



TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Kone- ja tuotantotekniikka

Käytäntöpainotteinen tuotantotekniikka

INSINÖÖRITYÖ

ACS800-KAAPPIMODUULIEN PAKKAAMON ULKOISTAMINEN

**Työn tekijä: Kimmo Nieminen
Työn valvoja: Arto Haapaniemi
Työn ohjaaja: Jukka Sarkala**

Työ hyväksytty: __. __. 2007

**Arto Haapaniemi
Yliopettaja**



ALKULAUSE

Tämä insinööriyö tehtiin ABB Oy:n elektroniikkatehtaan System AC -liiketoimintayksikölle Pitäjänmäelle. Haluan kiittää tämän insinööriyön ohjaajaa Jukka Sarkalaa ja valvojaa Arto Haapaniemeä, projektissa mukana olleita Multidrive-yksikön tuotantopäällikkö Pertti Ahlstedtia ja tuotannonkehitysinsinööri Ismo Raumaa, Helsingin ammattikorkeakoulun lujuusopin opettajaa Satu Räsästä sekä kollegaani Tero Korhosta mallinnusavusta.

Helsingissä 11.4.2007

Kimmo Nieminen

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Kimmo Nieminen	
Työn nimi: ACS800-kaappimoduulien pakkaamon ulkoistaminen	
Päivämäärä: 11.4.2007	Sivumäärä: 46s. + 7 liitettä
Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	Käytäntöpainotteinen tuotantotekniikka
Työn valvoja: Yliopettaja Arto Haapaniemi	
Työn ohjaaja: Huolintaryhmän esimies Jukka Sarkala	
<p>Tässä insinööriyössä selvitetään ABB Oy System AC -liiketoimintayksikön pakkaamon ulkoistamiseen liittyviä ongelmia sekä mahdollisia ratkaisuja näihin ongelmiin.</p> <p>Koko ongelman käsittely on liian laaja projektin yhdelle insinööriölle.</p> <p>Tässä työssä keskitytään ratkaisemaan ko. ulkoistamiseen liittyvät keskeisimmät ACS800-kaappimoduulien kuljetuslogistiset ongelmat. Näitä ongelmia ovat kaappimoduulien kiinnitystarve kuljetusalustaansa sekä kuljetuspaketoinnin puuttuessa kaappimoduulien suojaaminen maantiekuljetuksen ajaksi.</p> <p>Työssä on otettu huomioon viranomaisten maantiekuljetuksia koskevat vaatimukset.</p> <p>Työssä on suunniteltu uusia kiinnitysvälineitä sekä muutoksia olemassa oleviin kuljetusalustoihin, joita käytetään tehtaan sisäisissä kaappimoduulien siirroissa. Kiinnitysvälineistä on tehty lujuuslaskelmia ja määritelty kiristysmomenteja. Tuotettavuuden ja kustannustehokkuuden kannalta on selvitetty kiinnitysvälineisiin soveltuvia materiaalivaihtoehtoja. Kuljetusalustojen muutoksista on myös tehty ohjeistusta.</p> <p>Tämän työn tulos on uusien kiinnitysvälineiden ja kuljetusalustojen mekaanisten muutosten suunnittelu. Samalla on todistettu, että kaappimoduulien siirto tehtaan ulkopuoliseen pakkaamoon ilman kuljetuspaketoitinta on teoriassa mahdollista.</p>	
Avainsanat: ACS800, kaappimoduuli, pakkaamo, ulkoistaminen, kuljetus	

ABSTRACT

Name: Kimmo Nieminen	
Title: Outsourcing of Packaging Department of ACS800 multidrive modules	
Date: 11 April 2007	Number of pages: 46 + 7
Department:	Machine and Production Engineering
Study Programme:	Production Engineering
Supervisor: Arto Haapaniemi, Principal Lecturer	
Instructor: Jukka Sarkala, Head of shipping department	
<p>The purpose of this final year project is to identify the problems concerning the outsourcing of the packaging department of ABB's System AC business unit. The main objective is to find solutions to these problems. Solving the whole problem is, however, too demanding a project to handle within the scope of this final year project.</p> <p>This work is based on current transportation standards, which were observed in detail in this final year project.</p> <p>The problems regarding the outsourcing have to do with the need to fasten the multidrive modules to their transport platforms and the need to shield the multidrive modules during transportation when there is no packaging.</p> <p>On the basis of identifying the problems new fasteners were designed and modifications to the existing transport platforms were made. The platforms are normally used in the transportation of the multidrive modules inside the factory. Strength calculations and tightening torque determinations to the fasteners were also made. Material options for the fasteners were considered in terms of easy production and cost efficiency. In addition, guidance on how to make the transportation platform modifications was included.</p> <p>This study proves that the transportation of the multidrive modules to a packing department outside the factory without packaging is possible in theory.</p>	
Keywords: ACS800, multidrive, module, packing, outsourcing, transport	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	ULKOISTAMINEN YLEISESTI	2
2.1	Ulkoistamisen hyödyt	3
2.2	Ulkoistamisen ongelmat	3
2.3	Ulkoistamisen hyvät käytännöt	4
2.4	Ulkoistettu palvelu	5
3	YRITYSESITTELY: ABB OY	5
4	ACS800-KAAPPIMODUULI	6
4.1	Rakenne	7
4.1.1	<i>Runko</i>	7
4.1.2	<i>Komponentit</i>	9
4.1.3	<i>Ulkokuori</i>	11
4.2	Asiakaskiinnitys	11
4.2.1	<i>Asennuspaikka</i>	11
4.2.2	<i>Laivakäyttöversiot</i>	12
4.2.3	<i>Muut kuin laivakäyttöversiot</i>	12
4.3	Kuljetus	14
4.3.1	<i>Kuljetuspituuksien siirtäminen</i>	14
4.3.2	<i>Rulla-alustat</i>	16
5	AJONEUVON KUORMAUKSEN VAATIMUKSET JA SÄÄDÖKSET	19
5.1	Yleinen kuormausvaatimus	20
5.2	Kuorman sijoittaminen kuormatilaan	20
5.3	Kuorman varmistaminen	20
5.3.1	<i>Sitomisvälineet</i>	21
5.3.2	<i>Kitkan hyväksikäyttö kuorman varmistamisessa</i>	21
5.3.3	<i>Korkeiden esineiden varmistaminen</i>	22
5.3.4	<i>Esimerkkitapaus</i>	22
6	PAKKAAMON ULKOISTAMINEN	23
6.1	Kuljetusväline	23

6.2	Kaappimoduulin kiinnittäminen rulla-alustaan	24
6.2.1	<i>Kiinnitys</i>	25
6.2.2	<i>Rulla-alustan muutokset</i>	28
6.2.3	<i>Modifioitu vestirauta</i>	30
6.3	Kiinnitysten kestävyys	32
6.3.1	<i>Lattaraudan kierrereikä</i>	33
6.3.2	<i>Modifioitu vestirauta</i>	34
6.3.3	<i>Materiaalin valinta</i>	37
6.4	Kiinnitys kuljetusvälineeseen	38
6.4.1	<i>Kitka</i>	40
6.4.2	<i>Kuorman tuenta ja sidonta</i>	42
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
7.1	Ulkoistaminen	43
7.2	Työn saavutukset	44
7.3	Projektin jatkaminen	45
	VIITELUETTELO	46
	LIITELUETTELO	47

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään ABB Oy System AC -liiketoimintayksikön ACS800-kaappimoduulituotteiden pakkaamon ulkoistamismahdollisuutta, ulkoistamiseen liittyviä käytännön ongelmia sekä mahdollisia ratkaisuja näihin ongelmiin. Koko ongelman ratkaisu on kuitenkin aivan liian iso projektin yhdelle insinöörityölle, joten tälle opinnäytetyölle on rajattu tavoitteeksi selvittää, onko ACS800-kaappimoduulien pakkaamon ulkoistaminen teoriassa mahdollista.

Tarve pakkaamon ulkoistamiseen johtuu tilanpuutteesta; opinnäytetyön tilaajalla ABB Oy System AC -liiketoimintayksiköllä on tarve lisätä tuotantokapasiteettiaan ja laajentaa tuotantotilojaan ABB Oy:n Pitäjänmäen elektroniikkatehtaalla. Varsinainen tehtaan laajennus ei ole mahdollista, joten tuotannon vaatimat lisäneliöt on löydettävä tehtaan sisältä. Tällöin kysymykseen tulee pakkaamon ulkoistaminen, jonka osuus tehdashallin kokonaispinta-alasta (pakkaamon puskurialue mukaan luettuna) on n. 6 %. Osuus on huomattavan kokoinen kun huomioidaan että pakkaaminen ei varsinaisesti lisää tuotteen jalostusarvoa eikä ole osa yrityksen ydinosaa.

Kuljetuslogistiikan kannalta pakkaamon ulkoistaminen vaatii muutoksia itse pakattavaan tuotteeseen, sillä nykyisellään tuotetta ei voida kuljettaa tehtaan ulkopuolelle ilman olosuhteita ja kolhuilta suojaavaa pakkausta. Sen puuttuessa tuotteen kuljetuksessa ilmenee seuraavia ongelmia:

- Tuotetta ei voida sitoa kuljetuksen ajaksi kiinni perinteisesti kuormaliinoihin, sillä vaarana on maalipinnan ja ohuen peltikuoren vaurioituminen.
- Tuotetta ei voida kiinnittää nykyiseen tehtaan sisällä käytettävään kuljetusalustaansa, mutta tuotteen kiinnittäminen kuljetusalustaansa kuljetuksen ajaksi on välttämätön ja tieliikennelain vaatima.
- Tuotteen nykyisen renkailla varustetun kuljetusalustan ja kuljetusvälineen lattian välille ei voida muodostaa kitkaa, mikä hankaloittaa kaappimoduulituotteiden maantiekuljetusta.

- Tuotteelle ei voida suunnitella ja ottaa käyttöön täysin uutta kuljetusalustaa, sillä nykyisiä kuljetusalustoja on tehtaalla käytössä useita satoja eikä niiden vaihtaminen täysin uusiin olisi kustannustehokasta.

Tämä opinnäytetyö keskittyy ratkaisemaan mm. edellä mainittuja käytännön ongelmia mahdollisimman kustannustehokkailla ja mekaaniseen suunnitteluun perustuvilla sovelluksilla.

Työssä esitellään ACS800-kaappimoduuli yleisesti keskittyen tarkemmin tuotteen ja sen kuljettamisen kannalta oleellisiin rakenteellisiin ominaisuuksiin. Lisäksi esitellään myös kaappimoduulin tehtaan sisäisessä kuljetuksessa käytettävät rulla-alustat. Tieliikennelain ja viranomaisten vaatimukset käydään läpi, minkä lisäksi käsitellään yleisesti ulkoistamista ja yritysten liittämistä yhtenäiseksi tuotantolinjaksi.

Edellä mainitut aspektit ja vaatimukset huomioon ottaen opinnäytetyö pyrkii ratkaisemaan kaappimoduulien pakkaamon ulkoistamiseen liittyvät keskeisimmät kuljetuslogistiset ongelmat mahdollisimman pienin investoinnein ja muutoksin, jotta lisäkustannuksilta vältyttäisiin.

Tässä opinnäytetyössä on suunniteltu uusia kiinnitysvälineitä sekä muutoksia rulla-alustoihin. Kiinnitysvälineistä on tehty lujuuslaskelmia ja määritelty kiristysmomenteja sekä selvitetty tuotettavuuden ja kustannustehokkuuden kannalta kiinnitysvälineisiin soveltuvia materiaaliveikkoja. Rulla-alustojen muutoksista on myös tehty ohjeistusta.

Tämä opinnäytetyö sisältää useita tekstiä selventäviä ja täydentäviä periaatekuvia. Ne ovat rakenne- ja/tai kokoonpanokuvia, mutta eivät sisällä niissä kuvattujen kappaleiden mittoja, vaan tarkemmat mittakuvat ovat liitteinä.

2 ULKOISTAMINEN YLEISESTI

Logistiikan alueella on ulkoistamisen merkitys edelleen kasvamassa ja sen seurauksena yritysten toiminta verkostuu ja lomittuu toisiinsa.

Keskeisenä tavoitteena on keskittyminen omaan ydinosamiseen ja sen kehittämiseen, jolloin niin henkisiä kuin fyysisiä voimavaroja ei tarvitse "ripotella" erilaisiin toissijaisiin toimintoihin.

Ulkoistaminen ei välttämättä ole toiminnan siirtämistä muualle, vaan toteutuksessa voi olla erilaisia vaihtoehtoja, kuten

- toiminta ulkoistajan tiloissa
- toiminta omissa mutta erillisissä toimitiloissa (layout-yhteenkytkentä)
- toiminta omissa tiloissa osana omaa toimintaa
- ulkoistajan/oma henkilöstö
- ulkoistajan/omat koneet ja laitteet
- ulkoistajan/omat tilat
- ulkoistajan/omat materiaalit ja tarvikkeet. /1, s. 25./

2.1 Ulkoistamisen hyödyt

Ulkoistamisella haetaan ympärillä toimivien ja palvelevien yritysten avulla toimintaverkkoa, jossa kokonaisuuden hallinta on yrityksen kannalta paras mahdollinen. Tämä tehtäväjako mahdollistaa

- yrityksen keskittymisen ydinosamiseen
- kokonaisresurssien parhaan käytön
- lisäarvopalveluiden ja muiden toimintojen edullisuuden ja hyvän laadun
- joustavuuden ja ketteryyden jatkuvassa muutoksessa. /1, s. 26./

2.2 Ulkoistamisen ongelmat

Ulkoistamisen ongelmat syntyvät

- verkottuneen toiminnan ohjaamisesta ja sen edellyttämien tietojärjestelmien yhteenkytkennästä
- ulkoistajan sitoutumattomuudesta asiakkaan toimintaan, tämän toimintatapoihin sekä tarpeisiin
- vastuunkannon jakamisesta vahinko- ja katoamistapauksissa
- riskinotoista investoinneissa ja ennusteissa /1, s. 26./

2.3 Ulkoistamisen hyvät käytännöt

Onnistunut ulkoistaminen alkaa hyvällä suunnittelulla ja jatkuu avoimella yhteistoiminnalla.

Aluksi on ulkoistajan pystyttävä kuvaamaan omat toimintansa ja tarpeensa hyvin jotta ulkoistajakin tietää, mihin hän on sitoutumassa. Tällä on ratkaiseva merkitys niin toiminnan laadun kuin hinnoittelunkin kannalta.

Toiminnan seuraamiseksi ja parantamiseksi on kehitettävä yhteiset menetelmät ja mittarit.

On pyrittävä pitkäaikaiseen mutta joustavaan sopimukseen, jossa hinnoittelu avoimesti tarkastetaan säännöllisesti. Kuljetuspalvelun vaihtaminen on huomattavasti helpompaa kuin alihankkijan tai varastohotellin, jolloin voidaan toimia huomattavasti lyhytjänteisemmin.

Riskinottoa voidaan vähentää yrityksen omin laiteinvestoinnein tai materiaalihankinnoin, vaikka niiden käyttö olisikin ulkoistajan vastuulla.

Yrityksen ja sen tuotteiden sekä asiakkaiden tuntemusta on lisättävä yhteistyön ja koulutuksen keinoin, ja toisinpäin on syytä tuntee myös ulkoistajan toimintatavat.

Verkostotoiminta edellyttää sujuvaa materiaalivirtaa, jossa toimintojen päällekkäisyyksiä tulisi karsia. Esimerkiksi toimittajan tulisi pystyä takaamaan määrä ja laatu, jolloin turhilta tarkistuksilta vältytään. Tarkistamisen puute voi kuitenkin aiheuttaa tilanteita, joissa esim. saldovirhe varastohotellissa voi johtua liian pienestä toimitusmäärästä. Alussa on

sovittava vastuunjakamisen pelisäännöt, sillä kaikki ei aina kuitenkaan mene suunnitelmien mukaan.

Perinteiset tietotekniikkaratkaisut perustuvat kunkin osapuolen toimintojen vaatimiin ratkaisuihin omine tietokantoineen. Verkostoissa prosessin ohjaus on kuitenkin viemässä myös tietoteknisiä ratkaisuja prosessisuuntaiseksi, jolloin tietoa ei tarvitse tallentaa kuin kerran ja se on aina samanlaisena kaikkien käyttäjien saatavilla. /1, s. 26./

2.4 Ulkoistettu palvelu

Edellisen perusteella ulkoistetun palveluntuottajan menestystekijät voidaan kuvata seuraavasti:

- asiakkaan tarpeiden ja verkostotoiminnan hallinta
- monipuoliset palvelut
- sulautuminen osaksi asiakasyrityksen tuotanto- ja toimitusketjua
- tiedon tuottaminen ja jatkojalostus
- kytketyt tietojärjestelmät
- eri toimintamallien hallinta ja oikea valinta asiakkaan tarpeisiin
- paluulogistiikan hallinta (kierrätys)
- toimintaketjun suorituskyvyn ja mittarien hallinta. /1, s. 27./

3 YRITYSESITTELY: ABB OY

ABB on yksi alansa johtavista sähkövoima- ja automaatioteknologia-yhtymistä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut pyrkivät parantamaan teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB:n palveluksessa on n. 107000 henkilöä yli sadassa maassa.

ABB:llä on viisi divisioonaa: Sähkövoimatuotteet, Sähkövoimajärjestelmät, Automaatiotuotteet, Prosessiautomaatio ja Robotit.

ABB Oy Suomessa

ABB:llä on Suomessa sähkövoima- ja automaatioteknologioiden erikoisosaamista, jota on kartutettu yli 115 vuoden ajan. ABB Oy:n liikevaihto on 1,4 miljardia euroa ja henkilöstön määrä yli 6000. Tilauksista noin 80 prosenttia menee vientiin, etenkin Eurooppaan ja Amerikoihin, mutta kasvavassa määrin myös Aasiaan.

ABB:n suurimmat toimitilat Suomessa sijaitsevat Vaasassa ja Helsingin Pitäjänmäellä.

ABB Oy System AC

Tämän opinnäytetyön tilaaja, ABB Oy System AC -liiketoimintayksikkö sijaitsee Helsingin Pitäjänmäessä ABB Oy:n elektroniikkatehtaalla, kyseisestä rakennuksesta käytetään yleisemmin nimeä E-tehdas.

ABB Oy System AC on osa ABB Drives -liiketoimintayksikköä, joka vastaa maailmanlaajuisesti taajuusmuuttajien ja vaihtovirtakäyttöjen tutkimuksesta, kehityksestä, valmistuksesta ja markkinoinnista. Pitäjänmäen tehtaalla työskentelee noin 700 henkilöä, joista 200 tuotekehityksessä. /2./

4 ACS800-KAAPPIMODUULI

ABB industrial drive -taajuusmuuttajat on suunniteltu teollisuuden sovellusten tarpeisiin ja erityisesti prosessiteollisuuden, kuten paperi- ja sellu-, metalli-, kaivos-, sementti-, energia-, kemian- sekä öljy- ja kaasuteollisuuden sovelluksiin. ABB industrial drive -taajuusmuuttajia on saatavana sekä täydellisinä taajuusmuuttajina että käyttäjien, laitevalmistajien ja järjestelmäintegraattoreiden vaatimuksia vastaavina moduuleina. Taajuusmuuttajat tehdään tilauksesta, joten ne ovat erittäin joustavia ja voidaan räätälöidä käytettävän sovelluksen mukaan. Teho- ja jännitealuevalikoima on laaja, ja teollisuuden tarpeisiin on tarjolla jopa 690 V:n laitteita. ABB industrial drive -taajuusmuuttajissa on useita sisäänrakennettuja lisävarusteita. Yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on

ohjelmoitavuus, jonka avulla laite on helppo muuntaa käytettäväksi erilaisissa sovelluksissa.

Taajuusmuuttajien virta-arvot on suunniteltu käytettäväksi teollisuussovelluksissa, jotka edellyttävät suurta ylikuormitettavuutta. Taajuusmuuttajan ydin on suora momentinsäätö (DTC), joka takaa erinomaisen suorituskyvyn ja muita merkittäviä etuja, kuten tarkan staattisen ja dynaamisen nopeus- ja momentinsäädön, suuren käynnistysmomentin ja pitkät moottorikaapelit. Sisäänrakennetut lisävarusteet nopeuttavat ja helpottavat asennusta. Teholiittimet ja eri kotelointiluokissa saatavat vankat kotelot ja kaapit on suunniteltu kestävämmän vaativiakin olosuhteita. /3, s. 4./

4.1 Rakenne

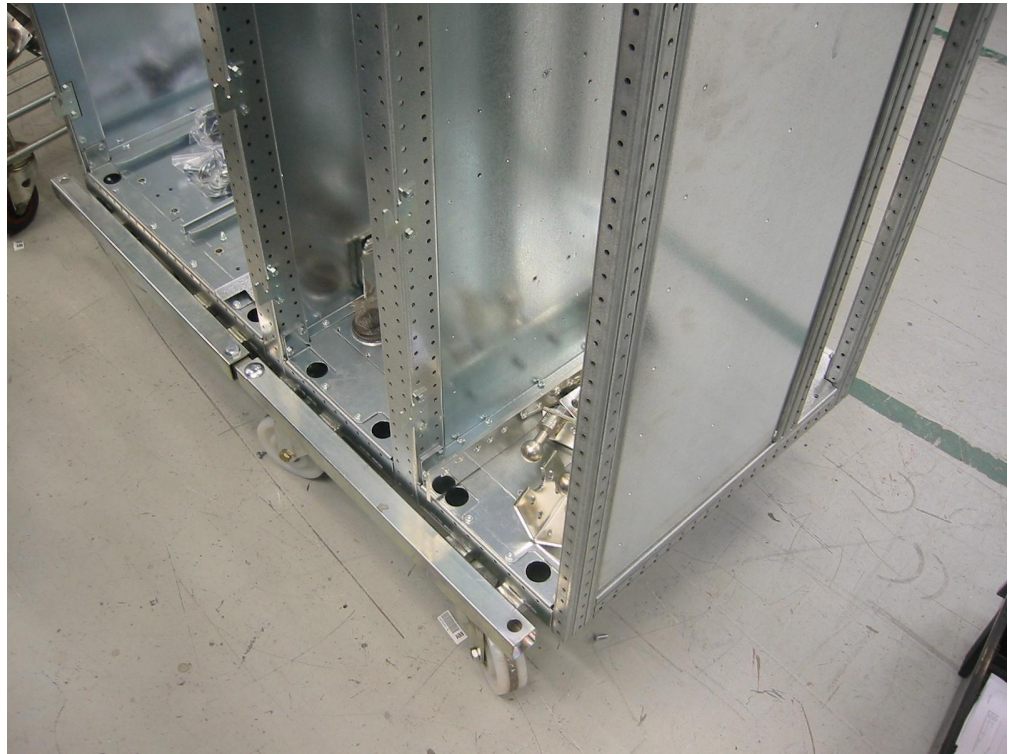
Kaappimoduulit koostuvat kantavasta rungosta, runkoon kiinnitettävistä komponenteista ja apulaitteista sekä kaapin ulkokuoresta, ts. peltiosista ja ovista.

Kaappimoduulien painopiste on korkealla, ja niiden massa on maksimissaan n. 1000 kg jokaista leveysuuntaista 1000 mm:n osuutta kohden. Jolloin esimerkiksi 4200 mm leveään kaappimoduulin maksimimassa on n. 4200 kg.

Pitkät ACS800-kaappimoduulien kaapistot koostuvat osista, joita kutsutaan kuljetuspituuksiksi. Kaapistot voivat olla useita kymmeniä metrejä pitkiä, jolloin ne puretaan kuljetuspituuksiin. Tämä toimenpide mahdollistaa kaapistojen rahtikuljetuksen.

4.1.1 Runko

Kaappimoduulin kokoonpano alkaa rungosta. Runkokehikko koostuu pääsääntöisesti rei'itetystä neliöputkesta, joka mahdollistaa rungon valmistuksen komponenttien vaatimien mittojen mukaan ruuviliitoksin. Runko kokoonpannaan kaappimoduulin kuljettamiseen käytettävän rulla-alustan päälle (kuva 1), jonka avulla runko kuljetetaan kaappimoduulin kokoonpanolinjaston läpi koestukseen ja viimein pakkaamoon.



Kuva 1. Rungon kokoonpano rulla-alustan päälle.

Edellä mainittu ominaisuus on erittäin tarpeellinen, sillä runkoon kiinnitettävien komponenttien ominaisuudet, niin mitat kuin kiinnityspaikat varioivat paljon asiakkaan tarpeiden, vaatimusten ja järjestelmän kokonaisu rakenteen mukaisesti.

Kaappimoduulit koostuvat joko yksittäisistä kaapeista tai kaapistoista. Kaapin rungon syvyys on vakio, 600 mm. Kaappimoduulin kokonaissyvyys voi kuitenkin kasvaa tästä, jos esimerkiksi kaappiin tulee ulkotuuletin, joka kiinnitetään rungon ulkopuolelle kaapin takaosaan. Tällöin kaapin kokonaissyvyys kasvaa n. 300 mm.

Yksittäisen kaapin rungon leveys on 600 mm ja kaapiston rungon leveys vaihtelee 1200 mm:stä ylöspäin 4200 mm:iin asti, joka on kaapin rungon muodostama maksimikuljetuspituus. Kaapistot voivat siis olla pidempiä kuin 4200 mm, mutta kuljetuksen mahdollistamiseksi erittäin pitkät kaapistot kokoonpannaan osissa niin tehtaalla sisäisen kuin ulkoisen kuljetuksen mahdollistamiseksi. Tällöin kaapiston osien liitännäspintaan tulee johdinkiskot, jotka ns. urospuolella kasvattavat kaapin kokonaispituutta (kuva 2).

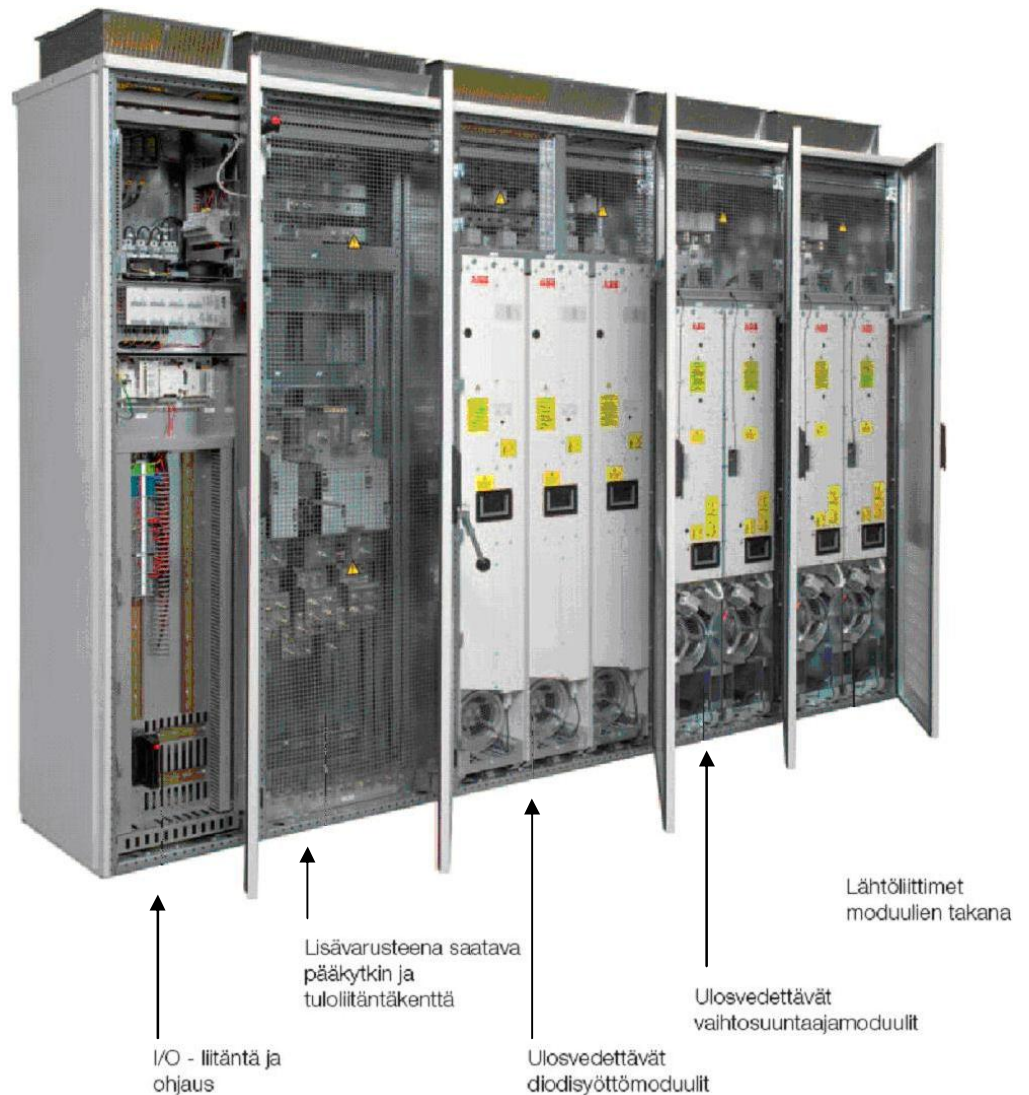


Kuva 2. Kaapiston johdinkiskot kasvattavat kaappimoduulin kokonaispituutta.

Sekä kaappimoduulin että kaapiston rungon korkeus on 2000 mm. Kokonaiskorkeus voi kuitenkin kasvaa 2200 mm:iin riippuen kaappimoduulin päälle asennettavista komponenteista, esimerkkinä IP54-suojausluokan laite, jonka katolla on puhallin.

4.1.2 Komponentit

Kaappimoduuli on kokonaisuus, itsenäinen ohjausyksikkö. Kaappimoduuli sisältää kaikki olennaiset komponentit, jotka se tarvitsee toimiakseen itsenäisesti, esimerkiksi syötön (AC) sulakkeet, syöttöyksikön (esim. syöttömoduulit), DC-kiskot, vaihtosuuntaajan DC-sulakkeet ja kytkinvarokkeet, vaihtosuuntaajayksiköt, lisävarusteena saatavat jarrukatkojat, pääkytkimet, tuloliitäntäkentät jne. (kuva 3).



Kuva 3. Esimerkkitapaus kaapiston komponenteista.

Ohjauselektronikka on yleensä sijoitettu 300 mm:n levyiseen ohjauskenttään. Yhdessä kentässä on kahden vaihtosuuntaajayksikön elektronikka. Vakiomalleissa taajuusmuuttajan ohjausyksiköt on asennettu kentän takaseinään ja haaroitinyksiköt oikeanpuoleiseen seinään.

Vaihtosuuntaajamoduulin alaosassa oleva jäähdytyspuhallin saa tavallisesti virtansa kentän apujännitesyötöstä. Lisävarusteena on saatavissa nopeussäädetty puhallin, johon kuuluu ylimääräinen tehölähdekortti ja puhaltimen vaihtosuuntaajakortti, jonka lähtötaajuus puhaltimelle on 5 - 55 Hz. Puhaltimen toimintaa säädetään moduulin lähtövaiheen lämpötilan mukaan. Taajuusmuuttajan parametreilla voidaan mahdollisesti valita myös muita käyttötiloja, esimerkiksi vakionopeus.

Kuten kuvasta 3 näkyy, syöttö- ja vaihtosuuntaajamoduulit ovat ulosvedettäviä. Kaappia kokoonpantaessa syöttö- ja vaihtosuuntaajamoduulit tuodaan kaapin viereen omilla rulla-alustoillaan ja liu'utetaan kaapin sisälle. Tämä toimenpide on mahdollinen, koska moduulit rulla-alustansa päällä ovat samalla korkeudella kuin moduulien lopullinen asennuspaikka kaappimoduulissa. Tästä johtuen voidaan sanoa, että kaappimoduulin rungon etäisyys lattiasta oman rulla-alustansa päällä on tehdasstandardin mukainen, eikä sitä voi muuttaa esimerkiksi suunniteltaessa uusia rulla-alustoja.

4.1.3 Ulkokuori

Kuten kuvasta 3 näkyy, kaappimoduulin rungon päälle asennetaan sivu- ja taustapellit sekä ovet. Pellit ja ovet ovat valmiiksi maalattuja ja täten arkoja esimerkiksi kuljetuksen aikana mahdollisesti tuleville kolhuille sekä kuormansidontavälineiden aiheuttamille hiertymille ja naarmuille.

4.2 Asiakaskiinnitys

Kaappien asiakaskiinnitystä varten kaapeissa on pääsääntöisesti kahdenlaisia kiinnitysmahdollisuuksia: laivakäyttöversioihin tarkoitetut ja ns. tavalliset eli muut kuin laivakäyttöversioiden lattiakiinnitykset. Laivakäyttöversioiden kiinnitys on lattiakiinnitystä robustimpi käyttöolosuhteiden tiukempien vaatimusten takia.

4.2.1 Asennuspaikka

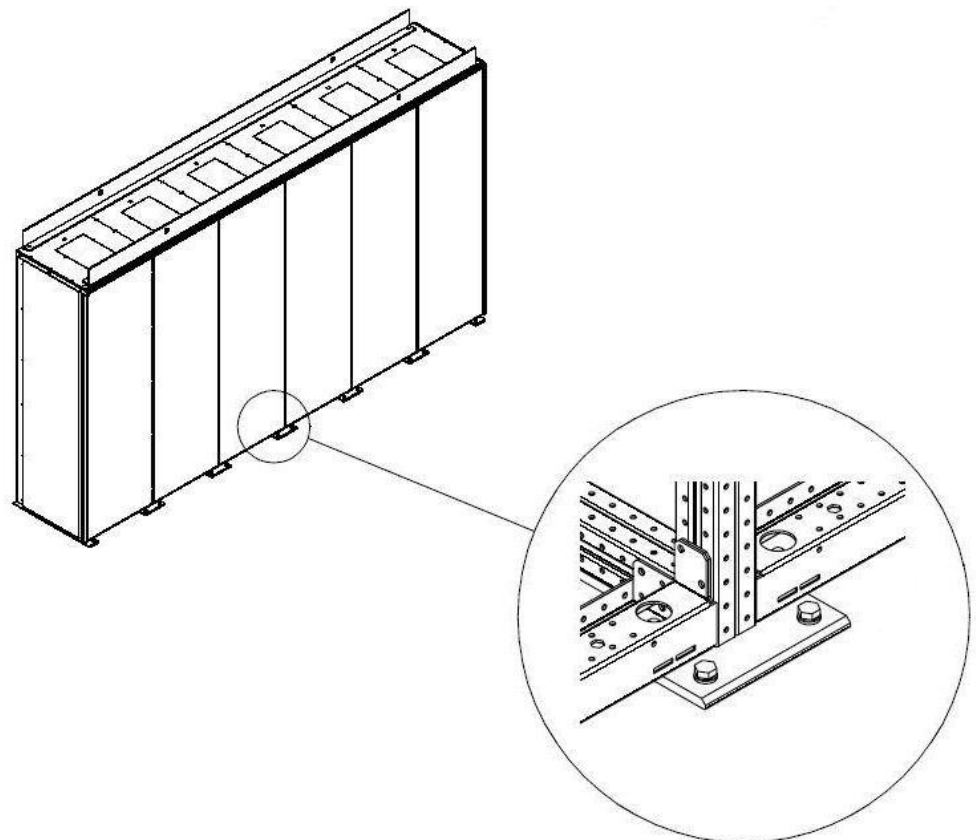
Laite on asennettava pystyasentoon. Laitteen alla olevan lattian tulisi olla syttymätöntä materiaalia, mahdollisimman tasainen ja riittävän vahva kestäämään laitteen paino.

Lattian tasaisuus on tarkistettava vesivaa'alla ennen kaappien lopullista asennusta. Suurin poikkeama pintatasosta on 5 mm kolmen metrin matkalla. Asennuspaikkaa tulisi voida säätää tarvittaessa, sillä kaapissa ei ole säädettäviä jalkaosia.

Laitteen takana olevan seinän on oltava syttymätöntä materiaalia.

4.2.2 Laivakäyttöversiot

Kaappimoduulien laivakäyttöversioiden kiinnitystä varten kaappimoduulin rungon alle on kiinnitetty ns. marine-rauta, joka mahdollistaa kaappimoduulin vankan kiinnityksen lattiaan suoraan raudan läpi pulttiliitoksin (kuva 4). Laivakäyttösovelluksissa käytettävät kaappimoduulit tulee myös kiinnittää kaapin yläpäästä joko takana olevaan seinään tai kattoon.

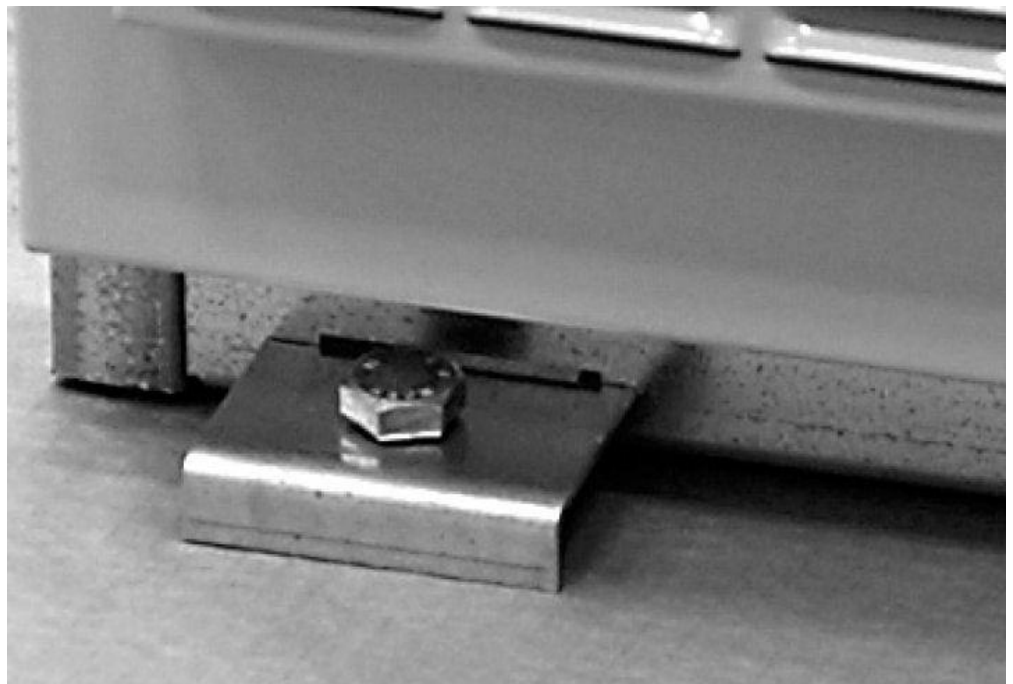


Kuva 4. Marine-rauta /4, s.12/.

4.2.3 Muut kuin laivakäyttöversiot

Kaappimoduuli kiinnitetään lattiaan käyttämällä kaappimoduulin alareunassa olevia kiinnitysreikiä, jolloin kiinnitysreikiin tulee lisävarusteena saatavat lattiakiinnikkeet, tai pulttaamalla kaappimoduuli lattiaan sen rungossa olevien aukkojen kautta.

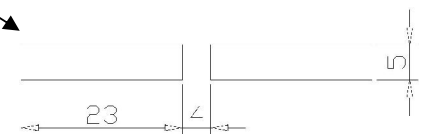
Kiinnikkeet asetetaan kaapin rungon etu- ja takaosissa oleviin aukkoihin ja kiinnitetään pulttaamalla ne lattiaan. Yhtä kiinnikettä varten kaapin rungossa on kaksi 23 x 5 mm:n suorakulmaista reikää, joiden välinen etäisyys on 4 mm. Reikien alalaita sijaitsee 10 mm:n korkeudella lattiatasosta mitattuna. Asennusohjeen mukaisesti kiinnikkeiden tulisi olla korkeintaan 800 mm:n etäisyydellä toisistaan. Kiinnitysreikien jako kaapin runkorakenteessa riippuu kuvassa 3 näkyvästä ohjauselektronikan kentänleveydestä. Tällä tarkoitetaan ohjauselektronikan viemää tilaa kaappimoduulin leveyssuunnassa. (kuva 5 ja taulukko 1).



Kuva 5. Kaapin lattiakiinnike /4, s. 10/.

Taulukko 1. Lattiakiinnikereikien jako kaapin rungossa.

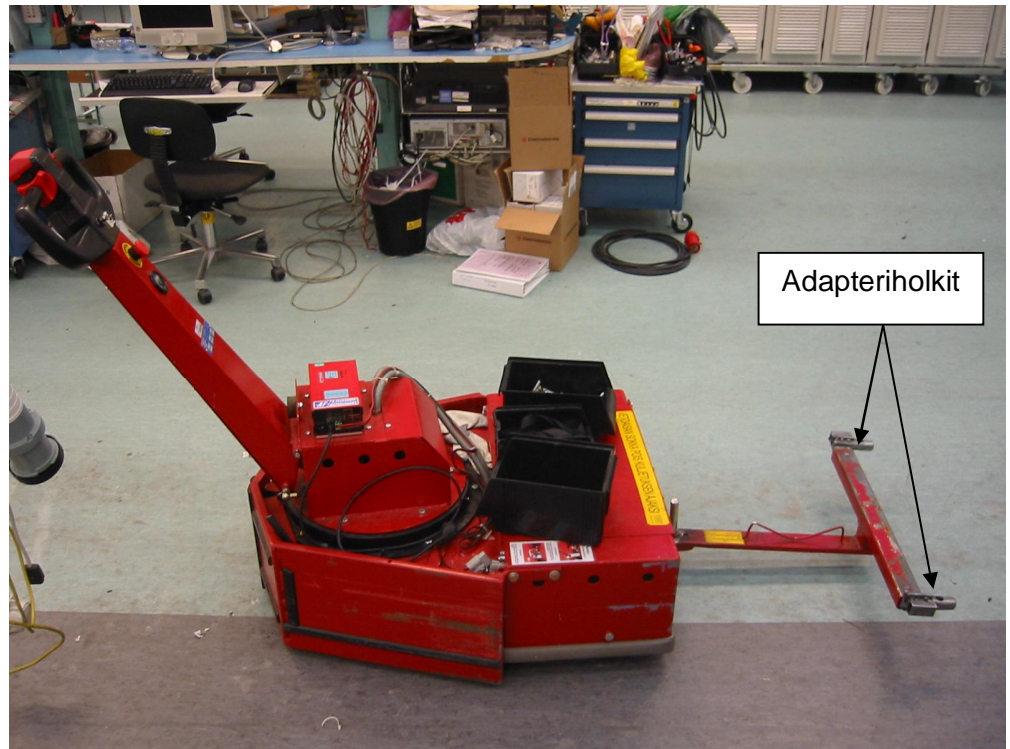
Kentän leveys (mm)	Etäisyys (mm)
300	150
400	250
600	450
700	550
800	650



Jos kaapin takana ei ole riittävästi työskentelytilaa asennusta varten, kaapin päällä oleva nostokisko korvataan L-muotoisilla kiinnikkeillä ja kaappi kiinnitetään yläosasta seinään.

4.3 Kuljetus

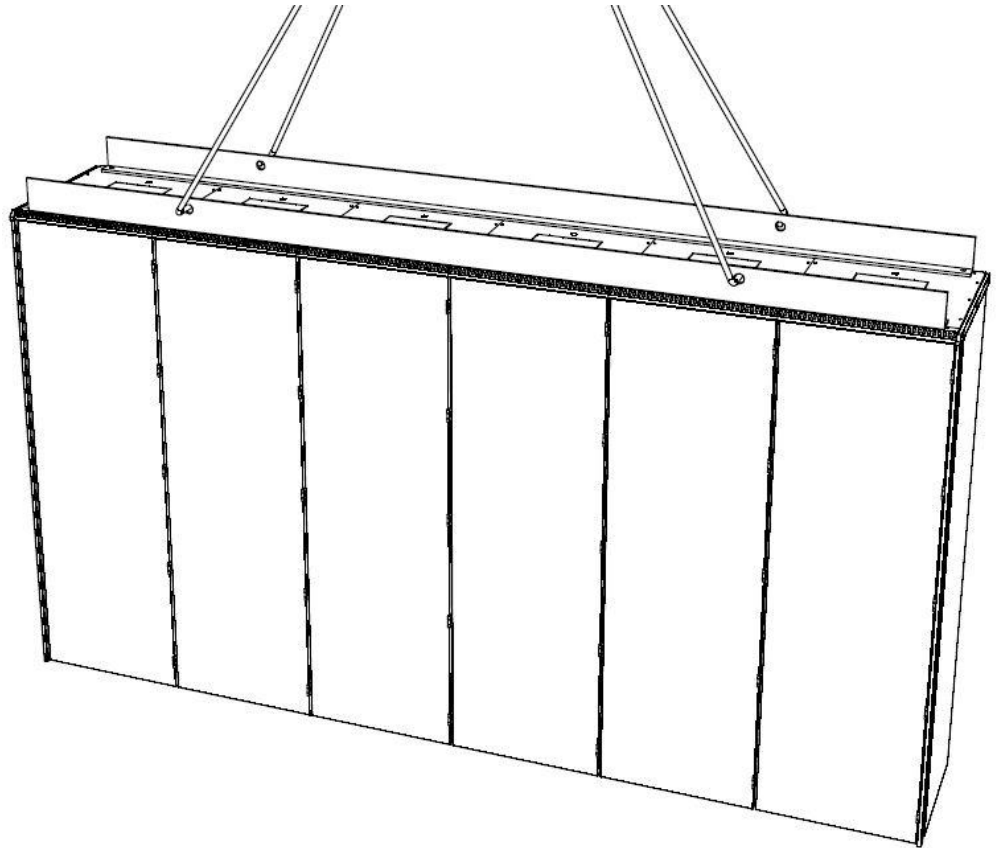
Kaappimoduulien kuljetukseen on käytettävissä useita eri keinoja. Tehtaan sisällä kaappimoduulit kulkevat rulla-alustojensa päällä, kevyemmät käsin työntämällä. Raskaampia ja pidempiä kaapistoja varten käytössä on sähköinen kuljetin, joka on varustettu adapteriholkein kuljetusalustaan kiinnitystä varten. (kuva 6).



Kuva 6. Raskaiden kaapistojen sähköinen kuljetin (vetolaite).

4.3.1 Kuljetuspituuksien siirtäminen

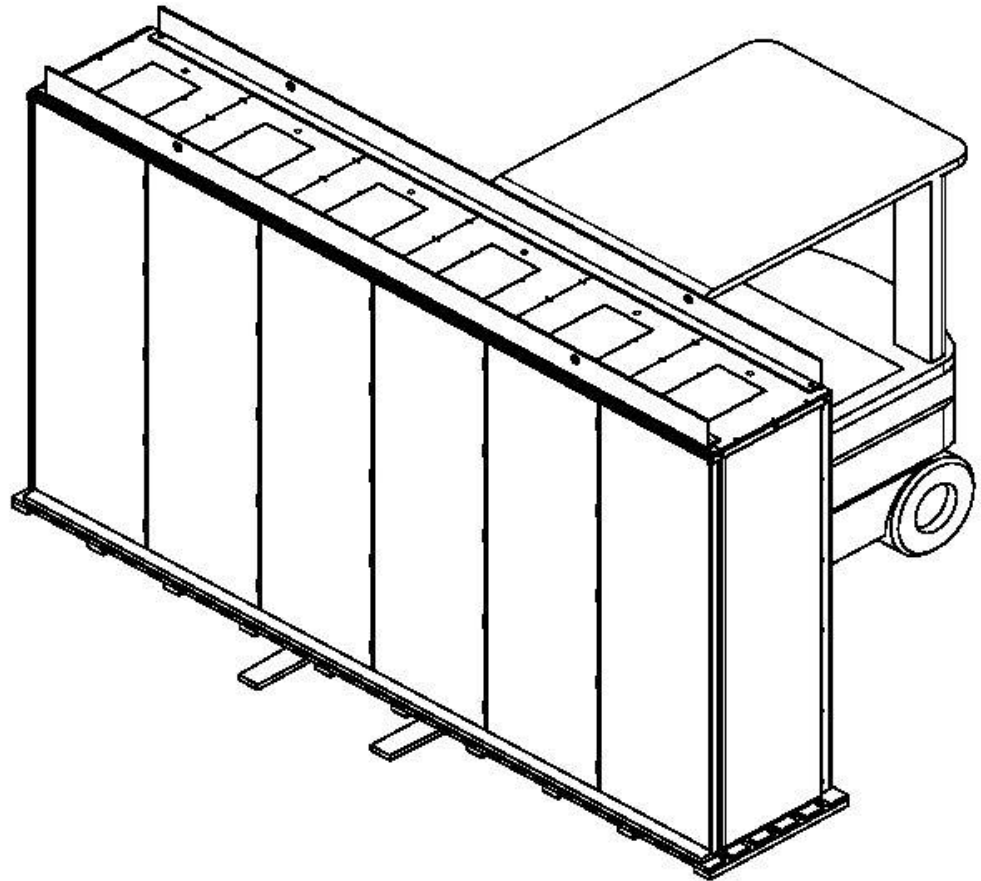
Kaappimoduulien kuljetuspituuksien päälle asennetaan kuljetuksen ajaksi nostoa varten joko nostokorvat tai kaksi nostopalkkia. Nostopalkki antaa pitkille kuljetuspituuksille erittäin paljon rakenteellista lujuutta ja kaappimoduulien kuljetuspakkaukset sekä tuetaan että kiinnitetään yläpäästä nostopalkkiin, jolloin kaappimoduulin arempiin osiin ei tarvitse kaappimoduulin massaa tukea (kuva 7).



Kuva 7. Kaappimoduulin nosto nostopalkkien avulla /4, s. 6/.

Kaappimoduuleita voi myös kuljettaa trukilla, jolloin on syytä tarkistaa trukin kantavuus, sekä suorittaa kuljetus varoen kaapin korkean painopisteen takia.

Trukilla kuljetettaessa kaappimoduuli nostetaan pakkauksen puurunkoisen pakkauslavan pohjan päällä, sillä kaappimoduulin rakenne ei mahdollista trukin piikkien pääsyä kaappimoduulin alle. Lisäksi kaapin runkorakenteen kuormankesto olisi kyseenalainen trukin piikkien kantopinta-alan ollessa pieni ja vastaavasti pistekuorman suuri kaappimoduulin runkoa vasten (kuva 8).



Kuva 8. Kaappimoduulin kuljetus trukilla puisen pakkausalustansa päällä /4, s. 6/.

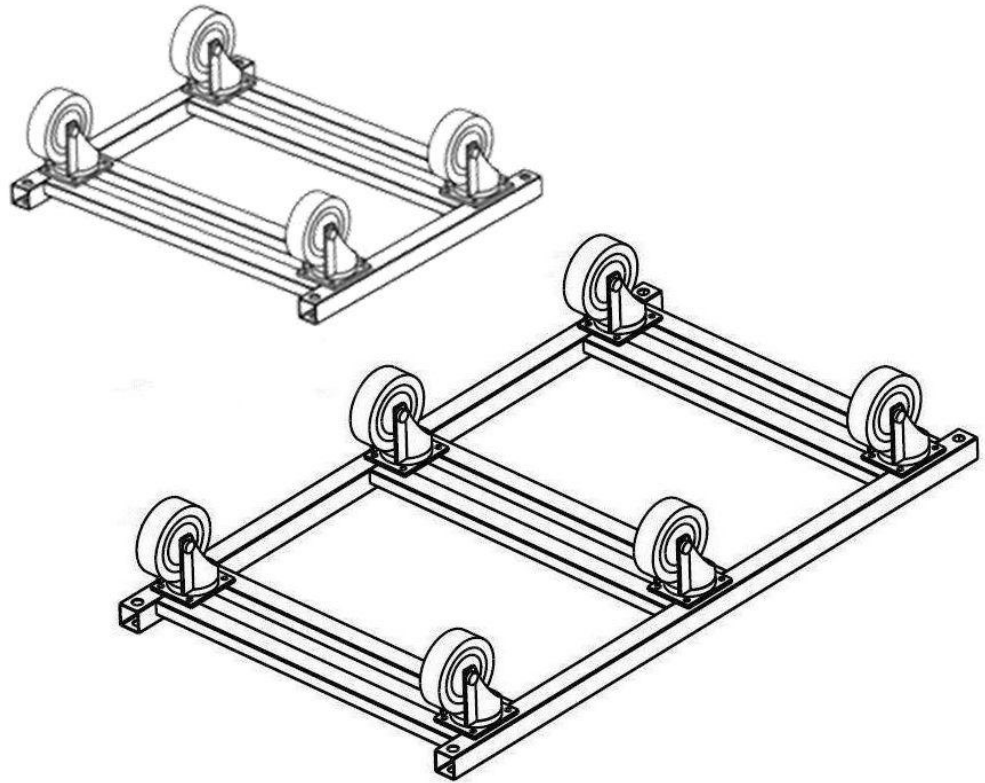
4.3.2 Rulla-alustat

Kuten luvussa 4.1.1 ja kuvasta 1 selviää, kaappimoduulit kokoonpannaan rulla-alustojen päälle, joiden avulla sekä yksittäisiä kaappeja että kaapistoja kuljetetaan kokoonpanon eri vaiheiden läpi koestukseen ja lopulta pakkaamoon.

Kuten luvussa 4.1.2 selitettiin, kaappimoduulin etäisyys lattiasta rulla-alustansa päällä on tehdasstandardin mukainen, ts. rulla-alustan korkeus renkaineen on vakioitu.

Rulla-alustojen kehikon materiaalina on käytetty kahdenlaista Fe37-neliöputkea; putkikoot ovat 40 x 40 x 2 mm sekä 25 x 25 x 2 mm. Alustojen kehikot ovat sähkösinkittyjä.

Rulla-alustoja on pääsääntöisesti kahdenlaisia; 1200 mm ja 600 mm pitkiä. Kokonaisleveys on vakio, 700 mm (kuva 9).



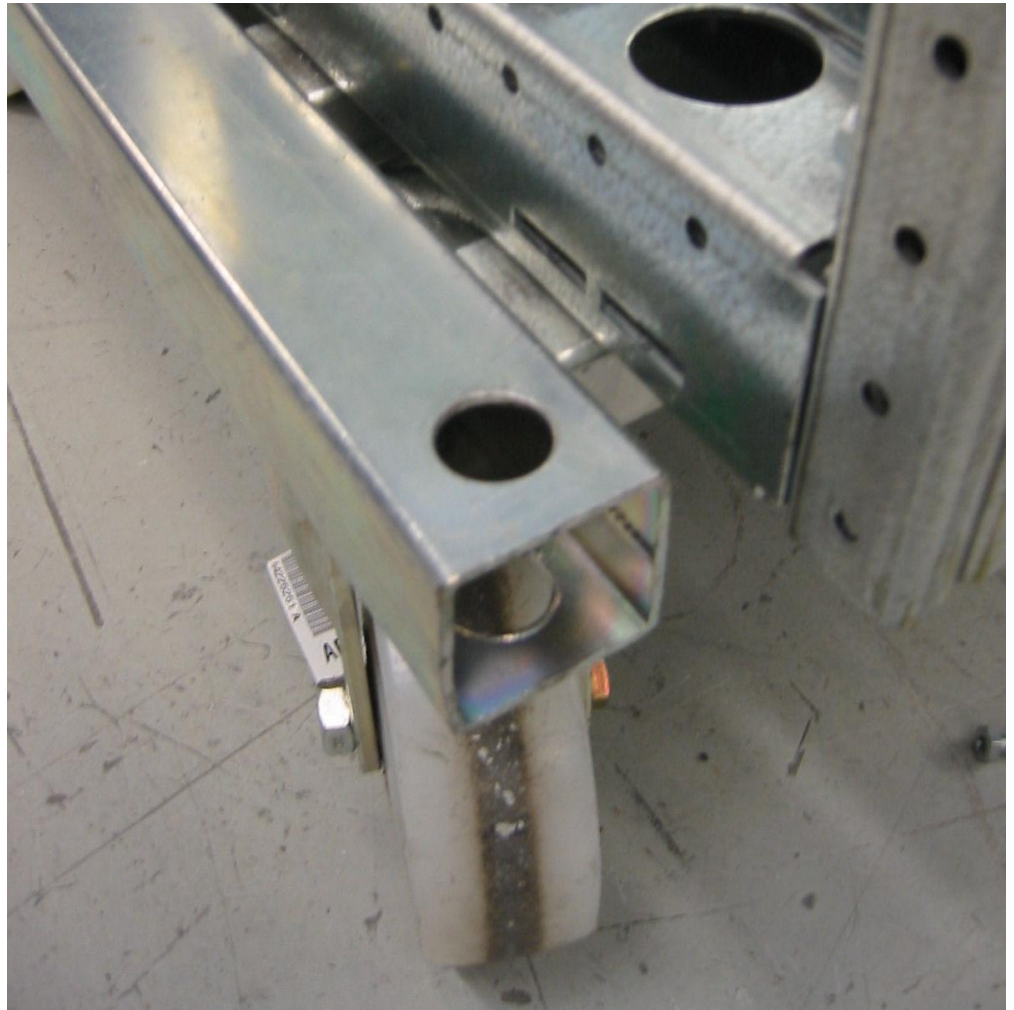
Kuva 9. Rulla-alustat, pituus 600 mm ja 1200 mm.

600 mm pitkät alustat on suunniteltu pääsääntöisesti yksittäisten kaappien kuljettamiseen.

Rulla-alustojen renkaat ovat ylimitoitetut niiden kantamalle kuormalle. Kuten kuvasta 9 näkee, 600 mm pitkässä alustassa renkaita on 4 kappaletta ja vastaavasti 1200 mm pitkässä 6 kappaletta, kaikki renkaat ovat kääntyviä ja asennuslevyistään hitsattu rulla-alustan kehikkoon. Alustan renkaista puolet on lukittavia, kaikki lukittavat renkaat sijaitsevat alustan samalla puolella. Liikuteltavuuden helpottamiseksi kaikki alustan renkaat ovat kääntyviä.

Rulla-alustoja on Multidrive-yksikön käytössä yhteensä n. 600 kappaletta (sekä 1200 mm, että 600 mm pitkiä n. 300 kpl). Alustat ovat jatkuvassa kierrossa tehtaan sisällä ja tilan säästämiseksi ne ovat pinottavia. Rulla-alustojen pinoaminen tehdään käsin.

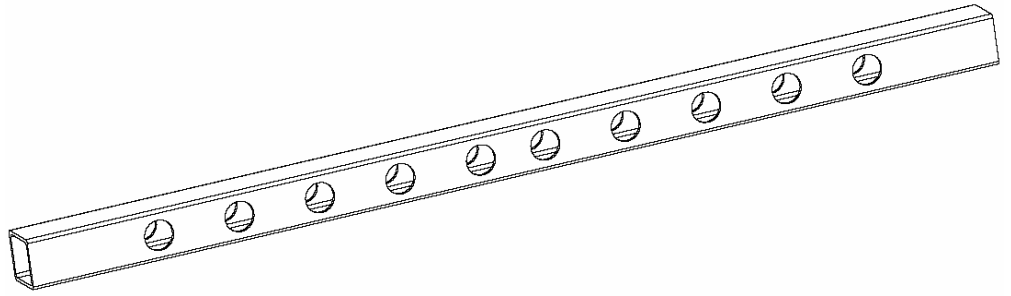
Kaappimoduulin kokoonpano tapahtuu rulla-alustan päälle. Muiden kuin laivakäyttöversioiden runko kootaan rulla-alustan syvyysuuntaisten (25 x 25 x 2 mm) neliöputkien päälle. Kaappimoduulin rungon ja rulla-alustan 40 x 40 x 2 mm:n neliöputken väliin jää kummallekin puolelle 10 mm:n rako. (kuva 10.)



Kuva 10. Rulla-alustan ja kaappimoduulin rungon välinen rako 10 mm.

Vastaavasti laivakäyttöversio kaappimoduulit asetetaan rulla-alustan päälle siten, että kuvan 4 mukaiset marine-raudat tulevat alustan kehikon pituussuuntaisten 40 x 40 x 2 mm:n putkien päälle.

Kaappimoduulien kuljetuspituudet ovat usein suurempia kuin yksittäinen rulla-alusta, jolloin kaappi kokoonpannaan usean rulla-alustan päälle. Rulla-alustat ovat pituussuuntaisesti toisiinsa liitettävissä ns. reikäraudalla. Reikäraudan materiaalina on käytetty sinkittyä Fe37-neliöputkea, jonka mitat ovat 600 x 30 x 30 mm. (kuva 11.)



Kuva 11. Rulla-alustojen liittämiseen käytettävä reikärauta, mitat 600 x 30 x 30 mm.

Alustat liitetään toisiinsa reikärautaa välikappaleena käyttäen läpipulttein alustan 40 x 40 x 2 mm:n neliöputken päissä olevista rei'istä (kuva 12).



Kuva 12. Rulla-alustojen liittäminen toisiinsa reikäraudalla.

5 AJONEUVON KUORMAUKSEN VAATIMUKSET JA SÄÄDÖKSET

Tässä luvussa käsitellään kaappimoduulien tyypisen kuorman sitomiseen, tukemiseen ja varmistamiseen laadittuja vaatimuksia ja säännöksiä.

Ajoneuvon oikealla kuormaustavalla ja kuorman varmistamisella on suuri merkitys kuorman turvalliseen kuljettamiseen. Väärin sijoitettu tai varmistamaton kuorma heikentää ajoneuvon hallittavuutta, voi aiheuttaa kuljetettavien tavaroiden vaurioitumisen, saattaa pudota tielle kuljetuksen aikana tai vaarantaa muuta liikennettä.

5.1 Yleinen kuormausvaatimus

Tieliikennelaissa edellytetään, että ajoneuvo on kuormattava siten, ettei kuorma voi vaarantaa henkilöitä, vahingoittaa omaisuutta, laahata maata, pudota tielle, pölytä häiritsevästi tai aiheuttaa muuta siihen verrattavaa haittaa tai synnyttää tarpeetonta melua /5, s. 1/.

5.2 Kuorman sijoittaminen kuormatilaan

Ajoneuvo tulee kuormata siten, että kuormasta tulee mahdollisimman matala yhtenäinen kokonaisuus. Kuorman painopisteen tulee olla mahdollisimman alhaalla ja lähellä ajoneuvon pituussuuntaista keskiviivaa. Painavimmat kollit kuormataan aina alimmaiseksi.

Kuorma tulee tukea mahdollisuuksien mukaan tavaratilan etupäätyä vasten, jolloin pystytään estämään kuorman eteenpäin siirtyminen esim. voimakkaissa jarrutustilanteissa. Kuorma tulee kuitenkin sijoittaa aina siten, että ajoneuvolle sallittuja akseli- ja/tai telimassoja ei ylitetä.

Kuljetettava esine, jossa on teräviä osia, tulee kuormata siten, että terävät osat on suunnattu taaksepäin /5, s. 3/.

5.3 Kuorman varmistaminen

Ajoneuvossa oleva kuorma ei saa kuormakorissa siirtyä siten, että se voi haitata ajoneuvon liikenneturvallista käyttöä. Kuorman siirtyminen voi myös aiheuttaa vahinkoa kuljetettaville tavaroille.

Kuorma ei saa oleellisesti liikkua kuormakoriin nähden, kun kuormaan vaikuttaa eteenpäin voima (jarrutustilanne), joka vastaa kiihtyvyyttä 10 m/s^2 tai sivuille taikka taaksepäin (kaarrajo- ja kiihdytystilanne), joka vastaa kiihtyvyyttä 5 m/s^2 .

Kuorma tulee varmistaa liikkumista vastaan käyttämällä kuorman tuentaa, sitomista, lukitsemista tai peittämistä. Kuorman varmistuksen lujuutta määriteltäessä saa myös kitkan tarjoaman pidätyskyvyn ottaa huomioon.

Yleisin tapa kuorman varmistamisessa liikkumista vastaan on kuorman sitominen. /5, s. 4./

5.3.1 *Sitomisvälineet*

Uuden sitomisvälineen tulee kestää nimellislujuuksiensa nähden kaksinkertainen ja sen metalliosien 1,4-kertainen kuormitus murtumatta.

Kiristyslaitteen lujuuden on oltava vähintään yhtä suuri kuin sen kanssa käytetyn sitomisvälineen nimellislujuus.

Kiristyslaitteella on saavutettava vähintään 5 % sitomisvälineen nimellislujuudesta vastaava kiristysvoima, kun kiristyslaitteeseen vaikutetaan 0,5 kN:n käsivoimalla.

Yksittäisen siteen tai kiinnittimen irtoaminen, vaurioituminen tai löystyminen ei saa heikentää muuta kuorman sidontaa.

Sitomisvälineen kunto on tarkastettava riittävän usein. Vaurioituneita tai kulumisesta johtuen heikentyneitä samoin kuin epäasiallisesti korjattuja sitomisvälineitä ei saa käyttää. /5, s. 6./

5.3.2 *Kitkan hyväksikäyttö kuorman varmistamisessa*

Kuormakorin lattian ja kuljetettavan tavaran välinen kitkakerroin riippuu useista eri tekijöistä, kuten mm. kuormakorin lattian materiaalista ja sen kuluneisuudesta, kuljetettavan tavaran materiaalista, pintojen puhtaudesta jne. Kaappimoduulien kuljetukseen tilatun kuljetusvälineen (perävaunun) kuormakorin lattia on puhdas, kuiva ja vähän kulunut johtuen kaappimoduulien puhtausvaatimuksista ja kuljetusvälineen uutuudesta. Kitkalle on annettu ohjeellisia lukuarvoja (taulukko 2).

Taulukko 2. Kuormauksessa käytettävien materiaalien kitkakertoimia /5, s.7/.

Materiaali	Kitkakerroin puhdas, kuiva pinta
Metalli - Metalli	0,3 - 0,5
Metalli - Betoni	0,3 - 0,4
Metalli - Kumi	0,4 - 0,5
Puu - Puu	0,3 - 0,5
Puu - Metalli	0,3 - 0,5
Puu - Betoni, kivi	0,4 - 0,6
Puu - Kitkavaneri	0,4 - 0,5
Puu - Kumi	0,4 - 0,6

Mikäli kitkakerroin on vähintään 0,5, vastaa kitkavoima kuorman varmistamiselle annettuja vaatimuksia (5 m/s^2) sivulle ja taakse suuntautuvien voimien osalta. Tällöin on kuitenkin suositeltavaa varmistaa kappaleen paikallaan pysyminen sidonnalla tai tuennalla. /5, s. 5./

Korkeiden esineiden kohdalla tulee ottaa huomioon kuljetettavan kappaleen kaatumismahdollisuus.

5.3.3 Korkeiden esineiden varmistaminen

Kuljetettavan kappaleen korkeuden ollessa kappaleen leveyttä suurempi tulee kuorman varmistamisessa ottaa huomioon myös kappaleen kaatumismahdollisuus. Erityisesti tämä tulee ottaa huomioon silloin, kun vähintään kitkakertoimen 0,5 johdosta sivuttaisvoimille ei edellytetä sidontaa tai kappaleen sivuttaisliike on estetty lattian tasoon sijoitetulla tuella.

Tällöin turvallisuuden kannalta ohjeellisena varmistamisvaatimuksena voidaan pitää seuraavia mittasuhteita:

Kappaleen korkeuden ollessa suurempi kuin kaksi kertaa sen leveys tulee kappaleen kaatuminen estää tuennalla tai sidonnalla /5, s. 6/.

5.3.4 Esimerkkitapaus

Kuorman massa 10000 kg. Kuorman ja kuormakorin välinen kitkakerroin 0,3.

Kuorman varmistuksen tulee kitkavoiman lisäksi täyttää seuraavat vaatimukset (havainnollisuuden vuoksi sidonta/tuentavoimasta käytetty massan yksikköä – kg):

- Kitkavoima $= 0,3 \times 10000 \text{ kg} = 3000 \text{ kg}$
- Sidonta/tuentavoima eteenpäin $= (10000 \text{ kg} - 3000 \text{ kg}) = 7000 \text{ kg}$
- Sidonta/tuentavoima taakse ja sivulle $= (5000 \text{ kg} - 3000 \text{ kg}) = 2000 \text{ kg}$

6 PAKKAAMON ULKOISTAMINEN

Jotta pakkaamon siirtäminen toisen yrityksen toimitiloihin olisi mahdollista, kaappimoduulit on saatava koestuksen jälkeen suoraan kuljetusvälineeseen. ABB Oy System AC -liiketoimintayksikkö on tilannut kaappimoduulien kuljetusta varten uuden perävaunun, jota on muokattavissa esim. erillisellä välilattiaratkaisulla vastaamaan kuljetustarpeita.

Jotta kaappimoduulien maakuljetus ilman pakkausta olisi mahdollista, kaappimoduulin ja rulla-alustan on oltava yhtenäinen kokonaisuus, joka on tuettavissa, sidottavissa tai kiinnitettävissä kuljetusvälineeseen. Kuljetettava kappale on aina kiinnitettävä alustaansa. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat tuotteet, joita kuljetetaan trukkilavan päällä: tuotteet on aina sidottu trukkilavaan esim. metallivantein tai tuettu lavakauluksin.

6.1 Kuljetusväline

Elektroniikkatehtaan ja ulkoistetun pakkaamon väliseen kaappimoduulien kuljetukseen on tilattu kaksiakselinen, umpikorinen, perästä ja sivusta lastattava puoliperävaunu Närkö Oy:ltä. (liite 1)

Puoliperävaunun perusominaisuuksia ovat

- korkeus edessä 4045 mm
- sisäkorkeus 2820 mm

- leveys 2550 mm
- sisäpituus 13620 mm
- sisäleveys sidontakiskojen kohdalla 2455/2480 mm
- oviaukon korkeus takapää 2780 mm
- oviaukon leveys takapää 2480 mm
- oma massa 7000 kg
- lattian pintamateriaali vaneri
- sidontapisteet lattiassa 13 + 13 kpl
- lisävarusteena välilattia.

Perävaunun lattiaan on upotettu neliöputkiholkkeja joita voidaan hyödyntää sidontapisteinä kuorman tukemiseen ja sitomiseen.

Perävaunun seinämät ja katto eivät ole kantavia rakenteita ja toimivat vain kuorman suojana olosuhteita vastaan, ts. peräkärryn seinämiin tai kattoon ei voi sitoa tai tukea kuormaa.

6.2 Kaappimoduulin kiinnittäminen rulla-alustaan

Kaappimoduulin kiinnittämismahdollisuuksia rulla-alustaansa on rajallisesti.

Kaappimoduulia ei voi suoraan sitoa kiinni alustaansa esim. kuormaliinoin tai vantein. Sillä sitominen voisi vaurioittaa kaappimoduulin valmiiksi maalattuja ovia ja ulkopeltejä lommoin tai naarmuin. Kaappimoduulin yli ei myöskään voi kiristää kuormaliinaa tai vannetta, sillä kiinnityksen tulisi olla universaali ja jossain versioissa kaappimoduulin päälle tulee ulkotuuletin, joka ei rakenteellisesti kestäisi kuormansidonnan vaatimaa voimaa ja voisi helposti vaurioitua.

Rulla-alustaa ei voi suunnitella täysin uusiksi, sillä elektroniikkatehtaalla on alustoja käytössä useita satoja kappaleita.

Rulla-alustan mittoja ei voi muuttaa, sillä alustan korkeus on tehdasstandardin mukainen. Alustan syvyysuuntaisen äärimittan kasvattaminen kasvattaisi myös kokoonpanijan työskentelyetäisyyttä kaapista. Komponenttien nostoetäisyys kaappimoduuliin kasvaisi ja tämä heikentäisi kaappimoduulin kokoonpanovaiheen työergonomiaa huomattavasti.

Rulla-alustan massa ei saa kasvaa huomattavasti niiden käsin tehtävän pinoamisen takia. 1200 mm pitkä rulla-alustan massa on 23 kg ja vastaavasti 600 mm pitkän 16 kg. Mitkään rakenteelliset muutokset eivät myöskään saa heikentää alustojen pinottavuutta.

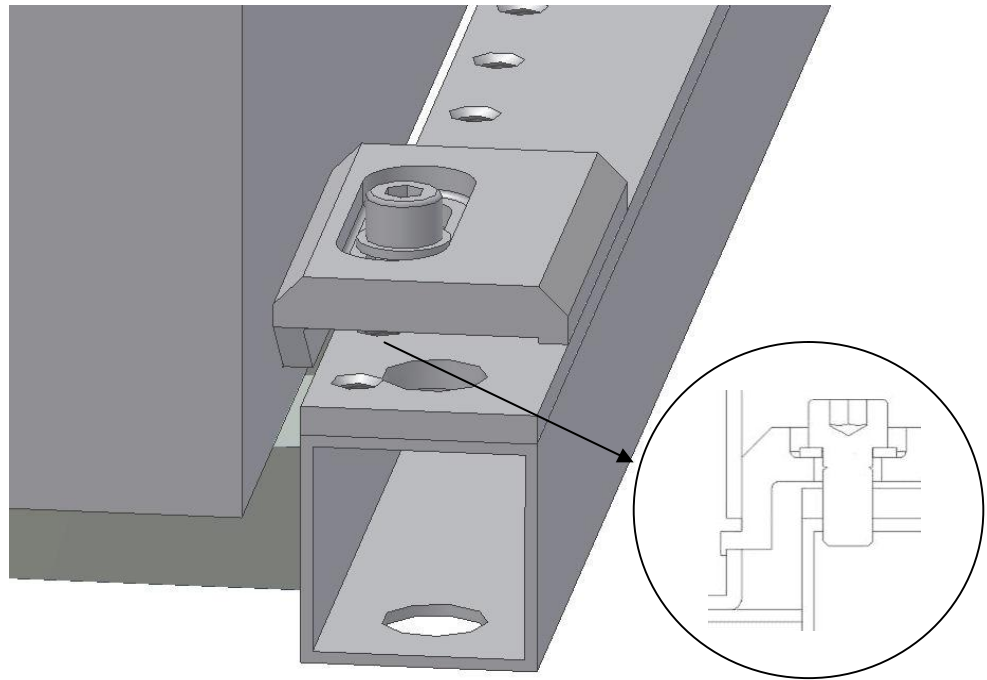
Kevyet rulla-alustan muutokset ovat kuitenkin mahdollisia. Kaappimoduulin rungon rakenteen omia kiinnitysreikiä ja paikkoja on mahdollista käyttää hyväksi kaappimoduulin rulla-alustaan kiinnittämisessä.

6.2.1 Kiinnitys

Edellä mainitut rajoitukset ja vaatimukset huomioon ottaen on kaappimoduulin kiinnittämiseksi rulla-alustaan ideoitu modifioitu alaspäin vetävä kiinnitys eli ns. vestirautakiinnitys.

Vestirautakiinnityksen toteuttaminen vaatii kevyitä muutoksia rulla-alustaan. Tähän spesifiseen käyttötarkoitukseen ei ole olemassa olevia kiinnitysvälineitä, joten varsinainen vestinrauta (muut kuin laivakäyttöversiot) on suunniteltu täysin ko. kiinnityksen toteuttamiseen (kuva 13).

Kuvassa 12 ja muissa tässä insinööriyössä esitetyissä periaatekuvissa (koskien kaappimoduulin vestirautakiinnitystä) ei esiinny kaappimoduulin ovea, sillä oven saa avattua. Oven saa pois tieltä vestiraudan asentamisen ja irrottamisen ajaksi. Kaappimoduulin oven ja rulla-alustan 40 x 40 x 2 mm:n neliöputken välissä on n. 20 mm tilaa. Se on huomioitu vestirautakiinnityksen suunnittelussa. Periaatekuvat kuvaavat kaappimoduulin etupuolta. Kaappimoduulin takapuolella ei ole esteitä vestiraudan asennukselle ja irrotukselle.



Kuva 13. Periaate- ja leikkauskuva (muu kuin laivakäyttöversio) kaappimoduulin vestirautakiinnityksestä rulla-alustaan.

Kuvasta 13 on nähtävissä ns. modifioidun vestirautakiinnityksen periaate. Rulla-alustaa on modifioitu lisäämällä 40 x 40 x 2 mm neliöputken päälle 1200 x 40 x 5 mm tai 600 x 40 x 5 mm lattarauta M8-kierrerei'in. Lattaraudan pituus on riippuvainen rulla-alustan pituudesta. Lattaraudan tulisi peittää rulla-alustan koko 40 x 40 x 2 mm neliöputken yläpinta. Tässä luvussa käsitellään vain 1200 x 40 x 5 mm lattaraudan sovellusta. Se on tuotantoteknisesti em. kahdesta sovelluksesta enemmän työtä vaativa ja hankalampi toteuttaa.

Lattaraudan lisääminen 40 x 40 x 2 mm neliöputken päälle ei lisää rulla-alustan syvyysuuntaista kokonaisuutta, jolloin kaappimoduulin kokoonpanovaiheen työergonomia ei huonone.

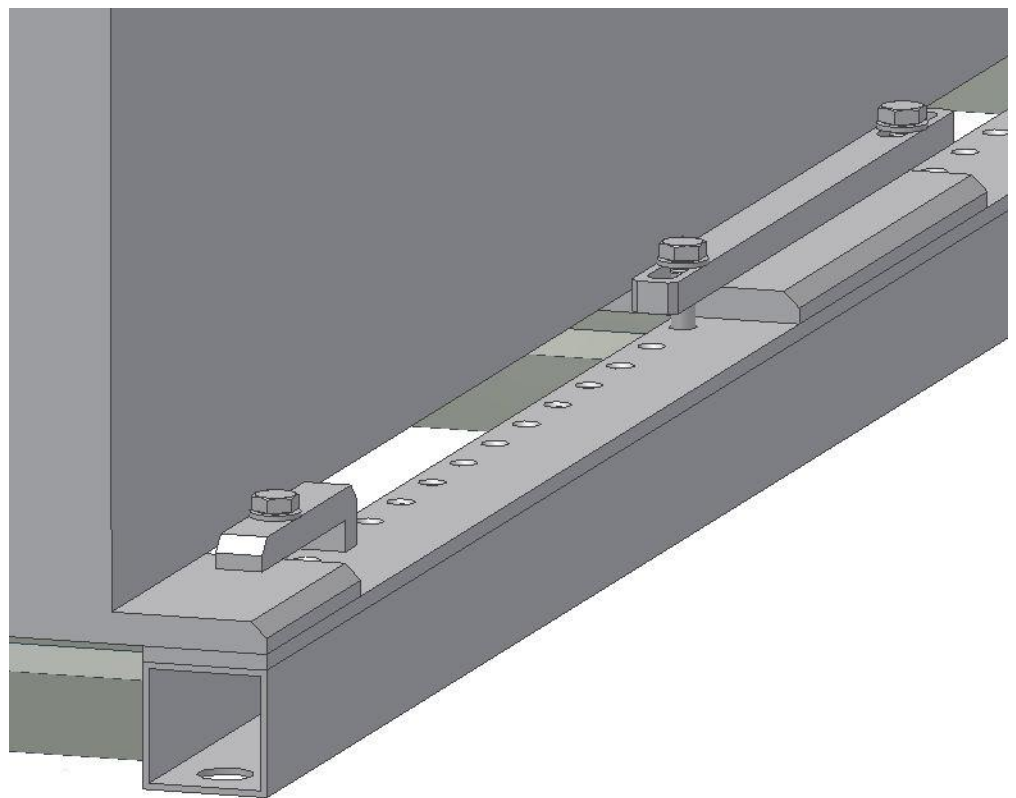
Lattarauta ei vaikuta muiden kuin laivakäyttöversio-kaappimoduulien tehdasstandardin mukaiseen korkeuteen. Laivakäyttöversio-kaappimoduulien (joissa marine-rauta tulee rulla-alustan 40x40x2 mm putkien päälle) 5 mm:n korkeuden muutos on kokoonpanossa kompensoitavissa. Korkeuden muutos (5 mm) on niin vähäinen, ettei se vaikeuta laivakäyttöversio kaappimoduulien kokoonpanoa.

Lattaraudassa on vestirautojen kiinnitystä varten M8-kierrereiä 30 mm:n reikäjaolla. (liite 2)

M8-kierrereiät sijaitsevat 7,5 mm lattaraudan kaappimoduulin puoleisesta sivusta reiän keskelle mitattuna. Siten muiden kuin laivakäyttöversioiden kiinnitykseen suunniteltu vestirauta toimisi oikeaoppisesti. Vestirautakiinnityksessä nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että kiinnitettävän kappaleen on oltava lähempänä vestiraudan kiristyspulttia, kuin vestiraudan kiinnitystasoonsa tukeva ns. takajalka, jotta vestiraudan kiinnityksessä käytettävä puristusvoima kohdistuisi suuremmalta osaltaan kiinnitettävään kappaleeseen.

Laivakäyttöversiokaappimoduulien kiinnitys rulla-alustan lattarautaan onnistuu ns. perinteisillä vesti- ja kiinnitysradoilla, jolloin kiinnitysvälineiden suunnittelu on tuskin tarpeellista jo olemassa olevien kappaleiden tarjonnan vuoksi (kuva 14).

Liitteissä 3 ja 4 on esitetty em. kiinnitysvälineiden perusvaatimukset dimensioiden suhteen.



Kuva 14. Periaatekuva (laivakäyttöversio kaappimoduulin) vestirautakiinnityksestä rulla-alustaan.

6.2.2 Rulla-alustan muutokset

Ainoa looginen tapa liittää 1200 x 40 x 5 mm lattarauta rulla-alustan 40 x 40 x 2 mm neliöputken päälle on hitsaus. Pulttiliitoksen kestävyys on kyseenalainen neliöputken ohuen seinämän takia. Neliöputken sisällä vastamutterin käyttäminen tekisi rulla-alustojen yhteen liittämisen neliöputken sisään tulevan reikäraudan avulla mahdottomaksi.

Edellä mainitun rulla-alustan muutoksessa, 1200 x 40 x 5 mm lattaraudan liittämässä hitsaamalla rulla-alustan 40 x 40 x 2 mm neliöputken päälle on joitain hankaluuksia:

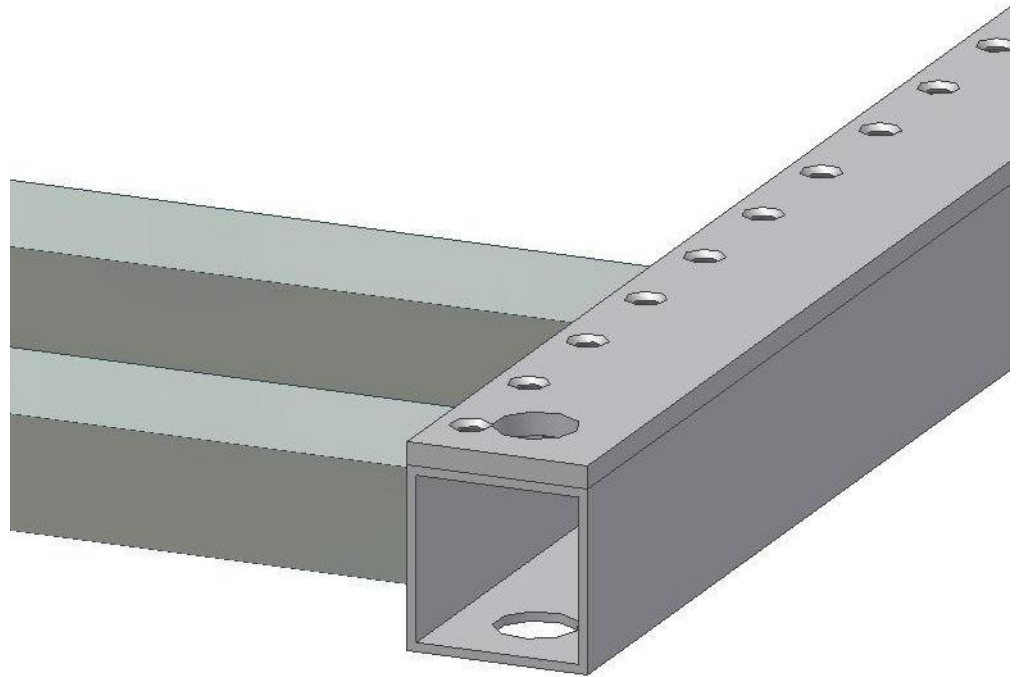
- rulla-alustat ovat sähkösinkittyjä
- rulla-alustojen renkaat on hitsattu kiinni rakenteeseen, eivätkä ne ole poistettavissa muutosten teon ajaksi
- hitsaus taivuttaa helposti ohutseinämäistä putkea.

Rulla-alustan muutos on kuitenkin tehtävissä seuraavasti.

Rulla-alustan 40 x 40 x 2 mm neliöputken yläpinnalta on sinkki poistettava huolellisesti. Sinkki on myös poistettava neliöputken pystysuuntaisten seinämien ulkopinnasta n. 10 mm:n matkalta yläkulmasta mitattuna alaspäin, jottei hitsatessa sinkki pala ja aiheuta epäkuranttisuutta hitsausaumassa.

Lattaraudan kierrereiät on porattava ennen hitsausta, mutta reikien kierteitys on tehtävä vasta hitsaustyön jälkeen. Kun lattarauta on hitsattu neliöputkeen kiinni, on reiät porattava neliöputken seinämään käyttäen hyväksi lattarautaan valmiiksi porattuja reikiä. Näin tekemällä neliöputken reikäjako saadaan samaksi kuin lattaraudan reikäjako. Reikien läpiporaamisen jälkeen reiät senkataan ja kierteitetään. Näin lattaraudan ja neliöputken läpi saavutetaan yhtenäinen (reikien senkkaus mukaan lukien) n. 6 mm syvä läpikierre. Lattarautojen päätyihin on myös tehtävä halkaisijaltaan 18 mm:n reiät, jotta rulla-alustojen yhteenliittäminen reikäraudalla ja läpipultilla olisi edelleen mahdollista. Edellä mainittujen 18 mm:n reikien tekotapa ja tekemisvaihe ovat vapaammin valittavissa kuin kierrereiäiden. Lattaraudassa 18 mm:n reikien samankeskeisyydellä suhteessa neliöputkeen on suurempi

toleranssi. Reiät sijaitsevat lattaraudan/neliöputken päädyssä jolloin niiden mitoittaminen ei aiheuta ongelmia. (kuva 15)



Kuva 15. Periaatekuva lattaraudan liittämisestä rulla-alustan neliöputken päälle.

Hitsausmestari Matti Hurmeen mukaan neliöputken hitsauksen aikaisen taipuman minimoinniksi on suositeltavaa tehdä hitsaustyö TIG-hitsausmenetelmällä (pieni kappaleeseen kohdistuva lämmöntuotto). Hitsaustyö on aloitettava kappaleiden keskeltä molemmiin puolin, jolloin neliöputken päädyt jäävät ”vapaiksi”, eivätkä altistu heti työn alussa hitsauksen aikana tapahtuvalle taipumalle. Silloin putken kokonaistaipuma jää mahdollisimman vähäiseksi /6/.

Taipuman välttämiseksi kappaleita ei tulisi hitsata täysin yhteen; esimerkiksi n. 30 %:n hitsaussauma on riittävä (esim. 10 mm:n hitsaussaumojä, joiden välissä 20 mm hitsaamatonta osuutta).

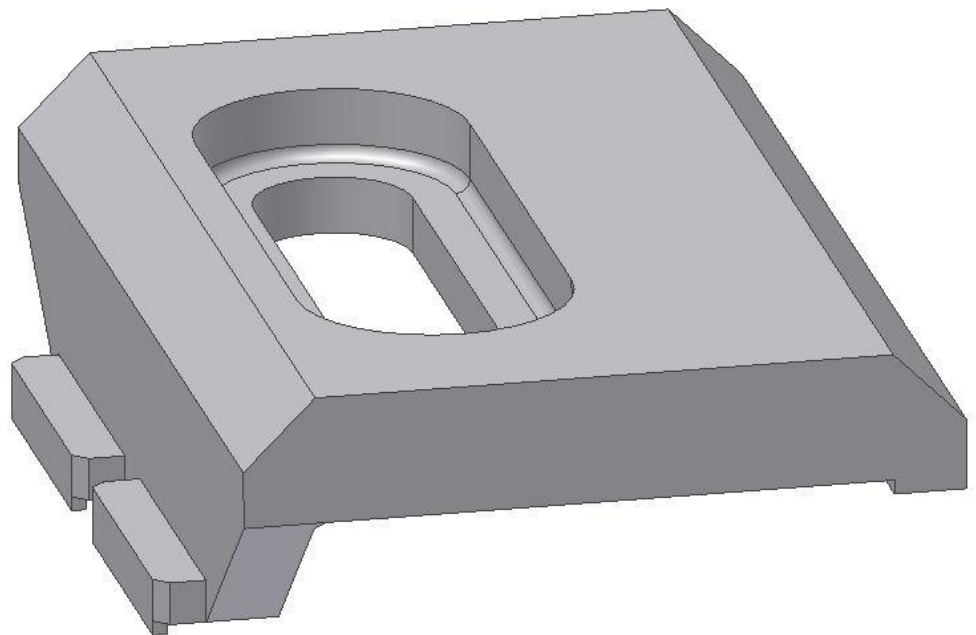
Hitsaustyön jälkeen rulla-alustan suoruus on tarkistettava ja mahdollinen taipuma korjattava esim. prässillä. Lattarauta ja alustojen osuus, joista sinkkaus on poistettu, on pinnoitettava korroosiolta suojaavalla pinnoitteella, esim. korisinkkisprayllä.

6.2.3 Modifioitu vestirauta

Jotta muut kuin laivakäyttöversiokaappimoduulit voidaan kiinnittää rulla-alustaan, on niiden kiinnitystä varten suunniteltu modifioitu vestirauta. Se on tarkoitettu vain tähän spesifiseen käyttöön ja on täten monimutkainen kappale koneistaa. Vestirauta on kuitenkin valmistettavissa kahdella kiinnityksellä NC-jyrsinkoneessa. (liite 5)

Vestiraudassa ei ole turhia muotoja. Se on viistetty kahdelta pitkältä sivultaan. Kaappimoduulin puoleisen sivun viiste mahdollistaa vestiraudan kiinnittämisen mahdollisimman lähelle kaappimoduulin runkoa. Näin viisteen ansiosta vestirauta ei törmää kaappimoduulissa oleviin peltiosiin tai niiden kiinnityksessä käytettäviin nitteihin, ruuveihin tai pultteihin. Vestiraudan viiste, joka sijaitsee kaappimoduulin vastakkaisella sivulla, edesauttaa työergonomiaa ja turvallisuutta. Tämä sivu on kokoonpanossa asentajien nilkkojen lähellä eikä viistettynä aiheuta terävän kulman vaaraa asentajille.

Vestiraudan ne kulmat, joihin kohdistuu suurin rasitus, on pyöristetty mahdollisen lovivaikutuksen estämiseksi (kuva 16).

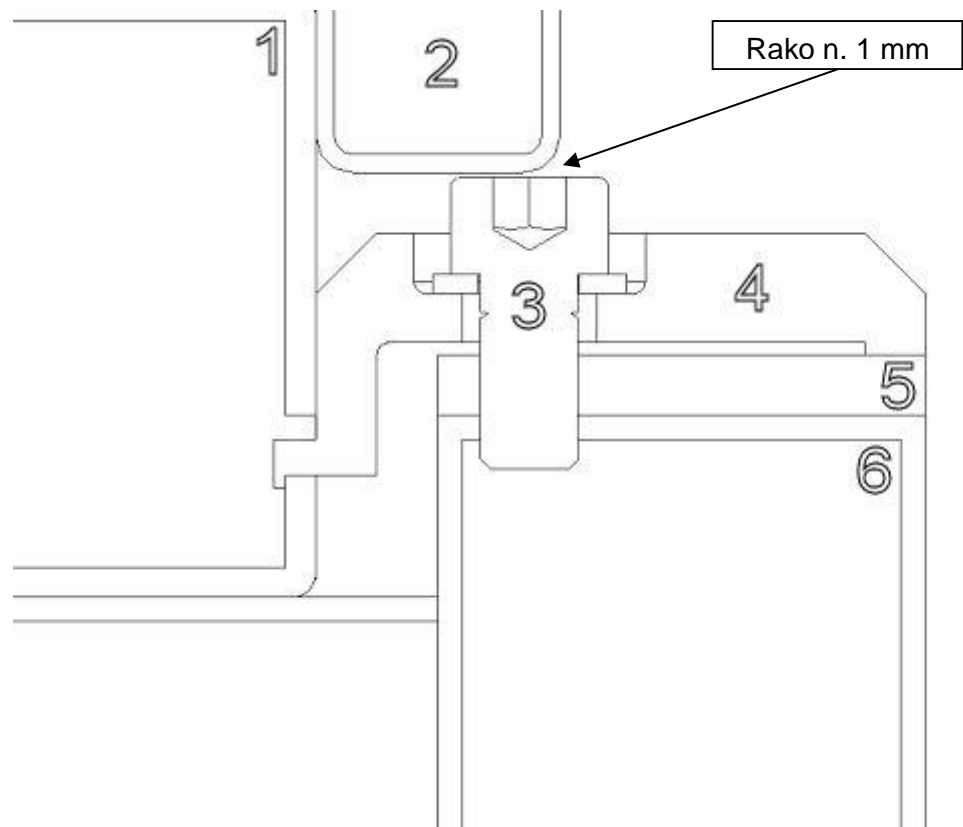


Kuva 16. Periaatekuva modifioidusta vestiraudasta.

Vestiraudassa on soikioreikä rulla-alustaan kiinnittämistä varten (liite 5). Soikioreikä on mitoitettu siten, että se mahdollistaa vestiraudan kiinnityksen mihin tahansa kohtaan rulla-alustan lattaraudan päälle. Soikioreiän pituus on

suurempi kuin lattaraudan kierrereikien reikäjako. Tämä ominaisuus tulee tarpeeseen, sillä kaappimoduulien kuljetuspituuksissa, mitoissa ja niiden kuljetukseen käytettävien rulla-alustojen yhdistelmissä on miltei loputtomasti variaatioita. On mahdotonta ennalta määritellä, mihin kohtaan kussakin kaappimoduuli-rulla-alustayhdistelmässä kaappimoduulin lattiakiinnitysreiät sijoittuvat suhteessa rulla-alustan leveyssuuntaan.

Vestiraudan kiinnitys rulla-alustan lattarautaan tehdään yhdellä M8 kuusiokolopultilla ja aluslevyllä (kuva 17).



Kuva 17. Leikkauskuva modifioidusta vestirautakiinnityksestä, jossa 1. Kaappimoduulin runko, 2. Kaappimoduulin ovi, 3. Kiinnityspultti, 4. Modifioitu vestirauta, 5. Kierrereikä lattarauta, 6. Rulla-alustan runko.

Kuvasta 17 nähdään vestiraudan kiinnitystapa. Kaappimoduulin runko pitää kokoonpanovaiheessa keskittää rulla-alustan päälle mahdollisimman tarkasti. Silloin kaappimoduulin rungon ja rulla-alustan 40 x 40 x 2 mm neliöputken väliin jää sekä kaappimoduulin etu-, että takapuolelle 10 mm rako. Vestiraudan soikioreikä sallii $\pm 1,5$ mm toleranssin kaappimoduulin syvyysuunnassa, suhteessa rulla-alustaan.

Kuvaan 17 on mallinnettu kaappimoduulin ovi, jonka avulla havainnollistetaan vestiraudan kiinnityspultin ja oven väliin jäävää tilaa. Vestiraudan kiinnitykseen on käytetty M8x16 kuusiokolopulttia ja aluslevyä. Joissain tapauksissa kiinnityspultti voi estää kaappimoduulin oven sulkeutumisen. Silloin pitää käyttää kiinnityksessä matalakantaista M8-kuusiokolopulttia. Sen käyttö mahdollistaa myös vestiraudan dimensioiden muuttamisen, esim. kiinnityspultin aluslevyn alle tulevan kielekkeen paksuuden lisäämisen, jos se koetaan tarpeelliseksi. Joissain tapauksissa pultin pituus voi estää rulla-alustojen yhteen liittämisen reikäraudalla, pultin estäessä reikäraudan asettamisen rulla-alustan neliöputken sisään. Silloin vestiraudan kiinnitykseen pitää käyttää esim. M8x14-kuusiokolopulttia.

Myös torx-kantaisten pulttien käyttö on mahdollista; ainoa ero kuusiokolopultteihin verrattuna on niiden suurempi vaatimus kiristystyökalun kohtisuorasta asennosta pulttia kohden. Kuusiokolopulttien asennuksessa on mahdollista käyttää ns. pallopääkuusiokoloavainta kiristystyökalun päässä, jolloin kiristystyökalun käyttö lievässä kulmassa pulttiin nähden on mahdollista ja pultin asennus oletettavasti vaivattomampaa.

Joissain kaappimoduuleissa lattiakiinnitysreiät on teipattava ilmatiiviisti umpeen kaappimoduulin kokoonpanovaiheessa (riippuen kaappimoduulin IP-suojausluokkavaatimuksesta). Vestirautakiinnitystä käytettäessä tämä teippaustyö jää tehtäväksi kaappimoduulin ulkoistetussa pakkaamossa sen jälkeen, kun kaappimoduuli on irrotettu rulla-alustasta. Edellä mainittu toimintatapa ei ole nykyisen tehdasstandardin mukainen. Teipinpalojen puuttuessa kaappimoduuli ei läpäise koekentällä IP-suojausluokkavaatimustaan. Ongelma on ratkaistavissa luvuissa 2.3 ja 2.4 esitettyjä periaatteita hyväksikäyttämällä, esim. kouluttamalla ulkoistetun pakkaamon työntekijät tekemään IP-suojausluokan vaatimat teippaustyöt dokumentaation niin vaatiessa.

6.3 Kiinnitysten kestävyudet

Edellä mainitut kiinnitykset ovat prototyyppeasteella, joten niiden kestävyttä ei voida vielä arvioida muuten kuin matemaattisesti.

Tässä luvussa tehdyt lujuuslaskelmat ovat vain suuntaa-antavia. Laskelmien avulla määritetään vain ohjeellisia arvoja esim. kiinnityksissä käytettäville kiristysmomenteille.

Laskukaavat ovat viitteen 7 lujuusoppi-osion mukaisia ja niissä on käytetty luvussa 5.3.1 ilmoitettua varmuuskerrointa $n = 1,4$.

6.3.1 Lattaraudan kierrereikä

Lattarauta ja sen alle tuleva rulla-alustan 40 x 40 x 2 mm neliöputki muodostavat 7 mm kierresyvyuden. Lattarauta ja neliöputki eivät muodosta täysin yhtenäistä kierrereikää ja kierrereiän alku on senkattu, joten laskukaavoissa on varmuustoimenpiteenä käytetty kierrereiän syvyydessä arvoa 5 mm.

Kierrereikä M8, materiaali rakenneteräs Fe37:

$$\text{Myötöraja } R_e = 235 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Kierteen pohjan halkaisija } d = 8\text{mm}$$

$$\text{Kierteen pituus } s = 5\text{mm}$$

Lattaraudan kierteen kestävä aksiaalisuuntainen voima F saadaan kaavasta:

$$F = A \times \tau_{Sall} \quad (1)$$

jossa A on Kierteen pohjan ala ($\pi \times d \times s$)

τ_{Sall} on sallittu leikkausjännitys

Sallittu leikkausjännitys saadaan kaavasta:

$$\tau_{Sall} = \frac{R_e}{n} \times 0,6 \quad (2)$$

jossa 0,6 on kaavassa käytetty vakio.

Sallitun leikkausjännityksen ollessa tiedossa voidaan lattaraudan kierrereiän kestävä aksiaalisuuntainen voima määritellä kaavan 1 avulla:

$$\underline{F = 12600N}$$

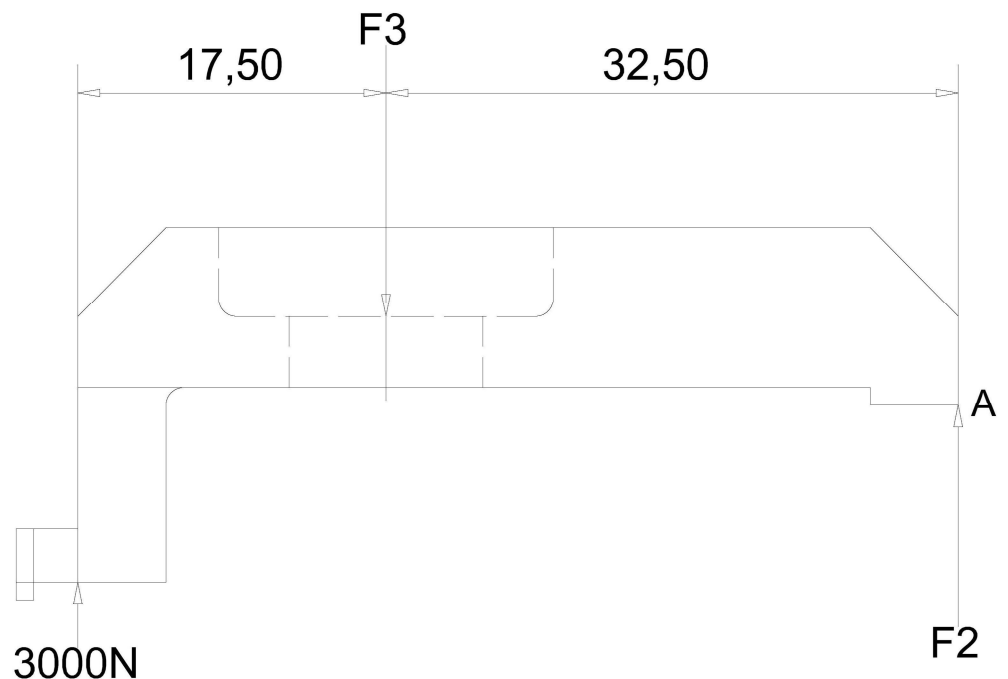
Kun lattaraudan kierrereiän kestävä kiristysvoima on tiedossa, voidaan laivakäyttöversiokaappimoduulien kiinnitystä varten suunnitelluille kiinnitys- ja vestiraudoille määritellä kiristysvoimataulukosta lineaarisesti suhteuttamalla ohjeellinen kiinnityspultin maksimikiristysmomentti (liite 6):

$$\underline{M_{Max} = 19Nm}$$

6.3.2 Modifioitu vestirauta

Modifioidun vestirautakiinnityksen periaatteena on, että jokainen rulla-alusta kiinnitetään kaappimoduuliin vähintään neljällä vestiraudalla. Luvun 4.1 mukaisesti kaappimoduulin maksimimassan ollessa n. 1000 kg leveyssuuntaista 1000 mm:n osuutta kohden suuremman kuorman kantavan 1200 mm pitkän rulla-alustan yhden vestiraudan maksimimassankesto on n. 300 kg. Tämä arvo on valittu tarvittavaksi maksimikiinnitysvoimaksi. Tällöin ylösalaisin käännettynä rulla-alustan neljä vestirautaa kykenisivät kannattelemaan rulla-alustan päälle tulevan kaappimoduulin osion massan.

Vestiraudan kiinnityspultin kiristysmomentin määrittämiseksi on ensin määriteltävä maksimikiinnitysvoiman vaatima kiinnityspultin kiristysvoima (kuva 18).



Kuva 18. Modifioituun vestirautaan vaikuttavien voimien tasapainoyhtälön kuvaaja.

Voimien tasapainoyhtälön kuvaajan avulla voidaan määrittellä vestiraudan kiinnityspultin kiristysvoima F_3 A-pisteen momenttiyhtälöstä:

$$M_A = 32,5\text{mm} \times F_3 - 50\text{mm} \times 3000\text{N} = 0 \quad (3)$$

jolloin

$$F_3 = \frac{50\text{mm}}{32,5\text{mm}} \times 3000\text{N} = \underline{4600\text{N}} \quad (4)$$

Kun Modifioidun vestiraudan vaatima kiristysvoima on tiedossa, voidaan vestiraudalle määrittellä lineaarisesti suhteuttamalla ohjeellinen kiinnityspultin maksimi kiristysmomentti (liite 6):

$$\underline{M_{Max} = 7\text{Nm}}$$

Voimien tasapainoyhtälön kuvaajan avulla voidaan myös todentaa matemaattisesti luvun 6.2.1 vestirautakiinnitystä koskeva nyrkkisääntö:

$$\sum F = F_2 - F_3 + 3000\text{N} = 0 \quad (5)$$

jolloin

$$F_2 = F_3 - 3000\text{N} = \underline{1600\text{N}} \quad (6)$$

Täten kiinnityksessä käytettävä puristusvoima kohdistuu suuremmalta osaltaan kiinnitettävään kappaleeseen.

Kiinnityksen aiheuttaman taivutusmomentin määrittämiseksi on vestiraudasta valittu arvioidusti sen "heikoin" osuus ja määritelty taivutusmomentin suuruus tälle osuudelle.

Vestiraudan "heikoin" eli taivutusmomentin vaikutuksille eniten altistunut osuus on vestiraudan pulttikiinnitystason ohuin kohta, joka sijaitsee soikioreiän pituussuuntaisella keskilinjalla. Kyseiseen osuuteen vaikuttaa myös kiinnityksen maksimitaivutusmomentti, sillä osuuden pituussuuntaisella keskilinjalla on vestiraudan kiinnityspultti. (kuva 19)



Kuva 19. Vestiraudan pulttikiinnitystason ohuimman osuuden mukainen halkaisuprofiili.

Ko. soikioreiän pituussuuntainen keskilinja näkyy kuvasta 18, jossa keskilinja kulkee pisteen F_3 kautta.

Laskennallisen lujuuden arvon määrittämiseksi on vestiraudan ohuimman osuuden mukaista halkaisuprofiilia yksinkertaistettu jättämällä profiilista pois kiinnityspultin aluslevyä vasten tuleva kieleke. Tällöin vestiraudan profiili muodostaa kuvan 19 mukaisesti kaksi suorakaidetta ($b \times h$). Tämä määrittelytapa on ”turvallinen”, sillä todellisuudessa profiilista pois jätetty kieleke lisää vestiraudan rakenteellista lujuutta tässä luvussa määriteltyyn lukuarvoon verrattuna.

Kuvan 17 mukaisesti pisteessä F_3 vaikuttama maksimitaivutusmomentti saadaan kaavasta

$$M_t = 17,5\text{mm} \times 3000\text{N} \quad (7)$$

Modifioidun vestiraudan pulttikiinnitystason halkaisuprofiilin (kuvan 18 mukaisesti kahden suorakaiteen) taivutusvastus saadaan suorakaiteen profiilin taivutusvastuksen kaavasta

$$W_t = \frac{2bh^2}{6} \quad (8)$$

jossa 6 on kaavassa käytetty vakio.

Profiiliin kohdistuva maksimitaivutusjännitys saadaan kaavasta

$$\sigma_{t\max} = \frac{M_t}{W_t} = 177 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (9)$$

Profiiliin kohdistuva sallittu maksimitaivutusjännitys riippuu profiilin materiaalista. Tämä sallittu maksimitaivutusjännitys saadaan kaavasta

$$\sigma_{tsall} = \frac{R_e}{n} \quad (10)$$

jossa R_e on profiilissa käytetyn materiaalin myötöraja.

Materiaalin on kestettävä profiiliin kohdistuva maksimitaivutusjännitys, joten

$$\sigma_{tsall} \geq \sigma_{tmax} \quad (11)$$

6.3.3 Materiaalin valinta

Modifioidun vestiraudan valmistusmateriaalia valittaessa on olemassa useita vaihtoehtoja.

Esimerkiksi SFS-450-standardin mukainen C 45 -nuorrutusteräs, jonka sallittu maksimitaivutusjännitys kaavan 10 mukaan on $264 \frac{N}{mm^2}$. Se on alustavien lujuuslaskelmien mukaisesti varsin riittävä kyseiseen käyttökohteeseen. Nuorrutusteräksen valintaa tähän käyttökohteeseen puoltaa myös se, että nuorrutusteräksiä käytetään perinteisesti rakenteissa, joihin kohdistuu väsyttävä kuormitus. Vestirautaan kohdistuvaa kuormitusta voidaan realistisesti pitää väsyttävänä, varsinkin maantiekuljetuksen aikana.

Modifioitu vestirauta on valmistettavissa NC-koneistamalla kiinnityksellä yhtenäisestä aihioista. Vaihtoehtoinen vestiraudan valmistustapa olisi koota se hitsaamalla kahdesta erillisestä koneistetusta kappaleesta. Silloin aihioista poistettavan materiaalin määrä ei ole niin suuri kuin yhtenäisestä aihioista valmistetussa menetelmässä. Hitsaustyö lisää työvaiheiden määrää ja voi aiheuttaa lämmöntuoton takia taipumia ja vaihtelua vestiraudan rakenteelliseen lujuuteen. Valmistettavien vestirautojen eräkoon ollessa suuri (esim. 1000 - 2000 kpl) hitsaustyö voi hidastaa valmistusprosessia. Käsityönä toteutetuissa hitsisaumoissa voi olla suuriakin laatuvariaatioita.

Modifioidun vestiraudan materiaaliksi olisi mahdollista valita myös alumiiniseos.

Modifioitu vestirauta (varsinkin sen erätuotanto) on toteutettavissa esim. EN AW 2007 -alumiiniseoksesta, jonka sallittu maksimitaivutusjännitys kaavan 10 mukaan on $243 \frac{N}{mm^2}$. Ko. alumiiniseos on ns. automaattisorvauslaatu, ts. seos on helposti koneistettavissa, jolloin sen käyttö vestiraudan erätuotannossa yhtenäisestä aiheista koneistettuna minimoi koneistuksesta aiheutuvia valmistuskustannuksia. (liite 7)

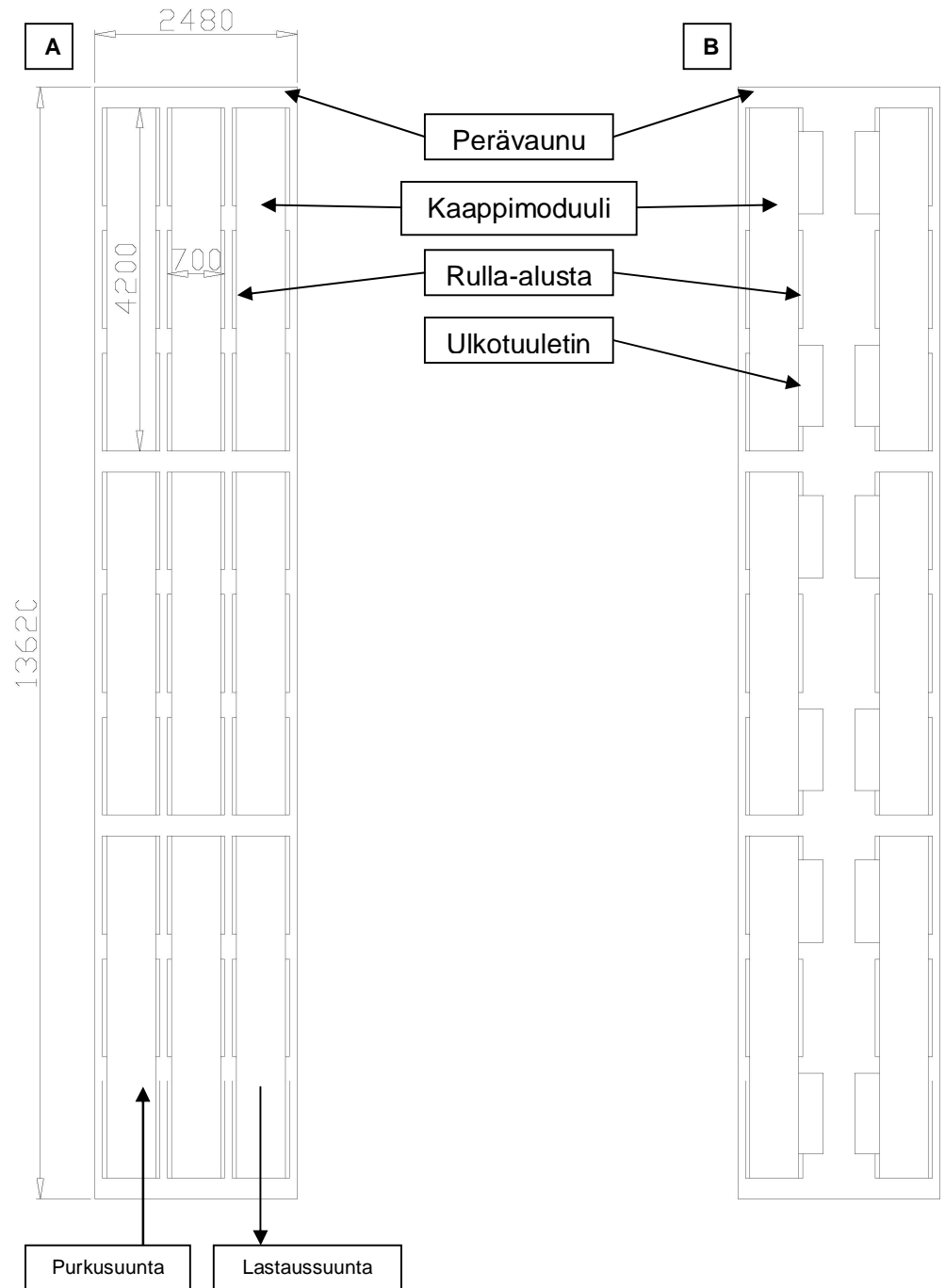
Alumiinilla on suurempi kilo- ja metrihinta kuin teräksellä. Alumiinin lastuamisnopeus on suurempi jolloin sen valmistuskustannukset ovat pienemmät. Tällöin yksittäisen vestiraudan valmistuskustannukset ovat alumiinille ja teräkselle samat, kun valmistetaan n. 800 kpl:n erä. Vastaavasti 1000 kpl:n erä alumiinista valmistettuna on n. 5 % halvempi teräkseen verrattuna.

6.4 Kiinnitys kuljetusvälineeseen

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön aikana esiin tulleita ideoita ja mahdollisuuksia projektin jatkotyötä ajatellen.

Kaappimoduulien muodostamia kuljetuspituuksia tulee takaa lastattavaan perävaunuun kolme rinnakkain ja maksimikuljetuspituuksia on mahdollista lastata perävaunuun kolme peräkkäin. (kuva 20)

Kolmen rinnakkain asetetun rulla-alustan yhteenlaskettu leveys on 2100 mm, jolloin rulla-alustojen ja perävaunun väleihin jää yhteensä n. 380 mm. Asetettaessa rulla-alustat kaappimoduuleineen perävaunuun tasaisin välein jäävät sekä perävaunun seinämän ja rulla-alustan että rulla-alustojen välit kukin alle 100 mm suuruisiksi. Vastaava väli kaappimoduulien kohdalla on n. 170 mm. Tämä tilanahtaus hankaloittaa kuorman sitomista perävaunuun. Kaappimoduulien väliset etäisyydet koskevat niitä kaappimoduuleita, joissa ei ole esim. kaappimoduulin syvyys-suuntaista mitta- kasvattavia ulkotuulettimia. Ulkotuulettimilla varustettuja kaappimoduuleita ei voida tilanahtauden takia kuljettaa perävaunussa kolmea rinnakkain, vaan niitä mahtuu rinnakkain kaksi rivistöä. Silloin kaappimoduulit ovat perävaunun laidoilla niin päin, että ulkotuulettimet tulevat perävaunun keskilinjan puolelle. Näin ulkotuulettimet vievät tilaa perävaunusta kaappimoduulien keskimmäisen rivistön verran. (kuva 20).



Kuva 20. Perävaunuun lastatut maksimikuljetuspituudet, jossa A: 9 kpl maksimikuljetuspituuksia, B: 6 kpl maksimikuljetuspituuksia, joissa ulkotuulettimet.

Kaappimoduuli-rulla-alusta yhdistelmän kiinnittäminen perävaunuun koostuu kahdesta erillisestä osa-alueesta:

- Rulla-alustan varmistaminen perävaunun lattiaan kiinni kitkan avulla tai mekaanisesti
- kaappimoduulin yläpään tuenta/sidonta sen korkeudesta ja kaatumisvaarasta johtuen.

6.4.1 Kitka

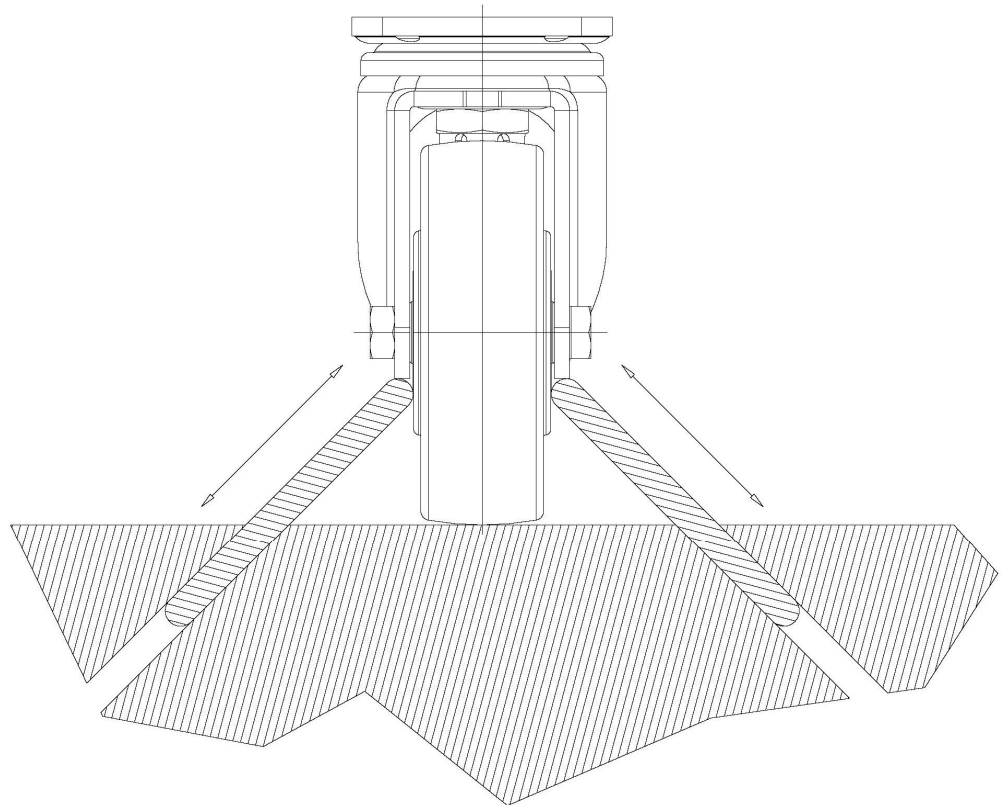
Rulla-alustoissa on vain toisella puolella lukittavat renkaat, joita ei tilanahtauden takia pääse lukitsemaan, joten kitkan tuottaminen perävaunun ja rulla-alustan välille on ongelma.

Mahdollinen ratkaisu ongelmaan voisi olla perävaunun valinnainen välilattia, johon olisi rakennettavissa esim. rulla-alustan kiinnitys tai kitkantuotto rulla-alustan renkaille. Esimerkkinä tästä on mekanismi, joka mekaanisesti tuottaa kitkan perävaunun lattian ja rulla-alustan renkaan välillä. Tämä mekanismi olisi mahdollista toteuttaa perävaunun välilattiaan esim. koko lattian pituisilla (3 x maksimikuljetuspituus) ohjainkiskoilla, jotka toimivat kolmiasentoisesti:

1. ohjauksiskoina kuorman lastauksen aikana
2. kitkantuottajina kuljetuksen aikana rulla-alustan renkaisiin
3. "pois tieltä" kuorman purkamisen aikana, jotta kuorman purkaminen tapahtuisi jouhevasti.

Mekanismissa ohjainkiskot nousevat perävaunun välilattiasta ylös n. 45°:n kulmassa. Kuorman lastausvaiheessa kiskot nousevat kokonaisliikerataansa nähden puoleenväliin, jolloin kiskot ohjaavat kaappimoduuli-rulla-alustayhdistelmää perävaunun sisällä. Toiminto on tarpeellinen, sillä pitkät kaappimoduulikuljetuspituudet on työnnettävä perävaunuun. Niiden "etupäätä" ei pysty tilanahtauden takia ohjaamaan, jolloin kaappimoduulin etupään saaminen haluttuun kohtaan on erittäin vaikeaa perästä työnnettynä, ilman ohjausta.

Kun kaappimoduulit on saatu asetettua perävaunuun, ohjainkiskot työntyvät täysin ulos. Ne puristavat rulla-alustan renkaan kylkiä muodostaen renkaan ja perävaunun lattian välille kitkan (kuva 21).



Kuva 21. Periaatekuva ohjainkiskojen liikeradasta, ohjainkiskot täysin ulostyönnettynä.

Perävaunun lastin purkuvaiheessa ohjainkiskot vetäytyvät alas perävaunun lattian tasaan. Silloin kaappimoduuleita ulos vedettäessä ohjainkiskot eivät ole rulla-alustojen renkaiden tiellä. Tämä toiminto on tarpeellinen. Rulla-alustojen kääntyvät renkaat pyrkivät kääntymään 90° (lastaukseen nähden vastakkaiseen suuntaan), kun kaappimoduulit vedetään perävaunusta ulos.

Ohjainkiskojen liikerata voidaan toteuttaa esim. kiilaperiaatteella. Silloin perävaunun välilattiassa oleva moottori pyörittää työstökoneista tutun periaatteen mukaisesti kuularuuvia. Se puolestaan liikuttaa ohjainkiskon alla olevaa kiilapalaa, joka pakottaa ohjainkiskon joko nousemaan tai laskemaan. Etuna on se, ettei kitkantuotto ole riippuvainen ohjausvirrasta tai pneumaattiseen järjestelmään verrattuna paineen säilymisestä järjestelmässä. Järjestelmä on turvallinen käyttää, se on staattinen ohjausvirrasta riippumatta.

6.4.2 Kuorman tuenta ja sidonta

Kaappimoduulien yläpään tuentaa varten olisi syytä harkita perävaunun kylkien vahvistamista, jolloin kaappimoduulien muodostama tilanahtaus perävaunussa voitaisiin käyttää hyväksi.

Pienet välit kaappimoduulien ja perävaunun kylkien välissä tekevät mahdolliseksi käyttää väleihin sopivia tuentapaloja, jotka helpottavat kuorman tuentaa perävaunussa. Tilanahtauden takia erillisiä tukipaloja ei kuitenkaan voi asentaa perävaunuun paikoilleen kaappimoduulien lastauksen jälkeen. Kysymykseen tulisi esim. kaappimoduulin nostokorviin tai -palkkeihin etukäteen asennetut tuentapalat. Etukäteen asennettuja tuentapaloja ei kuitenkaan saa täysin tiiviiksi kaappimoduulien ja perävaunun väleihin perävaunun leveyssuunnassa, sillä kaappimoduulien täytyy olla työnnettävissä perävaunuun. Ongelmana etukäteen asennetuissa tukipaloissa on se, että kuljetuksen aikana varsinkin kaarreajotilanteissa kaappimoduulit voivat päästä yläpäästään heilumaan perävaunussa. Tuentapaloja voisi kuitenkin hyödyntää kaappimoduulien väleissä perävaunun pituussuuntaisesti, sillä kaappimoduulit on työnnettävissä tuentapaloihin ”tiivisti” kiinni perävaunun lastausvaiheessa. Tuentapalojen hyödyntäminen on oleellista varsinkin kuvan 2 mukaisessa tapauksessa, jossa kaappimoduulin pituussuuntaista mitta kasvattavat kaapiston johdinkiskot.

Kaappimoduulien tuennan mahdollistamiseksi perävaunun leveyssuunnassa voisi soveltaa esim. perävaunun kattoon asennetuissa C-kiskoissa roikkuvia ”ilmatyynyjä”. Ilmatyyny voi ennen lastausta tarvittaessa asettaa C-kiskolle vastaamaan lastattavien kaappimoduulien positioita perävaunussa. Lastauksen jälkeen ilmatyyny paineistetaan, jolloin ne täyttävät perävaunun seinämien ja kaappimoduulien muodostamat välit.

Ongelma kuorman tuennassa ko. ilmatyynyjen avulla on se, että kuorman tuenta jää paineistetun järjestelmän varaan. Ongelmana on tilanne, jossa ilmatyynyjen muodostama tuenta katoaa järjestelmässä esiintyvän vuodon takia. Ongelma on ratkaistavissa tekemällä ilmatyynyistä esim. puolen metrin mittaisia ja asettamalla ne peräkkäin kaappimoduulien ja perävaunun seinien väleihin. Erittelemällä ilmatyynyistä joka toinen erilliseen paineistusjärjestelmään saadaan kaksi paineistusjärjestelmää, Toisen järjestelmän paineistuksen kadotessa esim. vuodon takia kaappimoduulien

tuenta puolittuu eikä katoa täysin. Näin järjestelmän vuotamisvaara saadaan puolitettua ja turvallisuutta lisättyä entisestään asentamalla järjestelmiin painevahdit, jotka vuodon sattuessa antavat hälytyksen kuljettajalle.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vaikka jotain ei ole ennen tehty, se ei tarkoita, ettei se olisi tehtävissä. Ilman innovatiivista ja kokeilunhaluista ajattelutapaa teknologiateollisuus ja tuotannonsuunnittelu eivät olisi koskaan kehittyneet eivätkä teollisten tuotteiden valmistajat ja palveluiden tarjoajat olisi kilpailukykyisiä.

Kysynnän kasvusta johtuen tuotanto tarvitsee lisäkapasiteettia ja lisää tehdasneliöitä. Tehtaan laajennus ei ole mahdollista. Pakkaamon ulkoistamisesta saavutettu kokonaishyöty on suurempi kuin siitä syntyvät kustannukset. Kokoonpanon satojen rulla-alustojen muutosten tekeminen, perävaunun tilaaminen, sen välilattian modifiointi ja kylkien vahvistaminen sekä vestirautojen valmistuskustannukset jäävät kokonaiskustannuksia ja saavutettuja etuja ajatellen alhaisiksi.

7.1 Ulkoistaminen

Palveluiden ja tuotantoprosessien eri osa-alueiden ulkoistaminen on yleistynyt. Sitä pidetään aivan normaalina toimintamallina. Ei ole olemassa sovellettavia ennakkotapauksia tai tietotaitoa tuotteen pakkaamon ulkoistamisesta. Elektroniikkatuotteet kuljetetaan niin ilma- meri- kuin maantiekuljetuksin valmiiksi pakattuina. On ennenkuulumatonta, että tuote joka vaatii kuljetuspaketoinnin, poistuu tehtaalta pakkaamattomana.

Kaappimoduulien pakkaamon ulkoistaminen olisi syytä toteuttaa tiiviissä yhteistyössä viranomaisten kanssa. Joiden maantiekuljetuksia koskevat vaatimukset ovat selkeitä, jolloin esimerkiksi kuljetusapuvälineiden suunnittelutyö on perusteltavissa.

Alihankkijayritys, jonka tiloihin kaappimoduulien pakkaamo siirretään, tulisi valita mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Siten alihankkijayritys on mahdollista jo projektin alkuvaiheessa integroida osaksi pakkaamon

ulkoistamisen suunnittelu- ja toteutustyötä. Yritysten keskeinen tiedonsiirto ja yhteistyö suunnitteluprosessissa ovat kriittisen tärkeitä uutta sovellusta toteutettaessa.

7.2 Työn saavutukset

Saumaton prosessi, jossa kaappimoduulit eivät jää puskuriin tehtaan käytäville vaan voidaan siirtää suoraan kuljetusvälineeseen koestuksen jälkeen, on pakkaamon ulkoistamisen suunnittelussa vaikeimpia osa-alueita, kun taas varsinaisen kaappimoduulien siirron suunnittelu on mekaaninen ja logistinen ongelma. Varsinkin uusien vaatimusten dokumentointi ja kirjaaminen on tärkeää. Työntekijöiden kouluttaminen ja alihankkijalta tiedon takaisinkytkentä on myös saatava kuntoon heti alussa. Esimerkiksi mahdollisten IP-suojausluokkavaatimuksia koskevien käytäntöjen muuttuessa vaatimuksia valvova luokituslaitos tulisi myös ottaa mukaan kaappimoduulien pakkaamon ulkoistamisen suunnitteluun ja toteutukseen. Ideaalinen olisi esim. luokituslaitoksen alihankkijayritykselle myöntämä sertifikaatti, jolloin välttyttäisiin "turhilta" tarkastuksilta.

ACS800-kaappimoduulien pakkaamon ulkoistamisen täydellinen läpikäynti, siihen liittyvin kaikkien ongelmien ratkaisu sekä sovellusten testaus ja toteutus on aivan liian laaja aihealue yhdelle insinööriyölle.

Tämän opinnäytetyön tulos on uusien kiinnitysvälineiden ja rulla-alustojen mekaanisten muutosten suunnittelu. Niiden avulla on todistettu, että kaappimoduulien siirto tehtaan ulkopuoliseen pakkaamoon on teoriassa mahdollista. Työ on saavuttanut sille asetetut tavoitteet vastaamalla myöntävästi tutkimuskysymykseen, onko ACS800-kaappimoduulien pakkaamon ulkoistaminen toteutettavissa.

Uudet kiinnitysvälineet ja rulla-alustojen muutokset on suunniteltu viranomaisten vaatimuksia noudattaen vastaamaan ko. ulkoistamisen kuljetuslogistisia tarpeita. Suunnittelutyössä on otettu huomioon lujuuslaskelmat, kustannustehokkuus sekä valmistettavuus.

7.3 Projektin jatkaminen

Tämä opinnäytetyö sisältää kuljetusvälineen mahdollisten muutosten pohdintaa. Esimerkiksi välilattian muutokset, jotta se vastaisi kaappimoduulien kuljetusvaatimuksia.

Modifioiduista vestirautoista on tehty pikamallinnuskoneella PVC-muovista 4 prototyypikappaleita. (kuva 22).



Kuva 22. Modifioitujen vestirautojen prototyypikappaleet.

Prototyypikappaleita on mahdollista sovittaa kaappimoduulin ja rulla-alustan väliseen kiinnitykseen Näin voidaan helposti arvioida ratkaisun soveltuvuutta käytännössä.

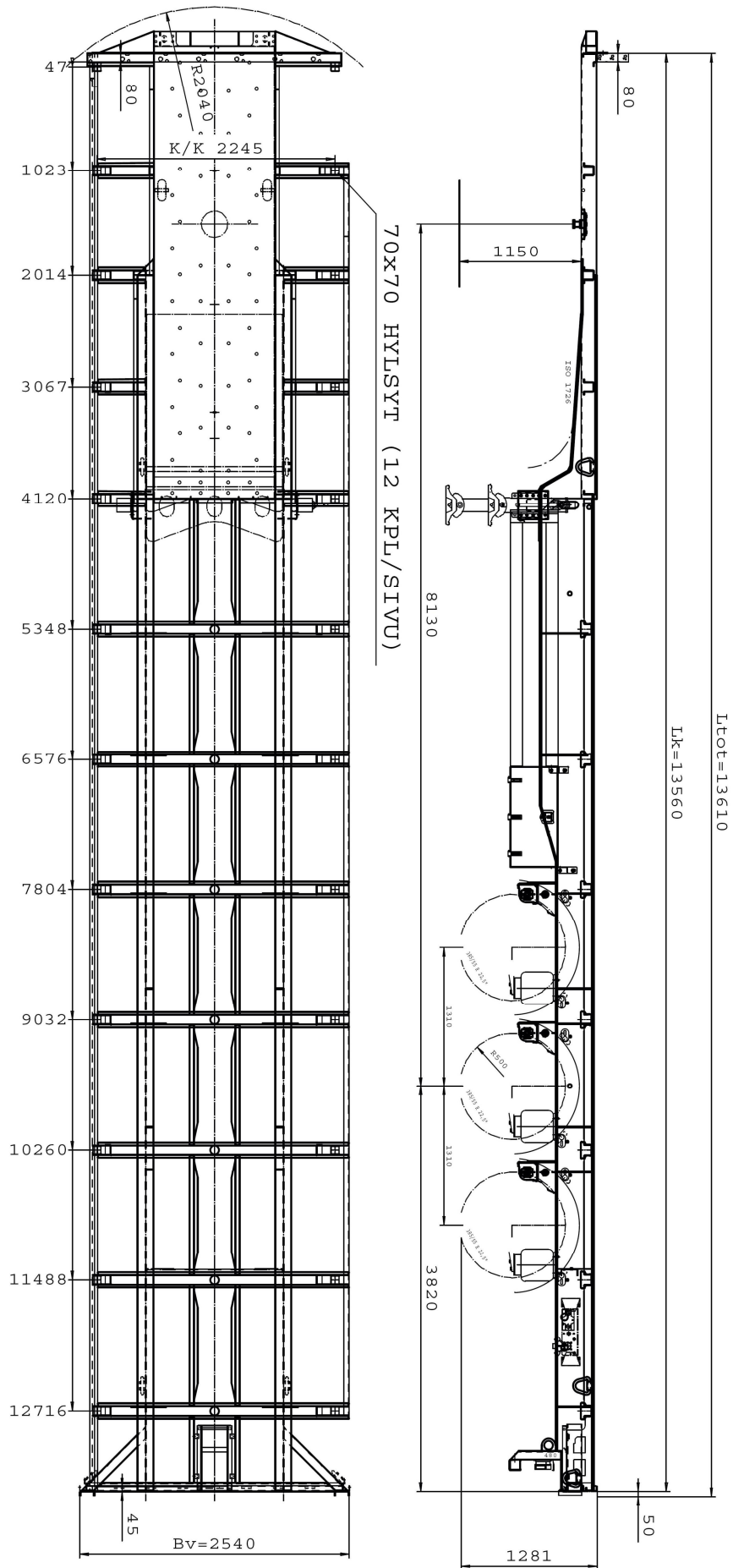
Seuraavaksi olisi syytä tutkia vestirautakiinnityksen toimivuutta käytännössä. Esimerkiksi kolmen rinnakkaisen kuljetuspituuden asettelua peräkärriin ja sidonta/tuenta mahdollisuuksia (kuva 20, kohta A). Tämä on mahdollista toteuttaa valmistamalla 36 kpl vestirautoja ja 9 kpl luvun 6.2.2 mukaisia muutoksia rulla-alustoihin.

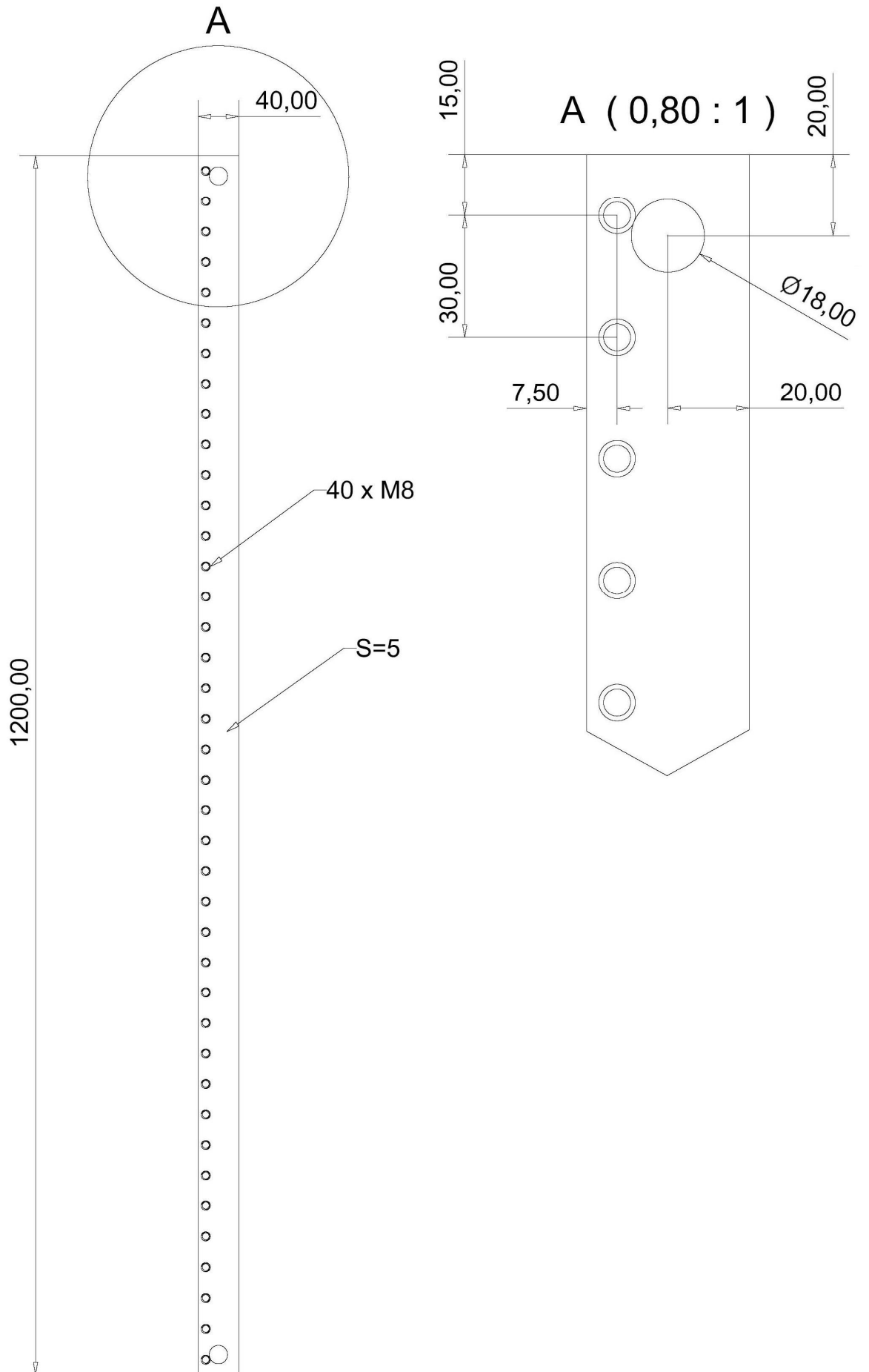
VIITELUETTELO

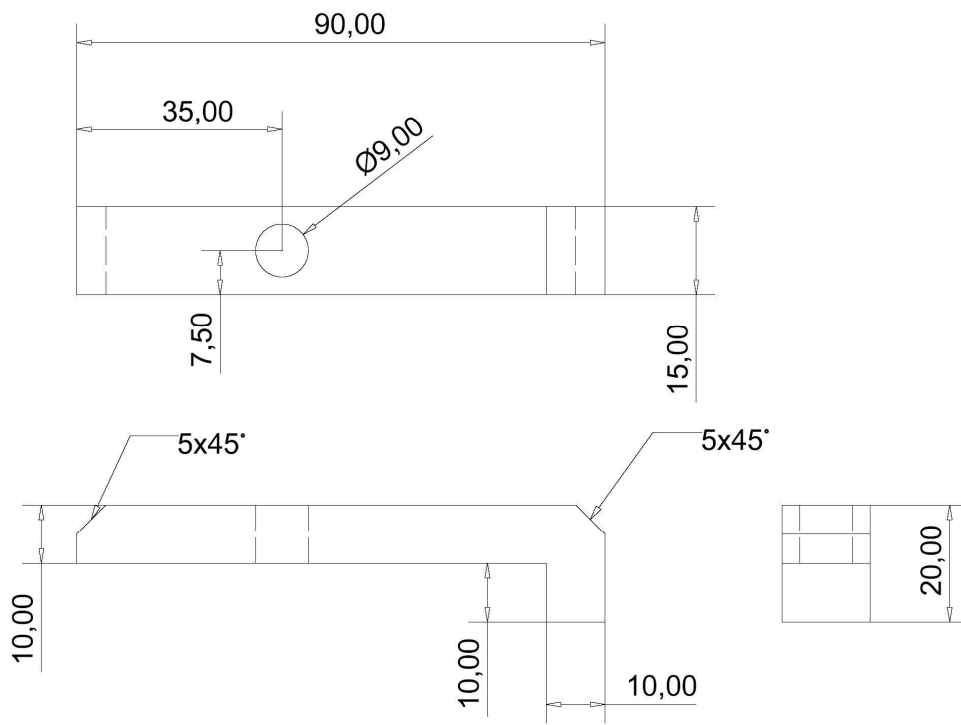
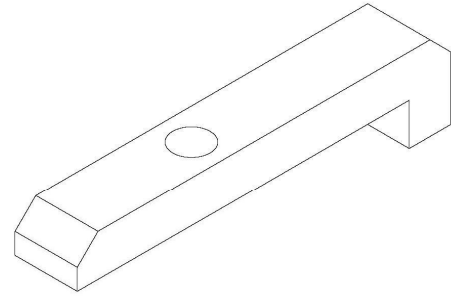
- /1/ Hyppönen Risto ym., *Logistiikka kilpailutekijänä*. Järvenpää: ECL. 2005.
- /2/ ABB Oy intranet
- /3/ ABB Oy, *ACS 800 taajuusmuuttajat tuoteluettelo (3AFE68481261)*. 24.5.2006.
- /4/ ABB Oy, *ACS800 Multidrive Kaappiin asennetut taajuusmuuttajat Mekaaninen asennus (3AFE68255988)*. 14.8.2006.
- /5/ SKAL Suomen kuljetus ja logistiikka, *Ajoneuvon kuormaamista ja kuorman varmistamista koskevat ohjeet*. 1.12.2004.
- /6/ Hitsausmestari Matti Hurmeen haastattelu. Amiedu. 9.2.2007
- /7/ Mäkelä Mikko ym., *Tekniikan kaavasto*. Jyväskylä: Tammertekniikka. 2002.

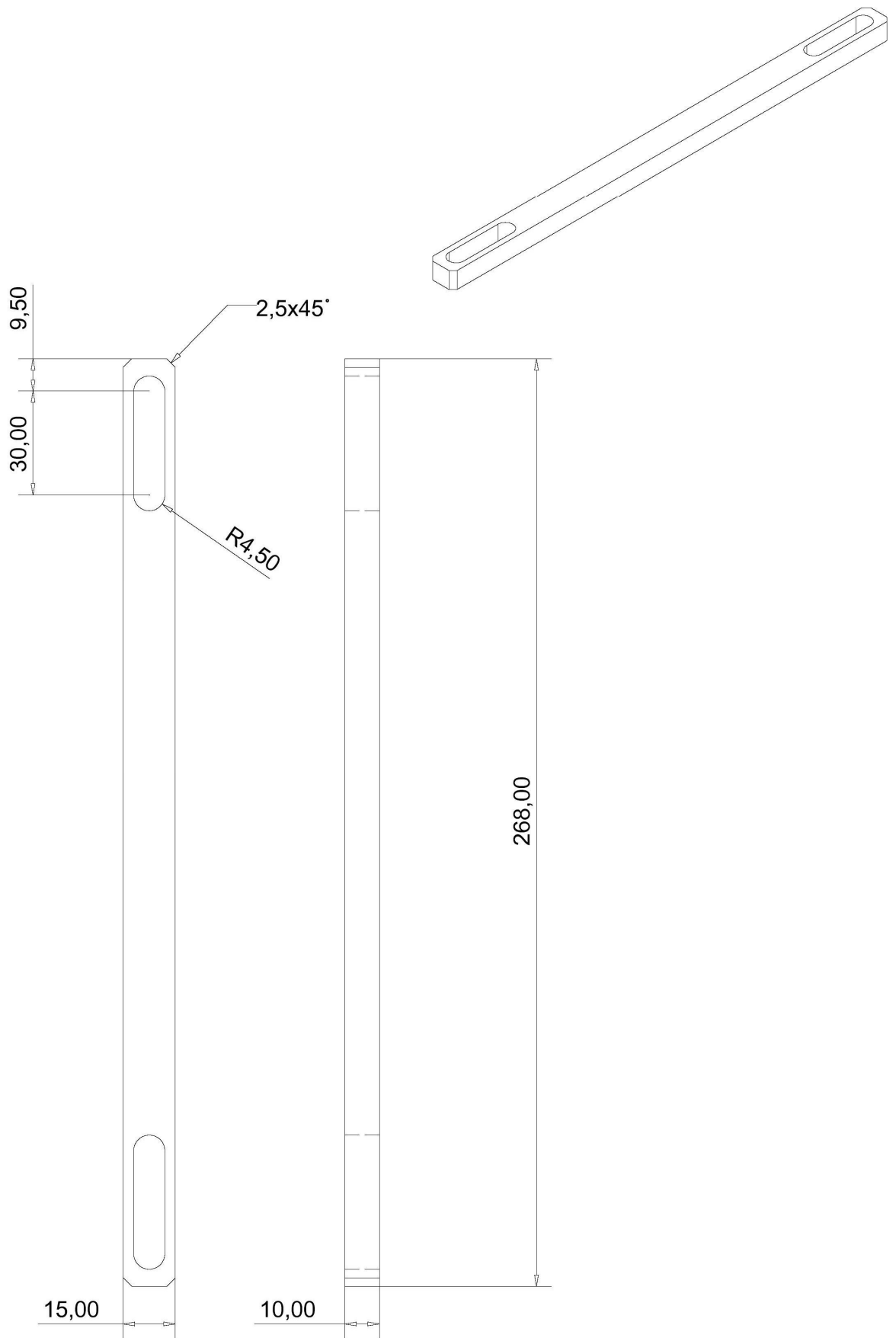
LIITELUETTELO

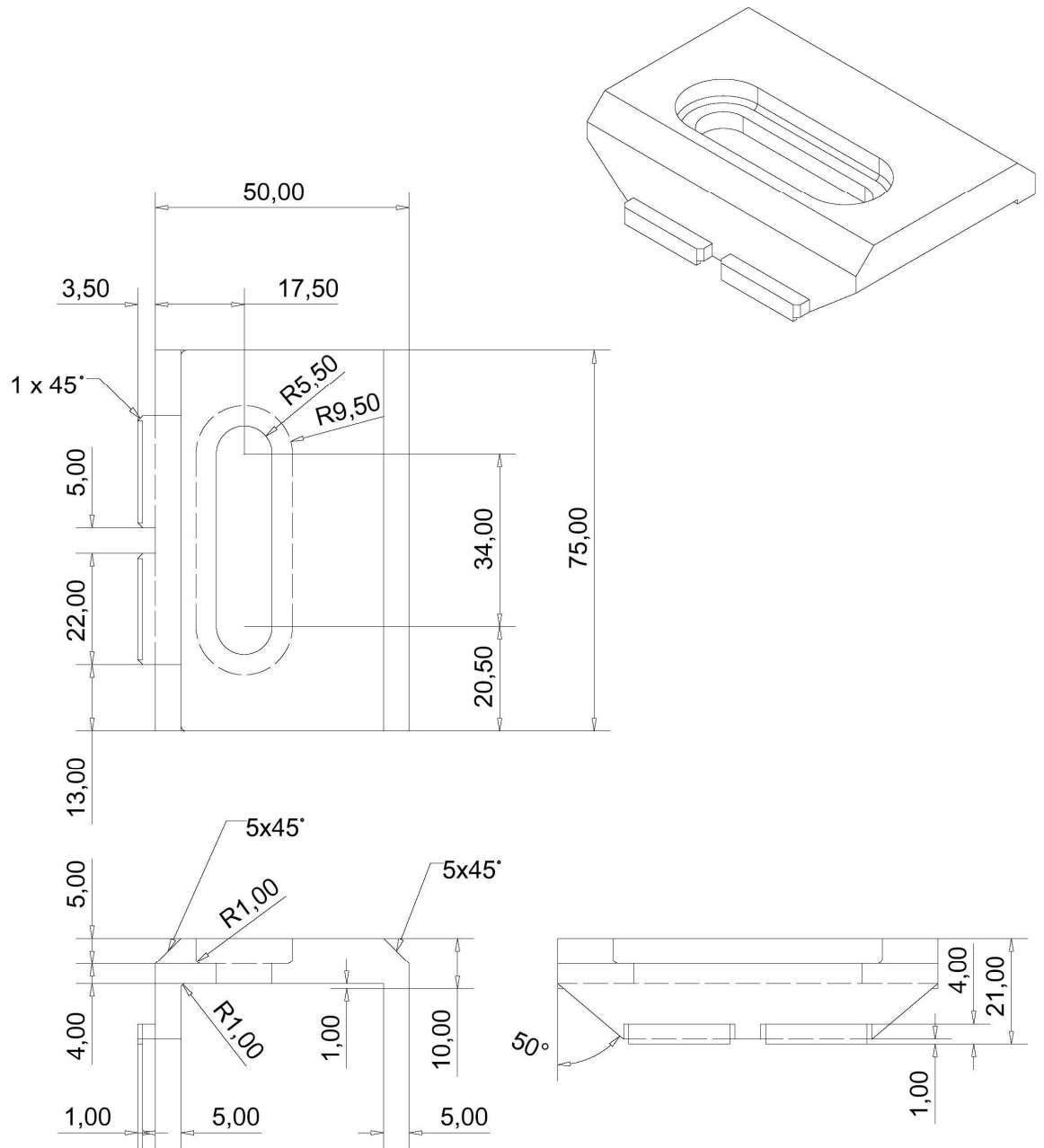
- Liite 1: Mittakuva, kaappimoduulien kuljetukseen käytettävä perävaunu.
- Liite 2: Mittakuva, rulla-alustaan lisättävät kierrereiälliset lattaraudat.
- Liite 3: Mittakuva, vestirauta (laivakäyttöversio).
- Liite 4: Mittakuva, kiinnitysrauta (laivakäyttöversio).
- Liite 5: Mittakuva, modifioitu vestirauta (muut kuin laivakäyttöversiot).
- Liite 6: Taulukko, pulttien kiristysvoimat.
- Liite 7: Taulukko, alumiiniseoksien ominaisuuksia ja käyttökohteita.











Koko	Kireys [N]			Kiristysmomentti [Nm]		
	8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M4	3900	5750	6700	3,0	4,4	5,1
M5	6400	9400	11'000	5,9	8,7	10
M6	9000	13'200	15'500	10	15	18
M8	16'500	24'300	28'400	25	36	43
M10	26'300	38'700	45'200	49	72	84
M12	38'400	56'500	66'000	85	125	145
M16	72'500	107'000	125'000	210	310	365
M20	117'000	166'000	195'000	425	610	710
M24	168'000	240'000	281'000	730	1050	1220
M27	222'000	316'000	369'000	1100	1550	1800
M30	269'000	384'000	449'000	1450	2100	2450
M33	335'000	480'000	560'000	2000	2800	3400
M36	395'000	560'000	660'000	2600	3700	4300
M39	475'000	670'000	790'000	3400	4800	5600

ALUMIINIEN VERTAILUTAUUKKO								
EN AW	AA	WERKSTOFF	DIN	SS	R _{0,2%} MPa	R _m MPa	HB	Käyttökohteet
1050A	1050A	3.0255	Al99,5	4007	20	65	20	Hyvä korroosiokesto, hyvä muovattavuus
1070A	1070A	3.0275	Al99,7	4005	15	60	18	Hyvä korroosiokesto, hyvä muovattavuus
1200	1200	3.0205	Al99,0	4010	25	75	23	Syvävetoon, lämmönvaihtimet
2007	2007	3.1645	AlCuMgPb	4335	220	340	90	Automaattisorvauslaatu
2014	2014	3.1255	AlCuSiMn	4338	440	360	120	Suuri lujuus, lentokoneiteollisuus
2017A	2017	3.1325	AlCuMg1		260	380	110	Pakkausteollisuus, hyvä lujuus
2024	2024	3.1355	AlCuMg2		330	460	120	Suuri lujuus ja sitkeys, lentokoneiteollisuus
3003	3003	3.0517	AlMnCu		35	95	28	Hyvä korroosiokesto, hyvä muovattavuus
3103	3103	3.0515	AlMn1	4054	35	90	27	Autokorilaatu
5005	5005	3.3315	AlMg1	4106	110	145	47	Anodisointilaatu
5052	5052	3.3523	AlMg2,5	4120	65	170	47	Hyvä korroosiokesto
5083	5083	3.3547	AlMg4,5Mn	4140	125	275	75	Hyvä korroosiokesto, merivesilaatu
5754	5754	3.3535	AlMg3	4125	80	200	50	Merivesilaatu, hyvä hitsattavuus
6012	6012	3.0615	AlMgSiPb		200	275	80	Automaattisorvauslaatu
6061	6061	3.3211	AlMg1SiCu		240	290	90	Hyvä hitsattavuus, suuri lujuus
6063	6063	3.3206	AlMgSi0,5	4104	160	215	70	Yleisin profiililaatu, sopii anodisointiin
6082	6082	151636	AlMgSi1	4212	255	315	95	Yleisin koneenrakennusseos, anodisoitava
6262	6262		AlMg1SiPb		240	290	85	Automaattisorvauslaatu, anodisoitava
7010	7010	3.4394			485	545	150	Suuri lujuus, lentokoneiteollisuus
7020	7020	3.4335	AlZn4,5Mg1	4425	275	350	105	Suuri lujuus, hitsattava
7050	7050	3.4144			485	545	150	Lentokoneiteollisuus, muotinvalmistus
7075	7075	3.4365	AlZnMgCu1,5		505	570	150	Muottiteollisuus, työvälineet, lentokoneet
7475	7475	3.4384			420	500	140	Lentokoneiteollisuus

