

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2023

Niilo Kaljonen

# Linja-auton kattolaitteen asennuksen kehittäminen



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2023 | 49 sivua

Niilo Kaljonen

## Linja-auton kattolaitteen asennuksen kehittäminen

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Carrus Delta Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää linja-auton kattolaitteen asennusta tuotekehityksen ja tuotannon kehityksen avulla.

Opinnäytetyö sisältää teoriaa ohutlevyjen työstöstä ja tuotekehityksestä, sekä suunnitteluosuuden. Työssä käsitellään kattolaitteen asennuksen ongelmia. Suurin ongelma on kattolaitteen kotelo, joka kootaan käsin.

Suunnitteluosuudessa käsitellään kattolaitteen kotelon ongelmia sekä kehitysmahdollisuuksia, ja suunnitellaan uusi kotelo esiin tulleiden ongelmien pohjalta. Työssä tutkitaan ohessa myös kustannuspuolta, kustannusten säästön ollessa olennainen osa tuotteen kehitystä.

Suunnittelun tuloksena saatiin uusi kotelo, joka on mallinnettuna ja dokumentoituna kokoonpanomuodossa. Uusi kotelo voidaan hankkia alihankinnasta, ja sen mallia voidaan käyttää jatkosuunnitteluun.

Tuotannon osalta uuden kotelon avulla asentajien työtaakkaa saatiin laskettua, ja lopputuotteesta saatiin sarjatuotantoon paremmin sopiva. Kotelon valmistelutyö muuttui yksinkertaisemmaksi, eikä kotelon valmistuksen kanssa rasiteta prototyypiasentajia.

Asiasanat:

Linja-auto, tuotekehitys, ilmanvaihtolaite

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2023 | 49 pages

Niilo Kaljonen

## Product development of the climate control system of a bus

The goal of the thesis is to develop the bus's climate control systems housing, and simplify the installation process. This thesis was commissioned by Carrus Delta Oy.

The thesis contains the theory of sheet metal processing and product development, as well as the design process for the new housing. The thesis also addresses the problems with the current installation. The biggest problem with the installation is the housing, which is hand built in-house.

The design part of the thesis presents the different problems and development possibilities with the current prototype housing. A new housing was designed taking into consideration the current problems. The thesis also investigates the cost of the housing, it being an important part of product development.

The result of the thesis is a new and improved housing for the climate control system. The new housing was modelled and documented in an assembly. The new housing can be used for the development of other components, and for the subcontracting of the housing's production.

In the factory, the workload was lowered, and the final product is more suitable for serial production. The preparation work for the housing is simpler, and the prototype workers are no longer needed for the assembling part of the housing install.

Keywords:

Bus, product development, climate control

# Sisältö

<b>1 Johdanto</b>	<b>7</b>
1.1 Yritys	7
1.2 Yrityksen tuotteet	8
1.2.1 Varustelu	9
1.3 Yrityksen suunnittelutyökalut	11
1.4 Linja-autojen osien valmistuksessa käytettävät materiaalit	11
<b>2 Tuotekehitys</b>	<b>12</b>
2.1 Tuotekehitysprojektin vaiheet	12
2.1.1 Käynnistäminen	13
2.1.2 Luonnostelu	13
2.1.3 Kehitys	14
2.1.4 Viimeistely	15
<b>3 Ohutlevyvalmistus ja suunnittelu</b>	<b>16</b>
3.1 Ohutlevyvalmistus	16
3.2 Kappaleiden suunnittelu	17
3.3 Levyosavalmistuksen yleiset virheet	17
3.4 Ohutlevykappaleiden liittäminen	20
3.4.1 Ruuviliitos	20
3.4.2 Vetomutteri	21
3.4.3 Niittiliitos	22
3.4.4 Hitsisauma	23
3.5 Levyosien kustannuksiin vaikuttaminen	24
<b>4 Alihankinta</b>	<b>25</b>
4.1 Alihankintatyypit	25
4.2 Tuotannon ulkoistaminen	25
4.3 Alihankinta Carrus Deltalla	26
<b>5 Työohje ja asennustyö</b>	<b>27</b>

<b>6 Kotelon kehitystyö</b>	<b>28</b>
6.1 Lähtötilanne	28
6.2 Lähtötilanteen dokumentaatio	32
6.3 Alkuperäisen kotelon olemassa olevat osat	32
6.4 Materiaalivaihtoehdot ja liitokset	34
6.5 Uuden kotelon mallinnus	34
6.6 Tulokset	39
6.7 Uuden kotelon vaikutukset tuotantoon	45
<b>7 Yhteenveto ja pohdinta</b>	<b>47</b>
<b>Lähteet</b>	<b>48</b>

## **Liitteet**

Liite 1. Valmistuspiirustus kokoonpanosta

## **Kuvat**

Kuva 1 Volvo 9700 HD (Carrus Delta Oy 2023.)	8
Kuva 2 Volvo 9700 DD (Carrus Delta Oy 2023.)	8
Kuva 3 Kokoustilat VIP-autossa (Carrus Delta Oy 2023.)	9
Kuva 4 Hyvin varusteltu keittiö (Carrus Delta Oy 2023.)	10
Kuva 5 Ambulanssibussin sisätilat (Carrus Delta Oy 2023.)	10
Kuva 6 Tuotekehitysprojektin vaiheet (Jokinen 2001.)	12
Kuva 7 Erilaisia särmäyspuristimen työkaluja (Aaltonen ym. 1997.)	16
Kuva 8 Ohutlevyosien yleisiä virheitä (Matilainen ym. 2011.)	18
Kuva 9 Ohutlevyosien yleisiä virheitä (Matilainen ym. 2011.)	19
Kuva 10 Levyruuviliitos (Matilainen ym. 2011.)	20
Kuva 11 Poraruuviliitos (Matilainen ym. 2011.)	21
Kuva 12 Vetomutteriliitos (Matilainen ym. 2011.)	21
Kuva 13 Niittiliitos (Matilainen ym. 2011.)	22

Kuva 14 Hitsisauman sijoittelu (Matilainen ym. 2011.)	23
Kuva 15 Ilmastointilaitteen kotelo (Eberspächer 2023.)	28
Kuva 16 Ilmastointilaitteen lauhdutin (Eberspächer 2023.)	29
Kuva 17 Prototyypikotelon raitisilmakanavia	30
Kuva 18 Prototyypikotelon päätyjä	31
Kuva 19 Huonosti suunniteltu taitoksen pää	33
Kuva 20 Prototyypikotelon 3d-mallin vertailu	35
Kuva 21 Taitoksen venyttämä akselinreikä	36
Kuva 22 Silmämääräisesti sijoiteltu suojapelti	37
Kuva 23 Kotelon sovitus kattokanavaan	38
Kuva 24 Kanttaus väärässä paikassa	38
Kuva 25 Alkuperäisen prototyypikotelon hitsisaumoja	39
Kuva 26 Alihankkijalta saapunut kasattu kotelo	40
Kuva 27 Alihankkijalta saapunut kotelo kattolaitteen koneiston kanssa	41
Kuva 28 Akselitapin pyöreä reikä	41
Kuva 29 Niitatut pellit hitsauksen sijaan, taivutusjäljet pienessä ulokkeessa	42
Kuva 30 Liian pieni väli tiivistenauhalle oikeassa reunassa	43
Kuva 31 Kansi siirretty haluttuun paikkaan	44
Kuva 32 Uuden kotelon 01 revisio	44
Kuva 33 Uusi kotelo lisäosineen hattuhyllyssä	46

# 1 Johdanto

## 1.1 Yritys

Carrus Delta on Pohjoismaiden johtava linjaliikenne- ja turistibussien korivalmistaja. Carrus Delta toimii yhteistyössä Volvo Bussar Ab:n kanssa, joka hoitaa linja-automyynnit sekä jälkimarkkinat Pohjoismaissa. (Carrus Delta verkkosivut 2023.)

Carrus Deltalla on lähes yhdeksänkymmenen vuoden kokemus linja-autojen korirakennuksesta, useammalla eri nimellä. Helmikuussa 1936 on rekisteröity Autokori osakeyhtiö, joka perustettiin lamakauden jälkeiseen linja-autojen tarpeeseen Turkuun Pispalaan. Nimeksi muuttui Delta Plan Ab tehtaan muuttaessa 60-luvulla Lietoon nykyiselle tontilleen. Vuonna 1982 Delta Plan myytiin Ajokki Oy:lle, ja 1986 Ajokki Oy myytiin Wiima Oy:lle. Vuonna 1989 nimi muutettiin Carrus Oy:ksi, ja Liedon tehdas sai nimen Carrus Oy Delta. Vuonna 1997 Carrus Oy:n liiketoiminta myytiin Volvolle, ja Carruksesta tuli Volvon tytäryhtiö. Volvon alaisena nimi muuttui Volvo Bus Finland Oy:ksi, ja 2008 yritys ostettiin takaisin Volvolta, jolloin nimi muuttui nykyiseksi Carrus Delta Oy:ksi. Carrus Deltan myyntivalttina on asiakaslähtöisyys, joka mahdollistaa asiakkaiden vaativatkin asiakassovellutukset. Carrus Delta valmistaa linja-autoja asiakkaan tarpeiden mukaan, VIP- ja konferenssiautoista ambulanssi- tai tavaraperäkäyttöön. (Carrus Delta verkkosivut 2023.)

Opinnäytetyössä keskitytään kaksikerroksisen linja-auton yläkerran kattolaitteen kotelointiin ja asennukseen. kattolaitteen työnä on tuottaa kylmää ilmaa bussin matkustamoon. Kattolaitteen kotelo on jäänyt prototyyppivaiheeseen 3D-malliltaan sekä hankinnaltaan, jonka takia kotelo kootaan tuotannon puolella alihankinnan sijaan.

## 1.2 Yrityksen tuotteet

Carrus Deltan valmistamia tuotteita ovat Volvon 9700-sarjan eri mallit, joiden yhdet variantit ovat kuvissa 1 ja 2. Yksikerroksista 9700SD valmistetaan kolmea eri kokoa: S, H ja HD, ja kaksikerroksista 9700DD sarjaa valmistetaan kahta eri korkeutta: 4 m ja 4.25 m. Bussien pituudet voivat vaihdella 10.7–15 metrin välillä asiakkaan tilauksen mukaan. Autoja saa kolmelle eri Volvon alustalle, joita on B8R, B11R ja B13R. Alustan numero tarkoittaa dieselmoottorin kokoa litroissa. (Carrus Delta Oy 2023.)



Kuva 1 Volvo 9700 HD (Carrus Delta Oy 2023.)



Kuva 2 Volvo 9700 DD (Carrus Delta Oy 2023.)



### 1.2.1 Varustelu

Busseja varustellaan eri tavoin eri käyttötarkoituksiin. Näitä käyttötarkoituksia busseille on linjaliikenne, tavarankuljetus, ajo-opetus, ambulanssikuljetus tai konferenssikäyttö. Asiakas voi räätälöidä busseja haluamallaan varusteilla, joita voi olla esimerkiksi vessa, keittiö, työtasot, matkalaukkutelineet, kokoustilat, makuutilat, suksiboksit tai pyörätelineet. 9700DD-autoille on kaksi eri varustetasoa: Superior ja Select. Superior on suunniteltu premiumtason tilausajoon, select on suunniteltu lähiliikennöintiin. Kuvassa 3 on esitelty VIP-konferenssiosasto. (Carrus Delta Oy 2023.)



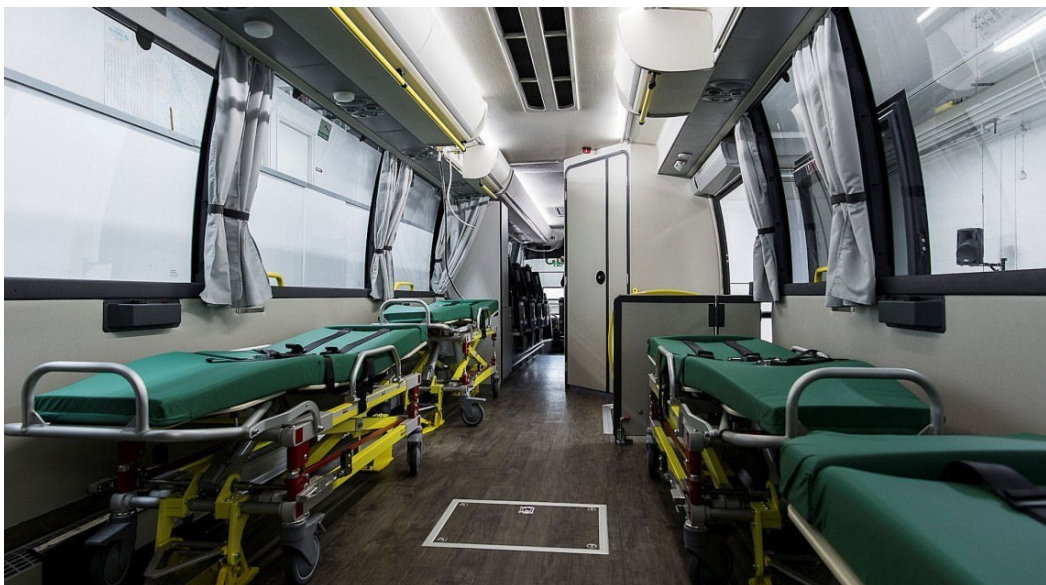
Kuva 3 Kokoustilat VIP-autossa (Carrus Delta Oy 2023.)

Varusteet riippuvat pitkälti auton käyttötarkoituksesta ja mahdollisesti kilpailutuksesta. Esimerkiksi lentokenttä- tai työmatkabusseissa ei ole välttämättä vessaa, mutta tavaratilaa on enemmän. Pitkän matkan tilausajobusseissa voi olla vähemmän mutta paremmin varusteltuja istuimia, sekä muita mukavuutta edistäviä ominaisuuksia kuten kahvinkeitin, mikro ja jääkaappi. Kuvassa 4 on esimerkki hyvin varustellusta keittiöstä.



Kuva 4 Hyvin varusteltu keittiö (Carrus Delta Oy 2023.)

Suurin osa asiakasräätälöinnistä tapahtuu bussin sisällä, perusrakenteen ollessa jokin useista vaihtoehtoista. Tavarankuljetusautot ovat poikkeus, koska niihin valitaan ulkoinen tavaratila matkustamon lisäksi. Yleisimpiä malleja tavarankuljetukseen ovat 9700SD tavaraperät, joissa asennetaan kuorma-auton tavaratila yksikerrosautoon. Uutuutena Carruksella tavarakuljetukseen on 9700DD-tavaraperäautot, joista ensimmäiset ovat opinnäytetyötä kirjoitettaessa tuotantolinjalla. Kuvassa 5 on ambulanssikäyttöön asiakasräätälöity bussi.



Kuva 5 Ambulanssibussin sisätilat (Carrus Delta Oy 2023.)

### 1.3 Yrityksen suunnittelutyökalut

Suunnitteluosasto käyttää työssään Vertex G4 mallinnusohjelmaa, sekä Vertex Flow PDM/PLM ohjelmistoa. ERP-järjestelmänä käytössä on Lean System. Volvon tuotetietojärjestelmä KOLA:a käytetään tuotenumeroiden avaamiseen sekä esimerkiksi Volvon osien tutkimiseen ja lataamiseen. Volvon järjestelmiä käytettäessä suunnitteluohjelmistona toimii Catia, jonka avulla voi tarkastella Volvon käyttämiä 3d-malleja sekä piirustuksia, sekä muuntaa 3d-malleja yleiseen step-muotoon, jotta ne voi avata Vertexillä ja hyödyntää suunnittelussa.

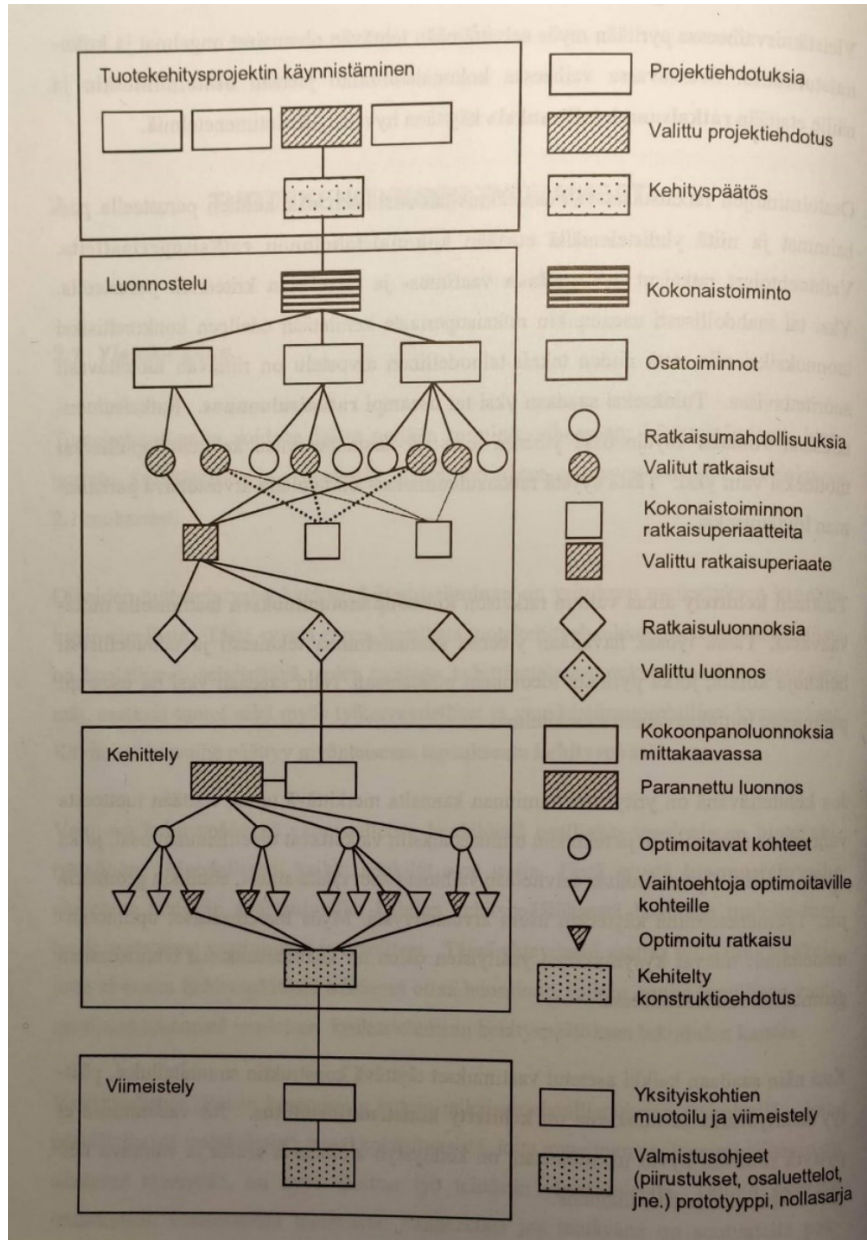
### 1.4 Linja-autojen osien valmistuksessa käytettävät materiaalit

Linja-auton osien materiaaleja on erilaiset metalliprofiilit, ohutlevyt, lasikuitu, lasi, erilaiset muovit, eristeet ja kankaat, sekä vanerit ja muut puutuotteet. Linja-auton runko on valmistettu erilaisista metalliprofiileista sekä pellistä, jotka peitetään tai verhoillaan asiakkaan tilauksen mukaisesti. Mekaniikkasuunnittelussa useimmiten vastaan tulevat materiaalit ovat erilaisia metalleja pelteinä tai profiileina, sekä erilaiset puumateriaalit. Metallista suunnitellaan esimerkiksi erilaisia kiinnikkeitä, tukirakenteita tai mekanismeja, ja puusta esimerkiksi vanerikaappeja, työtasoja, väliseiniä.

## 2 Tuotekehitys

### 2.1 Tuotekehitysprojektin vaiheet

Tuotekehitysprojekti voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen, jotka on jaoteltu kuvassa 8. Vaiheita on käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely.



Kuva 6 Tuotekehitysprojektin vaiheet (Jokinen 2001.)

### 2.1.1 Käynnistäminen

Käynnistämistä edeltää tarve tuotteelle, ja jokin mielikuva tuotteen toteuttamismahdollisuudesta. Käynnistäminen vaatii yritykseltä esimerkiksi kehittämiskustannusten tai tuottojen tutkimista, ja käynnistämisvaiheen toivotaan päättyvän kehityspäätökseen.

### 2.1.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa etsitään erilaisia ratkaisuja kehitettävälle tuotteelle, ja se sisältää ongelman analysointia, tavoitteiden laatimista ja ratkaisuluonnoksen valintaa. Luonnosteluvaiheessa tärkeää on analysointi, joka vastaa seuraaviin kysymyksiin:

Mikä on ongelman ydin?

Mitä toiveita ja odotuksia on olemassa?

Sisältyykö tehtävänasetteluun etukäteen asetettuja rajoituksia?

Mitkä tiedot ovat kehitystyölle avoimia?

Analysoinnissa on hyvä selvittää myös mitä ominaisuuksia ratkaisulla ei saa olla, mitä asiakkaat toivovat, mitä vaatimuksia tai turvallisuusmääräyksiä tuotteella on. (Jokinen 2001.)

Tuotteen odotuksia tutkiessa tulee arvioida saavutettavia tavoitteita. Tavoitteiden eri näkökohtia on esimerkiksi suorituskyky, hinta, huolto, turvallisuus ja kehityskustannukset. Jos kehitetään jo olemassa olevaa tuotetta, ongelman ydin voi löytyä näiltä osa-alueilta. (Jokinen 2001.)

### 2.1.3 Kehitys

Kehitysvaiheessa luonnoksia kehitetään tavoitteiden mukaan. Heikkoja kohtia poistetaan optimoimalla. Heikkoja kohtia voi olla useita, ja niiden poistokierroksia tehdään, kunnes päästään tuotteen kanssa haluttuun tilaan. Kun tämä karkea malli on valmis, suunnitellaan yksityiskohtia, joilla tuotteen arvoa voidaan nostaa. Näillä työvaiheilla saadaan optimoitu lopputulos, joka voidaan viedä viimeistelyvaiheeseen. (Jokinen 2001.)

Kehitettävällä tuotteella on tehtäviä, joita sen pitää täyttää saavuttaakseen tavoitteita. Tehtävät on hyvä jakaa toiminnoiksi, koska se helpottaa ratkaisumahdollisuuksien löytämistä. Toimintoja voi olla esimerkiksi nostaa kuorma, pestä astiat tai himmentää valo. Nämä toiminnot voidaan monimutkaisissa tapauksissa jakaa vielä osatoiminnoiksi. Toiminnossa pestä astiat osatoimintoja on esimerkiksi lisätä pesuaine tai huuhdella astiat. Osatoimintoja kannattaa kuvailla mahdollisimman yleisellä tasolla, jotta voidaan käyttää hyödyksi ennalta tunnettuja tapauksia. (Jokinen 2001.)

Tavoitteet on hyvä asettaa korkealle, jotta voidaan päästä parhaaseen lopputulokseen. Kehitystyön aluksi onkin hyvä unohtaa tekniset ja taloudelliset rajoitukset, ja määrittää ihanneratkaisu. Ihanneratkaisun jälkeen otetaan huomioon tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet, ja määritetään ihanneratkaisua muistuttava ratkaisu. Yleensä tavoitteita on runsaasti, ja ihminen yleensä painottaa itselleen tärkeää tavoitetta, ja jättää muut tavoitteet vähemmälle. Suunnittelija keskittyy teknisiin ominaisuuksiin, valmistaja keskittyy valmistuksen helppouteen, ja myyntimies keskittyy hintaan. Tämän vuoksi on hyvä, että kehitykseen otetaan henkilöitä eri puolilta organisaatiota. (Jokinen 2001.)

#### Materiaalivalinta

Materiaalin valinta on olennainen osa suunnitteluprosessia, ja valitun materiaalin halutaan toteuttaa tietyt toiminnot. Tuotteen käyttöikä, käyttöympäristö, taloudellisuus ja turvallisuus ovat huomioitavia asioita materiaalia valitessa.

Materiaalien valinta on jatkuva prosessi tuotetta kehitettäessä. Yleisistä materiaaliryhmistä voidaan valita tarkemmin jokin materiaali, kun tarpeet selkeytyvät. Valinta ei välttämättä ole lopullinen, vaan joskus voi olla tarpeellista uudelleenarvioida materiaali esimerkiksi pitkäaikaiskestävyyden seurauksena. (Koivisto ym. 2008.)

Erilaisia vaatimuksia materiaalille on esimerkiksi muodon säilyttäminen, kosteuden ja korroosion sietokyky ja materiaalin soveltuminen hitsaukseen ja liimaukseen. (Koivisto ym. 2008.)

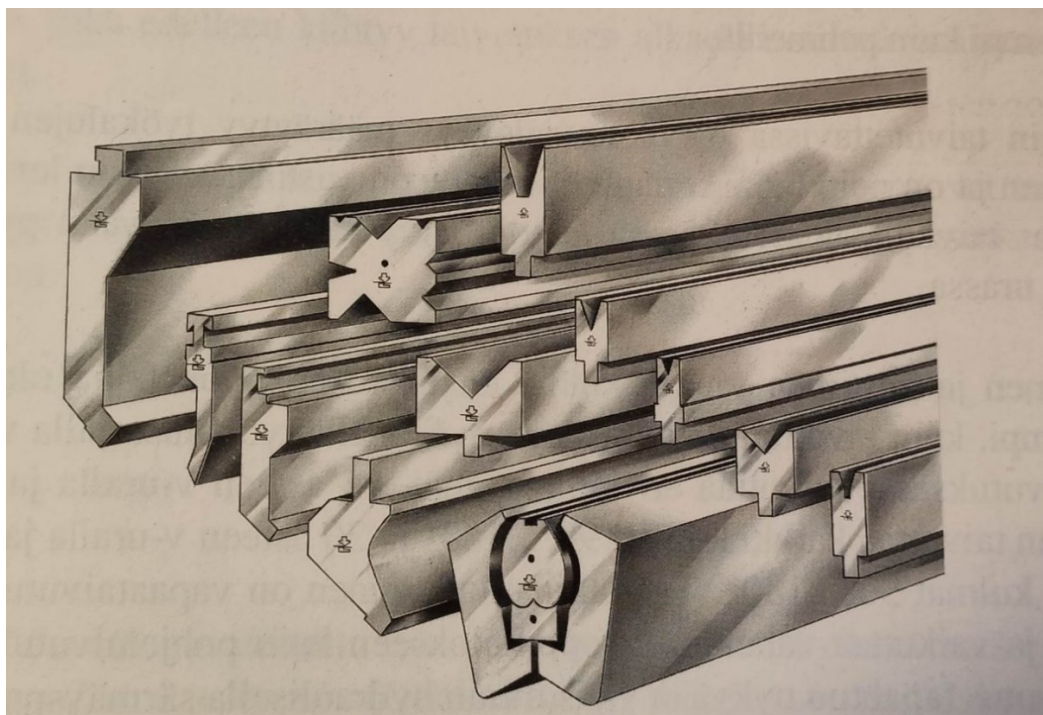
#### 2.1.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa valmistetaan tuotteelle piirustukset, sekä hankitaan prototyyppi. Piirustuksissa tulee ottaa huomioon yrityksen omat työtavat ja erityiset valmistusohjeet. Näitä piirustuksia voidaan täydentää prototyypin testausvaiheesta saatujen tietojen pohjalta. Prototyypin jälkeen voidaan hankkia nollasarja, jonka tarkoituksena on tutkia ja testata sarjavalmistuksen valmistusmenetelmiä. Nollasarjan avulla saadaan myös tietoa valmistuskustannuksista. Nollasarjan jälkeen voidaan siirtyä sarjatuotantoon, mutta tuotannon alkaminen ei lopeta tuotekehitystä. Tuotteen kilpailukyvyyn takia sitä on jatkuvasti kehitettävä kokemusten ja asiakaspalautteiden perusteella. (Jokinen 2001.)

## 3 Ohutlevyvalmistus ja suunnittelu

### 3.1 Ohutlevyvalmistus

Levytyöt ovat lastuavan työstön kanssa metalliteollisuuden tärkeimpiä valmistusmenetelmiä. Levytyöhön liittyy yleensä leikkausta ja taivuttamista. Levyjä voidaan leikata monilla eri työvälineillä levytyökeskuksen nakertamisesta laserleikkaukseen. Yleisin taivutustapa on särmäys, jossa levyä taivutetaan särmäyspuristimella, ala- ja ylätyökalun välissä. Ala- ja ylätyökalut ovat teriä ja terään sopivia vastakappaleita, jotka painuvat yhteen taivuttaen metallin terän muotoisesti. (Aaltonen ym. 1997.)



Kuva 7 Erilaisia särmäyspuristimen työkaluja (Aaltonen ym. 1997.)

Särmäyksessä ala- ja ylätyökalut voivat vaihdella halutun taivutuksen mukaisesti. Yleisimmät ylätyökalut ovat suoraa pyöristetystä kärjestä, ja niiden alatyökalun yleisin muoto on v-ura. Monimutkaisissa sarjatuotantokappaleissa työkalujen muodot voivat olla todella monimutkaisia. Kuvassa 9 on erilaisia särmäyspuristimen työkaluja. (Aaltonen ym. 1997.)



### 3.2 Kappaleiden suunnittelu

Ohutlevykappaleita ja niiden taivutuksia suunniteltaessa valmistustekninen asiantuntemus korostuu enemmän kuin monissa muissa menetelmissä. On tärkeää olla käsitys kappaleiden mahdollisesta valmistustavasta, jotta kappale voidaan suunnitella valmistettavaksi tietyllä tavalla, ja mahdollisimman yksinkertaisesti. Suunnitteluohjelmilla on mahdollista tehdä monimutkaisia kappaleita, jotka periaatteessa toimivat niiltä vaadituissa tehtävissä, mutta käytännössä ne voivat olla mahdottomia valmistaa. (Koivisto ym. 2008.)

Valmistettavuuden kannalta on parasta, jos jo visioidessa uutta kappaletta on jo ajatus millä menetelmällä ja mistä materiaalista kappale valmistetaan. Erilaisia muuttujia ohutlevykappaleille on esimerkiksi materiaali, paksuus, taivutussäde, taivutuskulma, ja osan geometria. Kappaleen ulkonäkö voi jäädä toiseksi valmistettavuutta mietittäessä, koska ulkonäkö on usein epätaloudellista verrattuna toimivuuteen. (Koivisto ym. 2008.)

### 3.3 Levyosavalmistuksen yleiset virheet

Taivutettavia levyosia suunnitellessa täytyy huomioida myös mahdolliset taivutettavan levyosan mittavirheet. Nämä mittavirheet huomioidaan merkitsemällä piirustuksiin olennaiset mitat, ja mahdollisuuksien mukaan määrittää taivutusjärjestys. Taivutetun levyosan mittojen tarkkuus riippuu myös siitä kuinka tarkka aukilevityskuva on, ja millä tarkkuudella aukilevityssaihio on valmistettu. (Matilainen ym. 2011.)

Levyosia suunnitellessa tapahtuukin herkästi virheitä, joista yleisimpiä on usein helppo välttää, kun tietää valmistustavasta. Yleisimpiä suunnitteluvirheitä levyosia suunnitellessa on:

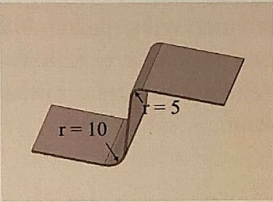
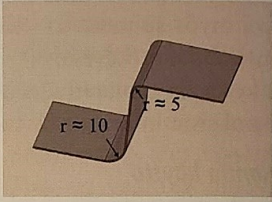


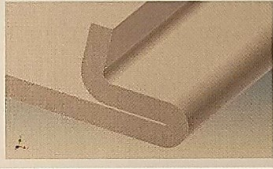

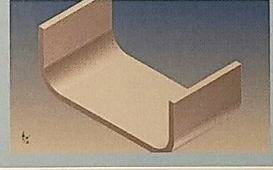
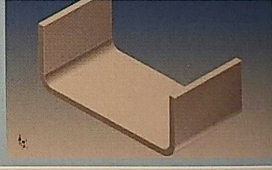
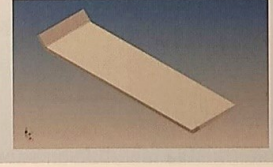

- levyn törmääminen särmäyspuristimen osiin
- liian lyhyt taivutettava särmä, joka voi livetä
- reiät liian lähellä taivutusta, jolloin ne venyvät.

-taivutus liian lähellä levyn tasaista pintaa, jolloin levy voi revetä

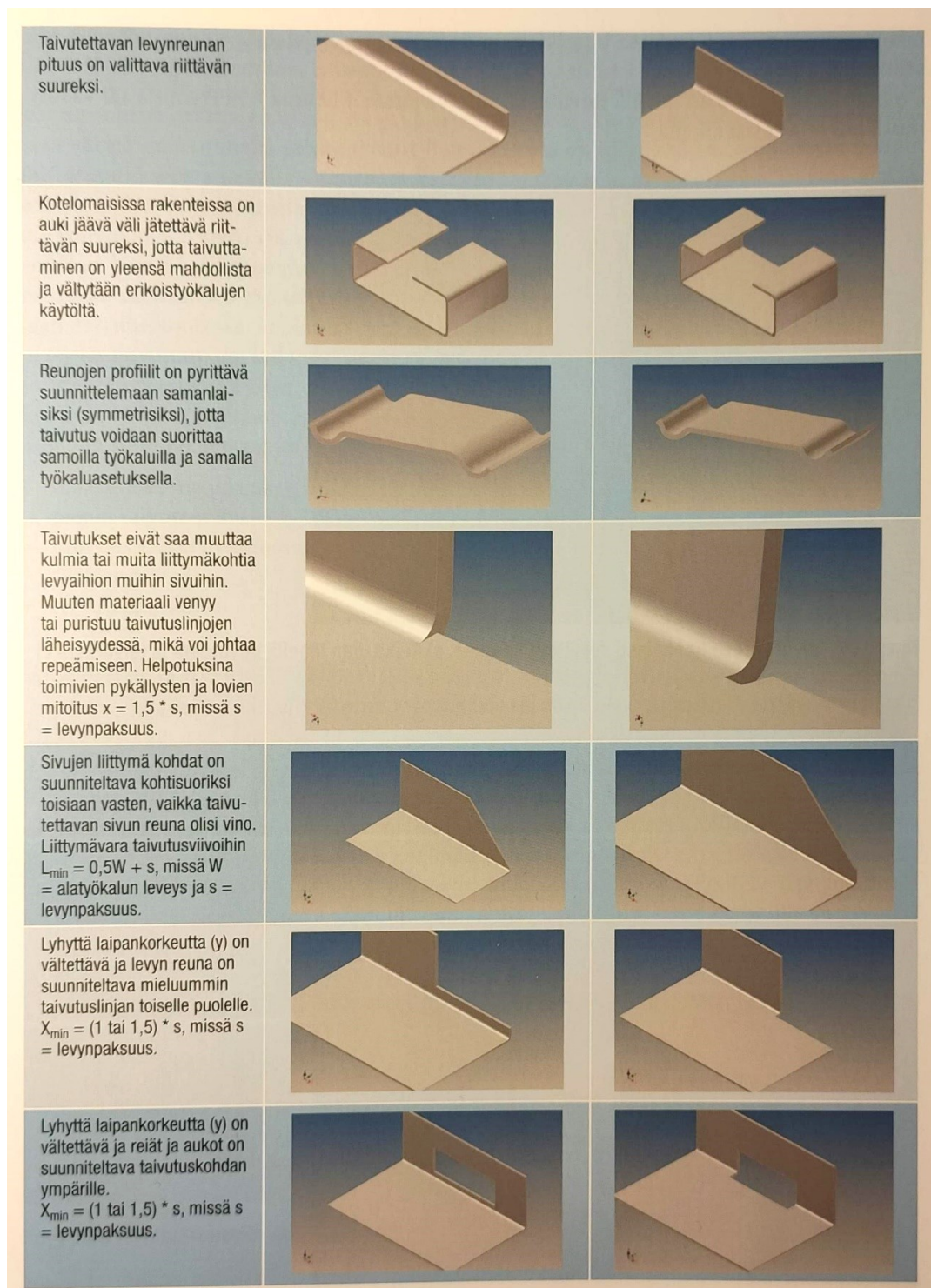
-kotelomainen taivutus, jonka sisälle ei ole mahdollista saada perustyökaluja.

(Matilainen ym. 2011.)

Kuvissa 10 ja 11 on kuvattu erilaisia tilanteita ja niissä mahdollisesti tapahtuvia virheitä.

Huomio	Epäedullinen muoto	Edullinen muoto
Yleensä konstruktioit on mahdollista suunnitella siten, että taivutussäteiden ei tarvitse olla tarkkoja. Useissa levyosissa toiminnalliset ehdot täyttyvät likimääräisillä pyöristyksillä. Tällöin voidaan käyttää vapaata taivutusta ja erikoistyökaluja ei tarvita.		
Liian terävien kulmien taivuttaminen aiheuttaa murtumisvaaran. Terävän kulman taivuttaminen on tehtävä pohjaaniskutyökälulla.		
Murtumisvaara on ilmeinen, kun levyn kyljet painetaan yhteen 180° taivutuksessa. Taive on hyvä jättää hieman avoimeksi, jolloin taivutussäde jää suuremmaksi.		
Takaisinjousto on voimakkaampaa yli 90° kulmilla. Liian suuret säteet lisäävät takaisinjousto.		
Suurille taivutussäteille taivutettavat ohuet levyosat jäävät lerpuiksi. Suoriksi jäävät tasot voidaan jäykistää vako- ja ura muodoilla.		

Kuva 8 Ohutlevyosien yleisiä virheitä (Matilainen ym. 2011.)



Kuva 9 Ohutlevyosien yleisiä virheitä (Matilainen ym. 2011.)

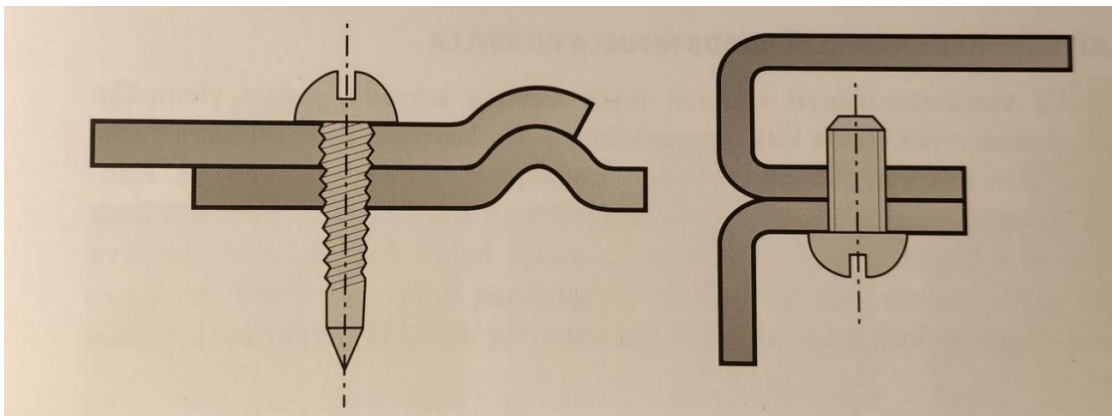
Näitä virheitä voi välttää tai vähentää tekemällä halutut kanttaukset mallinnusohjelmassa, joka helpottaa muutenkin esimerkiksi levyosakokoonpanojen testausta ja hahmotusta. (Matilainen ym. 2011.)

### 3.4 Ohutlevykappaleiden liittäminen

Ohutlevyjä liitetään useasti mekaanisilla liittämistekniikoilla. Näitä liittämistekniikoita on esimerkiksi ruuviliitos, vetomutteri ja niittiliitos. (Matilainen ym. 2011.)

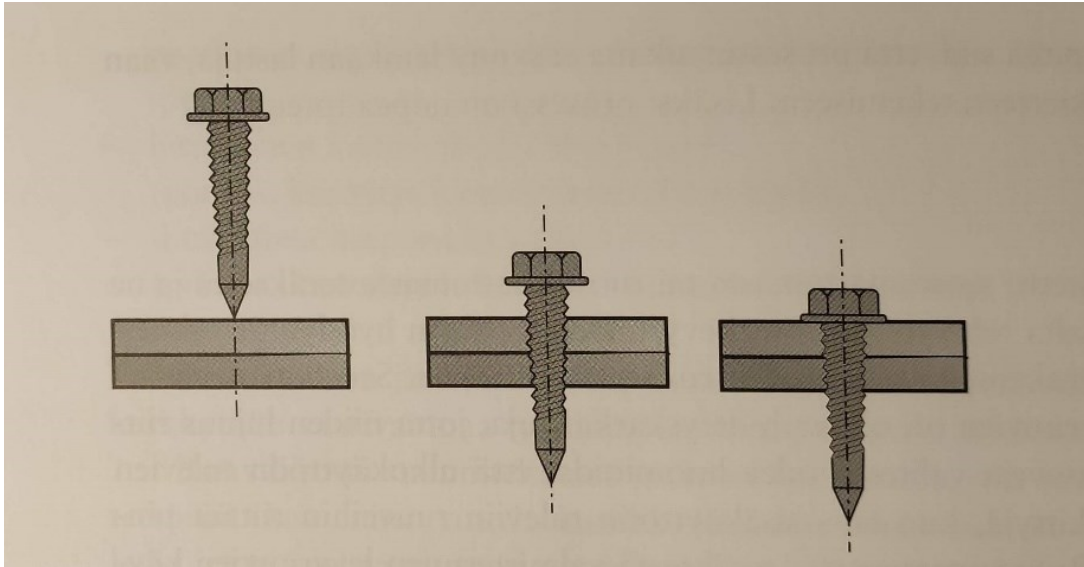
#### 3.4.1 Ruuviliitos

Ruuviliitoksissa, kuvat 12 ja 13, voidaan käyttää esimerkiksi itseporautuvaa ruuvia tai levyruuvia. Itseporautuva ruuvi ei vaadi valmista reikää ohutlevyyn, sillä ruuvi tekee itse reiän, tekee reikään kierteet ja kiinnittyy molempiin levyihin. Levyruuvit muovaavat oman kierteityksen valmiiseen reikään. Levyruuvien täytyy olla tarpeeksi kovaa materiaalia, jotta niiden lujuus riittää muovaamaan kierteet ohutlevyyn. (Matilainen ym. 2011.)



Kuva 10 Levyruuviliitos (Matilainen ym. 2011.)

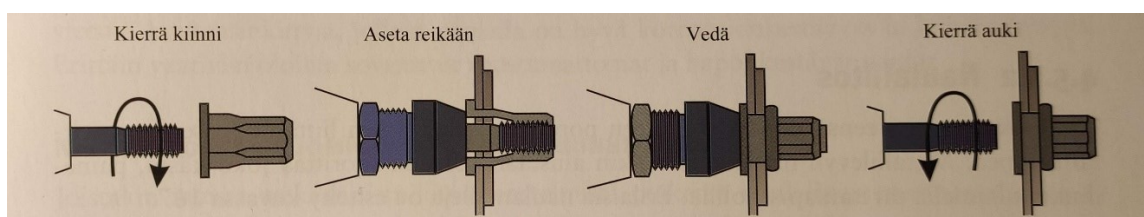
Ruuviliitoksissa olisi hyvä ottaa huomioon myös ruuvien materiaali. Ruuvien tulisi olla hieman jalompia kuin levyn materiaali, jottei kosketuskorroosio pääse vaikuttamaan liitoksiin. (Koivisto ym. 2008.)



Kuva 11 Poraruuviliitos (Matilainen ym. 2011.)

### 3.4.2 Vetomutteri

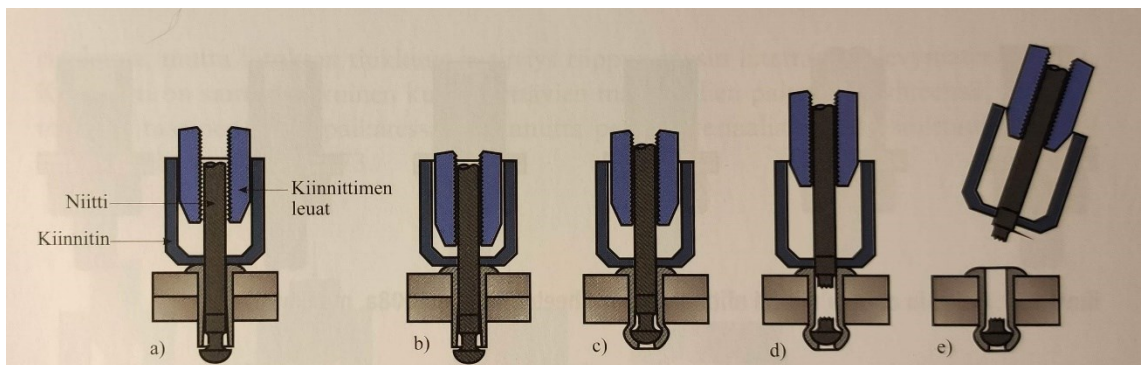
Vetomutteri on mutteri, joka kiinnitetään reikään toispuolisesti. Mutterin kiinnitys onnistuu yhdeltä puolelta, ja toiselle puolelle ei välttämättä tarvitse päästä käsiksi. Mutterin asennusvaiheet on kuvattu kuvassa 14. Mutteri asennetaan kiinnitystyökaluun, joka vetää mutterin takaosan kiinni levyn takapuolelle, ja kiinnittää mutterin tiukasti levyyn. (Matilainen ym. 2011.)



Kuva 12 Vetomutteriliitos (Matilainen ym. 2011.)

### 3.4.3 Niittiliitos

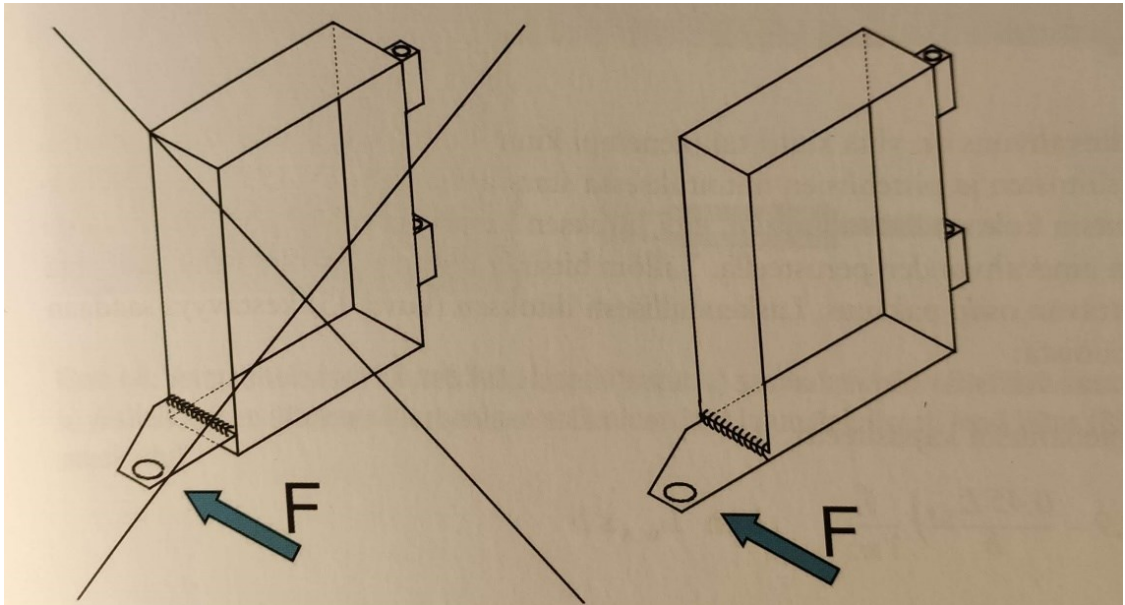
Niittiliitos on helppo ja yksinkertainen tapa liittää levyjä toisiinsa. Kaikki niittiliitoksen eivät tarvitse valmiiksi porattuja reikiä, vaan niiteissä voi olla porautuva kärki. Niittejä käytetään useasti liitoksiin, jotka eivät kestä hitsausta, tai jos liitos tehdään metallin ja epämetallin välille. Perinteisin niittiliitos on sokkoniittiliitos. Esimerkki sokkoniittiliitoksessa on kuvassa 15. Sokkoniittiliitoksessa on niitti sekä vetokara. Niitti asetetaan liitettävien levyjen läpi, ja vetokarasta vedetään työkalulla. Vetokaran pää on paksumpi kuin niitin reuna, jolloin karaa vetäessä pää muodostaa niitistä kauluksen levyn takapuolelle. Kara on suunniteltu katkeamaan, jonka avulla saadaan siisti liitos. (Matilainen ym. 2011.)



Kuva 13 Niittiliitos (Matilainen ym. 2011.)

### 3.4.4 Hitsisauma

Jos ohutlevykappaleet vaativat hitsausta, hitsattavien rakenteiden kestävyys voi vaikuttaa muotoilulla. Hitsisaumat pyritään siirtämään pois voiman vaikutuslinjalta, jolloin hitsisauma ei joudu yksinomaan vetojännityksen alaiseksi. Tästä esimerkki näkyy kuvassa 16. (Matilainen ym. 2011.)



Kuva 14 Hitsisauman sijoittelu (Matilainen ym. 2011.)

Ohutlevykappalevalmistuksessa alumiinit ovat yleisiä materiaaleja, ja alumiinia voidaan hitsata eri tavoin. Alumiinin hitsaukseen käytetään yleisimmin MIG, TIG ja vastushitsausta. Alumiinin pintaan muodostuu oksidikalvo sen valmistuksen aikana, ja tämän kalvon poistaminen on olennainen vaihe alumiinin hitsauksessa. MIG-hitsaus on hyvä poistamaan oksidikalvon, koska hitsipistoolin valokaari poistaa kalvon. MIG-hitsauksen ongelma onkin lisäainelankalaatujen huonompi saatavuus. TIG-hitsauksessa pistoolin napaisuus täytyy vaihtaa, jotta oksidikalvo saadaan poistettua, ja tämä laskee pistoolin käyttöikä. TIG-hitsaukseen on kuitenkin saatavilla enemmän lisäainelaatuja, joten sitä käytetään paljon alumiinihitsaukseen. (Koivisto ym. 2008.)

### 3.5 Levyosien kustannuksiin vaikuttaminen

Levyosien kustannuksiin vaikuttaa eräkokoo, työvaiheiden ja työkalujen määrä, sekä työvaiheiden monimutkaisuus. Levyosien monimutkaisuuteen vaikuttaa monta tekijää, kuten seinämien pituudet, reunojen litistykset ja erikoiset kulmat. Levyosiin kannattaa tehdä samankokoisia taivutuksia, samalla kulmalla ja taivutussäteellä. Eripituiset taivutukset vaativat terien vaihtoa, eri taivutussäteet ja kulmat vaikuttavat työkaluasetuksiin. Yleisimpiä taivutuskulmia on 45, 90 ja 135 astetta. Jos taivutussäde ei ole kriittinen ulkonäön tai toimivuuden takia, se voi olla likimääräinen. (Koivisto ym. 2008.)

Kustannuksiin vaikuttaa myös mallinnusvaihe, ja dokumentaatio. Kappaleesta on luotava levityskuva, jonka avulla osa voidaan leikata. Levityskuvassa on hyvä olla myös taivutuslinjat, koska se helpottaa ja nopeuttaa osia valmistavaa yritystä. Taivutustyötä varten myös 3d-kuva kappaleesta on tärkeä, jotta taivutusvirheitä vältetään, koska 3d-kuvasta näkee kappaleen muodon. (Koivisto ym. 2008.)



## 4 Alihankinta

Alihankinta on toimintaa, jossa jokin päähankkija ostaa alihankkijalta tuotteeseen tarvittavia osia, työvaiheita tai palveluja. Päähankkija voi toimia myös itse alihankkijana omalle päähankkijalleen. Alihankkija on yleisesti yritys, joka tuottaa palveluja välituotemarkkinoille, ja päähankkija myy valmiit lopputuotteet lopullisille käyttäjille. (Antila 2012.)

### 4.1 Alihankintatyypit

Alihankintatyyppejä on useita erilaisia, ja alihankkija voi olla monen eri tyypin yhdistelmä. Alihankkijatyypit voidaan jakaa esimerkiksi kuormitus- tai vaihealihankkijoiksi, tai osa-, komponentti-, ja systeemitoimittajiksi. (Antila 2012.)

Kuormitusalihankkija jakaa päähankkijan työkuormaa, silloin kun päähankkijan oma kapasiteetti ei riitä. Vaihealihankkija tekee päähankkijalle tietyn työvaiheen, johon tilaajan oma kapasiteetti ei tule riittämään. (Antila 2012.)

Osatoimittaja toimittaa päähankkijalle osia tai osakokonaisuuksia päähankkijan piirustusten mukaisesti. Komponenttitoimittaja toimittaa erilaisia komponentteja, ja nämä komponentit voivat olla monimutkaisia osakokonaisuuksia. Komponenttitoimittajien tulee osallistua kokonaisuusien suunnitteluun, jotta toimittaja ymmärtää tuotteen tarpeet. Systeemitoimittaja toimittaa valmiita järjestelmiä päähankkijan lopputuotteisiin. Systeemitoimittajalla on vastuu oman osion tuotekehityksestä. (Antila 2012.)

### 4.2 Tuotannon ulkoistaminen

Suurin syy tuotannon ulkoistamiselle on kustannustehokkuus. Kustannussäästöjä syntyy keskimäärin 20 prosenttia kilpailuttamalla tuotantovaihe ulkopuolisten toimittajien tarjousten kanssa. Tämä tapahtuu ilman merkittäviä heikentymisiä tuotteen laatuun omaan toimintaan verrattaessa. Ulkoistamisen avulla yritys voi keskittää voimavarojaan ydinosaamiseensa, kun

ydintoimintoihin kuulumattomat työvaiheet hankitaan muualta. Nämä työvaiheet hankitaan sellaisilta yrityksiltä, joiden osaaminen aiheessa on parempaa kuin yrityksen sisäinen osaaminen. (Pajarinen 2001.)

Ulkoistamiseen liittyy myös riskejä. Kustannussäästöjen ja tuotantoyhteistyön aikaansaaminen voi vaatia yksityiskohtaisten liikesalaisuuksiin verrattavien tietojen jakamista. Myös eri yritysten erilaisten yrityskulttuurien sovittaminen voi olla haasteellista. Kustannussäästöjen saaminen hankaloituu myös, jos tuotteen toimittajia on vähän, ja kilpailutus ei onnistu. (Pajarinen 2001.)

Levyosavalmistus on alihankintatyyppinä perusalihankintaa. Perusalihankinta on päähankkijalle helppoa. Prosessit ovat yksinkertaisia ja piirustuksilla on helppo ohjata alihankintaa. Koska hankinta on perusalihankintaa, on kilpailu usein tiukkaa, ja voittomarginaalit voivat jäädä pieniksi. Kilpailua lisää perusalihankinnan ammattitaidon helppo saatavuus, ja tuotteen valmistuksen yksinkertaisuus. (Antila 2012.)

Tuotteen valmistuksen ulkoistuksessa tärkeitä huomioon otettavia asioita ovat valmistuksessa tarvittavat tuotantovälineet, tarpeen toistuvuus, osaamisen määrä, omistusoikeudet sekä kustannukset, myös ulkoistamiseen liittyvät kustannukset, kuten neuvottelut sekä koordinointi. (Pajarinen 2001.)

#### 4.3 Alihankinta Carrus Deltalla

Carruksella on paikallisia alihankkijoita, joita on käytetty vuosia, ja joiden laatuun ja ammattitaitoon voidaan luottaa. Eri alihankkijoilla on erilaisia valmistusmahdollisuuksia, joista sisäänostaja valitsee parhaimman esimerkiksi tarjousten avulla. Jotkut alihankkijoista pystyvät esimerkiksi valmistamaan vaneri- ja ohutlevytuotteita, jolloin esimerkiksi asiakasrätälöidyt kaapistot kannattaa valmistaa siellä, josta saa samalla kertaa metalli- ja puuosat, sekä kokoonpanopalvelut. Osa alihankkijoista keskittyy esimerkiksi kankaisiin, osa muovityöstöön. Jotkut kokoonpanot on hyvä jaotella useammalle eri tuotekoodille, materiaalityypeittäin. Näissä tapauksissa lopputuote yleensä kootaan tuotannossa.

## 5 Työohje ja asennustyö

Työohjeen tulee olla yksiselitteinen ja selkeä. Ohjeen avulla työ täytyy saada tehdyksi nopeimmalla ja tehokkaimmalla tavalla, mutta turvallisesti ja laadukkaasti. Mitä vähemmän aikaa ja työvaiheita asennustyö vaatii, sitä kustannustehokkaampaa se on ja sitä enemmän lopputuotteesta saadaan voittoa. Lopputuotteella on kiinteä hinta, ja lean-ajattelun mukaisesti voittoa on lopputuotteen kiinteä hinta, josta on vähennetty kustannukset. Perinteisesti on ajateltu, että lopputuotteen hinta koostuu voitosta ja kustannuksista, mutta tämä ei päde enää nyky maailmassa. Jos halutaan voittoja, täytyy niitä etsiä sieltä mikä ei nosta asiakkaan kuluja. (Dennis 2008.)

Asennustyössä olennaiseksi tulee yksi leanin pääaatteista, joka on muda. Muda on jäte, josta asiakas ei tule maksamaan. Esimerkiksi koteloitavan laitteen tilanteessa asiakas maksaa laitteesta, sen kuoresta sekä asennuksesta. Asiakas ei esimerkiksi maksa kotelon osien selvittämisestä, osien kantamisesta samaan paikkaan, liiman kuivumisen odottamisesta, kappaleiden turhasta monimutkaisuudesta, koteloihin uusien osien teosta käsin, tai muusta turhasta käsityöstä, josta selvittäisiin paremmalla suunnittelulla. Mudaa voi ajatella seuraavanlaisesti: jos tämä työvaihe jätettäisiin tekemättä, ja lopputulos olisi sama, työvaihe on turha yritykselle. (Dennis 2008.)

Leanin mukaan ei ole yhtä oikeaa tapaa tehdä tietty työ, ja työntekijöiden pitäisi suunnitella työt. Työtehtävien raja-arvot ja standardit luovat pohjan kehitykselle. Töiden suunnittelua varten työntekijöiden auditointi on olennaista. Auditoinnilla selvitetään työtehtävän ongelmakohdat, ja saadaan mielipiteitä ratkaisuvaihtoehdoista. (Dennis 2008.)

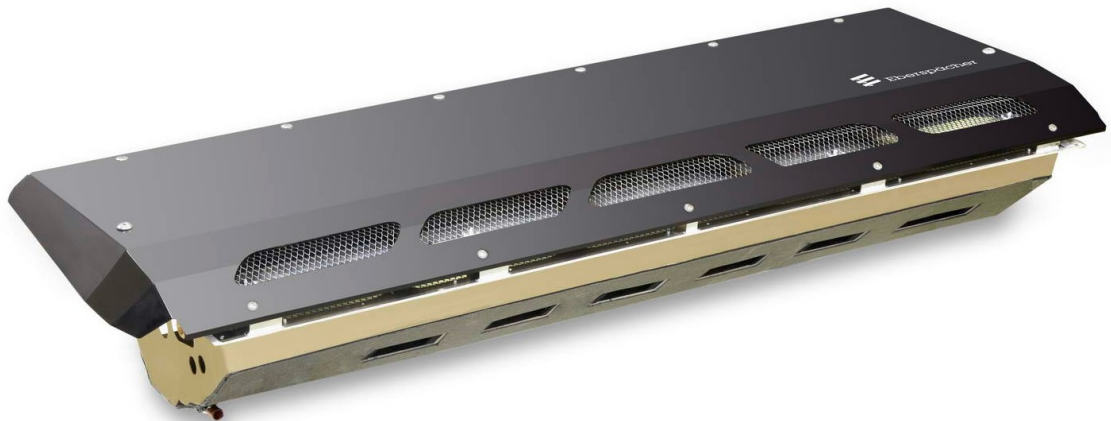
## 6 Kotelon kehitystyö

Kotelon kehitystyössä tutkitaan alkuperäisen kotelon ongelmia, sekä suunnitellaan valmis kotelo alihankittavaksi.

### 6.1 Lähtötilanne

Busseihin tilattu kattolaite, kuvassa 15, ei sovi omalla kotelollaan bussin kattokanavaan. Kattokanava on liian kapea kattolaitteelle, koska matkustamon tila on tarkkaan mitoitettu erilaisten standardien mukaisesti.

Kattokanavia on kahta mallia, normaalia ja kavennettua. Kattokanavan tyyppi riippuu asiakkaan valitsemista istuimista ja istuinjaosta. 2 + 2 istuinkonfiguraatiossa käytetään molemmilla puolilla käytävää normaalia kattokanavaa, ja 2 + 1 istuinkonfiguraatiossa toisella puolella on kavennettu kattokanava. Kaksikerrosbussiprojektissa on päätetty käyttää samaa oma valmistekotelo molemmissa tilanteissa. Tällä vähennetään kanavien eroavaisuuksia kattolaitteen kohdalla, sekä vähennetään väärin komponenttien asennusta.



Kuva 15 Ilmastointilaitteen kotelo (Eberspächer 2023.)

Kuvissa näkyvät komponentit ovat busseissa käytettäviä ilmastointilaitetoimittajan Eberspächerin laitteita. Kuvan 16 kattolaitteen lauhdutin sijaitsee auton takaosassa moottorin yläpuolella. Lauhdutin saa jäähdytysilmansa bussin sivuluukuissa olevista aukoista, ja poistaa lämpimän ilman bussin takaosan tuuletusaukoista.

*SPLIT SYSTEM  
V188 + CONDENSER  
= AC188*



Kuva 16 Ilmastointilaitteen lauhdutin (Eberspächer 2023.)

Lähtötilanne kehitystyölle on kotelo, joka tilataan osissa kokonaisuuden sijaan. Toiveena olisi, että saataisiin tilattua lähes valmis kotelo, johon kattolaitteen koneisto voidaan asentaa. Ennen kotelon kehitysohjelman valmistamista toimii seuraavanlaisesti: Tuotannossa kattolaitte puretaan pois kotelostaan, ja se siirretään uuteen, itse tehtyyn koteloon. Osa kattolaitteen kotelon alumiinipelleistä tulee alihankittuna, osa valmistetaan prototyyppipuolella. Osien valmistamisen jälkeen kotelo kootaan ja maalataan. Kotelon kokoamiseen käytetään vetoniittejä, silikonit ja hitsausta.

Kokoaminen on monimutkaista ja aikaa vievää. Uudella kotelolla tai kotelon alihankinnalla kokoamis- ja asennustyöstä halutaan tehdä yksinkertaisempaa, jolloin säästetään aikaa tuotannon asentajilta, sekä prototyyppipuolen työntekijöiltä. Prototyyppiasentajan aika on arvokasta, eikä sitä haluta käyttää ns. sarjatuotantoon. Prototyyppiasentajan haastattelusta selvisi suurimmat ongelmat, jotka tulee ratkaista alihankintaa ja helpompaa asennusta varten.

Alkutilanteessa kotelolle ei ole tiedossa tarkkaa hintaa, koska kotelon kokoaminen tapahtuu osana työntekijöiden työpäivää. Tarkan hinnan saaminen auttaa myös myyntiä, koska sen avulla asiakkaalta osataan laskuttaa komponentista oikea hinta.

Ongelman ydin kattolaitteen koteloinnissa on sen jääminen kesken, kun on saatu ensimmäiset toimivat prototyypit valmistettua. DD-projektissa prototyyppejä syntyi lukemattomia, koska valmistettiin Volvollekin täysin uutta tuotetta, ja osa näistä prototyyppiratkaisuista jäi voimaan. Kuvissa 17 ja 18 on esimerkkikappaleita, joista prototyypikotelo valmistetaan.



Kuva 17 Prototyypikotelon raitisilmakanavia

Rajoituksia uudelle kotelolle tuo kattokanavan koko, ja muut kattokanavan komponentit. Kotelon ulkomuotoa kopioidaan alkuperäisestä prototyypikotelosta, koska sen tiedetään mahtuvan kattokanavaan. Nämä muodot on alun perin kopioitu laitevalmistajan kotelosta, ja muodot mahdollistavat kotelon ilmatiiveyden, ja ne auttavat kondenssiveden poistumiseen. Nämä toiminnot halutaan säilyttää parannellussa kotelossa.

Kotelo vaatii myös nykyisessä tilassaan hitsausta, josta halutaan päästä eroon mahdollisuuksien mukaan. Hitsaus on haastavaa työvaiheena, koska sen voi tehdä vain tietyt henkilöt tuotannossa. Hitsaus alihankittuna tuo myös lisäkustannuksia, jos samat ominaisuudet voidaan saavuttaa taivutuksella tai vetoniiteillä. Osa hitsauksista toimii vesitiivistyksenä, joten hitsauksesta ei päästä kokonaan eroon, mutta sellaisessa tilanteessa hitsaus täytyy tulla alihankintana.

Joitain alkuperäisen prototyypikotelon osista joudutaan hiomaan tai leikkaamaan jotta ne sopivat suunnitelluille paikoille. Nämä osat tullaan tutkimaan ja ne mitoitetaan paremmin, jotta leikkaus- ja hiomistyöstä päästään eroon.



Kuva 18 Prototyypikotelon päätyjä

## 6.2 Lähtötilanteen dokumentaatio

Alkuperäinen prototyyppikotelo on mallinnettu Vertexissä osa kerrallaan ns. päällekkäin suurempaan kokoonpanoon. Tämä hankaloittaa kotelon osien uudelleenmuokkausta, koska jokainen osa on sidottu johonkin toiseen osaan, esimerkiksi pinnoistaan tai rei'istään. Tämä tarkoittaa sitä, että jos yksi osa poistetaan, siihen liitetyt osat irtoavat kokoonpanossa, jolloin ne voivat liikkua pois paikoiltaan. Tällainen mallinnus on kuitenkin prototyyppiosia tehtäessä nopeaa, koska osia voidaan nopeasti kasata toistensa päälle. Kotelon osat tullaan mallintamaan uudelleen siistimpinä, ja ne sidotaan yhteen origopisteeseen, jolloin osien poistumiset eivät "räjäytä" kokoonpanoa.

Prototyyppiosat saattavat myös sisältää useita työvaiheita, jotka muokkaavat esimerkiksi pieniä osia pinnasta, jotta oikea muoto saadaan aikaiseksi. Uudelleen mallinnettaessa haluttu muoto on jo tiedossa, joten samanlaiseen lopputuotteeseen päästään vähemmällä määrällä komentoja. Tämä helpottaa revisioiden tekoa myöhemmin.

Alkuperäisen prototyyppikotelon jokaisella osalla on oma Volvon tuotenumero, ja jokaista osista on tilattu erikseen. Tämä on johtanut pidemmän ajan saatossa siihen, että osia on varastossa eri määriä. Kokoonpanosta ei ole myöskään ollut virallista kokoonpanokuvaa, vaan kotelo on valmistettu epävirallisten kuvien ja suullisten ohjeiden avulla.

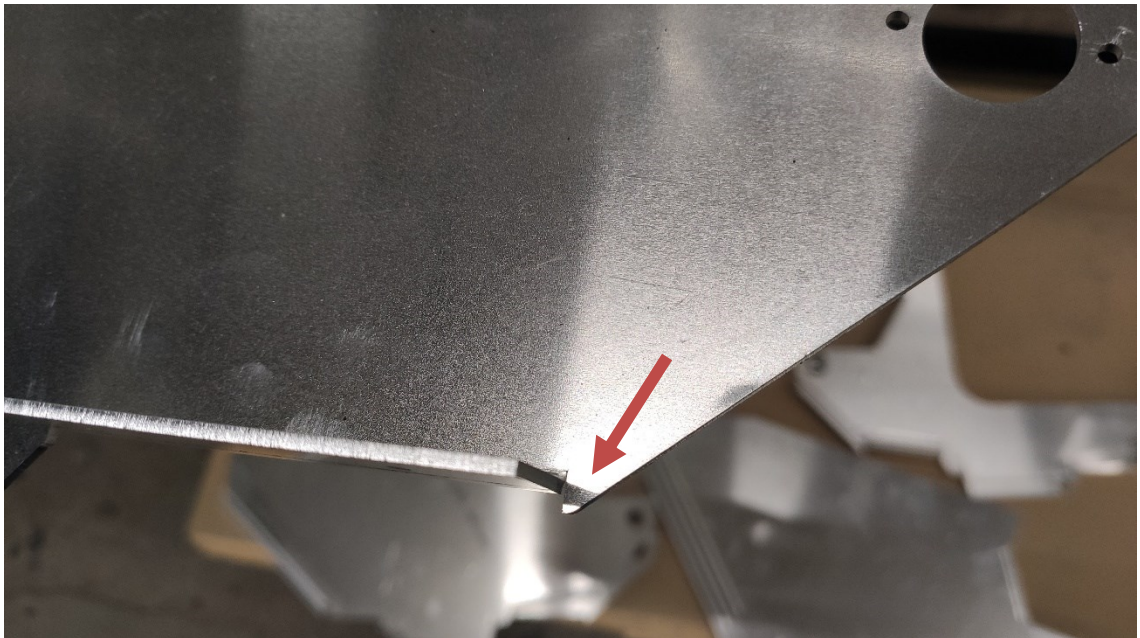
## 6.3 Alkuperäisen kotelon olemassa olevat osat

Koteloä käytetään autossa oikealla ja vasemmalla puolella, ja alkutilanteessa molemmille puolille on omat, lähes samanlaiset kotelot. Tarkemmalla tutkimisella selviää, että kotelot voivat olla peilikuvia toisistaan tietyillä osamuokkauksilla. Alkutilanteessa esimerkiksi jäähdytyskennon kiinnike on sama oikealla ja vasemmalla puolella, jonka takia kiinnikkeet niitinreiät olivat eri kohdissa koteloiden pohjapelleissä.



Kun näistäkin kiinnikkeistä tehdään peilikuvat, voidaan käyttää samaa 3d-mallia molemmille puolille. Koska koteloista saadaan täysin peilikuvat, mallinnustyö vähenee. Ainoa koteloille jäävä ero on raitisilmaohjaimen moottorin kiinnikkeelle, koska moottorista ei ole peilikuvallista versiota. Näiden kiinnikkeiden kiinnitysreiät koteloon ovat kuitenkin peilikuvia, joten kotelon kanssa tästä ei tule ongelmaa.

Nopeasti mallinnettujen osien selkeimpiä ongelmia on huonot kanttaukset tai väärissä paikoissa olevat niittien reiät. Esimerkiksi kuvan 19 päätyjen kanttaukset ovat valmistusteknisesti huonoja. Kanttaukset korjataan tekemällä suorasta sivuosasta taivutuksen verran lyhyempi, jolloin taivutuksia ei tarvitse upottaa sivuosaan. Tämän voi tehdä helpoiten mallinnusohjelman offset työkalulla.



Kuva 19 Huonosti suunniteltu taitoksen pää

Alkuperäisen prototyyppikotelon osia ei hyödynnetä uudessa kokoonpanossa niiden epäkäytännöllisten taitosten tai geometrian takia, mutta niitä käytetään selvitys- ja suunnittelutyön apuna.

#### 6.4 Materiaalivaihtoehdot ja liitokset

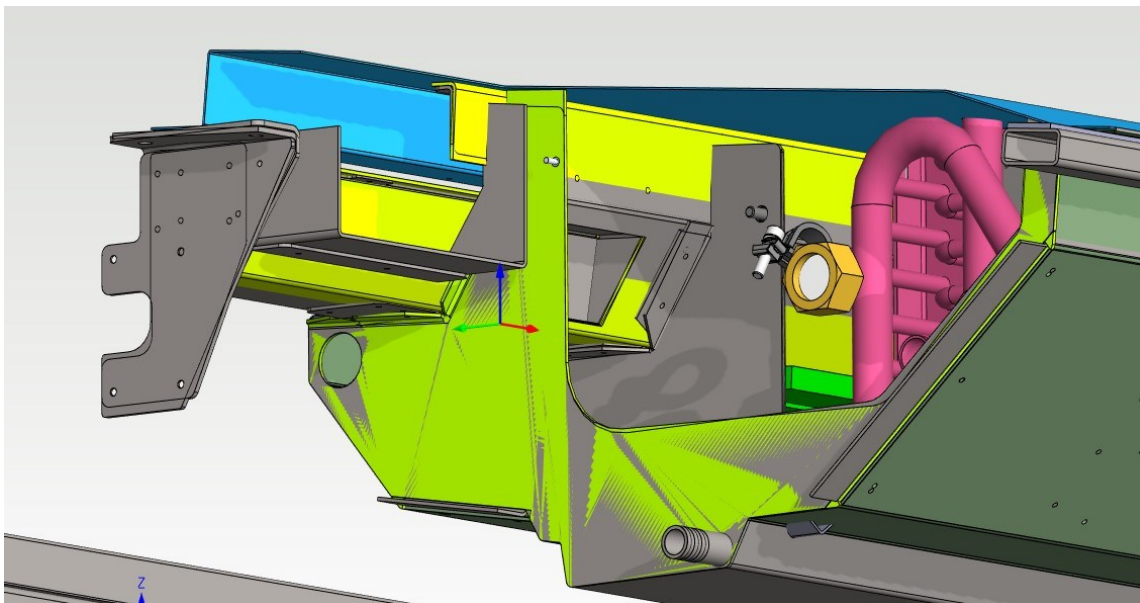
Materiaalivaihtoehtoja kattolaitteen kotelolle on erilaiset muovit, lasikuitu tai metallit. Tällä hetkellä käytössä oleva alumiinilevy on todettu toimivaksi, sen vahvuuden, korroosionkestävyyden, työstettävyyden ja vähäisen painon vuoksi, ja se halutaan pitää kotelon materiaalina. Muut metallivaihtoehdot ovat joko painavampia tai vaativat toimenpiteitä ruosteenestoon. Lasikuitu tai muovi vaativat arvokkaan muotin, ja revisiopäivitysten teko on hankalampaa verrattuna laserilla leikattuun alumiiniin. Alumiinin tarkemman materiaalin valinta jätetään alihankkijalle, joka valitsee kohteeseen sopivan alumiinin hitsauskaluston ja saatavuuden mukaisesti.

Alumiiniosien liittämiseen voidaan käyttää tavanomaisia menetelmiä. Kotelossa käytettäviä liitosmenetelmiä on esimerkiksi liimaus, niittiliitos ja hitsaus.

#### 6.5 Uuden kotelon mallinnus

Uuden kotelon mallinnustyö alkaa tarvittavien osien kartoituksella. Vanhoista oikean ja vasemman puolen koteloista selvitetään mitkä osista sopivat suoraan, mitkä täytyy peilata. Kun tarvittavat osat ovat selvillä, tehdään uudelle kotelolle kokoonpanomalli. Tämän mallin nollapiste asetetaan olemaan todellisuudessa bussin keskikohta katossa. Tämän avulla kotelot on helppo sijoittaa bussin kattokehän 3d-malliin, jatkotyöstöä tai havainnollistamista varten.

Prototyypiasentajaa haastatellaan vanhan kotelon ongelmista. Haastattelussa selvinneet ongelmat tulee ratkaista ennen kotelon alihankintaa. Ongelmia on muun muassa vetoniittien laserleikattujen reikien paikoissa, osien kanttauksia on väärällä puolella, kattolaitteen ilmanohjaimen akselin reikien kanttauksat vääntävät akselin reiän soikioksi ja yksi osa on liian suuri, jolloin siitä leikataan aina tietyt palat pois. Ainakin yksi osa on turhan hankala asetella paikoilleen ja hitsata, kun se voisi olla kiinnitetty vetoniiteillä.



Kuva 20 Prototyypikotelon 3d-mallin vertailu

Uuden kotelon kokoonpanomalliin sijoitetaan myös vanha oikean puolen kotelo samaan sijaintiin mihin uusi kotelo mallinnetaan. Tästä esimerkki näkyy kuvassa 20. Oikean puolen olemassa oleva malli on osiltaan laajempi kuin vasemman, ja se sisältää kaikkien tarvittavien osien prototyypimallit. Ensimmäinen mallinnettava osa on kotelon pohja, koska se on suurin ja siitä saa eniten apuviivoja muille malleille. Pohja mallinnetaan prototyypimallin päälle, jotta saadaan suoraan selville tarvittava geometria.

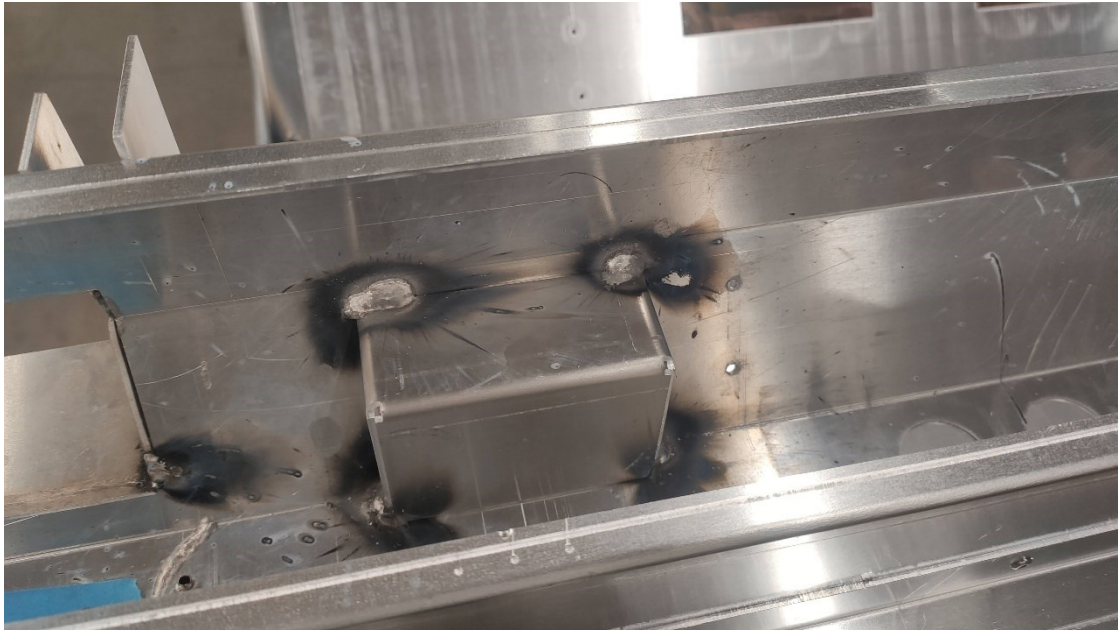
Prototyypipohjan osa kulmista on kopioitu kattolaitteen alkuperäisestä kotelosta, ja ne ovat ohutlevyvalmistuksen kannalta huonoja. Tällaisia kulmia on esimerkiksi noin 90 asteen kulmat, jotka voisivat käytännössä olla 90 asteen kulmia. Kotelon etupuolella on tilaa kattokanavassa näille muutoksille, joten tällaiset 88–92 asteen kulmat muutetaan 90 asteen kulmiksi. Koska alihankkijoiden valmistamat kappaleet ovat todella tarkkoja, nämä muutamienkin asteiden heitot näkyvät kasattavissa prototyypikoteloissa. Asentajaa haastatellessa selvisi näiden erikoisten kanttausten vaikuttavan vetoniittien laserleikattuihin reikiin, joita joudutaan poraamaan käsin eri paikkoihin kiinnityksen onnistumiseksi.

Yksi ongelma alkuperäisissä prototyypiosissa on raitisilmaohjaimen akselin pyöreät reiät, jotka ovat liian lähellä kanttauksia. Tämä johtaa siihen, että kanttaus venyttää pyöreää reikää soikioksi, ja tekee reiän reunaan huulen, jolloin siihen asennettava laakeri ei sovi siihen ilman hiomista. Tämä tullaan välttämään siirtämällä kanttausta kauemmas rei'istä, koska reikien paikkaa ei tässä tilanteessa voida siirtää kattolaitteen koneiston takia. Nämä kanttaukset voivat alkaa hieman myöhemmin väistäen akselin reiän. Soikiosta reiästä on esimerkkip kuva 21.



Kuva 21 Taitoksen venyttämä akselinreikä

Kattolaitteen putkistolle varattu tila pienenee kavennetussa kotelossa, ja prototyypikotelossa tämä on ratkaistu tekemällä raitisilmakanavaan aukko, ja lisäämällä kanavaan kantattu pelti. Pelti näkyy kuvassa 22. Prototyypikotelossa pelti hitsataan kevyesti kanavaan kiinni silmämääräisesti oikeaan paikkaan. Koska pellistä ei ole ollut haittaa kotelon käytössä, pelti säilytetään samalla paikalla. Pellin kiinnitys kuitenkin muutetaan vetoniittikiinnitykseksi, jolloin sen paikoittaminen muuttuu yksiselitteiseksi.

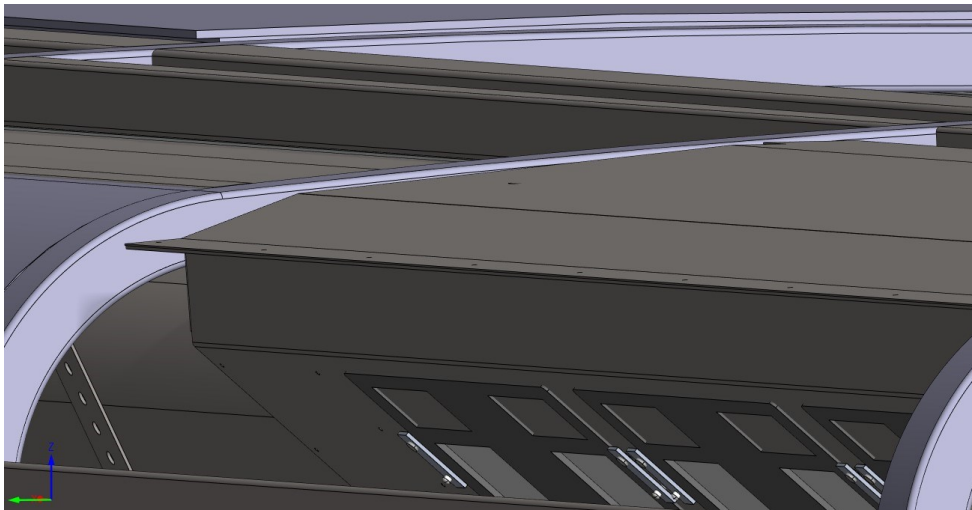


Kuva 22 Silmämääräisesti sijoiteltu suojapelti

Käsityönä tehtyjä osia voi usein parantaa, koska ne tehdään mahdollisimman yksinkertaisina. Kun ne tilataan alihankinnasta, ne voivat olla siistimpiä ja hieman monimutkaisempia, koska alihankkijalla on tarvittavat työkalut alihankittavien materiaalien työstöön. Tuotannossa tai prototyypipuolella on paljon työkaluja, mutta ei erikoistyökaluja joka materiaalille.

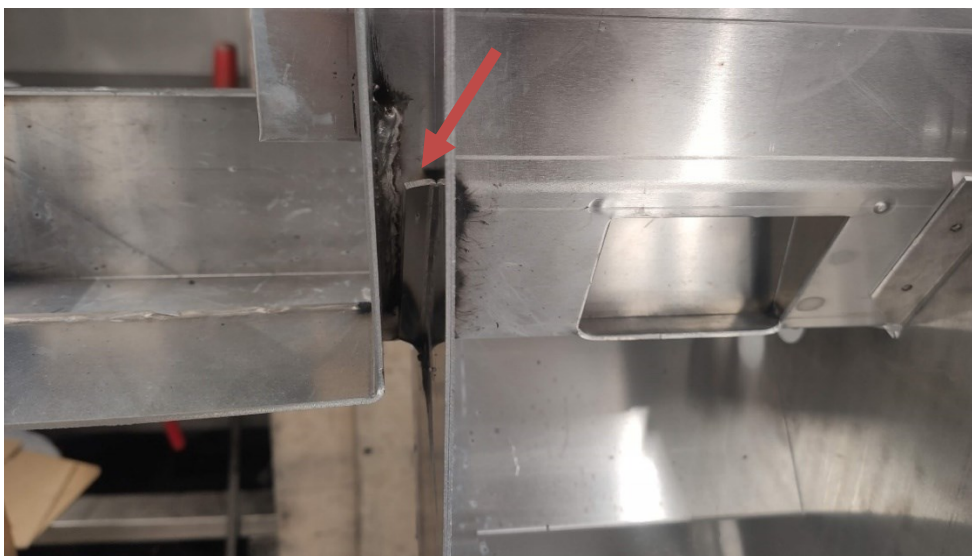
Osa osien kanttauksista on mallinnusohjelmalla pikaisesti tehtyjä, jolloin ne ovat todellisuudessa joko turhan hankalia tai epäsiistejä. Tällainen aiheuttaa lisää kuluja ja päänvaivaa alihankkijalle, koska lähetetyt mallit eivät välttämättä ole valmistettavissa yksinkertaisesti. Joitain kokoonpanon kappaleita haluttaisiin myös muokata olemaan suurempien kokonaisuuksien osia, jolloin niistä voidaan päästä kokonaan eroon.

Uutta koteloa on mahdollista sovittaa mallinnusvaiheessa myös bussin kattokanavan 3d-malliin, josta voidaan tarkastella sen ulkomuotojen sopimista kattoon. Kotelon täytyy asettua kuvassa 23 näkyvän kattoputken alapuolelle.



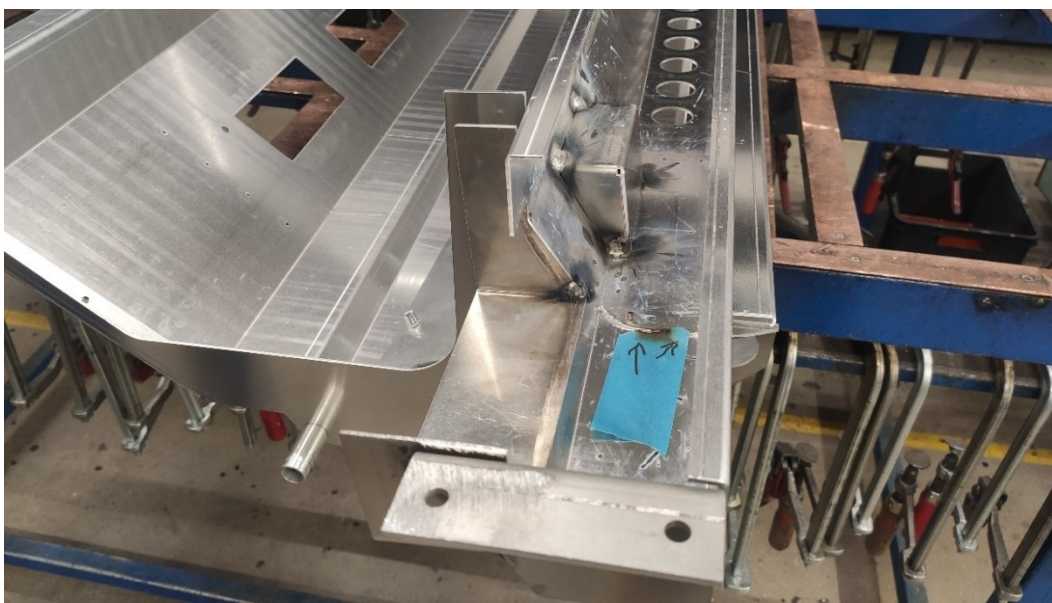
Kuva 23 Kotelon sovitus kattokanavaan

Kotelon toisen päädyn yksi kanttaus on väärällä puolella. Tämä näkyy kuvassa 24. Kanttauksen suunnalle ei löytynyt tilan puolesta hyvää syytä, joten se käännettiin toiselle puolelle, ja sitä pidennettiin. Tämän ansiosta siihen sai tehtyä vetoniiteille reiät, ja kanttausta voidaan käyttää kotelon vahvistukseen.



Kuva 24 Kanttaus väärässä paikassa

Prototyypiasentaja kertoi myös kokemuksesta mitä osuuksia kotelosta on hitsattu. Osa hitsauksista on kotelon vesitiiveyden takia, osa kotelon vahvistamiseksi. Osasta vahvistushitsejä voisi olla mahdollista päästä eroon, esimerkiksi lisäämällä kiinnityspintaa osiin, ja tekemällä näihin osiin lisää niitinpaikkoja.



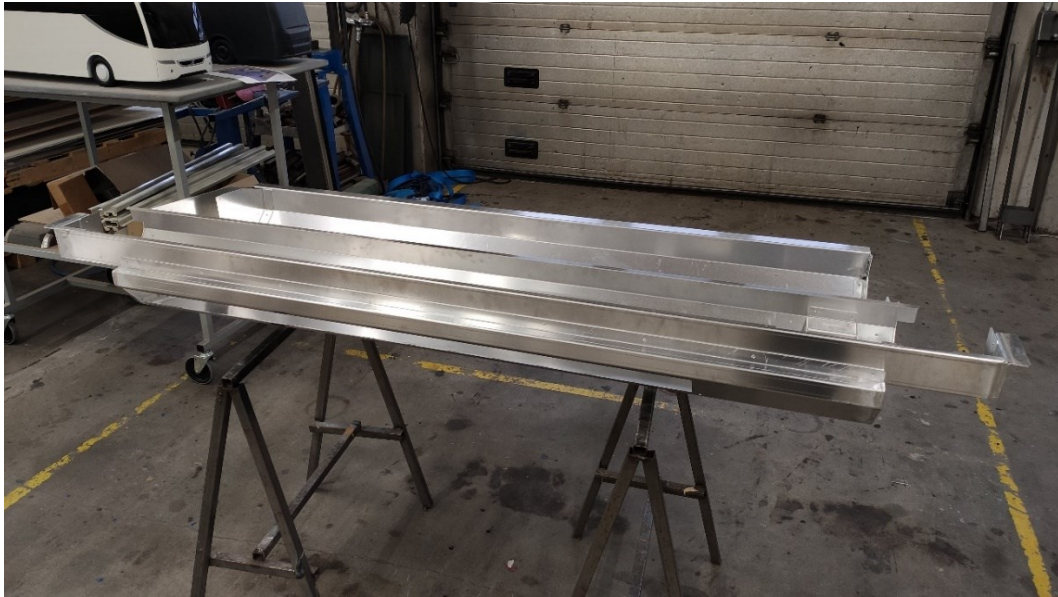
Kuva 25 Alkuperäisen prototyypikotelon hitsisaumoja

## 6.6 Tulokset

Koska uusi kotelo halutaan alihankinnasta koottuna, tehdään sille kokoonpanopiirustukset, jolloin on yksi tuotenumero kummallekin puolelle. Kokoonpanopiirustus toimii myös kokoamisohjeena, ja siihen lisätään tarvittavat hitsaus-, niittaus- ja maalausohjeet. Kotelon valmistuspiirustuksiin voidaan myös tukeutua reklamaatiotilanteissa. Jos nykyisiä valmistusohjeita on neuvottu puhelimitse tai vanhoissa sähköpostikeskusteluissa, on huonolaatuisten kappaleiden reklamointi hankalaa tai mahdotonta.

Kotelon mallin valmistumisen jälkeen kotelosta tilataan prototyyppi. Tämä kotelo tilataan maalaamattomana, ja vain toiselle puolelle. Kotelon valmistuksesta pyydetään tarjouksia eri alihankkijoilta, ja tarjouksessa pyydetään myös

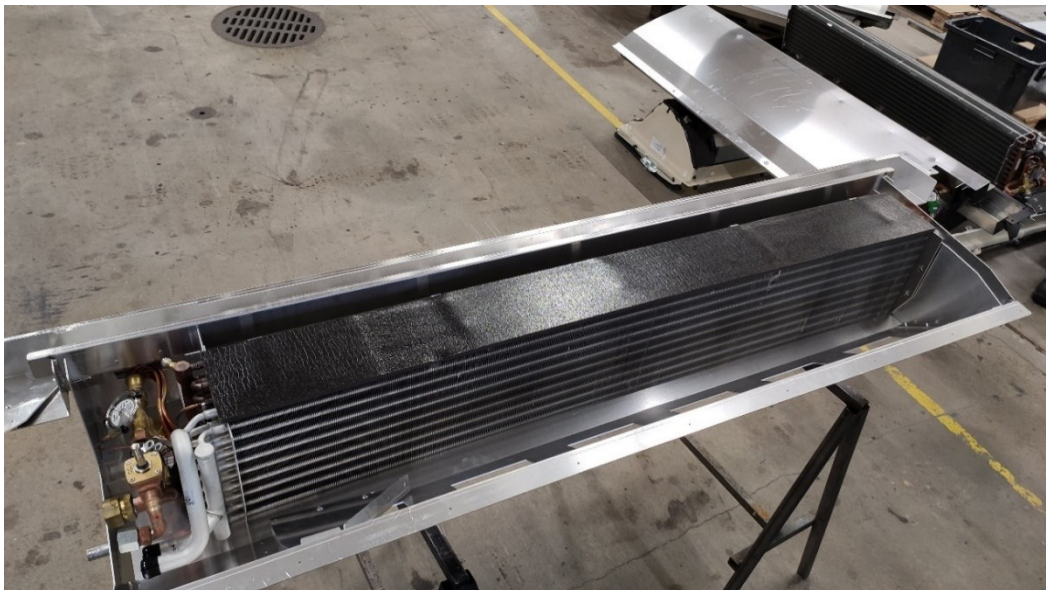
maalaukselle hinta. Prototyypikotelon saavuttua sitä tutkitaan, ja sen pohjalta tehdään revisiopäivitykset. Kotelon kokoonpanopiirustus löytyy liitteistä.



Kuva 26 Alihankkijalta saapunut kasattu kotelo

Kuvassa 26 on alihankkijalta saapunut kotelo. Kattolaitteen koneisto mahtuu uuteen koteloon, ja se sopii suoraan sille suunniteltuihin kiinnikkeisiin. Kuvassa 27 näkyy koteloon asennettu koneisto. Prototyypikotelo olisi mahdollista käyttää tällaisena myös tuotantolinjalla. Tätä koteloa ei tulla asentamaan, vaan korjausten jälkeen tullaan tilaamaan parillinen määrä valmiiksi maalattuja koteloita uudella revisiolla.





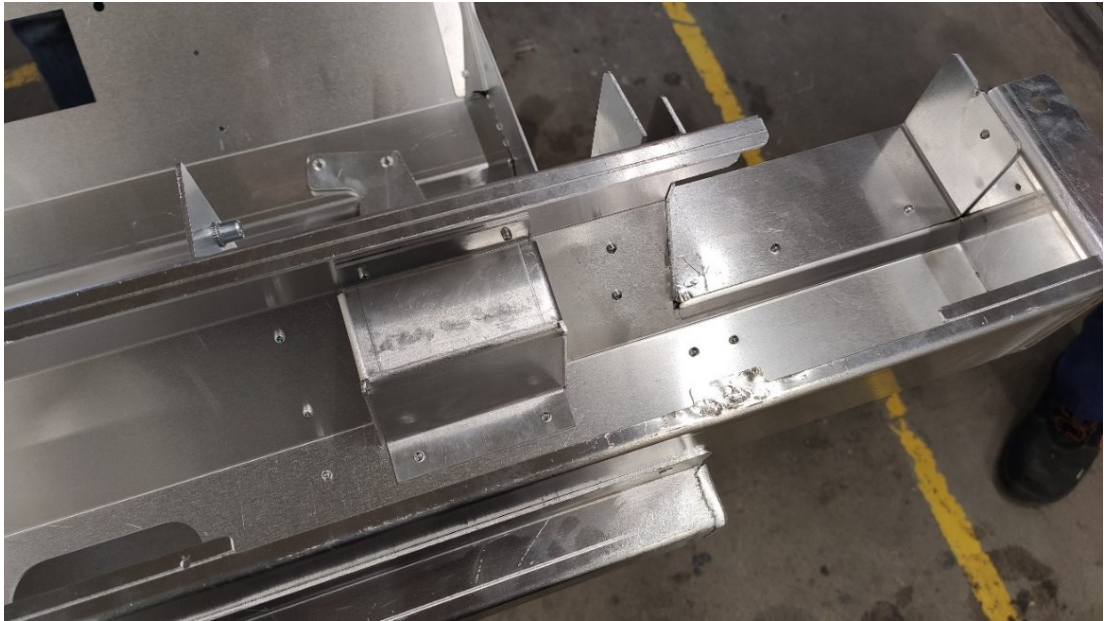
Kuva 27 Alihankkijalta saapunut kotelo kattolaitteen koneiston kanssa

Selkeitä parannuksia tässä kotelossa käsin tehtyyn prototyyppikoteloon on ilmanohjaimen akselireikien suoruus, raitisilmakanavaan tulevan suoja Pellin sekä raitisilmakanavien tuloaukon peltien asennuksen yksiselitteisyys, ja yleinen osien sopivuus toisiinsa. Kuvassa 28 näkyy paranneltu reikä akselille.



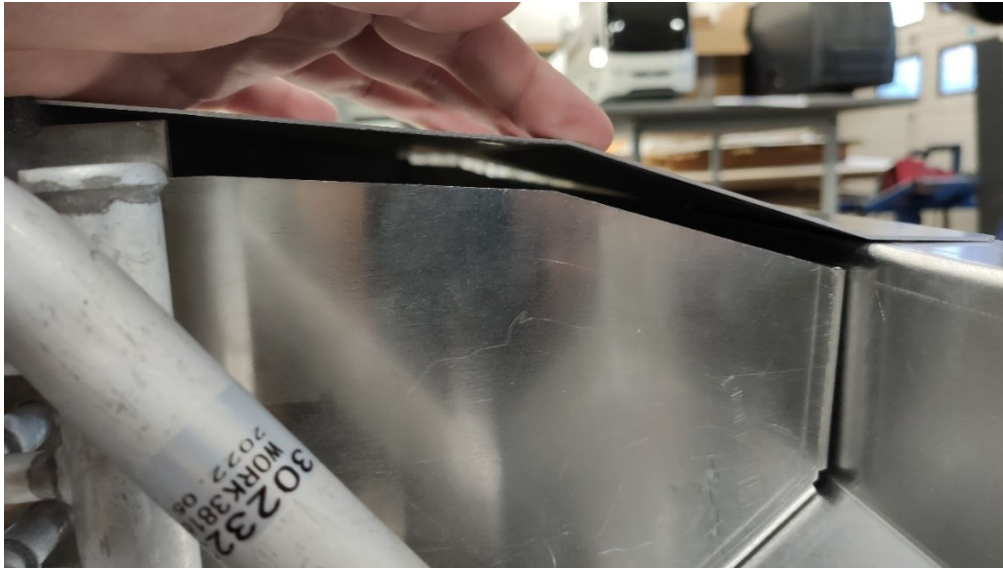
Kuva 28 Akselitapin pyöreä reikä

Raitisilmakanavan suojapellin ja tuloaukon peltien hitsaus oli hankalaa asettelun takia, ja nyt ne voidaan vain laskea paikoilleen ja niitata kiinni vastapuolelta. Tuloaukon pelti hitsattiin silti kiinni ilmatiiveyden ja kestävyys takia, mutta sen paikoitukseen käytetään niittejä. Kuvassa 29 näkyy niitattuja peltejä hitsauksen sijaan.



Kuva 29 Niitattut pellit hitsauksen sijaan, taivutusjäljet pienessä ulokkeessa

Kotelossa on myös kehitettävää revisiopäivitykseen. Kotelon päissä on pinnat, jotka täytyy tiivistää kotelon kantta vasten. Muutamassa paikassa nämä pinnat saattavat olla liian lähellä kantta, tai pintojen päiden korkeusero on liian suuri, jolloin tiivistenauha ei sovi sille tarkoitettuun väliin. Kuvassa 30 näkyy tämä liian pieni väli oikeassa reunassa. Tämä ongelma korjattiin suurentamalla ja tasoittamalla pintojen väliä päivittämällä päätyjen ja kennokiinnikkeen piirustukset.



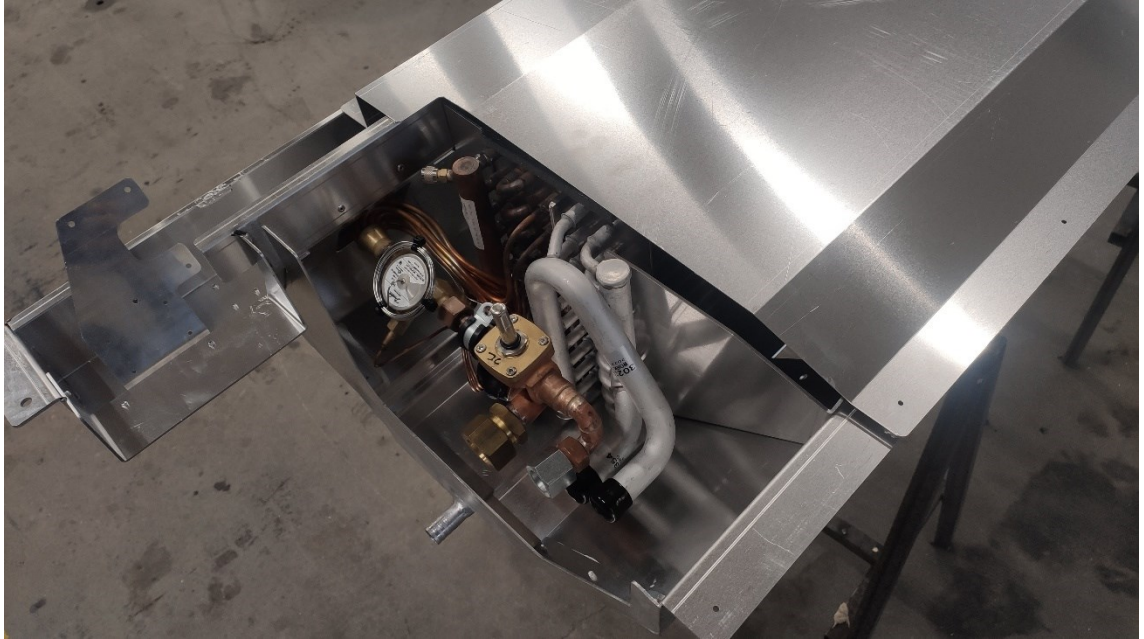
Kuva 30 Liian pieni väli tiivistenauhalle oikeassa reunassa

Toinen suurempi korjaus huomattiin vetoniiteille tehdyissä asennuskoloissa raitisilman tulokanavassa. Prototyypiasentaja oli kotelon suunnitteluvaiheessa maininnut, että tällaiset väistöt olisivat kätevät niittien asennukseen, mutta kotelon saapuessa huomattiin, että kaikki näiden alueiden niitit on saatu asennettua toiselta puolelta raitisilmakanavaa. Asennuskolot saivat aikaan myös sen, että pieni pala peltiä oli hankala taivuttaa, ja siinä näkyi jonkinlaisia vääntöjälkiä. Nämä leikkaukset näkyvät kuvassa 29. Nämä kolot poistettiin, jolloin alihankkijankin työ helpottuu.

Korjauksia tehtiin myös päätyjen asennusvälyksiin ja hitsausohjeisiin. Päätyjen tiettyjen välien huomattiin olevan turhan suuret, joka voi vaikuttaa ilmatiiveyteen. Tämä korjattiin pienentämällä välystä 3d-mallissa, ja päivittämällä päätyjen piirustukset. Kotelon ulkoreunojen hitsisaumat oli hiottu pintojen tasalle, ja tämä voi heikentää koteloa. Hitsisaumat eivät haittaa kotelon ulkopinnassa, eikä bussissa kulkeva asiakas tule näitä näkemään. Kokoonpanopiirustuksiin lisättiin ohjeteksti hitsausten kohdille, jonka mukaan saumoja ei tarvitse hioa.

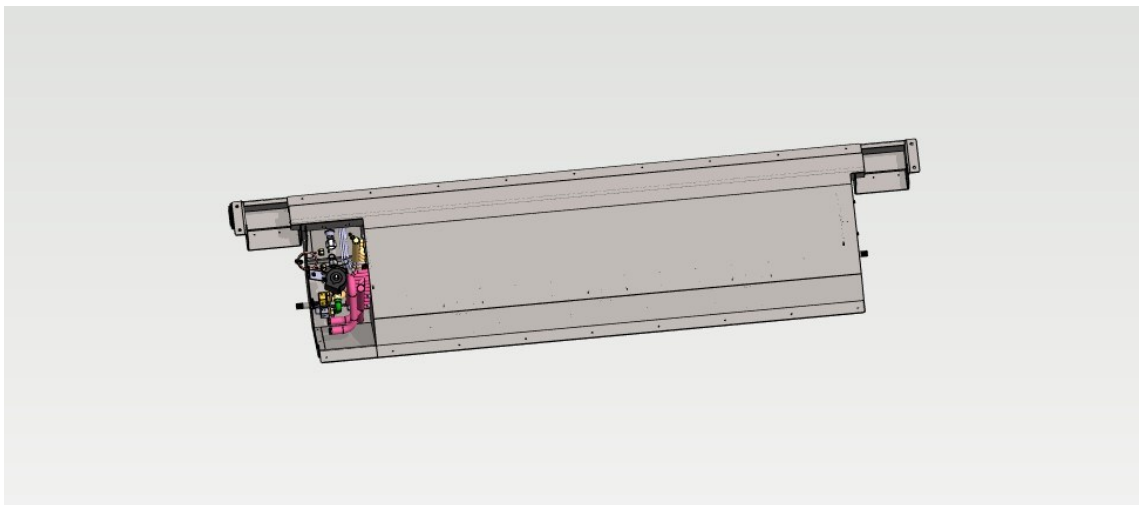
Kotelon kannessa huomattiin myös puute. Kattolaitteen koneiston kohdalle ei ole aiemmin lisätty kantta, vaan komponentit ovat olleet paljaina. Aiemman kotelon kannessa ei ollut kuitenkaan tehty leikkausta tälle kohdalle, vaan

prototyypiasentaja on itse leikannut kansipellin sopivaksi. Tämä leikkaus puuttui tilatussa kotelossa, ja se lisättiin revisiopäivitykseen. Tästä muutoksesta näkyy sovitussvaihe kuvassa 31.



Kuva 31 Kansi siirretty haluttuun paikkaan

Kun kaikki halutut päivitykset on tehty, tehtiin kokoonpanosta 01 revisio. Tämä revisio lisättiin lean-järjestelmään, ja hankintaan ilmoitettiin kotelon olevan valmis tilattavaksi. Kuvassa 32 uusin versio kotelosta.



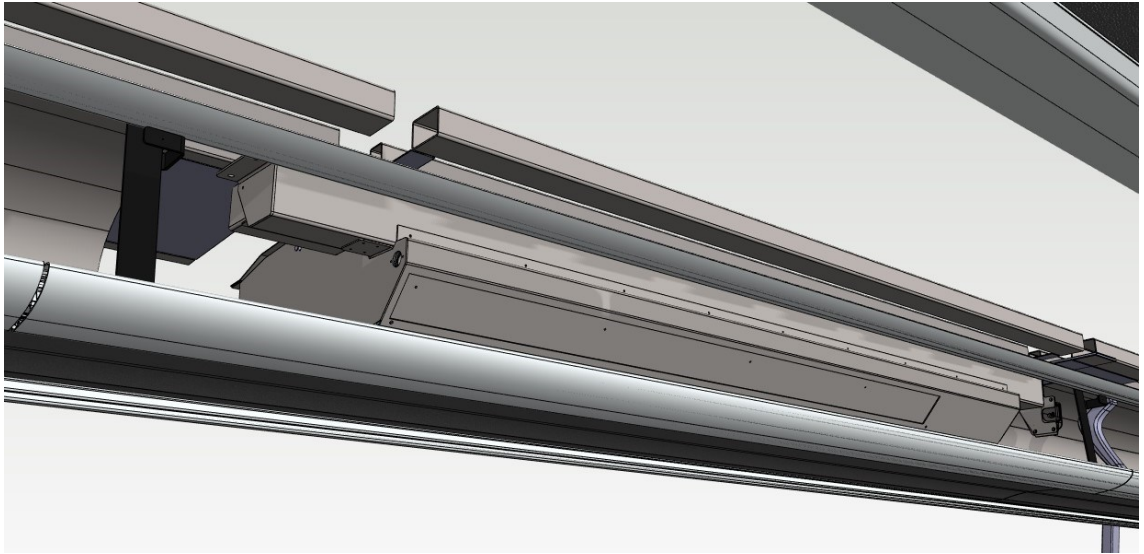
Kuva 32 Uuden kotelon 01 revisio

## 6.7 Uuden kotelon vaikutukset tuotantoon

Uudelta kotelolta toivottiin kustannussäästöjä, joista huomattavin on kotelon valmisteluun käytettävistä työtunneista. Prototyypiasentajien ei tarvitse enää itse valmistaa ja kasata koteloa. Kotelon maalaus siirtyy alihankintaan, jolloin maalausvälineitä tai maalia ei tarvitse varata tälle kappaleelle. Myös kokoamispaikka vapautuu muulle toiminnalle.

Alihankinta auttaa myös kotelon valmistumiseen oikeaan aikaan. Kun kotelo voidaan tilata alihankittuna, voidaan kotelolla antaa tietty aika, jolloin sille on tarve tuotantolinjalla. Mitä tarkemmaksi ja luotettavammaksi tilauksen saa ajoitettua, sitä vähemmän liian aikaisin saapuneet kotelot vievät tilaa tehtaalla tai varastossa. Alihankinnan avulla ei myöskään olla yhtä riippuvaisia prototyypiasentajista ns. sarjatuotettavan tuotteen kanssa. Alihankinnasta hankittaessa koteloa tullaan saamaan myös esimerkiksi sairauslomien tai muun poissaolon aikana.

Kattolaitteen asennuksessa ei tule suuria muutoksia. Kotelo on toiminnoiltaan samanlainen kuin aikaisempi kotelo, joten sen asennuksessa ei tule suuria yllätyksiä. Koteloon lisättiin asentajien tarvitsemia reikiä, jolloin tuotantolinjalla ei tarvitse enää porata samoja reikiä joka koteloon. Asennustyöstä halutaan tehdä mahdollisimman yksinkertaista ja suoraviivaista tällaisilla päivityksillä. Kun kotelosta on hyvät todellisuutta vastaavat 3d-mallit, on tulevienkin päivitysten teko helpompaa ja nopeampaa.



Kuva 33 Uusi kotelo lisäosineen hattuhyllyssä

Kattolaitteen lisäksi lähes kaikista kattokanavan komponenteista on laadukkaat 3d-mallit. Koteloa voidaan hyödyntää esimerkiksi kattokanavan tilavarauksia tutkiessa tai työohjeissa, kuvan 33 tyylisesti. Mitä tarkemmaksi 3d-mallit ja suunnittelun dokumentointi saadaan, sitä tarkempaa työtä tuotannon on mahdollista tehdä.

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Työn tarkoituksena oli kehittää olemassa olevaa ilmastoinnin kattolaitteen koteloa, ja samalla vähentää tuotannon työntekijöiden työtaakkaa asennuksessa.

Kotelon ongelmakohdat selvisivät työntekijöiden sekä hankintapuolen haastatteluissa, ja konkreettisesti ongelmiin pääsi käsiksi prototyypipuolella, jossa alkuperäinen kotelo kootaan. Kotelon rakenteessa oli selkeitä ongelmakohtia, joita ei ehditty ratkaisemaan projektin aikana. 3d-malleissa oli epäselvyyksiä, jotka selvitettiin mallintamalla osat kokoonpanon sisällä, ja kokonaisuus huomioon ottaen. Hitsausta onnistuttiin vähentämään lisäämällä taitoksia ohutlevyosiin, joka helpottaa asennustyötä ja tekee kotelosta edullisemmän.

Kehitystyön ansiosta tuotannon työstä tulee asennustyötä metallitöiden sijaan tämän kokonaisuuden osalta, eikä yritys ole riippuvainen tietyistä asentajista. Lopputuote voidaan hankkia yrityksen ulkopuolelta kokonaisuudessaan, ja tuotannon työksi jää laskea ja asentaa koneisto koteloon, kiinnittää kotelon kansi ja moottorin kiinnike vetoniiteillä, sekä asentaa kotelo kattokanavaan.

Työ onnistui mielestäni hyvin ja olen tyytyväinen lopputulokseen. Sekavasta pinosta osia saatiin yksi kokonaisuus, josta on yritykselle hyötyä. Opin työtä tehdessä paljon uutta ohutlevytyöstöstä ja bussin rakenteista sekä ilmanvaihtojärjestelmästä. Näistä taidoista on varmasti hyötyä tulevaisuuden työtehtävissä mekaniikkasuunnittelijana.

Työtä olisi voinut jatkokehittää siihen vaiheeseen, jossa joltain alihankkijalta tulisi täysin asennusvalmis kotelo koneistoinen. Tällä hetkellä kuitenkin pelkän kotelon kehitys oli tärkeintä, koska se on ollut suurin vaiva kattolaitteen asennuksessa.

## Lähteet

Aaltonen, K.; Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälintekniikat. Porvoo: WSOY.

Antila, T. 2012. Alihankintaprosessin kehittäminen levyosavalmistuksessa. Diplomityö. Konetekniikan koulutusohjelma. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 10.1.2023

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/21166/antila.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Carrus Delta. Kotisivut. Viitattu 13.2.2022 <https://www.carrusdelta.fi/>

Dennis, P. 2007. Lean Production Simplified. 2. painos. Boca Raton: CRC Press.

Eberspächer climate control systems. Viitattu 6.1.2023

<https://www.eberspaecher.com/en/>

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. Helsinki: Hakapaino Oy.

Koivisto, K.; Laitinen, E.; Niinimäki, M.; Tiainen, T.; Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 2008. Konetekniikan materiaalioppi. 12.–14. painos. Porvoo: Edita Publishing.

Matilainen, J.; Parviainen, M.; Havas, T.; Hiitelä, E. & Hultin, S. 2011. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Tampere: Tammerprint.

Pajarinen, M. 2001. Ulkoistaa vai ei- Outsourcing teollisuudessa. Helsinki: Taloustieto Oy.



