

## Hawk lentokoneiden mekaanisten järjestelmien konfiguraation hallinta



## **Alkusanat:**

Työni Ilmavoimien Lentotekniikkalaitoksella on valmistanut hyvin tämän kaltaisten projektien läpiviennille. Tunnen Hawk-kaluston mekaanisten järjestelmien osalta melko hyvin. Tämä kehitystehtävä on lisännyt tietämystäni Hawk-kalustosta ja etenkin Sveitsistä hankituista Mk.66 -koneista.

Kehitystehtävä venyi odotettua pidemmäksi muutaman yksittäisen tiedon puuttumisen vuoksi. Työn valmistuttua jää edelleen joitakin avoimia kysymyksiä, mutta ne saavat vastauksensa siinä vaiheessa, kun ensimmäiset laitteet puretaan vertailua ja huoltoa varten.

Tampereella 9.6.2009

Pasi Mäenpää

## **Johdanto:**

Suomen puolustusministeriö teki periaatepäätöksen kesällä 2007 18 kappaleen Sveitsin Ilmavoimien Hawk Mk66 koneen hankkimiseksi. Hawk Mk66 -koneet ovat Suomen Ilmavoimien nykyisten Hawk Mk51 ja Mk51A -kaluston kaltaisia lentokoneita. Tässä työssä perehdyn edellä mainittujen konetyyppien eräisiin mekaanisiin järjestelmiin ja vertaan koneiden mekaanisten järjestelmien eroja. Pyrin myös etsimään ne mahdolliset toimenpiteet, joilla koneversiot saadaan yhtenäistettyä käytännön lennätystoiminnan ja ohjaajan kannalta.

## **Summary:**

Ministry of Defence of Finland made a decision in principle to buy eighteen second-hand Hawk Mk66 trainers from Switzerland. Hawks have become needless because of changed Swiss jet pilot training program. Swiss Mk66 Hawks are a like Finnish Mk51A Hawks. The purpose of this project is to familiarize mechanical systems and to find differences between Hawks types which are mentioned above.

I also try to find possible actions that unify both aircraft types for pilots and mechanics.

## Sisällysluettelo:

<b>ALKUSANAT:</b> .....	<b>2</b>
<b>JOHDANTO:</b> .....	<b>3</b>
<b>SUMMARY:</b> .....	<b>4</b>
<b>LYHENTEET JA KÄSITTEET</b> .....	<b>7</b>
<b>TYÖN TAUSTAA</b> .....	<b>9</b>
<b>BRITISH AEROSPACE (HS 1182) HAWK TEKNISET TIEDOT /3/, /4/, /5/</b> .....	<b>11</b>
BAE HAWK YLEISTÄ .....	11
BAE HAWK MK 51 JA MK 51A /3/.....	11
BAE HAWK MK 51 JA MK 51A /3/.....	12
BAE HAWK MK 66 /4/, /5/ .....	12
BAE HAWK MK 66 /4/, /5/ .....	13
<b>TUTKIMUSMENETELMÄT KEHITTÄMISTEHTÄVÄSSÄ</b> .....	<b>14</b>
KEHITTÄMISTEHTÄVÄN TAVOITELTU LOPPUTULOS .....	14
OHJAAVAN TUTKIMUKSEN PROSESSI .....	14
<b>YLEISTÄ HAWK MK51 / MK51A / MK66 -VERSIOIDEN JÄRJESTELMISTÄ</b> .....	<b>16</b>
JÄRJESTELMÄ 19. OHJAIMET .....	16
JÄRJESTELMÄ 20. LASKUTELINE.....	17
JÄRJESTELMÄ 21. HYDRAULIJÄRJESTELMÄ .....	17
JÄRJESTELMÄ 25. HAPPIJÄRJESTELMÄ.....	18
<b>HAWK MK51 / MK51A / MK66 MERKITTÄVIMMÄT EROAVAISUUDET MEKAANISISSA JÄRJESTELMISSÄ</b> .....	<b>18</b>
JÄRJESTELMÄ 19. OHJAIMET .....	18
JÄRJESTELMÄ 20. LASKUTELINE.....	19
<i>Päälaskuteline</i> .....	19
<i>Pääpyörä</i> .....	19
<i>Pääpyörän rengas</i> .....	20
<i>Taulukko 1. Pääpyörän renkaiden mitat</i> .....	20
<i>Pääpyörrien yhtenäistäminen</i> .....	21
<i>Pääpyörän koeasennus</i> .....	22
<i>Anti-Skid</i> .....	24
<i>Master cylinder</i> .....	25
<i>Nokkalaskuteline ja nokkapyörä</i> .....	25
JÄRJESTELMÄ 21. HYDRAULIJÄRJESTELMÄ .....	25
JÄRJESTELMÄ 25. HAPPI .....	25
<b>HW MK51 / MK51A / MK66 KONEIDEN MAHDOLLISET MODIFIKAATIOT</b> .....	<b>27</b>
JÄRJESTELMÄ 20. LASKUTELINE.....	27
<i>Päälaskuteline</i> .....	27
<i>Pääpyörä</i> .....	27
<i>Nokkalaskuteline</i> .....	28
<i>Jarrujärjestelmä</i> .....	28
JÄRJESTELMÄ 25. HAPPI .....	29
<i>Hapentäyttö</i> .....	29
TOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....	31
HAWK MK66 -KONEISIIN TEHTÄVÄT MUUTOKSET .....	31
HAWK MK51 JA MK51A -KONEISIIN TEHTÄVÄT MUUTOKSET .....	31

<b>YHTEENVETO</b> .....	<b>33</b>
<b>LÄHDELUETTELO</b> .....	<b>35</b>
PAINETUT LÄHTEET .....	35
SÄHKÖISET LÄHTEET .....	35
<b>TAULUKOT</b> .....	<b>37</b>
TAULUKKO 1. OHJAINJÄRJESTELMÄN LAITTEET JA MERKITYKSELLISET OSAT.....	37
TAULUKKO 2. LASKUTELINEJÄRJESTELMÄN LAITTEET JA MERKITYKSELLISET OSAT.....	38
TAULUKKO 3. HYDRAULIJÄRJESTELMÄN LAITTEET JA MERKITYKSELLISET OSAT.....	40
TAULUKKO 4. HAPPIJÄRJESTELMÄN LAITTEET JA MERKITYKSELLISET OSAT.....	41

11.6.2009

## Lyhenteet ja käsitteet

- **Anti-Skid** on lentokoneissa käytettävästä lukkiutumattomasta jarrujärjestelmästä käytetty nimitys
- **BAe Hawk** on BAE SYSTEMS:n (entinen British Aerospace Ltd.) suunnittelema ja valmistama suihkuharjoituskone. Hawkia on valmistettu satoja koneyksilöitä ja niitä on käytössä useiden valtioiden Ilmavoimilla sekä lentokoulutusyrityksillä. Suomen Ilmavoimissa käytetään runkotyyppistä lyhennettä HW.
- **HK...** on Sveitsin Ilmavoimien muutostiedotteen numerointi. Tyypillisesti HK-tunnuksen perässä on neljä numeroa. HK-tunnuksia esiintyy mm. liitteenä olevassa taulukossa.
- **LTJ-järjestelmä** on lyhenne lentotekniikan logistiikan tietojärjestelmästä. LTJ-järjestelmällä valvotaan ilma-alusten kuntoisuutta, ylläpidetään mm. ilma-alusten sekä laitteiden konfiguraatiota, huoltotietoja, lentotuntitietoja ja laaditaan vikailmoituksia.
- **Mod** on lyhenne BAe:n tai BAESYSTEMS:n niin sanotusta valmistajan modifikaatiosta. Suomessa Suomen Ilmavoimien omalla suunnittelulla toteutettavat muutokset otetaan käyttöön TMT-järjestelmän muutostiedotteella (MT). Modifikaatioita on julkaistu myös muiden alkuperäisvalmistajien, kun BAESYSTEMS:n toimesta. Näihin Mod-merkintöihin on lisätty julkaisijan nimi, esim. Dunlop Mod.
- **PR-luku**, eli Ply Rating ilmaisee renkaan suuriman suositellun kuormituksen ja paineen. Termi osoittaa renkaan kudusrungon lujuuden painetta vastaan eikä välttämättä renkaan valmistuksessa käytettyjen säiekudosten lukumäärää. /10/
- **TMT-järjestelmä** on lyhenne Teknillinen muutos, tiedotus ja raportointi -järjestelmästä. TMT-järjestelmällä laaditaan mm.

11.6.2009

asennusmääräyksiä (AM), teknisiä ilmoituksia (TI) ja niiden päätöksiä (TIP), teknisiä tiedotteita (TT) ja poikkeuslupapäätöksiä (PLP).

- **WoW-kytkin**, Weight on Wheels -kytkin eli paino pyörillä -kytkin ilmaisee koneen järjestelmille onko lentokone ilmassa vai maassa. Kytkin vaikuttaa mm. laskuteline- ja jarrujärjestelmään sekä aseistukseen



11.6.2009

## Työn taustaa

Suomen Ilmavoimilla on käytössä Hawkin kahta eri versiota: Hawk Mk51 ja Mk51A. Vanhempi HW Mk51 -kalusto on palvellut Suomen Ilmavoimia 1980-luvun alusta. Suurin osa HW Mk51 -kalustosta on koottu Patria Aviation Oy:ssä (entinen Valmet Lentokonetehtas). 1990-luvun alussa Suomi hankki seitsemän kappaletta HW Mk51A lisäkonetta, korvaamaan onnettomuuksissa menetettyjä Hawkeja.

Kesällä 2007 Suomen puolustusministeriö teki periaatepäätöksen 18 kappaleen Sveitsin Ilmavoimien vähänkäytetyn Hawk Mk66 koneen hankkimiseksi. BAe Hawk Mk66 -suihkuharjoituskoneet olivat käyneet tarpeettomiksi Sveitsin lentokoulutusjärjestelmän muutoksen seurauksena.

HW Mk51A sekä Sveitsin Ilmavoimille valmistetut Hawk Mk66 -koneet ovat valmistettu BAE SYSTEMS:n Brough:n tehtaalla Isossa Britanniassa 1990-luvun alussa. Hawk Mk66 -versio oli aikansa uusin versio. Hawk Mk51A valmistettiin laitteiden ja järjestelmien osalta vastaamaan mahdollisimman paljon 1980-luvulla valmistettuja Suomen Ilmavoimien Hawk Mk51 -versioita. Mk51A:n suurin eroavaisuus Mk51 versioon verraten löytyi uudentyyppisestä, Postmod 999, siivestä, joka mahdollistaa suuremman liikehtelyn. Mk51A koneessa on myös erillinen jarrunestesäiliö sekä muutettu valutustankkausputkisto. Pieniä muutoksia löytyy myös ohjaamon mittaristosta sekä hydraulipumpun letkuista. Päälaskutelineiden ylälukot on vaihdettu uudempiin versioihin, jotka tosin ovat vaihtokelpoiset Mk51:n ylälukkojen kanssa.

11.6.2009

Tässä työssä etsin mahdollisuuksia muuttaa koneiden konfiguraatiota eräiden mekaanisten järjestelmien siten, että Ilmavoimien käyttöön jäävät koneet ovat mahdollisimman yhtenäiset niin ohjaajan kuin tekniikan kannalta. Yhtenäinen kalusto mahdollistaa pienemmän vaihtolaitekannan ylläpidon, pienemmän varaosavaraston, suppeamman ja selkeämmän ohjekirjallisuuden sekä parantuneen käytettävyyden, huollettavuuden sekä etenkin lentoturvallisuuden.

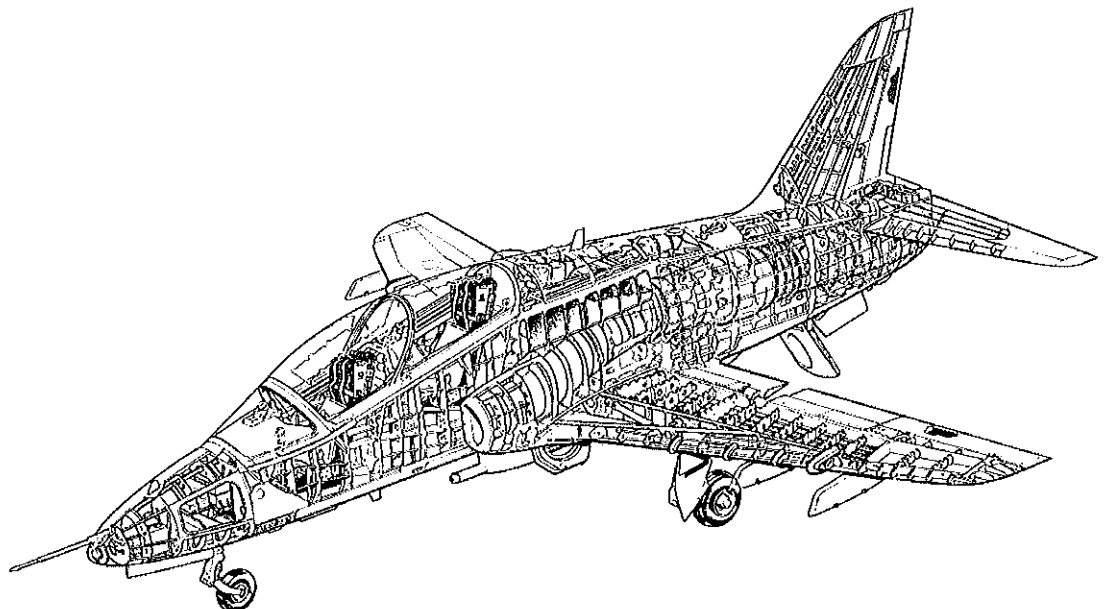
Työn alkuvaiheessa syksyllä 2007 oli Sveitsin Hawk Mk66 -kaluston ohjekirjallisuudesta käytössä ainoastaan varaosaluettelo Ersatzteil-Katalog Hawk Mk66, SF-Katalog-Nr. 26F/K-1/III, jonka viimeisin päivitys on vuodelta 2000. Kyseinen ohjekirja vastaa Suomen Ilmavoimien ohjekirjaa HW7-11E3, Illustrated Parts Katalogue IPC-3A, Hawk Mk 51, 51A Aircraft. Varaosaluettelon lisäksi käytössäni oli Sveitsin Ilmavoimilta saatu varastomateriaaliluettelo, koneiden konfiguraatoraportti sekä Hawk Mk66 -koneen spesifikaatio. Suuri osa työn perusteista perustuu Suomen Ilmavoimien koneiden ohjekirjallisuuteen, Ilmavoimien työntekijöiden haastatteluihin, joista mainittakoon Insinööri majuri Esa Lahtinen (LENTOTLLEKOOS) sekä Teknikkokapteeni Veli-Matti Koskela (KOELNTK). Suuren avun olen myös saanut laitevalmistajilta, joista mainittakoon Meggitt Aerospace Ltd, GE Aviation sekä Honeywell Aerospace. Maaliskuussa 2008 Ilmavoimille tuli tieto, että BAESYSTEMS on vapauttanut suurimman osan Hawk Mk66 -ohjekirjallisuudesta ja ne voidaan luovuttaa Suomen Ilmavoimien käyttöön. Minun huonoksi onneksi juuri tässä työssä tarvittavasta ohjekirjallisuudesta vapautettiin ainoastaan happijärjestelmää sekä osaa hydraulijärjestelmää käsittelevä ohjekirjallisuus.

11.6.2009

## British Aerospace (HS 1182) Hawk tekniset tiedot /3/, /4/, /5/

### BAe Hawk yleistä

Alkuperämaa:	Englanti
Tyyppi:	Kaksipaikkainen peräkkäin istuttava suihkuharjoituskone
Rakenne:	Kokometallirakenteinen runko ja yksiosainen alatasosiipi
Voimalaite:	Rolls-Royce/Turboméca Adour aksiaali-virtauksinen ohivirtaussuihkumoottori
Päämitat:	Pituus: 11,9 m Korkeus: 4 m Kärkiväli: 9,4 m Aseistus: 30 mm tykki, infrapunaohjukset Miehistö: 2 henkilöä
Muuta erityistä:	Heittoistuimet, paineistettu ohjaamo, täysin sisäänvedettävät laskutelineet, happijärjestelmä, hydraulitoimiset laskusiivekkeet, kahdet ohjainlaitteet

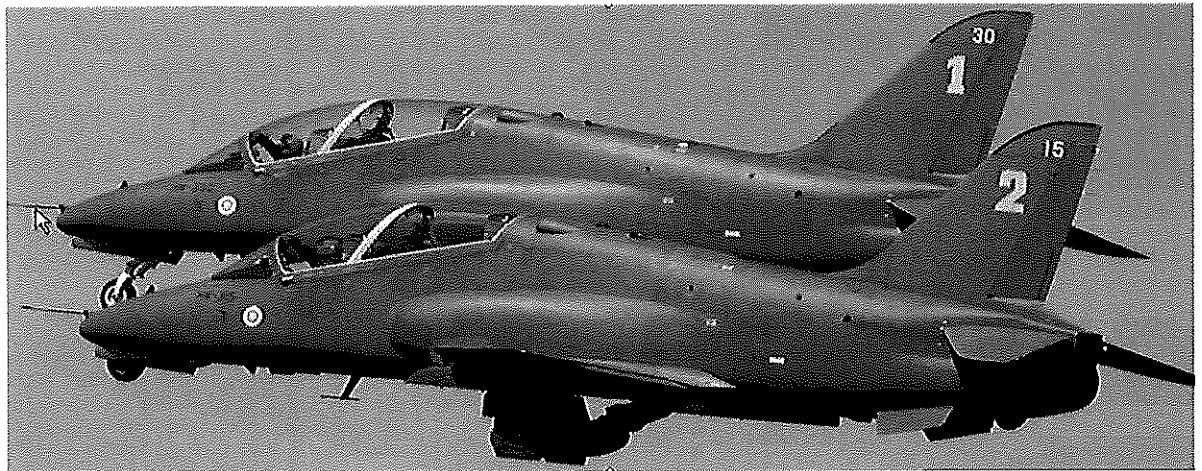


Kuva 1. BAe Hawk rautalankamalli

11.6.2009

## BAe Hawk Mk 51 ja Mk 51A /3/

Voimalaite:	Yksi 23.73 kN Rolls-Royce Turbomeca Adour Mk 851
Suoritusarvot:	Suurin nopeus vaakalennossa matalalla 1 038 km/h, korkealla 0,88 Machia Pisin lentomatka ilman lisäsäiliöitä korkealla 2 400 km ilman reserviä Lakikorkeus 14 500 m
Painot:	Tyhjäpaino: 3 647 kg Suurin lentopaino: 7 750 kg
Aseistus:	30 mm:n Aden Mk4 tai Mk5 tykki, IP- ohjus



Kuva 2. BAe Hawk Mk51

11.6.2009

## BAe Hawk Mk 66 /4/, /5/

Aircraft Performance:	Max. speed: 1013 km/hr
	Max. rate of climb: 47 m/s
	Max. operational ceiling: 14'000 m/asl
	Flight endurance: 2 hours
	Range: 2000 km
Weights:	Empty weight: 3635 kg
	Permissible load: 4935 kg
	Max. take-off weight: 8750 kg
Power plant:	Model: RR-Adour 861-03
Manufacturer:	Rolls Royce Ltd., GB
Type:	Turbofan jet turbine
Max. thrust:	25.35 kN



Kuva 3. BAe Hawk Mk66

11.6.2009

## Tutkimusmenetelmät kehittämistehtävässä

### Kehittämistehtävän tavoiteltu lopputulos

Tämän kehittämistehtävän tavoitteena on tuottaa toteuttamiskelpoinen suunnitelma, jolla voidaan:

- varmistaa Hawkin mekaanisten järjestelmien laitteiden käytettävyys
- määritellä tarvittavien vaihtolaitteiden kappalemäärä tarvittavien lentotuntien ja konemäärän selkeytyessä
- löytää ne kriittiset laitteet, joiden tuotetuki loppuu ennen HW-kaluston hylkäämistä
- määritellä ne lentoturvallisuutta, luotettavuutta tai käytettävyyttä parantavat laite tai järjestelmämodifikaatiot, jotka tulisi toteuttaa mahdollisimman pian.

Merkitys:

- toteuttamiskelpoinen suunnitelma mahdollistaa kustannusten pitämisen mahdollisimman pienenä ja järjestelmien mahdollisimman hyvän käytettävyyden ja huollettavuuden.

Kehittämistehtäväni toteuttamismenetelmäksi sopi mielestäni parhaiten ohjaavan tutkimuksen prosessi.

### Ohjaavan tutkimuksen prosessi

Ohjaavan tutkimuksen tarkoituksena on *parantaa* kohdetta esimerkiksi poistamalla sitä vaivaava ongelma tai kehittämällä uusi tuote. Toisinaan on mahdollista toteuttaa ohjaavan tutkimuksen ja kehittämisen prosessi yksinkertaisena päätösten sarjana, esimerkiksi seuraavasti:

Määritellään tavoite, esimerkiksi tietyn olevan epäkohdan poistaminen tai uuden tuotteen luominen.

11.6.2009

Todetaan mihin asioihin projekti voi vaikuttaa ja mihin ei.

Tavoite voisi esimerkiksi olla nopeimmin saavutettavissa muuttamalla maan poliittinen järjestelmä, mutta se on projektille mahdotonta ja siihen on suhtauduttava "annettuna" tekijänä.

Suunnitellaan miten tavoite saavutetaan. Tästä laaditaan mieluummin useita vaihtoehtoja.

Valitaan paras vaihtoehto (joko se, joka antaa parhaan tuloksen, tai halvin niistä, jotka antavat tyydyttävän tuloksen).

Laaditaan yksityiskohtainen toteuttamissuunnitelma.

Käytännön ehdotukset viedään hyväksyttäväksi niistä päättävälle taholle (yhtiön johdolle, kunnanvaltuustolle tms), joka puolestaan voi vaatia uusittavaksi minkä tahansa edeltävän työvaiheen.

Käytännön toteutus.

Täten esimerkiksi uuden teollisen tuotteen kehittäminen usein suunnitellaan jonomuotoiseksi prosessiksi. /11/

11.6.2009

## **Yleistä Hawk Mk51 / Mk51A / Mk66 -versioiden järjestelmistä**

### **Järjestelmä 19. Ohjaimet**

Kaikkien tässä työssä käsiteltyjen Hawk-versioiden ohjausjärjestelmät koostuvat siivekkeistä, kokonaan liikkuvasta korkeusvakaajasta eli korkeusperäsimestä, sivuperäsimestä laskusiivekkeistä ja lentojarrusta. Siivekkeet ja korkeusperäsin ovat kokonaan hydraulisesti ohjatut ilman mekaanista ohjausmahdollisuutta. Sivuperäsin on mekaanisesti ohjattu. Siivekkeissä sekä korkeusperäsimestä on jousivoimalla varustettu keinotunto. Laskusiivekettä ja lentojarrua käytetään hydraulisesti. Laskusiivekkeissä on yhteenkytkentäpiiri laskutelinejärjestelmän kanssa. Yhteenkytkentäpiirin tehtävänä on estää lentoasu, jossa laskutelineet ovat sisäänvedettyinä, mutta laskusiivekkeet täysin ulkona.

Molempien ohjaamoiden ohjaussauvat ovat kytketty yhteen mekaanisesti ja ne ohjaavat työntötankojen välityksellä hydraulikäyttöisiä ohjaustehostimia.

Molempien ohjaamoiden polkimet ovat kytketty yhteen mekaanisesti ja ne ohjaavat työntötankojen välityksellä sivuperäsintä. Polkimilla myös ohjataan lentokoneen jarrujen toimintaa.

Ohjausjärjestelmän hydraulitoimiset laitteet saavat käyttövoimansa lentokoneen hydraulijärjestelmistä 1 ja 2. Poikkeuksen muodostavat laskusiiveke ja lentojarru, joiden käyttöpaine tulee ainoastaan hydraulijärjestelmästä 1. /3/, /5/



11.6.2009

## Yhteenveto

Työn tavoitteena oli etsiä mahdollisuuksia muuttaa koneiden konfiguraatiota eräiden mekaanisten järjestelmien osalta siten, että Ilmavoimien käyttöön jäävät koneet ovat mahdollisimman yhtenäiset niin ohjajan kuin tekniikan kannalta. Yhtenäinen kalusto mahdollistaa pienemmän vaihtolaitteikannan ylläpidon, pienemmän varaosavaraston, suppeamman ja selkeämmän ohjekirjallisuuden sekä parantuneen käytettävyyden, huollettavuuden sekä etenkin lentoturvallisuuden.

Suomen Ilmavoimien sekä Sveitsistä Ilmavoimilta ostetun Hawk-kaluston mekaaniset järjestelmät ovat hyvin samankaltaiset. Koneversioiden välillä on pieniä eroavaisuuksia, mutta käytännön toimintaan ne eivät vaikuta.

Laatimani selvityksen perusteella suuri osa mekaanisten järjestelmien laitteista koneversioiden, Mk51, Mk51A ja Mk66, kesken ovat täysin vaihtokelpoisia. Eräisiin Mk66-koneiden laitteisiin tulee tehdä ne muutokset, jotka Mk51 ja Mk51A -koneiden laitteisiin on jo tehty.

Koneisiin suositan tehtäväksi pääpyörien yhtenäistämisen siten, että Mk66 pääpyörä otetaan käyttöön koko Ilmavoimien Hawk-kalustossa.

Happi-järjestelmän täyttöliitinten muutos tulee väistämättä eteen nykyisen Mk51 ja Mk51A -kaluston happijärjestelmien hapen suuntaisventtiilin tuotetuen puuttumisen vuoksi. Suosittelen käyttöön otettavaksi EADS CASA C-295M -koneen hapentyytöliittimen. Samalla venttiilillä korvataan myös Mk66-koneiden nykyiset hapentyytöliittimet.

11.6.2009

Tehtävän tavoitteet saavutin pääsääntöisesti hyvin. Mekaanisista järjestelmistä on nyt tiedossa suurimmat eroavuudet ja toimenpiteet, joilla kalustoa on mahdollista ja kannattavaa yhtenäistää.

Vaihtoehdot Ilmavoimien mahdollisen kansainvälisen ohjaajakoulutuksen myötä palveluskäyttöön jäävästä Hawk-koneiden kappalemäärästä sekä lentotuntimääristä vaihtelevat suuresti. Edellä mainitusta syystä en voinut määrittää tarvittavia vaihtolaitteiden lukumääriä. Tätä yhteenvetoa kirjoittaessani asia on edelleen Ilmavoimien Esikunnassa käsiteltävänä ja Lentotekniikkalaitos odottaa tietoja, jotta suunnitelmat voidaan laatia. Eräiden laitteiden osalta minulle jäi edelleen joitakin avoimia kysymyksiä. Kysymyksiin vastaukset saadaan, kun laitteiden ensimmäiset huollot kotimaassa on suoritettu.

11.6.2009

## Lähdeluettelo

### Painetut lähteet

- /1/ Ersatzteil-Katalog Hawk Mk66  
SF-Katalog-Nr. 26F/K-1/III, 1/2000
- /2/ Illustrated Parts Katalogue, IPC-3A, HW7-11E3  
Hawk Mk 51, 51A Aircraft, 03/2007
- /3/ Hawk Rakenne ja huoltoselostus -kirjasarja,  
Ilmavoimat, HW1-11S1...HW1-11S8
- /5/ Specification of the British Aerospace Hawk Mk66  
for the Swiss Air Force, BAe(K) 651 Issue 4
- /6/ Hawk huoltosuunnitelma ja kokoomataulukko,  
Ilmavoimat  
HW4-11ES1
- /7/ Ilmavoimien Teknillinen muutos- ja  
tiedotusjärjestelmä TMT-järjestelmä
- /8/ Hawk Mk66 meeting FiAF – Armasuisse, 18/19  
July 2007, Kokousmateriaali ja muistio (kansiossa  
Esa Lahtisella)
- /9/ Flugzeug HAWK Mk 66, unterhaltsvorschrift der FI  
Trp für die Stufe A, Baugruppe 10
- /10/ Hawk Mk 51, 51A laiteohje -kirjasarja, järjestelmä  
20, Laskuteline, HW5-20-S1...S4B
- /12/ Hawk Modification Chart, All Marks, B.Ae.K.124,  
Issue 10

### Sähköiset lähteet

- /4/ Sveitsin Ilmavoimien internetsivut:  
<http://www.lw.admin.ch/content/internet/luftwaffe/en/>

11.6.2009

[home/dokumentation/assets/aircraft/historical/hawk.html](#), Viitattu 6.3.2008

/11/

[\[files/1\]\(#\)](http://www.uiah.fi/virtu/materiaalit/tuotetiede/html</a></u></p></div><div data-bbox=)

[10\\_tutkimushank.html](#)

Viitattu 29.11.2007