

Arto Pitkämö

## **Toimiva tilaus- ja toimitusprosessi**

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Arto Pitkämö

Työn nimi: Toimiva tilaus- ja toimitusprosessi

Ohjaaja: Jukka Pajula

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 48

Liitteiden lukumäärä: 4

---

Toimiva ja tehokas prosessi tilauksesta toimitukseen on jokaisen yrityksen menestykselle ehdottoman tärkeää. Monissa keskisuurissa yrityksissä eletään murrosvaiheessa, pyrkiäkö kansainväliseksi toimijaksi, vai jäädäkö kansalliseksi toimijaksi. Yrityksen siirtyessä kansanväliseen sarjaan korostuu toiminnan merkitys.

Opinnäytetyössä tutkitaan tilaus- ja toimitusprosessin läpiviemistä siten, että voidaan varmistua oikeanlaisen tuotteen, oikea aikaisesta toimittamisesta asiakkaalle. Prosessit jaetaan eri työvaiheisiin, kuten projektin johtamiseen, suunnitteluun, hankintaan, tuotannosuunnitteluun ja tuotantoon. Ongelmakohtien selvittämiseksi käydään keskusteluja organisaatiossa eri työvaiheissa olevien henkilöiden kanssa, sekä käydään tarkempia keskusteluja yrityksen laatupäällikön kanssa. Työssä kehitetään kokonaisvaltaisesti tilaus- ja toimitusprosessia.

Työn tavoite muuttuu työn edetessä, johtuen seikoista, joita paljastui tutkimusten yhteydessä. Opinnäytetyössä löydettiin kokonaisprosessin kannalta olennaisia ongelmakohtia, jotka samalla vaikuttavat osaltaan alun perin määriteltyihin seikoihin. Ensin keskityttiin luomaan runko koko toiminnalle, johon tukeutuen voidaan myöhemmässä vaiheessa luoda yksityiskohtaiset toimintokuvaukset tuotteen valmistamiselle ja tarkastuksille.

Ratkaisuksi valittiin lopulta LEAN-menetelmiin perustuvat työkalut, kuten 5S ja VSM.

Avainsanat: Painelaite, suunnittelu, valmistus, projekti, johtaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Arto Pitkämö

Title of thesis: Functional order and delivery process

Supervisor: Jukka Pajula

Year: 2013      Number of pages: 48      Number of appendices: 4

---

A working and powerful process from order to delivery is very important to all companies. Many middle size companies live in a situation when they must make a choice whether they want to be an international company or to stay as a local company. The time when the company changes into an international group, makes their processes very important.

This thesis examines the order and delivery processes and how it is possible to get those processes ready and to be sure that the product is of the right kind and delivered at the right time. The processes are separated into different situations like project management, design, purchasing, production planning and manufacturing. The discussions of the organization to solve the problems were held with the different employees and with quality manager. This thesis, tries to improve all the order and delivery process sectors.

The original work objective changes when the process goes forward because more things come up that are relevant. This thesis found more problems in the total process. Those problems will affect original problem. Then we decided to make the how to act the process.

The solution how to act is to start to use the LEAN – method tools like 5S and VSM.

Keywords: Pressure vessel, design, manufacturing, project, management, VSM

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	8
1 JOHDANTO .....	9
2 Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset .....	10
3 PAINELAITTEEN MÄÄRITYS .....	11
4 PAINELAITTEEN SUUNNITTELU .....	12
4.1 Painelaitteen luokittelu .....	12
4.2 CE-merkintä .....	15
4.3 Suunnittelun eteneminen .....	16
4.4 Huomioita suunnittelusta.....	21
5 TUOTANTO .....	23
5.1 Suunnitelmien jalkauttaminen tuotantoon .....	24
5.2 Vaatimukset tuotannolta.....	26
5.3 Valmistusmenetelmät.....	28
5.3.1 Levyaihioiden leikkaus .....	29
5.3.2 Levyjen mankelointi lieriöiksi.....	29
5.3.3 Jauhekaarihitsaus .....	30
5.3.4 MIG/MAG-hitsaus .....	34
6 ONGELMAT PILOTTIPROJEKTISSA.....	35
6.1 Projektin johto .....	35
6.2 Suunnittelu .....	35
6.3 Tuotannonsuunnittelu.....	36
6.4 Materiaalien hankinta.....	36
6.5 Tuotanto.....	37
7 LOPPUTULOS JA RATKAISU .....	38
7.1 Toimiva tilaus-toimitusprosessi .....	38

7.2 Projektinjohto .....	40
7.3 Suunnittelu .....	40
7.4 Tuotannosuunnittelu.....	41
7.5 Tuotanto.....	41
8 YHTEENVETO.....	44
9 JATKOTOIMET .....	45
LÄHTEET .....	47
LIITTEET.....	48

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

KUVIO 2. CE-merkki (AKM Consulting Oy, 2012).....	16
KUVIO 3. Muutosten ja korjausten kustannusten vaikutus projektin valmiusasteen kasvaessa.....	21
KUVIO 4. Eri projektivaiheiden työkustannusten osuus.....	23
KUVIO 5. Viikonloppuna tehdyn ylityön kustannus.....	24
KUVIO 6. Vertailu, suunnittelun ja tuotannon välillä. Viikon jättämän kiinnikuromisen kustannukset.....	25
KUVIO 7. Päämittatoleranssit.....	28
KUVIO 8. AIRWELL 3500-poltto- ja plasmaleikkausautomaatti. (Airwell Oy, 2012).	29
KUVIO 9. Levymankeili. (Halikko Group Oy, 2013). .....	30
KUVIO 10. Yksilankajauhekaarihitsauksen periaatekuva.....	31
KUVIO 11. TANDEM-jauhekaarihitsauksen periaatekuva.....	31
KUVIO 12. Jauhekaarihitsaustorni. (Pemamek Oy, 2013). .....	32
KUVIO 13. Jauhekaariportaalilaitteisto. (Pemamek Oy, 2013).....	33
KUVIO 14. Jauhekaaritraktori.....	33
KUVIO 15. Putkiyhteiden hitsausta.....	34
KUVIO 16. Hitsauslaitteisto. (Kemppe Oy, 2013).....	34
KUVIO 17. Tilaus-toimitusprosessi.....	38
KUVIO 18. Järjestyksessä oleva tuotantotila. (Manor Oy, 2012) .....	42
KUVIO 19. Tuotteen muutoksen varmistusprosessi.....	43
TAULUKKO 1. Painelaitteiden luokittelu (Tukes 2003, 6).....	12
TAULUKKO 2. Painelaitteiden luokat (Tukes 2003, 7).....	14
TAULUKKO 3. Luokituksen arviointi (Tukes 2003, 7). .....	14
TAULUKKO 4. Ulkopuoliset tekijät materiaalin valinnassa.....	17
TAULUKKO 5. NDT -tarkastuslaajuus, kussakin testausryhmässä. (EN 13445-5:2009, 22).....	19
TAULUKKO 6. NDT-tarkastuslaajuus kussakin testausryhmässä jatkoa. (SFS-EN 13445-5:2009, 23).....	20
TAULUKKO 7. Putkiyhteiden asennustoleranssit. (EN 13445-4, 51).....	26

TAULUKKO 8. Sallittu poikkeama suoruudessa. (EN 13445-4, 52).....	27
---	----

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Bar.g.</b>	Tarkoittaa absoluuttista painetta.
<b>Detalji</b>	Yksityiskohtainen.
<b>Layout</b>	Tilankäyttö.
<b>NoBo</b>	Notified body eli ilmoitettu laitos. Ilmoitettu laitos on sertifioitu ja hyväksytty tarkastuslaitos, viranomaisten toimesta.
<b>S – käyrä</b>	Projektin etenemisen seurantakäyrä, jota verrataan suunniteltuun etenemään.
<b>VSM</b>	Value Stream Map, käytetään virtauksen esteen tunnistamiseen.
<b>WPS</b>	Welding Procedure Specification eli hitsausohje tietylle hitsausmenetelmälle.
<b>5S</b>	Kehitetty Japanissa, työpaikkojen organisoinnin ja työmenetelmien standardoinnin menetelmä, jonka tavoitteena on kasvattaa tuottavuutta.



# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee paineastioiden ja -laitteiden valmistukseen liittyvää tuotteen oikeellisuuden varmistamista. Samalla työ pyrkii myös selvittämään työvaiheiden, kuten suunnittelun, valmistuksen, dokumentoinnin, vaiheistusta ja aikataulutusta. Tämä työ on Seinäjoen ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan insinööriopintoihin kuuluva opinnäytetyö. Työ on toteutettu länsirannikolla sijaitsevalle konepajalle.

Projektituotannossa, varsinkin uudistuotannossa, tapahtuu usein projektin edetessä tuotteen fyysisten mittojen ja osien paikkojen tai muotojen muutoksia. Toisaalta myös vanhojen räätälöityjen koneiden ja laitteiden rakennetta saatetaan muuttaa niitä uusittaessa. Tämä asettaa suuria haasteita laitevalmistajille, jotta saadaan valmistettua laitteet mahdollisimman kustannustehokkaasti. Samalla tulee pyrkiä varmistamaan, että kone tai laite on juuri sellainen konstruktio, mitä asiakas on haluamassa.

Opinnäytetyössä pyritään selvittämään keinoja, miten voidaan varmistaa, että asiakas saa haluamansa laitteen oikeassa ajassa ja sellaisena kuin on sen tilannut. Samalla työ selvittää projektin etenemistä, sekä missä vaiheessa kukin vaihe tulisi olla valmiina.

## 2 Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset

Työn päätavoite on löytää menetelmiä ja ratkaisuja, joilla löydetään mahdolliset virheet valmistuksen aikana ja ennen loppuasiakkaalle luovutusta. Tärkeää olisi löytää ratkaisuja, miten eri työvaiheiden aikana varmistetaan tiedonkulku mahdollisista muutoksista, sekä miten varmistetaan laitteen valmistus viimeisimpien päivitettyjen piirustusten mukaisesti. Työtä tarkastellaan sekä teoreettisesti että käytännönläheisesti ja pyritään löytämään menetelmiä, jotka johtavat kohti tavoiteltuja laadukkaampia ja tehokkaammin tuotettuja, oikeanlaisia paineastioita ja -laitteita.

Opinnäytetyötä varten keskustellaan eri projektivaiheissa työskentelevien henkilöiden kanssa. Keskustelujen avulla pyritään saamaan mahdollisimman kattava kuva koko projektin etenemisestä ja siinä ilmenevistä ongelmista. Lisäksi seurataan parhaillaan työn alla olevaa projektia ja selvitetään siinä ilmenevät ongelmat. Projekti toimii ns. pilottiprojektina, jossa pyritään luomaan mahdollisimman tiivis yhteistyö koko projektiorganisaation kesken.

### 3 PAINELAITTEEN MÄÄRITYS

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös (938/1999) painelaitteista, sisältää (97/23/EY) painelaitedirektiivin menettelyt, painelaitteiden ja -laittekokonaisuuksien suunnittelulle, valmistukselle ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnille (Tukes, 2003, 5).

”Painelaitteita ovat säiliöt, putkistot, höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteet, kuten höyry- ja kuumavesikattilat, varolaitteet ja paineenalaiset lisälaitteet” (Tukes, 2003, 5), sekä erilaisten kaasujen ja kemikaalien käsittelyssä käytettävät paineenalaiset laitteet ja niiden painetta kantavat osat.

**Säiliöllä** tarkoitetaan paineenalaista sisältöä varten suunniteltua ja valmistettua kuorirakennetta. Säiliö sisältää siihen liittyvät kiinteät liitoskappaleet, siihen liitoskohtaan asti, jolla se liitetään muuhun laitteistoon kiinni. (Tukes 2003, 6.)

**Höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteella** tarkoitetaan liekillä tai muulla tavalla lämmitettävää painelaitetta, jossa on ylikuumenemisen vaara ja joka on tarkoitettu höyryn tai ylikuumennetun veden tuotantoon tai käsittelyyn yli 110 °C lämpötilassa (Tukes 2003, 6).

**Putkistoilla** tarkoitetaan putkiston osia, jotka on tarkoitettu edellä mainittujen sisältöjen siirtämiseen niiden ollessa liitettynä painejärjestelmään. Putkistoon kuuluu erityisesti putki tai putkiverkko, putkijohto, putkiston lisäosat, tasaimet, letkut ja muut asiaankuuluvat paineenalaiset osat, kuten venttiilit. (Tukes 2003, 6.)

## 4 PAINELAITTEEN SUUNNITTELU

### 4.1 Painelaitteen luokittelu

Painelaitteet ja laitekokonaisuudet, joissa on noudatettava olennaisia turvallisuusvaatimuksia, luokitellaan kasvavan riskin mukaan neljään luokkaan I – IV. (Tukes 2003, 6.) Luokituksen tekemiseksi on tiedettävä seuraavat asiat laitteesta, jotka ilmenevät myös jäljempänä olevasta taulukosta (taulukko 1). Taulukossa mainitut kuvat löytyvät KTM. päätöksen 938/1999 liitteestä II. (KTM. 938/1999, 2370–2378):

1. Minkä tyyppinen laite on, säiliö, putkisto vai joku muu
2. Suurin käyttölämpötila
3. Suurin käyttöpaine (PS)
4. Tilavuus (V)
5. Sisältö (kaasu, neste)
6. Sisällön vaarallisuus (1, 2). (KTM. 938/1999, 2370–2378.)

TAULUKKO 1. Painelaitteiden luokittelu (Tukes 2003, 6).

Painelaitteiden luokittelu									
Painelaitteen tyyppi	Säiliöt				Höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteet	Putkistot			
<b>Luokitusperuste</b>	PS, V				PS, V	PS, DN			
<b>Sisältö</b>	Kaasu		Neste		-	Kaasu		Neste	
<b>Sisällön ryhmä</b>	1	2	1	2	-	1	2	1	2
<b>Kuvat (KTM. 938/1999)</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**PS** tarkoittaa suurinta sallittua käyttöpainetta, (bar)

**V** laitteen tilavuus, (L)

**DN** laitteen nimellisuuruus, (pyöristetty viitearvo)

**Kaasulla** tarkoitetaan kaasuja, nesteytettyjä kaasuja, paineenalaisina liuotettuja kaasuja, höyryjä sekä nesteitä, jos nesteen höyrynpaine on korkeimmassa sallitussa lämpötilassa enemmän kuin 0,5 bar yli-painetta (Tukes 2003, 6).

**Sisällön ryhmä 1** käsittää vaaralliset sisällöt, jotka määritellään kemi-kaaliasetuksessa (675/1993) 3 §, joko räjähtäviksi, erittäin helposti syttyviksi, helposti syttyviksi tai syttyviksi, erittäin myrkyllisiksi, myrkyllisiksi tai hapettaviksi aineiksi (Tukes 2003, 6).

**Sisällön ryhmä 2** käsittää kaikki sisällöt, jotka eivät kuulu ryhmään 1 (Tukes 2003, 6).

**Kuvien rajaviivat** osoittavat jokaisen luokan ylärajan (Tukes 2003, 6).

**Hyvän konepajakäytännön painelaitteet** näkyvät kuvissa alueella ”6 §”. (Liite, 1).

**Useasta kammioista koostuva säiliö** luokitellaan korkeimpaan luokkaan kuuluvan yksittäisen kammion mukaan. Mikäli kammiossa on useita sisältöjä, tehdään luokitus sen sisällön mukaan, joka edellyttää korkeinta luokkaa (Tukes 2003, 6).

Painelaitteiden luokilla tarkoitetaan laitteen vaativuutta ja sen aiheuttamaa riskiä. Luokituksissa luokka I on kaikkein helpoin ns. hyvän konepajakäytännön mukaisesti rakennettava painelaite. Luokat II-IV ovat sellaisia luokkia, jotka vaativat kolmannen osapuolen NoBo:n hyväksyntää. Yleisesti ottaen teollisuudessa käytettävät painelaitteet ylittävät luokan I vaatimukset, ollen luokkaa II, III tai IV. Luokkaan I kuuluu yleisesti kotitalouksissa olevat paineilmakompressorien ja muiden sellaisten säiliöt. Painelaitteiden luokat ja kuvaus arviointimenettelystä löytyvät taulukoista seuraavalla sivulla (Taulukko 2 ja taulukko 3). (Tukes 2003, 7.)

TAULUKKO 2. Painelaitteiden luokat (Tukes 2003, 7).

Luokka I	Luokka II	Luokka III	Luokka IV
A	A1	B1+D	B+D
	D1	B1+F	B+F
	E1	B+E	G
		B+C1	H1
		H	

TAULUKKO 3. Luokituksen arviointi (Tukes 2003, 7).

ARVIOINTIMENETTELY (Moduuli)		KUVAUS
<b>A</b>	Valmistuksen sisäinen tarkastus.	Valmistaja tekee loppuarvioinnin ja laatii tekniset asiakirjat.
<b>A1</b>	Valmistuksen sisäinen tarkastus ja loppuarvioinnin valvonta.	Valmistaja tekee loppuarvioinnin, jonka ilmoitettu laitos valvoo ja valmistaja laatii tekniset asiakirjat.
<b>B</b>	EY-tyyppitarkastus.	Ilmoitettu laitos tarkastaa laitteen tyypin vaatimustenmukaisuuden.
<b>B1</b>	EY-suunnitelmatarkastus.	Ilmoitettu laitos tarkastaa suunnitelmien vaatimustenmukaisuuden.
<b>C1</b>	Tyypinmukaisuus.	Valmistaja tekee loppuarvioinnin, jonka ilmoitettu laitos valvoo.
<b>D</b>	Tuotannon laadunvarmistus.	Valmistaja soveltaa valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka noudattamista ilmoitettu laitos valvoo.
<b>D1</b>	Tuotannon laadunvarmistus.	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat, sekä soveltaa valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista ilmoitettu laitos valvoo.
<b>E</b>	Tuotteiden laadunvarmistus.	Valmistaja soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista ilmoitettu laitos valvoo.
<b>E1</b>	Tuotteiden laadunvarmistus.	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat, sekä soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista ilmoitettu laitos valvoo.
<b>F</b>	Tuotekohtainen todennus.	Ilmoitettu laitos tekee tuotekohtaisen loppuarvioinnin.
<b>G</b>	Yksikkökohtainen EY-todennus.	Ilmoitettu laitos tekee tuotteen ja suunnitelman loppuarvioinnin.
<b>H</b>	Täydellinen laadunvarmistus.	Valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista ilmoitettu laitos valvoo.
<b>H1</b>	Täydellinen laadunvarmistus, suunnitelmatarkastus, sekä loppuarvioinnin erityisvalvonta	Valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista ilmoitettu laitos valvoo. Lisäksi ilmoitettulaitos tekee tuotteen ja suunnitelman loppuarvioinnin.

## 4.2 CE-merkintä

Painelaitteet ja -laittekokonaisuudet on merkittävä CE-merkillä, mukana tulee toimittaa käyttöohjeet, sekä niistä on laadittava EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Hyvän konepajakäytännön painelaitteita ja laitekokonaisuuksia ei tarvitse CE-merkintä eikä niistä laadita EY-vaatimustenmukaisuusvakuutusta. (Tukes 2003, 5.)

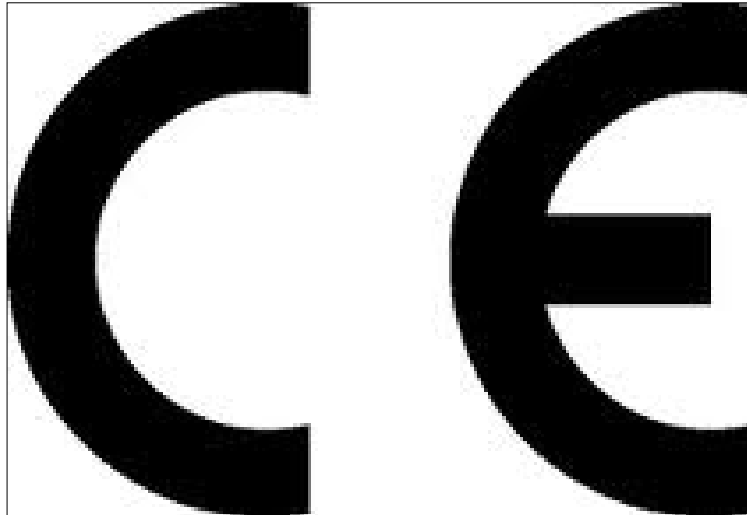
Valmistaja takaa CE-merkinnällä, että painelaite tai laitekokonaisuus on suunnitellun ja valmistuksen osalta toteutettu siten, että määrätyt turvallisuusvaatimukset täyttyvät ja vaatimustenmukaisuuden arviointi on tehty. Valmistaja tai valmistajan edustaja, kiinnittää laitteeseen tai laitekokonaisuuteen CE-merkinnän Euroopan talousalueella. (Tukes 2003, 8.)

CE-merkintä (kuvio 2) ja muut merkinnät kiinnitetään siten, että ne ovat helposti luettavasti, sekä ne on kiinnitetty pysyvästi painelaitteeseen kiinnitettyyn kilpitelineeseen. (Tukes 2003, 8.)

Merkintöjä ovat:

1. NoBo:n tunnusnumero, jos NoBo on ollut mukana valmistuksen tarkastusvaiheessa, eli luokkien II, III ja IV arviointimenettelyissä
2. valmistajan nimi ja osoite, tai muu yksilöivä tunnus
3. laitteen valmistusvuosi
4. painelaitteen tunnus, esim. tyyppi, sarja- tai eränumero
5. laitteen valmistusnumero
6. laitteen korkeimmat ja alimmat sallitut raja-arvot. (Tukes 2003, 8.)

Painelaitteesta riippuen merkitään vielä tilavuus (L), nimellisuuruus DN, teho (kW), koepaine (bar), varolaitteen asetusaine (bar) ja varoitus kokemusperäisistä mahdollisista käyttövirheistä (Tukes 2003, 8).



KUVIO 1. CE-merkki (AKM Consulting Oy, 2012).

Painelaitteista kootaan painelaitekirja. Kirjasta selviää laitteen tekniset ominaisuudet, valmistuksessa toteutetut asetukset ja määräykset, tehdyt tarkastukset ja valmistuksen hyväksynät sekä lopullinen rakenteen hyväksyntä. Kirjaan liitetään mukaan valmistustekniset piirustukset ja suunnitelmat sekä raportit tehdyistä tarkastuksista. Painelaitekirjan sisällöstä tulee ilmetä työhön osallistuneiden henkilöiden toimet ja pätevydet, työmenetelmien pätevydet sekä materiaalien jäljitettävyys ja niiden materiaalitodistukset. Valmistaja liittää mukaan vielä valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutuksen (Liite 2). Samaan painelaitekirjaan liitetään myös Nobo:n myöntämä tarkastustodistus vaatimustenmukaisuustodistus (Liite 3).

#### **4.3 Suunnittelun eteneminen**

Suunnittelu aloitetaan välittömästi toimittajan ja asiakkaan allekirjoitettua kauppasopimus. Kauppasopimuksessa on lopullisesti määritetty kaikki suunnittelua ja valmistusta koskevat reunaehdot.

Suunnittelu alkaa materiaalin valinnalla, mikäli asiakas ei sitä ole jo aiemmin valinnut ja siten myös määrittänyt. Materiaalin valinnassa huomioidaan korroosiotekijät, paineen aiheuttamat tekijät ja lämpötilojen aiheuttamat tekijät. Samalla suunnittelija ja projektipäällikkö yhdessä määrittelevät kustannuksiltaan järkevimmän materiaalin vaihtoehdon.



Esimerkkinä voidaan mainita sellainen ympäristö, jossa lämpötila on korkea, noin + 400 °C, paine on myös korkeahko 150 bar.g., lisäksi säiliön sisällä olevat aineet ovat erittäin syövyttäviä. Edellä mainittu tilanne tuo isoja haasteita materiaaleille ja valmistettavuudelle, kun otetaan vielä huomioon pohjoiset ilmanot, joudutaan materiaalin pakkasenkestävyys myös todentamaan. Alla olevasta taulukosta (taulukko 4) käy ilmi, miten edellä mainitun kaltaisessa tapauksessa eri tekijät vaikuttavat materiaalin valintaan.

TAULUKKO 4. Ulkopuoliset tekijät materiaalin valinnassa.

	A	B	C	D	E
A		A+B	A+C	A	A
B	A+B		B	B	B
C	A+C	B		C	C
D	A	B	C		E
E	A	B	C	E	

- A. Paineen vaikutus                      8pist.
- B. Sisällön vaikutus                      8pist.
- C. Lämpötilan vaikutus                  6pist.
- D. Valmistaminen                         0pist.
- E. Hinta                                        2pist.

Kuten yllä olevasta taulukosta käy ilmi, ei paineastiavalmistuksessa monestikaan pystytä tai ei edes ole kriittistä ajatella valmistettavuutta, vaan hinta ja materiaalin laatu vaikuttavat enemmän materiaalin valinnassa. Materiaalin laadulla varmistetaan laitteen kesto sille asetetuissa olosuhteissa.

Edellä mainitussa tapauksessa voidaan käyttää lämpötilojen vaikutuksen vuoksi kuormalujia hiiliteräksiä, joilla tulee olla lisäksi hyvät iskusitkeysominaisuudet kylmissä, alle -40 °C lämpötiloissa. Toinen erittäin vaikuttava tekijä on syövyttävä

sisältö, joka vaatii materiaaliksi hyvin happoja kestävästä materiaalia. Hiiliteräs ei kuitenkaan ole tällainen materiaali. Kolmas merkittävä tekijä on paine, joka aiheuttaa yhdessä lämpötilan kanssa haasteellisen kombinaation. Laite olisi kuitenkin saatava kustannuksiltaan pieneksi. Tällaisessa tapauksessa voidaan käyttää ns. COMPOUND-terästä. COMPOUND-teräkset ovat rakenteeltaan sellaisia, joissa perusaineena voidaan käyttää hiiliterästä ja pinnoitteena austeniittista materiaalia, tai jotain muuta hyvin kemikaaleja kestävästä terästä. Pinnoiteteräs kiinnitetään perusteräkseen, joko räjäyttämällä tai valssaamalla.

Pilottiprojektissa on edellä mainitun kaltainen tilanne. Yrityksessä päätettiin valita laitteisiin perusaineeksi kuumalujaa hiiliteräs, jolla iskutkeysominaisuudet ovat hyvät. Paine ja lämpötila vaikuttivat siinä määrin, että seinämävahvuus kasvoi lähes 70 millimetriin. Korrosoiva sisältö otettiin huomioon valitsemalla perusaineen päälle materiaali, joka kestää hyvin erilaisia kemikaaleja ja korkeita lämpötiloja. Laitteet päätettiin valmistaa siten, että perusaineen päälle pinnoitehitsataan kemikaaleja kestävä lisäaine.

Materiaalin valinnan jälkeen tehdään varsinaiset lujuuslaskelmat. Näillä määritellään säiliön vaipan vahvuus, päätyjen muoto ja vahvuus sekä putkiyhteiden seinämien vahvuudet. Lujuuslaskelmissa määritellään myös tarkemmin, käytetäänkö joissain laitteen osissa taemateriaaleja, jotka vastaavat muita säiliöön valittuja materiaaleja. Lujuuslaskennan yhteydessä on otettu huomioon jo asiakkaan määrittämät rajoitteet laitteelle, kuten tila joka on varattu laitteelle ja laitteeseen liittyvien putkistojen ja käyttölaitteiden suunnat sekä korkeudet.

Lujuuslaskelmien perusteella aloittaa projekti-insinööri tai erillinen piirtäjä piirtämään laitteen kokoonpanokuvaa. Kokoonpanokuvan jälkeen insinööri suunnittelee ja valmistaa osakokoonpanopiirustukset sekä osapiirustukset. Piirustusten ensimmäiset versiot lähetetään kommentoitavaksi asiakkaalle ja tyypillisesti tässä vaiheessa tilataan materiaalit. Kommentoidut piirustukset päivitetään uuteen versioon ja valmistus aloitetaan. Piirustuksiin tulee tyypillisesti vielä muutamia muutoksia asiakkaan pyynnöstä projektin edetessä. Näiden muutosten oikea-aikainen saaminen tuotantoon on yksi kulmakivi laadukkaasti tuotteen saamiseksi.

Projekti-insinööri laatii laitteelle myös tarkastus- ja laatusuunnitelman, jonka mukaisesti laitetta tarkastetaan projektin edetessä. Tarkastussuunnitelman laajuuden insinööri määrittää tyypillisesti EN 13445-5 mukaisesti, sekä mikäli asiakkaalla on joitain lisävaatimuksia, otetaan ne huomioon. Liitteestä 4 käy ilmi testausryhmät teräksisille paineastioille. Taulukoissa 5 ja 6 käy ilmi NDT-testauksen laajuus eri testausryhmissä. Lisäksi standardissa SFS-EN 13445-5 on sanallisesti kuvattu erilaisia tarkastustoimenpiteitä, kuten millä tavalla tarkastetaan sellaiset kohteet joita on jouduttu korjaamaan. Esimerkiksi kohdassa 6.5.3 määritellään, että korjattu liitos on tarkastettava samalla menetelmällä, kuin millä on korjaukseen johtanut vika todettu. (SFS-EN 13445-5:2009. 16.)

TAULUKKO 5. NDT -tarkastuslaajuus, kussakin testausryhmässä. (EN 13445-5:2009, 22).

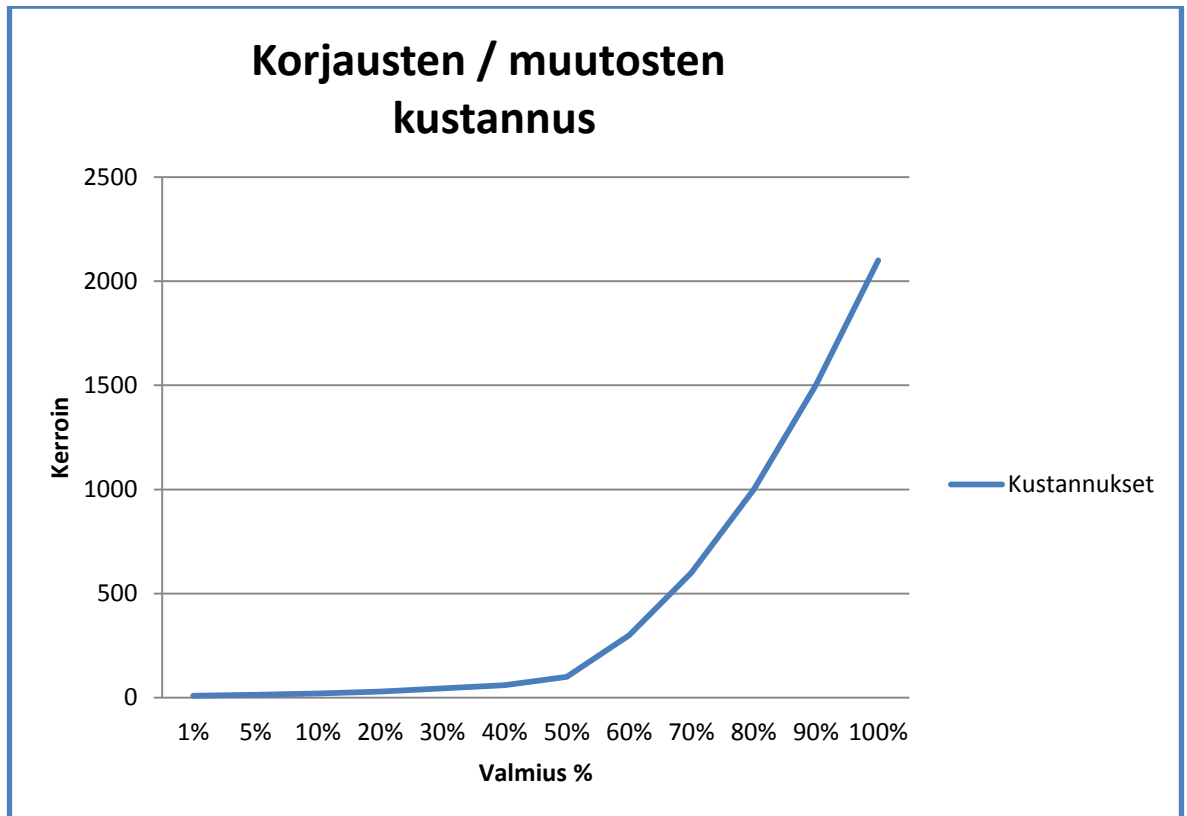
TYPE OF WELD <sup>a, p</sup>		TESTING <sup>b</sup>	EXTENT FOR TESTING GROUP <sup>c</sup>							
			1a	1b	2a <sup>i</sup>	2b <sup>i</sup>	3a	3b	4	
			EXTENT FOR PARENT MATERIALS <sup>l, m, n</sup>							
			1 to 10	11, 12, 81	82, 91, 92, 93, 10	11, 12, 81	82, 91, 92, 10	11, 12, 81	11, 81	
Full penetration butt weld	1	Longitudinal joints	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	100 % 10 % d	(100-10) % 10 %	(100-10) % 10 % d	25 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
	2a	Circumferential joints on a shell	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	25 % 10 % d	(100-10) % 10 %	(25-10) % 10 % d	10 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
	2b	Circumferential joints on a shell with backing strip <sup>k</sup>	RT or UT MT or PT	NA 10 %	100 % 10 %	NA 10 %	25 % 10 % d	NA 10 %	25 % 10 %	0 0
	2c	Circumferential joggle joint <sup>k</sup>	RT or UT MT or PT	NA 10 %	100 % 10 %	NA 10 %	25 % 10 % d	NA 10 %	25 % 10 %	0 0
	3a	Circumferential joints on a nozzle d > 150 mm or e > 16 mm	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	25 % 10 % d	(100-10) % 10 %	(25-10) % 10 % d	10 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
	3b	Circumferential joints on a nozzle d > 150 mm or e > 16 mm with backing strip <sup>k</sup>	RT or UT MT or PT	NA 10 %	100 % 10 %	NA 10 %	25 % 10 % d	NA 10 %	25 % 10 %	0 0
	4	Circumferential joints on a nozzle d ≤ 150 mm and e ≤ 16 mm	RT or UT MT or PT	0 100 %	0 10 %	0 (100-10) %	0 10 %	0 10 %	0 10 %	0 0
	5	All welds in spheres, heads and hemispherical heads to shells	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	100 % 10 % d	(100-10) % 10 %	(100-10) % 10 % d	25 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
	6	Assembly of a conical shell with a cylindrical shell without a knuckle (large end of the cone) <sup>q, r</sup>	RT or UT MT or PT	100 % 100 %	25 % 100 %	(100-10) % 100 %	(25-10) % 100 %	10 % 100 %	10 % 100 %	0 100 %
	7	Assembly of a conical shell with a cylindrical shell without a knuckle (small end of the cone)	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	25 % 10 % d	(100-10) % 10 %	(25-10) % 10 % d	10 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
Circumferential lapped joints <sup>k</sup>	8a	General application shell to head	RT or UT NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	0 0
	8b	Belongs to shell e ≤ 8 mm	MT or PT RT or UT	100 % 0 %	100 % 0 %	100 % 0 %	25 % 0 %	25 % 0 %	10 % 0 %	0 0

TAULUKKO 6. NDT-tarkastuslaajuus kussakin testaustyhmissä jatkoa. (SFS-EN 13445-5:2009, 23).

Table 6.6.2-1 (continued)										
TYPE OF WELD <sup>a</sup> P		TESTING <sup>b</sup>	EXTENT FOR TESTING GROUP <sup>a</sup>							
			1a	1b	2a <sup>i</sup>	2b <sup>i</sup>	3a	3b	4	
			EXTENT FOR PARENT MATERIALS <sup>iii</sup>							
			1 in 10	1 1, 1 2, 8 1	8 2, 9 1, 9 2, 9 3, 10	1 1, 1 2, 8 1	8 2, 9 1, 9 2, 10	1 1, 1 2, 8 1	1 1, 8 1	
Assembly of a flat head or a tubsheet, with a cylindrical shell	9	With full penetration	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	100 % 10 % d	(100-10) % 10 %	(100-10) % 10 % d	25 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
	10	With partial penetration if $a > 18$ mm (a as defined in figure 8 8 2-1) j	RT or UT MT or PT	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	25 % 10 %	10 % 10 %	0 0
	11	With partial penetration if $a \leq 18$ mm (a as defined in figure 8 8 2-1) j	RT or UT MT or PT	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	0 10 %	0 10 %	0 0
Assembly of a flange or a collar with a nozzle	12	With full penetration	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	100 % 10 % d	(100-10) % 10 %	(100-10) % 10 % d	25 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
	13	With partial penetration j	RT or UT MT or PT	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	0 10 %	0 10 %	0 0
	14	With full or partial penetration of $\leq 150$ mm and $a \leq 18$ mm j	RT or UT MT or PT	0 10 %	0 10 % d	0 10 %	0 10 % d	0 10 %	0 10 %	0 0
	15	With full penetration of $a > 150$ mm or $a > 18$ mm	RT or UT MT or PT	100 % 10 %	25 % 10 % d	(100-25) % 10 %	(25-10) % 10 % d	25 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
Nozzle or branch <sup>e</sup>	16	With full penetration of $\leq 150$ mm and $a \leq 18$ mm	RT or UT MT or PT	0 10 %	0 10 % d	0 10 %	0 10 % d	0 10 %	0 10 %	0 0
	17	With partial penetration for any of $a > 18$ mm (see figure 8 8 2-2)	RT or UT MT or PT j	100 % 10 %	25 % 10 % d	(100-25) % 10 %	(25-10) % 10 % d	25 % 10 %	10 % 10 % d	0 0
	18	With partial penetration of $> 150$ mm $a \leq 18$ mm (see figure 8 8 2-2)	RT or UT MT or PT j	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	0 10 %	0 10 %	0 0
	19	With partial penetration of $\leq 150$ mm $a \leq 18$ mm (see figure 8 8 2-2)	RT or UT MT or PT j	0 100 %	0 10 %	0 (100-10) %	0 10 %	0 10 %	0 10 %	0 0
Tube ends into tubsheet	20		MT or PT	100 %	100 %	100 %	100 %	25 %	10 %	0
Permanent attachments	21	With full penetration or partial penetration	RT or UT	25 % g	10 % d	10 %	10 % d	10 %	10 % d	0
			MT or PT	100 %	10 %	100 %	10 %	100 %	10 % d	0

On tärkeää, että projekti-insinööri informoi tuotantoa sekä projektin johtoa ajoissa tapahtuvista muutoksista. Tuotanto voi tällöin pysäyttää niiltä osin valmistuksen, mihin muutos vaikuttaa. Tämä mahdollistaa, että korjauksien määrä pystytään minimoimaan ja kustannus pitämään alhaisena. Projektijohdon on myös tiedettävä välittömästi muutoksista, vain näin johto pystyy käynnistämään keskustelut asiakkaan kanssa kustannusvaikutuksista. Valitettavasti tässä on joissain tapauksissa ollut puutteita yrityksen sisällä ja muutokset ovat jääneet tekemättä tai niiden tekeminen on aiheuttanut suuren kustannuksen.

Toteutuneita kustannuksia vertailtiin muutosten osalta eri projektien jälkilaskennan avulla. Pyrittiin saamaan selville millaisia kustannuksia eri vaiheessa tehtävät muutokset aiheuttavat. Selvisi, että mitä myöhempään muutos menee, sitä enemmän se aiheuttaa työ-, tarkastus-, materiaali- ja dokumentaatiokustannuksia. Kuvio 3 voidaan huomata millaista kustannusten kasvua muutoksista tai korjauksista aiheutuu projektin eri vaiheissa. Kuviossa verrataan kustannusta siihen tilanteeseen, että se olisi jo projektin alkuvaiheessa toteutettu oikealla tavalla. Kustannuksissa on huomioitu uudet tarkastukset, mahdolliset materiaalihävikit, ylityökustannukset, kerrannaisvaikutukset muihin projekteihin, sekä jo turhaan kulutetut työtunnit. Perustana ovat olleet yrityksen vanhat projektit, joissa on eri vaiheissa ollut korjattuja virheitä.



KUVIO 2. Muutosten ja korjausten kustannusten vaikutus projektin valmiusasteen kasvaessa.

Kuten kuvioista 3 voidaan huomata projektin valmiusasteen saavuttaessa 50 % vaiheen, alkavat kustannukset muutosten osalta jyrkästi nousta. Kuvion ilmoittama vaikutus pätee niin kauan kuin muutos tai korjaus tehdään konepajalla. Mikäli laite on ehditty toimittamaan jo asiakkaalle, on kustannuksen vaikutus vielä moninkertainen kuvioon verrattuna. Kustannustekijöiden osalta voidaan todeta, että mitä valmiimmaksi laite on suunniteltu ennen valmistuksen aloittamista, sitä kustannustehokkaammin voidaan se valmistaa. Seikkaan vaikuttaa olennaisesti aikataulu. Nykyään aikataulut ovat niin kireitä ja organisaatiot niin ohuita, ettei suunnittelun täydelliseen tai edes lähes täydelliseen tekemiseen ennen valmistusta ole mahdollisuutta.

#### 4.4 Huomioita suunnittelusta

Yrityksen laatupäällikön mukaan projekti-insinöörin tärkeyttä jokaisessa projektissa ei voi liikaa painottaa. Laatupäällikkö oli sitä mieltä, että alihankinnan käyttäminen

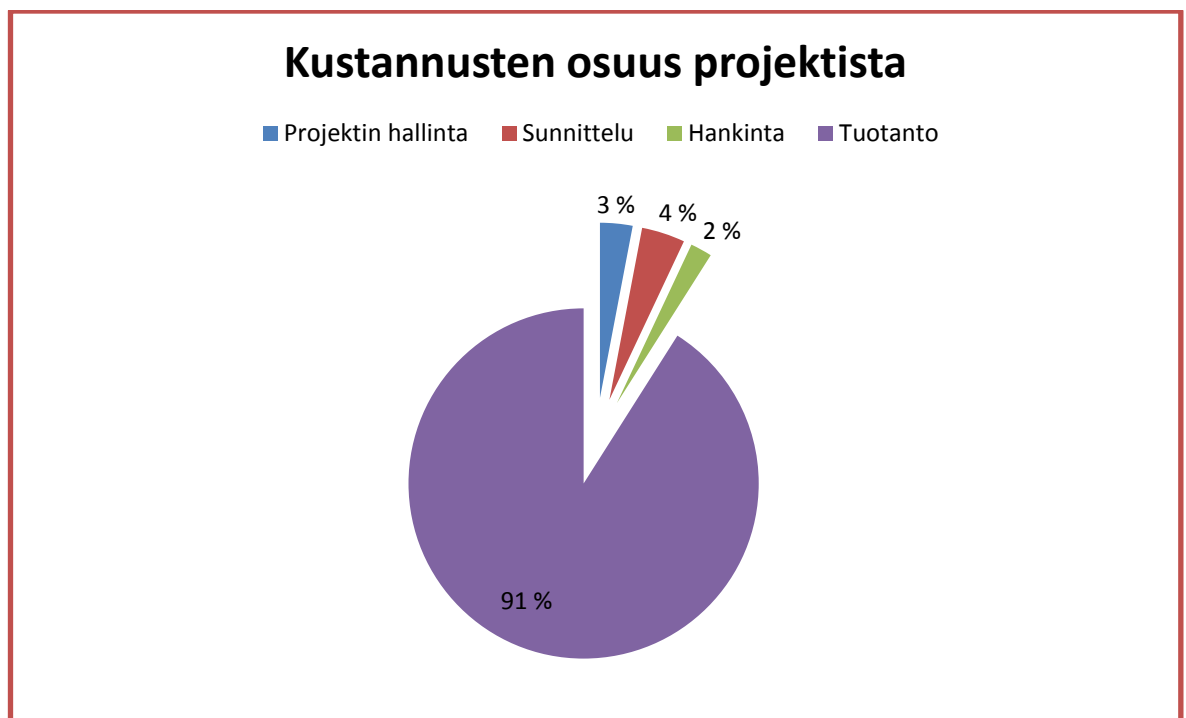
suunnittelulle on aivan mahdollista, kunhan projektille nimetään omasta yrityksestä vastuullinen projekti-insinööri, joka tarkastaa alihankkijan tekemät piirustukset ja laatu- sekä tarkastussuunnitelmat. Laatupäällikön mukaan yrityksessä oli aiemmin käytetty alihankintaa suunnitteluun siten, että alihankinnan ohjeistuksesta ja valvonnasta oli vastannut projektipäällikkö. Tulos oli ollut jokseenkin kaoottinen, sillä projektipäälliköiden aika ei riitä valvomaan suunnittelua alihankinnassa, eikä heillä ole välttämättä yksityiskohtaista tietoa suunnittelun eri vaiheista. Kyseisessä tapauksessa olivat piirustukset kyllä kelvolliset ja ajallaan, mutta tarkastussuunnitelmat ja tarkastusten suorittaminen oli jäänyt ala-arvoisiksi. Syynä oli ollut, ettei kukaan sopinut tarkastuksia, saati valvonut niiden tekemisiä. Tyypillisesti yrityksessä - laatupäällikön mukaan - projekti-insinöörin tehtäviin kuuluu junailta nuo tarkastusten suorittamiset ja valvomiset. (Ristiluoma, 2012.)

Laatupäällikkö kertoi omana näkemyksenään, että suunnittelu on pystyttävä aloittamaan välittömästi hankintasopimuksen tultua voimaan. Suunnittelun välitön aloitus mahdollistaa materiaalihankintojen nopean etenemisen ja samalla taataan valmistukselle riittävästi aikaa tehdä kyseinen laite. Laatupäällikkö puhui myös esisuunnittelun tärkeydestä. Hänen mielestään ei tarjousvaiheen suunnittelua voi liikaa korostaa. Tarjousvaiheessa hyvin tehty esisuunnittelu mahdollistaa kaupan toteutuessa välittömän päämateriaalien hankinnan ja pienentää yllätysten mahdollisuutta projektissa. (Ristiluoma, 2012.)

## 5 TUOTANTO

Tuotannon tehtävänä on toteuttaa painelaitteen valmistus sille annetussa ajassa ja mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tuotanto on yksi koko projektin keskeisimmistä toteuttajista, yhdessä suunnittelun kanssa. Mikäli projektin aloitus jostain syystä viivästyy, on yleensä tuotanto se projektivaihe missä kaikki viivästymät otetaan kiinni. Tuotannon on pystyttävä joustamaan ja venymään tilanteissa, joissa projektin aloitus viivästyy yrityksen omien toimintojen takia.

Tuotannon kannalta olisikin erittäin tärkeää, että aikataulut ovat realistisia. Mikäli menetettyä aikaa yritetään ottaa tuotannossa kiinni, tulee se yleensä todella kalliiksi. Alla olevasta kuvioista 4 nähdään millainen kustannus tuotanto on normaalitilanteessa, verrattuna muihin projektin vaiheisiin. Kuvio ei ota huomioon raaka-aineiden kustannuksia.

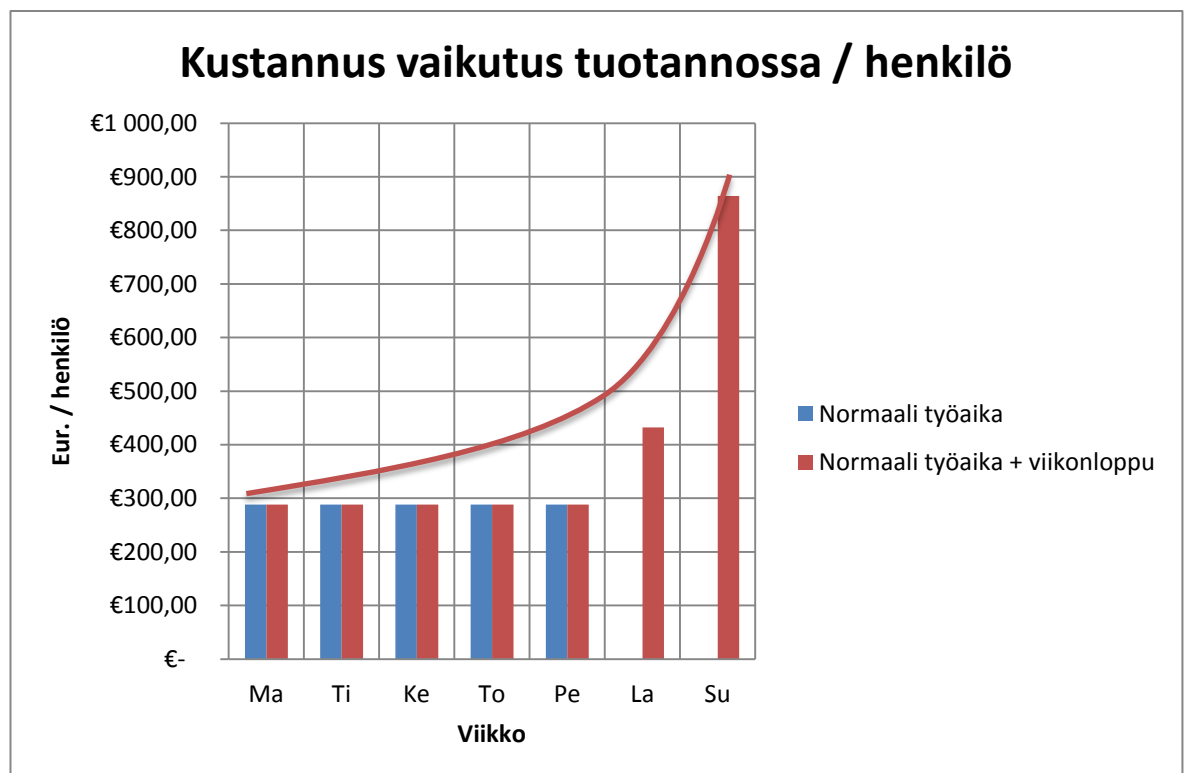


KUVIO 3. Eri projektivaiheiden työkustannusten osuus.

Edellä osoitetun pohjalta voidaan käsittää millaiset kustannukset eri projektivaiheet tuottavat optimitilanteessa. Esimerkkinä voidaan käyttää työkustannuksiltaan 2000000 euroa olevaa projektia. Tällöin tuotannon kustannus tuosta summasta on 1820000 euroa, kun vastaavasti suunnittelun kustannus on 80000 euroa.

## 5.1 Suunnitelmien jalkauttaminen tuotantoon

Projektin riittävän aikainen tuotantoon jalkauttaminen antaa mahdollisuuden tehokkaaseen valmistukseen. Mikäli projektin jalkauttaminen tuotantoon viivästyy, jostain yrityksen omasta syystä, yleensä seuraus on että tuotanto joutuu ylikuormitukseen. Tuotannon ylikuormitustilanteessa tuotannon henkilöstö joutuu tekemään ylitöitä. Mahdollisesti voidaan joutua turvautumaan vuokratyövoimaan. Molemmissa tapauksissa kustannusten nousu on todella merkittävä. Kuvio 5 havainnollistaa, miten suuri kustannusvaikutus on mikäli joudutaan ottamaan aikataulun jättämää kiinni ylitöinä. Normaalityöajalla tehty työ maksaa taulukon esimerkissä yritykselle 1440 €/henkilö/vko. Mikäli tehdään lisäksi viikonloppuja ylitöinä, nousee kustannus lähes kaksinkertaiseksi viikossa. Voidaan todeta, että normaalityöaikana kustannus on 36,00 €/henk./h. Vastaavasti, mikäli otetaan viikonlopputyö myös käyttöön, on kustannus 48,86 €/henk./h.

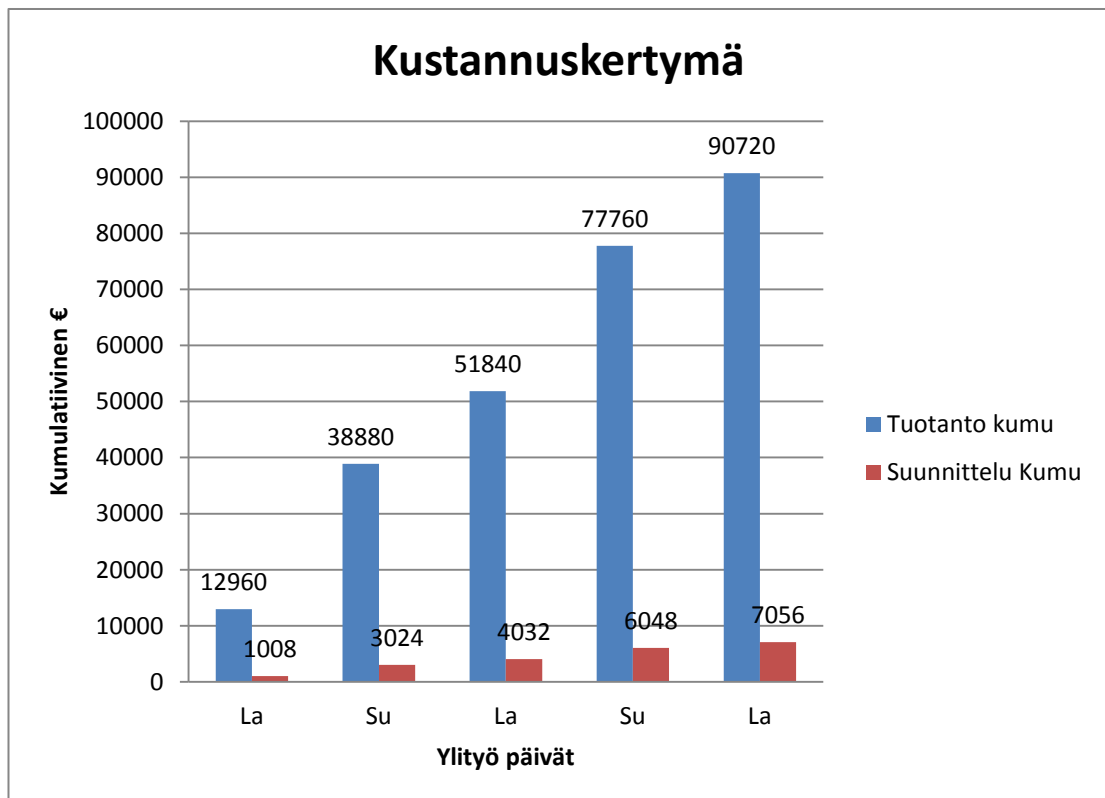


KUVIO 4. Viikonloppuna tehdyn ylityön kustannus.

Yksinkertaistamalla kustannusvertailua voidaan todeta, että aikataulun osalta jättämä on paras ottaa kiinni suunnittelussa, kuten kuvio 6 osoittaa. Esimerkkinä voidaan todeta, että jos suunnittelu ei etene riittävällä nopeudella ja aikataulussa,



ollaan jäljessä tuotannon osalta viikko. Tuotannossa on 30 henkilöä, mikä tarkoittaa että ollaan aikataulusta jäljessä noin 1200 h. Tuon jättämän kiinniottamiseen joudutaan tuotannossa tekemään ylitöitä viikonloppuisin. Mikäli kaikki työntekijät tekevät omalta osaltaan kiinni tuon jättämän, tarkoittaa se kahta kokonaista viikonloppua ja yhtä lauantaita. Kustannusvaikutus tuotannossa on 3024 € / työntekijä eli yhteensä 90720 euroa (kuvio 6). Mikäli aikataulun jättämä huomataan jo suunnitteluvaiheessa, jolloin se kurotaan kiinni projekti-insinöörien toimesta, on kustannuskertymä seuraava: Suunnittelussa on kaksi henkilöä normaalisti kyseisessä projektissa. Kahden suunnittelijan osalta viikon jättämä tarkoittaa 80 tuntia. Laskeetaan suunnittelun kustannus keskimääräisellä tuntipalkalla 42 € / h. Oletetaan että suunnittelijoille maksettaisiin poikkeuksellisesti palkkaa myös ylitöistä. Kaksi suunnittelijaa joutuu tekemään kaksi täyttä viikonloppua ja yhden lauantain ylitöitä. Kustannusvaikutus on tällöin kokonaisuudessaan 7056 euroa (kuvio 6).



KUVIO 5. Vertailu, suunnittelun ja tuotannon välillä. Viikon jättämän kiinnikuroamisen kustannukset.

Tietenkään asia ei ole käytännössä niin yksinkertainen, kuin yllä on kuvattu. Kun tuotannossa kurotaan jättämää kiinni, vaikuttavat siihen monet seikat, esimerkiksi

se mikä työvaihe on menossa ja miten monta henkilöä kyseiseen työvaiheeseen joudutaan kiinnittämään.

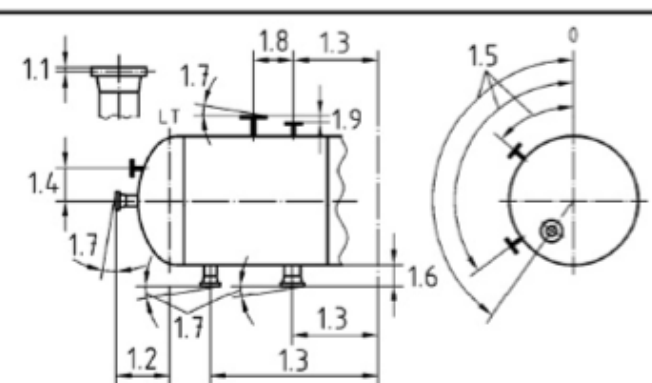
## 5.2 Vaatimukset tuotannolta

Standardit ja spesifikaatiot sekä materiaalien vaihtelut asettavat tuotannolle suuria vaatimuksia, joiden toteutumiseen vaikuttaa olennaisesti käytettävät valmistusmenetelmät.

TAULUKKO 7. Putkiyhteiden asennustoleranssit. (EN 13445-4, 51).

Structural tolerances others than specified in 5.4 and 5.5 should not exceed the values in Tables A.1 to A.4. These values are considered as reasonable values that the manufacturer may apply to his manufactured items.

**Table A.1 — Tolerances on nozzles**



Item no	Type of deviations and elements considered	Limit deviations	
1.1	Levelness of flat joint span expressed as a function of joint thickness	$0,2 \epsilon$	
1.2	Deviation between the surface of a flange and the tangential line (LT) of an end or the reference line (LR)	$\pm 5 \text{ mm}$	
1.3	Deviation between axis of a nozzle and the reference line (LR)	Connection nozzle $\leq 100 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$
		Other nozzles and manholes	$\pm 10 \text{ mm}$
1.4	Deviation between the axis of a nozzle with an axis parallel to that of the vessel	$\pm 5 \text{ mm}$	
1.5	Deviation in relation to the theoretical orientation measured by the circumferential deviation between the reference generating lines and the nozzle	Connection nozzle	$\pm 5 \text{ mm}$
		Manhole	$\pm 10 \text{ mm}$
1.6	Deviation between flange facing and vessel wall	Connection nozzle	$\pm 5 \text{ mm}$
		Manhole	$\pm 10 \text{ mm}$
1.7	Slope of the flange facing in relation to theoretical plane	Connection nozzle	$\pm 0,5^\circ$
		Manhole	$\pm 1^\circ$
		For measurement apparatus	$\pm 0,25^\circ$
1.8	Deviation between nozzle axes for measurement apparatus	$\pm 1,5 \text{ mm}$	
1.9	Difference in level between the two flange facing for measuring device	$\pm 1 \text{ mm}$	

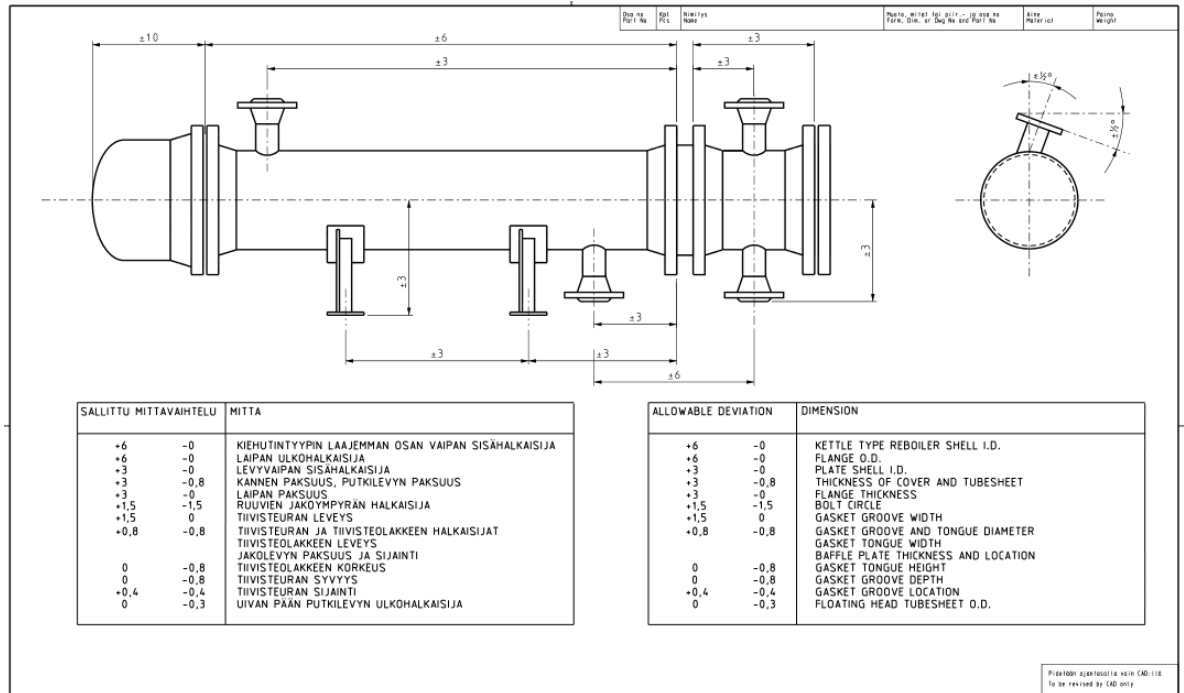
TAULUKKO 8. Sallittu poikkeama suoruudessa. (EN 13445-4, 52).

**Table A.2 — Tolerances after erection of a vertical vessel**

Item no	Type of deviations and elements considered	Limit deviations	
2.1	Difference in length over distance $L$ of extreme tangential lines (LT)	$L \leq 30\,000$ mm	$\pm 15$ mm
		$L > 30\,000$ mm	$\pm 20$ mm
2.2	Wall straightness deviation	Local defect measured on generating line $\pm 6$ mm	
2.3	Deviation between main axis of vessel and the vertical $L$ (2.1) of vessel	$\pm \min. (0,001 L; 30 \text{ mm})$	
2.4	Concentricity deviation of two sections with different diameters, expressed as a function of the greater diameter $D$	$\pm \min. (0,003 D; 20 \text{ mm})$	
2.5	Deviation over total height or overall length of the vessel	cumulated tolerances	

Taulukoissa 7 ja 8 käy ilmi hyvin standardin EN 13445-4 asettamat toleranssit valmistukselle. Toleranssit ovat kohtuullisen tiukat, ottaen huomioon valmistusmenetelmät kyseisille asennuksille ja osille. Valmistuksen päämenetelmä on hitsaus, joka aiheuttaa lämpöjännityksiä ja muodonmuutoksia kappaleisiin. Näiden hallitseminen valmistuksessa vaatii huolellista suunnittelua. Käytännössä tämä tarkoittaa seikkaperäisten hitsaus- ja asennusohjeiden valmistelua ennen valmistuksen aloittamista.

Standardien lisäksi on monilla yhtiöillä omia lisävaatimuksia koskien tarkastuksia ja mitta- sekä muototoleransseja. Yleisesti vaaditaan prosessiin liittyen laitteiden joidenkin kohtien lisätarkastamisia. Mitta- ja muototoleranssien tiukentamisella pyritään varmistamaan asiakkaan toimesta laitteiden vaihtokelpoisuus tulevaisuudessa. Kuviossa 7 näkyy erään yhtiön vaatimus mittatoleranssien osalta.



KUVIO 6. Päämittatoleranssit.

### 5.3 Valmistusmenetelmät

Yrityksen tuotteiden valmistuksessa käytetään yleisesti seuraavia menetelmiä:

1. levyaihioiden plasma- tai polttoleikkaus
2. viisteytys mekaanisesti ja poltto- tai plasmaleikkauksella
3. levyjen mankelointi
4. jauhekaarihitsaus
5. hiilikaaritaltaus
6. MIG/MAG-hitsaus
7. jauhekaarihitsaus nauhalla, mikäli pinnoitetaan materiaaleja.

### 5.3.1 Levyaihioiden leikkaus

Levyaihioiden leikkaus aloitetaan paineastian vaippalevyjen leikkauksesta oikeaan kokoon ja muotoon. Vaippalevyjen leikkauksen jälkeen siirrytään yleisesti jalustan osien leikkaukseen. Lopuksi leikataan sisäpuoliset ja ulkopuoliset varusteluosat, kuten alipainevanteet, vahvikelevyt, kiinnikkeet mittalaitteille ja mahdolliset eristeiden kiinnikkeet.

Leikkaus tapahtuu AIRWELL-polttoleikkausautomaatilla (kuvio 8), joka on NC-ohjattu. Polttoleikkaaja poimii suunnittelijoiden kuvista leikattavat osat ja niiden mitat. Piirustuksista poimitut osat nestataan projektille hankituille levyille ja aloitetaan leikkaaminen.



KUVIO 7. AIRWELL 3500-poltto- ja plasmaleikkausautomaatti. (Airwell Oy, 2012).

### 5.3.2 Levyjen mankelointi lieriöiksi

Painesäiliöiden painerunkona käytettävät teräslevyt mankeloidaan lieriöiksi, joiden mitat on suunnittelussa määritetty lujuuslaskelmien ja tilavuuden perusteella. Teräslevyn maksimitat, jotka saadaan taivutettua yrityksen levymankelilla, ovat

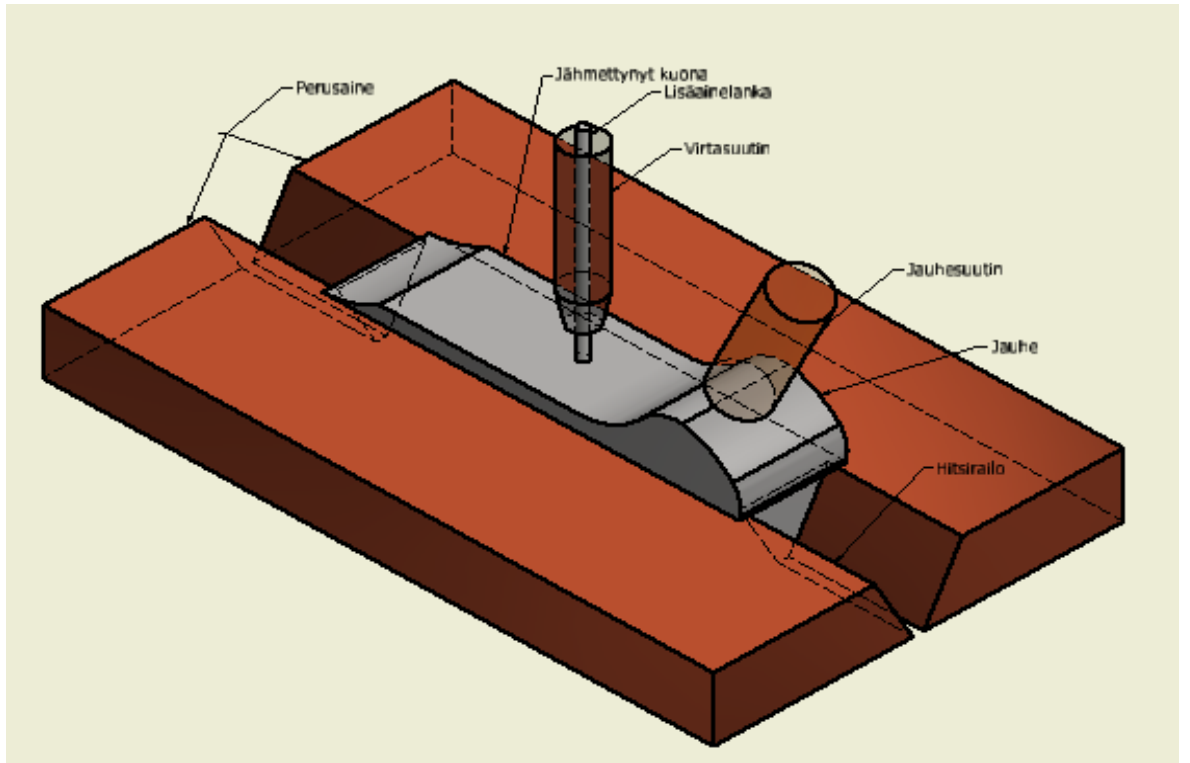
pituuus 20500 mm, leveys 4000 mm sekä vahvuus 30 mm. Maksimikokoisen teräslevyn myötölujuus ( $R_{eH}$ ) saa olla maksimissaan  $355 \text{ N/mm}^2$ . Mankelointi tapahtuu kolmitelaisella levymankeilla. Mankeloinnissa maksimimittojen kasvaessa, voidaan käyttää myös alihankkijoita. Alla olevassa kuviossa 9 on tyypillinen levytyömankele, jollaista myös kyseessä oleva yritys käyttää.



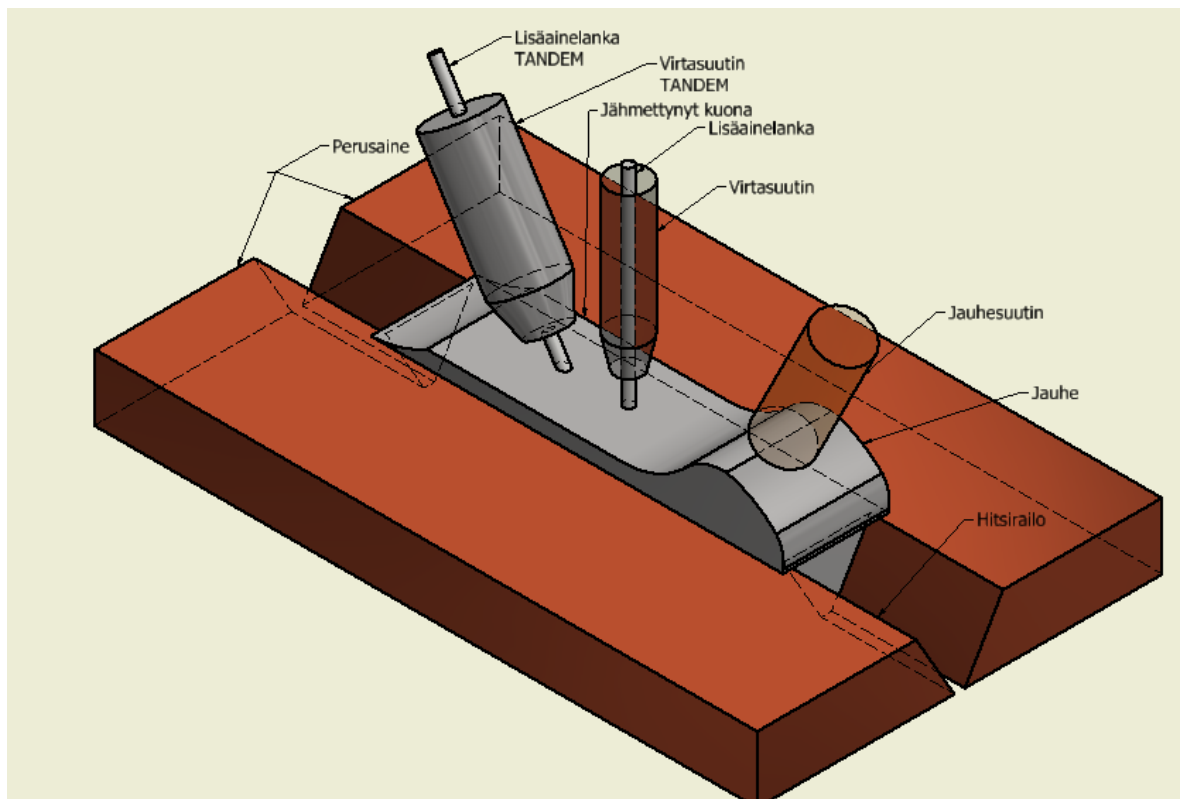
KUVIO 8. Levymankele. (Halikko Group Oy, 2013).

### 5.3.3 Jauhekaarhitsaus

Painesäiliöiden ja -laitteiden, painerunkojen isojen hitsausseamojen hitsauksessa käytetään yleisesti jauhekaarhitsausta. Jauhekaarhitsauksen tuotto yksilankahitsauksena on luokkaa  $6,5 \text{ kg/h}$  (kuvio 10). Tuottoa saadaan nostettua lähes kaksinkertaiseksi vaihtamalla prosessi jauhekaari TANDEM- hitsaukseksi, jossa käytetään kahta samansuuruista lisäainelankaa peräkkäin (kuvio 11). Molempiin lankoihin syötetään virtaa omasta virtalähteestä. Virtalajeina voidaan käyttää sekä tasavirtaa että vaihtovirtaa tai näiden yhdistelmää.



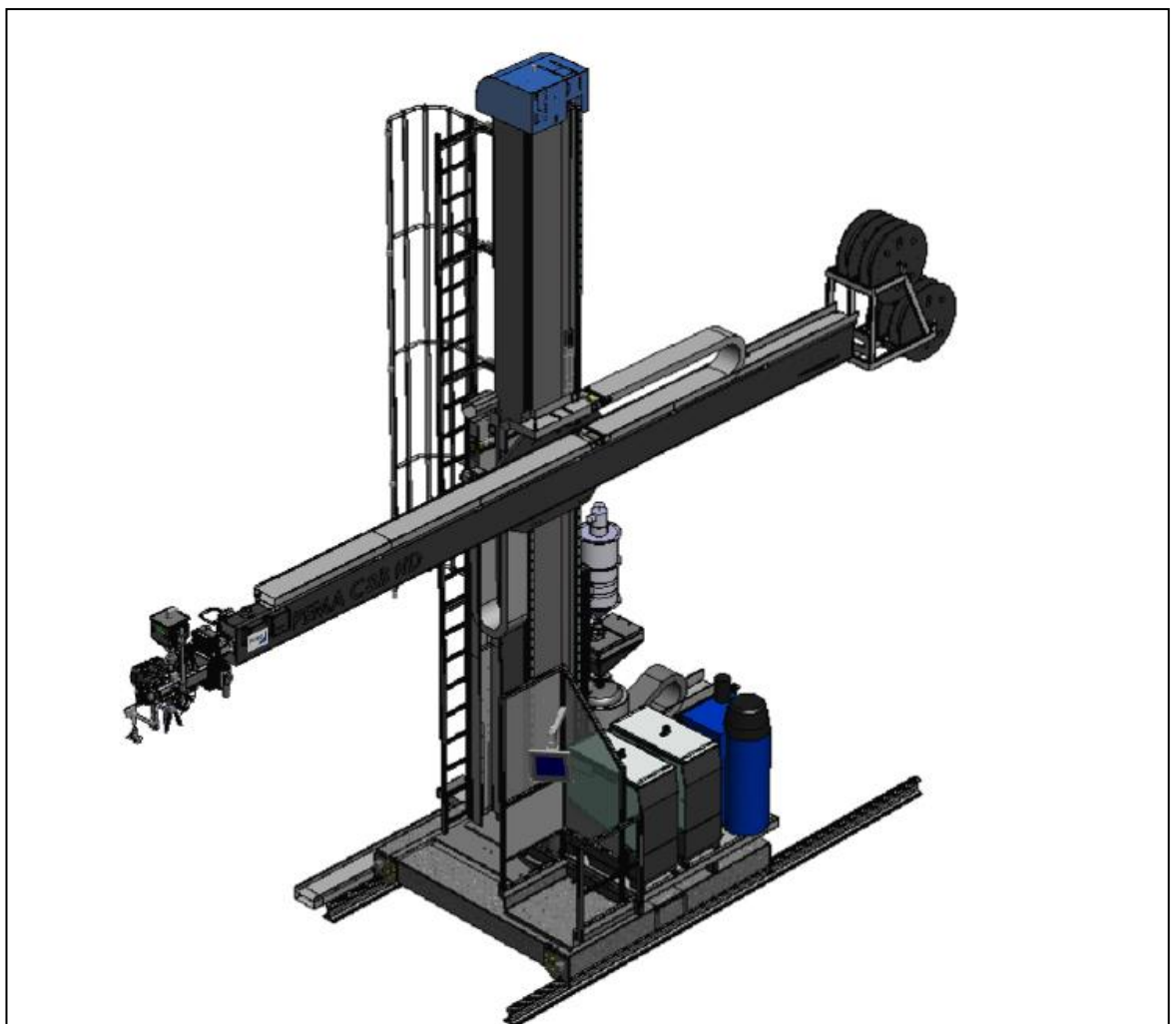
KUVIO 9. Yksilankajauhekaarhitsauksen periaatekuva.



KUVIO 10. TANDEM-jauhekaarhitsauksen periaatekuva.

TANDEM-jauhekaarihitsaus tapahtuu yleisesti siten, että aloituspalko hitsataan pelkästään etummaisella lisäainelangalla, samaan tapaan kuin yksilankajauhekaarihitsauksessa. Täyttöpaloissa voidaan sitten ottaa käyttöön myös toinen lanka, jolloin etummainen lanka käyttää tasa- tai vaihtovirtaa ja takimmainen lanka käyttää vaihtovirtaa. Vaihtovirralla hitsattaessa saadaan lämmöntuontia pienennettyä ja samalla hitsisulan tunkeumaa pienennettyä, josta seuraa suurempi täyttöaste.

Jauhekaarilaitteisto on tyypillisesti kiinnitetty hitsaustorniin (kuvio 12) tai siltarakennelmaan (kuvio 13). Jauhekaaresta on myös traktorikuljettimella varustettu malli (kuvio 14).



KUVIO 11. Jauhekaarihitsaustorni. (Pemamek Oy, 2013).





KUVIO 12. Jauhekaariportaalilaitteisto. (Pemamek Oy, 2013)



KUVIO 13. Jauhekaaritraktori.

### 5.3.4 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsausta käytetään painelaittevalmistuksessa varusteluhitsauksissa, esimerkiksi putkiyhteiden (kuvio 15), kannatinkonsolien, erilaisten jäykisteiden hitsauksessa.



KUVIO 14. Putkiyhteiden hitsausta.



KUVIO 15. Hitsauslaitteisto. (Kemppi Oy, 2013).

Nykyaikaiset hitsauskoneet (kuvio 16) ovat kehittyneet varsin suurilla harppauksilla. Uusilla koneilla voidaan käyttää hitsauksessa, joko tasavirtaa (DC), vaihtovirtaa (AC) tai näiden yhdistelmiä. Erilaiset virtalajit antavat lukuisia mahdollisuuksia erilaisten materiaalien hitsaukseen. Hitsaajien tarvitsee vain valita valikosta kulloiseenkin tarpeeseen soveltuva ohjelma, joka on valmiiksi ohjelmoitu koneeseen, hitsauskoordinaattorin tai vastaavan toimesta.

Mekanisointi on myös vahvasti tulossa MIG/MAG-hitsauksen toteutukseen. Mekanisointilaitteistojen hinnat ovat tulleet kohtuullisemmiksi ja näin niiden käyttö yleisty.

## 6 ONGELMAT PILOTTIPROJEKTISSA

Tähän osioon on kerätty eri projektin vaiheissa ilmenneitä ongelmia, jotka ovat aiheuttaneet ylimääräistä työtä tai viivytystä projektin edetessä. Ongelmat on kerätty, jotta nähdään millaisiin seikkoihin tulee ottaa tarkemmin kantaa ja millaiset ongelmat on vältettävissä mahdollisesti jo ennen projektin varsinaista aloittamista.

### 6.1 Projektin johto

Oman haasteensa projektin johdossa, tämän projektin osalta, aiheuttivat organisaatiomuutokset, joita yrityksessä jouduttiin tekemään. Projektipäällikkö siirrettiin tehtaan johtoon ja projektipäällikön tehtävät siirrettiin toimitusjohtajalle. Nämä yhdessä pyrkivät sitten hoitamaan, omien toimiansa ohella, projektin hallinnointia.

Toisaalta muutos toi tuotantoon etua, koska projektin kokonaisuuden hallinta helpottui ja koko tuotanto tiesi projektin kriittiset kohdat. Toisaalta taas projektia vaikeutti kahden henkilön yhteydenpito asiakkaan suuntaan. Järjestely on riskialtis tiedonkulun varmistamisessa.

### 6.2 Suunnittelu

Laitteiden valmistuspiirustusten piirtäminen aloitettiin kopioimalla suoraan asiakkaan toimittamista periaatepiirustuksista kuvat yrityksen piirustusohjelmalle. Tämä aiheutti paljon virheitä piirustuksiin, kuten vääriä mittoja, vääriä taulukkomerkintöjä sekä vääriä materiaalimerkintöjä. Asiakkaan periaatepiirustuksissa laitteet olivat ASME-standardin mukaisia, mutta hankintamäärityksessä on päädytty käyttämään EN-standardia laitteiden perustana. Poikkeavuudet näissä kahdessa standardissa ovat merkittäviä, niin materiaalien kuin osien mitoituksen suhteen. Taulukoihin jäi suunnittelussa ASME:n mukaisia merkintöjä, laippojen, putkien ja painerungon osalta. Piirustuksen ja taulukoiden poikkeavuus toisistaan aiheutti valmistuslupien viivästyistä.

Laatu- ja tarkastussuunnitelma on kopioitu vanhan, lähes vastaavan projektin suunnitelmista. Joitain muutoksia tehtiin, mutta ei käytetty aikaa suunnitelmien yksityiskohtaiseen tarkastamiseen. Samalla jäi huomiotta kokonaan asiakkaan sopimusmateriaalin mukana toimittamat spesifikaatiot laitteiden tarkastusten lisävaatimuksista. Tästä aiheutui yritykselle merkittäviä kustannuksia, koska valmistuksen jo alettua jouduttiin tekemään tarkastuksia jälkikäteen sellaisista asioista, jotka olisi voitu tehdä materiaaleja hankittaessa toimittajien toimesta. Samalla yrityksen riskit kyseisen projektin osalta nousivat moninkertaisiksi verrattuna siihen, että tarkastukset ja testit olisi tehty alkuvaiheessa materiaalien osalta.

Edellä mainittujen syiden takia, sekä muutamien muiden huomioimattomien seikkojen vuoksi valmistuskuvat päivittyivät valmistuksen aikana lukuisia kertoja. Valmistus joutui muuttamaan ennalta suunniteltuja valmistusaikatauluja.

### **6.3 Tuotannosuunnittelu**

Tuotanto aloitettiin ilman minkäänlaista suunnitelmaa siitä, missä eri työvaiheet toteutettaisiin ja millaisia työvälineitä tarvittaisiin. Alkuvaiheessa tuotannossa perustettiin työpisteitä jonkin työvaiheen alkaessa, samalla aloitettiin työvälineiden kunnostus ja hankinta. Alkuvaiheen suunnitelmattomuuden vuoksi valmistus ei päässyt etenemään jouhevasti, vaan aiheutui eripituisia odotusaikoja. Alkuvaiheessa menetettiin muutamista päivistä viikkoihin projektin aikataulusta. Samaisen seikan aiheuttamana saatiin hallin tuotantotilasta  $\frac{3}{4}$  täyteen muutamalla työvaiheella. Tämä aiheutti muiden projektien osalta tilan puuttetta.

### **6.4 Materiaalien hankinta**

Materiaalien hankinta käynnistyi päämateriaalien osalta nopeasti, mutta pulttien, tiivisteiden, laippojen ja varusteluosien materiaalien hankinta viivästyí jonkin verran. Materiaalien hankinnan ongelmaksi muodostui kontaktien vähäinen määrä erikoismateriaalien valmistajiin. Samalla hankintoja vaikeutti epätietoisuus, mitä vaatimuksia ja tarkastuksia materiaaleille, sekä osille on määriteltý. Osa hankinnoista viivästyíkin siitä syystä, että määritellyt vaatimukset ilmoitettiin materiaalien-

toimittajille vasta muutamia päiviä tai jopa viikkoja tilauksen jälkeen. Projektin edessä ongelmia hankintatoimelle aiheutti myös se, että ei ollut tarkkaan määritelty kuka hankkii ja mitä, sekä kuka kantaa päävastuun hankinnoista. Tilanne aiheutti sen, ettei materiaalia saatu oikeassa ajassa tuotantoon, syntyi turhia odotusaikoja jonka seurauksena valmistusta jouduttiin sovittelemaan uudelleen.

## **6.5 Tuotanto**

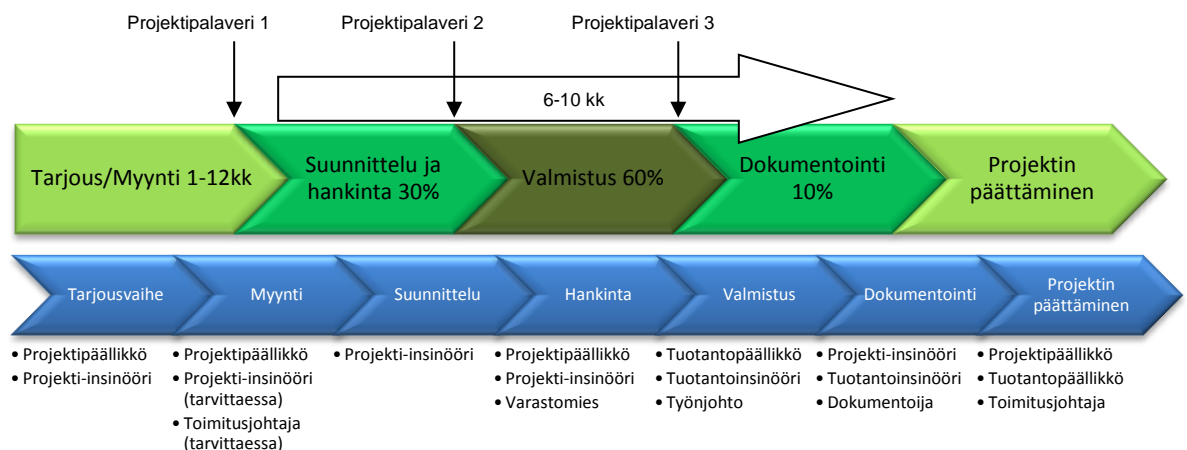
Tuotannossa ongelmia muodostui koneiden ja laitteiden huonosta kunnosta ja osaksi siitä, ettei tuotantolaitteita oltu osattu hankkia riittävästi lisää. Vanhojen laitteiden kunnostus ja uusien käyttöönotto vei tehokasta tuotantoaikaa paljon. Toisaalta tuotannon lähtiessä kunnolla käyntiin oli eräällä materiaalitoimittajalla vaikeuksia pysyä aikataulussa. Tämä aiheutti tuotannossa toimintojen uudelleen järjestelyjä. Järjestelyistä johtuen tuotteita ei voitu valmistaa optimaalisessa järjestyksessä, vaan valmistusta jouduttiin toteuttamaan sellaisessa järjestyksessä mihin materiaalit antoivat mahdollisuuden. Samalla aikaa kului paljon hukkatyöhön, kun laitteiden osia jouduttiin siirtelemään edestakaisin ja varastoimaan välivarastoihin.

## 7 LOPPUTULOS JA RATKAISU

### 7.1 Toimiva tilaus-toimitusprosessi

Toimivan prosessin aikaan saamiseksi on luotava käytäntö projektipalaverille. Palaverien ajankohdat tulee määrittää siten että niitä pidetään ainakin siinä vaiheessa, kun edellinen projektivaihe tulee valmiiksi ja seuraava aloittaa tekemisen. Erittäin suositeltavaa olisi pitää vielä ainakin yksi seurantalpalaveri jokaisen projektivaiheen puolivälin paikkeilla. Yrityksessä voidaan luoda pysyväisagenda projektipalaveri-ihin, jolloin ainakin kriittiset asiat tulisivat joka kerralla käsitellyksi.

Prosessi kaaviosta (kuvio 17) käy ilmi millaisen tilaus- toimitusprosessin kulun ja ajankäytön tulisi olla yrityksessä. Lisäksi kuvion alla on kuvattu pääpiirteittäin keille kyseisen työvaiheen vastuu kuuluu.



KUVIO 16. Tilaus-toimitusprosessi.

Tehtävät alueittain:

#### Tarjousvaihe

- Tarjouspyyntödokumentteihin tutustuminen
- Lujuuslaskenta
- Tarjouslaskenta

- Tarjouksen jättö.

#### Myynti

- Sopimusneuvottelut
- Sopimus
- Budjetointi
- Aikataulu projektille
- Suunnittelun lähtötiedot
- Projektin aloituspalaveri.

#### Suunnittelu

- Materiaalilistat
- Valmistuspiirustukset
- Detalji- ja erillissuunnitelmat
- WPS:t
- Tarkastus- ja laatusuunnitelma
- Suunnittelun hyväksyttäminen asiakkaalla.

#### Hankinta

- Tarjouspyynnöt materiaaleista ja alihankinnasta
- Tarjousten vertailu ja yhteenveto
- Materiaalilaukset
- Materiaalin vastaanotto.

#### Valmistus

- Kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelu
- Materiaalin hallinta
- Kalusto
- Hitsauspätevyudet
- S-käyrä
- Työohjaimet
- Tarkastusdokumentit.

#### Dokumentointi

- Projektin loppudokumentaatio.

#### Projektin päättäminen

- Projektin loppuyhteenveto
- Teholukujen päivittäminen.

## 7.2 Projektinjohto

Ongelmat, jotka aiheutuivat organisaatiomuutoksista projektin aikana, eivät toteudu jokaisessa projektissa. Kuitenkin tällaisiin tilanteisiin on luotava muutoksen hallintaa helpottavia toimenpiteitä, joilla muutoksen aikainen johtaminen varmistetaan. Samalla tehtäväkenttää on selkiytettävä, jotta jokainen tietää tehtävänsä.

Johtaminen ja esimiestyö tulee määrittää tehtävien, vastuiden ja roolien kautta. Yleisimmin vastuu liittyy tuotteiden ja palvelujen tuotantoon, laatuun, henkilöstön johtamiseen, kehitystoimintaan ja työsuojeluasioihin. Määrittäminen parantaa olennaisesti johtamista yrityksessä.

## 7.3 Suunnittelu

Suunnittelun ongelmat johtuvat osaksi vastuiden epäselvyydestä, vajavaisista tiedoista projektin osalta, työvaiheiden oikaisusta ja teknisien spesifikaatioiden lukematta jättämisestä ja siitä että projektien vaativuus on ajanut tiedoista ja taidoista ohi.

Töiden organisoiminen suunnittelussa on todella tärkeää. Esimiesten ja suunnittelusta vastaavien henkilöiden on määritettävä selkeä työnäön kaava. Tämä auttaa henkilöstöä ymmärtämään oman työnsä merkityksen yrityksen toimivuudelle. Kokonaisuuden ymmärtäminen on perusta henkilöstön osallistumiselle työpaikan kehittämiseen.

On kannustettava henkilöstöä oppimaan työstään ja välttämään havaittuja virheitä seuraavissa projekteissa. Lisäksi työssä oppimisen suunnitelmallisuudella päästään sattumasta säännöllisyyteen ja huomioidaan työntekijän sekä koko työyhteisön oppiminen. Työssä kehittymisen tärkein tekijä on työssä oppiminen. Työssä oppiminen on hyvä tapa oppia uusia parempia työmenetelmiä ja -tapoja.



## 7.4 Tuotannosuunnittelu

Tuotannosuunnittelun ongelmakohtana on, että käytännössä organisaation energia suunnataan päivittäiseen työjohtotoimintaan. Tuotannosuunnittelua ei siis toteuteta etukäteen tehtaassa valmistuksen LAYOUT eikä muussakaan toiminnassa. Työmääräimet tehdään siinä vaiheessa, kun kyseinen työvaihe aloitetaan tai on jo aloitettu. Tämä tarkoittaa sitä, että kyseistä projektia ei ole pilkottu palasiin, eikä myöskään näin ollen ole pystytty aikataulutamaan luotettavasti tuotantoon.

Tuotannosuunnittelun keskeinen tavoite on tehostaa toimintaa sekä tehdä toiminnasta joustava. Nopeutta nostamalla, mikä tarkoittaa läpimenoajan lyhentämistä, voidaan lisätä toiminnan ketteryyttä. Organisaation pitää pystyä ratkomaan monia ongelmia päästäkseen ketterämpään ja tehokkaampaan tilaan. Henkilöstön, ainakin esimiesten, tulee ymmärtää järjestelmän käyttäytyminen, millainen merkitys on nopeudella ja mitkä ovat nopeutta hidastavat seikat.

Tuotannosuunnittelussa tulee jatkossa kiinnittää huomiota projektikohtaisen valmistuksen LAYOUT tarkasteluun. Tulee myös kiinnittää huomiota projektin eri työvaiheiden pilkkomiseen ja tähän tukeutuen aikatauluttaa ja kuormittaa työvaiheet.

## 7.5 Tuotanto

Tuotannon ongelmaksi muodostuivat ainakin seuraavat seikat:

- materiaalivirrat
- työaikajärjestelyt
- työnaikainen valvonta
- epätietoisuus työmenetelmistä
- koneiden ja laitteiden tehokas käyttö.

Tuotannosuunnittelun miettimien ratkaisujen toteuttaminen on yksi tuotannon kulmakivistä. Mikäli tuotanto tekee vain oman näkemyksensä mukaan asioita, eli kuunnellaan liikaa suorittavaa porrasta, tulee ongelmia jouhevan tuotannon aikaan saamisessa. Yksittäinen hitsaaja tai asentaja tietää hyvin juuri omaan työhönsä

liittyvät asiat, mutta ei välttämättä pysty hahmottamaan kokonaisuutta, jolloin tuotannon joustavuus kärsii. Lisäksi tuotannon epäjärjestys ja epäsiisteys aiheuttavat tyhjäkäyntiä ja hukkatyötä.

Tuotannon ongelmien ratkaiseminen voidaan aloittaa seuraavilla toimenpiteillä. Ideoidaan työntekijöiden kanssa esimiesten avulla, työpaikalle hyvä järjestys. Järjestyksen aikaansaamiseksi voidaan käyttää esimerkiksi lattioiden maalausta, jolla rajataan työpisteet ja muut alueet, selkeät tyhjät käytävät, säilytyshyllyt ja roska-astiat. Tärkeintä on, jos jokin esine ei ole paikallaan tai joku asia on muuten epäjärjestyksessä, palautetaan ne sovittuun tilaan. Tehdään ohjeet, miten toteutetaan siivous ja huolto tehtaassa. Pyritään tavoitteeseen jossa työpaikka siivotaan päivittäin. Suunnitellaan koneiden ja laitteiden huoltoja sekä tehdään siitä ohjeet, joiden mukaan huoltoja toteutetaan. Lisäksi valvotaan sovittujen asioiden toteutumista. Tärkeintä on, että mietitään mitä tarvikkeita tarvitaan työssä sekä miten ja missä niitä tulee säilyttää. Työpisteistä tarpeettomat tavarat poistetaan, jolloin tilaa vapautuu. Työpisteissä ei säilytetä ylimääräisiä työkaluja siltä varalta, että voidaan joskus ehkä tarvita. Alla olevassa kuviossa 18 näkyy esimerkillisesti järjestetty konepajan tuotantotila, jossa on painotettu siisteyden tärkeyttä.

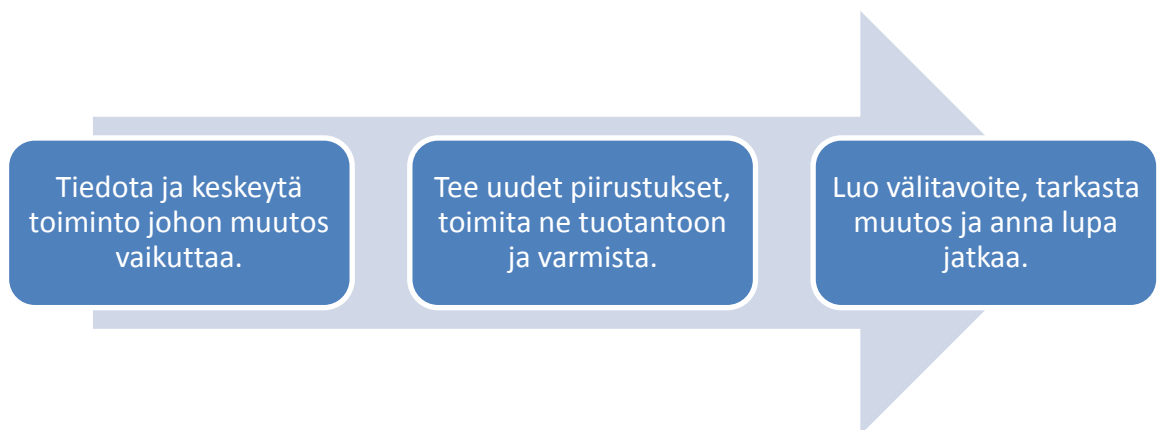


KUVIO 17. Järjestyksessä oleva tuotantotila. (Manor Oy, 2012)

Tuotteen laadun ja oikeellisuuden varmistamiseksi tulee keskittyä operatiivisiin tekniikoihin ja toimenpiteisiin, joilla voidaan täyttää laatuvaatimukset. Näitä ovat esim. testaus, laatukselmoinnit, välitavoitteissa määritellyt mittaukset ja tarkastukset. Asiakkaan on oltava mukana projektissa alusta alkaen, samoin kuin suunnittelun. Tällä tavalla voidaan varmistaa, että kaikilla osapuolilla on yhteinen käsitys laatuvaatimuksista ja siitä miten niihin voidaan sitoutua.

Projektin toteutuksen aikana tulee välittömästi, kun tiedetään piirustuksiin tulevan muutoksia, informoida tuotantoa. Kaikille tuotannon esimiehille laitetaan sähköpostilla tieto niistä piirustuksista joihin tulee muutoksia. Tämän jälkeen suunnittelija ja vuorossa oleva tuotannon esimies käyvät yhdessä läpi kohdat, joihin muutos vaikuttaa. Tämän pohjalta voidaan kyseinen työvaihe keskeyttää. Vuorossa ollut esimies vastaa siitä, että muut esimiehet saavat tiedon muutoksesta. Välittömästi uusien piirustusten valmistuttua suunnittelija toimittaa kuvat tuotantoon ja varmistaa yhdessä vuorossa olevan esimiehen kanssa tiedon perille menemisen. Ei riitä, että piirustus tuodaan esimiehen pöydälle, vaan pitää varmistua henkilökohtaisesti että muutos tulee selväksi.

Tuotteiden fyysisen oikeellisuuden varmistamiseksi luodaan järjestelmään muutamia välitavoitteita, joissa pitää raportoida olennaiset asiat ennen kuin voidaan antaa lupa jatkaa valmistusta. Suunnittelija varmistaa välitavoitteessa muutosten toteutumisen. Toimintatapa tilanteessa, jossa tuotteeseen tulee muutoksia, on kuvattu kuviossa 19.



KUVIO 18. Tuotteen muutoksen varmistusprosessi.

## 8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävän yrityksen vahvuuksia ovat erikoistuminen materiaaleiltaan, tekotavoiltaan, kooltaan ja laadultaan erittäin vaativiin paineastioihin ja -säiliöihin. Yrityksen suurin heikkous on oman organisaation tilaus-toimitusprosessin saumattomassa toteutuksessa. Organisaatiossa eri työvaiheet ja toiminnot puuhastelevat tehokkaasti omilla alueillaan, kuitenkin sen enempää miettimättä seuraavan vaiheen tarpeita. Yhteen hiileen puhaltamisen sijasta pyritään vain turvaamaan oma selusta ja tekemään oma osa-alue niin hyvin kuin mahdollista. Yritys voisi kasvaa kannattavaksi ja luotettavaksi kansainväliseksi toimijaksi, kun projektien läpivienti koko toimitusketjun osalta saadaan saumattomaksi.

Aivan aluksi lähdettiin hakemaan keinoja, millä saataisiin varmistettua että laitteet ovat viimeisimpien suunnittelukuvien ja määritysten mukaisia. Hyvin nopeasti työn edetessä paljastui kuitenkin sellaisia seikkoja, joiden vuoksi päätettiin työn tavoitetta muuttaa. Työn tavoite määrittyi lopulta tilaus-toimitusprosessin kokonaisuuden parantamiseksi. Työssä löydettiin hyvin erilaiset seikkaperäiset kohdat, eri työvaiheista, joista ongelmat aiheuttavat. Samalla huomattiin, etteivät eri työvaiheet nivoutuneet yhdeksi saumattomaksi projektiksi, vaan olivat lähinnä erillisiä prosesseja.

## 9 JATKOTOIMET

Yrityksen tulisi määrittää pitkän aikavälin tavoite, jossa määritettäisiin askel kerrallaan tavoitteet, jotka tulee toteuttaa tiettyyn aikarajaan mennessä. Työkaluna yritys voisi käyttää soveltuvin osin LEAN-prosessin työkaluja, kuten 5S-tuotannossa, sekä VSM-suunnittelussa ja muissa toiminnoissa. Seuraavassa on kerrottu 5S-laatumallin keskeiset tavoitteet.

- 5S:n avulla voidaan kehittää toiminnan tuottavuutta, laatua ja systemaattisuutta
- 5S tuo näkyville sujuvan toiminnan poikkeamat, kuten hukan tunnistamisen, joka mahdollistaa hukan poistamiseen vaikuttavien työmenetelmien käytön
- 5S ylläpitää työpisteen järjestystä ja vähentää työvälineiden etsimiseen kulutettua aikaa
- 5S lisää olennaisesti työturvallisuutta, mikäli suunnittelussa huomioidaan työpaikkojen ja laitteiden layout, sekä tehdään riskien arviointi ja otetaan huomioon työpaikan olosuhteet
- 5S:llä on mahdollista tehostaa työkalujen seuranta ja valvontaa, minkä ansiosta ne pysyvät omilla paikoillaan
- 5S:n suunnitellaan ja toteutetaan johdon ja henkilöstön yhteistyössä omaan organisaatioon sopivaksi malliksi. (Työturvallisuuskeskus, 2013).

Yritys voisi toteuttaa esitutkimuksen tilaus-toimitusprosessista seuraavalla tavalla:

- Simuloidaan tuotannonvirtaus, jolla analysoidaan läpimenoajat
- Mitataan jalostusarvo, eli tuottavan työn osuus valitusta työvaiheesta
- Laaditaan suunnitelma JOT-ohjausjärjestelmän kehittämisestä
- Tehdään toimihenkilöiden mielipidekysely
- Haastatellaan yrityksen toiminnalle tärkeitä avainhenkilöitä ja työntekijöitä
- Kuvataan organisaation informaation kulku, jonka jälkeen voidaan todeta sen ongelmat. (Tuominen 2010, 228).

Lopuksi täytyy muistaa muutamia tosiseikkoja. Yksikään organisaatio ei kehity opivaksi ja menestyväksi pelkästään yrityksen johdon käskyillä, vaan myös johdon

ja koko henkilökunnan on sitouduttava tavoitteeseen. Vastoinkäymisistä ei saa lannistua, vaan niistä on opittava. Oppiva organisaatio ei ole tavoitetila, pikemminkin se on toiminto jossa yritystä kehitetään jatkuvasti. Menestys ei tule yhdestä eikä kahdesta tekijästä, vaan useamman tekijän summasta eli järjestelmästä, jossa jokainen osa-alue tukee toisiaan.

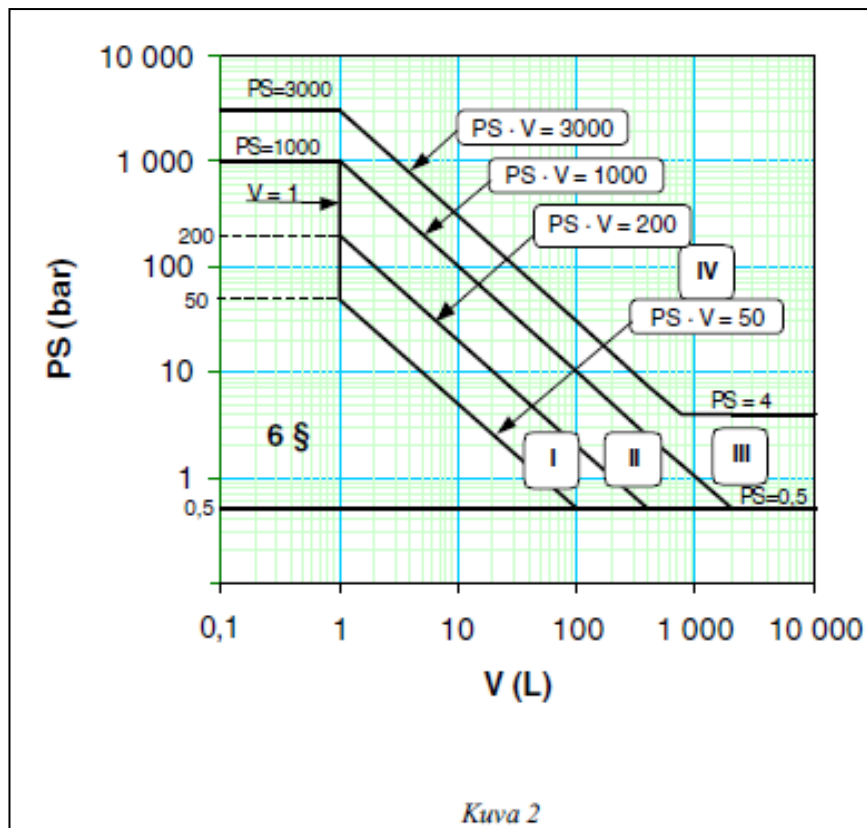
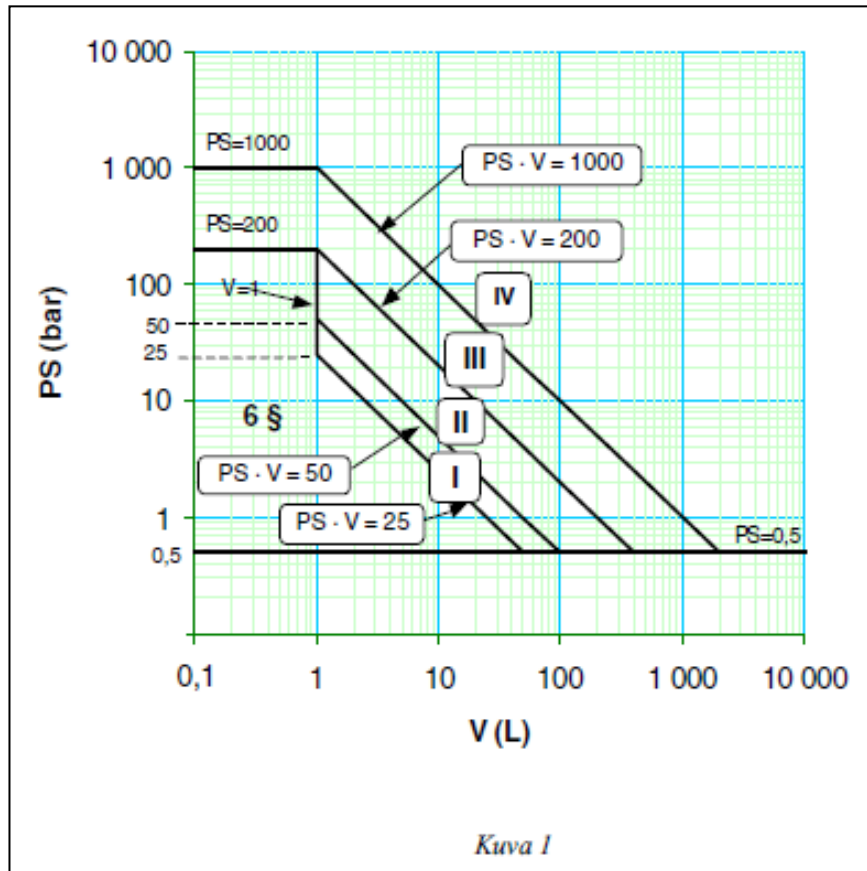
## LÄHTEET

- Airwell Oy. 2012. Tekninen seloste: WellCut LC 3500. [Verkkajulkaisu]. Kiikoinen: AirWell Oy. [Viitattu 27.12.2012]. Saatavana: <http://www.airwell.fi/download/Wellcut/WellCut%20LC3500.pdf>
- Halikko Group Oy. 2012. Kylmämuovaus: Levyn mankelointi ja särmäys. [Verkkosivu]. Halikko Group Oy. [Viitattu 30.1.2013]. Saatavissa: <http://www.halikkogroup.fi/fin/yritys/halikko-works/palvelut/kylmaemuovaus>
- Manor Oy. 2012. Manor Oy: Tuotanto ja palvelut. [Verkkosivu]. Manor Oy. [Viitattu 18.12.2012]. Saatavissa: <http://www.manor.fi/fi/tuotanto-ja-palvelut>
- Pemamek Oy. 2013. Pema Column & Booms: HD 7x7. [Verkkajulkaisu]. Loimaa: Pemamek Oy. [Viitattu 30.1.2013]. Saatavana: [http://www.pemamek.com/eng/welding\\_automation\\_solutions/?group=22&family=25&product=12](http://www.pemamek.com/eng/welding_automation_solutions/?group=22&family=25&product=12)
- Ristiluoma, E. 3.12.2012. Länsirannikolla toimivan konepajan henkilöhaastattelu: Laaturpäällikkö.
- AKM Consulting Oy. 2011. CE-merkintä. [Verkkosivu]. AKM Consulting Oy. [Viitattu 2.11.2012]. Saatavissa: <http://sertifiointi.com/ce-merkinta/>
- SFS-EN 13445-5:2009: Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 4: Valmistus. 2. painos. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- SFS-EN 13445-5:2009: Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 5: Tarkastus ja testaus. 2. painos. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- Tuominen, K. 2010. LEAN käytännössä: Yritysesimerkkejä tehokkaista lean - periaatteista ja – käytännöistä. 1. painos. Helsinki: Readme.fi.
- Turvatekniikan keskus. 2003. Tukes opas; Painelaitteet. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Turvatekniikan keskus. [Viitattu 19.10.2012]. Saatavana: [http://www.tukes.fi/tiedostot/painelaitteet/esitteet\\_ja\\_oppaat/painelaitteopas.pdf](http://www.tukes.fi/tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_oppaat/painelaitteopas.pdf)

# LIITTEET



## LIITE 1. KTM. 938/1999 Liite II Vaatimustenmukaisuuden määrittäminen kuvan 1.



## LIITE 2. Vaatimustenmukaisuusvakuutus

**PAINELAITTEEN  
VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS**  
Painelaittedirektiivi 97/23/EC Moduli G

Asiakirja No: DC-12974-02

Valmistaja:

Osoite:

Til.no. / Työnumero

Laitteen tekniset tiedot

Laitteen nimi:..... Gas recovery compressor after cooler  
 Positio numero..... EA-8906/II  
 Tilaaaja / käyttäjä..... Borealis Polymers, Porvoon tuotantolaitokset  
 Valmistus no..... S-1851  
 RS-todistus..... RS 177/12 / Inspecta Tarkastus Oy  
 Painelaitteen tyyppi..... Lämmönvaihdin  
 Laitteen luokka..... IV (Moduuli G)  
 Piirustus no..... A0-1197411 rev. 9 + osapiirustukset  
 Valmistusvuosi..... 2012

	Vaippapuoli	Putkipuoli	Laatu
Tilavuus.....	313	79	L
Suunnittelupaineet.....	30/-1	30/-1	bar(g)
Koepaineet.....	43	43	bar(g)
Suunnittelulämpötila..(max/min).....	150/-45	150/-45	°C
Sisältö.....	HC:s, N2	CW	
Korroosiovara.....	Katso piirustus	Katso piirustus	mm

Varoventtiili (Tilaaaja toimittaa)

Läpäisykyky..... - kg/h  
 Asetuspaine..... max. - (VP) bar(g)  
 - (PP)

Vaatimustenmukaisuustodistukset

Ilmoitettu laitos (Notified Body) Inspecta Oy  
 NP tunnistenumero 0424  
 Osoite Miestentie 3  
 02150 Espoo

Vaatimustenmukaisuustodistus no. 112-1038-238501 Päiväys: 28.9.2012

Sovellatut standardit ja spesifikaatiot

PED 97/23/EC , EN 13445

Muut sovellettavat direktiivit

Ei tarvita

Allekirjoittanut vahvistaa tämän painelaitteen suunnittelun, valmistuksen ja tarkastuksen noudattavan yllämainittujen direktiivien vaatimuksia.

Paikka: Päiväys: 28.

Allekirjoitus: Yhtiön leima:

Nimi:

### LIITE 3. Vaatimustenmukaisuustodistus Inspecta Oy



#### TODISTUS PAINELAITTEEN VAATIMUSTENMUKAISUUDESTA Ilmoitetun laitoksen yksikkökohtainen EY-todennus G-moduulin

Todistusnumero: 112-1038-238501  
 Tilausnumero: 4200321683/ 12.12.2011  
 Painelaitteen kuvaus: CAS RECOVERY COMPRESSOR AFTERCOOLER EA-8906/II  
 Luokka: IV  
 Tarkastusstandardi: PED 97/23/EY EN 13445  
 Valmistajan nimi ja osoite:

Valmistusnumero:

Valmistusvuosi:

Pakka:

Tila		Vaippa	Putki
Suurin sallittu käyttöpain	bar	-1,0 ... 30,0	-1,0 ... 30,0
Suurin sallittu käyttölämpötila	°C	-45 ... +150	-45 ... +150
Tilavuus	L	313	79
Sisältö		HC's, N2	CW

SUUNNITTELUN HYVÄKSYNTÄ RS 177-12

Päivämäärä: 14.6.2012

Piirustusnumero: A0-1197411 rev. 7

Hyväksyjä: Inspecta Tarkastus Oy

PAINEKOE

Päivämäärä: 15.6.2012

Tila		Vaippa	Putki
Koepaine	bar	43	43
Välipaine		Vesi	Vesi

Huomautukset: Painekeo: Timo Ojanperä  
 Projekti nro AP974  
 Poikkeamat raportit AP974-NCR-03 ja AP974-NCR-08 rev.1 on hyväksytty. Jälkimmäisestä poikkeamasta on loppukäyttäjän hyväksyntä.

Inspecta Tarkastus Oy todistaa, että yllä mainittu painelaitte täyttää kauppaja- ja teollisuusministeriön päätöksen 938/99 painelaitteista (painelaittedirektiivin 97/23/EY) vaatimukset.

Painelaitte merkitään tunnukseksi: **CE 0424**

Teuva  
 Paikka

28.9.2012  
 Päivämäärä

Hannu Martin  
 Nimi ja allekirjotus

Leima:



Inspecta Tarkastus Oy  
 PL 113 (Porkkalankatu 13 G)  
 00181 HELSINKI

Puhelin 010 521 800  
 Telekopio 010 521 8211  
 Internet <http://www.inspecta.com>

Y-tunnus  
 2047308-3

Lomake no: 11207 12.06

## LIITE 4. Testausryhmät teräksille paineastioille

Table 6.6.1-1 — Testing groups for steel pressure vessels

Requirements	Testing group <sup>a</sup>						
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4 <sup>b,j</sup>
Permitted materials <sup>g</sup>	1 to 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Extent of NDT for governing welded joints <sup>e,h</sup>	100 %	100 %	100 % - 10% <sup>d</sup>	100% <sup>d</sup> - 10 %	25 %	10 %	0 %
NDT of other welds	Defined for each type of weld in Table 6.6.2-1						
Joint coefficient	1	1	1	1	0,85	0,85	0,7
Maximum thickness for which specific materials are permitted	Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>	30 mm for groups 9.1, 9.2 16 mm for groups 9.3, 8.2, 10	50 mm for groups 1.1, 8.1 30 mm for group 1.2	30 mm for groups 9.2, 9.1 16 mm for groups 8.2, 10	50 mm for groups 1.1, 8.1 30 mm for group 1.2	12 mm for groups 1.1, 8.1
Welding process	Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>	Fully mechanical welding only <sup>c</sup>		Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>
Service temperature range	Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>	Unlimited <sup>f</sup>	Limited to (-10 to +200) °C for group 1.1 (-50 to +300) °C for group 8.1

<sup>a</sup> All testing groups shall require 100 % visual inspection to the maximum extent possible

<sup>b</sup> Testing group 4 shall be applicable only for:

- Group 2 fluids; and
- $P_S \leq 20$  bar; and
- $P_S V \leq 20\,000$  bar-L above 100 °C; or
- $P_S V \leq 50\,000$  bar-L if temperature is equal or less than 100 °C;
- higher pressure test (See clause 10);
- maximum number of full pressure cycle less than 500;
- lower level of nominal design stress (See EN 13445-3:2009).

<sup>c</sup> Fully mechanised and/or automatic welding process (See EN 1418:1997).

<sup>d</sup> First figure: initially, second figure: after satisfactory experience. For definition of "satisfactory experience", see 6.6.1.1.4

<sup>e</sup> Testing details are given in Table 6.6.2-1

<sup>f</sup> Unlimited means no additional restriction due to testing. The limitations mentioned in the table are limitations imposed by testing. Other limitations given in the various clauses of the standard (such as design, or material limitations, etc.) shall also be taken into account.

<sup>g</sup> See EN 13445-2:2009 for permitted materials.

<sup>h</sup> The percentage relates to the percentage of welds of each individual vessel

<sup>i</sup> 30 mm for group 8.2 material is allowed if delta ferrite containing welding consumables are used for depositing filling passes up to but not including the capping run.

<sup>j</sup> Limited to single compartment vessels and single material group.