

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Lentokonetekniikka

Tutkintotyö

Tero Långström

**SELVITYS ULKOISEN KUORMAN KIINNITYSTEELINEEN
HANKKIMISESTA MD-500-HELIKOPTERIIN**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2006

DI Heikki Aalto
Utin Jääkärirykmentti

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Tero Långström,

Selvitys ulkoisen kuorman kiinnitystelineen hankkimisesta MD-500-helikopteriin

Tutkintotyö

36 sivua + 6 liitesivua

Työn ohjaaja

DI Aalto, Heikki

Työn teettäjä

Utin Jääkäriyrykmentti

Huhtikuu 2006

TIIVISTELMÄ

Suomen Puolustusvoimilla on tällä hetkellä käytössään kahdeksan MD-500-helikopteria. Kaikki kopterit ovat sijoitettu Utin Jääkäriyrykmenttiin.

Helikoptereihin kiinnitetään tarpeen vaatiessa lisävarusteita.. Tällaisia varusteita ovat mm. kaiutin, maalisimulaattori sekä tutkat. Lisävarusteet kiinnitetään tällä hetkellä ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan, jossa voi olla kerrallaan kiinni vain yksi varuste.

Tutkintotyön tarkoitus on selvittää kannattaako puolustusvoimien investoida erillistä kiinnitystelinettä MD-500-helikoptereihin ulkoisen kuorman kuljettamista varten. Työ on luonteeltaan selvitystyö, eikä siinä ole tarkoitus suunnitella kyseistä telinettä. Työssä käsitellään niin tämän hetkistä ulkoisen kuorman kiinnityskohtaa sen heikkouksineen ja vahvuuksineen, kuin pohditaan mahdollisen kiinnitystelineen tuomia etuja sekä rajoituksia. Työssä otetaan myös lyhyesti huomioon tuotantotaloudellisen näkökulman, jotta kokonaisuus hahmottuu paremmin.

Työn lopputulos on, että vaikka erillisen uuden kiinnitystelineen suunnittelu ja valmistuskustannukset ovat varsin suuret, pitemmällä tähtäimellä kiinnityslaitteesta saatu hyöty on niin suuri, että laitteen hankkiminen kannattaa. Telineestä saatuja hyötyjä ovat mm. usean lisävarusteen yhtäaikainen kiinnitys, kiinnittämisen nopeutuminen sekä uusien varusteiden helppo kiinnittäminen kopteriin.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering
Aircraft technology
Långström, Tero

Engineering Thesis
Thesis Supervisor
Commissioning Association
April 2006

Account of investing on a fasten holder to the MD-500-helicopters

36 pages + 6 appendices
DI Aalto, Heikki

ABSTRACT

The Finnish Defence Forces have eight MD-500-helicopters at the moment. All of these helicopters are located in Utti. MD-500-helicopters can carry optional equipment, for example speakers, radar and target simulator. At the moment it is possible to fasten only one device at the time to the copter.

The aim of this thesis is to find out, if it is wise for The Finnish Defence Forces to invest in new fasten holder to MD-500-helicopter. The aim is not to design this holder, but to find out if this kind of holder has benefits compared to the system today. In this thesis both benefits and weaknesses of both systems will be presented. Also costs of production will be taken into consideration.

The thesis shows that even it is quite expensive to manufacture the fasten holder, it is for longer period paying. Benefits of the fasten holder are for example that it saves time, it enables to fasten many devices at the same time and it enables to fasten new devices to the copter in the future.

ALKUSANAT

Ulkoisen kuorman kuljettaminen on tärkeä osa helikopteritoimintaa. Puolustusvoimissa ulkoisen kuorman kiinnitystä ja käyttöä halutaan parantaa ja helpottaa. Käytännön kokemuksista heräsi ajatus mahdollisesta erillisestä kiinnitystelineestä, joka helpottaisi kuorman kuljettamista. Juuri tästä mahdollisesta kehitystarpeesta syntyi idea työlleni. Työn aihe muodostui yhteistyössä Utin Helikopteripataljoonan sekä Lentotekniikkalaitoksen kanssa.

Työ on tehty yhteistyössä Utin Helikopteripataljoonan kanssa ja työssä esimerkkikopterina käytetään McDonnell Douglas MD-500-369E. Työ on tehty suurilta osin Utin Jääkäriyrykmentissä, jossa olin kuukauden verran töissä. Koko työn ajan Utin henkilökunta oli valmis auttamaan minua ja sainkin heiltä arvokasta tietoa työhöni liittyen. Tuotantotaloudellista näkökulmaa kirjoittaessani sain apua myös Lentotekniikkalaitokselta.

Haluan kiittää niin Utin Helikopteripataljoonaa ja erityisesti Pasi Kaikosta yhteistyöstä. Kiitokset kuuluvat myös Lentotekniikkalaitoksen Harri Koskiselle ja Petri Syrjälälle. Sain heiltä kaikilta apua ja neuvoja työhöni tarvittaessa.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

1 JOHDANTO.....	6
2 HELIKOPTERITOIMINTA SUOMESSA.....	8
2.1 HELIKOPTERIEN HISTORIA	8
2.2 HELIKOPTERIT PUOLUSTUSVOIMISSA.....	10
3 ULKOISEN KUORMAN KIINNITYSKOHTA.....	12
3.1 TARKOITUS JA KÄYTTÖ.....	12
3.2 HYÖDYT JA HAITAT	16
4 ERILLINEN KIINNITYSTELINE.....	17
4.1 TOIMINTAPERIAATE	17
4.2 MATERIAALIT	21
4.2.1 Alumiini	21
4.2.2 Komposiitti.....	21
4.3 VALMISTUS.....	23
4.4 VAIKUTUS LENTO-OMINAISUUKSIIN	24
4.5 HYÖDYT JA ONGELMAKOHDAT	28
5 TUOTANTOTALOUDELLINEN NÄKÖKULMA	29
5.1 SUUNNITTELEMINEN JA VALMISTUS	29
5.2 KUSTANNUKSET	29
6 PÄÄTELMÄT.....	32
LÄHTEET.....	35
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Ulkoisen kuorman kiinnityskohta on oleellinen kopteritoiminnassa, koska se mahdollistaa kopterin tehokkaamman käytön. Ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan voidaan kiinnittää erilaisia lisävarusteita, esimerkiksi kaiuttimia, tutkajärjestelmiä tai maalisimulaattoreita. Tällä hetkellä kaikki lisävarusteet kiinnitetään ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan, erillistä kiinnitystelinettä ei ole. Kiinnitystelineen puuttuminen vaikeuttaa erilaisten lisävarusteiden kiinnittämistä ja kiinnittäminen on aikaa vievää.

Tutkintotyön tarkoitus on selvittää kannattaako helikopterin ulkoisen kuorman kuljettamiseen suunnitella ja rakentaa erillistä telinettä, jonka avulla pystyttäisiin kuljettamaan useanlaisia lisävarusteita. Työssä otetaan huomioon, teknisen puolen lisäksi, tuotantotalouden, eli onko teknisesti ja taloudellisesti järkevää alkaa suunnitella kyseitä kiinnitystelinettä.

Työssä käsitellään ensimmäiseksi yleisesti helikopterien historiaa sekä helikopteritoimintaa Puolustusvoimissa. Tämän jälkeen käsitellään tällä hetkellä käytössä olevan ulkoisen kuorman kiinnityskohdan toimintaperiaatetta ja käyttöä, sekä sen hyviä että heikkoja puolia. Jonka jälkeen siirrytään käsittelemään uuden kiinnitystelineen käyttöönoton mahdollisuuksia, niin ikään sen hyvine ja huonoine puolineen. Työn loppuosassa vertaillaan kiinnitystelineen ja nyt käytettävissä olevan ulkoisen kuorman kiinnityskohdan eroja, yhtäläisyyksiä sekä pohdin niiden paremmuutta toisiinsa nähden. Lopussa esitetään yhteenveto ja johtopäätökset työstä.

Työssä esimerkkitapauksena käytetään Utissa olevia McDonnell Douglas MD-500-369E -helikoptereita (kuva 1), koska mahdollinen kiinnitysteline suunniteltaisiin sekä valmistettaisiin kyseisiin koptereihin.



Kuva 1 McDonnell Douglas MD-500 /12/

Ensimmäinen työvaihe oli hankkia ja tutustua työssä tarvittavaan aineistoon. Yleisluontoista aineistoa hankin Tampereelta ja sain työn alulle jo ennen Uttiin menoa. Työn alkuvaiheessa, helmikuun lopulla, menin Uttiin töihin tekemään tutkintotyötäni siellä. Utissa ensimmäinen työvaihe oli kerätä aineistoa työtä varten. Aineistoksi löytyi helikopterien ohjekirjallisuus, rakennusraportit ja TMT-järjestelmän (Teknillinen muutos- ja tiedotusjärjestelmä) raportit.

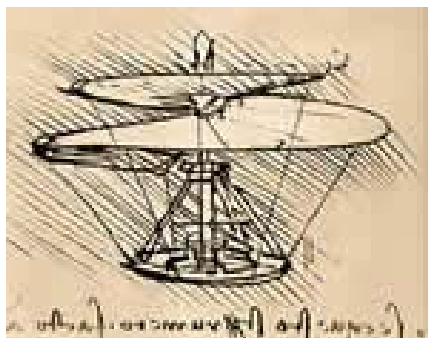
Saadun aineiston pohjalta aloin selvittää, kuinka ulkoisen kuorman kiinnityskohta toimii tällä hetkellä. Aineistoa apuna käyttäen aloin selvittää myös uuden laitteen toimintamahdollisuuksia ja valmistusprosessia. Selvitin millaisia mahdollisuuksia uuden laitteen suunnittelemiselle, rakentamiselle ja käytölle on. Onko ylipäänsä mahdollista laittaa kopteriin uutta laitetta.

2 HELIKOPTERITOIMINTA SUOMESSA

2.1 Helikopterien historia

Helikopterien historia ei ole kovin pitkä. Kuitenkin niitä edeltäneiden pyöriväsiipisten ilma-aluksien historia ulottuu jo paljon kauemmas menneisyyteen. Ensimmäinen kuva pyöriväsiipisestä ilma-aluksesta on jo vuodelta 1325. Nykypäivänä tämä arvokas ja historiallinen kuva sijaitsee kuninkaallisessa kirjastossa Kööpenhaminassa. Juuri näistä pyöriväsiipisistä ilma-aluksista kehitettiin varsinaiset helikopterit. /2, s.22./

Helikopterin nimen loi kuuluisa mies, Leonardo da Vinci esitellessään luonnoksen lentävästä ruuvista (kreik. *helico*= pyörivä, *pleron*= ruuvi). Tämän takia häntä yleisesti pidetään helikopterin esi-isänä. Niistä ajoista kesti vielä pitkään, ennen kuin oltiin lähelläkään nykyisiä koptereita. Seuraava kuva 2 on da Vincin suunnittelema lentävästä ruuvista. Se kuva on vuodelta 1480. Konetta ei koskaan kuitenkaan rakennettu, vaikka ajatuksena se oli hyvinkin pitkälle kehittynyt. /2, s.22./

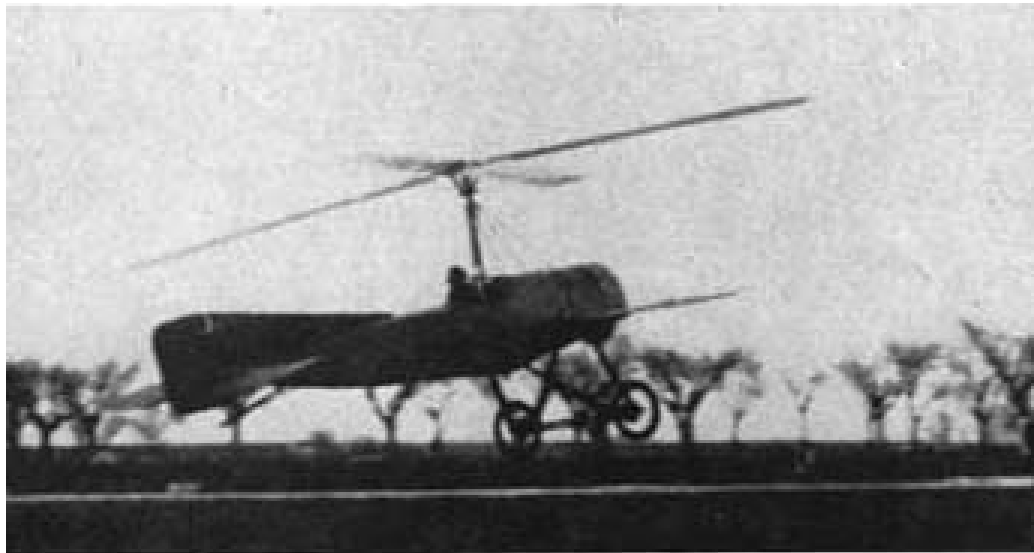


Kuva 2 da Vincin piirustus lentävästä ruuvista. /13/

Varsinaisten nykymuotoisten kopterien kehittyminen tapahtui vasta 1930-luvun lopulla, jolloin niitä alettiin valmistaa kasvavassa määrin. Tämä on ymmärrettävää koptereihin vaadittavan tekniikan takia. Sitä ennen yritykset olivat useasti epäonnistuneet ja kopterit olivat varsin alkeellisia./1, s.2./

Venäläinen Igor Sikorsky kehitti kaksi helikopterin prototyyppiä jo vuoden 1910 tienoilla. Näistä vain toinen kykeni juuri ja juuri nousemaan ilmaan. Hän lopetti koptereiden kehityksen epäonnistumisten takia 30 vuodeksi ja siirtyi kehittämään kiinteäsiipisiä ilma-aluksia. /2, s.22./

Espanjalainen insinööri Juan de Ciervan suunnitteli ensimmäisen merkittävän pyöriväsiipisen ilma-aluksen, jota kutsuttiin autogiroksi (kuva 3). Se oli helikopterin ja lentokoneen välimuoto. Ensimmäinen lento autogiroilla suoritettiin vuonna 1923. Autogiroilla ei saavutettu suurempaa käytännön merkitystä kuin roottorinsiiven periaatteen hyödyntäminen kopterin kehityksessä. /2, s.22./



Kuva 3 Autogiro /14/

Ensimmäisen varsinaisen helikopterin suunnitteli saksalainen professori Focke Wulf 1930-luvun lopulla. Suunnittelussa auttoi myös toinen saksalainen Antton Flettner. Saksalaisten menestyksestä ja onnistuneesta työstä innostuneena myös Igor Sikorsky alkoi taas kehittää helikopteria. Sikorskyn kopterin ensi hyppy suoritettiin maahan sidottuna vuonna 1939. Ensimmäinen vapaalento suoritettiin seuraavana vuonna. Myöhemmin Sikorsky kehitti yleisimmän helikopteri

ratkaisun (kuva 4), jossa pääroottori kantaa kuorman ja pyrstöroottori kumoaa vääntömomentin. /2, s.22./



Kuva 4 Sikorskyn luoma helikopteri. /15/

2.2 Helikopterit Puolustusvoimissa

Puolustusvoimilla helikoptereita on ollut vuodesta 1961 lähtien. Ensimmäiset kopterit tuotiin Tampereelle kasaamista varten kyseisenä vuonna. Ensiksi tuotiin kaksi kopteria ja kuukauden kuluttua tuotiin Tampereelle kaksi konetta lisää. Kahden koneen kasaamiseen kului aikaa noin kuukausi. Vuoden 1961 lopulla Suomen Puolustusvoimilla oli käytössään jo neljä kopteria. /2, s.175; 11./

Aluksi kaikki kopterit sijoitettiin Poriin, minne syntyi ensimmäinen helikopteritukikohta 16.4.1961. Myöhemmin (1.6.1962), kun koptereita tuli lisää, tukikohta siirrettiin Uttiin. Vuonna 1962 Utissa oli 4 ohjaajaa, 6 mekaanikkoa ja 7 helikopteria. Uttiin saatiin vähitellen lisää työntekijöitä ja koptereita. Näin helikopteritoiminta laajentui ja samalla myös pääesikunta alkoi kiinnostua helikopteritoiminnasta. Esikunnan kiinnostus vaikutti helikopteritoimintaan myönteisesti, sillä helikopterit otettiin osaksi

lentotekniikkatoimintaa mm. suuntaamalla sille enemmän varoja ja keskittymällä helikopteritoiminnan kehittämiseen. /2, s.175; 11./

Helikopterilentueen siirryttyä 1.1.1997 maavoimien alaisuuteen Utin Jääkäriyrykmentistä tuli ensimmäinen ja, ainakin tällä hetkellä, myös ainoa maavoimien lentävä joukko-osasto. Helikopterilentue muutettiin 1.1.2001 Helikopteripataljoonaksi uusimuotoisen toiminnan takia. /2, s.175; 11./

Nykyään Utin Helikopteripataljoonan tärkeimmät tehtävät ovat lentovalmiuden ylläpitäminen, Puolustusvoimien palvelulentojen suorittaminen, henkilöstön kouluttaminen sekä virka-avun antaminen toisille viranomaisille. Myös erilaiset pelastustehtävät, kuten metsäpalojen sammutus, kadonneiden etsintä ja meripelastus, kuuluvat Helikopteripataljoonan tehtäviin. Puolustusvoimilla on tällä hetkellä 12 helikopteria, jotka kaikki on sijoitettu Uttiin. Koptereista neljä on venäläisiä keskiraskaita Mi-8-kuljetushelikoptereita ja kahdeksan amerikkalaista McDonnell Douglas Hughes 500- koulutushelikopteria. /11./

Myös tänä vuonna tulevat uudet NH90- kuljetushelikopterit (kuva 5) sijoitetaan Uttiin. NH90-koptereiden valmistaminen on myöhästynyt jatkuvasti, mutta nyt on todennäköistä, että ensimmäiset uudet kopterit saadaan tämän vuoden puolella. Uusien koptereiden myötä helikopteritoiminta laajentuu ja saa uusia ulottuvuuksia. Uudet kopterit mahdollistavat helikopteritoiminnan jatkuvan kehittämisen. /11./



Kuva 5 Puolustusvoimien uusi NH90-helikopteri. /16./

3 ULKOISEN KUORMAN KIINNITYSKOHTA

3.1 Tarkoitus ja käyttö

Ulkoisen kuorman kiinnityskohta on tarkoitettu erilaisten lisävarusteiden liittämiseen helikopteriin. Esittelen nämä lisävarusteet myöhemmin tässä kappaleessa. Se sijaitsee kopterin pohjassa pituussuunnassa asemassa 96,9 tuumaa ja poikittaissuunnassa pohjan keskilinjassa. Ulkoisen kuorman kiinnityskohdan hyödyntäminen mahdollistaa suuremman kokoisen ja painavamman kuormauksen kuin sisäisessä kuormaamisessa.

Kuorma kiinnitetään neljän ruuvin avulla ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 6 on merkitty nuolella kiinnityskohta, johon voidaan liittää erilaisia lisävarusteita. Kuvassa näkyy neljä ruuvien kohtaa, joiden avulla ulkoinen kuorma kiinnitetään helikopterin pohjaan. /3, osio 3./

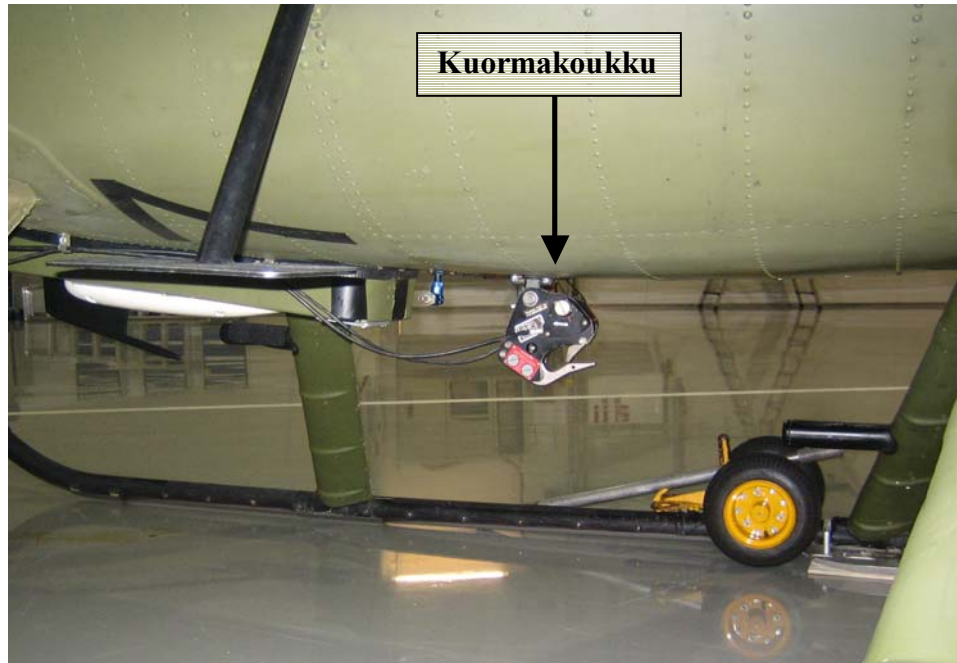


Kuva 6 Ulkoisen kuorman kiinnityskohta

Yleisin ulkoisen kuorman kiinnityskohdassa käytettävä varuste on kuormakoukku. Kuormakoukku luetaan perusvarustukseksi, toisin kuin kaiutinjärjestelmä, maalisimulaattori BT46 ja helikopteritutka M/97, jotka luetaan irrotettaviksi lisävarusteiksi. Lisävarusteiden tarkoituksena on parantaa helikopterin käyttö- ja koulutusmahdollisuuksia. Niin perusvarusteet kuin lisävarusteetkin tai niiden osat kiinnitetään samaan ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan. /4, osio 11; 5, osio 9./

Kuormakoukun käyttömahdollisuudet ovat hyvin laajat, sillä sen maksimikuorma on peräti 908 kg. Todellisuudessa tätä maksimihyötykuormaa rajoittaa kuitenkin helikopterin maksimi lentoonlähtöpaino. Esimerkiksi yhdellä ohjaajalla varustettuna uudenman mallisen kopterin hyötykuorma on noin 500 kg, vanhalla mallilla se on hiukan suurempi. Tässä työssä käytetään uudenman mallisen kopterin painoa laskuissa. Pääsääntöisesti puolustusvoimissa kuormakoukku hyödynnetään nostoharjoituksissa, jossa ulkoisena kuormana

käytetään mastoa tai verkkoa, jossa on hiekkasäkkejä. Alla olevassa kuvassa 7 selviää kuormakoukun muoto ja koko. /4, osio 11; 5, osio 9./



Kuva 7 Kuormakoukku

Helikoptereissa yleisesti käytetty apuväline on myös kaiutinjärjestelmä, joka kiinnitetään osittain ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan. Itse kaiutin kiinnitetään ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan (kuva 8) ja järjestelmän muut osat asennetaan kopterin sisälle. Kaiutinjärjestelmää hyödynnetään muun muassa yleisötapahtumissa, esim. rallikisoissa yleisön ohjaamiseen ja tiedottamiseen. /4, osio 11; 5, osio 9./



Kuva 8 Kaiutin kiinni ulkoisen kuorman kiinnityskohtassa.

Yksi apuväline on myös maalisimulaattori BT46, jota pystytään käyttämään lähes kaikkien puolustusvoimien käytössä olevien maalisimulaattorijärjestelmien kanssa. /4, osio 11./ Maalisimulaattoria käytetään helikopteritoiminnan elävöittämiseen ja panssarijoukkojen kouluttamiseen taisteluharjoituksissa. Maalisimulaattori kiinnitetään myös ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan. /7./

Helikopteritutkaa M/97 käytetään mm. merimaalien maalinosoitukseen sekä meritilannekuvan luomiseen. Järjestelmän tutka-antenniyksikkö kiinnitetään ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan ja muu osa järjestelmästä asennetaan helikopterin matkustamoon. /4, osio 11; 6, osio 12./

Lisävarusteiden vaihtoväli on suhteellisen pitkä. Varusteet laitetaan silloin, kun tehtävä niin edellyttää. Käytön jälkeen ne otetaan kopterista irti. Lisävarusteita käytetään mm. harjoitusleireillä, sotaharjoituksissa tai virka-aputehtävissä. Se, miten usein lisävarusteita tarvitsee kiinnittää ja ottaa pois, vaihtelee. Karkeasti voidaan todeta, että yhteen koneeseen kiinnitetään ja irrotetaan lisävaruste noin kerran kahdessa kuukaudessa. Tämä vaihtelee mm. juuri sotaharjoitusten

mukaan. Vaihtoja ei siis ole kovin usein, mutta tietyissä tilanteissa niitä voi olla tiheästikin. Esimerkiksi tilanteessa, jossa kopteri on menossa Jyväskylän ralleihin virka-aputehtäviin, tulee kaiutinjärjestelmä testata Utissa (kiinnittää paikoilleen ja testata lennossa). Sen jälkeen kaiutin otetaan pois ja kopteri lentää (siirtolento) ilman sitä Jyväskylään, jossa kaiutin laitetaan uudelleen paikalleen. Sama asia tehdään kopterin lentäessä takaisin Uttiin.

3.2 Hyödyt ja haitat

Hyödyt. Ulkoisen kuorman kiinnityskohta mahdollistaa edellä esitettyjen lisävarusteiden kuljettamisen ja käytön. Ulkoisen kuorman kiinnityskohdan hyvinä puolina ovat parempi kuorman kantokyky sekä suurempikokoisten kuormien kuljettaminen, verrattuna kuorman kuljetukseen helikopterin sisällä.
/4, osio 4./

Hyvä asia on myös se, että kaikissa puolustusvoimien MD-500-helikoptereissa (niin D- ja E-malleissa) ulkoisen kuorman kiinnityskohta on samanlainen. Tämä helpottaa käyttäjien koulutusta ja toimintaa, sillä eri mallin koptereille ei tarvitse erilaista koulutusta. Lisäksi se vähentää lisävarusteen väärinasennuksen mahdollisuutta verrattuna erilaisiin ulkoisen kuorman kiinnityskohtiin.

Heikkoudet. Ulkoisen kuorman kiinnityskohdan heikkouksia ovat sen sopimattomuus mahdollisesti tulevaisuudessa tarvittaville uusille lisävarusteille. Ulkoisen kuorman kiinnityskohta on kiinteä ja näin vaikeasti muokattavissa. Siihen tarvitaan mahdollisesti erillisiä adaptereja, jotta uudenlaisia laitteita voidaan kiinnittää kopteriin.

Myös yhtenä suurena heikkoutena voidaan pitää lisävarusteiden aikaa vievää vaihto-operaatiota. Tämä johtuu siitä, että vain yksi lisävaruste voi olla kerrallaan kiinni ulkoisen kuorman kiinnityskohdassa. Erityisesti tämä piirre korostuisi sotatilanteessa, jossa ei olisi aikaa hukattavaksi. Myös tilanteissa,

joissa kopteri on esimerkiksi virka-aputehtävissä, voi olla kiire vaihtaa lisävarusteita.

Oleellinen seikka, joka lisävarusteita asennettaessa tulee aina ottaa huomioon se oleellinen seikka, että ulkoisen lisävarusteen käyttö asettaa yleensä helikopterille käyttörajoituksia. Ulkoinen lisävaruste voi esim. laskea suurinta sallittua ilmanopeutta ja lentokorkeutta. Lisäksi jotkin lisävarusteet voivat aiheuttaa häiriöitä esim. radio- ja suunnistusjärjestelmille. /4, osio 11; 3, osio 4; 5, osio 9./

4 ERILLINEN KIINNITYSTELINE

4.1 Toimintaperiaate

Esittelen kappaleessa ensiksi Utin vaatimukset kiinnitystelineelle. Ensimmäinen vaatimus on, että nykyiset lisävarusteet (tutka, maalisisimulaattori, kaiutin ja kuormakoukku) saadaan helposti kiinnitettyä kiinnityslaitteeseen. Toinen vaatimus on, että kopteriin voidaan kiinnittää yhtä aikaa useampia lisävarusteita. Kolmas vaatimus on, ettei kiinnitysteline vaikuta kopterin lento-ominaisuuksiin heikentävästi. Nämä vaatimukset ovat taustalla, kun kiinnitystelinettä aletaan suunnitella.

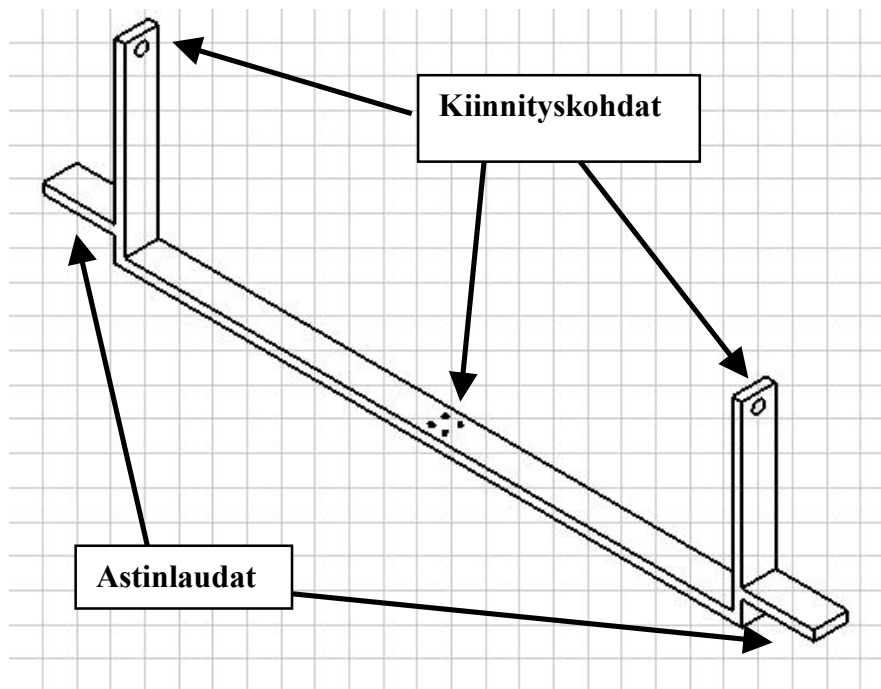
Erillisen kiinnitystelineen suunnittelussa ja valmistuksessa tulee ottaa huomioon seuraavaksi esille tuotuja seikkoja. Sen toiminta tulee suunnitella niin, että siihen on mahdollista lisätä tulevaisuudessa pienin muutoksin uusia lisävarusteita. Tämä on tärkeää, sillä on oletettavissa, että tulevaisuudessa tulee koko ajan uusia ja erilaisia lisävarusteita. Kiinnitystelineen tulee olla mahdollisimman kevyt, jolloin helikopterin peruspainon lisääntyminen on mahdollisimman pieni. Suunnittelussa ja valmistuksessa pitää ottaa huomioon viranomaisten vaatimukset, jotka esitellään myöhemmin.

Erillinen kiinnitysteline kiinnittyy ulkoisen kuorman kiinnityskohtaa sekä etumaisiin tunkkauspisteisiin. Nämä kohdat kestävät äärettömän hyvin räsitystä, joten en ole tässä työssä laskenut lujuuslaskuja. Kiinnityskoukku kestää 900 kg painon ja tunkkauspisteestä kopteri voidaan nostaa ilmaan, joten ne kestävät kopterin painon. Kiinnityskohdat kestävät siis voimia hyvin.

Kiinnitysteline on kiinteästi asennettu, eikä sitä tarvitse ottaa pois minkään lisävarusteen tai huollon esim. punnituksen takia. Kuormakoukun ja muiden ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan tulevien varusteiden vaihto onnistuisi normaalilla tavalla, koska kiinnitysteline olisi aina alimmaisena. Joillekin lisävarusteille voisi miettiä eri kiinnityskohtaa, kuin missä ne ovat aiemmin olleet kiinni. Esimerkiksi maalisimulaattorin ja kaiutinjärjestelmään liittyvän kaiuttimen voisi kiinnittää poikittaissuunnassa eri kohtaan kuin ennen. /4, osio 11; 5, osio 9./

Rajoittavana tekijänä erillisen kiinnitystelineen käytössä on lisävarusteen paino. Painopisteen paikka muuttuu, jos lisävaruste sijaitsee muualla kuin painopisteessä. Tähän asiaan perehdytään tarkemmin työn myöhemmässä vaiheessa. Kiinnitystelineestä pitää tehdä mahdollisimman kevyt, mutta siltikin riittävän kestävä ja tukeva, jotta siihen voidaan asentaa lisävarusteita. Erityisesti kiinnitystelineen materiaalin valinnalla voidaan vaikuttaa edellä mainittuihin seikkoihin. Painorajoituksia pohditaan myöhemmin lisää ja suoritetaan suuntaantavia laskelmia. Kiinnitystelineellä korvattaisiin myös astinlaudat. Tämä johtuu siitä, että kiinnitysteline tulisi kiinnittymään samoihin kohtiin, joihin astinlaudat kiinnittyvät.

Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 9 olen hahmotellut millainen kiinnitysteline voisi olla. Lujuuslaskelmia telineelle ei ole tehty, koska se kuuluu vasta suunnitteluvaiheeseen. Hahmotelma antaa kuitenkin suuntaa siitä, millainen teline voisi olla. Kuten näkyy, sen ei tarvitse olla kovin monimutkainen toimiakseen. Kuvaan on myös osoitettu paikat, joista teline tulee kiinni kopteriin.



Kuva 9 Kiinnitysteline

Erillinen kiinnitysteline mahdollistaisi useamman lisävarusteen käytön samanaikaisesti. Tätä voitaisiin hyödyntää esim. kaiutinjärjestelmää asentaessa, jolloin kaiutin asennettaisiin uutta kiinnityskohtaa avuksi käyttäen. /4, osio 11; 5, osio 9./ Tällä toimenpiteellä säästyttäisiin kuormakoukun irrotustyöltä. Ajallisesti kuormakoukun irrotus ja asennus kestää huoltohenkilökunnan mukaan yhteensä noin 1,5 tuntia.

Esimerkkinä uusista lisävarusteista voisi olla ohjattava valonheitin, joka kiinnittyisi tähän kiinnitystelineeseen. Valonheittimellä voisi valaista ulkoisen kuorman sekä nousu- että laskupaikan.

Tulevaisuudessa voi olla tarvetta myös sille, että kopteriin ripustetaan painavampia varusteita, mitä tällä hetkellä on käytössä. Nyt ei vielä tiedetä, mitä laitteita tulevaisuudessa hankitaan. Kiinnitysteline tulee suunnitella ottaen huomioon myös tämä asia, toisin sanoen se tulee suunnitella niin vahvaksi, että se kestäisi suuremman painon kuin tämän hetkiset varusteet. Lisävarusteen painoa rajoittaa kuitenkin painopisteen vaatimukset. Lisävaruste ei voi olla liian painava, muuten painopiste muuttuu. Myöhemmässä vaiheessa olen laskenut

painopisteen jakautumista. Laskuista selviää tarkemmin minkä painoisia varusteita kopteriin on ylipäänsä mahdollista kiinnittää.

Kaikkien lisävarusteiden kiinnitys tulee suunnitella mahdollisuuksien mukaan kiinnittymään pikalukituksella telineeseen. Tällä nopeutetaan entisestään lisävarusteiden vaihtonopeutta. Siitä olisi hyötyä, koska useimpia lisävarusteita ei saa käyttää siirtolennoilla, vaan ne pitää kiinnittää vasta itse toimintalennolle.

Teline tulee suunnitella IlmavE:n PAK I 2:07 (LIITE 1) määräämällä tavalla, sekä mitoittaa JAR 27 (kts. www.caacro.hr/UserDocsImages/DL/JAR27.pdf) -ilmailumääräyksen määrittelemillä kuormituksella. Laitteessa käytettävän materiaalin tulee täyttää MIL-HDBK-5 (kts.

www.grantadesign.com/userarea/mil/mil5.htm) vaatimukset. /7/

Kiinnitystelineen rakenne tulee suunnitella riittävän jäykäksi, jotta sen ominaistaajuus saadaan riittävän suureksi välttääkseen kiinnitystelineen resonointi helikopterin matalilla herätetaajuuksilla. /8, s.4/

Seuraavana on lyhyt yhteenveto siitä, mitä erillisen ulkoisen kuorman kiinnityskohtaan tulevan laitteen suunnittelussa pitää ottaa huomioon. Esityksen on tarkoitus olla mahdollisimman selkeä, siksi asiat on esitetty lyhyesti:

Suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- MIL-HDBK-5-vaatimukset
- ilmailumääräys JAR 27-vaatimukset
- IlmavE:n PAK I 2:07-vaatimukset
- mahdollisimman pieni painon lisäys
- painopisteen määrittäminen
- tulevaisuudessa uusien lisävarusteiden kiinnittäminen.

4.2 Materiaalit

4.2.1 Alumiini

Alumiinilla on paljon hyviä ominaisuuksia lentokonetekniikkaan ja sen käyttäytyminen tunnetaan hyvin. Sitä käytetään lentokonemateriaalina varsin paljon. Esimerkki MD-500-kopterissa sen käyttö on runsasta, sen hyvien ominaisuuksien vuoksi.

Puhtaan alumiinin hyvä korroosion kesto perustuu ohueen ja tiiviiseen oksidikalvoon. Seostettuna alumiinin korroosionkestävyys yleensä heikkenee, eritoten käytettäessä seostusaineena kuparia. Ilmailuteollisuudessa käytetään yleisesti kupariseostettuja alumiineja, joita kutsutaan duralumiineiksi. Näiden seosten heikkoutena on huono korroosionkesto ja hitsattavuus. Helikopteri joutuu monenlaisien ilmastovaikutusten alaisuuteen, jolloin korroosion kestävyys korostuu huomattavasti. /8; 10, s.166–170./

Kiinnitystelineen rakenteessa tulisi käyttää jo valmiiksi ilmailukäyttöön hyväksytyjä alumiineja esim. AU4G ja 2024. Alumiinin käyttäminen kiinnitystelineen valmistuksessa olisi helppoa, koska alumiinin ominaisuudet tiedetään jo ennestään todella hyvin. /8; 10, s.166–170./

Alumiinin ominaisuudet sopisivat hyvin kiinnitystelineen valmistukseen ja sen asettamiin vaatimuksiin. Niin lujuudeltaan, kestävyydeltään kuin valmistushinnaltaan se on sopiva materiaali kiinnitystelineeseen.

4.2.2 Komposiitti

Komposiitti tulee latinankielisestä nimikkeestä, jolla tarkoitetaan kahden tai useamman materiaalin yhdistelmää, jossa materiaalit eivät ole lienneet toisiinsa. Materiaalien parhaat ominaisuudet yhdistyvät komposiitissa.

Muovikomposiitilla saadaan nykypäivänä erittäin hyviä rakenneominaisuuksia, jotka määräytyvät valmistusprosessista ja raaka-aineista sekä rakenteen käyttöolosuhteista. /9, s.13, 17; 10, s.218–224. /

Muovikomposiitin käyttö ilmailuteollisuudessa perustuu komposiittirakenteen keveyteen ja tuotantokustannuksien laskuun. Sen parhaimpina ominaisuuksina muihin materiaaleihin nähden voidaan pitää suurta jäykkyyttä ja lujuutta suhteutettuna sen ominaispainoon, lujuusominaisuuksien suuntausmahdollisuutta, muotoiluvapautta, mahdollisuutta valmistaa suuria rakenteita yhtenä kokonaisuutena sekä kemiallista hyvää kestävyyttä. Alumiiniin verrattuna komposiitin käytöllä vuonna 2003 saatiin kustannus- ja painosäästöjä 15–20% ilmailuteollisuudessa. /9, s.13; 10, s.218–224. /

Yleensä ilmailuteollisuudessa komposiittisten lentokonerakenteiden lujitemateriaali on hiilikuitu. Yleisimmät käyttömuodot lujitteilla on yhdensuuntaiskerrokset, kudokset sekä moniakksiaalilujitteet. Lentokonerakenteissa lujitteet ovat aina jatkuvia, jolla maksimoidaan sen mekaaninen suorituskyky. Matriisiaineina käytetään yleisesti sitkistettyjä epokseja. /9, 434./

Komposiitin valmistukseen on useita menetelmiä. Ilmailuteollisuudessa jo pitkään käytössä olleita menetelmiä ovat Prepreg-laminointi ja autoklaavikövetus, mutta viime vuosina injektio menetelmä käyttö on yleistynyt laajasti. /9,434./

Käytön kannalta täytyy miettiä, onko komposiitti liian iskuherkkä materiaali. Telineeseen pitää välillä vaihtaa lisävarusteita, jolloin siihen helposti tulee pieniä iskuja. Komposiitti on vaurioherkkä pisteiskuille. Esim. alumiini ei ole läheskään yhtä herkkä näille iskuille.

Komposiitti on nykypäivänä kehittyvä tuote, jota käytetään uusissa lentokoneissa ja helikoptereissa yhä enenevässä määrin. Uudessa NH90-helikopterissa runkorakenne on käytännössä kokonaan komposiittia, kuten myös roottorien lavat. /9, 433./

Komposiitti on kiinnitystelineessä ihanteellinen materiaali painonsa takia, mutta sen huono puoli on iskuherkkyys ja vaurioiden korjaaminen. Sen lujuus suhteutettuna sen painoon on todella hyvin soveltuva ilmailuun, jossa paino on hyvin ratkaiseva tekijä. Nykypäivänä komposiitin ominaisuudet ja valmistusprosessit koko ajan kehittyvät ja paranevat, joten se tulee vielä syrjäyttämään metalliset rakenteet.

4.3 Valmistus

Patrialla on pitkä kokemus lentokoneiden, helikoptereiden ja niiden varusteiden valmistamisesta. Siellä on taitotieto valmiiksi, joten olisi järkevää hyödyntää sitä. Lisäksi Patrialla ja Puolustusvoimilla on pitkä yhteinen historia ilmailualalla. Tästä syystä Patria kykenisi suunnittelemaan sekä valmistamaan erillisen kiinnitystelineen.

Valmistuksessa tulee ensin suunnitella käyttötarkoituksiin sopiva kiinnitysteline, jonka jälkeen valmistaa kiinnitystelineestä protokappale, jota sitten käytössä testattaisiin. Saatujen kokemusten perusteella tehtäisiin uudelleenarviointi, jossa sitten päätettäisiin, kannattaako kiinnitystelinettä valmistaa muihinkin seitsemään helikopteriin. /10, 254./

Materiaalin valinnalla on suuri merkitys kiinnitystelineen valmistuksessa, koska se vaikuttaa siihen, millaisia työvälineitä valmistukseen tarvitaan. Tämä taas rajoittaa kiinnitystelineen valmistavien yritysten määrää. Mikäli kiinnitysteline suunnitellaan ja valmistetaan Patrialla, ei materiaalin valinta tule olemaan ongelma valmistuksen kannalta.

4.4 Vaikutus lento-ominaisuuksiin

Aina kun helikoptereihin suunnitellaan uusia osia tai erillisiä laitteita, tulee ottaa huomioon niiden vaikutukset lento-ominaisuuksiin. Tämä tulee ottaa huomioon myös erillisen kiinnitystelineen suunnittelussa. Erillisellä telineellä ei todennäköisesti olisi juurikaan vaikutusta lento-ominaisuuksiin. Ainoastaan paino lisääntyy hieman. Lisävarusteilla säilyisi tietenkin samat rajoitukset ja vaikutukset lento-ominaisuuksiin kuin ennenkin. Lisäksi painopisteen vaikutus pitää määrittää. Seuraavaksi määritetään tällä hetkellä käytössä oleville lisävarusteille painopistelaskelmat.

Painopisteen määrittämisessä on tarpeellista tarkastella painopistettä vain poikittaissuunnassa, koska pituussuunnassa kiinnitysteline sijaitsee juuri painopistetasemassa. Tällöin lisävarusteet pystytään asentamaan pituussuunnassa muuttamatta painopistetasemaa. Lisäksi kiinnitystelineen tarkoitus on saada siirrettyä lisävarusteita kuormakoukun viereen, jolloin kuormakoukku ei tarvitse irrottaa käytettäessä jotain lisävarustetta. Juuri tämä vaikuttaa painopisteen asemaan poikittaissuunnassa. Kaiutin- ja maalimisulaattori BT46-järjestelmille ei tarvitse erikseen tehdä painopistelaskelmia, koska jo käytössä oleva suksikotelo aiheuttaa enemmän painopisteen muuttumista kuin edellä mainitut.

Kiinnitystelineeseen saatetaan tulevaisuudessa kiinnittää painavampia lisävarusteita, joiden takia laskettiin suuntaa antavia arvoja. Laskelmat tehtiin Excel-ohjelmalla, jolloin lisävarusteiden painon muuttuessa on helppo laskea uuden painopisteen paikka.

Esimerkilaskussa helikopterille on laskettu sen painopiste kolmen hengen miehistöllä ja 70 kg lisävarusteella. Erillisen kiinnitystelineen painoksi arvioin maksimissaan 30 kg, joka on varmasti riittävä. Arvioin painon telineen mittasuhteiden ja mahdollisten materiaalien mukaan. Todellisuudessa telineen

paino tulee todennäköisesti olemaan pienempi, mikä on vain positiivista käyttöä ajatellen. Telineen painolla ei ole myöskään vaikutusta painopisteeseen, koska piano jakautuu tasaisesti painopisteeseen. Lisäksi telineen ylimääräisellä painolla ei ole suurta merkitystä laskujen lopputulokseen. Mietittyäni lisävarusteen sopivaa painoa laskua varten, päädyin 70 kg:aan, koska tällä hetkellä ei ole mitään lähellekään niin painavaa lisävarustetta. Tällä painolla päästään myös melkein helikopterin maksimi lentoonlähtöpainoon, kun normaali polttoainesäiliö on täynnä.

Painopisteen määrittäminen on laskettu alla olevilla kaavoilla. /5, osio 6./ Varsinainen lasku ja saadut tulokset käyvät ilmi seuraavalla sivulla olevasta taulukosta 1. Ensin on laskettu momentti jokaiselle yksittäiselle kuormalle poikittaissuunnassa. Momenttivarren pituudessa plus-merkki (+) tarkoittaa oikeaa puolta ja miinus-merkki (–) vasenta puolta.

$$M = m \times s$$

Jossa M = momentti
 m = massa
 s = momenttivarren pituus

Seuraavaksi on laskettu kaikki momentit yhteen sekä kaikki kuormat yhteen, joiden avulla on taas laskettu painopisteen ilman polttoainetta. Tämän jälkeen on vielä laskettu painopisteen polttoaineen kanssa.

$$\text{Painopiste} = \frac{\text{Kokonaismomentti ilman polttoainetta}}{\text{Kokonaispaino ilman polttoainetta}}$$

$$\text{Painopiste} = \frac{\text{Kokonaismomentti polttoaine mukana}}{\text{Kokonaispaino polttoaine mukana}}$$

Taulukko 1 Painopisteen määrittäminen poikittaissuunnassa I.

Painopisteen määrittäminen poikittaissuunnassa			
	Paino (kg)	Momenttivarsi poikittaissuunnassa (m)	Momentti (kgm)
Peruspaino	840	0,010	8,4
Ohjaaja / edessä vasemmalla	77	-0,330	-25,41
Matkustaja / edessä oikealla	77	0,394	30,338
Matkustaja / takana vasemmalla	77	-0,310	-23,87
Matkustaja / takana oikealla	0	0,310	0
Lisävaruste / oikealla	0	0,650	0
Lisävaruste / vasemmalla	70	-0,650	-45,5
Erilinen kiinnitysteline	30	0,000	0
Kuormattu helikopteri ilman polttoainetta			
	1171	-0,048	-56,042
Polttoaine (max. ilman lisäsäiliötä)			
	189	0	0
Lentopaino			
	1360	-0,041	-56,042
<p>Sallitut rajat = ± 0,076 m</p> <p>Lentopaino = -0,041 m</p> <p>Ilman polttoainetta = -0,048 m</p>			

Seuraavaksi on laskettu kaikista huonoimman mahdollisen tilanteen painopistettä ajatellen, eli että kaikki paino olisi vasemmalla puolella helikopteria. Tällä on varmistettu, että painopiste pysyy sallituissa rajoissa kaikissa tilanteissa. Laskussa selvisi, että painopiste pysyy raja-arvojen sisällä, mikäli polttoainesäiliö on täynnä, kun taas ilman polttoainetta painopiste ylittää annetut raja-arvot. Tämä käy paremmin ilmi seuraavasta taulukosta 2.

Taulukko 2 Painopisteen määrittäminen poikittaissuunnassa II.

Painopisteen määrittäminen poikittaissuunnassa												
	Paino (kg)	Momenttivarsi poikittaissuunnassa (m)	Momentti (kgm)									
Peruspaino	840	0,010	8,4									
Ohjaaja / edessä vasemmalla	77	-0,330	-25,41									
Matkustaja / edessä oikealla	0	0,394	0									
Matkustaja / takana vasemmalla	77	-0,310	-23,87									
Matkustaja / takana oikealla	0	0,310	0									
Lisävaruste / oikealla	0	0,650	0									
Lisävaruste / vasemmalla	70	-0,650	-45,5									
Erilinen kiinnitysteline	30	0,000	0									
Kuormattu helikopteri ilman polttoainetta												
Kuormattu helikopteri ilman polttoainetta	1094	-0,079	-86,38									
Polttoaine (max. ilman lisäsäiliötä)	189	0	0									
Lentopaino												
Lentopaino	1283	-0,067	-86,38									
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Sallitut rajat =</td> <td>±</td> <td>0,076 m</td> </tr> <tr> <td>Lentopaino =</td> <td></td> <td>-0,067 m</td> </tr> <tr> <td>Ilman polttoainetta =</td> <td></td> <td>-0,079 m</td> </tr> </table>				Sallitut rajat =	±	0,076 m	Lentopaino =		-0,067 m	Ilman polttoainetta =		-0,079 m
Sallitut rajat =	±	0,076 m										
Lentopaino =		-0,067 m										
Ilman polttoainetta =		-0,079 m										

Koska painopiste ei pysy sallittujen arvojen sisällä, lisävarusteen painoa vähennettiin 10 kg, jolloin lisävarusteen painoksi tuli 60 kg. Tällä painolla painopiste sitten pysyi juuri sallituissa rajoissa. Lentopainolla momenttivarreksi poikittaissuunnassa tuli -0,063 m, joka on sallituissa rajoissa. Kuormattuna, mutta ilman polttoainetta, momenttivarreksi poikittaissuunnassa tuli -0,074 m, mikä on juuri sallitun rajan sisällä.

Yhteenvedona tästä osiosta voidaan sanoa, että käytettäessä 60 kg:n lisävarustetta painopiste pysyy sallituissa rajoissa. Tämän hetkiset kaikki lisävarusteet voitaisiin painopisteen osalta kiinnittää uuteen kiinnitystelineeseen. Uusien painavampien lisävarusteiden osalta pitää suorittaa painopistelaskenta, jottei sallittuja arvoja ylitettäisi. Lisäksi helikopterin kuormaukseen pitää kiinnittää tarkempaa huomiota, jos kiinnitystelineessä on jokin painava lisävaruste kiinni.

4.5 Hyödyt ja ongelmakohdat

Parhaimpana puolena erillisessä kiinnitystelineessä on se, että siihen saadaan kiinnitettyä useampi ulkopuolinen varuste samanaikaisesti. Lisäksi kuormakoukkua ei välttämättä tarvitse irrottaa, jos asennetaan esim. kaiutinjärjestelmä. Tällöin selvittää pienemmällä työmäärällä, joka tarkoittaa myös ajan säästöä.

Lisävarusteiden pikakiinnitys nopeuttaa ja parantaa kiinnitystelineen toimintaa. Tämä tulisi parhaiten esiin lennettäessä siirtolentoja, joissa ei saa olla esim. maalisimulaattori BT 46 ja kaiutin asennettuna. Siirtolennon jälkeen olisi nopea asentaa mainitut lisävarusteet ja ruveta suorittamaan itse tehtävälentoa.

Uudet lisävarusteet saadaan kiinnitettyä helpommin kiinnitystelineeseen. Jokaiselle varusteelle voi tehdä oman paikkansa, johon voi rakentaa pikakiinnityskohdan. Näin erillisiä adaptereita ei enää tarvita.

Suurimpana heikkoutena erillisessä kiinnitystelineessä on helikopterin peruspainon lisääntyminen arviolta 30 kg:lla. Tämä lisääntyvä paino vähentää tietenkin hyötykuorman käyttöä. Joissain tapauksissa voidaan joutua tekemään painopistetarkastelu, jotta varmistutaan painopisteen olevan sallituissa rajoissa.

5 TUOTANTOTALOUDELLINEN NÄKÖKULMA

5.1 Suunnittelemine ja valmistus

Erillistä kiinnitystelinettä on tarkoitus valmistaa kaikkiaan kahdeksan kappaletta, jos se todetaan hyväksi. Ensiksi valmistetaan vain yksi protokappale, jota testataan käytännössä. Mikäli kiinnitysteline todetaan käytännössä toimivaksi kokonaisuudeksi, voidaan niitä valmistaa seitsemän kappaletta lisää.

Erillisen kiinnitystelineen valmistuksessa käytetään ulkopuolista yritystä, joka suunnittelee ja valmistaa kiinnitystelineet. Esimerkkiyritykseksi otettiin Patria, koska sillä on pitkä kokemus vastaavanlaisista tehtävistä.

Kiinnitystelineen haasteena on saada se toimimaan käytännössä yhtä hyvin kuin paperilla. Monia asioita joudutaan ottamaan suunnittelussa huomioon, jotka sitten vaikuttavat sen kestävyteen, käytännöllisyyteen, kustannuksiin sekä lentoturvallisuuteen. Suunnittelussa joudutaan aina tekemään kompromisseja, joten aina pitää miettiä tarkkaan, mikä on tärkeintä. Ilmailussa voidaan sanoa yleisesti lentoturvallisuuden olevan tärkein asia, mutta seuraavaksi tulee selkeästi rakenteiden keveys. Jokainen ylimääräinen paino kilo vähentää hyötykuorman kantokykyä.

5.2 Kustannukset

Kustannuksia ajatellen kiinnitystelineen suunnittelu- ja valmistusmahdollisuuksia on useita. Suunnittelussa voidaan etenkin vaikuttaa kiinnitystelineen tulevaisuuden kustannuksiin, niin valmistus, huolto sekä korjaustoimenpiteissä. Kustannusten minimoimista varten on mahdollisuus kilpailuttaa eri yrityksiä, jotka voisivat suunnitella ja valmistaa kiinnitystelineen.

Taloudellista puolta katsottaessa ensimmäisenä nousee esiin kysymys, mitä erillisen kiinnitystelineen suunnittelu maksaa. Suunnittelukustannus tulee olemaan kertaluontoinen, ja se on noin 20 000 €. Patrian suunnittelun tuntihinta on tänä vuonna noin 100 € ja työn valmistamisen tuntihinta noin 70 €. Lentotekniikkalaitoksen mukaan yksinkertaisen laitteen saa noin 20 000 €:lla. Hintaa on vaikea arvioida ja usein se arvioidaan liian alhaiseksi. Helposti ajatellaan, että työn tekemiseen kuluu aikaa vain pari viikkoa, mutta käytännössä siihen menee usein enemmän. Lopulliset kustannukset voidaan siis saada vasta kun työ on tehty. /17/

Näillä hinnoilla laskettuna kahdeksan kiinnitystelineen suunnitteleminen ja valmistaminen maksaisi noin 180 000€ (suunnittelu 20 000 €, valmistus 8 kpl x 20 000 €). Kuten jo mainittiin, nämä hinnat ovat hyvin viitteellisiä, mutta niistä voidaan kuitenkin päätellä, että näinkin yksinkertaisen laitteen suunnitteleminen ja valmistaminen on melko kallista. Juuri tästä syystä on tärkeää miettiä tarkkaan, mitä hyötyä uudesta laitteesta olisi. Eihän kannata maksaa tuhansia euroja laitteesta, jolla ei saada hyötyä nykyiseen verrattuna.

Materiaalin valinnalla voidaan osaltaan vaikuttaa kustannuksiin. Ensimmäiseksi materiaalin valinta vaikuttaa kiinnitystelineen valmistusvaiheessa. Lisäksi materiaalin valinnalla on vaikutusta huolto- ja korjaustoiminnassa. Eri materiaaleille pitää olla tietynlaiset työvälineet, joilla kiinnitystelinettä korjattaisiin. Tämä taas vaikuttaa siihen voidaanko työ tehdä Utin Jääkäriyrykmentissä vai pitääkö se teettää ulkopuolisella esim. Patrialla.

Seuraavalla sivulla olevassa laskussa on laskettu, kuinka paljon nykyisellä tavalla vuodessa tulee maksamaan lisävarusteiden kiinnitys ja pois ottaminen. Olen laskenut vuosikustannuksen kahdeksalle kopterille, joille jokaiseen tehdään kuusi kertaa niin kuormakoukun kuin lisävarusteen kiinnittäminen ja

irrottaminen. Kustannukset on laskettu 50 €:n tuntikustannuksella, johon sisältyy niin palkkakustannukset kuin muuta henkilöhallinnolliset kustannukset. Niin kuormakoukun kuin lisävarusteen kiinnittämiseen ja irrottamiseen olen laskenut menevän 1,5 tuntia. Tämän ajan olen itse huomannut sopivaksi työskennellessäni Utissa, sekä kyselemällä aikaa muilta työntekijöiltä.

$$8 \text{ konetta} \times \left(6 \frac{\text{vaihtoa}}{\text{vuosi}} \times 1.5 \text{ h} + 6 \frac{\text{vaihtoa}}{\text{vuosi}} \times 1.5 \text{ h} \right) \times 50 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 7200 \frac{\text{€}}{\text{vuosi}}$$

Yllä olevasta laskusta käy ilmi, että vuodessa kustannukset lisävarusteiden kiinnittämässä ja irrottamisessa ovat noin 7200 €. Summa ei tietysti ole täysin tarkka, mutta suuruusluokaltaan pitää paikkaansa.

Seuraavassa laskussa on laskettu samalla tapaa kustannukset tilanteessa, jossa käytössä olisi kiinnitysteline. Tässä tapauksessa erillistä kuormakoukkaa ei tarvita, joten se aika on nolla (0). Lisävarusteen kiinnittämiseen ja irrottamiseen olen arvioinut ajaksi 0,5 tuntia. Tätä aikaa ei ole pystytty tarkastamaan, mutta kiinnitystelineessä olevan pikakiinnityksen vuoksi aikaa tuskin kuluu sitä kauemmin.

$$8 \text{ konetta} \times \left(6 \frac{\text{vaihtoa}}{\text{vuosi}} \times 0 \text{ h} + 6 \frac{\text{vaihtoa}}{\text{vuosi}} \times 0.5 \text{ h} \right) \times 50 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 1200 \frac{\text{€}}{\text{vuosi}}$$

Laskussa käy ilmi, että mikäli kiinnitystelinettä käytetään ja sen käyttö on nopeaa, vuosittaisen kustannuksen ovat vain 1200 €. Joten laskua kustannuksissa tapahtuu.

Seuraavassa laskussa on laskettu kustannusten pienenemisen. Vuodessa kiinnitystelineelle voitaisiin säästää noin 6000 € kustannuksista.

$$7200 \frac{\text{€}}{\text{vuosi}} - 1200 \frac{\text{€}}{\text{vuosi}} = 6000 \frac{\text{€}}{\text{vuosi}}$$

Seuraavassa laskussa on laskettu, missä vaiheessa kiinnitystelineestä saatu rahallinen hyöty saataisiin, yllä mainitulla tavalla laskettuna, kohtaamaan kiinnitystelineen valmistuksesta aiheutuneet kustannukset. Kustannussäästöjä ajatellen kiinnitystelineen valmistuskustannukset saataisiin kiinni 30 vuoden päästä.

$$\frac{180000 \text{ €}}{6000 \frac{\text{€}}{\text{vuosi}}} = 30 \text{ vuotta}$$

Toki kiinnitystelineestä on muutakin hyötyä kuin rahallinen tai ajan säästö, joten 30 vuoden aika on tässä hyvin viitteellinen. Rahansäästöä kiinnitysteline ei varsinaisesti tuo, mutta se vapauttaa työntekijöiden aikaa muihin tehtäviin. Tämä aika voi olla hyvinkin tärkeää, kun uudet NH-90-helikopterit saapuvat Uttiin, sillä ne vievät varmasti paljon työntekijöiden aikaa.

6 PÄÄTELMÄT

Seuraavaksi esitetään vertailua nykyisen ja uuden tavan välille. Selkeyden vuoksi siitä on tehty taulukko, josta käy parhaiten ilmi, mitä hyötyä ja haittaa uudesta erillisestä kiinnitystelineestä on. Alla olevassa taulukossa 3 on vertailtu nykyisen tavan ja uuden erillisen kiinnitystelineen eroja.

Taulukko 3 Vertailu

	Nykyinen tapa	Uusi erillinen kiinnitysteline
Hyödyt	<ul style="list-style-type: none">- Kevyt- Halpa- Painopiste asemassa	<ul style="list-style-type: none">- Useampi lisävaruste kiinni yhtäaikaaisesti- Lisävarusteiden vaihtojen väheneminen- Pienin muutoksin uusia lisävarusteita- Ajan säästäminen --> pikakiinnitys
Haitat	<ul style="list-style-type: none">- Yksi lisävaruste kerrallaan- Lisävarusteiden vaihto-operaatio- Jotkin lisävarusteet tarvitsevat adapterin	<ul style="list-style-type: none">- Painon lisääntyminen- Painopisteen liikkuminen- Valituksen hinta

Yhteenvedona edellisestä voidaan todeta, että erillisellä kiinnitystelineellä saadaan konkreettista hyötyä nykyiseen tapaan verrattuna. Käytännössä kiinnitysteline nopeuttaa ja parantaa ulkoisen kuorman käyttöä. Mikäli kiinnitystelineeseen tulee pikakiinnitys, nopeutuu laitteiden kiinnitys huomattavasti. Näin myös kaikilla laitteilla olisi oma paikka, johon ne kiinnitetään. Kiinnitysteline mahdollistaisi tulevaisuudessa myös erilaisten varusteiden kiinnittämisen kopteriin. Telineeseen voisi myös kiinnittää useita lisävarusteita yhtä aikaa, mikä tällä hetkellä ei ole mahdollista, koska kaikki lisävarusteet tulevat kiinni samaan kiinnityskohtaan (luku 3.1 Tarkoitus ja käyttö)

Huonona puolena on helikopterin peruspainon nousun, mutta se ei olisi rajoittava tekijä kiinnitystelineen käytölle, sillä painon nousu on hyvin vähäinen (maks. 30kg). Se, millaisille varusteille kiinnitysteline tulevaisuudessa suunnitellaan vaikuttaa siihen, millaisesta materiaalista se valmistetaan ja kuinka luja sen täytyy olla. Nämä molemmat tekijät vaikuttavat osaltaan kiinnitystelineen painoon. Tässä vaiheessa on mahdotonta täysin tarkkaan määrittää kiinnitystelineen painoa, mutta se tuskin tulee olemaan rajoittava tekijä telineen käytölle.

Kiinnitystelineen painopisteen määrittäminen on tärkeää, mikäli kopteriin kiinnitetään yli 60 kg painoisia varusteita. Painopiste voi siinä tapauksessa muuttuva ja aiheuttaa muutoksia lento-ominaisuuksiin, kuten aiemmassa painopisteen laskussa on todettu. Pienemmillä painoilla painopiste muuttui sallituissa rajoissa. Painopisteen muuttuminen tulee ottaa erityisesti huomioon, mikäli tulevaisuudessa kopteriin halutaan kiinnittää aseita tms. Ne ovat yleensä suhteellisen painavia ja voivat näin aiheuttaa painopisteen liiallista muutosta.

Tapauksissa, joissa kopteri on laitettu valmiiksi esim. jotakin tehtävää varten ja se menee rikki, tulee kiire vaihtaa lisävarusteet toiseen kopteriin. Tässä tapauksessa kiinnitysteline nopeuttaisi huomattavasti lisävarusteiden siirtämistä kopterista toiseen. Muutoin voi olla, että tehtävä myöhästyy tai peruuntuu

kokonaan. Tämän kaltaiset tapaukset eivät ole yleisiä, mutta aina välillä näin voi käydä. Yllättäviin muutoksiin kiinnitysteline olisi suuri apu. Myös tilanteeseen, jossa kone tekee siirtolennon (kuten esimerkiksi Jyväskylän ralleihin menossa), kiinnitysteline nopeuttaa ja helpottaa toimintaa huomattavasti.

Omien johtopäätösteni ja teoreettisen vertailun kautta olen sitä mieltä, että kiinnitysteline on mahdollista suunnitella ja valmistaa. Se, onko se taloudellisesti kannattavaa ja onko siihen varaa, on Puolustusvoimien ratkaistava. Kiinnityslaite helpottaisi omasta mielestäni huomattavasti henkilökunnan työtä ja antaisi koptereille uusia käyttömahdollisuuksia. Vaikkakin lisävarusteiden vaihtovälit ovat suhteellisen pitkiä, kuten aiemmin on esitetty, on kiinnitystelineellä saavutettava varusteiden vaihdon nopeus kuitenkin niin suuri hyöty, että laite kannattaa hankkia. Puolustusvoimien budjetista riippuu se, toteutuuko uuden laitteen hankinta.

Tämän työn tuloksia voidaan toivottavasti hyödyntää käytännössä. Toivon, että työ antaa eväitä pohtia, onko kiinnitystelineen hankinta oleellinen asia. Uskon, että työni voi auttaa harkintavaiheessa ja antaa suuntaa siihen, millaista lisäselvitystä mahdollisesti tarvitaan. Olen yrittänyt koko työn ajan olla mahdollisimman objektiivinen ja ottaa mahdollisuuksien mukaan huomioon eri näkökulmia ja asioiden hyviä ja huonoja puolia.

Työni on vielä varsin pintapuolinen selvitys siitä, kannattaako kiinnitystelinettä hankkia. Se on kuitenkin mielestäni suuntaa antava. Tarkoituksena ei ollutkaan suunnitella vielä kiinnitystelinettä, vaan pelkästään pohtia sen kannattavuutta. Varsinainen laitteen suunnitteleminen tuo mukanaan uusia ongelmia ja varmasti asioita, joita en ole tässä työssä vielä pystynyt ottamaan huomioon. Tärkeimmät vaikuttavat asiat on mielestäni nostettu esille ja sitä kautta pystytty pohtimaan erillisen kiinnitystelineen kannattavuutta.

LÄHTEET

Painetut lähteet

- 1 Watkinsson, John, The Art of the Helicopter. Elsevier Butterwort-
Heinemann Oxfort 2004. 390 s.
- 2 Saarinen, Ahti, Uusi helikopterikirja. Lahti- Kopio Oy. Lahti
2001. 253 s.
- 3 Utin Jääkäriyrykmentti, Ohjaajan ohje. Lentotekniikkalaitos 2005.
Osa 2.
- 4 Utin Jääkäriyrykmentti, Ohjaajan ohje. Lentotekniikkalaitos 2005.
Osa 1.
- 5 Ilmavoimien Varikko, Ohjaajan ohje. Ilmavoimien Varikko 1987.
- 6 Aalto Heikki ja Ins tsto Pirmec Ky, Nostoapuvälinekäsikirja.
Lentotekniikkalaitos 2005.
- 7 Teknillinen tiedote. Nro 163B. Lentovarikko 30.3.1998.
- 8 Aalto, Heikki, Kiinnitysrakenteiden suunnitteluraportti. PirMec
Rakenne Oy 30.12.1997.
- 9 Saarela, Olli – Airasmaa, Ilkka – Kokko, Juha – Skrifvars, Mikael
– Komppa, Veikko, Komposiittirakenteet. Hakapaino Oy. Helsinki
2003. 494 s.
- 10 Koivisto, Kaarlo – Laitinen, Esko – Niinimäki, Matti – Tiainen,
Tuomo – Tiilikka, Pentti – Tuomikoski – Juho, Konetekniikan
materiaalioppi. Edita Oyj. Helsinki 2001. 336 s.

Sähköiset lähteet

- 11 Puolustusvoimat. [www-sivu]. [viitattu 9.2.2006] Saatavissa:
<http://www.mil.fi/maavoimat/joukot/utjr/helikopterilentue.dsp>
- 12 AirVenture. [www-sivu]. [viitattu 12.2.2006] Saatavissa:
http://www.airventure.de/kauhava2004_1.htm.

- 13 Umeå Universitet. [www-sivu]. [viitattu 15.2.2006] Saatavissa:
<http://www.eng.umu.se/realities/leif/linguistics.htm>
- 14 The European Autogiro Site. [www-sivu]. [viitattu 15.2.2006]
Saatavissa: <http://www.autogiro.be/Gallery/displayimage.php?album=17&pid=97>
- 15 Penns Valley. [www-sivu]. [viitattu 10.2.2006] Saatavissa:
[http://www.pennsvalley.org/PVHS1/Class/Chemistry/1930/1939\(small\).htm](http://www.pennsvalley.org/PVHS1/Class/Chemistry/1930/1939(small).htm)
- 16 Australian Government. Department of Defence. [www-sivu].
[viitattu 9.2.2006] Saatavissa:
<http://www.defence.gov.au/media/download/2004/Aug/310804.cfm>
- 17 Koskinen, Harri. Patrian suunnittelu ja valmistus kustannukset.
[sähköpostiviesti.] 23.3.2006.

PAK I 2:7 Sotilasilma-alusten lentokelpoisuusvaatimukset (soveltuvin osin)

1. MÄÄRÄYKSEN YLEISET PERUSTEET, TARKOITUS JA SOVELTAMINEN

1.1 Yleistä

Sotilasilmailun luonne ja toimintaolosuhteet asettavat ilma-aluksen rakenteelle ja ominaisuuksille siviili-ilma-aluksiin verraten erityisiä lisävaatimuksia. Tämä on ilmailulainsäädännössä otettu huomioon siten, että ilmailulain (281/95) nojalla on säädetty sotilasilmailuasetus (387/96), jonka 3. luvussa (8§ -10§) velvoitetaan sotilasilma-aluksen lentokelpoisuudesta, katsastuksesta ja muusta valvonnasta noudattamaan Ilmavoimien Esikunnan antamia määräyksiä ja ohjeita.

Tämän määräyksen tarkoituksena on antaa sotilasilmailun turvaamiseksi tarvittavat asetuksen tarkoittamat määräykset ja ohjeet:

- a) suunnitteluvaatimuksista ja lento-ominaisuuksista
- b) ilma-alustyyppin ominaisuuksien selvittämisestä (tyyppitarkastus) ja hyväksymisestä (tyyppihyväksyntätodistus)
- c) ilma-aluksen lentokelpoisuuden selvittämisestä (ensi- ja uusintakatsastus) ja hyväksymisestä (lentokelpoisuustodistus)
- d) lentoluvan antamisesta ilma-aluksen lento-ominaisuuksien tutkimista tai muuta tarkoitusta varten silloin, kun alus ei joka suhteessa täytä lentokelpoisuuden vaatimuksia (koelentolupa)
- e) ilma-aluksen lentokelpoisuuden varmistamisesta sen muutos-, korjaus- ja huoltotöissä
- f) ilma-aluksen käyttöön liittyvästä lentokelpoisuuden valvonnasta.

1.2 Ilmailulaki, sotilasilmailuasetus ja eräitä käsitteitä

Sotilasilmailussa noudatetaan ilmailulakia, sotilasilmailuasetusta sekä soveltuvin osin siviili-ilma-aluksien lentokelpoisuusmääräyksiä siten kuin tässä määräyksessä jäljempänä määrätään.

Sotilasilma-aluksen on sitä ilmailuun käytettäessä oltava lentokelpoinen (SotilMA 8§). Lentokelpoisuusvaatimusten lisäksi sotilasilma-aluksille määritetään sotilaallisen käytön edellyttämät vaatimukset, kuten

- tekniset ominaisuudet ja varustusvaatimukset
 - suorituskky- ja olosuhdevaatimukset
- huoltoa, korjausta, käyttövalmiutta ja taistelukestävyyttä koskevat vaatimukset.

Sotilasilma-alusta sanotaan tehtäväkelpoiseksi, jos se on lentokelpoinen ja täyttää tehtävälle asetetut sotilaalliset vaatimukset. Ilma-alus voi olla myös rajoitetusti tehtäväkelpoinen, mutta silloinkin sen on oltava lentokelpoinen.

1.3 Määräyksen soveltaminen

Tätä määräystä on noudatettava sotilasilma-alusten ja muun lentoteknillisen materiaalin uushankinnoissa ja modifikaatioissa. Suunnittelijaa, valmistajaa tai huoltoyrityksen toimintaa koskevat vaatimukset toteutetaan sotilasilmalukumääräyksin, sopimusteitse tilauskohtaisesti tai pysyväisluonteisilla yleissopimuksilla. Ulkomaisissa hankinnoissa voidaan lentokelpoisuuden vaatimuksista ja sen osoittamisen velvollisuudesta tinkimättä mukautua asianomaisessa maassa noudatettavaan käytäntöön. Ilmavoimien Esikunta hyväksyy poikkeavat menettelytavat varmistettuaan, että vastaava lopputulos saavutetaan.

Tämä määräys koskee kaikkea sotilasilma-alusten ja soveltuvin osin sotilasilmailuun käytettävien lentolaitteiden ja laskuvarjojen suunnittelua, valmistusta, ylläpitoa ja muuta lentoteknillistä toimintaa. Lentolaitteiden ja laskuvarjojen määräyksissä annetaan niitä koskevat täsmennykset ja lisävaatimukset, mutta tyyppitarkastuksessa ja lentokelpoisuusvalvonnassa käytetään tarpeellisessa laajuudessa tässä määräyksessä kuvattuja prosesseja. Tarvittaessa sotilasilmaluviranomainen antaa tarkentavia soveltamisohjeita.

Puolustusvoimien lentoteknillisessä toiminnassa käytettävän maakaluston on oltava käyttöön hyväksytty. Maakaluston tyyppitarkastuksista ja teknillisistä vaatimuksista määrätään erikseen.

2.6 Rakenneosat, laitteet, varusteet ja ohjelmatuotteet

Ilma-aluksessa käytettävien rakenneosien, laitteiden, varusteiden ja ohjelmatuotteiden pitää täyttää järjestelmäsuunnittelun tuloksena syntyneet vaatimukset.

Laitteet, varusteet ja ohjelmatuotteet on tyyppitarkastettava kappaleen 5.2 mukaan ja todettava ilma-alustyypin ja ko järjestelmän vaatimusten mukaisiksi. Tärkeät toiminta- ja turvallisuusvaatimukset tulee kokeellisesti osoittaa täytetyiksi.

Tilapäisasennuksissa voidaan ilma-aluksen käyttöä rajoittamalla huolehtia lentoturvallisuudesta, jos laite, varuste tai ohjelmatuote ei täytä kaikkia ilma-alustyypin vaatimuksia (katso myös kohdat 6.3 ja 6.4).

5. RAKENNEOSAN, LAITTEEN, VARUSTEEN JA OHJELMATUOTTEEN SUUNNITTELU JA TYYPPITARKASTAMINEN

5.1 Yleistä

Rakenneosan, laitteen, varusteen ja ohjelmatuotteen suunnittelussa on soveltuvin osin noudatettava ilma-aluksen ja sen järjestelmän suunnittelulle edellä asetettuja vaatimuksia.

Vaatimukset, jotka koskevat teknillisiä ominaisuuksia, ympäristön kestävyyttä, suoritusarvoja jne, saadaan järjestelmäsuunnittelun tuloksena.

Suunnittelun valmistustekniset ratkaisut ja valmistuksen tarkastusvaatimukset on määrättävä ja sopeutettava tuotannollisia edellytyksiä vastaaviksi.

Tarkastusvaatimuksissa on huomioitava käytettävissä olevien mittauslaitteiden mittausalueet ja mittaustulosten tarkkuus.

5.2 Tyyppitarkastus

Tyyppitarkastuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä niitä tarkastustoimenpiteitä, joilla varmistetaan, että rakenneosa, laite, varuste tai ohjelmatuote on ominaisuuksiltaan sellainen kuin kyseisessä spesifikaatiossa on määritelty ja että se on turvallinen käytettäväksi ilmailussa. Turvallisuuteen vaikuttavat tärkeät ominaisuudet on todennettava kokeellisesti.

Tyyppitarkastuksesta julkaistaan tyyppitarkastustodistus, jossa voidaan määritellä myös kyseessä olevan kohteen käyttörajoitukset (ympäristöolosuhteet, käyttötarkoitus yms).

Rakenneosan, laitteen, varusteen tai ohjelmatuotteen hyväksyminen käytettäväksi ilma-alustyyppissä tai sen järjestelmässä tehdään vertaamalla ilma-alustyyppin suunnitteluvaatimuksia niihin ominaisuuksiin, jotka tyyppitarkastuksen perusteella kyseisestä kohteesta on todettu. Vaatimusten ja ominaisuuksien on oltava yhdenmukaisia. Jouduttaessa laajentamaan kohteen käyttöaluetta tai muuten muuttamaan sen ominaisuuksia, on tehtävä tarvittavat koestukset ja kirjoitettava uusi tyyppitarkastustodistus.

Sotilasilmaluviranomainen tarvittaessa ratkaisee, toteutetaanko hyväksyntä tyyppitarkastus- vai TMT-menettelyllä.

Rakenneosan, laitteen, varusteen tai ohjelmatuotteen käytön ilma-aluksessa hyväksyy

- tyyppihyväksyttävän ilma-aluksen, version tai modifikaation suunnittelun yhteydessä ensin suunnittelija/valmistaja ja sitten Ilmavoimien Esikunta antaessaan tyyppihyväksyntätodistuksen
- tyyppivastuuorganisaatio modifikaatioissa, jotka eivät vaadi ilma-aluksen tyyppihyväksyntää tai täydentävää tyyppihyväksyntää, julkaistessaan muutostiedotuksen
- tyyppivastuuorganisaatio uuden varusteen ja laitteen käyttöönotossa, joka ei vaadi ilma-aluksen tyyppihyväksyntää tai täydentävää tyyppihyväksyntää, julkaistessaan muutostiedotuksen tai julkaistessaan muutoksen ohjekirjaan tai muuhun tietojärjestelmään
- tilapäisissä tapauksissa asennusmääräyksen tai poikkeusluvan antaja (kts 6.3 ja 6.4)

Kaikille Ilma-alustyyppin rakenneosille, laitteille, varusteille ja ohjelmatuotteille on tehtävä tyyppitarkastus ennen lentotoimintaan käyttöönottoa. Vain seuraavat poikkeukset sallitaan:

1. Kohteet, jotka eivät vaikuta ilma-aluksen turvallisuuteen ja jotka on määritelty ilma-aluksen piirustuksissa tai muissa suunnitteluasiakirjoissa tai valmistajan julkaisemissa ohjekirjoissa (vast) ko kohteessa käytettäväksi/asennettavaksi
2. Kohteet, jotka ovat standardoitujen tuotteiden luetteloissa ja jotka on määritelty täydellisesti kyseisissä standardeissa.

Tyyppitarkastuksen toimeenpanosta on päätettävä tapauskohtaisesti. Suomessa tarkastuksen voi tehdä yritys, joka on pätevä ilma-alusten suunnitteluun, tyyppivastuuorganisaatio tai muu tehtävään määrätty yksikkö. Tyyppitarkastuksen voi ulkomailta tehdä kyseisessä maassa valtuutettu viranomainen, yritys tai henkilö.

Tyypitarkastuksen perusteella on aina kirjoitettava suomalainen tyypitarkastustodistus. Sen allekirjoittaa yrityksessä hyväksytyn tehdaskäsikirjan mukaan valtuutettu henkilö ja tyypivastuuorganisaatiossa tarkastustoiminto.

Ilma-aluksen ulkomaisen hankinnan yhteydessä peruskoneen (pl tilaajan modifikaatiot) laitteille ei kirjoiteta erikseen tyypitarkastustodistuksia Suomessa. Tilaajan pitää kuitenkin varmistua, että vastaavat menettelytavat ovat kyseisessä maassa olemassa ja että tyypitarkastuksiin liittyvä asiakirja-aineisto on tarvittaessa saatavilla ilma-aluksen tyypitarkastusta tai myöhempää ilma-aluksen kehittelyä varten.

Seuraava koskee laitteiden ja varusteiden tyypitarkastusta. Ohjelmatuotteiden tarkastamisesta annetaan ohjeet erikseen.

Tyypitarkastuksessa on määriteltävä kyseisen kohteen, sen ominaisuuksien, käyttötarkoituksen ja lentoturvallisuuden vaatimuksien mukaisesti tarkastuksen sisältö ja tarvittavat koestukset sekä asiakirjat. Tyypitarkastuksen perusasiakirjat ovat spesifikaatio, piirustukset, kaaviot ja raportit tutkimuksista ja kokeiluista. Asiakirjojen pitää koskea sellaista laitteen tai varusteen muutostasoa, joka vastaa kyseessä olevan kohteen muutostasoa. Seuraavat ominaisuudet pitää soveltuvin osin selvittää:

- tyypimerkintä
- muutostaso
- paino, painopiste, hitausmomentit
- päämitat
- rakenne ja osat
- toiminta
- suoritusarvot
- asennusvaatimukset
- toiminnasta aiheutuvat vaikutukset koneen järjestelmiin
- toimintavarmuus
- turvallisuus
- tarkastus-, huolto-, korjaus-, kuljetus- ja varastointivaatimukset

Tyypitarkastustodistukseen on kirjattava ne ominaisuudet, jotka hyväksytään toteennäytetyiksi, sekä laitteen tai varusteen käytölle asetettavat erityisrajoitukset perusteluineen. Viiteasiakirjat (todistukset, raportit, spesifikaatiot jne) on säilytettävä tyypitarkastustodistuksen alkuperäiskappaleen liitteinä. Laatija taltioi tyypitarkastustodistusten alkuperäiskappaleet. Kopiot todistuksesta on jaettava tarvitsijoille seuraavasti:

- sotilasilmailuviranomainen

- tyyppivastuuorganisaatio

Jos tyyppitarkastustodistus on kirjoitettu muualla kuin ilmavoimissa, tulee alkuperäiskappaleesta ja sen liitteistä lähettää kopio ja todistuksesta kopiot yllä olevan jakelun mukaisesti.

Tyyppivastuuorganisaation on pidettävä yllä luetteloja laitteista, varusteista ja ohjelmatuotteista, jotka on ilma-alustyyppiin hyväksytty Suomessa. Luetteloon on merkittävä tyyppitarkastustodistuksen numero.