



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TYÖOHJEET KONEPAJA- TUOTANNOSSA

TEKIJÄ: Iris Rissanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Iiris Rissanen	
Työn nimi Työohjeet konepajatuotannossa	
Päiväys 18.04.2018	Sivumäärä/Liitteet 33
Ohjaaja(t) Jenni Toivanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) LK Porras Oy	
Tiivistelmä Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia työohjeet LK Porras Oy:n päätuotteisiin. Työssä tutustutaan ensin konepajatuotannon valmistusmenetelmiin kuten leikkaukseen, taivutukseen, hitsaukseen ja kuumasinkitys-pintakäsittelyyn. Lisäksi opinnäytetyössä käydään läpi Leanin peruseriaatteita kuten Kaizen ja Kanban sekä kerrrotaan, kuinka hyvät työohjeet tehdään. LK Porras Oy on ottamassa käyttöönsä Lean-ajattelutavan mukaisen toiminnan ja tässä työssä tehtyjen työohjeiden suunnittelussa tämä otettiin huomioon. LK Porras Oy:n toivoi, että työohjeet ovat selkeät ja helposti ymmärrettävät ja sisältävät vähän tekstiä. Työohjeet tehtiin Solid Works ja Microsoft Word -ohjelmistojen avulla. Tulokseksi saatiin LK Porras Oy:n hyväksymät työohjeet, joiden avulla tuotannon työskentelytapoja voidaan yhtenäistää, perehdyttää uusia ja etenkin osa-aikaisia työntekijöitä helpommin työtehtäviin sekä mahdollisesti löytää tuotannon pullonkaulat.	
Avainsanat Työohjeet, Lean, hitsaava tuotanto	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Iiris Rissanen			
Title of Thesis The work instuctons for production			
Date	18.04.2018	Pages/Appendices	33
Supervisor(s) Jenni Toivanen			
Client Organisation /Partners LK Porras Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to create the working instuctons for LK Porras Oy ´s main products. This thesis will introduce the manufacturing methods of the workshop such as cutting, bending, welding and hot-dip galvanizing. Additionally, the thesis goes through the basic principles of Lean, such as Kaizen and Kanban and it explains how good work instructions are made. LK Porras Oy is going to use Lean operating principle, so Lean was taken into account when making the work instructions. LK Porras Oy asked that the working instructions are simple, clear and easy to undestand. The work instructions were made with Solid Works and Microsoft Word. As a result of this thesis LK Porras got the work instuctons which help to harmonize production practices, to familiarise new and especially part time employees more easily with their duties and to find production bottlenecks.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Work instuctons, Lean, welding production</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	OSIEN VALMISTUSTAVAT KONEPAJATUOTANNOSSA.....	6
2.1	Plasmaleikkaus	6
2.2	Taivutus	7
2.3	Hitsaus.....	7
2.3.1	MIG/MAG-hitsaus	7
2.3.2	TIG-hitsaus.....	8
2.3.3	Puikkohitsaus.....	9
2.4	Pintakäsittely: Kuumasinkitys.....	10
3	LEAN KONEPAJATUOTANNOSSA	13
3.1	Työn tehostaminen Lean-toimintatapojen avulla	13
3.1.1	Tehokkuus virtauksen avulla	14
3.1.2	Hukan poistamien Lean-filosofiassa	14
3.1.3	Tuotannon jatkuva parantaminen.....	16
3.2	Lean konepajan organisaatiossa.....	17
3.3	Kanban tuotannonohjauksessa.....	19
4	MIKSI TYÖOHJEITA TEHDÄÄN?	20
4.1	Työohjeet vai menettelytavat?	20
4.2	Työohjeiden teko	22
5	LEAN LK PORRAS OY:SSÄ	24
6	TYÖOHJEET LK PORRAS OY: LLE	25
6.1	Etusivu ja tuotteen nimeäminen.....	25
6.2	Päämittaohje	26
6.3	Hitsaustyöohje.....	27
6.4	Sinkkireikäohje	28
7	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	29
8	TIIVISTELMÄ	30
9	LÄHDELUETTELO.....	31

1 JOHDANTO

Hitsaava konepajatuotanto on kokenut suuria muutoksia. Toimintatavat ovat muuttuneet, tuotanto on tehostunut ja robotiikka on osa jokapäiväistä tehdastyöskentelyä. Kilpailua löytyy kaikilta teollisuuden aloilta. Yrityksen on saatava oma tuotantonsa toimimaan tehokkaasti, jotta se pysyisi muiden perässä. Laadukkailla tuotteilla, nopealla toimitusajalla ja luotettavuudella pienet ja keskisuuret konepajat voivat kilpailla suurien yritysten kanssa.

Tämän opinnäytetyön aiheena on työohjeiden laatiminen erilaisia teräsporttasrakenteita valmistavalle Leppävirralaiselle LK Porras Oy:lle. Työn tavoitteena on nopeuttaa ja yhtenäistää tuotantoa, helpottaa tuotteiden läpimenoajan seurantaa sekä auttaa jatkossa löytämään pullokauloja, jotka voidaan poistaa työohjeita päivittämällä. Lisäksi tavoitteena on kausityöntekijöiden perehdyttämisen helpottaminen.

Opinnäytetyö koostuu kahdesta osasta: teoriasta ja käytännön työstä LK Porras Oy:lle. Teoriaosuudessa käydään läpi tuotantomenetelmiä, kuten hitsausmenetelmien hyötyjä ja haittoja sekä kuumasinkitysprosessi. Lisäksi teoriaosuudessa tarkastellaan Leania konepajatuotannossa ja sen vaikutusta työohjeisiin sekä tutustutaan tarkemmin hyvään työohjeeseen ja kuinka se tehdään. Käytännön osuudessa kerrotaan, kuinka työohjeet tehtiin LK Porras Oy:lle ja kuinka hyvin ne onnistuivat.

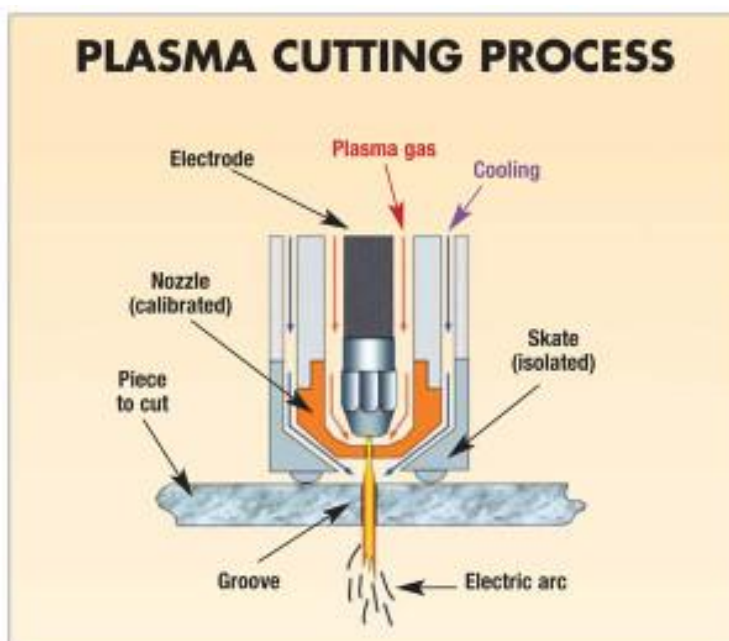
LK Porras Oy on toiminut teräsportaiden valmistajana jo neljäkymmenen vuoden ajan. Yritys on tunnettu Kohoporras Ky ja Haapamäen paja Oy -nimillä. Haapamäen paja Oy markkinoi tuotteita Leppävirran kierreporras nimen alla. Vuonna 2012 yrityksen markkinointia haluttiin yhtenäistää, nimeksi valittiin LK Porras Oy. Päätuotteita ovat kierre- ja suorat teräsportaat, mutta yritys valmistaa myös muita portaisiin liitettäviä teräsrakenteita, esimerkiksi suojakehiä, pyörätuoliliiuskoja sekä huoltotasoja. Suunnittelu on aina asiakaslähtöistä. Lopputuote on aina tilaan sopiva mittatilaustyö, jonka valmistuskuvat asiakas on hyväksynyt ennen tuotannon aloittamista. (LK Porras Oy (a) 2014.) Syksyllä 2017 LK Porras Oy:n tulevaisuus näyttää hyvältä, taloussuhdanne on nousussa, mikä näkyy rakentamisessa ja sitä kautta porrastilausten määrässä. Rakennuttajien kiinnostus yritystä kohtaan kasvaa koko ajan, LK Porras Oy:n tavoitteena onkin laajentaa asiakaskuntaa kansainvälisesti. Yksi tärkeimpiä yhteistyökumppaneita on Kuopion Kuumasinkitys Oy, jossa tuotteet pintakäsittellään vanalla ammattitaidolla. Kuopion Kuumasinkitys Oy:n ammattitaito ja kokemus takaa laadukkaan kuumasinkitynpinnan LK Porras Oy:n tuotteisiin, mikä lisää arvoa niin asiakkaille kuin yritykselle.

2 OSIEN VALMISTUSTAVAT KONEPAJATUOTANNOSSA

Valmistustekniikalla tarkoitetaan menetelmiä, joiden avulla metallista, puusta, muovista tai muista raaka-aineista valmistetaan tuotteita muovaamalla, työstämällä tai liittämällä. Metalliteollisuus hyödyntää yhä useammin levyistä valmistettujen osien käyttömahdollisuuksia. Kohonneet materiaalikustannukset pakottavat etsimään vaihtoehtoja perinteisille valmistustekniikoille, esimerkiksi valamiselle ja lastuamiselle, mihin levyntyöstö on tarjonnut monipuolisen ja joustavan vaihtoehdon. (Kauppinen 2009, 8.) Tässä luvussa käydään läpi plasmaleikkaus, taivutus, yleisimmät hitsausmenetelmät sekä kuumasinkitys pintakäsittelymenetelmänä.

2.1 Plasmaleikkaus

Leikkaus on yleisnimitys irrottamiselle, lävistämiselle ja muille leikkausmenetelmille. Leikkaus on konepajatuotannossa ensimmäinen työvaihe, minkä jälkeen leikatut osa ovat käyttövalmiita tai tarvitsevat vielä erilaisia muovaavia menetelmiä, kuten taivutuksen. (Aromäki 1985, 252.) Plasmaleikkaus saa nimensä aineen olomuodosta, jossa atomit ovat luovuttaneet elektroneja eli ionisoituneet. Korkea lämpötila ja sähkönjohtavuus muodostavat plasmatilan. Plasmaleikkaus kuuluu siten termiseen leikkausprosessiin ja se sopii kaikkien sähköä johtavien metallien leikkaukseen. Leikkauksessa anodina toimivan työkappaleen ja katodina toimivan plasmasuuttimen sisällä olevan elektronin väliin syntyy valokaari. Valokaaren tuottaman lämmön avulla metalli saadaan sulamaan. Leikkaus tapahtuu, kun leikattava metalli sulaa ja osittain myös höyrystyy plasmakaaren korkeassa lämpötilassa. Lopulta metallisulaan muodostuu reikä. Kuva 1. kuvastaa plasmaleikkauksen reiän polttamisvaihetta. Kun reikä läpäisee materiaalin paksuuden, voidaan plasmasuutinta liikuttaa ja leikata halutun muotoinen ja kokoinen kappale. Leikkauksessa syntyvä kaasuvirtaus poistaa metallisulan leikkaurilosta. (Ionix (b) 2017.) Erilaisilla leikkausmenetelmillä on erilaiset hyödyt ja haitat. Plasmaleikkauksen huomioitavat asiat ovat kirjattu taulukkoon 1.



Kuva 1. Plasmaleikkauksen prosessi, missä valokaari on sulattanut leikattavaan työkappaleeseen reiän ja plasmasuutinta voidaan alkaa liikuttamaan (AdvisorGarageTool 2017).

Taulukko 1. Plasmaleikkauksen edut ja haitat (Ionix (b) 2017; Aromäki 1985, 265-266).

Plasmaleikkauksen edut	Plasmaleikkauksen haitat
Soveltuu kaikille sähköjohtaville teräsmateriaaleille, myös alumiinille	Leikkausrailo on leveä
Pienet muodonmuutokset	Ei paras mahdollinen valinta tarkoille yksityiskohdille
Hyvä leikkausnopeus alle 30 mm ainevahvuuksilla	Laitteiston hinta korkea käytettäessä useampaa poltinta, koska jokainen poltin vaatii oman virtalähteen
Ei esilämmitystarvetta	

2.2 Taivutus

Taivutus eli särmäys on yksi levytuotteiden muovaamistavoista. Taivutukselle asetetut vaatimukset, kuten korroosion kestävyys, lujuus ja ulkonäkö edellyttävät suunnittelijalta tietämystä levytuotteiden käyttäytymisestä ja taivutusmenetelmien mahdollisuuksista. Yleisimmin taivutus tehdään koneellisesti särmäyspuristimella, mutta myös erilaisia taivutus- ja pyöristyskoneita löytyy konepajoista. Särmäyspuristimella taivutettaessa yleensä alatyökalu eli alavastin pysyy paikoillaan ja ohutlevy asetetaan takavastetta vasten, minkä jälkeen ylätyökalu ajetaan alas. Särmäyspuristimen voiman vaikutuksesta levy taittuu ja syntyy pysyvä plastinen muodonmuutos. Särmäyksessä kappaleen poikkileikkaukseen syntyy vain pieniä muodonmuutoksia. Särmäys vaatii erityistä tarkkuutta, sillä kappaleen pienikin liikahtaminen ennen ylävasteen alasajoa, voi aiheuttaa suuria mittamuutoksia valmiiseen kappaleeseen. Särmäyspuristimia löytyy taivutusvoiman mukaan 100 - 25 000 kN ja särmäyspituuden mukaan 1 - 10 m -luokkia. Konepajan käyttötapa ja -tarkoitus määrittelevät sopivan koneen. Särmäyspuristimen työkalut ovat usein suurikokoisia ja kalliita. Oikeat taivustustyökalut ovat kuitenkin avainasemassa onnistuneessa särmäyksessä ja tehokkaassa särmäysnopeudessa. (Aromäki 1985, 268-270.)

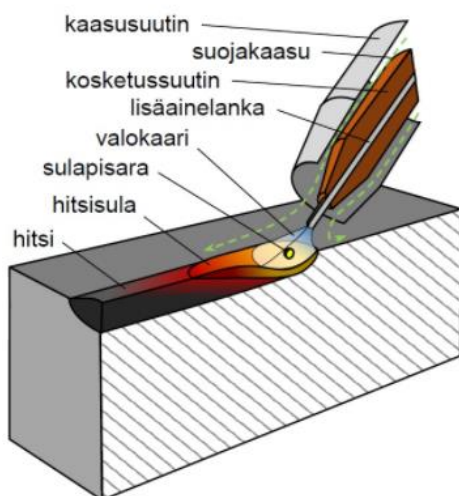
2.3 Hitsaus

Hitsauksella tarkoitetaan osien liittämistä toisiinsa lämmön ja/tai puristuksen avulla siten, että osat muodostavat yhtenäisenä jatkuvan kappaleen hitsauksen jälkeen. Hitsauksessa lämmönlähteenä voidaan käyttää sähkövirtaa, liekkiä, elektronisuihkua tai lasersädettä. Avuksi voidaan myös ottaa lisäaine, jonka sulamislämpötila on sama tai lähes sama perusaineen kanssa. Sulan lisäaineen ja perusaineen tuloksena on railopintaan jähmettyvä hitsisula. Lisäaineella vaikutetaan myös hitsin ominaisuuksiin. Hitsaustapahtuma täytyy suojata, sillä hapella ja työllä on haurastava vaikutus hitsiin. Suoja-aineen valinta vaihtelee eri hitsaustavan mukaan. (Esab (a) 2017; Hitsikauppa 2017.)

2.3.1 MIG/MAG-hitsaus

Metallikaasukaarihitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa metallisen lisäainelangan ja hitsattavan osan eli työkappaleen välillä. Langansyöttölaite syöttää tasaisella nopeudella lisäainelankaa hitsauspistoolin lävitse valokaareen (kuva 2). Lisäainelangan liikkuessa kohti työkalupaletta, valokaaren lämpö sulattaa sen, jolloin sulanut metalli siirtyy hitsisulaan pisaroina (Ionix (a)

2017.) Hitsaustapahtumaa suojaa suojakaasu, mikä voi olla aktiivinen tai inerttinen. Aktiiviset suoja-kaasut ovat usein hiilidioksidin ja argonin kaasuseoksia, hapen ja argonin kaasuseoksia tai hapen, argonin ja hiilidioksidin kaasuseoksia. Myös puhdas hiilidioksidi toimii aktiivisena suojakaasuna. Kun hitsauksessa käytetään aktiivista suojakaasua, kyseessä on MAG (Metal Activ Gas) -hitsausprosessi. Inerttiset eli reagoimattomat suojakaasut ovat argonia tai heliumin tai argonin kaasuseoksia. Inerttisen suojakaasun hitsausmenetelmästä käytetään nimitystä MIG (Metal Inert Gas) -hitsaus. Koska hitsausmenetelmän valinta riippuu hitsattavan kappaleen materiaalista, olosuhteista ja kannattavuudesta, on hyvä pohtia hitsausmenetelmän etuja ja haittoja ennen valintaa. (Ionix (a) 2017; Mustokangas ja Tikkanen 1994, 18-19.) Taulukkoon 2. on koottu MIG/MAG hitsauksen etuja ja haittoja.



Kuva 2. MIG/MAG-hitsauksen periaatekuva (Ionix (c) 2017).

Taulukko 2. MIG/MAG hitsauksen edut ja haitat (Ionix (a) 2017; Mustokangas ja Tikkanen 1994, 18-19).

MIG/MAG-hitsauksen edut	MIG/MAG-hitsauksen haitat
Lisäaine ei muodosta kuonaa	Arka tuulelle ja vedolle
Hitsaus on mahdollista kaikissa asennoissa	Rajoitettu ulottuvuus ja pieni luoksepäästävyys
Hyvä tuottavuus	Hitsauslaitteiston huoltotarve
Hitsausarvojen laaja säädettävyys	Laitteisto herkkä häiriöille
Mahdollisuus myös automatisointiin	Rajoitettu liikuteltavuus

2.3.2 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus kuuluu kaasukaarihitsausmenetelmiin. Nimen lyhenne tulee sanoista Tungsten Inert Gas Welding, suomeksi volframi-inerttikaasukaarihitsaus. TIG-hitsauksessa passiivinen suojakaasu ympäröi valokaaren, joka palaa sulamattoman elektrodin ja työkalun välillä. Hitsauskohta sulaa valokaaren tuottamasta lämmöstä muodostaen hitsisulaa, johon mahdollisesti tarvittava lisäaine tuodaan erikseen. Lisäaineen tarve riippuu hitsattavan kappaleen materiaalista. Passiivisen suojakaasun tehtävänä on suojata hitsisulaa ja elektrodia ympäröivän ilman vaikutukselta. Yleisimmin TIG-hitsausta käytetään alumiinin ja ruostumattoman teräksen hitsauksessa. Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen hitsauksessa TIG-hitsausta käytetään muun muassa silloin, kun hitsille on asetettu

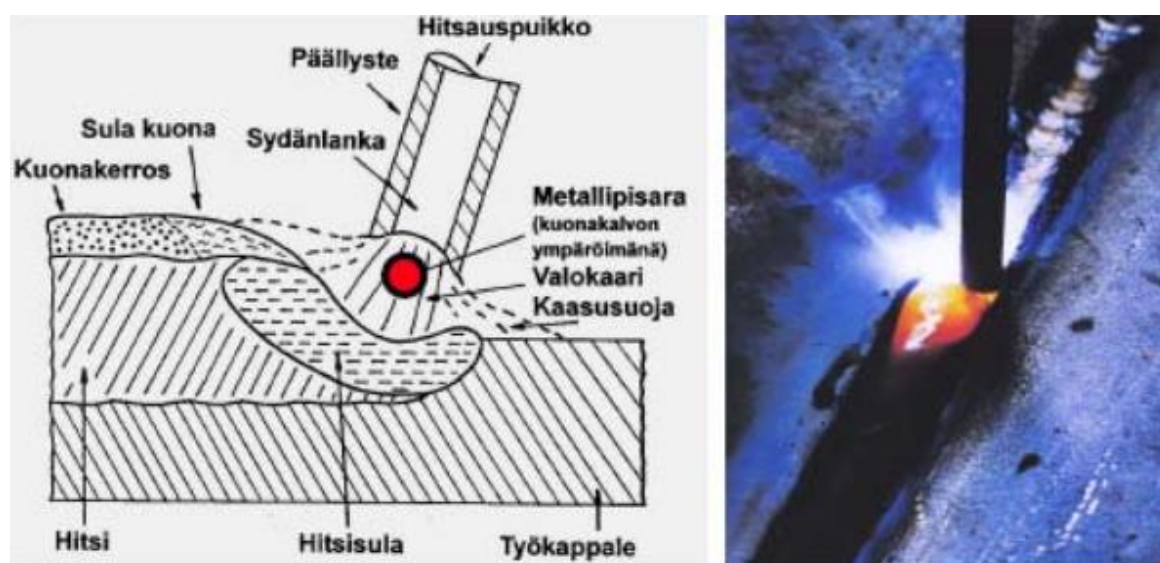
mahdollisimman suuret laatuvaatimukset, esimerkiksi paineputkien hitsauksessa. (Hyssy ja Mikkola 1994, 52.) Taulukkoon 3. on kerätty TIG-hitsauksen etuja ja haittoja.

Taulukko 3. TIG-hitsauksen edut ja haitat (Hyssy ja Mikkola 1994, 53).

TIG-hitsauksen edut	TIG-hitsauksen haitat
Sopii erinomaisesti vaativien kohteiden hitsaukseen	Hitsausprosessi on arka ympäristötekijöille, kuten vedolle ja epäpuhtauksille
Alumiinin, ruostumattoman teräksen sekä erikoismetallien hitsaus	Hitsausnopeus on hidas
Ohutlevyhitsaus	Prosessi vaatii tarkkuutta ja ammattitaitoa
Hitsi on erittäin korkealaatuinen	
Erittäin hyvä sulan ja tunkeuman hallinta, mistä syntyy kaunis ja hyvän muotoinen hitsi	
Ei kuonaa, hitsaustapahtuma on nähtävissä	
Ei roiskeita, jälkikäsittelyn tarve on pieni	

2.3.3 Puikkohitsaus

Puikko- eli metallikaarihitsauksessa lisäaineena toimii päällystetty hitsauspuikko, joka sulaa valokaaren lämmöstä. Valokaaren lämpö sulattaa myös puikon päällysteen ja tästä syntyvät kaasut muodostavat päällysteen kanssa kuonaa (kuva 3), mikä suojaa sulassa tilassa olevaa hitsiä. Hitsauspuikon päällyste voi olla emäs-, rutiili- tai hapanpäällysteinen. Hitsattavan teräksen seos määrää käytettävän päällysteen: seostamattomien ja niukkaseoksiset terästen hitsaukseen käytetään emäspäällysteisiä. Ruostumattomien terästen hitsauksessa puolestaan rutiilipäällysteisiä hitsauspuikkoja. (Torkkola 1994, 5,9-10.) Taulukkoon 4. on koottu puikkohitsauksen etuja ja haittoja.



Kuva 3. Puikkohitsauksen periaatekuva (Salmikangas 2015).

Taulukko 4. Puikkohitsauksen edut ja haitat (Esab (b) 2017; Torkkola 1994, 10).

Puikkohitsauksen edut	Puikkohitsauksen haitat
Joustavuus ja monipuolisuus	Eri puikonvalmistajien hitsauspuikot voivat erota hitsausominaisuuksiltaan erittäin paljon
Toimivuus eri olosuhteissa	Emäspäällysteiset puikot ovat arkoja kosteudelle, jolloin hitsiin syntyy heikentäviä huokosia
Hyvä hitsin laatu	Rutiilipuikkojen hitsiaine on runsasvetyistä, joten iskuominaisuudet ovat vaatimattomat
Laaja lisäainevalikoima	Hitsauspuikot menevät vanhaksi tietyssä ajassa
Helposti liikuteltavat ja yksinkertaiset laitteet	Huono mekanisoitavuus
	Huono tuottavuus
	Hitsauskulma on tarkka
	Haastava löytää osaajia verrattuna MAG-hitsaukseen

2.4 Pintakäsittely: Kuumasinkitys

Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen heikkoutena on huono korroosionkestävyys. Tämä on erityinen ongelma ulkoilman rasitukselle joutuville teräskomponenteille. Sinkin suojaava vaikutus syntyy sähkökemiallisesta käyttäytymisestä raudan kanssa. Epäjalompi sinkki liukenee korrodoivissa olosuhteissa ja teräksen rauta pysyy koskemattomana. Kuumasinkityt tuotteet kestävät olosuhteiden vaihdokset ja kappaleen pinta on parempi pidempään, sillä sinkin liukeneminen luonnollisissa olosuhteissa vie vuosikausia. (Teräksenjalostajat 2014.)

Kuumasinkittävät komponentit niputetaan häkkeihin tai rautalankoihin, joiden avulla ne nostetaan suolahappoliuokseen (kuva 4) puhdistumaan ruosteesta ja muista epäpuhtauksista 2-12 tunnin ajaksi. Suolahappokäsittelyn jälkeen tuotteet huuhdellaan vedellä ja siirretään juoksutealtaaseen. Juoksutealtaassa (kuva 5) teräksen pintaan tulee suojaava suolakerros, mikä estää teräksen hapettumisen ennen sinkkikylyä. (Suomen kuumasinkitsijät ry. 2008; Leskinen 2017.)



Kuva 4. Suolahappoallas (Rissanen I. 2017). Kuva 5. Juoksutealtaat (Rissanen I. 2017).

Huuhtelun jälkeen komponentit nostetaan sinkkipadan päälle kuivumaan ennen upottamista 450 °C asteiseen sulaan sinkkiin. Kun osat nostetaan sinkkipadasta, sulan sinkin pintaa ”melotaan” samalla puhtaaksi (kuva 6). Sinkkipadan pinnan tulee olla puhdas epäpuhtauksista, esimerkiksi tuhkasta, sillä ne jäävät nostettavaan kappaleeseen kiinni. Tämän sinkitysvaiheen lopputulos on riippuvainen sinkkirei’istä (kuva 7). Tuotteessa tulee olla sinkkireiät ala- ja yläpäässä. Alareikien kautta kappale täyttyy sinkillä ja yläreiästä sinkki pääsee valumaan pois nostettaessa sinkkipadasta. Myös ilma ja raudasta irtoava tuhka poistuvat sinkkireikien kautta. Mikäli osassa ei ole sinkkireikiä, kappale jää kellumaan sinkkiin ilmataskujen takia ja palaa pilalle. ”Pahimmassa tapauksessa esimerkiksi rei’ittämätön umpiputki voi jopa räjähtää”, Kuopion Kuumasinkityksen Leskinen (2017) toteaa. Liian pienestä sinkkireiästä sinkki ei pääse kunnolla valumaan pois, joten reiän tulisi olla vähintään 14 mm. Kuumasinkittävän kappaleen muodosta riippuen sinkkireikiä voi olla useita. (Leskinen 2017.)



Kuva 6. Kuumasinkityt osat nostetaan sinkkipadasta sulan sinkin pintaa samalla meloen (Rissanen I. 2017).



Kuva 7. Sinkkireikä pinnakaiteen pinnassa (Rissanen I. 2017).

Myös kappaleiden koko vaikuttaa sinkitysprosessiin. ”Mikäli kappale on liian iso, se nousee pintaan liian nopeasti, eikä sinkityksen lopputulos ole hyvä. Kappale voidaan sinkata myös kahden upotuksen taktiikalla, mutta sekään ei ole ihannetilanne, koska sinkkiroiskeita syntyy enemmän”, Kuopion

Kuumasinkityksen työnjohtaja Rissanen M. (2017) kertoo. Sinkkipadasta nostettujen osien annetaan jäähtyä ennen viimeistelyä. Sinkkihiikit sekä tuhka poistetaan ja tarkastetaan, ettei kappaleeseen ole tullut epätasaisia pintoja tai muita virheitä (kuvat 8 ja 9). Siistimisen jälkeen suoritetaan sinkkipinnoitteen paksuusmittaus standardin SFS-EN ISO 2178 mukaisesti. (Leskinen 2017; Rissanen M. 2017.) Teräksen Si-pitoisuus ja upotusaika vaikuttavat sinkkipinnoitteeseen, kerrospaksuus vaihtelee 60-150 mikrometriin. (Suomen kuumasinkitsijät ry. 2008).



Kuva 8. Sinkki valumia (Rissanen I. 2017).



Kuva 9. Kuumasinkityt verkkorutilät (Rissanen I. 2017).

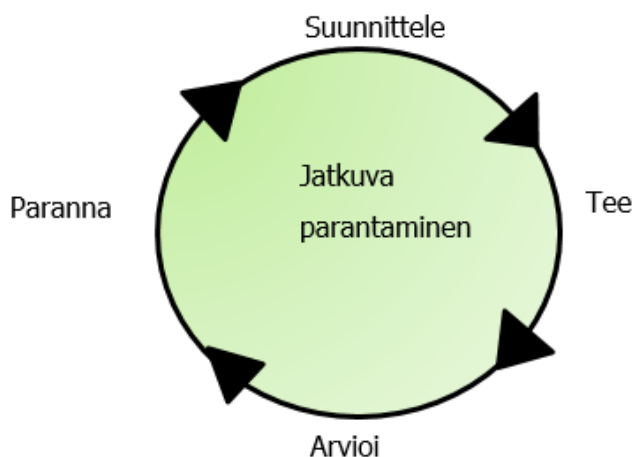
3 LEAN KONEPAJATUOTANNOSSA

Usein konepajatuotannossa uskotaan, että hallin kallein kone tuottaa yrityksen tuloksen, mutta näin ei ole. Mikäli kone toimii hyvin, mutta henkilötyövoimalta puuttuu selvät toimintatavat ja tieto valmistettavista tuotteista, ei kalleinkaan laite tuo yritykselle voittoa. Leanin avulla konepajatuotantoa saadaan selkeytettyä, työ- ja toimintatapoja yhtenäistettyä sekä lisättyä arvoa niin yritykselle, työntekijöille kuin asiakkaille. Leanin työkalujen ottaminen käyttöön tuotannossa on helpompaa kuin ihmisten ajattelutavan muuttaminen Lean-periaatteiden mukaiseksi. Tämä on yksi Leanin kompastuskivistä yrityksille; Lean on käytössä, mutta ei hallussa. (Liker 2004, 7-8.)

3.1 Työn tehostaminen Lean-toimintatapojen avulla

Lean tuli tutuksi kirjasta *Machine That Changed The World*, jossa kuvataan Toyotan autotehtaiden tuotannon kehittämistoimenpiteitä Yhdysvalloissa. Yksinkertaisesti Lean perustuu kahteen periaatteen (Tuominen 2010, 5):

1. Materiaalien, tiedon ja tuotteiden keskeytymätön virtaus kaikissa yrityksen prosesseissa.
2. Johtoporras on sitoutunut kouluttamaan työntekijöitä ja investoimaan tuotannon parantamiseen. Yrityksen tavoitteena on tuottaa arvoa asiakkailleen ja itselleen, mikä näkyy läpimenoajassa joko arvoa lisäävänä tai sitä vähentävänä vaikutuksena. Läpimenoajan ja arvon lisääntymisen suhdetta kutsutaan virtaustehokkuudeksi, jolla voidaan arvottaa tuotteet ja työt yrityksen sisällä sekä löytää työvaiheet, joissa aikaa kuluu muuhunkin kuin arvon lisäämiseen. Virtauksen avulla pyritään siihen, että raaka-ainesta valmiisiin tuotteisiin kuluvan ajan lyhentäminen johtaa pienempiin kustannuksiin, parempaan laatuun sekä lyhentää toimitusaikaa. Toimivan virtauksen avulla muita Lean-työkaluja saadaan otettua käyttöön. (Liker 2004, 88.) Lisäksi on mahdollista löytää hukka eli kaikki arvoa tuottamaton toiminto, mikä on mahdollista poistaa pienellä vaivalla ja investoinneilla. Näistä syntyy Leanin kulmakivi, missä virtausta parannetaan ja hukkaa poistetaan jatkuvasti. Tämä jatkumo tunnetaan Demingin ympyränä (kuvio 1). (Sixsigma 2017; Logistiikan maailma 2017.)



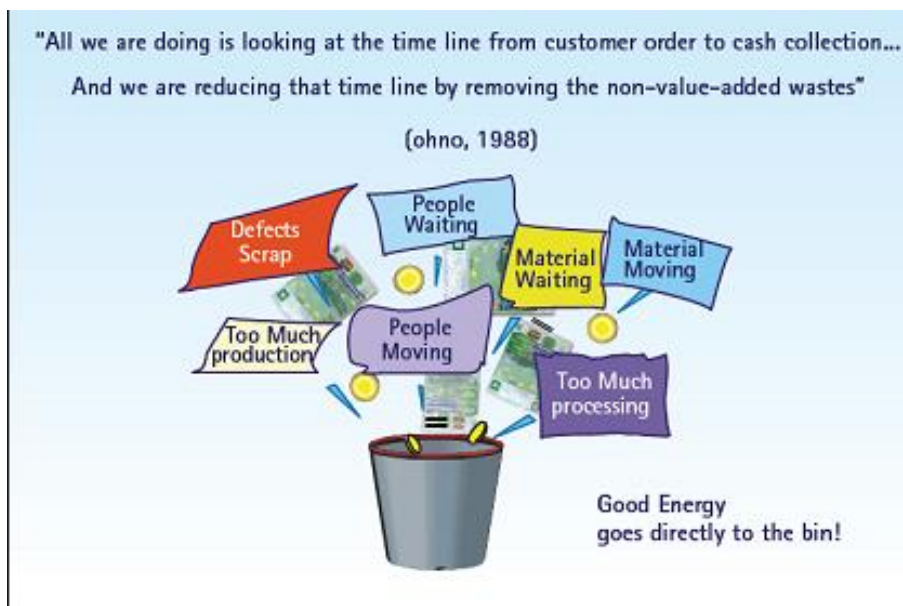
Kuvio 1. Demingin ympyrä.

3.1.1 Tehokkuus virtauksen avulla

Oikein Lean-filosofian ymmärtäneen konepajan tuotannon virtauksessa laatu on sisäänrakennettua. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen työntekijä on laadun tarkastaja ja työskentelee ratkaistakseen jo olemassa olevia ongelmia ja ehkäistäkseen uusien syntyä omassa työpisteessään. Mikäli ongelmaa tai vikaa ei havaita syntyvaiheessa, se huomataan seuraavilla työpisteillä, eikä asiakkaalle päädy viiallista tuotetta. Leanissa todellinen joustavuus tarkoittaa sulavaa tuotantolinjaa, jossa läpimenoaika on lyhyt. Asiakkaan vaatimukseen jää enemmän aikaa reagoida ja tehdä muutoksia. Joustavuus lisää myös mahdollisuuksia muokata tuotantolinjaa tilauskannan mukaan. Joustavuus on myös yksi edellytys jatkuvalle virtaukselle. Jatkuva virtaus parantaa tuottavuutta, kun konepajan operatiot organisoitetaan konepajan eri solujen eli työpisteiden mukaan. Jokaisesta solusta voidaan mitata niin laitteiden kuin ihmisten tekemän työn arvo. Toimivassa virtauksessa on vähän lisäarvoa tuottamattomasta toimintaa, kuten materiaalien turha käsittely. Lisäarvoa tuottava työ on helppo huomata ja laskea työpistekohtaisesti, minkä jälkeen voidaan selvittää, kuinka monta työntekijää tarvitaan vaaditun tuotannonopeuden saavuttamiseksi. Toimiva virtaus parantaa turvallisuutta. Pienempien tavaraerien siirtely on helpompaa ilman isoja trukkeja ja esimerkiksi nostelun aiheuttamat onnettomuuden vähenvät. Lisäksi virtaus pienentää varastokustannuksia. Aikaisemmin varaston ylläpitoon sijoitetut kulut ja varastoitujen raaka-aineiden arvo vapautuvat ja siten pääomaa on mahdollista sijoittaa muihin investointeihin. (Liker 2004, 95-96.)

3.1.2 Hukan poistamien Lean-filosofiassa

Yksi Leanin pääperiaate on hukan poistaminen. Tuotannossa arvo muodostuu toiminnoista. Toiminta voi olla koneen tai laitteen tekemää, työasemalla tapahtuvaa toimintaa tai työpiste, jossa tuotettava tuote valmistuu. Kokonaisjaksoaika tai läpimenoaika alkaa, kun asiakas tilaa tuotteen ja loppuu, kun asiakas saa tuotteensa. Leanin tavoite läpimenoajassa on vähentää ei arvoa lisäävää aikaa, mikä onnistuu hukan poistolla. Näitä seitsemää hukkaa kutsutaan myös japaninkielisellä yleisnimityksellä muda. Jotta hukkaa voidaan poistaa, on ensin tiedettävä, missä sitä useimmiten syntyy. (SixSigma 2006.) Yli tuotantoa syntyy helposti, kun tuotteita tehdään varmuuden vuoksi varastoon tai ilman, että asiakas on tilannut tuotetta. Yli tuotanto kuluttaa turhaan resursseja viemällä varastotilaa, kuluttamalla turhaan pääomaa sekä teettämällä turhaa työtä tuotannon henkilöstöllä. Yli tuotannon seurauksena syntyy muita hukkia (kuva 10), joita on vaikea huomata yli tuotannon ylitse. Viivästykset ja odottaminen eivät lisää arvoa tuotteelle, yritykselle eikä loppuasiakkaalle. Usein pullonkaulat prosessissa, laite- ja konehäiriöt sekä työkalujen ja materiaalin puute ovat viivästysten ja odottamisen aiheuttajia. Materiaalien, osien ja valmiiden tuotteiden siirtely varastosta pois ja takaisin ei lisää tuotteen arvoa, tämä on niin sanottua turhaa kuljettamista. Myös ihmisen toiminta, esimerkiksi liikkuminen työpisteiden välillä, kurkottelu ja työkalujen etsiminen lasketaan hukaksi. Ylikäsittelyllä tarkoitetaan turhia asioita asiakkaan kannalta, mikä voi olla tarpeetonta hiomista, pintakäsittelyä, tekemistä väärillä työkaluilla ja puutteellista suunnittelua. Ylikäsittelyä voi syntyä myös, jos työstettävässä kappaleessa on tarpeettoman tarkat toleranssit. (Lean manufacturing tools 2017; Arrow 2016.)

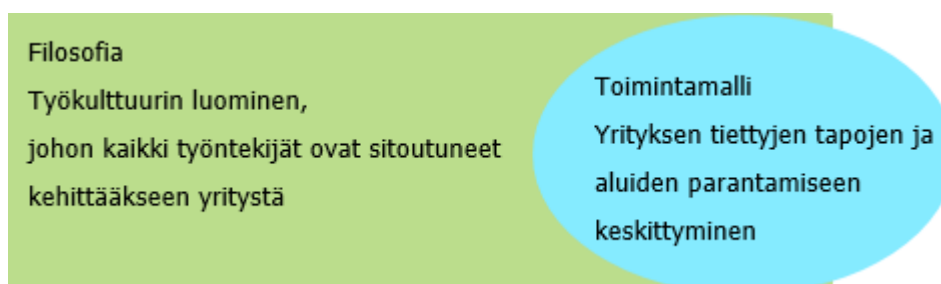


Kuva 10. Aikaa hukataan arvoa lisäämättömaan toimintaan, eli seitsemään mudaan (KII 2016).

Tarpeettomat varastot, suuret eräkoot, ylimääräinen materiaali, valmiiden tuotteiden pitkäaikainen varastointi ja keskeneräinen tuotanto kuluttavat resursseja (Liker 2004, 114). Liiallinen tavaran paljous vaikeuttaa muiden ongelmien havainnointia, hidastaa läpimenoaikaa ja kasvattaa kustannuksia. Tarpeettomat varastot voivat estää havaitsemasta tavaran myöhästyneitä toimituksia, tuotannon viiveitä ja pitkittyneitä asetus- ja tuotantoaikoja sekä vikatilanteita. Laatuvirheiden korjaaminen tai uuden tuotteen tekeminen viallisen tilalle aiheuttaa turhaa työskentelyä. Korjaaminen lisää materiaalien kulutusta sekä kuluttaa kapasiteettia niin tuotannossa, asiakaspalvelussa reklamaation käsittelynä kuin myös suunnittelussa, mikäli vika on syntynyt jo suunnitteluvaiheessa. Leanin muda-hukkaan voidaan lisätä myös kahdeksas hukka, mikä käsittää työntekijöiden huomiotta jättämisen. Usein työntekijöiden luovuutta, taitoja tai muuta osaamista ei käytetä kunnolla hyödyksi, vaikka sillä olisi selvästi arvoa nostava vaikutus. Usein myös työntekijöiden parannusehdotukset tuotannon toiminnassa tai tuotteen suunnittelussa jäävät arvoa vaille. (Lean manufacturing tools 2017; Arrow 2016.) Mudan lisäksi Lean tuntee myös muran ja murin aiheuttamat hukat. Muda, muri ja mura ovat yhteydessä toisiinsa: poistamalla yhden, saadaan myös muutkin poistettua. Muralla tarkoitetaan epätasapainoa missä tahansa tuotannon toiminnassa, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi epätasaista työtahtia. Mura onkin oire, ei syy. Muraa voidaan poistaa kiinnittämällä huomiota työn tahtiin ja avun antoon. Murilla tarkoitetaan ylikuormitusta, mikä aiheutuu usein liiallisista vaatimuksista työvoimaa, niin ihmisiä kuin laitteita, kohtaan sekä liian tiukoista aikatauluista. (Lean Enterprise Institute (a) 2017.)

3.1.3 Tuotannon jatkuva parantaminen

Lean-filosofian yksi kulmakivistä on jatkuva tuotantoprosessien parantaminen, mikä tunnetaan japanin kielisellä termillä Kaizen. Yrityksen kaikki työntekijät ottavat osaa jatkuvaan parantamiseen. Toimintasuunnitelmana Kaizen keskittyy yrityksen tiettyjen alueiden ja toimintojen parantamiseen. Kaizen on myös filosofia työkuulttuurin rakentamisesta, johon kaikki työntekijät ovat sitoutuneet. Todellisissa Lean-yrityksissä Kaizen kehittyy luonnolliseksi ajatustavaksi johtoryhmästä työntekijöihin asti. Koska Kaizenin toimintasuunnitelma on sama kuin sen filosofia, yrityksen on helppo omaksua Kaizen ajattelutapana (kuvio 2), mikäli se tuodaan yritykseen johdonmukaisesti ja pysyvästi. (Olofsson 2014; Vorne 2017.)



Kuvio 2. Kaizenin-filosofia ja toimintamalli (Muokattu Vorne 2017).

Standardisoitu työ on osa Kaizenin toimintatapaa. Siihen kootaan mukaan tuotantoprosessin parhaat käytännöt, johon Kaizenin avulla pyritään löytämään parannuksia. Dokumentoimalla parhaiten toimivat työtavat, niistä tulee Kaizen-filosofialle pohja. Näistä dokumenteista voidaan kehittää yhä parempia, nopeampia ja yrityksen kannalta kannattavampia toimintatapoja, joita voidaan jatkuvasti kehittää eteenpäin. Standardisoitu työ koostuu kolmesta peruselementistä (Olofsson 2014):

1. Keskimääräinen seuranta-aika: aika tuotteen valmistuksen aloittamisesta kuluttajalle päätymiseen.
2. Tarkka työjakso: tarkan työjakson aikana tarkastellaan, suoritetaanko työt seuranta-ajan mukaisesti.
3. Vakioluettelo: Tämä sisältää prosessiin käytettävät materiaalit ja laitteet, jotta prosessi kulkisi mahdollisimman sulavasti.

Standardisoidun työn selkeimpiä hyötyjä ovat (Olofsson 2014):

- ✓ Lopputuotteen laatu.
- ✓ Lopputuotteen yhdenmukaisuus.
- ✓ Prosessin suorituskyky ja läpimenoajan seurattavuus.
- ✓ Työntekijöiden turvallisuus.

Jotta standardisoituun työhön vaadittava data saataisiin kerättyä, työnjohtajat tarkkailevat ennen tuotantoprosessin uutta suunnittelua vanhoja työtapoja, mittaavat tuotantoaikoja sekä kirjaavat ylös tarvittavat materiaalit ja laitteet, jotta prosessi voitaisiin kehittää paremmaksi. Kerätty data analysoidaan, jonka jälkeen siitä tehdään tiedosto, missä prosessin kulkukaavio esitetään. (Lean Enterprise Institute (b) 2017.)



Kuvio 3. Esimerkki konepajan prosessikaaviosta.

Esimerkiksi yllä olevasta hitsaavan konepajan tuotantoprosessin kulkukaaviosta (kuvio 3.) voidaan laskea jokaiselle työvaiheelle (leikkaus, hitsaus, maalaus) ohjeajat, joita voidaan muuttaa, mikäli valmistustapaa muutetaan. Jos konepajatuotteita tehdään mittatilaustöinä, prosessikaavion avulla voidaan laskea oletettu aika, milloin tuote saapuu asiakkaalle. Koska prosessikaavio helpottaa arvioituja tuotantoaikoja sekä arvioitua toimitusaikaa, se tukee myös Lean-ajattelua konepajassa. Lisäksi prosessikaavion mukaisesti tehty työ poistaa turhaa liikuttelua, esim. tavaran siirtelyä tuotantohallissa, jolloin Lean-oppien mukaisesti saadaan poistettua hukkaa.

3.2 Lean konepajan organisaatiossa

Lean-oppien mukaista virtausta tarvitaan konepajan koko organisaatiossa, niin tuotantotiloissa kuin johtoportaan päätöksissä. Yksi suurimpia haasteita on se, kuinka yksilöistä saadaan yhtenäinen yritysorganisaatio, mikä lisää arvoa tuotteille ja asiakkaalle. Leanin käyttämisen tulisi alkaa organisaation pääjohtajista. Mitkä ovat heidän päämääränsä ja kuinka niihin päästään? Nämä kysymykset vaativat kauaskatseisuutta ja johtajuuden jatkuvuutta. Kuinka Lean sitten saadaan käyttöön tasaisesti koko yritysorganisaatiossa? On tärkeää aloittaa Lean-ajatteluun muuttaminen ylimmästä johdosta ja sitouttaa heidät ensin toimimaan Leanin oppien mukaisesti. Yrityksen johtajien tulisi olla sitoutuneita pitkän tähtäimen visioon, kehittämään työntekijöitä ja yritystä sekä ottamaan alihankkijat ja muut yhteistyökumppanit mukaan Lean-projektiin. Jotta koko yritys saataisiin muutettua Lean-organisaatioksi, käytössä on kolmetoista vinkkiä. (Liker 2004, 291, 302.)

1. Aloita toiminta teknisestä järjestämisestä ja täydennä yrityskulttuurin muutoksella.
2. Opettele ensin, kouluta sitten.
3. Havainnollista Lean käytännössä työntekijöille, esim. pilottihankkeen kautta.
4. Tee arvovirrasta kaavioita ja kuvioita, jotta konepajan tilaa ja toimintaa voidaan kehittää helpommin.
5. Hyödynnä Kaizenin oppeja.

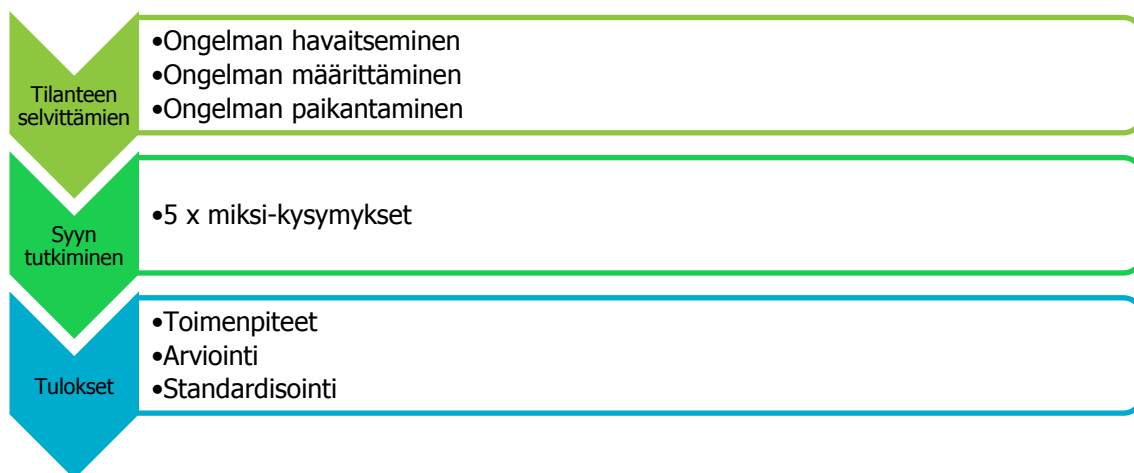
6. Organisoitu arvovirtojen ympärille: prosessin johtajalla tulee olla kunnolliset johtajuustaidot ja ymmärrys tuotteesta, jotta hän voi olla vastuussa prosessista.
7. Tee Lean-muutoksesta pakollista kaikille organisaation osastoille.
8. Keskity pitkän tähtäimen oppimiseen.
9. Ole optimisti Leanin hyödyistä ja mahdollisuuksista yrityksen talouteen.
10. Mittaa arvovirtaa. Mittareiden avulla saadaan seurattua edistymistä ja kehitettyä jatkuvaa parantamista.
11. Kehitä oma tapasi Leanin perustaa hyödyntäen.
12. Kehitä johtajia Lean-ajatteluun.
13. Hyödynnä asiantuntijoita koulutuksessa.

Jotta johtoporras todella ymmärtäisi tuotantotilojen tilanteen, vahvuudet ja heikkoudet, on johtajien itse nähtävä tuotanto toiminnassa. Genchi genbutsu eli ”paikan päälle meneminen” tai ”mene ja näe” on yksi tärkeimpiä Lean-filosofian oppeja. Paikan päällä havainnoimalla johtajat huomaava paremmin käytetäänkö vaadittuja standardeja, turvallisuusmääräyksiä, valmistetaanko tuotteet vaaditulla tavalla ja onko virtaus tasaista. Kun ongelmia havaitaan paikan päällä, niihin puututaan nopeammin. Leanin viisi miksi-kysymystä on nopea tapa löytää ongelman juuret. Alla oleva esimerkki (taulukko 5) havainnoi viiden miksi-kysymyksen toiminnan. Edellytyksenä on kuitenkin aina, että ensimmäiseen kysymykseen saadaan vastaus. (Liker 2004, 224-225, 253.)

Taulukko 1. Esimerkki viisi kertaa miksi-analyysistä (muokattu Koski 2013).

Asiakas soittaa vihaisena, koska hänen tilaamansa tuote ei ole vielä saapunut.	
Miksi tuote ei ole saapunut?	Emme ole saaneet materiaalit toimittajalta ajoissa.
Miksi emme ole saaneet materiaalia?	Toimittajalla on kiireitä, emmekä ole tärkein asiakas.
Miksi olemme vain yhden toimittajan varassa?	Toinen kotimainen toimittaja on kalliimpi.
Miksi emme tilaa ulkomailta?	Tiluserien pitäisi olla nykyistä suurempia.
Miksi emme neuvottele toisen kotimaisen toimittajan kanssa uudestaan?	Kukaan ei ole ottanut asiaa hoitaakseen.

Ongelmiin perehtyminen ja ymmärtäminen ovat osa ratkaisua. Yhtä tärkeitä on myös asettaa parannustavoitteita. Ongelmien esiin tuominen ja parannusehdotuksien tekeminen kuuluvat Leanin mukaan koko yritykselle. Aloite voi lähteä varastotyön tekijältä, kokoonpanolinjalta tai ylemmältä johdolta. Tärkeintä on jatkuva kehitys ja ongelmien ratkaisu. Alla olevan prosessikaavion (kuvi 4.) avulla ongelmanratkaisuprosessi on käytännöllinen ja ongelman ydin löytyy. (Liker 2004, 252-253.)

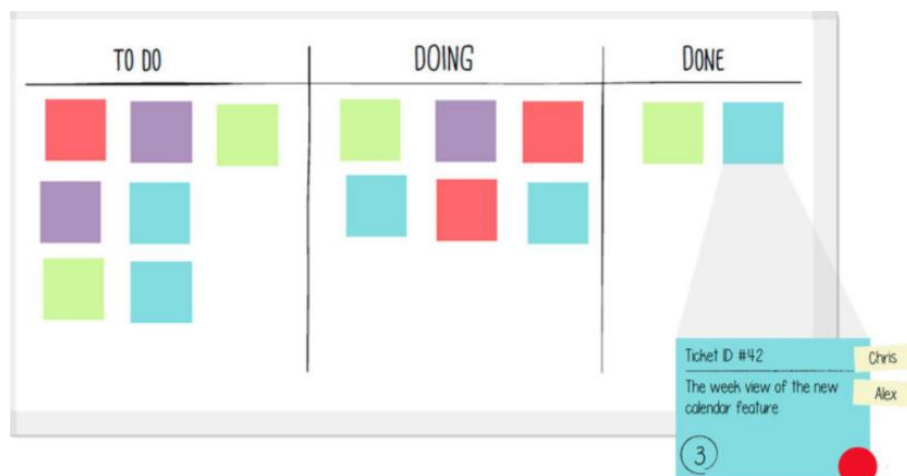


Kuvio 4. Käytännöllinen ongelmanratkaisuprosessi (muokattu Liker 2004, 256).

Leanin ydin on kaikkien johtajien ja työntekijöiden asenne ja ajattelutapa, itsensä arviointi, kehittäminen ja oppiminen. Edellä mainitut seikat auttavat yritystä mukautumaan, joustamaan ja tekemään innovatiivisia ratkaisuja, mitkä ovat merkittäviä yrityksen liiketoiminnan kannattavuuden ja kestävyys-
den osa-alueita (Liker 2004, 291.)

3.3 Kanban tuotannonohjauksessa

Kanban tarkoittaa korttijärjestelyä, jossa materiaalien kulkua ja tuotantoa hallitaan imuohjauksessa. (Liker 2004, 35) Kanbanin avulla konepajan tuotanto voidaan visualisoida sarakkeisiin työtehtävä kohtaisesti. Sarakkeet kuvaavat prosessin eri vaiheita ja sarakkeita voi olla usemmalle viikolle kerrallaan. Usein sarakkeet ovat jaettu tehtäviin töihin, työn alla oleviin töihin sekä valmistuneisiin. Kuvassa 11 on havainnollistettu Kanban-korttien toiminnasta. Värikoodatut tai muuten merkatut kortit liikkuvat taululla työn etenemisen mukaan. Korttiin on myös kirjoitettu työn suorittavan henkilön nimi. Työtehtäviä voidaan ottaa uuteen vaiheeseen vasta, kun tilaa on eli Kanban-korttia on siirretty. Päällekkäiset työtehtävät paljastavat pullonkaulat ja myös auttavat ehkäisemään liikatuotantoa. (Lehtonen 2014, 8.) Tuotannossa Kanbanin hyödyt tulevat selvimmän esille muun muassa tehostuneina läpimeno aikoina, hukan poistumisena ja tuotannon tasopainottumisena. Kanban antaa mahdollisuuden nopeisiin tuotannon muutoksiin ja siten vähentää toimituksien viivästymistä asiakkaille. (VersionOne 2018.)



Kuva 11. Kanban-taulun periaate (LeanKit 2018).

4 MIKSI TYÖOHJEITA TEHDÄÄN?

" Tell me and I will forget. Show me and I will remember. Involve me and I will understand. Step back and I will act " – kiinanlainen sananlasku (D.O.M Magazine 2011).

Työohjeiden tavoitteena on selkeyttää käytännön tekemistä, yhtenäistää työntekijöiden valmistusai-koja sekä poistaa tarpeeton työn keskeytys. Kappaletavaruotannossa ja kokoonpanotehtaissa ai-kaa kuluu hukkaan tiedon etsimiseen. Työohjeiden avulla löydetään työvaiheen läpiviemiseen tarvit-tavat perustiedot, joilla niin vasta-alkaja kuin kokenut työntekijäkin pystyvät tekemään laadukasta jälkeä, ilman perustiedon etsimistä. Pienissä ja keksikokoisissa konepajoissa työntekijät eivät aina tee samoja töitä. Työtehtävät voivat vaihdella hitsauksesta poraamiseen ja kappaleiden puhdistami-seen. Osa töistä rutinoituu, mutta vaihtelevuuden vuoksi asioita joutuu muistelemaan ja tämä vie aikaa tuottavalta työltä. Koska jokainen työntekijä on aina yksilö, työohjeiden avulla laatu saadaan pysymään tasaisempana ja läpimenoaikoja voidaan seurata paremmin, sillä työt tehdään saman oh-jeen mukaisesti. Työohjeiden avulla työt voidaan myös jakaa paremmin osaamistason mukaisesti. Työohjeita on mahdollista päivittää sitä mukaan, kun uusia parempia toimitapoja löytyy tai uusia laitteita tulee käyttöön, näin jokainen saa samat tiedot käyttöönsä. Kausityöntekijät sekä vuokratyö-voima ovat nykyään tehdastyössä yleistyneet, työohjeiden avulla perehdyttäminen nopeutuu. (Tehdaskehitys 2017.)

4.1 Työohjeet vai menettelytavat?

Usein menettelytavat ja työohjeet menevät sekaisin. Dokumentoinnin kannalta näiden eroavaisuudet ovat tärkeitä ymmärtää. Menettelytavat kuvastavat suoritettavaa prosessia ja menettelytavat sisäl-tävät tietoa tuloksista, esimerkiksi sisään ja ulos menevät tavarat, sekä palautteesta, jolla prosessia voidaan muuttaa. Demingin ympyrän avulla menettelytapoja voidaan tarkastella ja parantaa. Mikäli menettelytapoja ryhdytään muuttamaan, on hyvä ensin vastata muutaman tarkentavaan kysymyk-seen: (Anderson 2017.)

- Mistä tavara tulee (ketkä toimittavat esimerkiksi raaka-aineet)?
- Minne tavarat menevät (keitä asiakkaat ovat)?
- Kuka suorittaa tietyt työtehtävät, millaisia vastuualueita on jaettu henkilöstölle?
- Mistä tiedät, oletko tehnyt työtehtävän oikein?
- Millaista palautetta pitäisi kerätä?
- Kuinka tuloksista ilmoitetaan (kaavio, diagrammi, raportti)?
- Mitä standardeja ja määräyksiä tulee soveltaa?

Menettelytavat, työohjeet sekä dokumentaatio ovat sidoksissa toisiinsa. Niiden suhdetta voidaan tar-kistella pyramidimallin avulla (kuvio 5.)



Kuvio 5. Menettelytapa vai työohje pyramidimalli (muokattu Sinotte 2013).

Pyramidin ensimmäinen taso on käytäntö, mikä ohjaa ja vaikuttaa päätöksiin. Standardi ISO 9001 usein ohjaa käytäntöä, se tiivistää organisaation toiminnan ja tavoitteet. ISO 9001 on laadunhallinta standardi, jonka tavoitteena on asiakastytyväisyyden lisäämien ja jatkuva parantamien. ISO 9001 antaa kehykset laatujohtamiselle ja edellyttää keskittymistä liiketoimitaprosessien tehokkuuteen ja siten auttaa saavuttamaan yrityksen asettamat tavoitteet (DNV-GL 2016.) ISO 9001 toimiikin siis laatukäsikirjana, jossa kerrotaan vaaditut laatuavoitteet, laatuolosuhteet sekä organisaation ISO - lausekkeet (SFS 2015).

Menettelytavat ovat yksityiskohtaisempia. Menettelytavat kertovat kuka tekee, milloin ja miten. Eri osastojen toiminnot voidaan luetella ja nimetä erilaisiksi tehtäviksi, jotka vastaavat menettelytapaa. Prosessikaavion avulla menettelytavat saadaan helposti ymmärrettävään muotoon, jotta ne voidaan välittää eteenpäin. Mikäli menettelytapoja muutetaan, on tarkastettava, että uudet tavat vastaavat ISO-standardien vaatimuksia ja täsmäävät laatukäsikirjan tietoihin. (Anderson 2017.)

Työohjeet ovat yksityiskohtainen kuvaus siitä, miten tehtävät, työt tai toimeksiannot tulee suorittaa. Työvaiheet voidaan työohjeessa jakaa moneen pienempään vaiheeseen "vaihe-vaiheelta"-ohjeiksi, joissa ovat myös pienet yksityiskohdat, kuten pulttien väntömomentit. Työohjeet ovat usein yrityskohtaisia. Vaikka kaksi eri yritystä tuottaisi samoja tuotteita, voivat työohjeet ja menettelytavat olla silti erilaisia yritysten välillä. Työohjeita voidaan täydentää erilaisilla dokumenteilla, esim. teknisillä käsikirjoilla, käyttöohjeilla tai teknisen tuen huomautuksilla. (Anderson 2017.)

Asiakirjat sisältävät tarkastuslomakkeet, esimerkiksi tarkastuslistat, kyselyt tai palautelomakkeet, joita käytetään tuotteen tai palvelun parantamisessa, tai yrityksen sisäisessä tiedonkeruussa. Asiakirjojen avulla esimerkiksi tuotetta tai sen valmistusta voidaan tarkastella kriittisesti ja ne antavat tietoa auditoinnille sekä prosessien parantamiselle. Mikäli asiakirjoja tutkittaessa huomataan virhe tai keksitään parempi toimintatapa ja muutetaan työohjeet, menettelytavan prosessikaavio sekä tarkastetaan laatukäsikirjasta, onko uusi toimintatapa vaatimusten ja ohjeiden mukainen. "Pyramidin kerroksien" tulee olla yhteneväisiä keskenään. (Anderson 2017.)

4.2 Työohjeiden teko

Mitä työohjeista pitäisi löytyä? Visuaaliset ohjeet jäävät helpommin mieleen ja ovat helpommin luettavissa. Pitkät monimutkaiset lauseet ja ”kapulakieli” usein hankaloittavat ohjeiden seuraamista. Visuaaliset, helppolukuiset työohjeet selkeällä työnjaottelulla antavat jokaiselle työntekijälle mahdollisuuden toteuttaa annettu työ. Työohjeita tehdessä, neljä asiaa nousevat aina esille, joiden tulisi löytyä valmiista työohjeesta: työvoima, materiaalit, koneet ja laitteet sekä valmistusmenetelmät. Myös työohjeiden laatija, päivämäärä sekä revisionumero selkeyttävät työohjetta ja antavat lisäinformaatiota. Työohjeet sijoitetaan työpisteen läheisyyteen, jolloin työntekijän on helppo lukea ohjeita työprosessin aikana. (Olofsson 2014.) Kuinka hyvä sitten luodaan? Sen täytyy kuvata mitä on tehtävä ja missä järjestyksessä. Työohjeen tulee kuvata lopputuote tarkasti ja minimoida työntekijän opettelu-aika. Visuaalisilla ohjeilla, kuten 3D-kuvilla saa helposti luettavat ohjeet, joista näkee helposti esimerkiksi osan asennon ja sijainnin kiinnityskohtaan nähden. Koska pitkiä ohjeita on vaikea seurata ja harvat jaksavat lukea ne kokonaan, on tärkeää pitää ohje lyhyenä ja ytimekkäänä. (Haag ym. 2011, 13-15.) Taulukkoon 6 on koottu yhdeksän vaiheita, joiden avulla työohje on helpompi laatia.

Taulukko 2. Työohjeen luomisen yhdeksän perusvaihetta (Analyzeseeds 2016).

Tiedä kuinka työ tehdään	Työohjeiden laatijan tulee tietää työn suorittamistapa. Prosessin eri vaiheiden tulee olla tuttuja. Kerro materiaalit ja työkalut työohjeen alussa. Myös lopputuotteen ulkonäkö ja toiminta on oltava selvillä ennen työohjeiden kirjoittamista.
Tarkasta työvaiheiden järjestys	Työohjeet kirjoitetaan vaihe vaihteelta luettaviksi. Jos valmistusprosessi ei ole ennestään tuttu, saattaa työohjeen kirjoittaja laittaa vaiheet väärään järjestykseen. Tiedä, mitä tehdään ensimmäisenä, toisena ja niin edelleen.
Aloita aina verbillä	Lukijan tulee aina tehdä jotakin jokaisessa vaiheessa.
Kirjoita vaiheet pieninä osina	Askel askeleelta -periaate on helppo lukuinen, selkeä ja neuvotun toimenpiteen voi suorittaa heti. Monimutkaiset vaiheet ovat parempi jakaa useaan pienempään osioon.
Varoitukset ensin	Mikäli jotain kriittistä täytyy tai ei saa tehdä ennen seuraavaa vaihetta, kirjoita se ohjeen edelle, esim. ” tarkasta kaasuventtiili” ennen ”laita hitsauslaite varastoon”.
Looginen järjestys	Lukija ei lue koko ohjetta varoituksineen ennen työn aloittamista. Lukija saattaa jättää pienet tekstit sivun reunoissa lukematta. Sisällytä jokainen asia omana vaiheenaan.

Taulukko 6 (jatkuu). Työohjeen luomisen yhdeksän perusvaihetta (Analyyzeseeds 2016).

Tarkasta ja muokkaa	Huolehdi että kirjoittamasi ohje on oikeassa ja kokonainen.
Positiivinen ilmaisu	Älä kiellä turhaan, sillä kehottaminen saa ihmisen toimimaan paremmin ohjeen mukaan.
Vältä mielipiteitä, omia valintoja ja mieltymyksiä	Työohjeet eivät ole oman mielipiteen ilmaisua, tai jossittelua varten. Työohjeet sisältävät faktoja, jotka auttavat suorittamaan vaaditun työn.

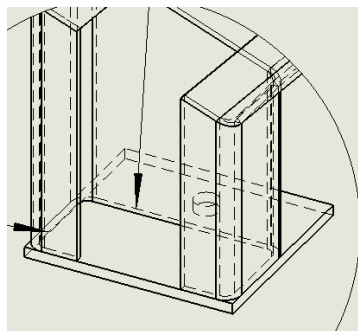
5 LEAN LK PORRAS OY:SSÄ

LK Porräs Oy on ottamassa käyttöön Lean-toimintamallia, mikä otettiin huomioon työohjeiden laatimisessa. Leanin käyttöönotto on osa LK Porräs Oy:n jatkuvaa kehitystyötä, millä pyritään tehostamaan tuotantoa ja poistamaan turhat liikkeet ja hukka niin tuotannosta kuin suunnittelusta. Suomen ja EU-maiden markkinoille saatettavien kantavien teräs- ja alumiinirakenteiden pitää olla CE-merkityjä. CE-merkkintä LK Porräs Oy tuotannossa ja suunnittelussa vähentää viallisten tuotteiden valmistusta, mikä myös Leanin oppien mukaisesti poistaa hukkaa. Merkkintä myös takaa teräsrakenteiden turvallisuusvaatimusten täyttymisen ja siten lisää arvoa yritykselle ja asiakkaalle. Sertifiointi edellyttää yrityksen sisäistä laadunvalvonnan kirjallista kuvausta, joka täyttää standardin EN 1090-1 vaatimukset ja yrityksen toimimista niiden mukaisesti (Inspecta 2017.) Standardi EN 1090-1 sisältää markkinoille rakennustuotteina ja tuotejärjestelminä toimitettujen rakenteellisten teräs- ja alumiinikokoonpanojen ominaisuuksien arviointia koskevat vaatimukset (Terasrakenneyhditys 2017). Standardien noudattaminen on osa Leanin laatu-järjestelmää. EN 1090-1 antaakin laadukkaan perustan tuotannossa, jonka päälle Leania on hyvä lähteä rakentamaan.

Leanin avulla LK Porräs Oy pyrkii selkeyttämään tuotantoa muun muassa järjestelmällä ja siistimällä tuotantotiloja, nopeuttamaan läpimenoaikoja sekä yhtenäistämään tuotteiden valmistustapoja. Valmistustapojen yhtenäistämässä työohjeet ovat tärkeässä roolissa. Raaka-aineille ja puolivalmisteille on omat nimetyt hyllypaikkansa, joista työntekijä löytää tarvitsemansa helposti ja nopeasti. Syksyllä 2017 LK Porräs Oy teki kokeiluun työkaluseiniä, joihin laitettiin yleisimmin tarvittavat työkalut porrasrakenteiden hitsauksessa. Työkaluille merkattiin työkaluseinään omat paikkansa Leanin mukaisesti. Työkaluseinien käyttö vähentää työkalujen etsimistä ja työkaluseinät ovat liikuteltavissa, jolloin työntekijä saa kuljetettua kaikki työkalut kerralla työpistelleen. Työkalujen ja materiaalien edestakaisista hakemista saadaan myös vähennettyä työohjeiden avulla, sillä siinä kerrotaan mitä tuotteen valmistamiseen tarvitaan. Näin edestakaisin kulkeminen, tavaroiden hakeminen ja turha kuljettaminen vähentyvät. Myös Kanban järjestely on otettu osaksi LK Porräs Oy:n tuotannon suunnittelua ja seuranta. Työohjeet, työkaluseinät ja muut tuotannon muutokset ovat osa LK Porräs Oy:n Lean kehitystä.

6 TYÖOHJEET LK PORRAS OY: LLE

Tutustuminen tuotteisiin ja työtapoihin alkoi kesällä 2017 kesätyön ohessa ja työohjeiden laatiminen alkoi syyskuussa 2017 haastattelemalla LK Porras Oy:n tuotannon työntekijöitä. Koska tietoa tuli paljon kerralla, valokuvaus osoittautui tärkeäksi dokumentointikeinoksi. Oma kokemus tuotteista teknisten piirustusten tekemisen myötä antoi myös hyvät pohjatiedot portaiden erilaisista komponenteista ja niiden valmistusjärjestyksestä. 3D-mallinnusohjelma Solid Works osoittautui hyväksi avuksi työohjeiden tekoon, sillä ohjelmalla saa tarkkoja yksityiskohtaisia kuvia. Solid Works oli erinomainen apuväline yksityiskohtien kuvaamiseen (kuva 12).



Kuva 12. Solid Worksisilla tehty yksityiskohtakuva. (LK Porras Oy (b), 2017).

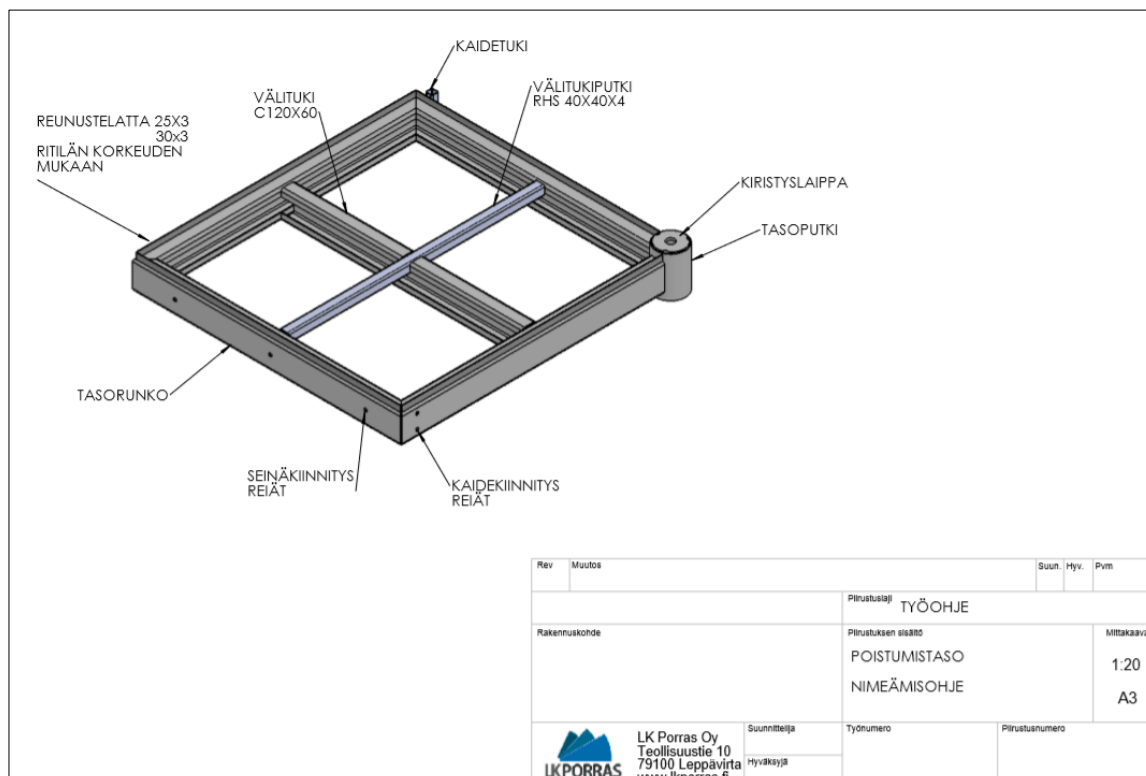
Työohjeet laadittiin LK Porras Oy:n päätuotteisiin, joita ovat muun muassa kaiteet, sivupalkit, askelmat, keskiputki ja tasot. Työohjeet sisältävät perusohjeen niiden tekemiseen, sillä esimerkiksi materiaalit sekä mitat vaihtelevat tilauksen mukaan. Työohjeet jaoteltiin neljään osioon: nimeämisohje, päämittakuva, hitsausohje ja sinkkireikäohje. Yritykselle laadittavat ohjeet tulevat pääasiassa kesätyöntekijöitä varten, joilla ei ole tietoa tuotteista. Yritys koki tärkeäksi työohjeet, jotka ovat yksikeräiset, nopealukuiset ja jotka selkeyttävät kesätyöntekijän tietämystä tuotteista ja niiden osista. Kuvio 6 kuvaa työohjeiden järjestystä.



Kuvio 6. Työohjekaavio

6.1 Etusivu ja tuotteen nimeäminen

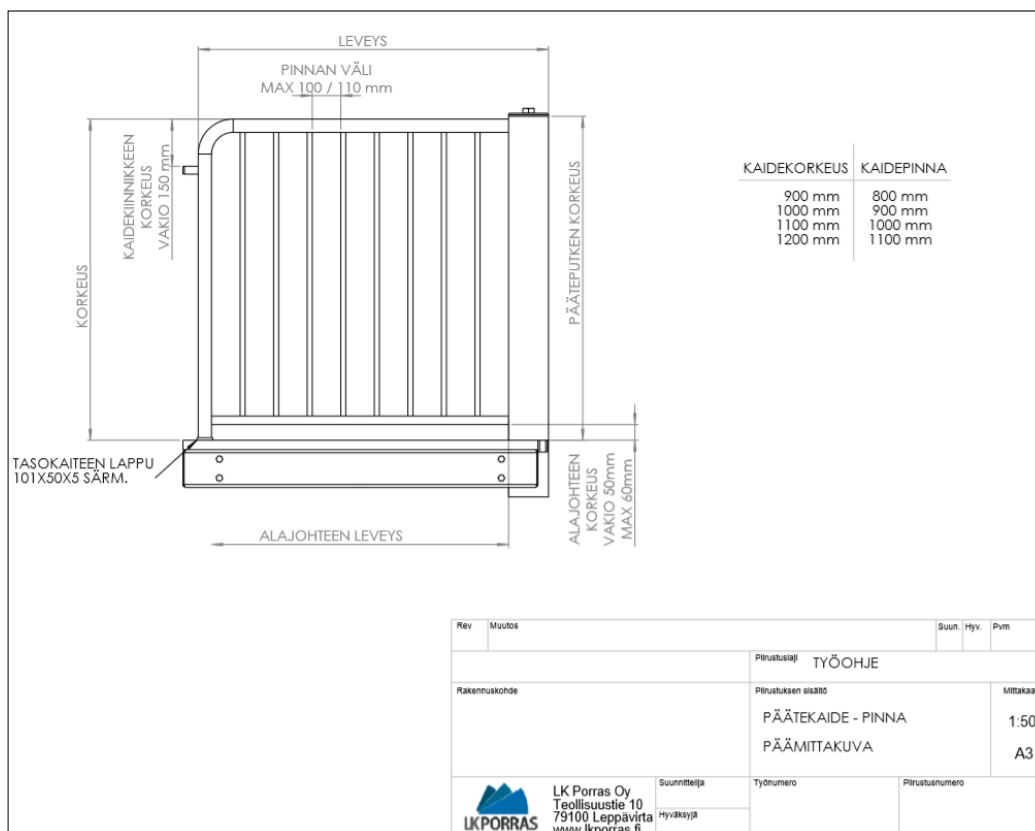
Etusivun avulla työntekijä osaa etsiä valmiiksi kaikki tuotteen valmistamisessa käytettävät työkalut, materiaalit, kiinnittää erityishuomiota tiettyihin valmistusprosessin kohtiin sekä välttää yleisimmät virheet. Etusivulla kerrotaan myös erityistä tarkastusta vaativat kohdat tuotteen valmistumisen jälkeen. Tuotteen etusivu antaa paljon tietoa yhdellä silmäyksellä, näin tiedon etsimiseen kuluva aika on minimoitu. Nimeämisohjeen avulla työntekijä oppii tunnistamaan vakiokomponentit sekä tietää mitä tulee valmistaa, esim. puhuttaessa kaidelapuista. Puoli-valmisteiden löytäminen hyllystä nopeutuu, kun työohjeen ja varastohyllyn osat ovat nimetty samalla tavalla. Lisäksi varaston ylläpito helpottuu. Nimeämisohje tehtiin alla oleva kuvan (kuva 13) mukaisesti vakiotuotteisiin. Nimeämisohjeessa tuote on kuvattu 3D-kuvan avulla, jolloin kaikki komponentit saadaan tuotteesta esille ja nimet kirjattua ohjeeseen.



Kuva 13. Esimerkki nimeämisohjeesta.

6.2 Päämittaohje

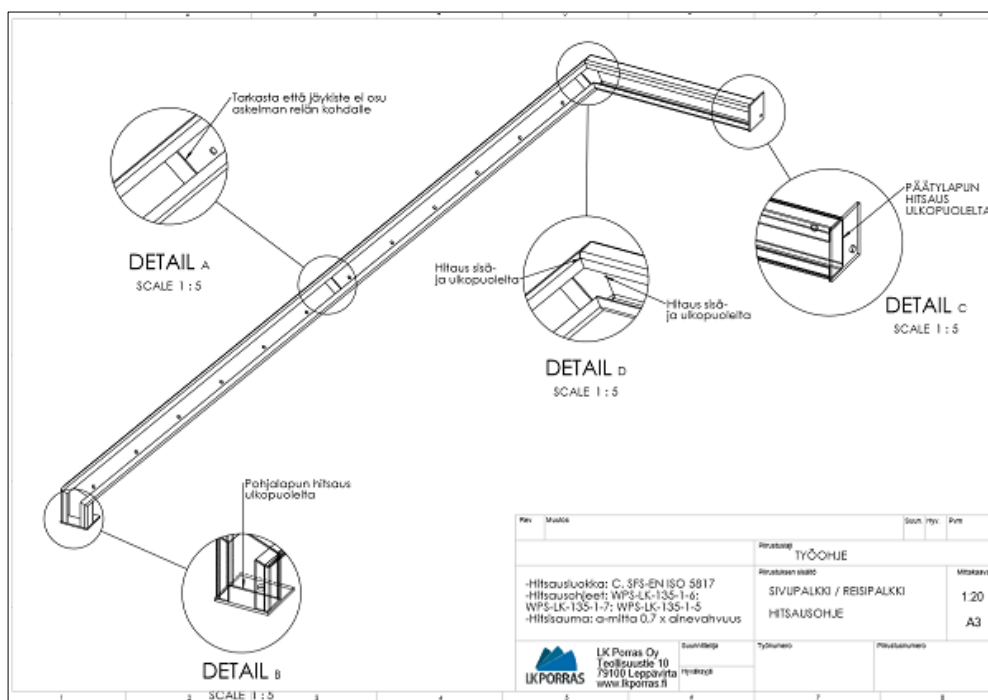
Yksi tärkeimmistä työohjeista on päämittaohje. Ohje päämittojen mittaamiseen nopeuttaa mittauksia ja varmistaa, että jokainen työntekijä mittaa valmistettavan kappaleen päämitat samoista kohdista. Valmistusvaiheessa väärin mitattua tuotetta on hankala korjata tai käyttää toisessa tilauksessa. Mitävirheet hidastavat virtausta ja aiheuttavat tuotannon myöhemmissä vaiheissa ongelmia. Mikäli väärin mitattu tuote pääsee tilauspaikalle kokoonpanoa varten, virhe aiheuttaa logistiikkakustannuksia, viivettä asiakkaalle sekä materiaalihukkaa. Päämittaohjeen avulla edellä mainittuja asioita saadaan vähennettyä. Lisäksi päämittaohjetta voidaan hyödyntää myös teknisiä piirustuksia tehtäessä. Näin tekniseen piirustukseenkin saadaan päämitat samoista kohdista. Alla olevassa kuvassa (kuva 14) on päätekaiteen päämittakuva. Työntekijän on helppo lukea kuva nopeallakin silmäyksellä.



Kuva 14. Päämittakuvan ohje.

6.3 Hitsaustyöohje

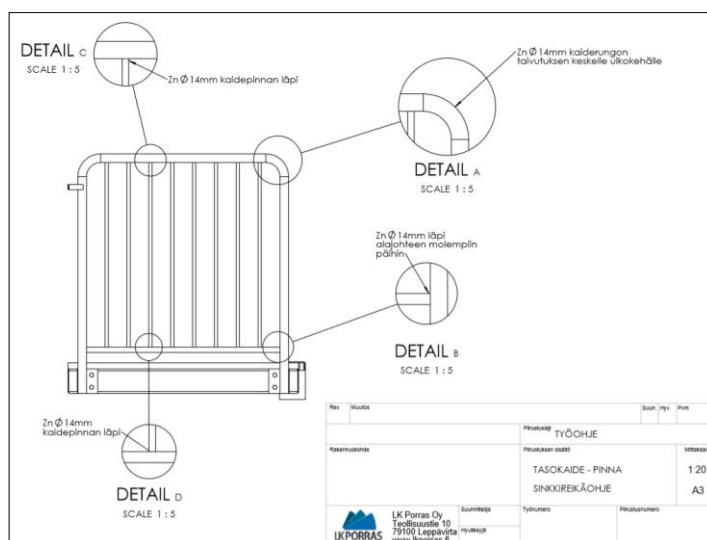
LK Porras Oy:lle tehdyt hitsaustyöohjeet ovat lisäohjeistus käytettäville hitsausohjeille. Hitsaustyöohje sisältää tietolaatikon, jossa kerrotaan hitsiluokka, ohjeistus hitsauksen osalta ja vaadittu ammitan. Hitsaustyöohje yhtenäistää LK Porras Oy:n työntekijöiden hitsaustyön suorittamista ja sen avulla voidaan tehostaa virtausta sekä löytää tuotannosta hitsauksen aiheuttamat pullokaulat. Hitsaustyöohjeessa kerrotaan hitsin kohta ja pituus. Hitsaustyöohjeessa on käytetty apuna 3D-mallin kuvia, joista on saatu "detail"-kuvia. Detail-kuvien avulla hitsaustyöohjetta voidaan tarkentaa tarvittaviin kohtiin sekä lisätä tarkentavia ohjeita sanallisesti (kuva 14). Solid Works -mallinnusohjelman avulla ohjeeseen on saatu kuvia, jossa myös piilossa olevat muotoviivat näkyvät. Siten ohje on saatu mahtumaan pienempään tilaan, mikä selkeyttää hitsausohjeen lukemista. Tulostettuna ohje mahtuu yhdelle paperille. Muotoviivojen läpinäkyvyys auttaa myös hahmottamaan esimerkiksi päätylappujen sijaintia ja asentoa sivupalkkiin nähden (kuva 15).



Kuva 15. Hitsaustyöohje LK Porras Oy:n reispalkista.

6.4 Sinkkireikäohje

Tuotteen viimeistelyn kannalta sinkkireikäohje on merkittävin, sillä sinkkireikä väärässä paikassa tai sen puuttuminen vaikeuttaa kuumasinkitysprosessia. LK Porras Oy:n tuotteet pintakäsitellään Kuopion Kuumasinkitys Oy:ssä, missä tuotteiden sinkkireiät tarkastetaan. Mikäli sinkkireiät puuttuvat tai ovat väärissä paikoissa, Kuopion Kuumasinkitys Oy:n työntekijät joutuvat tekemään ylimääräistä, aikaa vievää työtä tilanteen korjaamiseksi. On myös mahdollista, että kiireisinä sesonkiaikoina sinkkireiän puuttumien tai väärä paikka voi tulla ilmi vasta kuumasinkityksen jälkeen. Sinkkireikäohjeessa kerrotaan vaadittu sinkkireiän koko, paikka sekä tarvitaanko reikiä esim. taivutuskohdissa useampia. Solid Works -mallinnusohjelman avulla tuotteesta on saatu tarkkoja detail-kuvia, joihin sinkkireiäiden paikat saatu selkeästi merkittyä (kuva 16).



Kuva 16. Tasokaiteen sinkkireikäohje.

7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Läpikäytäviksi tuotantotekniikoiksi valikoitui LK Porras Oy:n käytössä olevat tavat. Taivutuksen, plasmaleikkauksen, hitsauksen ja kuumasinkitysprosessin peruseriaatteet auttoivat ymmärtämään LK Porras Oy:n tuotannollista puolta, mikä myös helpotti työohjeiden tekemistä. Lean on aiheena laaja ja moniosainen kokonaisuus, johon tutustuminen vie aikaa. Lean osajaksi tuleminen taas on oma asiansa. Ilman pohjatyötä Lean-maailmaan, standardisoituun työhön ja työohjeiden tekemiseen, tämän opinnäytetyön tekeminen olisi ollut vaikeaa.

Opinnäytetyö-projekti sujui hyvässä yhteistyössä LK Porras Oy:n kanssa. Pohjatiedot porrasrakenteista ja selkeä aiherajaus antoivat hyvän perustan työohjeiden tekemiseen. LK Porras Oy:n työntekijöiden asiantuntemus ja kokemus yrityksen tuotteista mahdollisti selkeiden ja tarkkoja kuvauksia sisältävien työohjeiden valmistumisen. Lopputulokseksi saatiin helppolukuiset, yksityiskohtaiset ja selkeät työohjeet. Työohjeiden avulla LK Porras Oy:n tuotannon toimintatapoja saadaan yhtenäistettyä, kausityöntekijöiden perehdyttämistä nopeudettua ja viallisten tuotteiden valmistusta vähennettyä. Opinnäytetyö-projektin alkaessa tarkoitus oli tehdä kaikista LK Porras Oy:n päätuotteista työohjeet. Talven aikana kierreportaat ja kierreportaiden lisäosat otettiin tuotekehitykseen. Maaliskuussa 2018 tuotekehityksen läpikäyneitä tuotteita oltiin valmistetu vasta muutamia kappaleita, joten työohjeita ei vielä viimeistelty uusien mallien mukaisiksi. Koska konepajatuotannossa tuotekehitys on tärkeätä, ovat valmistetut työohjeet helppo päivittää tuotekehityksen yhteydessä. Lean otettiin työohjeissa huomioon juurikin työohjeiden päivittämisen mahdollistamisena, työohjeen siisteytenä ja selkeytenä.

Koska LK Porras Oy otti käyttöönsä Lean-toimintamallin, oli tärkeätä, että työohjeet tukevat Leania ja sen ajatusmaailmaa. Lean toi työohjeiden tekemiseen oman haasteensa. Lean painottaa standardisoitua työtä ja standardisoituja työohjeita. Mittatilaustöissä mielestäni standardisoidut työohjeet eivät ole toimivin vaihtoehto, sillä ohjeisiin ei esimerkiksi voitu laittaa mittoja, vaan näyttää kohdat mistä kappale tulee mitata. Tehdyt työohjeet kuitenkin tukevat Leanin sisäänajoa tuotantoon ja mikä tärkeintä, vastaavat LK Porras Oy:n tämänhetkisiin tarpeisiin. Voisikin sanoa, että työohjeita tehdessä väistettiin yksi Leanin kompastuskivistä, koska Leanin työkaluja ja neuvoja ei ryhdytty toteuttamaan orjallisesti. Kuten Kari Tuomisen (2010) kirjassa "Lean käytännössä - Yritysesimerkkejä tehokkaista lean-periaatteista ja -käytännöistä" sanotaan "Lean-toiminnassa ei ole kysymys joidenkin lean-työkalujen käytön matkimisesta. Siinä on kyse sellaisten periaatteiden kehittämisestä, jotka sopivat omaan organisaatioon - -". LK Porras Oy:n Lean matka on siis hyvällä mallilla.

8 TIIVISTELMÄ

Konepajateollisuudessa levyntyöstö on noussut ja kehittynyt monimuotoiseksi ja kustannustehokkaaksi valmistustavaksi. Teknologian kehityksen myötä konepajoilla on entistä enemmän vaihtoehtoja, joista valita itselleen sopivimmat laitteet ja koneet tuotantoon. Teräksen leikkausmenetelmää valittaessa konepajaan leikkausnopeus, laitteiden hinta ja käytön tarve määrittävät oikean laitteen. Myös muiden laitteiden ja koneiden, kuten taivutuksen ja hitsauksen osalta, tuottavuus, kustannustehokkuus ja automatisointi ovat tärkeitä tekijöitä. Oikeanlaisen tuotesuunnittelun avulla tarvittavien hitsiliitosten määrää voidaan vähentää särmäyksen avulla. Käytettävien materiaalien valinta rajaa osittain mahdollisuuksia hitsauksessa sekä leikkauksessa. Oikein valitut materiaalit ja laitteistot auttavat konepajaa saamaan virtauksen kuntoon, tehostamaan tuontoa sekä pitämään kustannukset kohtuullisina. Asiakkaan kannalta tärkeitä on tuotteen huolellinen viimeistely, mikä myös lisää tuotteen elinikää sekä käyttömahdollisuuksia.

Nykyään Lean on yksi suosituimmista toimintatavoista konepajatuotannossa. Lean pyrkii tehostamaan konepajan tuotannon virtausta, vähentämään hukkaa sekä sitouttamaan konepajan johdon ja koko henkilökunnan jatkuvaan parantamiseen. Jatkuva parantaminen tunnetaan myös Kaizen-nimellä. Yksi Kaizenin osa-alue on myös työn standardisoiminen, mikä yhtenäistää työntekijöiden toimintatapoja sekä auttaa tuottamaan jatkuvasti tasalaatuisia tuotteita. Työohjeet ovat yksi tapa standardisoida työ. Työohjeita tehdessä on hyvä ottaa huomioon konepajan käytössä olevat standardit, sillä ne antavat pohjan konepajan tuotteiden laadulle ja prosesseille. Työohjeiden tulisi olla mahdollisimman helppolukuiset, järjestyksessä etevät ja työohjeesta tulisi aina löytyä tarvittavat materiaalit, koneet ja laitteet sekä valmistusmenetelmät. Harva jaksaa lukea ohjeita kokonaan tarkasti läpi ja sen vuoksi työohjeen tulisi olla lyhyt ja ytimekkäästi kirjoitettu. Työohjeiden laatiminen on yksi tapa, millä LK Porras Oy ottaa askelia kohti Lean-toimintamallia.

LK Porras Oy halusi työohjeet päätuotteistaan. Koska työohjeiden tarkoitus on yhtenäistää toimintatapoja sekä ohjeistaa esimerkiksi kesätyöntekijöitä, työohjeista päätettiin tehdä kuvalliset. Päätuotteille tehtiin nimeämisohjeet, ohjeet päämittojen mittaamiseen, hitsaustyöohje sekä sinkkireikäohje. Nimeämisohjeen avulla työntekijä tietää osien nimet, oppii tunnistamaan hyllystä vakiokomponentit sekä osaa valmistaa pyydetyn tuotteen tai puolivalmisteen annetun nimen perusteella. Päämittakuva helpottaa tuotteiden mitoitusta, jolloin mittausvirheet vähentyvät. Hitsaustyöohje tukee hitsausohjetta (WPS, Welding Procedure Specification), hitsaustyöohje ei korvaa WPS:n ohjeita vaan tarkentaa niitä. Porrastuotteiden viimeistelyn kannalta sinkkireikäohje on tärkein. Sinkkireikäohjeen avulla pyritään myös vähentämään LK Porras Oy:n yhteistyökumppanin Kuopion kuumasinkintys Oy:n lisätyötä. Kaikkia tehtyjä työohjeita ei viimeistely meneillä olevan tuotekehityksen vuoksi. Kierreporrastuotteille on kuitenkin olemassa valmiit pohjat, mitä voidaan täydentää, kun tuotekehitys on saatu valmiiksi.

9 LÄHDELUETTELO

- AdvisorGarageTool. 2017. Plasma cutting. [viitattu 2017-11-25]. Saatavissa: <https://www.garagetooladvisor.com/welding/intro-to-plasma-cutting>
- Analyyzeseeds. 2016. Work Istructions. [viitattu 2017-11-25]. Saatavissa: <http://www.analyyzeseeds.com/wp-content/uploads/2016/06/Work-Instructions.pptx>
- Anderson, C. 2017. Bizmanual. [viitattu 2017-10-27]. Saatavissa: <https://www.bizmanual.com/write-better-procedures/are-procedures-the-same-as-work-instructions.html>
- Aromäki, M. 1985. Meistotekniikka. Teoksessa: Aaltonen K., Aromäki M., Ihalainen E. Valmistustekniikka. Helsinki : Otatieto, 232, 252, 265-266, 268-270.
- Arrow Engineering. 2016. Lean-filosofian 7+1 tuottamatonta toimintoa. [viitattu 2017-10-04]. Saatavissa: www.blogi/arroweng.fi/lean-filosofia-71-tuottamatonta-toimintoa
- D.O.M Magazine. 2011. Tell me and I will forget. Show me and I will remember. Involve me and I will understand. Step back and I will act. [viitattu 2017-12-02]. Saatavissa: <http://www.dommagazine.com/article/%E2%80%9Ctell-me-and-i-will-forget-show-me-and-i-will-remember-involve-me-and-i-will-understand-step>
- DNV-GL. 2016. ISO 9001 - Laadunhallintajärjestelmä. Laatuun ja asiakaskeksisyyteen sitoutuminen. [viitattu 2018-02-23] Saatavissa: <https://www.dnvgl.fi/services/iso-9001-laadunhallintajarjestelma-3283>
- Esab (a). 2017. Hitsausmenetelmät. [viitattu 2017-10-03]. Saatavissa: www.esab.fi/fi/fi/education/blog/hitsausmenetelmat/cfm
- Esab (b). 2017. Puikkohitsaus. [viitattu 2017-10-03]. Saatavissa: www.esab.fi/fi/fi/education/blog/puikkohitsaus.cfm
- Hyssy, E. ja Mikkola, S. 1994. TIG-hitsaus: Hitsaustekniikka (4), 52-53.
- Haag, M., Salonen, T., Siltanen P. ja Sääski, J. 2011. Työohjeiden laadintamenetelmiä kappaletavaratuotannossa. Espoo : VTT, 13,14,15.
- Hitsikauppa. 2017. Tietoa hitsauksesta. [viitattu 2017-10-03]. Saatavissa: www.hitsikauppa.fi/tietoa-hitsauksesta/
- Inspecta. 2017. Palvelut [viitattu 2017-09-25]. Saatavissa: <https://www.inspecta.fi/Palvelut/Sertifiointi-ja-arviointi/Tuotesertifiointi/Kantavien-teraserakenteiden-CE-merkinta/pdf/Kantavien%20teraserakenteiden%20CE-merkinta%20%28EN%201090-1%29%20-%20Kiwa%20Inspectta.pdf>
- Ionix (a). 2017. Mig/Mag-hitsaus. [viitattu 2017-10-08]. Saatavissa: <http://www.ionix.fi/fi/teknologiat/kaarihitsaus/migmag-hitsaus/>
- Ionix (b). 2017. Plasmatyöstö. [viitattu 2017-10-03]. <http://www.ionix.fi/fi/teknologiat/plasmatyosto/>
- Ionix (c). 2017. MIG/MAG hitsauksen periaatekuva. [viitattu 2017-10-03]. Saatavissa: www.ionix.fi/teknologiat/kaarihitsaus/migmag-hitsaus/
- Kauppinen, V. 2009. Konepajateknisiä pohdintoja Suomalaisen konepajakulttuurin muutoksia 1960-luvulta 2000-luvulle. Espoo : Helsinki University of Technology, 8.
- KII. 2016. What is Muda? [viitattu 2018-01-28]. Saatavissa: <https://in.kaizen.com/blog/post/2016/12/13/what-is-muda-part-i-of-ii.html>

- Koski, Reetta. 2013. Ole oman elämäsi superideoija. Myy, markkinoi, menesty. [viitattu 2017-11-26]. Saatavissa: <https://www.slideshare.net/Ideapakka/myymarkkinointimenesty-syypoint2>
- Lean Enterprise Institute (a). 2017. Muda, Mura, Muri. [viitattu 2017-10-04]. Saatavissa: <https://www.lean.org/lexicon/muda-mura-muri>
- Lean Enterprise Institute (b). 2017. Standardized work: The foundation fo Kaizen (1 day class). [viitattu 2017-10-09]. Saatavissa: <https://www.lean.org/Workshops/WorkshopDescription.cfm?WorkshopId=20>
- Lean manufacturing tools. 2017. The Seven wastes. [viitattu 2017-10-04]. Saatavissa: www.leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/
- LeanKit. 2018. What Is Kanban? [viitattu 2018-03-20]. Saatavissa: <https://leankit.com/learn/kanban/what-is-kanban/>
- Lehtonen, Tuomivaara, Rantala, Käsälä, Mäkilä, Jokela, Könnölä, Kaisti, Suomi, Isomäki & Ylitolva. 2014. Sulautettujen järjestelmien ketterä käsikirja. Turku : Painosalama Oy, 8.
- Leskinen, H. 2017. Kuopion Kuumasinkitys Oy.
- Liker, J.K. 2004. Toyotan tapaan. Jyväskylä : Readme.fi, 2004. s. 7-8, 35, 88, 95-96, 114, 224-225, 252-253, 291, 302.
- LK Porras Oy (a). 2014. Yritys. [viitattu 2018-03-19]. Saatavissa: <https://lkporras.fi/yritys/>
- LK Porras Oy (b). 2017. LK Porras Oy PDM-järjestelmä.
- Logistiikan maailma. 2017. Lean-ajattelu [viitattu 2017-10-03]. Saatavissa: www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/lean-ajattelu/
- Mustokangas, J. ja Tikkanen, P. 1994. MAG-hitsaus: Hitsaustekniikka (4), 18-19.
- Olofsson, O. 2014. Standardized Work Instructions in Lean Manufacturing. [viitattu 2017-11-09]. Saatavissa: www.world-class-manufacturing.com/Lean/swi.html
- Rissanen, Iris. 2017. Savonia, Kuopio
- Rissanen, M. 2017. Työnjohtaja. Kuopio Kuumasinkitys Oy.
- Salmikangas, M. 2015. Puikkohitsaus. [viitattu 2017-12-17 17]. Saatavissa: <https://matiassalmikangas.wordpress.com/2015/02/24/puikkohitsaus>
- SFS. 2015. ISO 9001:2015. [viitattu 2018-02-23]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_9000_laadunhallinta/iso_9001_2015
- Sinotte, C. 2013. Maximize the Benefits of Work Instructions. [viitattu 2017-10-22]. Saatavissa: <http://trijolutions.com/workplace-learning-blog/>
- Sixsigma. 2017. Lean. [viitattu 2017-10-01]. Saatavissa: www.sixsigma.fi/fi/lean
- SixSigma. 2006. Arvovirtakuvaus (VSM). [viitattu 2018-02-22]. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/arvovirtakuvaus-vsm/>
- Suomen kuumasinkitsijät ry. . 2008. Kappalekuumasinkitysprosessi. [viitattu 2018-03-21]. Saatavissa: <http://www.kuumasinkitys.fi/prosessi.html>
- Tehdaskehitys. 2017. Työohjeet. [viitattu 2017-10-02]. Saatavissa: www.tehdaskehitys.fi/lean/tyoohjeet/
- Terasrakenneyhditys. 2015. FAQ/SFS-EN 1090-1 ja SFS-EN 1090-2 – Usein esitettyjä kysymyksiä – kysymyksiin esitetyt vastaukset. [viitattu 2017-09-25]. Saatavissa: www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/207/1aef673/FAQ_EN_1090_julkaisu_6_rev.pdf

Teräksenjalostajat, ry. 2014. Teräskirja: Teräs-silta tulevaisuuteen. [toim.] Härkönen S. Porvoo: Bookwell Oy. 70.

Torkkola, A. 1994. Puikkohitsaus: Hitsaustekniikka (4), 5, 9, 10.

Tuominen, K. 2010. Lean käytännössä. Juva: Readme.fi, 5.

VersionOne. 2018. What is Kanban? Kanban Software Tools. [viitattu 2018-03-22]. Saatavissa: <https://www.versionone.com/what-is-kanban/>

Vorne. 2017. Kaizen. [viitattu 2017-10-09 09]. Saatavissa: <https://www.leanproduction.com/kaizen.html>