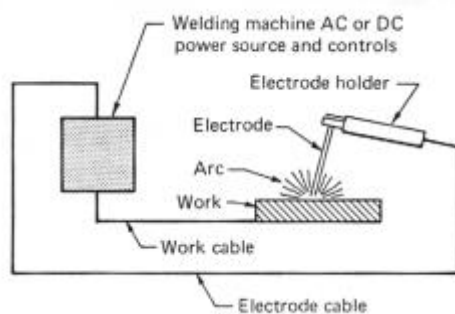
Viimeisen 200 vuoden aikana on kehittynyt merkittäviä harppauksia tähän primitiiviseen sepän työhön nähden, johtuen teollisesta vallankumouksesta ja alati kiihtyvän tuotannon sanelemana. Käytännössä kaikki nykyään käytössä olevat teolliset metallihitsausprosessit käyttävät lämmönlähteenä hitsausvirtalähteellä tuotettua valokaarta, joka on sähkönpurkaus hitsauselektrodin ja kappaleen välillä. Tällä periaatteella toimivia hitsausprosesseja kutsutaan kaarihitsaukseksi. (Kemppi Oy, 2023)

## 4.1 Kaarihitsauksen perusteet

Kaarihitsauksen käytännön toteutuksen ensimmäinen vaihe on tuottaa hitsausvirtalähteen avulla valokaari, joka sulattaa hitsattavan perusaineen ja lisäaineen yhteen. Valokaari syttyy riittävän suuren jännitepulssin avulla (liipaisusytytys) tai hitsauselektrodin raapaistessa hitsattavaa materiaalia (raapaisusytytys). (Kemppi Oy, 2023)

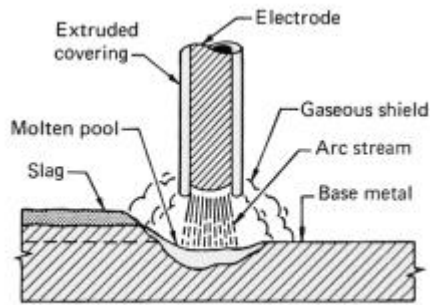
Elektrodin ja hitsauskappaleen välille muodostunut valokaari pysyy yllä, kunnes elektrodin ja kappaleen välinen etäisyys kasvaa liian suureksi tai virtapiiri katkaistaan. Etäisyys kasvaa helpoiten liian suureksi käsikäyttöisessä puikkohitsausprosessissa, koska elektrodi lyhenee koko ajan sen sulaessa suoja-aineen kanssa valmiiksi hitsiksi. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) Havainnollistetaan kuvassa 14.

Kuva 14. Puikkohitsausvirtapiiri (Lincoln Electric, n.d.)



Puikko- ja TIG-hitsausmenetelmistä poiketen muissa kaarihitsausmenetelmissä elektrodina toimii lisäainelanka, jota syötetään langansyöttölaitteella. Elektrodina toimivan langan pää pisaroituu valokaaren lämpövaikutuksesta ja valokaari puhaltaa pisaran sulaneesta metallista muodostuneeseen altaaseen, joka jäähtyttyään on valmis hitsi. (Lincoln Electric, n.d.). Sulan muodostuminen havainnollistetaan kuvassa 15.

Kuva 15. Sulan muodostuminen puikkohitsauksessa (Lincoln Electric, n.d.)



Hitsin vielä muodostuessa nestemäisessä tilassaan tarvitsee se itselleen suojan ilmakehän happea ja typpeä vastaan, koska metallit reagoivat sulana herkästi näiden kaasujen kanssa muodostaen oksideja ja nitridejä. Nämä aiheuttavat valmiiseen hitsiin visuaalisia virheitä ja rakenneheikkouksia kuten poreita ja onkaloita, joita myös kutsutaan huokosiksi. Kuvassa 16. esimerkki huokosesta. Yleisimmin suoja-aineina käytetään kaasuja tai jauheita. Osa näistä aineista pelkästään suojaavat jähmettyvää sulaa ilmakehältä ja osa parantele sauman ominaisuuksia tarpeen mukaan. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

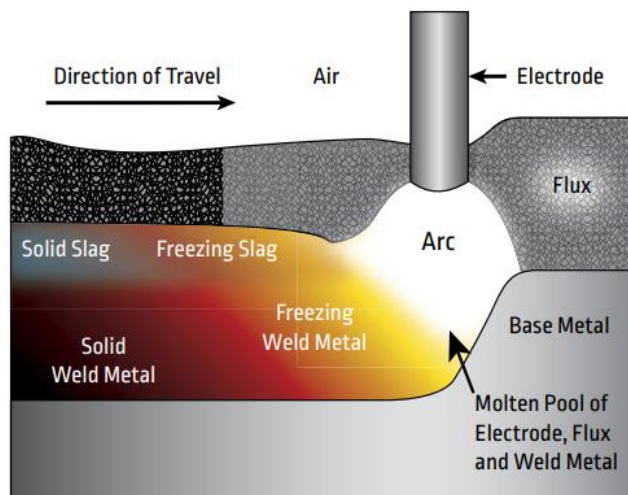
Kaasut ovat usein teollisuuden teräksen hitsauksessa seoskaasuja GMAW-hitsausprosesseissa, joissa pohjana toimii hiilidioksidi ja tai argon. Erikoisempien materiaalien seosteena saatetaan käyttää pienemmissä tilavuusprosesseissa happea tai heliumia parantamaan hitsin ominaisuuksia. (Lincoln Electric, 2014, ss. 12–14)

Hitsausjauheita käytetään SAW-hitsauksessa suoja-aineena. Raaka-aineina jauheissa käytetään lasittuvia mineraaleja, joista muodostuu sulan korkean lämpötilan takia kuonaa. Jauhetta voi olla seostettu erilaisilla metallioksidoilla, jos sauman sitkoisuutta tai iskukestävyyttä on tarkoitus muokata. (Mathers, n.d.) Kuonan muodostumista havainnollistetaan kuvassa 17.

Kuva 16. Avohuokosia GMAW-päittäisliitoksessa



Kuva 17. SAW-hitsaustapahtuma (Lincoln Electric, 2019, s.11)



## 4.2 Hitsauksen fysiikka

Valokaari tapahtumaa muokkaamalla saavutetaan haluttu hitsisauma, langan ja suoja-aineen ollessa työhön sopiva. Valmiin sauman muotoa ohjataan säätämällä kaarijännitteen (V) ja hitsausvirran (A) suhdetta. Jokaiselle hitsauslangalle on määritelty virta-alue, joka perustuu langan maksimi virtatiheyteen. Virtatiheys määrittää langan poikkipinnan läpi kulkevan suurimman mahdollisen virran määrän. Virran suuruutta voidaan kasvattaa ainoastaan langan halkaisijaa suurentamalla, jos tavoitellaan isompaa hitsausvirtaa. Hitsausvirta on hitsin tunkeuman ja perusaineiden sekoittumisen kannalta tärkein vaikuttava tekijä. (Lincoln Electric, 2019, ss. 47–53.) Virran vaikutuksia hitsiin havainnollistetaan kuvassa 18.

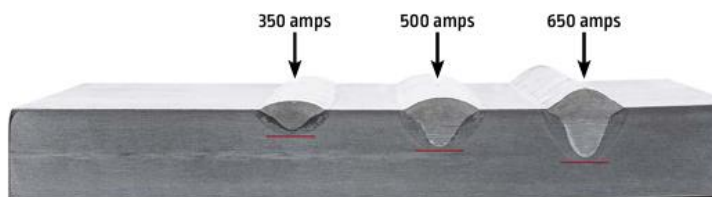
Jännitteen avulla säädetään valokaaren mitta, jonka muutokset vaikuttavat hitsikuvun leveyteen. Jännitettä kasvattamalla kupu levenee ja samalla madaltuu, koska valokaari pakottaa täytelangan sulamaan leveämmälle alalle. Jännitteen vaikutukset hitsiin esitellään kuvassa 19. Valokaaren kuljetusnopeuden eli hitsausnopeuden ( $v$ ) muutoksilla saadaan vaikutettua tunkeumaan ja hitsisauman kokoon. (Lincoln Electric, 2019, ss. 47–53.)

Hitsausnopeutta säädetään käsihitsauksessa käden liikkeen nopeudella ja automatisoiduissa hitsauskoneissa servoilla ja sähkömoottoreilla. Edellä mainitut muuttujat vaikuttavat kaikki valmiin hitsin muodostumiseen sekä määrittävät kohteeseen muodostuvan lämmöntonin ( $Q$ ). Lämmöntonin laskukaava esitetään alla kaavassa 1. Lämmöntuonti tarkoittaa valokaaren ja hitsaussulan perusmateriaaleihin johtamaa lämpöä, joka vaikuttaa sauman iskutkeyteen ja kovuuteen. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

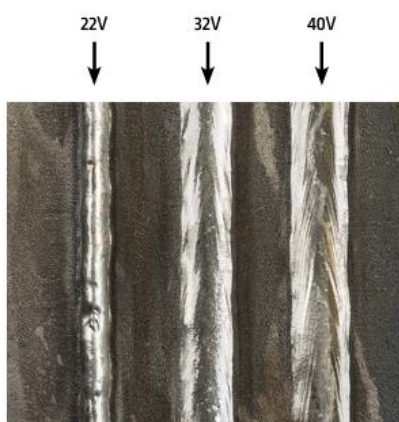
Kaava 1. Lämmöntonin  $Q$  laskukaava

$$Q = \frac{V \cdot A \cdot 60}{v \cdot 10000}$$

Kuva 18. Virran vaikutus tunkeumaan 2.4 mm langalla, 0.6 m/min syöttönopeudella ja 35 V jännitteellä (Lincoln Electric, 2019, s.48)



Kuva 19. Jännitteen vaikutus sauman leveyteen 2.4 mm langalla, 0.6 m/min syöttönopeudella ja 35 V jännitteellä (Lincoln Electric, 2019, s.50)



### 4.3 SAW-hitsaus

SAW-hitsaus eli jauhekaarihitsaus on Yhdysvalloissa 1920-luvulla kehitetty raskaan teollisuuden hitsausmenetelmä, jonka ominaispiirteitä on suuri lämmöntuottokyky (Q) sekä suuri hitsintuottomäärä (kg/h). Prosessi muistuttaa puikkohitsausta virtalähteen ominaisuuksilta, mutta prosessina jauhekaarihitsauksessa käytetään hitsaustäytelankana lankakelalta tulevaa umpilankaa ja suoja-aine lasketaan jauheena suojaamaan valokaaritapahtumaa ja jähmettyvää sulaa ilmakehän vaikutuksilta. Lisäksi suojajauhe ja siitä muodostuva kuona suojaavat hitsauskoneenkäyttäjää valokaaritapahtuman kirkkaalta uv-säteilyltä, joka vahingoittaa silmiä ja ihoa. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.) Jauhekaarihitsaustapahtuma esitetään kuvassa 20.

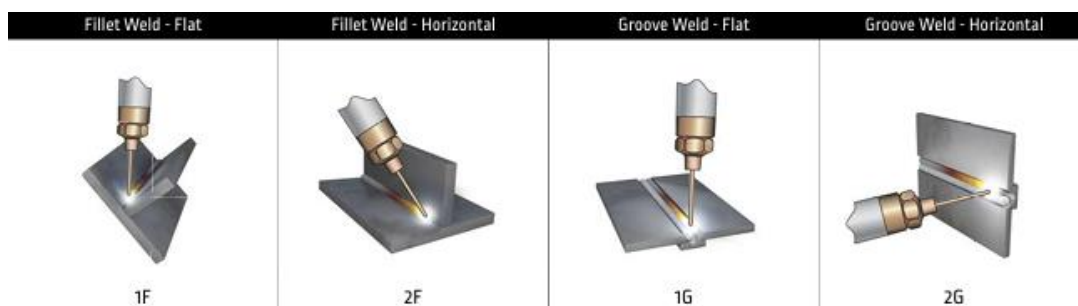
Kuva 20. Jauhekaarihitsausta V-railoon kolmella polttimella



Prosessi on kalliista laiteinvestoinneista huolimatta kannattava juuri sen suuren tuottavuuden ja käytön turvallisuuden kannalta. Lisäksi muihin prosesseihin nähden SAW-hitsauksessa syntyy vähemmän virheitä, esimerkiksi huokosia tai visuaalisia virheitä, jotka johtuvat koneiden suuresta hitsaustehosta. SAW-hitsauskoneissa käytetään yleensä 1.6–5.0 millimetrin halkaisijan hitsauslankoja ja yleisimmin tässä prosessiperheessä käytetään lisäainelankana täysmetallilankaa. (Lincoln Electric, 2019)

Suurimpana haasteena jauhekaarihitsauksessa on koneen täysi automatisointi koska valmiin hitsin päältä tulee poistaa kuona sekä hitsauksen jälkeen katkaista ja teroittaa hitsauslangan päät ennen uuden hitsauksen aloitusta. Hitsausasennot ovat jauhekaarella usein vaaka-asennossa, koska jauhe putoaa ilman tukea saumalta. Jatkostyyppinä päittäisliitos ja pienaliitos. (Lincoln Electric, 2019) Kuva 21. esittää mahdollisia hitsausasentoja SAW-hitsauksessa.

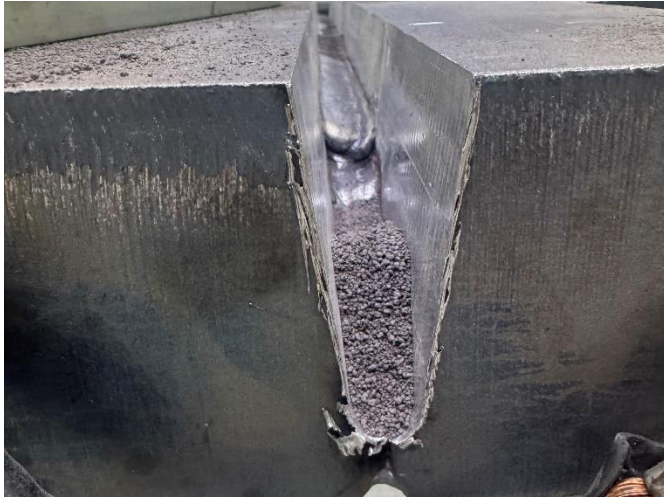
Kuva 21. Hitsausasennot jauhekaarella (Lincoln Electric, 2019, s.36)



Päittäisliitokset suuremmilla ainevahvuuksilla vaatii monipalkohitsauksen. Tässä toistetaan useita hitsauspalkoja vierekkäin ja limittäin hitsausrailoon. Varhaisemmin on käytetty niin kutsuttua V-railoa, joka nimensä mukaisesti on V-kirjaimen muotoinen ja lähelle 45 asteinen railo. Sittenmin kehittyneiden jyrsin ja materiaalitekniikoiden avulla ja kallistuvien hitsauspolttimien kanssa voidaan kokonaishitsauspalkojen määrää pienentää U-kirjaimen muotoisen railon avulla. Kuvassa 22. esitellään U-railomuoto. Menetelmä säästää aikaa ja hitsaustarvikkeita merkittävästi suhteessa V-railoon, mutta vaatii enemmän automaatiota ja tarkkuutta laitteistoilta sekä operaattoreilta. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Käytännön tasolla kriittisintä U-railossa hitsattaessa on kolmen ensimmäisen hitsipalon onnistuminen, koska kuona laajenee muodostuessaan. Kuonalla on riski jumiutua väärin muodostuneen palon alle. Palko muodostuu väärin, jos sen positio ei ole tarkalleen siellä missä kuuluukin. Kuvassa 23. havainnollistetaan palkojen leveys täyttövaiheessa. Pienikin määrä kuonaa limittäin olevien hitsauspalkojen välissä johtaa suurella todennäköisyydellä liitoksen hylkäämiseen ja täten kalliiseen ja aikaa vievään korjaukseen, jossa hitsi on avattava kuonan kohdesyvytyteen saakka. Palkojen välissä oleva kuona on poistettava, jotta hitsi kattaa sille asetetut vaatimukset. Korjattu hitsi täytetään uudelleen käsin GMAW-hitsausmenetelmällä monipalkoliitoksella, joka on aikaa vievää yhdessä kuonanpoiston kanssa. (Pemamek, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Kuva 22. U-railo 100 mm paksussa levyssä



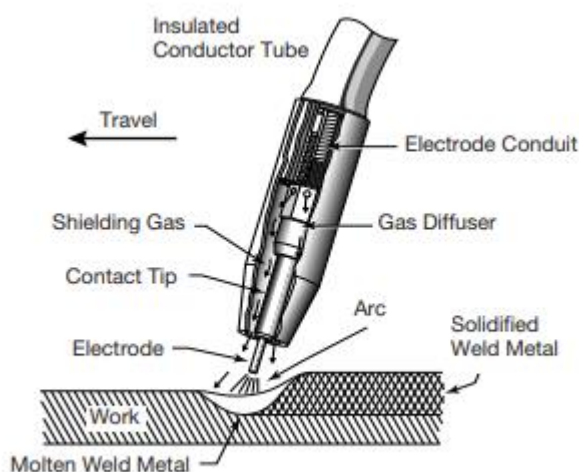
Kuva 23. Monipalkohitsausta U-railossa



## 4.4 GMAW-hitsaus

GMAW-hitsausprosessien alle kietoutuu molemmat MIG- ja MAG-hitsaukset. Lyhenteet tulevat Metal Inert Gas ja Metal Active Gas -hitsauksesta. Näiden keskinäinen ero on käytetyn suojakaasun nimensä mukaisissa ominaisuuksissa. Inerti-kaasu kuten Argon ei tee muuta kuin suojaa sulan pintaa ilmakehän vaikutukselta ja Active-kaasu viittaa aktiiviseen kaasuun, joka muokkaa sulan pintaominaisuuksia muodostumisen ja kiinteäksi jäähtymisen aikana sekä suojaa sulaa ilmakehän hapen vaikutukselta. Tällaisia kaasuja on muun muassa hiilidioksidi (Co<sub>2</sub>). GMAW-hitsauksessa käytetään yleisimmin hitsaustäyteaineena lankoja, joiden halkaisijat ovat välillä 0.6–1.6 millimetriä. (Lincoln Electric, 2014)

Kuva 24. GMAW-hitsauspoltin (Lincoln Electric, 2014 s. 32)



GMAW-hitsauksessa käytetään siis selkeästi pienempää lankaa kuin SAW-hitsauksessa. Pienestä langasta muodostuu myös GMAW-hitsauksen kompastuskivet kuten tiettyihin sovellutuksiin liian pieni lämmöntuonti ( $Q$ ) sekä pieni hitsintuottomäärä. Lisäksi tunkeuman ja kaaren lämpövaikutuksen ollessa merkittävästi pienempi kuin jauhekaarihitsauksessa on hitsattavien perusmateriaalien oltava erityisen huolellisesti puhdistettuja rasvasta, maalista sekä ruosteesta koska näistä muodostuu herkemmin huokonen hitsiin. Tämä voi johtaa jopa valmistettavan kappaleen hylkäämiseen ja hävikin syntyyn. Jauhekaaresta poiketen GMAW-menetelmät ovat täysin automatisoitavissa ja sovellutuksena automatisoinnista ovat lukuisat automaattihitsauskoneet sekä hitsausrobotit. Lisäksi kaikki hitsausasennot ovat mahdollisia GMAW-hitsausprosesseilla. (Lincoln Electric, 2014)

Kuva 25. Onnistunut GMAW-pienaliitos



Kuva 26.. Hitsausrobotti GMAW-varustuksella



## 5 Ongelmien etsiminen ja analysointi

Hitsaamista ohjaa käyttäjien suhteen liuta standardeja, jotka koskettavat manuaalisia käsihitsareita sekä hitsausautomaattilaitteiden operaattoreita vaadittujen hitsausluokkien oikeaoppisesta hitsaamisesta. Työtä suorittavalle henkilöstölle nämä tarkoittavat siis pätevyyskokeita, jotka antavat valmiuden hitsaajalle tai operaattorille tehdä tietynlaisia hitsaustöitä. Operaattoreiden kohdalla kyseinen koe teetetään ennalta hyväksytyin hitsausohjeen (Welding procedure specification "WPS") mukaiseen työhön, näyttämällä ohjeen mukaisen hitsin valmistaminen. Tämä paikallinen menetelmäkoe toteutetaan usein sisäisesti isommissa konepajoissa ja antaa operaattorille luvan tämän konepajan turvin suorittaa kyseinen tehtävä.

Tässä kohtaa tie eroaa käsihitsaajasta, joka suorittaa hitsauskokeet tarvitsemilleen menetelmille kansallisesti hyväksytyille hitsauskokeenvalvojalle ja hänen tittelinsä pätevöitynä hitsaajana on voimassa joko Euroopassa tai kansainvälisesti. Suomessa kansallinen toimija hitsauksen lainsäädäntöä on Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry eli Metsta ry.

Operaattori saa siis tehdä työnantajansa valvomana kyseisen hitsaussuorituksen paikallisesti hitsausohjeita noudattaen. Tämä edellyttää kuitenkin myös sitä, että operaattori osaa sujuvasti käyttää tähän työhön räätälöityä hitsauslaitetta. Tämän vuoksi myös operaattoreiden käyttötaidon ylläpitämiseksi ja laitekoulutusten jälkeisen itsenäisten käytön aloitusten takia on laitteiden ohjekirjojen oltava sisällöltään riittäviä ja totuudenmukaisia. Itsenäinen käyttäjäkokemus ja lopputuotteiden valmistus on oltava tyydyttävää paitsi operaattorille myös konepajalle itselleen, lopputuotteen tilaajalle ja ulkopuolisille valvojille.

Piilevien käyttäjäkokemusten ongelmien löytämiseksi minun tuli kehittää menetelmä tiedon löytämiseksi. Koska olen itse kohdannut ongelmia, lähdin liikkeelle siitä ennakkoletuksesta, että muutkin vastaavissa olosuhteissa toimivat kollegani ovat kohdanneet haasteita laitteiden dokumentaatioon liittyen. Tavoitteena oli kerätä asiantuntijakokemuksia laitteiden dokumentaation käytettävyydestä sekä paikkansapitävyydestä. Tietoa kerättiin kyselylomakkeella. Lomake lähetettiin Pemamekin sisäisen viestinnän kautta kolmen eri osaston asiantuntijoille. Yhteistä näille osastoille on se, että kaikki työntekijät työtehtävissään kohtaavat jo valmistuneita ja luovutettuja asiakasratkaisuja. Kysely lähetettiin 4.11.2025 ja vastausaikaa annettiin 14.11.2025 asti.

Loin Microsoftin kehittämällä Forms-kyselytyökalulla hyvin suoraviivaisen kyselyn, jossa paneudutaan suoraan piileviin ongelmiin. Kyselystä muodostui kuusiosainen, jossa kolmanteen osaan saakka on kysymyksiä yleisesti dokumenttien käytettävyydestä ja puutteista. Seuraavissa osissa kannustettiin vastaajaa kertomaan esimerkkejä puutteista tai virheistä valitsemansa dokumentaatiotyypin mukaan. Viimeisessä osassa on mahdollista kirjoittaa yleisesti kaikesta dokumentaatioon liittyvistä ongelmista.

Kyselyssä rajattiin poissulkumenetelmällä sellaiset henkilöt, jotka eivät olleet työskennelleet kentällä laitteiden kanssa. Nämä vastaukset johtivat suoraan kyselyn loppuun. Koin tämän menetelmän parhaaksi tutkimuksen kannalta, koska näin analysoitava data ei täyty aiheettomista vastauksista. Aiheettomat vastaukset poissuljettiin kyselyn ensimmäisessä osassa, jossa kysyttiin henkilön työskentelyosasto sekä suoraan onko henkilö käyttänyt laitteita asiakastiloissa luovutuksen jälkeen. Mikäli vastaus on kielteinen, kysely on näiden henkilöiden kohdalla valmis. Kyselyn muut osat on valmisteltu siten että niistä saa hyödyllistä dataa tutkittavaan aiheeseen. Kysely on asiakirjan Liite 1. Liite on pdf-tuloste sisäisen jakelun kyselystä. Erona alkuperäiseen on nimen keräys mitä alkuperäinen kysely ei tehnyt.

## 5.1 Analyysi

Kyselyyn otti osaa kahden viikon aikana 18 henkilöä, vastaajista suurin osa oli testausosaston työntekijöitä 11 henkilön voimin. Huolto-osaston vastaajia 3 henkilöä sekä prosessiosaston vastaajia 4. Keskimääräinen vastausaika kyselyn tekoon oli 4 min 59 sekuntia. Pisimmän merkityksellisen vastausajan ollen 15 min 23 sekuntia ja lyhimmän 1 min 14 sekuntia. Kyselyyn vastanneista kolmen henkilön vastaukset päättyivät ensimmäiseen osaan eli tämän tutkimuksen kannalta merkityksettömiä.

Kyselyllä kerättiin vastaajien kokemuksia PEMA-laitteiden käyttöön liittyvästä dokumentaatiosta. Vastaajilta tiedusteltiin, ovatko he havainneet dokumentaatiossa puutteita, jotka ovat vaikuttaneet asiakkaan edustajien tai vastaajan työstä suoriutumiseen.

Dokumentit on kyselyssä jaoteltu kolmeen kategoriaan, ohjekirjoihin, teknisiin piirustuksiin sekä teknisiin kaavoihin. Näin päästiin tarkemmin perille siitä, missä dokumenteissa suurimmat haasteet piilevät ja millä tavalla käyttäjät kokevat puutteiden vaikuttavan työtehtävästä suoriutumiseen.

Tässä analyysiosiossa käsittelen kyselyn kautta saatuja vastauksia dokumentaatiokohtaisesti jaoteltuna. Ohjekirjoihin liittyvät haasteet nousivat kyselyssä korostetusti esille, joten tähän paneudun ensimmäisenä. Myös teknisiin piirustuksiin ja kaavioihin liittyviä haasteita on kyselyn perusteella ilmennyt, mutta merkittävästi vähemmän. Analyysiin on nostettu kyselyn kautta saatuja suoria lainauksia, mutta esimerkiksi vastauksissa mainitut asiakkaiden nimet tai muu arkaluontoinen tieto on jätetty pois.

### 5.1.1 Ohjekirjat

18 vastaajasta yhdeksän koki, että asiakkaille toimitettavissa laitteiden ohjekirjoissa oli havaittavissa selkeitä puutteita. Jokainen näistä yhdeksästä vastaajasta on myös kohdannut tilanteen, jossa laitteen käytön kannalta olennainen seikka on jäänyt selostamatta ohjekirjassa.

*”Koontiaseman langattoman kaukosäätimen nappien käytännöntasoinen ohje mistä mitään napista oikeasti tapahtuu [puuttuu]”*

Vastauksesta on havaittavissa, että kyseiset haasteet ovat hyvinkin konkreettisia ja yksityiskohtaisia sekä laitteen käyttämisen kannalta erittäin merkityksellisiä. Koontiasema on vakiolaitemuotoinen, joten asiakas ei välttämättä hanki lisäksi mittavaa koulutus- tai tukipakettia, jossa laitteen toiminnot käytäisiin yksityiskohtaisemmin läpi. Tämä tarkoittaa sitä, että asiakas jää melko yksin ostamansa laitteen kanssa ilman kattavaa ohjekirjaa.

Useat vastaukset implikoivat, että hitsauspolttimien kallistustoiminnon kuvaus on puutteellinen. Kallistustoiminto on nykyaikaisten SAW-monipalkohitsausten ahtaissa raiiloissa käytettävä menetelmä. Kallistuksen toiminnankuvaus on jäänyt ohjekirjoista kokonaan pois sekä siihen liittyvät servojen synkronoinnit sekä säädöt. Tämä yhdessä koontiaseman kaukosäätimen käyttöohjeiden kanssa nousivat selkeästi suurimmiksi kompastuskiviksi ohjekirjoissa vakiomuotoisten laitteiden osalta.

Yhdeksästä vastaajasta neljä koki, että ohjekirjan kattavammalla sisällöllä olisi asiakkaan edustajat saanut tilanteen ratkaistua ilman laitevalmistajan asiantuntijan paikalle saapumista. Tästä voidaan päätellä, että puutteellisista ohjeistuksista voi aiheutua merkittäviäkin kustannuksia Pemamekille, mikäli asiantuntijoita on tarpeen lennättää toiseen maahan pahimmillaan vain tulkitsemaan tai täydentämään ohjeita. Resursseja haaskataan siinä, että asiantuntijat ovat sidottuna menneisiin projekteihin.

Vastauksista ilmeni, että yli puolet vastaajista oli joutunut laatimaan laitteen toimintaa kuvaavia lisäsivuja asiakkaalle. Tämä tarkoittaa sitä, että asiantuntijoiden jo muutenkin kiireinen työaika kuluu varsinaisten työtehtävien ohella lisäohjeiden kirjoittamiseen. Jokaisella asiantuntijalla on oma yksilöllinen tapansa laatia lisäohjeistuksia, jolloin riskinä on, että ohjeistus ei ole yhdenmukaisesti tulkittavissa asiakkaalle ja toisille Pemamekin osastoille.

*”Ohjeet ei tehty loppukäyttäjän kannalta riittäviksi, vaan asiaan jo perehtyneen perspektiivistä sutaistu ohje, joka olettaa paljon loppukäyttäjän tietotaito-tasosta”*

Kyselyn tuloksista on havaittavissa selkeä kaava, jossa jopa vakiolaitteiden ohjekirjoissa olevat puutteet haittaavat koneen peruskäyttöä. Toimitettu laite on ratkaisu, jolla asiakas saa työnsä tehtyä tehokkaasti ja laadukkaasti. Ohjekirjojen puutteet kuormittavat ennen kaikkea asiakasta, joka pyrkii mahdollisimman tehokkaaseen laitteen käyttöön. Laitteet ovat merkittävä investointi, joten asiakkaan näkökulmasta ensiarvoisen tärkeää on saada laadukkaat ja selkeät ohjeet niiden käyttöön. Lisäksi hyvillä ohjekirjoilla saataisiin uusien Pemamekin eri osastojen asiantuntijoiden oppimista nopeutettua, kun laitteen perusmuotoinen käyttö olisi selkeästi esitetty.

### 5.1.2 Tekniset piirustukset ja kaaviot

Vastaajista kolme koki haasteita teknisten piirustusten kanssa. Teknisistä kaavioista haasteita raportoi puolestaan neljä vastaajaa. Annettujen vastausten huomattavasti edeltävää pienenpien lukumäärien vuoksi nämä kaksi dokumenttilajia käsitellään saman luvun alla.

*”Useissa projekteissa, useissa laitteissa. mittoja puuttuu kierteistä, reiistä, olakkeista. tms. satunnaisesti. Yleensä selviää 3D-mallia tutkimalla, ja joskus hoksun [sisäinen laadunvalvontajärjestelmä] tekemällä saattaa tulla muutos kuviinkin.”*

Yllä oleva lainaus on poimittu teknisten piirustusten osiosta. Tästä voimme havaita esimerkkipuutteita piirustuksissa. Mainitut puutteet häiritsevät lähinnä kokoonpanoa tai käyttöönottoa, mutta kuormittavat asiantuntijaa enemmän kuin asiakasta sisäisen valvontamenetelmän käytön vuoksi. Sisäisen laadunvalvonnan ansiosta puutteet piirustuksissa ja kaavioissa pyritään havaitsemaan ja korjaamaan ennen, kuin ne saavuttavat asiakkaan. Dokumenttien tulkinta ja korjausten pyytäminen työllistävät asiantuntijaa ja hidastavat käyttöönottoa sekä esimerkiksi huollon työtä asiakkaan tiloissa.

*”Uudet revisiot ei toimitettu asiakkaalle”*

*”Muutoksia ei päivitetty tai toiminnan kannalta puutteita.”*

Edelliset lainaukset ovat peräisin sekä piirustuksia että kaavioita koskevista kysymysosioista. Voidaan havaita, että haasteet molempien dokumenttityyppien osalta ovat hyvin samantyyppisiä. Piirustusten ja kaavioiden korjaaminen ei valitettavasti aina tarkoita ongelman poistumista. Vastauksista ilmeni, että sisäisesti korjatut tai päivitettyt dokumentit eivät aina saavuta asiakasta. Muutokset eivät päivitty automaattisesti asiakkaalle, vaan vaatii sen, että asiantuntija muistaa toimittaa uudet tiedot eteenpäin. Tämäntyyppisen inhimillisen virheen vuoksi voi olla, että asiakkaalla on käytössään ainoastaan vanhat, ei-paikkansapitävät dokumentit, jotka voivat aiheuttaa ongelmia esimerkiksi varaosia tilatessa tai vianhaussa. Kriittisen osan puuttuessa laitteen käyttäminen voi pahimmillaan keskeytyä ja aiheuttaa näin asiakkaalle merkittäviä kustannuksia sekä tuotantojättämää.

## **5.2 Itsearviointi kyselystä ja sen tuloksista**

Koetin kyselyä suunnitellessani jaksottaa kysymykset siten että jokaiselle vastaajalle heräisi selkeä ajatus päähänsä yksittäisestä tapahtumasta, jonka saisi jäseneltyä vastaukseksi. Huomasin kuitenkin kyselynteon haasteet ja havaitsin vastauksista sen, etten aivan onnistunut varsinkaan piirustusten ja kaavioiden osalta herättämään vastaajassa tällaista reaktiota. Isommalla aikaikkunalla ja vastaajien otannalla, sekä vastaajien haastattelulla voisi kyselyn pitäjä kehittää tämän tyyllisestä kyselystä kompaktin työkalun, joilla kartoittaa kehitystä säännöllisesti ja parantaa laitteita ja ratkaisuja.

Formsin käyttäminen varsinaisen kyselyn tekemiseen oli helppoa, mutta saadun aineiston käsittely organisoidusti tuotti pään vaivaa. Formaatti, jolla Forms siirtää kyselyvastaukset Excelin käsittelemään muotoon ei perusluontoisilla Excel-käyttötaidoilla riitä, jotta käsiteltävästä datasta saisi mitään irti. Kyselyssä olevat myöntävät ja kielteiset vastaukset (*Kyllä ja Ei/En*) ovat sanoja myös Excel-tiedostossa. Sen sijaan vastaukset saa ajettua myös valmiiksi visualisoituna PDF-muodossa kyselyn koostesivulta, Excel-tiedoston sijaan kirjoitetuista vastauksista näkyvät vain kolme viimeksi tullutta vastausta. Vertaa kuvia 27. ja 28. alla.

Kuva 27. Kuvakaappaus Excel-esitystyylistä

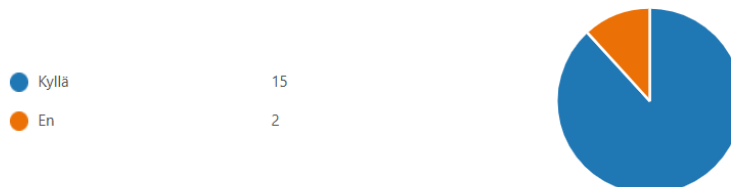
Millä osastolla työskentelet?	Oletko käyttänyt Pema-laitteita asiakkaan tiloissa luovutuksen jälkeen?
Prosessi	Kyllä
Prosessi	Kyllä
Testaus	Kyllä
Testaus	Kyllä

Kuva 28. Kuvakaappaus Forms-yhteenvedosta

1. Millä osastolla työskentelet?



2. Oletko käyttänyt Pema-laitteita asiakkaan tiloissa luovutuksen jälkeen?



## 6 Ratkaisuja kyselyn perusteella

Koostin vastaukset Powerpoint-esitykseksi, jonka esitelmöin esihenkilölleni. Esitys on tämän asiakirjan liite 2. Esityksen loppuun ehdotin toimia, jolla dokumentaatioiden tasoa voi korjata. Opinnäytetyötä tehdessäni alkoi hanke Pemamekillä laitteiden testauksen vakiointi, tällä toimella on tarkoitus nimensä mukaisesti vakioida laitteen toimivuuden, turvallisuuden sekä käytettävyyden tarkastaminen. Käytännössä se sitoo jokaisen tarkastuksen yhdenmukaiseksi suoritukseksi ja näin vähentäen yksilöllisyyttä tarkastuskohteiden suorittamisessa. Mielestäni se avaa mahdollisuuden liittää myös laitteen dokumentaatioiden tarkastuksen osaksi laitteen kokonaistarkastusta. Täten jo vuosia jatkuneet ohjekirjojen puutteet saisi havainnoitua sellaisessa vaiheessa mikä ei vaikuttaisi negatiivisesti asiakaskokemukseen. Tämän suorituksen alkuvaihe vaatisi enemmän resursseja, mutta helpottaisi hankkeen edetessä.

Laitteen FAT:in suorituksen yhteyteen saisi siten myös asiakkaalle valmiin käyttöohjekirjan, jonka asiakkaan edustajat voisivat tarkastaa, sekä jakaa levitykseen tuleville operaattoreille esipiskeltäväksi sen hyväksytyään. Olisi kohtuullista, että asiakas saisi vakioimuotoisen ja kattavan dokumentaation. Olisiko relevanttia resursoida myös dokumentaation vakioimiseksi?

Teknisten piirustusten ja kaavioiden paikkansapitävyyttä kannustan ohjaamaan yhtiön sisäisen laadunvalvontajärjestelmä Hoksun avulla jo kokoonpanon sekä sähköasennusten yhteydessä, koska varsinaisia asennuksia tekevät ihmiset osaavat parhaiten selittää miksi ja kuinka annettu tieto on riittämätöntä tai virheellistä työnsä suorittamiseksi. Ensimmäisen kokoonpanon onnistuminen kattavilla asennustiedoilla avaa mahdollisuuden suorittaa kokoonpano myös kohdemaassa helpommin ja tehokkaammin, sekä varmistaa jatkossa myös huollon sekä kunnossapidon työn sujuvuuden täsmällisesti ja tarkoituksenmukaisesti.

Huolellisella ja kurinalaisella dokumentaatioiden revisiovalvonnalla ja laatupoikkeamailmoituksilla dokumentit korjaavat itse itsensä.

*”Vanhoissa toimituksissa (+20 vuotta) dokumentit yleensä puutteellisia. Nykyään tilanne parempi.”* Tässä kyselystä poimitusta vastauksesta voimme todeta tilanteen kehittyneen kahdenkymmenen vuoden aikana parantuneen. Onko organisaatio valmis muuttamaan edellisen paremman viiden vuoden aikana parhaaksi?

## 7 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää laitedokumenttien käytettävyyttä ja paikkansapitävyyttä ja kehittää niiden määrittelyyn ja korjaamiseen ratkaisuja.

Dokumentaatio on tärkeä osa laadukkaan kouluttamisen kanssa laitteen elinkaarihallintaa. Työtä tilatessa tiesin ohjekirjojen rajoitteista, mutta mitään konkreettisia havaintoja puutteista ei ole ennen tätä opinnäytetyötä saatu sisällytettyä yhteen asiakirjaan.

Kyselyä suunnitellessani mietin kuinka kyselystä ja vastausten analysoinnista saa tehtyä mahdollisimman tehokasta. Keskiarvollisen vastausajan ollessa noin 5 minuuttia koen kehittäneeni tehokkaan kyselyn. Analysoinnin Excel-formaatin haasteet tulivat itselle yllätyksenä. Tulosten pohjalta voi vetää johtopäätöksen, että tehty työ ei mennyt hukkaan koska parannettavaa löydettiin.

Työn tuloksiin pohjaavia muutoksia ei pysty tässä asiakirjassa tällä aikajänteellä mittaamaan, mutta sisäisessä jakelussa on jo nyt henkilöstön kesken jaossa vakioituja ohjeita erilaisten toimintojen kuvailuun ja käyttöön. Näiden pohjalta voi alkaa kehittämään laitekohtaisia käyttöohjeita.

## Lähteet

Aspery M. (n.d.) Welding processes classification, Forge welding. Extrudesign. [Kuva]

<https://extrudesign.com/welding-processes-classification/>

Beckhoff GmbH. (n.d.). TwinCAT2. Haettu 5.8.2025 osoitteesta

<https://www.beckhoff.com/en-en/products/automation/twincat/twincat-2/>

Kemppi Oy. (2023). *Mitä hitsaus on?*

<https://www.kemppi.com/fi/blogit/mita-hitsaus-on>

Lincoln Electric. (n.d.) Arc welding fundamentals

<https://tinyurl.com/4fyvkvrw>

Lincoln Electric. (2014). Gas Metal Arc Welding.

<https://tinyurl.com/59t49hw9>

Lincoln Electric. (2019). Modern SAW.

<https://tinyurl.com/5cdwvjvz>

Mathers G. (n.d.). *Job Knowledge 82*. TWI-Global.

<https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/welding-consumables-part-1-082>

PalveluPisara Oy. (n.d.). Hoksu.

<https://hoksu.fi/>

Pemamek. (2023a). PEMA assembly and welding station. Haettu 6.8.2025 osoitteesta

<https://pemamek.com/assembly-station/>

Pemamek. (2023b). PEMA Column and Boom Welding Manipulators. Haettu 6.8.2025 osoitteesta

<https://pemamek.com/pema-column-booms/>

Pemamek. (2023c). PEMA Hitsauskäsittelypöydät. Haettu 6.8.2025 osoitteesta

<https://pemamek.com/fi/hitsauskasittelypoydat/>

Pemamek. (2023d). PEMA Hitsaus- ja tuotantoautomaattioratkaisut. Haettu 6.8.2025 osoitteesta

<https://pemamek.com/fi/>

Pemamek. (2023e). PEMA rullastot. Haettu 6.8.2025

<https://pemamek.com/fi/rullastot/>

Pemamek. (2023f). PEMA WeldControl series. Haettu 7.8.2025

<https://pemamek.com/welding-solutions/weldcontrol-series/>

TwI-Global. (n.d.). *What is forge welding?*

<https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-forge-welding>

## Liite 1. Kysely

### Pema-laitteiden käyttö ja tuki

Kyselyllä kerätään tietoa ammattikorkeakoulun opinnäytetyötä varten. Tarkoituksena on kartoittaa yleisimpien PEMA-laitteiden dokumenttien ja laitteiden käytön suhdetta toisiinsa. Vastauksia käsitellään anonyymisti ja ne hävitetään opinnäytetyön valmistuttua.

\* Pakollinen

\* Lomake tallentaa nimesi. Kirjoita nimesi.

### Perustiedot

Millä osastolla työskentelet? \*

- Huolto
- Prosessi
- Testaus

Oletko käyttänyt Pema-laitteita asiakkaan tiloissa luovutuksen jälkeen? \*

- Kyllä
- En

## Dokumentit

Tarkoitus on paikallistaa dokumenttien paikkansapitävyys ja käytettävyys.

Oletko tutustunut luovutettujen laitteiden mukana toimitettuihin dokumentteihin kuluneen vuoden aikana? \*

Kyllä

En

Oletko havainnut dokumenteissa puutteita, jotka ovat vaikuttaneet asiakkaan edustajien tai sinun työn suorittamiseen? \*

Kyllä

En

Valitse missä dokumenteissa olet havainnut puutteita?

Ohjekirjat

Tekniset piirustukset

Kaaviot

## Ohjekirjat

Vastasitko 5. kysymyksessä Ohjekirjat kohtaan? \*

Kyllä

En

Oletko kohdannut tilanteen, jossa laitteen käytön kannalta olennainen seikka on jäänyt selostamatta ohjekirjassa? \*

Kyllä

En

Olisiko asiakaskäynniltä vältytty, jos laitteen ohjekirja olisi kattavampi? \*

Kyllä

Ei

Oletko tehnyt laitteen toimintoja kuvaavia lisäsivuja ohjekirjaan asiakkaalle? \*

Kyllä

En

Olen teettänyt muilla

Esittele esimerkkitapaus laitteen toiminnosta, jota ei ole kuvailtu dokumenteissa. \*

Kirjoita projektin nimi, laite ja seuranneet toimet ongelman ratkaisemiseksi.

Kirjoita vastaus

## Tekniset piirustukset

Piirustusten puutteiden selvitys

Vastasitko 5. kysymyksessä Tekniset piirustukset kohtaan? \*

Kyllä

En

Oletko kohdannut teknisissä piirroksissa enemmän virheitä vai puutteita?

Virheitä

Puutteita

Esittele esimerkkinä virheitä tai puutteita.

Kirjoita projektin nimi, laite ja seuranneet toimet ongelman ratkaisemiseksi.

Kirjoita vastaus

## Kaaviot

Paineilma-,hydrauliikka-, sähkö- ja väyläkaavioiden puutteiden selvitys.

Vastasitko 5. kysymyksessä Kaaviot kohtaan? \*

Kyllä

En

Oletko kohdannut kaavioissa enemmän virheitä vai puutteita?

Virheitä

Puutteita

Esittele esimerkkinä virheitä tai puutteita.

Kirjoita projektin nimi, laite ja seuranneet toimet ongelman ratkaisemiseksi.

Kirjoita vastaus

## Loppusanat

Kirjoita vapaasti laitteiden käytettävyyttä vaikeuttavista asioista.

Esittele esimerkkinä yleisiä virheitä tai puutteita toimitetuissa dokumenteissa, jotka hankaloittavat sinun työskentelyäsi.

Kirjoita vastaus

Koetko osassa aiempien kysymysten vastausten pohjalta laaditun datan esittämisen johtavan muutokseen? \*

---

---

Tämä ei ole Microsoftin luomaa tai suosittelemaa sisältöä. Lähettämäsi tiedot lähetetään lomakkeen omistajalle.

## Liite 2. Esitys

pemamek.com

# PEMA-tuotteiden dokumentaatio

Kyselyn analyysi

PEMAMEK

pemamek.com

## Kyselyn tarkoitus

-MsForms kysely luotu marraskuun alussa, kohderyhminä  
Prosessi-,Huolto- ja Testausosasto.

-Kysely ollut auki 14.11.-25 asti.

-Kyselyn tarkoitus selvittää dokumenttien piileviä puutteita ja  
etsiä parannuskeinoja.

-Vastaajat säilyvät anonyymeinä.

PEMAMEK

pemamek.com

# PEMA-tuotteiden dokumentaatio

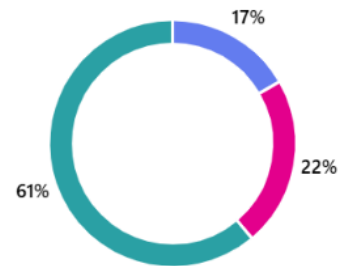
Kyselyn analyysi

PEMAMEK

## Osallistuminen

1. Millä osastolla työskentelet?

● Huolto	3
● Prosessi	4
● Testaus	11



- Osallistujien määrä 18 kpl, Keskiarvollinen vastausaika 04:35 min

## Hyödylliset vastaukset

2. Oletko käyttänyt Perna-laitteita asiakkaan tiloissa luovutuksen jälkeen?

# 15

Hyödyllisiä

● Kyllä 16  
● En 2



# 3

Hyödyttömiä

3. Oletko tutustunut luovutettujen laitteiden mukana toimitettuihin dokumentteihin kuluneen vuoden aikana?

● Kyllä 15  
● En 1



## Merkittävät vastaukset

### Karsiutuneiden jälkeiset vastaukset

# 10

Henkilöä kokee  
puutteita

4. Oletko havainnut dokumenteissa puutteita, jotka ovat vaikuttaneet asiakkaan edustajien tai sinun työn suorittamiseen?

● Kyllä 10  
● En 5

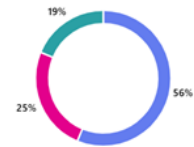


# 5

Henkilöä ei ole  
kohdannut ongelmia

5. Valitse missä dokumenteissa olet havainnut puutteita?

● Ohjekirjat 9  
● Tekniset piirustukset 4  
● Kaaviot 3

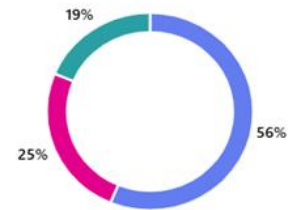


5. Valitse missä dokumenteissa olet havainnut puutteita?

## Analyysi

- 10/18 henkilöä kyselyyn osallistuneista on havainnut ongelmia laitteiden dokumentaatioiden toiminnallisuuteen liittyen.
- Dokumenttien puutteiden focus on selkeästi ohjekirjojen sisällössä vastaajien mielestä

● Ohjekirjat	9
● Tekniset piirustukset	4
● Kaaviot	3



7. Oletko kohdannut tilanteen, jossa laitteen käytön kannalta olennainen seikka on jäänyt selostamatta ohjekirjassa?

● Kyllä 9  
● En 0



## Ohjekirjat

# 9

### Merkintää puutteista

8. Oisiko asiakaskäynniltä välttytty, jos laitteen ohjekirja olisi kattavampi?

● Kyllä 4  
● Ei 5



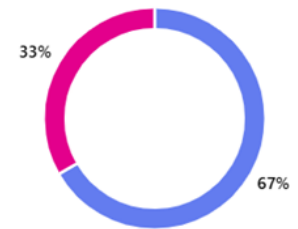
Miltei puolet kokeneet että käynniltä olisi välttytty dokumentaatioiden avulla

# 9

### Olennaisten seikkojen puuttuminen ohjekirjoista

9. Oletko tehnyt laitteen toimintoja kuvaavia lisä sivuja ohjekirjaan asiakkaalle?

● Kyllä	6
● En	3
● Olen teettänyt muilla	0



Ohjekirjoihin tehty lisä sivuja paikanpäällä 6 vastaajan toimesta toimitettuun ratkaisuun

## Kommentteja dokumenteista

### Telakkalaitteet

- " OSW polttimien kalibrointi, SMWP polttimien kalibrointi"
- " OSW Infeed/ outfeed gantryn hidastus- ja pysäytyslasereiden säätöohje"
- " Paneelilinja, puutteelliset ohjeet laitteen kalibrointiin, Nollapiste"

### Tornit/koontiasemat/rullastot

- " Tornin tiltin kalibrointi. Yleisesti erilaiset kalibroinnit on kuvailtu suppeasti tai niitä ei ole kuvailtu lainkaan."
- " Koontiaseman langattoman kaukosäätimen nappien käytännöntasoinen ohje mitä mistäkin napista oikeasti tapahtuu."
- " AC-Rullaston telien kääntösylintereiden positioenkoodereiden nollaus/preset."
- " WP2-porttaalien liikkeiden kalibroinnit ja komponenttien toimintakuvaukset."

## Kommentteja dokumenteista

**” Nykyisillä ohjekirjoilla laitteita ei kykene käyttämään käytännössä ollenkaan.”**

**” Monesti kirjoitetut ohjeet, varsinkin tarkemmin asioita läpi käyvät, voivat olla monitulkintaisia.”**

**” Miten erilaisia kalibrointeja tehdään. Käyttöohjeissa on kuvailtu esimerkiksi mitä erilaiset virheilmoitukset kertovat, mutta hyvin vähän siitä miten näistä tilanteista selvittäään.”**

**” Ohjeet ei tehty loppukäyttäjän kannalta riittäviksi, vaan asiaan jo perehtyneen perspektiivistä sutaistu ohje, joka olettaa paljon loppukäyttäjän tietotaito-tasosta.”**

Kaava toistuu toiminnankuvausten puutteista ja säätö/kalibrointiohjeiden puutteesta.

Osan puutteista voisi korjata vakioimalla ohjekirjoja, koska projektista toiseen seuraa samat puutteet kirjallisuudessa myös vakiotoiminnoissa. Puutteita korjataan paikanpäällä yksilöllisesti ja usein kiireellä.

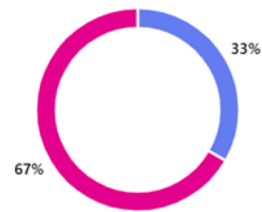
## Tekniset piirrustukset

# 3

12. Oletko kohdannut teknisissä piirroksissa enemmän virheitä vai puutteita?

**Merkintää puutteista**

- Virheitä 1
- Puutteita 2



## Tekniset piirrustukset

# 3

Merkintää puutteista

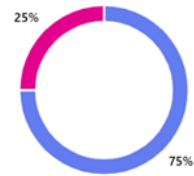
” Uudet revisiot ei toimitettu asiakkaalle.”

” Useissa projekteissa, useissa laitteissa, mittoja puuttuu kierteistä, reiistä, olakkeista, tms, satunnaisesti. Yleensä selviää 3D-mallia tutkimalla, ja joskus hoksun tekemällä saattaa tulla muutos kuviinkin.”

## Tekniset kaaviot

15. Oletko kohdannut kaavioissa enemmän virheitä vai puutteita?

● Virheitä	3
● Puutteita	1



# 4

**Merkintää puutteista**

## Tekniset kaaviot

” Väärä kytkentäkaava hydraulikkaventtiilille.”

” Juurikameran valaistus ei toiminut, Kaaviossa muutettu kytkentää jostain syystä vääräksi, katsoin vanhemman koneen kuvista oikean kaapeli järjestyksen.”

” Muutoksia ei päivitetty tai toiminnan kannalta puutteita.”

”Sähkökuviin ei aina ole päivitetty tehtyjä muutoksia tai lisäyksiä. Hankaloittaa esim. vianhakua tulevaisuudessa.”

# 4

Merkintää puutteista

## Toivoa on

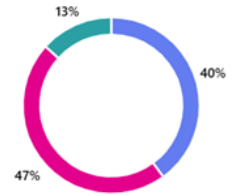
”Vanhoissa toimituksissa (+20 vuotta) dokumentit yleensä puutteellisia.  
Nykyään tilanne parempi.”

## **Viiden vuoden sisään vielä parempi?**

## Toivoa on

18. Koetko osassa aiempien kysymysten vastausten pohjalta laaditun datan esittämisen johtavan muutokseen?

● Kyllä	6
● En	7
● Muu	2



**“Toivottavasti kehitty kokoajan.”**

**“Ehkä, jos yrityksen johtohenkilöt kiinnostuu riittävästi.”**

**Halua kehitykselle on!**

## Dokumentaation parannusehdotuksia

- Dokumenttien tarkastus osaksi vakioitua testausta
- FAT/SAT Ohjekirjojen tarkistuttaminen asiakkaalla
- Piirrosten ja kaavioiden oikeellisuuden valvonta kokoonpanossa, korjauskehoitukset Hoksu-järjestelmän kautta,
- Hyvä asia puutteissa on että ne ovat seurannalla ja tarkkuudella korjattavissa olevia tekijöitä.

THE WELDING AUTOMATION COMPANY

PEMAMEK  
THE WELDING AUTOMATION COMPANY

pema

### Liite 3. Aineistonhallintasuunnitelma



# Opinnäytetyön aineistonhallintasuunnitelma

Opinnäytetyön nimi: Dokumentaation parantaminen hitsausautomaatiotuotteissa

Opinnäytetyön tekijä: Ossi Ojala

## **8 Opinnäytetyön aineiston kuvaus**

Opinnäytetyön aikana tutkitaan kyselytutkimuksen avulla dokumentaatioita. Kyselyn kohteena on asiantuntijat työpaikaltani, joiden kyselyvastaukset ovat opinnäytetyön aineistoa. Analysoitava data on xls-muodossa sekä kyselytyökalun luoma vastauskooste pdf-tiedostona.

## **9 Aineiston tallennus ja säilytys**

Aineisto tallennetaan ja käsitellään opinnäytetyön tekijän omalla salasanalla suojatulla tietokoneella ja kyselyn luontityökalu (MsForms) omalla palvelimella kyselyn päättymispäivään asti. Palvelimelle pääsy on vain kyselyn tekijän tunnuksilla. Aineistoa käsittelee ainoastaan opinnäytetyön tekijä tietoturvakäytäntöjä noudattaen.

## **10 Henkilötietojen ja arkaluonteisten tietojen käsittely**

Tässä työssä ei kerätä eikä käsitellä yksilöiviä henkilötietoja. Työssä esitellyt tiedot lukuunottamatta kyselyvastauksia on julkisesti saatavilla jai ei-salassa pidettävää tietoa.

## **11 Aineiston omistajuus**

Opinnäytetyön tekijä omistaa aineiston ja tulokset opinnäytetyön kirjoituksen aikana sekä työn valmistuttua.

## **12 Pääsynhallinta ja aineiston tuhoaminen**

Tutkimusaineistoa ei luovuteta muiden käyttöön työn valmistuttua. Tekijä säilyttää aineiston tietoturvallisesti vuoden ajan opinnäytetyön hyväksymispäivästä, jonka jälkeen tiedot tuhoaan yleisten tietoturva ohjeiden mukaisesti.

