

Valtteri Lehtorinne

MATERIAALIEN KIINNITYS KAARITAPITUSHITSATTAVIA  
TAPPEJA KÄYTTÄEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2013

# MATERIAALIEN KIINNITYS KAARITAPITUSHITSATTAVIA TAPPEJA KÄYTTÄEN

Lehtorinne, Valtteri  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Maaliskuu 2013  
Ohjaaja: Leino, Heikki  
Sivumäärä: 40

Asiasanat: kaaritapitushitsaus, materiaalien kiinnitys, laivanrakennus

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kaaritapitushitsattavien tappien käyttöä materiaalien kiinnityksessä STX Finlandin Rauman telakalla.

Opinnäytetyön alussa käytiin läpi kaaritapitushitsausta teoriatasolla ja esitettiin muun muassa käytössä olevat standardit, hitsausmenetelmät ja hitsausvälineet. Seuraavaksi tutkittiin kaaritapitushitsattavien tappien käyttöä laivanrakennuksessa hitsausmenetelmän perehdytyksestä tappien hitsaukseen. Sen jälkeen selvitettiin hitsattavien tappien käytännön soveltuvuus sekä hitsausmenetelmän hyvät ja huonot puolet materiaalien kiinnityksissä nykyisin käytössä olevaan kulmarautakiinnitystapaan verrattuna.

Tämän jälkeen pohdittiin hitsattavien tappien huomioimista suunnittelussa ja piirustuksissa sekä vertailtiin tuotannon kokemusten perusteella työturvallisuuden riskejä hitsattavien tappien ja kulmarautakiinnitysten välillä. Näitä kiinnitysmenetelmiä verrattiin myös taloudellisesta näkökulmasta, jossa otettiin huomioon hitsausajat, maa- lauskustannukset ja eristystyö, sekä tehtiin kustannuslaskelmia kahdesta eri kiinnityskohteesta molemmille menetelmille. Lopuksi selvitettiin markkinoilla olevat varteenotettavat kaaritapitushitsattavien tappien ja laitteiden toimittajat.

Opinnäytetyön tutkimuksen tuloksena kaaritapitushitsattavien tappien käytölle löytyi paljon potentiaalisia kohteita ja kehittämismahdollisuuksia niin käytännön kuin taloudellisesta näkökulmasta. Parannettavaa löytyi kuitenkin osastojen välisestä vuorovaikutuksesta ja yhteistyöstä.

## MOUNTING OF MATERIALS USING STUD WELDED STUDS

Lehtorinne, Valtteri

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

March 2013

Supervisor: Leino, Heikki

Number of pages: 40

Keywords: stud welding, fastening of materials, shipbuilding

---

The purpose of this thesis was to research the fastening of materials using stud welding studs at STX Finland Rauma shipyard.

In the beginning of the thesis stud welding was analyzed theoretically, and the currently used stud welding standards, welding methods and equipment were presented. The next step was to research the usage of stud welding studs in shipbuilding from initial orientation of employees to final welding of studs. After that the practical suitability of welded studs was assessed, and the results were compared to the benefits and defects of angle-iron welding method.

After this it was investigated how stud welding studs should be considered in designs and work drawings, in addition to which the safety risks of both stud and angle-iron welding methods were studied according to the experiences of production employees. These fastening methods were also compared from financial perspectives, in which different welding times, painting expenses, insulation work and cost estimates from two fastening examples were taken into consideration. At the end of the thesis the potential suppliers for stud welding studs and equipment were presented.

As a result of this thesis, the usage of stud welding studs proved beneficial for several welding purposes, and there were a lot of further development opportunities in both practical and financial aspects of using stud welding method in fastening of materials. However, interaction and cooperation between different departments of the shipyard could still be improved.

## TERMILUETTELO

Kannakointi	Laivatermi lattian, putken yms. tukemiselle
Koolaus	Tulevien kattorakenteiden perustan tuenta
Lakanavaihe	Osavalmistuksen viimeinen vaihe
Muotorauta	Esimerkiksi kulmarauta, rei'itetty U-tanko, rei'itetty kulmarauta
Pituuskaarijako	Laivan pituussuuntaisten kaarien välinen mitta

# SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn tarkoitus .....	7
1.2	Työn toteutus .....	7
2	STX FINLAND OY .....	8
2.1	Yritys ja arvot .....	8
2.2	Työturvallisuus ja ympäristö.....	9
2.3	Rauman telakka.....	9
3	NYKYINEN MATERIAALIEN KIINNITYS .....	10
4	KAARITAPITUSHITSAUS .....	11
4.1	Yleisesti.....	11
4.2	Standardit .....	12
4.3	Hitsausmenetelmät .....	13
4.3.1	Kaaritapitushitsaus keraamista rengasta tai suojakaasua käyttäen.....	13
4.3.2	Lyhytjaksotapitushitsaus nostosytytyksellä.....	14
4.3.3	Kaaritapitushitsaus kondensaattori-purkumenetelmällä.....	14
4.4	Hitsausvälineet .....	15
4.4.1	Laitteisto .....	15
4.4.2	Säädöt .....	16
4.5	Muistilista .....	17
5	HITSATTAVIEN TAPPIEN KÄYTTÖ LAIVANRAKENNUKSESSA .....	17
5.1	Perehdytys.....	17
5.2	Hitsaus.....	17
5.3	Asennus.....	19
5.4	Materiaalien kiinnitys .....	21
5.4.1	Katon koolaus .....	21
5.4.2	Putken kannakointi .....	22
5.4.3	Lattian korotus.....	23
5.4.4	Kaapeliradan kiinnitys.....	24
5.4.5	Liukueste .....	25
5.5	Kaaritapitushitsattavan tapin hyvät ja huonot puolet laivanrakennuksessa .....	26
5.6	Tapin käytön huomioiminen suunnittelussa ja piirustuksissa.....	26
6	TYÖTURVALLISUUS.....	27
7	TALOUDELLISUUS.....	28
7.1	Hitsausajat.....	28
7.2	Maalaus kustannukset .....	30
7.3	Eristystyö .....	30

7.4	Kustannuslaskelmia .....	31
7.4.1	Katon koolaus .....	31
7.4.2	Sähkökeskuksen kiinnitys .....	33
7.4.3	Tulosten vertailu .....	36
8	TOIMITTAJAT .....	37
8.1	Retco Oy .....	37
8.2	Masino Welding Oy .....	37
8.3	Sikla GmbH .....	38
9	LOPPUYHTEENVETO .....	38
	LÄHTEET .....	40

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä STX Finland Oy:n Rauman telakalle tutkimus, jossa selvitetään kaaritapitushitsattujen tappien käyttöä materiaalien kiinnityksessä. Tutkimuksella yritetään selvittää muun muassa käytön mahdolliset ongelmat ja rajoitteet.

Työssä selvitetään myös markkinoilla olevat valmistajat ja toimittajat, vaihtoehtoisten kiinnitystapojen soveltuvuus materiaalien kiinnitykseen, uuden ja vanhan kiinnitystavan erot sekä vertaillaan syntyviä kustannussäästöjä kiinnitystapojen välillä.

## 1.2 Työn toteutus

Aivan aluksi tutustutaan aiheeseen teoriatasolla ja tutkitaan telakalta sekä internetistä löytyvää aineistoa. Teoria-aineistona käytetään lähinnä valmistajien ja toimittajien www-sivuja ja muuta materiaalia sekä telakan omaa aineistoa aiheesta.

Kun aihealueen teoriaan on perehdytty, tutustutaan telakalla oleviin nykyisiin kiinnityskäytäntöihin ja työmenetelmiin sekä selvitetään niiden hyvät ja huonot puolet kiinnityksissä.

Tämän jälkeen tutkitaan kaaritapitushitsauksen käyttöä teoriassa sekä käytännössä. Selvitetään käytettävät kaaritapitushitsausmenetelmät sekä tutkitaan kaaritapitushitsauksen soveltuvuutta eri materiaalien kiinnityksessä. Samalla mietitään työturvallisuuden huomioimista kaaritapitushitsattavien tappien käytössä.

Kiinnitysmenetelmistä tehdään muutama käytännön kustannuslasku, joiden perusteella saadaan käsitys kustannuseroista. Menetelmien vertailussa otetaan huomioon sekä tuotannon että suunnittelun työntekijöiden mielipiteet ja kokemukset.

Lisäksi otetaan selvää markkinoilla olevista kaaritapitushitsauslaitteistojen ja -tarvikkeiden toimittajista sekä niiden mahdollisuuksista toimia tavaroiden toimittajina Rauman telakalle.

## 2 STX FINLAND OY

### 2.1 Yritys ja arvot

STX Finland Oy kuuluu kansainväliseen STX Europe -teollisuusryhmään, jonka tuotevalikoimaan kuuluvat matkustajalaivat sekä kauppa- ja offshore-alukset.

Yhtiö omistaa Suomessa kaksi telakkaa, jotka sijaitsevat Turussa sekä Raumalla, sekä puolet Helsingissä sijaitsevasta Arctech Helsinki Shipyard Oy:stä. Telakat työllistävät Suomessa noin 2 500 ihmistä sekä useiden suomalaisten yhteistyökumppaneiden työntekijöitä.

STX Finland Oy haluaa olla globaalisti johtava risteilylaivojen sekä monimutkaisten ja edistyksellisten alusten toimittaja. Yhtiön tavoitteena on olla tuottava, innovatiivinen ja haluttu toimittaja asiakaskunnalleen.

”STX Finland Oy:n tavoitteena on olla laivatuotealueellaan asiakkaan paras vaihtoehto toimittaa laiva, joka mahdollisimman hyvin edistää asiakkaan liiketoimintaa koko elinkaarensa aikana.” (STX Finland Intranet)

STX Finland Oy:n arvot:

Työsuojelu: Henkilökohtainen vastuu työsuojelusta, koska me välitämme.

Tuloksellisuus: Yhdenmukaiset toimitukset ja pyrkimys tavoitteidemme ylittämiseen.



Avoimuus ja suoruus: Kannustamme välittömään ja rehelliseen asioiden käsitte-  
lyyn.

Asiakaskeskeisyys: Asiakkaiden luottamuksen lisääminen on liiketoimin-  
tamme ydin.

”Hands-on” -johtaminen: Tunnumme alamme ja saamme asiat tehtyä.

Ihmiset ja yhteistyö: Kaikki suurimmat saavutuksemme syntyvät tiimityöllä.  
(STX Finland Intranet)

## 2.2 Työturvallisuus ja ympäristö

STX Finland Oy:n työturvallisuuden toimintaperiaatteena on suunnitella ja toteuttaa laivanrakennusprosessin työt terveellisesti, turvallisesti ja ympäristöystävällisesti.

Suomen telakoilla työturvallisuuden pääpaino on ennaltaehkäisevässä toiminnassa. Ennakoimalla ja suunnittelemalla työt huolellisesti sekä tarkkailemalla työympäristöä edistetään työturvallisuutta.

Ympäristön huomioiminen on tärkeä osa telakan toimintaa. Telakan lähiympäristö on monimuotoista sekä meren ja asuinalueiden läheisyys asettavat omat haasteensa ympäristökuormitusten hallintaan.

## 2.3 Rauman telakka

Rauman telakalla on pitkä historia laivojen rakentamisessa. Rauma kehittyi merkittäväksi laivanrakennuskaupungiksi vuonna 1945, jolloin jatkosodan jälkeen perustettiin kaksi uutta telakkaa rakentamaan sotakorvauskuunareita Neuvostoliitolle. Nämä telakat, Hollming Oy ja Rauma-Repola Oy, toimivat Raumalla lähekkäin aina vuoteen 1991 asti, jolloin telakat yhdistyivät Finnyards Oy:ksi. Vuonna 1997 telakka siirtyi norjalaisomistukseen ja nimeksi tuli Aker Finnyards. Kaikki Suomen telakat

Turussa, Helsingissä ja Raumalla siirtyivät saman omistajan omistukseen vuonna 2006, jolloin telakoiden nimeksi vaihtui Aker Yards. Vuonna 2008 uuden korealaisen omistajan myötä telakan nimeksi vaihtui STX Finland Oy ja markkinointinimeksi tuli STX Europe.

Nykyään STX Finland Oy:n Rauman telakalla työskentelee noin 900 henkilöä ja telakka on erikoistunut rakentamaan autolauttoja, pieniä risteilyaluksia ja erikoisaluksia, kuten jäänmurtaajia, tutkimusaluksia ja merivoimien aluksia. Telakan rakennusaltaan mitat ovat 260 x 85 metriä.

Tällä hetkellä Rauman telakalla rakennetaan Suomen rajavartiolaitoksen ulkovartio-laivaa, jonka on määrä valmistua vuoden 2013 loppuun mennessä. Uuden ulkovartio-laivan tehtäviin tulevat kuulumaan muun muassa rajaturvallisuuden varmistaminen, sotilaallinen maanpuolustus sekä erilaiset pelastustehtävät ja ympäristövahinkojen torjunta.

### 3 NYKYINEN MATERIAALIEN KIINNITYS

Rauman telakalla materiaalien kiinnityksessä käytetään pääsääntöisesti erikokoisia kulma- ja lattarautoja. Rautoja hitsataan niin lohkon rakennusvaiheessa kuin tilavaiheen kiinnityksien yhteydessä. Hitsausliitoksina käytetään pienahitsejä, joita hitsataan puikko- ja MAG-hitsausmenetelmillä.

Kulmaraudan käyttöä perustellaan menetelmän yksinkertaisuudella sekä kiinnitysten tukevuudella. Huonona puolena ovat hitsauksesta aiheutuvat vetelyt sekä maalaus-kustannukset, sillä valmiiksi maalattu kohta tulee hioa puhtaaksi ennen kulmaraudan hitsaamista.

Hitsaus on tulityötä, joten se tulee suorittaa määräysten mukaan. Kaikissa paikoissa tulityöt eivät ole sallittuja, joten silloin kulmaraudan hitsaaminen kiinnitysten mah-

dollistamiseksi ei tule kysymykseen. Samalla painoa halutaan säästää. Tällöin pitää miettiä muita kiinnitysratkaisuja.

## 4 KAARITAPITUSHITSAUS

### 4.1 Yleisesti

Kaaritapitushitsaus voidaan jakaa kahteen eri menetelmään. Menetelmät ovat kaaritapitushitsaus nostosytytyksellä ja kaaritapitushitsaus kärkisytytyksellä. Tässä opinäytetyössä käsitellään vain kaaritapitushitsausta nostosytytysmenetelmää käyttäen.

Kaaritapitushitsausta nostosytytysmenetelmällä käytetään pääsääntöisesti tappimuotoisten osien hitsaamiseen metallisiin työkappaleisiin. Hitsausmenetelmällä voidaan hitsata muun muassa kierretappeja, sisäkierretappeja ja eristystappeja. Hitsattavan tapin muodolla ja koolla ei ole suurta merkitystä, mutta tappi tulee voida kiinnittää hitsauspistooliin. Kaaritapitushitsauksella pystytään korvaamaan ja nopeuttamaan käytännöllisesti katsoen minkä tahansa päästä kiinnitettävän metalliosan kiinnitystä.

Kaaritapitushitsauksen alkuvaiheessa tappi nostetaan irti työkappaleen pinnasta, jolloin kappaleiden väliin syntyy valoakaari. Hitsausliitos on valmis, kun säädetyn hitsausajan loputtua tappi painetaan hitsisulaan ja hitsausvirta kytkeytyy pois päältä. Hitsaamisessa ei tarvita lisäainetta, koska hitsisula muodostuu sulavasta tapista ja työkappaleesta. Hitsattava tappi hitsautuu kappaleeseen koko läpimitaltaan, joten hitsausliitos on todella kestävä ja kestää jopa usean tonnin vetoa. Jos hitsaus on tehty oikeilla säädöillä, niin hitsatun tapin materiaali antaa aikaisemmin periksi kuin hitsausliitos.

Kaaritapitushitsattavan tapin pituudeksi ilmoitetaan aina hitsauksen jälkeen jäävä pituus. Esimerkiksi M10 x 25 tappi pitää olla 25 mm pitkä hitsauksen jälkeen. Tämän takia toimitettavat tapit ovat 1-5 mm pitempiä kuin lopputulokseksi jäävä osuus.

Kaaritapitushitsaukselle ominaisia piirteitä ovat:

- lyhyet, alle kahden sekunnin, kaariajat
- suuri toistotarkkuus
- pieni esivalmistelun tarve
- ontot kappaleet säilyttävät tiiveytensä
- vetelyt minimaalisia pienen lämmöntuonnin ansiosta
- helppo hallita ja oppia

(Retco Oy 2012)

#### 4.2 Standardit

STX Finland Oy:llä on käytössä omat standardinumerot vastaamaan kansainvälisiä kaaritapitushitsattavien tappien materiaali- ja työstandardeja. Alla luetellut standardit löytyvät telakan omasta Kronodoc-dokumentinhallintajärjestelmästä.

Materiaalistandardit:

- MST 474–001
  - Kaaritapitushitsattavat teräksiset kierteelliset tapit, tyyppi DD
- MST 474–008
  - Kaaritapitushitsattavat teräksiset sisäkierteelliset tapit, tyyppi ID
- MST 474–009
  - Kaaritapitushitsattavat teräksiset kannalliset tapit, tyyppi KBMI

Työstandardit:

- Hitsausohje WPS 321
  - Hitsausprosessi 783:n hitsausohje
  - Jokaiselle tappikoolle omat hitsausarvot

Tärkeimmät kansainväliset standardit kaaritapitushitsaukseen ovat:

- EN ISO 13918
  - Pultit ja keramiikkarenkaat kaarihitsaukseen

- EN ISO 14555
  - Metallisten materiaalien kaarihitsaus

### 4.3 Hitsausmenetelmät

Kaaritapitushitsaus nostosytytyksellä voidaan jakaa standardin EN ISO 14555 mukaan kolmeen eri menetelmään.

#### 4.3.1 Kaaritapitushitsaus keraamista rengasta tai suojakaasua käyttäen

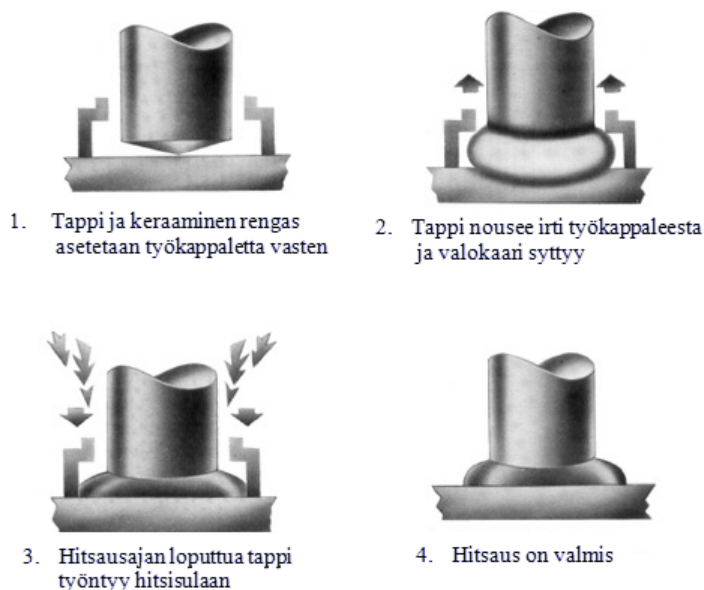
Hitsaus keraamista rengasta käyttäen (kuva 1) on yleisin käytössä oleva kaaritapitushitsausmenetelmä. Menetelmässä hitsisulaa suojataan kertakäyttöisellä keraamisella renkaalla. Hitsausmenetelmä soveltuu 3–30 mm halkaisijan paksuisten tappien hitsaamiseen. Hitsausaika vaihtelee 100–3000 ms ja hitsausvirta 300–3000 ampeerin välillä.

Keraaminen rengas muodostaa höyrykammion hitsisulan ympärille ja suojaa sitä hapettumiselta sekä vähentää huokosten määrää hitsissä. Rengas tukee syntyvää hitsisulaa sekä muotoilee sulan kaulukseksi tappin juurelle. Hitsausprosessin jälkeen keraaminen rengas lyödään rikki hitsausliitoksen ympäriltä.

Keraamiset renkaat keräävät helposti kosteutta, joten niitä tulee säilyttää kuivassa ja lämpimässä tilassa. Kostunut keraaminen rengas ei anna hitsisulalle tarvittavaa suojaa, mikä saattaa aiheuttaa huokosia hitsiin.

Keraamiset renkaat sisältyvät yleensä tappien tilaukseen, eikä niitä toimiteta erikseen ilman tappeja.

Hitsattaessa tappia keraamista rengasta käyttämällä ilman suojakaasua tarvitaan tappin hitsautuvaan päähän pieni annos alumiinia. Sytytysnastaksi kutsuttu alumiini ehkäisee huokosia syntymästä ja stabiloi valokaarta.



**Kuva 1.** Kaaritapitushitsaus keraamista rengasta käyttäen (Eastern Sales Service Inc. 2012) (kuvaa muokattu)

Kaaritapitushitsaus suojakaasua käyttäen vaikuttaa hitsin tunkeumaan ja muotoon. Hitsin huokoisuus vähenee, kun suojakaasu syrjäyttää valokaarta ympäröivän ilman. Hitsausliitos on paremmin suojattu ilmalta suojakaasua kuin keraamista rengasta käytettäessä. Teräksen hitsauksessa suojakaasuna käytetään pääsääntöisesti argonin ja hiilidioksidin seosta. Kaaritapitushitsauksessa suojakaasua käytetään lähinnä pulteiden täysautomaatiohitsauksessa.

#### 4.3.2 Lyhytjaksotapitushitsaus nostosytytyksellä

Tämän hitsausmenetelmän lämmöntuonti on pieni, joten hitsin sulamisvyöhyke on kapea. Menetelmän suurin käytetty hitsausvirta on 1800 A, jolloin voi hitsata maksimissaan 12 mm paksuja pulteja ja tappeja.

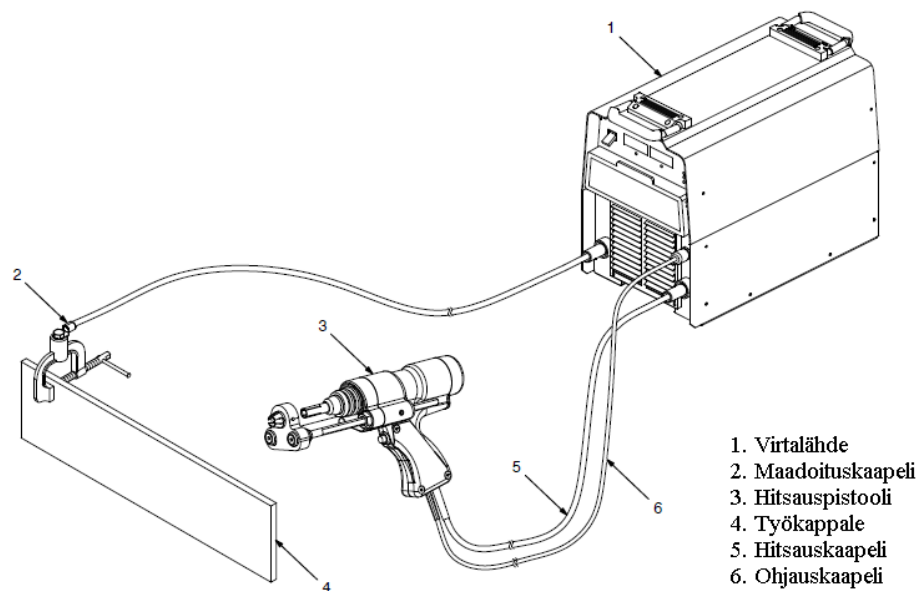
#### 4.3.3 Kaaritapitushitsaus kondensaattoripurkumenetelmällä

Hitsausmenetelmässä käytetään kondensaattoripurkausvirtalähdettä, jonka hitsausvirta voi olla enintään 4000 A. Hitsisulaa ei suojata mitenkään, koska hitsausaika on pieni (alle 10 ms) ja hitsattava tappi on pieni (3-10 mm).

## 4.4 Hitsausvälineet

### 4.4.1 Laitteisto

Kaaritapitushitsauksessa käytettävä hitsauslaitteisto on hyvin yksinkertainen. Siihen kuuluvat virtalähde, hitsaus-, ohjaus- ja maadoituskaapelit sekä hitsauspistooli. Hitsauspistooli kiinnitetään virtalähteen miinusnapaan. Laitteisto on esitetty kuvassa 2. Laitteiston yksinkertaisuuden ansiosta hitsausmenetelmä soveltuu käytettäväksi asennusolosuhteissa.



**Kuva 2.** Kaaritapitushitsauslaitteisto (MillerWelds 2012) (kuvaa muokattu)

Kuvasta poiketen Rauman telakalla hitsauslaitteistossa käytetään kahta maadoituskaapelia. Maadoituskaapelit tulisi sijoittaa hitsauskohdan molemmille puolille, kuitenkin niin että pystysuorassa kappaleessa maadoitus on tehty hitsattavan tapin alapuolelle.

#### 4.4.2 Säädot

Jotta hitsaustulos olisi paras mahdollinen, on ennen hitsauksen aloittamista tarkistettava hitsauslaitteistosta neljä asiaa, jotka vaikuttavat hitsauksen lopputulokseen. Nämä neljä asiaa ovat hitsausvirta, hitsausaika, noston korkeus sekä tapin ulkonema hitsauspistoolista.

Hitsausvirta ja -aika säädetään virtalähteestä standardin mukaisiin arvoihin. Hitsausvirta ilmoitetaan ampeereina ja hitsausaika millisekunteina. Hitsausvirta ja hitsausaika vaihtelevat tapin halkaisijan mukaan.

Tapin noston korkeus, eli kuinka kauas tappi nousee työkappaleen pinnasta hitsauksen alussa, säädetään hitsauspistoolista. Noston säädön säätömekanismi vaihtelee hitsauspistooleittain. Yksi tapa säätää noston korkeutta on kiertää säätöruuvia pistoolin takaa. Noston korkeudeksi on hitsausohjeessa asetettu 1,5-2,5 mm. On syytä muistaa, että mitä suurempi noston korkeus on, sitä suurempi virta tarvitaan.

Lopuksi pitää tarkistaa tapin ulkonema hitsauspistoolista eli kuinka paljon tappi tulee ulos pistoolin päästä. Tapin suorasta sivusta tulisi näkyä muutama millimetri. Jos tappista näkyy liian vähän, niin tappi ei työnny tarpeeksi hitsisulaan ja liitos jää vajavaksi. Jos taas tappi on reilusti näkyvässä, se työnny liikaa hitsisulaan ja voi jäädä liian lyhyeksi. Telakan hitsausohjeessa ulkonemaksi on asetettu 4-5 mm.

Periaatteessa joka vuoron alussa ennen varsinaisen hitsaamisen aloittamista tai hitsausasetusten muutosten jälkeen, tulisi tehdä kuusi testihitsausta, joilla varmistetaan hitsausliitoksen kestävyys ja laatu. Hitsattua tappia lyödään niin, että liitoksen kestäessä pultti taipuu.



#### 4.5 Muistilista

- Säilytä hitsattavat tapit ja keraamiset renkaat kuivassa ja puhtaassa tilassa
- Aseta sopiva hitsausaika ja -virta
- Varmista, että hitsauspistooli on kiinnitetty miinusnapaan
- Säädä pistoolin nosto ja tapin ulkonema
- Varmista, että työkappaleen pinta on puhdas
- Tee muutama testihitsaus varmistaaksesi vaadittavan hitsauslaadun täyttymisen
- Tarkista hitsaus aina silmämääräisesti

## 5 HITSATTAVIEN TAPPIEN KÄYTTÖ LAIVANRAKENNUKSESSA

### 5.1 Perehdytys

Rauman telakalla kaaritapitushitsauksen parissa työskentelevältä vaaditaan tarvittava pätevyys hitsaustyöhön. Telakalla on pätevöittäjä kaaritapitushitsaukseen. Häneltä on saatavissa muutaman tunnin kestävä perehdytys hitsausprosessiin. Perehdytykseen kuuluvat myös kirjallinen koe sekä säätöjen muokkauksoe. Perehdyttämisen jälkeen työntekijä pystyy itse suoriutumaan hitsauksesta vaadittavalla tasolla.

### 5.2 Hitsaus

Kaaritapitushitsaus nostosytytyksellä keraamista rengasta käyttäen on yleisin laivateollisuudessa ja Raumallakin käytettävä kaaritapitushitsausmenetelmä. Menetelmän hitsaus tulee suorittaa STX Finland Oy:n oman hitsausohjeen WPS 321 mukaan.

Hitsausmenetelmä on yleisimmin käytetty, koska se soveltuu hyvin myös kenttäkäyttöön, jolloin uusia tappeja voi tarvittaessa hitsata vielä lohkon lakanavaiheen jälkeenkin tilavaiheessa tapahtuvissa materiaalien kiinnityksissä ja asennuksissa. Tapi-

tushitsattavien tappien käyttöä perustellaan esimerkiksi sillä, että kaikki kiinnitykseen liittyvät tulityöt voidaan jättää lohkopintakäsittelyn jälkeen tapahtuvissa asennuksissa pois. Myös maalauskustannukset laskevat pienemmän hitsausjäljen johdosta.

Kaaritapitushitsaus ei aiheuta suurta vauriota hitsattavaan pintaan, sillä hitsauskohta on alaltaan pieni eikä kohtaa välttämättä tarvitse hioa kokonaan puhtaaksi maalista. Yleensä pieni kohdan puhdistus riittää. Tällä säästetään työaikaa ja työkuukustannuksia sekä maalauskustannuksia. Kulmarautaa hitsatessa koko hitsattava alue on hiottava puhtaaksi. Kulmaraudan hitsaus vaurioittaa myös hitsauskohdan taustapuolta.

Ideana on hitsata kierteellisiä tappeja lohkon lakanavaiheessa 20-60 senttimetrin välein, jotta materiaalien ja laitteiden kiinnitys- ja asennusvaiheessa olisi tarpeellinen määrä kiinnityskohtia käytössä ja välttyttäisiin uusien tappien hitsaukselta. Lujuuslaskennallisista syistä tapit tulee hitsata jäykkääjien kohdalle eikä suoraan kanteen, vaikka kiinnitys olisi usein helpompi ja nopeampi toteuttaa tällä tavalla.

Toinen kartoitettu vaihtoehto tappien hitsaamiseen on hitsata tapit oikeille paikoilleen vasta kiinnitys- ja asennusvaiheessa, jolloin asentajalla tulisi olla pätevyys kaaritapitushitsaukseen sekä oikeat laitteet mukanaan. Tällöin ylimääräisten käyttämättömien tappien määrä vähenisi huomattavasti. Tämä kuitenkin hidastaisi asennustöitä, koska jokaisen tapin paikka pitäisi erikseen katsoa, sekä työ vaatisi ylimääräisten työkalujen kuljettamisen laivan sisällä paikasta toiseen.

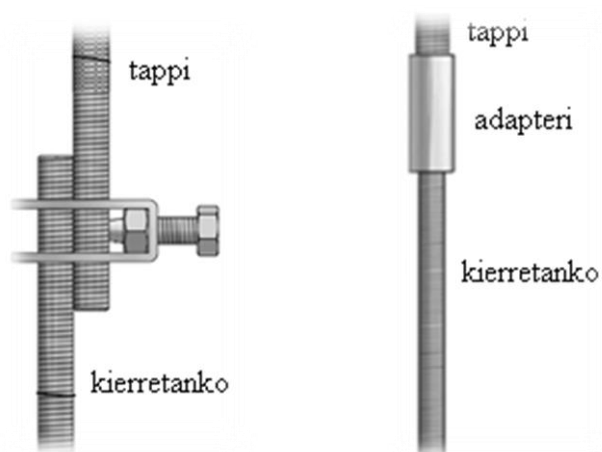
Pystysuoraan kappaleeseen hitsattaessa on mahdollista hyödyntää magneettipuhallusta hitsauksen lopputuloksen parantamiseksi. Magneetti sijoitetaan hitsattavan tapin alapuolelle, jolloin puhallus vaikuttaa alhaalta ylös. Pystysuoraan kappaleeseen hitsattaessa ilman magneettia on vaara, että hitsisula valuu alas, jolloin hitsausliitoksen yläpäähän voi jäädä liian vähän hitsisulaa ja liitoksesta tulee vajavainen. Magneettipuhalluksen ansiosta hitsisula ei pääse valumaan alaspäin ja näin tappi hitsaantuu tasaisesti koko poikkileikkaukseltaan ja hitsausliitoksesta tulee kestävä.

### 5.3 Asennus

Asennusvaiheessa tapahtuva kiinnitys voi olla usein vaikeaa toteuttaa suoraan lohkon hitsatusta tapista. Tappi voi olla liian lyhyt tai piilossa esimerkiksi eristyksen takana. Tällöin tarvitaan muita tappeja hyödyntäviä kiinnitysratkaisuja kiinnityksen mahdollistamiseksi.

Suoraan tappiin tehtävän kiinnityksen yhtenä vaihtoehtona on jatkaa tappia kierretangolla. Kierretanko voidaan kiinnittää tappiin kahdella tavalla. Toinen tapa on käyttää adapteriholkkia, joka tulee tapin ja kierretangon väliin. Adapteria tarvitaan varsinkin silloin, kun tappi on lyhyt tai kierretanko ohuempi kuin hitsattu tappi. Adapteriholkki on tarkoitettu asentaa paikoilleen jo lohkon lakanavaiheessa, jolloin esimerkiksi eristystöissä tappi painetaan eristeen läpi.

Jos tappi ja kierretanko ovat yhtä paksut ja tappi on tarpeeksi pitkä tai kierretankoa halutaan vielä jatkaa pidemmäksi, voidaan kierretanko kiinnittää tappiin tai kierretankoon suoraan ilman adapteria. Tapin ja kierretangon kiinnitykseen on olemassa erilaisia ratkaisuja mm. kuvassa 3 esitetty tapa tai jatkomutteri.



**Kuva 3.** Kierretangon kiinnitys suoraan tappiin (ei käytössä STX:n Rauman telakalla) sekä kiinnitys adapterilla (Hilbig GmbH) (kuvaa muokattu)

Kierretankojen jatkaminen hitsaamalla on kielletty, joten jatkaminen tulee tehdä esimerkiksi jatkomuttereilla. Hitsaaminen saattaa heikentää kierretankon materiaalin ominaisuuksia.

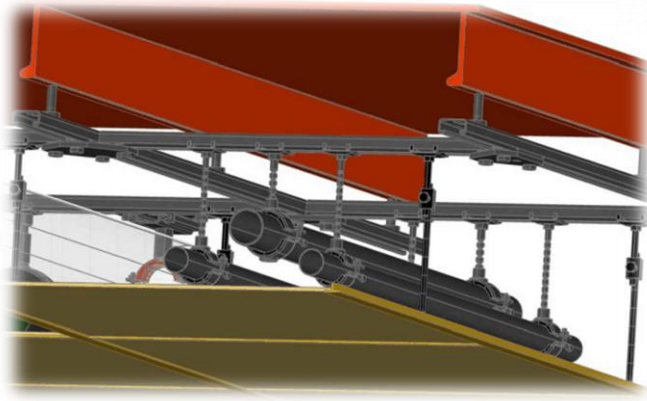
Kierretankoa ei ole tarkoitettu kantamaan suuria sivuttaisia kuormia, eikä valmistajan antamia kuormitusarvoja saa ylittää.

Kierretankojen lisäksi toinen kiinnityksen mahdollistava ja monipuolistava menetelmä on käyttää erilaisia muotorautoja tai kiskoja kiinnityksissä. Muotorauta kiinnitetään hitsattavaan tappiin tai kierretankoon, jolloin raudan korkeus on helposti säädeltävissä. Tappiin kiinnitettävään rautaan pystytään kiinnittämään monia materiaaleja samaan aikaan (kuva 4). Muotorautoja ja kiskoja käyttävä kiinnitystapa on kevyt ja monipuolinen kiinnitysratkaisu.

Muotoraudan käytön etuna on, että esimerkiksi putken tuennassa putken sijainnilla ei ole suurta merkitystä, vaan kiinnitys voi tapahtua muotoraudan eri kohdissa. Raudoilla pystytään esimerkiksi rakentamaan koko alueen kattava kattokisko, johon kaikki alueen kattokiinnitykset ja tuennat voidaan kiinnittää ilman hitsaamista.

Muotoraudan avulla kiinnitys on tukevampi kuin suoraan tapista jatkettu kiinnitys, koska rauta on kiinnitetty useampaan tappiin samaan aikaan. Muotorautoja ja kiskoja voidaan käyttää katoissa, laipioissa ja lattioissa.

Muotoraudan ja kiskojen käyttö mahdollistaa myös sen, että hitsausliitokset voi jättää kiinnityksissä kokonaan pois. Rakenne on kevyt ja painosäästöä kertyy jopa 37 % kun verrataan hitsattuun kulmarautaan.



**Kuva 4.** Muotorautojen ja kiskojen hyödyntäminen kiinnityksissä (Hilbig GmbH)

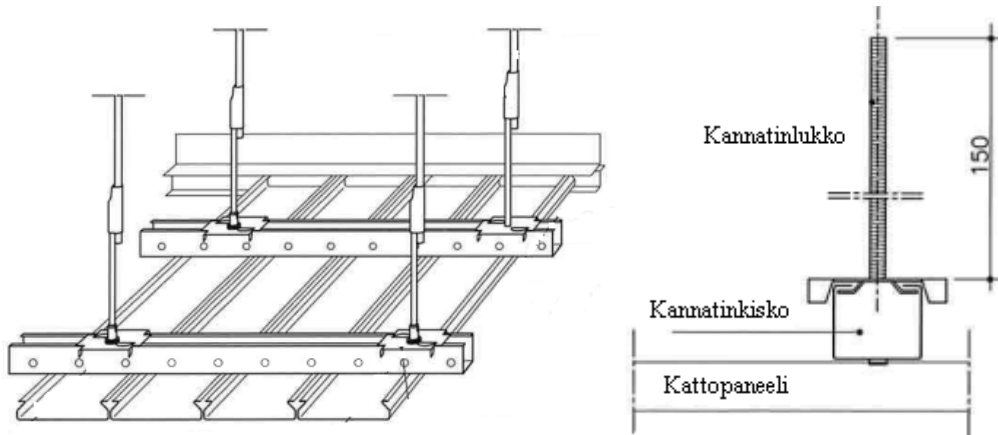
#### 5.4 Materiaalien kiinnitys

Seuraavaksi on kuvattu tyypillisimpiä kaaritapitushitsattavien tappien käyttötapoja materiaalien kiinnityksessä.

##### 5.4.1 Katon koolaus

Katon koolaus voidaan tehdä esimerkiksi M8 x 100 tappeja käyttäen. Tappeja hitsataan kattoon tietyllä jaolla. Näihin kiinnitetään kierretanko holkin avulla, jolloin tappeja jatkamalla kattopaneelit saadaan asennettua oikealle korkeudelle. Kierretankoon voidaan samalla kiinnittää myös muotorauta, jolloin putken tuennat ja kaapeliratojen kiinnitykset saadaan helposti rakennettua samaan kiinnityskokonaisuuteen yhdessä katon koolausten kanssa.

Hitsattuun tappiin kiinnitettävän kierretangon päähän tulee kannatinlukko, johon kiinnitetään kannatinkisko ja kiskoon kattopaneeli (kuva 5).



**Kuva 5.** Katon koolaus hitsattavia tappeja käyttäen (Oy Lautex AB) (kuvaa muokattu)

#### 5.4.2 Putken kannakointi

Putken kannakointi käytettäessä kaaritapitushitsattavia tappeja on helpointa tehdä tappiin kiinnitettävään muotorautaan tai kiskoon. Tapin tai tappiin kiinnitettävän kierretangon sekä muotoraudan avulla voidaan rakentaa suurempi putkistokokonaisuus, jonka korkeutta voidaan helposti säädellä kierretangon avulla. Putken tuennan voi tehdä muotoraudan ylä- tai alapuolelle. Kiskoja käytettäessä tappien hitsauspaikkaa ei tarvitse mitoittaa tarkasti, vaan riittää että tappeja on hitsattu tietyllä jaolla. Tämä säästää aikaa ja rahaa, sillä ei tarvitse erikseen miettiä tappien sijaintia.

Jos putken kannakointi suoritetaan jokaisesta tapista erikseen, työ on hitaampaa. Samalla tappien oikean paikan tarkka mitoitus korostuu enemmän kuin muotorautaa käytettäessä. Tällöin tappien hitsaaminen kannattaa suorittaa vasta putkien tukemisen yhteydessä, jolloin tapit saadaan oikeille paikoilleen.



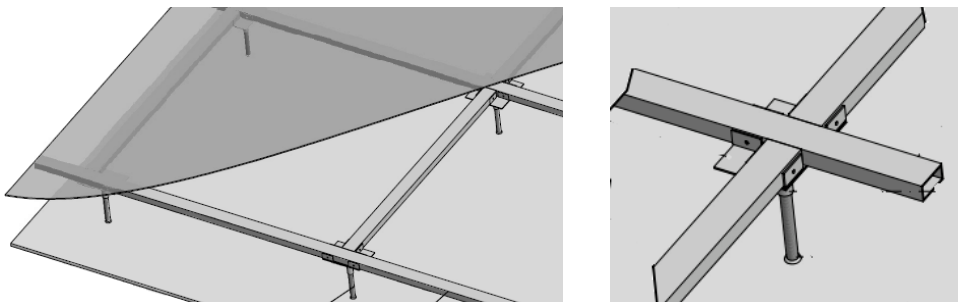
**Kuva 6.** Putken tuenta tappeihin kiinnitettävään muotorautaan (Hilbig GmbH)

#### 5.4.3 Lattian korotus

Lattian korotuksessa kaaritapitushitsattuihin tappeihin kiinnitetään kiinnike, joka tukee alusrakennetta. Alusrakenteen päälle kiinnitetään varsinainen lattia. Hitsattavat tapit, joihin kiinnikkeet kiinnitetään, ovat M12-kokoisia.

Kiinnikkeitä on olemassa ainakin kahta eri mallia. Toinen malli on sinkittyä terästä ja siinä on kuminen tärinänvaimennin. Kiinnikkeellä tuetaan U- ja lattamuotoisia alusrakenteita.

Toinen kiinnike (kuva 7) on materiaaliltaan pohjamaalattua terästä. Kiinnike kiinnitetään alusrakenteen risteyskohtiin. Alusrakenteena käytetään pääsääntöisesti 20 x 40 suorakaideprofiilia.



**Kuva 7.** Lattian korotus tapitushitsauksella (Hilbig GmbH)

Korkein mahdollinen tukeva tapitushitsattavia tappeja hyödyntävä lattian korotus on 350 mm, joten sitä korkeammat korotukset pitää tehdä jollain muulla menetelmällä.

#### 5.4.4 Kaapeliradan kiinnitys

Pääkaapeliradat kiinnitetään lopullisesti jo lohkovaiheessa ennen maalausta. Lohkon maalauksen jälkeen tehtävässä muutostyössä käytettäessä kulmarautakiinnitystä syntyy suuri vaurio maalattuun pintaan. Kaapelirata tuetaan usein 40 x 40 x 4 kokoisilla kulmarautoilla.

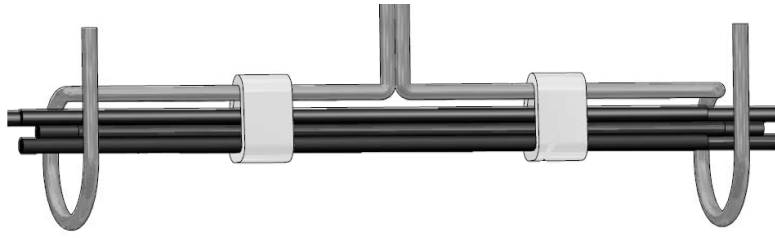
Hitsatuilla tapeilla kiinnitetyn kaapeliradan muutostyöt eivät vaurioita maalattua pintaa sekä kiinnitys on yhtä tukeva kuin kulmarautaa käytettäessä. Hitsatun tapin päässä on kiertyvä ohut lukitusmutteri, joka mahtuu kaapeliradan poikkiapienan reikään. Kun päätä käännetään 90 astetta, kiinnitys lukittuu. Lukitustapa mahdollistaa kaapeliradan irrottamisen ja uudelleenasetuksen.

Kaapeliradan kiinnityksen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi kannattaa tilata sivuilta valmiiksi rei'itettyä kaapelirataa. Tällöin kiinnitys pystyttäisiin suorittamaan myös sivusuunnassa.

Kaapeliradan sijaan pienempiin ja kevyempiin, muutaman kaapelin, kaapelivetoihin olisi mahdollista käyttää varta vasten kaapeleita varten suunniteltua hitsattavaa kaapelikannatinta (kuva 8). Kannatin on yksiosainen ja se on kuparipinnoitettua terästä. Kannatin pystytään hitsaamaan samalla menetelmällä kuin muut tapitushitsattavat tapit eli kaaritapitushitsausta nostosytytyksellä keraamista rengasta käyttäen. Hitsauspistooliin tarvitaan vain erilainen pää, jotta kannatin pystytään hitsaamaan. Kannatin soveltuu kaikkiin tiloihin lukuun ottamatta ulkokansia ja avoimia autokansia. Kannatinta pystyy taivuttamaan hieman, mikä helpottaa kaapeleiden kiinnitystä esimerkiksi kulmissa.

Kaapelin vedoissa tulisi käyttää enemmän kaaritapitushitsattavia kannattimia, sillä se nopeuttaisi ja helpottaisi työtä.





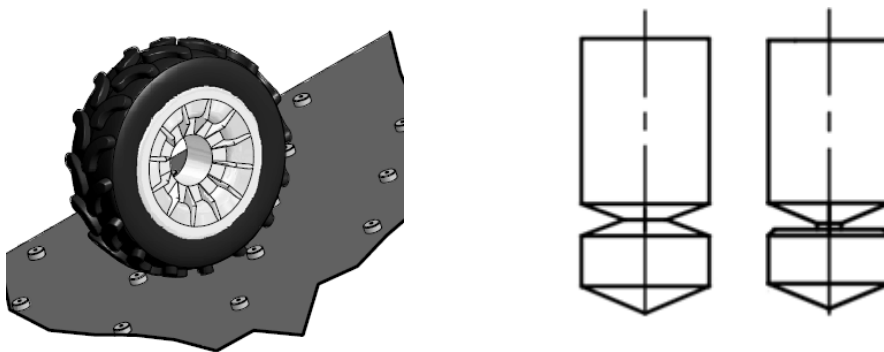
**Kuva 8.** Kaaritapitushitsattava kaapelikannatin (Hilbig GmbH)

Kaaritapitushitsausta käyttämällä kaapeliradoista saadaan nopeasti kiinnitettäviä, kevyitä ja joustavia kiinnitysratkaisuja, joiden kehitysmahdollisuudet ovat lähes rajattomat.

#### 5.4.5 Liukeste

Liukuesteen valmistuksessa ei varsinaisesti ole kyse materiaalien kiinnityksestä, mutta se on hyvä esimerkiksi kaaritapitushitsattujen tappien käytöstä. Liukuestetappeja käytetään laivoilla pääsääntöisesti autokansilla ja -rampeilla.

Liukesteessä käytettävä tappi on erilainen kuin normaaleissa kiinnityksissä käytettävä tappi. Liukuesteenä käytettävä tappi on keskeltä ohut, joka hitsauksen jälkeen lyödään poikki ja jäljelle jää vain pieni muutaman sentin nasta. Jäljelle jäävä osa tappista on todella kestävä ja pitkäikäinen. Liukuestetappeja käytettäessä kestävyys ja nopeuden lisäksi hyvinä puolina ovat, että kaikki tapit ovat symmetrisiä, tapit saadaan helposti oikean korkuisiksi ja että hitsauksen jälkeisiä työvaiheita ei ole.



**Kuva 9.** Liukuestetapit autorampilla sekä hitsattavat liukuestetapit (Hilbig GmbH)

## 5.5 Kaaritapitushitsattavan tapin hyvät ja huonot puolet laivanrakennuksessa

Kaaritapitushitsaus on menetelmä, joka jakaa mielipiteitä. Ohessa on koottu huomioita menetelmän puolesta ja sitä vastaan.

Hitsausmenetelmän ansiosta kiinnityskokonaisuudet ovat kevyitä, monipuolisia ja kestäviä. Etenkin isoissa ja selkeissä tiloissa materiaalien kiinnitysten suorittaminen on helppoa ja nopeaa. Eristystyöt voidaan suorittaa ennen muita kiinnityksiä, jolloin eristystyöt saadaan nopeammin tehtyä. Paikkamaalaus kustannukset ovat pienemmät kuin kulmarautaa hitsattaessa ensimmäisen pintakäsittelyvaiheen jälkeen.

Yksi varteenotettava syy käyttää hitsattavia tappeja materiaalien kiinnityksissä on kiinnitysten mahdollisten muutosten tai korjausten mahdollisuus. Jos kiinnitetty materiaali halutaan esimerkiksi vaihtaa uuteen, se voidaan irrottaa helposti kierrepulteista irti kiertämällä, kun taas kulmarautaa käytettäessä pitäisi kulmarautaa katkaista ja hitsata uudelleen. Tällöin muutosalueella joudutaan tekemään enemmän töitä kuin tappeja käytettäessä.

Toisaalta kaaritapitushitsattujen tappien käytössä materiaalien kiinnityksissä tarvitaan paljon erilaisia osia kiinnityksen mahdollistamiseksi. Osia pitää olla asentamisen aikana tarpeeksi mukana ja helposti saatavilla. Valmiiksi hitsattuja tappeja voi olla vaikeaa paikantaa eristysten alta, jos niitä ei ole työnnetty eristyksen läpi näkyviin tai hitsattu tappi on liian lyhyt. Jos kiinnitykset tehdään suoraan tapista, tappi tulisi olla juuri oikealla paikalla, jolloin kiinnitys saataisiin tarvittavaan paikkaan.

## 5.6 Tapin käytön huomioiminen suunnittelussa ja piirustuksissa

Nykyisen ja uuden kiinnitystavan esitys piirustuksissa eroavat toisistaan.

Esimerkiksi katon kiinnityksessä on kulmaraudan hitsauspaikat merkitty ja mitoitettu piirustuksiin selkeästi. Kulmaraudan pituudet ja kappalemäärät ilmoitetaan myös piirustuksissa.

Kaaritapitushitsattavien tappien paikkaa ei yleensä ole tarkasti mitoitettu piirustuksiin. Piirustuksissa on usein ilmoitettu vain millä jaolla tapit tulee hitsata lohkon. Esimerkiksi pulttien jako 600 mm välein laivan pituussuunnassa ja poikkisuunnassa pituuskaarijaon mukaan. Jotkin tapin paikat pitää kuitenkin olla erikseen mitoitettu, jos oikea paikka on tärkeä. Esimerkiksi katon tappien paikat tulee mitoittaa piirustuksiin.

Jotta kaaritapitushitsaus olisi mahdollisimman kustannustehokasta tappien käyttö tulisi suunnitella niin, että tapit hitsattaisiin paikoilleen lakanavaiheessa osavalmistuksessa, jolloin työ on kaikkein kustannustehokkainta. Tällöin tapit olisivat valmiiksi paikoillaan asennusten suorittamiseksi.

## 6 TYÖTURVALLISUUS

Tuotannon kokemusten perusteella kaaritapitushitsausmenetelmän työturvallisuutta heikentäviä riskejä on vähän. Oikeastaan ainoat esiin tulleet työturvallisuusriskit ovat korotetun lattian yhteydessä lattialle hitsatut tapit, joista aiheutuu kompastumisriski. Samankaltainen riski on kuitenkin olemassa myös kulmarautoilla tehdyssä lattian korotuksessa. Ohut tappi lävistää kehon huomattavasti kulmarautaa helpommin.

Kaaritapitushitsauksen käytössä tulityöt ovat yksi selkeä työturvallisuutta edistävä etu verrattuna kulmaraudan hitsaamiseen. Jos kaikki menee niin kuin on suunniteltu ja tapit on hitsattu oikeille paikoilleen lohkon lakanavaiheessa, niin tulitöitä ei enää tarvita materiaalien kiinnityksissä. Kiinnitykset tapahtuvat kierteiden avulla.

Kulmarautoja voi joutua hitsaamaan kiinnityksissä ja tuennoissa vielä laivan rakennuksen viime hetkillä ennen laivan luovutusta tilaajalle. Hitsaus voi tapahtua ahtaissa paikoissa, mikä vaikuttaa työturvallisuuteen.

Jos työkohteessa on olemassa erityisen suuri työturvallisuusriski, on tehtävä työn turvallisuussuunnitelma TTS. Työn turvallisuussuunnitelman tavoite on varmistaa

työtehtävän turvallinen suorittaminen. Suunnitelma laaditaan työnjohdon ja työntekijöiden yhteistyönä ryhmän osaamista ja kokemusta hyödyntäen.

Työtä ei saa aloittaa ennen kuin suunnitelmassa mainitut työtä edeltävät toimenpiteet on suoritettu ja tarvittavat työvälineet sekä henkilönsuojaimet ovat käytettävissä. Suunnitelman on oltava työhön osallistuvien tiedossa ja kaikkien on sitouduttava turvalliseen työtapaan. Työnjohtaja vastaa tarvittavien toimenpiteiden hoidosta sekä suunnitelman läpikäynnistä työntekijöiden kanssa.

## 7 TALOUDELLISUUS

### 7.1 Hitsausajat

Hitsausajoissa on suuri ero kaaritapitushitsattavien tappien ja kulmaraudan hitsauksen välillä. Alla ovat tuotannosta kerätyt tiedot hitsauksien kestoista sekä muutama kellotettu käytännön esimerkki hitsausten aikavertailuista.

Yhden kulmaraudan palan muokkaamisesta paikoilleen hitsaamiseen kuluu aikaa noin 50 minuuttia. Aika määräytyy seuraavilla tuotannosta saaduilla aika-arvoilla:

- Asennuskohteen määrittäminen ja merkkkaus: 5 min
- Muokkaus (lyhennys, viiste yms.):
  - Esivalmiste: 15 min
  - Tanko: 25 min
- Hitsaus: 25 min
- Yhteensä: 45–55 min.

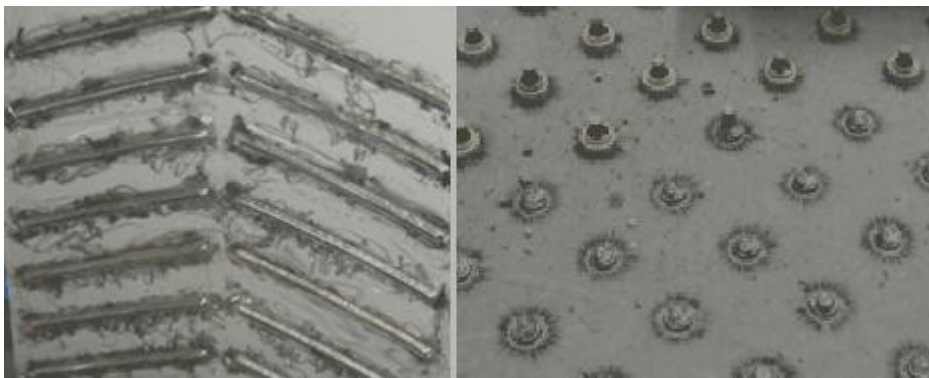
Yhden M10 kokoisien kaaritapitushitsattavien tappien hitsaamiseen kuluu noin 2,5 minuuttia. Kellotettu aika sisältää paikan merkkauksen ja hitsaamisen. Aikasäästö verrattuna kulmaraudan hitsaamiseen johtuu siitä, että kaikki lohkon tappien paikat merkataan kerralla.

Käytännön esimerkkinä hitsausmenetelmien työstöaikaeroista on liukuesteen hitsaus. Kahdelle 1 m<sup>2</sup> teräslevylle hitsataan liukueste kahdella eri tavalla. Toiselle levyllä hitsataan pienahitsillä neliötangon paloja ”kalanruodon” muotoon ja toiselle kaaritapitushitsauksella liukuestetappeja 10 senttimetrin välein (kuva 10).

Molempien alueiden hitsaukset kelloitettiin ja tuloksiksi saatiin:

- Neliötangon hitsaamiseen ja viimeistelyyn aikaa kului 2 tuntia ja 40 minuuttia
- Kaaritapitushitsatuilla tapeilla tehtyyn liukuesteeseen aikaa kului 45 minuuttia

Kaaritapitushitsatuilla liukuestetapeilla tehty 1m<sup>2</sup> kokoinen liukueste säästi työajassa noin kaksi tuntia.



**Kuva 10.** Liukueste neliötangolla ja tapeilla (STX Finland Oy)

Telakalla on kokeiltu myös kolmatta liukuestevaihtoehtoa. Jigi+MAG-hitsausmenetelmää on käytetty projektissa NB1380. Hitsausmenetelmässä liukueste valmistetaan hitsaamalla ”hitsikasoja” suoraan kanteen. Saadut tulokset ovat olleet positiivisia.

Toinen asennusaikaan sidottu käytännön esimerkki hitsausaikojen eroista on noin kahden metrin pituisen kaapeliradan kiinnitys. Kiinnitys kulmarautaa käyttäen kestää 1 tunnin ja 15 minuuttia, mihin aikaan sisältyvät kulmaraudan muokkaus sekä hitsaus. Samanlaisen kaapeliradan kiinnitys kaaritapitushitsattavilla tapeilla tehtynä kestää 20 minuuttia. Aikaa säästyy siis hieman vajaa tunti.

Näiden esimerkkien ja tietojen perusteella voidaan päätellä, että pelkkien työkustannuksien perusteella kaaritapitushitsattavien tappien käyttö tulisi edullisemmaksi hitsaustavaksi.

## 7.2 Maalaus kustannukset

Maalaus kustannukset, varsinkin paikkamaalaus kustannukset, ovat yksi merkittävä osa laivanrakennuksen kustannuksista ja niiden vähentymisellä säästettäisiin paljon rahaa. Jos maalattuun lohkoon joudutaan hitsaamaan, hitsauskohta pitää hiota puhtaaksi maalista koko hitsattavalta alueelta. Hitsaamisen jälkeen kohta täytyy maalata uudelleen.

Kun kulmaraudan hitsaamisen takia joudutaan hiomaan suuri alue ja hitsaamisesta aiheutuu suuria jälkiä pintaan, niin kaaritapitushitsattavan tapin hitsaus aiheuttaa vain pienen tapin halkaisijan kokoisen mustan renkaan työkappaleen pintaan eikä pinnan puhtaaksi hiominen ole aina välttämätöntä.

Jos tappien käyttö otetaan jo suunnittelussa tarpeeksi huomioon, voidaan välttyä kokonaan maalatun lohkon paikkamaalauksilta asennus- ja kiinnityshitsausten puuttumisen takia. Kun taas kulmarautaa käytettäessä hitsaamista ei voida välttää kiinnityksissä.

## 7.3 Eristystyö

Eristystyö tehdään yleensä vasta hitsauksien jälkeen. Kulmaraudat haittaavat eristykseen asennustöitä, koska kulmaraudat tulevat esiin lohkosta. Eristystyö on hidasta, koska kulmaraudat pitää ottaa huomioon ja kiertää eristystyötä tehtäessä. Samalla eristykseen tekijän on varottava esimerkiksi katosta ulos työntyviä kulmarautoja.

Jos kiinnityksissä käytetään kaaritapitushitsattavia tappeja, eristyslevyt saadaan helposti asennettua ilman muokkaamista ja tapit työnnetään eristykseen läpi. Työ on hit-

sattujen tappien kanssa nopeampaa kuin kulmarautojen kanssa, koska tällöin eristyslevyt voidaan asentaa sellaisenaan paikoilleen.

Eristystyön tuntikustannus on viimeisimmissä Raumalta luovutetuissa laivoissa laskutettu 29,90 euroa/tunti, joten työn helpottuminen ja nopeutuminen näkyy myös kustannuksissa.

## 7.4 Kustannuslaskelmia

### 7.4.1 Katon koolaus

Kun lasketaan teoreettisesti 1,5 m x 1,5 m alueen kustannukset, saadaan vastaukseksi teoreettinen hinta, jota pystytään hyödyntämään tietyn alueen kustannuslaskelmissa. Katon koolauksen kustannuslaskuissa otetaan huomioon materiaalikustannukset sekä työlle kohdistuvat kustannukset. Itse kattopaneelien kiinnitystä ei ole huomioitu laskuissa, koska kustannukset ovat molemmille menetelmille suurin piirtein samat. Työkustannukset on kerätty tuotannon antamasta informaatiosta ja materiaalikustannukset hankinnan tiedoista. Kustannuslaskelmat tehdään kulmaraudalla ja hitsatuilla tapeilla tehtävästä katon koolauksesta.

Kulmaraudalla tehtävässä katon koolauksessa käytetään 30 x 30 x 3 kokoista kulmatankoa. Laskettavalle alueelle hitsataan neljä 800 mm pituista kulmaraudan palaa. Kulmaraudan palat katkaistaan kuuden metrin rautatangosta, jonka jäljelle jäävä osuus jää todennäköisesti hyödyntämättä, joten materiaalikustannuksissa otetaan koko tangon hinta huomioon. Kuuden metrin pituinen kulmarautatanko maksaa noin 8 euroa. Todellisuudessa kulmaraudan hyödyntämätön osa jää pienemmäksi, sillä katon koolaus tehdään normaalisti suuremmalle alueelle kuin tässä on laskettu.

Kulmarautojen päihin kiinnitetään vielä kannakekiskon kiinnityksen mahdollistavat kannatinlukot (Lautex No. 57). Kannatinlukot maksavat 2,50 euroa kappaleelta eli yhteensä 10 euroa.

Katon koolaukseen kuluu aikaa noin 1,5 tuntia.

Yhden STX Finland Oy:n työntekijän työtuntikustannukset ovat noin 42 euroa/tunti. Työn hinnan ja materiaalikustannusten perusteella yhden neliömetrin alueelle kulmaraudalla tehdyn katon koolauksen kokonaiskustannuksiksi saadaan yhteensä noin 81 euroa.

**Taulukko 1.** Kulmaraudalla tehtävän katon koolauksen arvioidut kustannukset

	Euroa
Kulmatanko, 4 x 800 mm + hukkamateriaali, yht. 6 m	8
Kannatinlukko, 4 kpl	10
Työ, 1,5 h (42 e/h)	63
<b>Yhteensä</b>	<b>81</b>

Kaaritapitushitsattavilla tapeilla tehdyn katon koolauksessa M8 x 100 kokoiset kierretapit hitsataan paikoilleen lohkovaiheessa. Hitsattuihin tappeihin kiinnitetään jatkomutterin avulla kierretanko ja tangon päähän kannatinlukko (Lautex No. 65).

Laskettavalla alueella on neljä M8 x 100 kokoista hitsattua tappia. Yksi tappi maksaa noin 50 senttiä, joten yhteensä ne maksavat 2 euroa. Tapit ja kierretangot sekä kierretangot ja kannatinlukot yhdistävät adapterit maksavat 75 senttiä/kappale eli yhteensä noin 6 euroa sekä tappeihin kiinnitettävät kierretangon palat yhteensä noin 4 euroa. Kierretangon päihin kiinnitettävät kannatinlukot maksavat 2,50 euroa kappaleelta, joten yhteensä kannatinlukot maksavat 10 euroa. Näin ollen materiaalikustannukset ovat hitsattavilla tapeilla tehtävässä katon koolauksessa yhden neliömetrin alueella yhteensä 22 euroa.

Neljän tapin hitsaamiseen sekä kierretangon ja kannatinlukon kiinnittämisiin kuluu aikaa noin 40 minuuttia. Työn ja materiaalien kustannukset huomioon ottaen kaaritapitushitsattavilla tapeilla tehty katon koolaus tulee maksamaan yhden neliömetrin alueelle noin 48 euroa.



**Taulukko 2.** Hitsatuilla tapeilla tehtävän katon koolauksen arvioidut kustannukset

	Euroa
Hitsattavat tapit, 4 x M8 x 100	2
Adapterit, 8 kpl	6
Kierretanko, n. 4 m	4
Kannatinlukko, 4 kpl	10
Työ, 40 min (42 e/h)	28
Yhteensä	50

#### 7.4.2 Sähkökeskuksen kiinnitys

Lasketaan sähkökeskuksen seinään kiinnityksen teoreettiset kustannukset. Kustannukset lasketaan kulmaraudalla ja hitsatuilla tapeilla tehdyille kiinnityksille. Kustannuksissa otetaan huomioon työn ja materiaalien kustannukset. Laskuissa ei oteta huomioon pintakäsittelyn kustannuksia.

Kulmarautana käytetään 40 x 40 x 4 kokoista kulmatankoa. Kulmarautaa tarvitaan noin kaksi metriä. Materiaalikustannuksiksi saadaan 4 euroa.

Kulmarautoihin pitää porata reiät keskuksen kiinnityksen mahdollistamiseksi, joten kulmarautojen katkaisemiseen, reikien poraamiseen ja hitsaamiseen kuluu aikaa noin yksi tunti. Yhden STX Finland Oy:n työntekijän tuntikustannus on noin 42 euroa/tunti. Näiden tietojen perusteella kulmaraudalla tehtävän sähkökeskuksen kiinnityksen kustannuksiksi saadaan noin 46 euroa.

**Taulukko 3.** Kulmaraudalla tehtävän sähkökeskuksen kiinnityksen arvioidut kustannukset

	Euroa
Kulmatanko, n. 2 m	4
Työ, 1 h (42 e/h)	42
Yhteensä	46

Kulmaraudalla tehdyssä kiinnityksessä saattaa syntyä lisäkustannuksia, jos keskuk-  
sen paikkaa joudutaan jostain syystä muuttamaan. Tällöin kulmaraudanpalat pitää  
katkaista ja paikka hioa sekä kiinnittää vaihtoehtoisesta kohdasta. Edellinen paikka  
pitää vielä pintakäsittelä uudelleen.

Jos sähkökeskus kiinnitetään hitsattuja tappeja hyödyntäen, tapit hitsataan laipioihin  
lohkon lakanavaiheessa 50 cm välein. Kaaritapitushitsattuina tappeina käytetään  
M10 x 25 kokoisia tappeja, joita jatketaan jatkomutterilla pitemmiksi helpomman  
kiinnityksen saamiseksi. Tappien väliin kiinnitetään valmiiksi rei'itetty lattarauta,  
johon sähkökeskus kiinnitetään. Lattaraudan mitat ovat 50 x 5 ja reikien mitat 12 x  
150.

Sähkökeskuksen kiinnittämiseen tarvitaan yhteensä kuusi M10 x 25 kokoista tappia.  
Tapit ja tappien jatkomutterit maksavat yhteensä 5 euroa. Rei'itetty lattarauta maksaa  
12 euroa/metri ja sitä tarvitaan noin puolitoista metriä, joten se maksaa noin 18 eu-  
roa. Kiinnitykseen käytettävä aika on noin 30 minuuttia, joten normaalin työntekijän  
kustannuksilla se on noin 21 euroa. Yhteensä kustannuksia kertyy noin 44 euroa.

**Taulukko 4.** Hitsatuilla tapeilla ja lattaraudalla tehtävän sähkökeskuksen kiinnityk-  
sen arvioidut kustannukset

	Euroa
Hitsattavat tapit, 6 x M10 x 25 + jatkomutteri 6 kpl	5
Rei'itetty lattarauta, 1,5 m	18
Työ, 30 min (42 e/h)	21
<b>Yhteensä</b>	<b>44</b>

Lasketaan sähkökaapin kiinnityksen kustannukset vielä toiselle kaaritapitushitsatta-  
via tappeja hyödyntävällä kiinnitysratkaisulle. (Kuva 11)

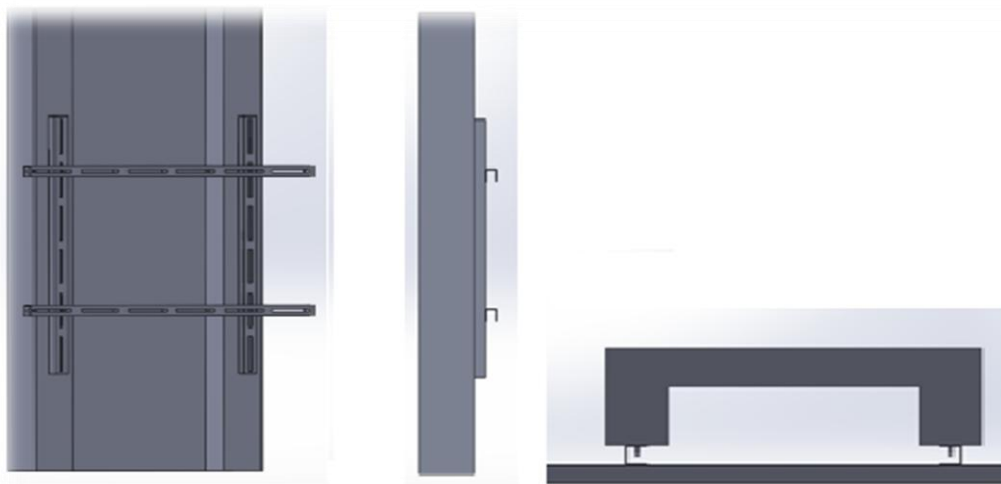
Laskettava kiinnitysratkaisu on monipuolisempi kuin pelkkä lattaraudan käyttö, joten  
kiinnityksessä käytetään U-kiskoa. Kiskoja kiinnitettäisiin yhteensä neljä kappaletta,  
kaksi pysty- ja kaksi vaakasuoraan. Tappeihin kiinnitetään kiskot pystysuoraan ja  
näihin kiskoihin kaksi kiskoa vaakasuoraan. Kiskon koko olisi 50 x 50 x 50 x 3 ja  
siinä olisi 12 x 150 kokoisia reikiä.

Kiinnitykseen tarvitaan edelleen kuusi hitsattua tappia, jotka maksavat yhteensä 3 euroa. Kiskot maksavat 15 euroa/metri ja sitä tarvitaan noin 4 metriä, joten kustannuksiksi saadaan yhteensä noin 60 euroa. Työn kesto on suurin piirtein sama kuin lattaraudalla tehdyssä kiinnityksessä eli noin 30 minuuttia. Tällöin kiinnityksen kustannukset olisivat yhteensä noin 84 euroa.

**Taulukko 5.** Hitsatuilla tapeilla ja U-kiskoilla tehtävän sähkökeskuksen kiinnityksen arvioidut kustannukset

	Euroa
Hitsattavat tapit, 6 x M10 x 25	3
U-kisko, 4 m	60
Työ, 30 min (42 e/h)	21
Yhteensä	84

Kiinnitystapa on hieman muita tapoja kalliimpi, mutta sen etuna on kiskojen mahdollistava sähkökeskuksen siirto niin pysty- kuin vaakasuunnassa. Tällöin sähkökeskuksen paikkaa pystytään tarvittaessa muuttamaan.



**Kuva 11.** Sähkökeskuksen kiinnitys U-kiskoa käyttämällä

### 7.4.3 Tulosten vertailu

Lasketuissa kustannuksissa suurin ero syntyy katon koolauksesta syntyvistä kustannuksista. Kiinnitysmenetelmien kustannuserojen perusteella, katon koolaus on edullisempaa tehdä hitsattavia tappeja käyttäen.

Katon koolauksen kustannuksissa suurin ero on työn kustannuksien suuruus. Kulmaraudalla tehdyssä koolauksessa työn osuus kustannuksista on suuri, kun taas hitsatulla tapeilla tehdyssä koolauksessa kustannukset jakaantuvat tasaisemmin materiaalien ja työn välillä.

Sähkökeskuksen kiinnityksen kustannuksissa ei ollut suuria eroja kahden kiinnitysmenetelmän välillä. Kolmas vaihtoehto on hieman kalliimpi, mutta samalla monipuolisempi kuin kaksi muuta.

Kulmaraudalla tehdyssä kiinnityksessä on kuitenkin otettava vielä huomioon paikan mahdollinen muuttaminen, jolloin syntyy reilusti lisäkustannuksia. Lisäkustannuksia syntyy, kun vanhat kulmarautakiinnikkeet poistetaan lohkoista, paikka maalataan, uusi paikka hiotaan maalista, uudet kulmaraudan palat tehdään ja hitsataan paikoilleen sekä uusi paikka maalataan uudelleen.

Keskuksen paikan vaihtaminen hitsattavilla tapeilla käy puolestaan paljon helpommin ja nopeammin kuin kulmarautakiinnitystavalla. Jos päädytään lattaraudan käyttöön kiinnityksessä, keskuksen paikan vaihdossa on helppo joko hyödyntää valmiiksi hitsattuja tappeja tai hitsata muutamassa minuutissa muutama uusi tappi paikoilleen.

Kiskoja käytettäessä kustannukset ovat suuremmat, mutta on mietittävä kiinnitystavan tuomaa mahdollisuutta muokata kiinnityspaikkaa jälkikäteen liikuttamalla keskusta kiskojen reikiä hyödyntäen. Tällöin keskus saadaan kiinnitettyä juuri oikeaan kohtaan.

## 8 TOIMITTAJAT

Kaaritapitushitsausvälineillä ja -tarvikkeilla on Suomessa vain muutama varteenotettava maahantuojia.

### 8.1 Retco Oy

Porilainen Retco Oy toimittaa suurimman osan Rauman telakan tapitushitsaus tarvikkeista ja välineistä. Yritys on Suomen suurin yksityinen hitsausalan maahantuonti- ja myyntiyriyitys. Retco Oy:n suuret varastot Porissa mahdollistavat toimitukset nopealla aikataululla.

Retco toimittaa saksalaisten Hilbig GmbH:n ja Kösten & Co GmbH:n valmistamia tarvikkeita ja laitteita kaaritapitushitsaukseen.

Saksalainen Hilbig GmbH kehittää ja valmistaa kaaritapitushitsauksen nopeita kiinnitysjärjestelmiä ja järjestelmän apuvälineitä laivateollisuuteen. Hilbig valmistaa muun muassa putkien ja kaapelien kannattimia sekä muita kiinnityssovelluksia.

Kösten & Co GmbH valmistaa kaaritapitushitsaukseen tarkoitettuja tappeja, virtalähteitä ja hitsauspistooleja.

### 8.2 Masino Welding Oy

Masino Welding Oy on erikoistunut teollisuustuotannossa käytettävään hitsaustekniikkaan. Monipuolisen tuotevalikoiman lisäksi yritys tarjoaa suunnittelu- ja koulutusapua. Masinon ammattilaiset ovat teknisiä osaajia, joilla on vuosien kokemus hitsaustekniikoista.

Masino Welding toimittaa muun muassa saksalaisen Soyer GmbH:n kaaritapitushitsaustarvikkeita ja -laitteita. Soyer GmbH kehittää, valmistaa tapinhitsauskoneita, ta-

pinsyöttölaitteita, hitsauspistooleita sekä hitsattavia tappeja. Masino Welding Oy:n toimipisteet ovat Vantaalla ja Turussa.

### 8.3 Sikla GmbH

Sikla GmbH valmistaa ja toimittaa hitsattavia tappeja hyödyntäviä rakenteita. Esimerkki rakenteista ovat tappeihin kiinnitettävät muotoraudat ja kiskot, joiden avulla muita materiaaleja ja laitteita voidaan kiinnittää kätevästi ilman hitsausta. Sikla GmbH on yksi vaihtoehto hitsattuja tappeja hyödyntävien muotorautojen ja kiskojen toimittaja.

## 9 LOPPUYHTEENVETO

Kaaritapitushitsattavilla tapeilla ja tappien kiinnityssovelluksilla on paljon käyttöä tulevaisuudessa. Eri valmistajat kehittävät kaaritapitushitsausmenetelmää hyödyntäviä kiinnityssovelluksia koko ajan enemmän ja monipuolisemmin. Hitsausmenetelmän nopeus ja monipuolisuus ovat eduksi monissa muissakin tilanteissa kuin tässä opinnäytetyössä käsitellyissä kohteissa.

Ulkoalueiden ja sisätilojen kiinnityksissä tulisi ottaa käyttöön entistä enemmän kaaritapitushitsattavia tappeja hyödyntäviä kiinnitysratkaisuja. Esimerkiksi Hilbig valmistaa käteviä ja monipuolisia kiinnitysratkaisuja, jotka korvaisivat helposti nykyiset menetelmät.

Aluksi oletin kiinnitysten kustannusten olevan suuremmat kaaritapitushitsatuilla tapeilla tehtynä kuin kulmarauodoilla tehtyinä. Esimerkkitapausten ja kustannuslaskelmien perusteella näyttää kuitenkin siltä, että hitsatulla tapeilla tehty kiinnitys on edullisempi vaihtoehto. Pintakäsittelystä tulee myös todella suuri kustannussäästö.

Tapeilla tehtyjen kiinnitysten materiaalikustannukset saattavat olla useampien osien takia korkeammat kuin kulmaraudalla tehtyjen kiinnitysten, mutta työkustannukset ovat huomattavasti pienemmät tappeja käytettäessä.

Tuotannon edustajien mahdollinen negatiivinen asenne tappien käyttöä kohtaan saattaa johtua kiinnitysten vaatimien osien määrästä. Käytön etuna on kuitenkin kiinnitysten tulitöiden väheneminen varusteluvaiheessa. Laivan sisällä on myös tapauksia, mihin tappien käyttö ei sovellu. Niistä ei aina mene tieto suunnitteluun saakka.

Lohkomaalauksen jälkeen tehtävät muutos- tai lisätyöt kaaritapitushitsausmenetelmällä tehtyinä ovat kustannuksiltaan selvästi pienemmät kuin kulmarautaa käytettäessä.

Yksi suurimmista kehityskohteista on kuitenkin kommunikaation ja yhteistyön kehittäminen. Tuotannon ja suunnittelun välinen kommunikointi sekä lohkovarustelun ja tilavarustelun yhteistyö ei aina toimi halutulla tavalla ja tämän seurauksena syntyy sekaannuksia ja ylimääräistä työtä. Paremmalla kommunikoinnilla ja yhteistyöllä työt saataisiin tehtyä entistä nopeammin ja tehokkaammin.

## LÄHTEET

Eastern Sales Services, Inc. [http://www.easternsalesinc.com/stud\\_welding.html](http://www.easternsalesinc.com/stud_welding.html)

Hilbig GmbH, <http://www.studs-for-welding.com/>

Masino Welding Oy, [http://www.masino.fi/bollhoff\\_pdf/ARC-hitsauspultit.pdf](http://www.masino.fi/bollhoff_pdf/ARC-hitsauspultit.pdf)

MillerWelds, <http://www.millerwelds.com/pdf/ArcStudWelding.pdf>

Oy Lautex Ab, <http://www.lautex.com/>

Retco Oy, <http://www.retco.fi/fi/tuotteet/kaaritapitushitsaus/kaaritapitushitsaus-yleista.html>

Sikla, <http://www.sikla.com/>

Stig Blom, Hitsausmenetelmät: Hitsaustekniikka 1, 1975

STX Finland Oy, <http://www.stxeurope.com/sites/Finland/Pages/default.aspx>

STX Finland Oy:n tietokanta

### Haastatellut henkilöt

Jukka Setälä, Managing Director, Retco Oy

Kimmo Koskinen, Production Engineer, Block Manufacturing and Block Outfitting, STX Finland Oy

Pasi Loutti, Design Manager, Detail Design, STX Finland Oy

Pekka Styf, Design Manager, Interior Design, STX Finland Oy

Riku Lahtinen, Work Instructor, STX Finland Oy