

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

Opinnäytetyö

Mikko Haapaniemi

NH90-HELIKOPTERIN MAATESTAUKSEN RAKENNEPUU

Työn ohjaaja
Työn teettäjä

DI Simo Marjamäki
Patria Aviation Oy, valvojana ins. Antti Salmi

Halli 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Haapaniemi, Mikko

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Marraskuu 2007

Hakusanat

NH90-helikopterin maatestauksen rakennepuu

39 sivua

DI Simo Marjamäki

Patria Aviation Oy, valvojana ins. Antti Salmi

helikopteri, NH90, testaus, rakennepuu

TIIVISTELMÄ

Ilma-aluksien kokoonpanovaiheeseen kuuluu tärkeänä osana kaikkien järjestelmien perinpohjainen testaus, jotta voidaan todentaa järjestelmien moitteeton toiminta sekä taata ilma-aluksen lentokelpoisuus järjestelmien osalta. Ilma-aluksen valmistaja ja ilmailuviranomaiset määrittävät ja laativat kaikki ne testaustoimenpiteet, jotka ilma-alukselle on tehtävä.

Patria Aviation Oy:n Helicopters-liiketoiminta valmistaa alihankintana keskiraskaita NH90-kuljetushelikoptereita Eurocopterille. NH90 on moderni nykyaikainen helikopteri. Osa tässä helikopterissa olevista järjestelmistä on sellaisia, joita ei yleensä ennen ole totuttu näkemään helikoptereissa. Tämä aiheuttaa helikopterin järjestelmien testaukselle omat isot haasteensa.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin sitä, kuinka NH90-helikopterin testausprosessia voidaan kehittää. Tämän työn tuloksena tehtiin helikopterin testaukselle rakennepuu, jonka mukaan testaamista olisi selkeämpi suorittaa. Rakennepuun toiminnassa otettiin huomioon ennen testausmenetelmissä ilmennyt päällekkäinen työ. Rakennepuussa otettiin myös huomioon kriittisten osien tärkeys testaustoiminnassa. Työssä siis selvitettiin kaikki ne laitteet, jotka estävät ison määrän testejä, ja joita ilman tiettyjen testien tekeminen estyisi tai keskeytyisi.

Rakennepuun toimintaan tulee tulevaisuudessa muutoksia testiohjeiden muutosten myötä. Testiohjeiden selkiytyessä myös testausprosessi kokonaisuutena tulee paranemaan.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Aeronautical Engineering

Mikko Haapaniemi

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

November 2007

Keywords

NH90-Helicopter Ground Testing Tree

39 Pages

Simo Marjamäki (MSc)

Patria Aviation Oy: Antti Salmi (BEng)

helicopter, NH90, testing, testing schematic

ABSTRACT

The NH90 is a twin engine, tactical transport and multi-role naval helicopter. NH90 is a modern helicopter, including the highly integrated avionics system. This causes very big challenges for the testing.

The purpose of this engineering thesis was to develop more simplified testing process for the NH90 helicopter than it was before. The testing schematic includes of approximately 140 different test specifications. All critical items were taken into account in testing schematic. A critical item in this case means items that will block whole testing process, if those items are not available. When we have critical item missing, we will always find away to continue testing using by this testing schematic.

ALKUSANAT

Opinnäytetyö tehtiin Patria Aviation Oy:n Helicopters-liiketoiminnalle, syksyn 2007 aikana. Haluan kiittää työni ohjaajaa Simo Marjamäkeä, joka edusti Tampereen ammattikorkeakoulua työni tarkkailussa. Kiitän myös opinnäytetyöni valvojana toiminutta NH90-ohjelman B-testiryhmänpäällikköä Antti Salmea työni ohjauksesta, neuvoista sekä mahdollisuudesta vaikuttaa testien kehitykseen. Kiitän koko B-testiryhmää sekä työkavereita hyvistä neuvoista ja palautteesta työni aikana. Lisäksi kiitän vaimoani Miiaa ja lapsiani kärsivällisyydestä sekä heidän suuresta tuestaan.

Hallissa 23.11.2007

Mikko Haapaniemi

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO	5
LYHENTEET JA MERKINNÄT	7
1 JOHDANTO	9
2 PATRIA-KONSERNI	10
2.1 Land Solutions	11
2.2 Systems and Services	12
2.3 Muut toiminnot	13
3 NH90-HELIKOPTERI	14
3.1 NH90-helikopterin tekniikkaa	14
3.2 NH90-helikopterin teknisiä tietoja	15
3.3 NH90-helikopterin varusteet ja ominaisuudet	16
3.4 NH90-projektin historiaa	17
4 ILMA-ALUKSEN TESTAUS	20
4.1 Testausvaatimukset	20
4.2 Toimintahäiriöt	20
5 NH90-HELIKOPTERIN TESTAUS	22
5.1 Testiohje	22
5.2.1 Testiohjeen muutostaso	23
5.2.2 Testiasiakirjojen numerointi	23
5.2 Testausympäristö	25
6 NH90-HELIKOPTERIN TESTAUKSEN RAKENNEPUU	27
6.1 Sähköttömät testit	27
6.2 Sähköntuottotestit	28
6.3 Sähköiset mittaukset	29
6.4 Järjestelmäkokeilut	29
6.5 Hydraulikkajärjestelmä testit	30

6.6 Lopputestit.....	33
6.7 Lentolinjan testit.....	34
7 TESTAUSRAKENNEPUUN TOIMINTA.....	35
8 TESTEIHIN KULUVA AIKA	37
9 TULOSTEN ARVIOINTI	38
LÄHDELUETTELO	39

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AECMA	European Association of Aerospace Manufacturers
ALT	ALternator
APU	Auxiliary Power Unit
ATA	Air Transport Association
AVI	Patria Aviation Oy
CMU	Communication Management Unit
CWP	Central Warning Panel
EC	Eurocopter
ECS	Environmental Control System
FADEC	Full Authority Digital Engine Control
FCS	Flight Control System
HMSD	Helmet Mounted Sight and Display
IFR	Instrument Flight Rules
ITU	Inceptor Transducer Unit
LRU	Line Replacement Unit
MFD	Multi Function Display
MoU	Memorandum of Understanding
MRA	Main Rotor Actuator
MLG	Main Landing Gear
MLS	Microwave Landing System
NAHEMA	NATO Helicopter Management Agency
NAHEMO	NATO Helicopter Management Organization
NATO	the North Atlantic Treaty Organisation
NFH	Naval Frigate Helicopter
NH90	NATO Helicopter for the 90's
NLG	Nose Landing Gear
PBIT	Power-up Built In Test
TN	Technical Note
TRA	Tail Rotor Actuator
TS	Test Specification

TTH Tactical Transport Helicopter

WD Wiring Diagram

1 JOHDANTO

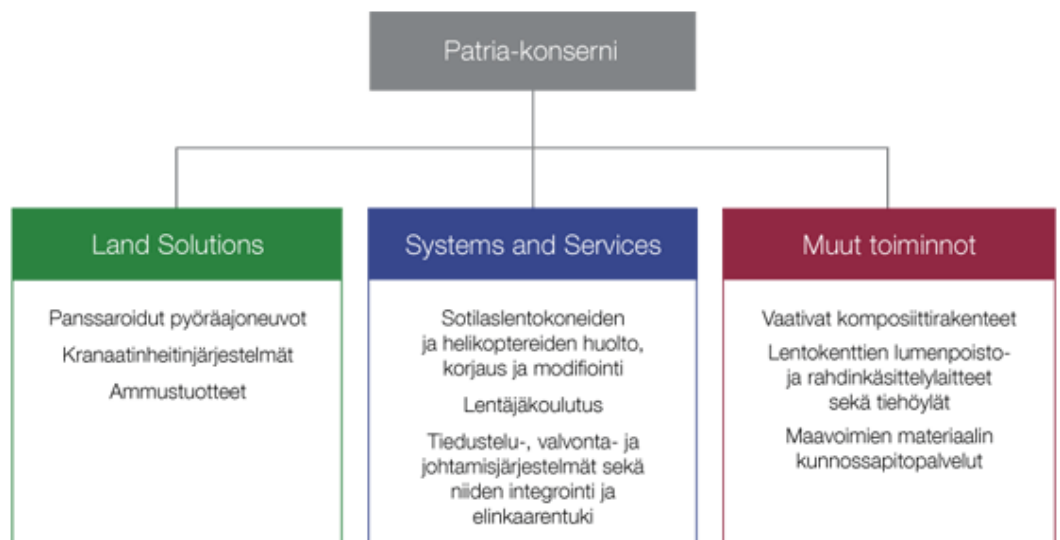
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selkeyttää ja nopeuttaa NH90 (Nato Helicopter for the 90's) -helikopterin kokoonpanon yhteydessä tehtäviä maatestejä. Työ tehtiin Patria Aviation Oy:n Helicopters-liiketoiminnalle, koska oli tarve saada selkeämpi toimintamalli maatestien osalta.

Maatestauksesta käytetään myös nimitystä B-testaus. B-testeihin sisältyvät kaikki EC:n (Eurocopter) vaatimat testit, jotka on suoritettava hyväksytyksi ennen lentoa ja maakäyttöä. B-testeihin sisältyy myös testejä, jotka suoritetaan lentolinjalla. Helikopterille tehdään myös C-testejä, mutta ne tehdään maakäytön tai lennon aikana. Tämä työ rajoittuu B-testeihin. Työssä ei myöskään kerrota kaikkien testien toimintaa tai järjestelmien periaatteita. Työssä on kerrottu tarkemmin hydraulikkatestejä koskevista testitoimenpiteistä.

B-testeillä ei aikaisemmin ollut selkeätä läpimenomallia, jolla testejä olisi suoritettu. Tämä työ luo pohjaa sille, kuinka testausprosessia voidaan nopeuttaa. Työn aikana tätä testauksen rakennepuuta kokeiltiin yhden NH90-helikopterin testauksessa. Rakennepuun kehitystä tullaan jatkamaan seuraavien helikoptereiden testausvaiheessa.

2 PATRIA-KONSERNI /9/

Patria on kansainvälisesti toimiva puolustus- ja ilmailuteollisuuskonserni, jolla on merkittävä asema Itämeren alueella. Tänä vuonna 10 vuotta täyttänyt Patria perustettiin vuonna 1997 yhdistämällä Vammas Oy:öön Lapua Oy, Sisu Defence, Vihtavuori Oy ja Finnavigtec Oy. Vammas oli puolestaan muodostettu vuonna 1991 yhdistämällä Puolustusministeriön Vammaskosken tehdas ja Oy Tampella Ab:n puolustusvälineyksikkö. Pisimmillään Patrian juuret kuitenkin ulottuvat yli 80 vuoden taakse. Patrian omistavat Suomen valtio (73,2 %) ja European Aeronautic Defence and Space Company EADS (26,8%). Patria-konsernin liikevaihto oli vuonna 2006 noin 449 miljoonaa euroa ja henkilöstömäärä lähes 2500 henkilöä. Patria-konsernin rakenne jakaantuu kolmeen eri liiketoimintayksikköön: Land Solutions, Systems and Services ja Muut toiminnot (kuva 1). Patrian päätuotealueita ovat panssaroidut pyöräajoneuvot, kranaatinheitinjärjestelmät, ammustuotteet, sotilaslentokoneiden ja helikoptereiden huolto, korjaus ja modifiointi sekä lentäjäkoulutus, tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmät sekä näiden integrointi ja elinkaaren tukipalvelut.



Kuva 1 Patria-konsernin rakenne 1.1.2007 päätuotealueittain

2.1 Land Solutions

Land Solutions -liiketoiminta-alueeseen kuuluu neljä eri liiketoimintaa: Vehicle, Weapons, Nammo sekä Eurenco. Land Solutions -liiketoiminta-alue keskittyy ydinosaamisiinsa, joita ovat tuotteiden suunnittelu, kehitys, kokoonpano, toimitus ja elinkaaren tukipalvelut.

Vehicle -liiketoiminta keskittyy Hämeenlinnaan, jossa kehitetään ja toimitetaan keskiraskaita panssaroituja pyöräajoneuvoja. Tärkeimpinä tuotteina ovat uuden sukupolven Patria AMV -ajoneuvot. AMV -ajoneuvo on neljäs kehitysversio vuonna 1983 lähtien valmistetusta Pasi-sarjan ajoneuvosta.

Weapon Systems -liiketoiminta keskittyy Vammalaan, jossa suunnitellaan ja valmistetaan uusinta teknologiaa edustavia Patria Nemo- ja Amos-kranaatinheitinjärjestelmiä.

Nammo-konserni jakaantuu neljään eri liiketoimintaan, ja sen toiminta keskittyy pieni-, keskisuuri- ja suurikaliiberisiin ammustuotteisiin, ohjustuotteisiin ja demilitarisointipalveluihin. Patria omistaa norjalaisesta Nammo-konsernista 50 %, loput osakkeet omistaa Norjan valtio. Nammo-konsernilla on myös tytäryhtiöitä Suomessa (Nammo Lapua Oy), Saksassa, Norjassa, Ruotsissa, Sveitsissä ja Yhdysvalloissa.

Eurenco-konserni on ranskalainen räjähdaineita ja kemikaaleja kehittävä ja valmistava yritys, joka toimittaa tuotteitaan kansainvälisille ampumatarvikevalmistajille. Patria omistaa Eurenco-konsernista 19,9 %. Konsernilla on tehtaita Suomessa (EURENCO Vihtavuori Oy), Ranskassa, Belgiassa ja Ruotsissa.

2.2 Systems and Services

Systems and Services -liiketoiminta-alue toimittaa ratkaisuja sotilaslentokoneiden ja helikoptereiden huolto-, korjaus- ja modifiointitarpeisiin. Se tuottaa myös lentäjäkoulutusta sekä tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmiä. Systems and Services -liiketoiminta koostuu neljästä eri liiketoiminnasta: Aviation, Helicopters, Training ja Systems.

Aviation-liiketoiminta on Pohjoismaiden johtava lentokoneiden ja helikoptereiden erinkaaren tukipalveluiden tuottaja. Palvelut muodostuvat huolto- ja korjaustoiminnoista sekä muutostöistä. Asiakaskunta koostuu pääosin sotilas-, viranomais- ja siviilioperaattoreista. Liiketoiminnan toimipaikat ovat Jämsän Halli, Nokian Linnavuori, Tampere ja Tikkakoski.

Helicopters-liiketoiminta tuottaa helikopterien elinkaaren tukipalveluita ja kokoaa alihankkijana EC:lle yhteispohjoismaiseen kuljetushelikopterihankintaan liittyviä keskiraskaita NH90-kuljetushelikoptereita. Elinkaaren tukipalvelut kattavat lisäksi varaosat ja teknisen tuen merkittävimmille helikopterityypeille. Liiketoiminnan toimipaikat ovat Tukholman Arlanda ja Jämsän Halli.

Training-liiketoiminta tarjoaa peruskoulutusta ja jatkokoulutusta sekä siviili- että sotilaslentäjille. Sotilaslentokoulutusta ja siihen liittyvää teoriakoulutusta annetaan varusmies-, kadetti- ja lennonopettajakursseilla. Vuonna 2005 Suomen ilmavoimat ulkoisti Patrialle Vinka-koulutuskoneilla annettavan peruslentokoulutuksen ja 28 Vinkan huolto- ja korjaustoiminnan. Liiketoiminnan toimipaikat ovat Helsinki-Malmin lentoasema sekä Tikkakoski.

Systems-liiketoiminta tarjoaa vaativia järjestelmä- ja laitetöitä sekä puolustusvoimille että satelliittivalmistajille. Erikoisosaamisalueita ovat tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmät sekä niiden integroinnit ja elinkaaren tuki. Liiketoiminnan toimipaikat ovat Jämsän Halli ja Tampere.

2.3 Muut toiminnot

Muut toiminnot-ryhmä sisältää vaativiin komposiittirakenteisiin keskittyneen Aerostructures-liiketoiminnan ja lentokenttäkalustoon keskittyneen Vammas-liiketoiminnan.

Aerostructures-liiketoiminta suunnittelee ja valmistaa vaativia, komposiittisia lentokone- ja avaruusrakenteita ja on aktiivisesti mukana uusien komposiittiteknologioiden kehittämissuunnitelmissa. Ydinosaamista ovat vaativien komposiittirakenteiden suunnitteluosaaminen ja tuotantoprosessit. Aerostructures-liiketoiminta toimittaa komposiittirakenteita Airbus A320- ja A380-matkustajakoneisiin, A400M-sotilaskuljetuskoneeseen sekä NH90-kuljetushelikopteriin. Liiketoiminnan tuotantolinjat ovat Jämsän Hallissa, suurin osa suunnittelusta tapahtuu Tampereella.

Vammas-liiketoiminta kehittää ja valmistaa lentokenttien lumenpoisto- ja rahdinkäsittelylaitteita kansainvälisille lentokentille, lentoyhtiöille ja palveluntarjoajille. Lisäksi Vammas-liiketoimintayksikkö valmistaa teiden rakentamisessa ja kunnossapidossa käytettäviä tiehöyliä. Liiketoiminnalla on toimipaikat Suomen lisäksi Ruotsissa ja Saksassa.

3 NH90-HELIKOPTERI

3.1 NH90-helikopterin tekniikkaa /11/

NH90-helikopteri on kaksimoottorinen nykyajan keskiraskas helikopteri. Helikopterista on suunniteltu kaksi eri versiota: TTH (Tactical Transport Helicopter) ja NFH (Naval Frigate Helicopter). TTH-versio on tarkoitettu kuljetushelikopteriksi ja NFH-versio laivastokäyttöön. NH90-helikopteri sisältää paljon uudenlaista tekniikkaa, jota ei ole totuttu ennen näkemään helikoptereissa. Sen runko on valmistettu kokonaan komposiittimateriaalista. Runko on suunniteltu suojaamaan maahansyöksyssä miehistöä. Myös istuimet ovat vaimentavia. NH90 on ensimmäinen helikopterityyppi, jonka lennonohjausjärjestelmä on täysin toteutettu Fly-By-Wire-menetelmällä. Nelinkertaisessa lennonohjausjärjestelmässä ei ole mekaanista varajärjestelmää lainkaan. Paino on pudonnut uuden tekniikan myötä huomattavasti. NH90:n avioniikkajärjestelmä on Thealesin toimittama, ja se perustuu kaksinkertaiseen MIL-STD-1553B digitaaliseen väylätekniikkaan. Ohjaamon ilmettä hallitsee neljä suurta 8x8 tuuman värillistä MFD-monitoiminäyttöä (Multi Function Display), optiona saa vielä yhden lisää (kuva 2).



Kuva 2 NH90-helikopterin ohjaamo, keskimmäisen MFD-näytön saa optiona. /10/

MFD-näyttöjä täydentämässä on vielä HMSD-kypärän- ja tähtäinnäyttö (Helmet Mounted Sight & Display). HMSD-kypäriin heijastetaan tärkeimmät lentoa koskevat tiedot, jolloin lentäjille jää enemmän aikaa keskittyä itse lentotehtävään. MLS-laskeutumisjärjestelmä (Microwave Landing System) kelpuuttaa helikopterin toimimaan IFR-olosuhteissa (Instrument Flight Rules). FADEC-moottorinohjausjärjestelmä (Full Authority Digital Engine Control) on täysin digitaalisesti toimiva ohjaus, joka hoitaa moottorin toimintaa. APU-moottorilla (Auxiliary Power Unit) voidaan moottorit sähkökäynnistää, sekä ECS-ilmastointijärjestelmää (Environmental Control System) voidaan käyttää maakäytössä. Pääroottorinnapa on valmistettu titaanista ja neljä lapaa komposiitista. Pääroottorin lavat ja pyrstö on varustettu taittomekanismeilla. Polttoainesäiliöt ovat itse tiivistyviä sekä törmäyksen kestävästä materiaalista. Helikopterin käytettävyyttä on parannettu kehittyneillä lennonvalvonta- ja hallintajärjestelmillä. Helikopterin sotilaallisten ominaisuuksien jatkuvan kehityksen takaa NH90-ohjelmaan sitoutuneiden maiden asevoimien tiivis yhteistyö NHIndustriesin kanssa.

3.2 NH90-helikopterin teknisiä tietoja /10/

Seuraavassa on lueteltu kuvassa 3 olevan NH90-helikopterin TTH-version tärkeimmät tekniset tiedot:

- maksimi lentoonlähtöpaino 10600 kg
- maksimi lentonopeus 305 km/h
- matkalentonopeus 260 km/h
- maksimi nousunopeus 8,7 m/s
- mitat: pituus 19,56 m, leveys 16,3 m, korkeus 5,23 m
- sisäpuolinen kuorman kantokyky noin 2500 kg
- maksimi leijuntakorkeus noin 2960 m
- maksimi jatkuva moottoriteho 2x1662 kW (RRTM 322-01/9)
- toiminta-aika 4 h 35 min
- toimintamatka noin 800 km



Kuva 3 NH90 TTH -versio valmiina lennolle.

3.3 NH90-helikopterin varusteet ja ominaisuudet /3, s. 189/

NH90-helikopteri sisältää seuraavia varustuksia ja ominaisuuksia:

- hiekkasuodattimet moottorien ilmanottoaukoissa
- ripustimet lisäpolttoainesäiliöille
- estevaroitussjärjestelmä
- säätutka
- kypäränäyttöön liitetty lämpökamera ja valonvahvistimet
- etsintävalonheittimet
- omasuojajärjestelmä
- pakokaasun lauhduttimet
- 7.62 konekivääri MG 3 asennettuna ovi aukkoihin (2 kpl)
- hyväksytty mittarilentämiseen yhdellä ohjaajalla
- panssarointimahdollisuus
- pelastusvinssi
- kuormakoukku

- jäänpoistojärjestelmä
- peräramppi
- 2 isoa liukuovea.

3.4 NH90-projektin historiaa /10/

NH90-helikopterin suunnittelu alkoi, kun monella Euroopan NATO-maalla (the North Atlantic Treaty Organisation), oli tarvetta saada uudensukupolven keskiraskas helikopteri, joka vastaisi nykyajan sotilaallisiin haasteisiin. Projektiin sitoutuivat Ranskan, Saksan, Italian ja Alankomaiden hallitukset. Hallitukset allekirjoittivat joulukuussa 1990 MoU:n (Memorandum of Understanding), joka takasi projektin alkamisen. Nämä neljä valtiota perustivat NAHEMO:n (NATO Helicopter Management Organization), josta koostuu valmistelukomitea, ja NAHEMA:n (NATO Helicopter Management Agency). Neljän maan hallitusta edustava NAHEMA ohjaa projektin toteutusta, on vastuussa NH90-asejärjestelmän hyväksynnästä ja on yhteydessä toimittajaan neuvotteluissa, sijoituksissa sekä isommissa sopimusasioissa.

NH90 helikopterin on kehittänyt neljä yritystä: italialainen Agusta, EC Ranska, EC Saksa, sekä alankomaalainen Stork-Fokker. Näiden yritysten ympärille perustettiin vuonna 1992 NHIndustries, jolla taattiin NH90-helikopterin tuotannon toteutuminen. NHIndustriesin osakkeista omistaa EC 62,5 %, Agusta 32,0 % ja Fokker 5,5 %. Nämä neljä yritystä jakavat komponenttivalmistuksensa eri osaluoksiin (kuva 4). EC:n Ranskan tehdas vastaa ohjaamon, moottoreiden, roottoreiden, pyrstövaihteiston, sähköjärjestelmän, lennonohjausjärjestelmän ja avioniikkajärjestelmän kehityksestä ja tuotannosta. EC:n Saksan tehdas vastaa etu-, keski- ja takarunkomoduleista, polttoainejärjestelmästä, yhteydenpitojärjestelmästä, näytöistä ja niiden ohjaimista, tehtäväjärjestelmistä sekä TTH-version tehtäväjärjestelmien integroinnista. Italialainen Agusta on vastuussa päävaihteistosta, hydraulikkajärjestelmästä, automaattisesta lennonohjausjärjestelmästä, valvontajärjestelmästä, toisesta moottorivaihtoehdosta

(T700) sekä NFH -version tehtäväjärjestelmien integroinnista. Alankomaalainen Stork-Fokker vastaa NH90:n pyrstön rakenteesta, ovista, sponsoneista, laskutelineistä, välivaihteistosta ja tuulitunnelitesteistä.



AGUSTA EUROCOPTER EUROCOPTER D. FOKKER

Kuva 4 NH90 helikopterin valmistajien vastualueet. /10/

Suomi teki vuonna 1997 päätöksen hankkia uusi helikopterityyppi korvaamaan vanhentuvan Mi-8-sarjan helikopterit. Vuonna 1998 hanke muuttui yhteispohjoismaalaiseksi NSHP (Nordic Standard Helicopter Project), ja siihen osallistuvat Suomi, Norja ja Ruotsi. NSHP-hankkeeseen osallistuvat maat valitsivat NH90-helikopterityypin. NH90 täyttää parhaiten pohjoismaiden koptereiden suorituskyvylle ja soveltuvuudelle asettamat vaatimukset. NH90-helikopteria on tilattu pohjoismaiden lisäksi Saksan, Ranskan, Italian, Alankomaiden, Portugalin, Kreikan, Omanin ja Australian puolustusvoimille. Myös Espanja ja Uusi-Seelanti ovat hankkimassa niitä.



Kuva 5. Ensimmäinen Patrian tehtaalla valmistettu NH90-helikopteri.

Ensimmäiset NH90-helikopterit on koottu Ranskassa, Saksassa ja Italiassa sijaitsevilla kokoonpanolinjoilla. Ensimmäinen Suomessa Patrian tehtaalla koottu NH90-helikopteri lensi ensilentonsa kesällä 2005 (kuva 5).

Hankinta on viivästynyt alkuperäisestä aikataulusta, mikä johtuu mm. uuden sukupolven helikopterin haastavasta tyyppihyväksyntäprosessista. Ranskassa EC:n tehtailla on koottu Suomen ensimmäinen kuljetushelikopteri. Se lensi ensilentonsa syyskuussa vuonna 2004. Ensimmäinen Suomessa Patrian tehtaalla koottu Ruotsin puolustusvoimien helikopteri luovutettiin EC:n toimesta vuonna 2007. Suomelle tulee 20 kpl TTH/SAR-version helikoptereita, joista 18 kootaan Jämsän Hallissa. Lisäksi Hallissa kootaan Ruotsin puolustusvoimille korotettuja TTH/SAR-version helikoptereita. Suomen ja Ruotsin helikoptereiden moottorit kootaan Patrialla Nokian Linnavuoren tehtaalla.

4 ILMA-ALUKSEN TESTAUS

4.1 Testausvaatimukset

Ilma-aluksen suunnitteluvaiheessa sen laitteille sekä järjestelmille on valmistaja määrittänyt tarkat testiohjelmat, joilla varmennetaan laitteiden ja järjestelmien toimivuus. Järjestelmien toiminnallinen testaus maassa ja ilmassa varmistaa, että järjestelmien ja laitteiden toimintakyky on varmaa. Testiohjelman hyväksyty läpivienti ja asian mukainen dokumentointi takaavat muun muassa ilma-aluksen tyyppihyväksynnän. /2, s. 34, 35/

Myös testausympäristön pitää olla kunnossa, kuten tilojen soveltuvuus testattavalle ilma-alukselle, testaukseen vaadittavat testilaitteet sekä dokumentoinnin hallinta. /2, s. 34, 35/

4.2 Toimintahäiriöt

Toimintahäiriöiden testaus eri järjestelmissä on myös osa testausohjelmaa. Simuloimalla häiriöitä varmistetaan järjestelmien täydellinen toiminta. Toimintahäiriöitä simuloimalla saadaan tieto siitä, että kaikki varoitusjärjestelmät toimivat vaaditulla tavalla. Häiriöiden simulointi auttaa myös olennaisesti ymmärtämään järjestelmien toimintaa. Toimintahäiriötestauksen alkuvaiheessa pitää testaajalla olla tiedossa testattavan järjestelmän toiminta. Ei ole kuitenkaan helppoa ymmärtää, mikä rooli ja toiminta yksittäisellä laitteella tai osalla on järjestelmässä. /1, s. 338/

Kun kyseessä on paljon uutta tekniikka sisältävä uusi ilma-alus kuten NH90, on testaavalla henkilökunnalla ja välittömästi siihen liittyvillä tukitoiminnoilla paljon haasteita ongelmien ratkaisuun. Jotta testiohjelma etenee toivotulla tavalla, on

testihenkilökunnan pystyttävä ongelman ratkaisuun yhdessä valmistajan kanssa. /2,
s.34, 35/

Kaikissa testaukseen liittyvissä ongelmissa aloitetaan ongelman ratkaisu pala
kerrallaan (incremental approach), eli jaetaan ongelmaa pienempiin osiin. Tämä on
tärkeää aihe kriittisille komponenteille, kuten lennonohjausjärjestelmälle sekä
moottoreille, joissa häiriö voi muuttaa ilma-aluksen vakaan lennon vaarallisen
epävakaaksi. Cooke ja Fitzpatrick toteavat teoksessaan häiriötestauksen kultaisesta
säännöstä kriittisille järjestelmille /1/ : ”muuta ainoastaan yhtä parametria
kerrallaan vian selvittämiseksi”. /1, s. 338, 339/

Moniongelmatilanteissa on asetettava yksittäiset ongelmat tärkeysjärjestykseen.
Silloin on todennäköistä, että kun saa isot ja vakavat ongelmat ratkaistua niin
pienemmät ja vähemmän vakavat ongelmat ratkeavat siinä samalla. /4/

5 NH90-HELIKOPTERIN TESTAUS

5.1 Testiohje

Helikopterin kokoonpanovaiheen loppupäähän kuuluu myös kaikkien järjestelmien maatestaus, jonka testejä kutsutaan B-testeiksi. Kaikille NH90- helikoptereille tehdään sarja erilaisia testejä järjestelmien toiminnan oikeellisuuden varmistamiseksi. Nämä testit suoritetaan TS-testiohjeen (Test Specification) mukaan. Koneille tarvittavat testit määritellään testikonfiguraatiossa. Testikonfiguraation määrittää EC:n suunnittelutoimisto. Testiohjeet toimitetaan EC:lta AVI:lle ohjetoimiston kautta. Ohjetoimiston käsittelyn jälkeen ne toimitetaan Patrian tietokantaan. Nimetty testiohjeiden käsittelijä vastaanottaa ja tarkastaa uudet testiohjeet, jonka jälkeen testiohjeita voidaan käyttää./8/

Seuraavassa on lueteltu TS:n sisältö, joihin testattava järjestelmä on jaoteltu:

- muutostaso-osio
- testattavan järjestelmän esittely
- alajärjestelmien esittely, sisältäen järjestelmäkaaviot, käyttöpaneelien kuvat, yms.
- viitedokumentit
- vaatimukset järjestelmien osalta
- selvennys niistä LRU-laitteista (Line Replaceable Unit), jotka ovat tarpeen testauksen tietyissä vaiheissa
- testiosioden testausjärjestys
- pääasetukset, jotka tehdään ennen varsinaista testausta (General Setup)
- valmisteleva tarkastus (Preliminary Checks)
- PBIT (Power-up Built In Test), eli laitteen itsetestaustoiminto, käynnistyy aina kun laite kytkeytyy päälle
- testattavan järjestelmän testausohje
- helikopterin ennallistaminen testauksen jälkeen

- liitteet eli listaus niistä lisälaitteista, jotka ovat tarpeellisia testissä
- lyhenteet, selitys testiohjeessa käytetyistä lyhenteistä
- kuittaussivu, jossa on eritelty testauskohdat, jotka testaaja kuittaa nimimerkillään testauskohdan tehdyksi tarkastajan kanssa. Myös mahdolliset huomautukset merkitään kuittaussivulle.

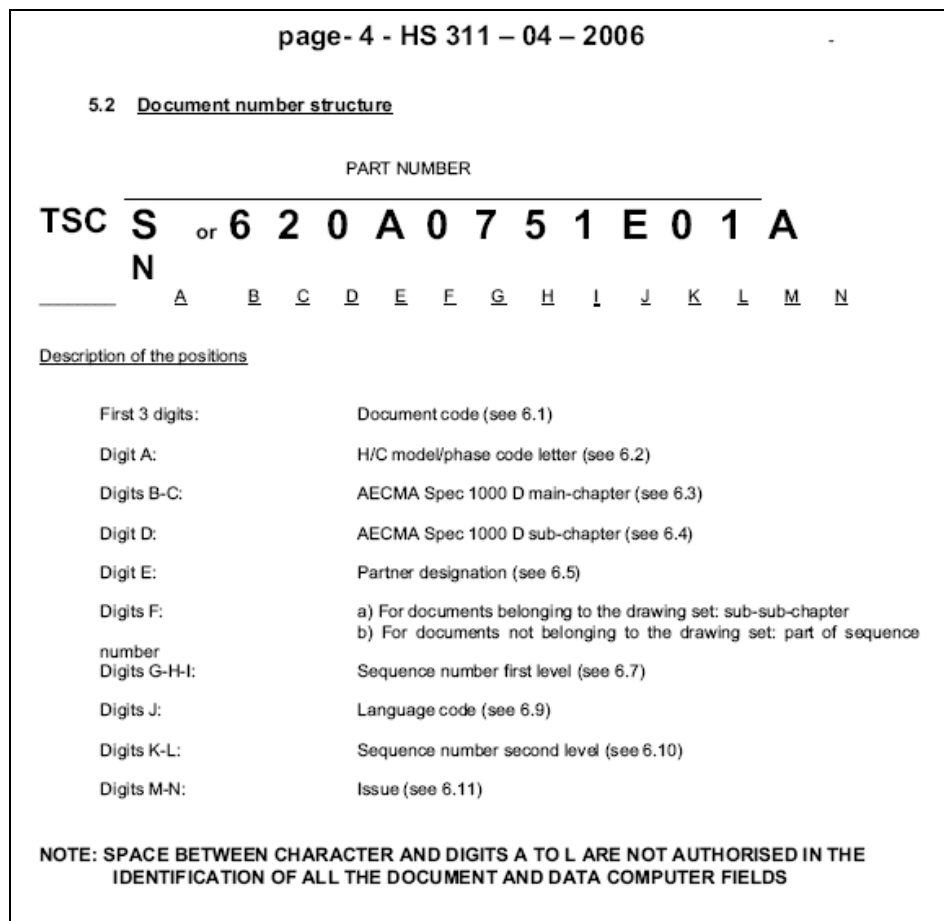
5.2.1 Testiohjeen muutostaso

Testiohjeesta selviää myös muutostaso, jolla ohje on tehty. Muutostasoja merkitään ohjeissa issue- tai index-nimellä ja muutostaso ilmenee kirjaimesta. Muutostasot etenevät aakkosellisessa järjestyksessä. EC päivittää testiohjeita uudelleen, kun siihen on tarvetta. AVI antaa palautetta EC:lle testiohjeista esimerkiksi tarkastushuomautuksen kautta, joka tehdään, jos testissä on ilmennyt jotain huomautettavaa. EC tekee sen jälkeen omat toimenpiteet. Joskus tarkastushuomautuksen laatiminen aiheuttaa testiohjeeseen korjauksia. EC julkaisee korjatun testiohjeen uudella muutostasolla. Vain muutostaso siis muuttuu, ei testiohjeen numero. Jokaiseen testiohjeeseen, johon muutostaso on vaihtunut, merkitsee TS:n laatija ohjeen toiselle sivulle tarkemman kuvauksen siitä, mitä TS:ssä on päivitetty.

5.2.2 Testiasiakirjojen numerointi /5/

Testiasiakirjojen numerointi perustuu lentokoneteollisuutta käsittelevän standardisoinnin toimialajärjestö AECMA:n (European Association of Aerospace Manufacturers) standardiin. Jokainen testiasiakirja, operaatio eli työmääräin, asennettava osa, ohjelmisto ja koulutusmateriaali erotetaan toisistaan numeroinnilla. Kaikki NH90-projektiin osallistuvat tahot noudattavat HS311-standardiin perustuvaa numerointijärjestelmää. HS311 -standardi noudattaa edellä mainitun AECMA:n standardin spesifikaatiota 1000 D, 1999-01-31 issue 8. 13-

merkkisestä numero-kirjainyhdistelmästä selviää monia asioita. Kuvassa 6 on kuvattuna, mitä numeroinnista selviää. Ensimmäisenä numeroinnista selviää dokumentin koodi, joka koostuu enintään kolmesta kirjaimesta. Koodilla erotellaan dokumentin tyyppi, eli koskeeko se esimerkiksi WD-sähköpiirustusta (Wiring Diagram), TN-tekniistä ilmoitusta (Technical Note) tai TS:ää. Kuvassa 6 oleva toinen merkki A voi olla joko S- tai N-kirjain; sillä erotetaan, mikä kopterin tyyppi on kyseessä. Kirjaimilla B-C kerrotaan, mihin helikopterin pääjärjestelmään dokumentti liittyy. Pääjärjestelmät erotellaan numeroilla, joita kutsutaan myös ATA-numeroiksi (Air Transport Association). Neljäs merkki D, kertoo, mikä alajärjestelmä on kyseessä. Alajärjestelmiä on maksimissaan yhdeksän. Kuvassa 6 oleva seuraava viides merkki E kertoo, mikä valmistaja dokumentin on laatinut. Riippuen dokumentin sisällöstä kirjain vaihtuu, eli eri valmistajilla ei ole yhtä tiettyä kirjainta. Seuraavasta merkistä F, kuvassa 6, selviää, että alajärjestelmät on jaettu vielä pienempiin osiin. Merkit G, H ja I kuuluvat järjestysnumeroille, joilla on eroteltu esimerkiksi tekniset, testi- tai laatudokumentit. Seuraavana merkki J, jolla kerrotaan, millä kielellä dokumentti on kirjoitettu. Seuraavat kirjaimet, K ja L kuvassa 6; osoittavat jos jokin toinen dokumentti kattaa saman aiheen, mutta sillä on eri vaikutus. Viimeisenä numerosarjassa olevilla kirjaimilla M ja N ilmoitetaan dokumentin muutostaso. Esimerkiksi 0B tarkoittaa, että dokumentti on muutostasolla B. Yleensä nolaa ei muutostasoa ilmoitettaessa kirjaimen eteen merkitä.



Kuva 6 Dokumenttien numerointi NH90-standardin mukaan. /5/

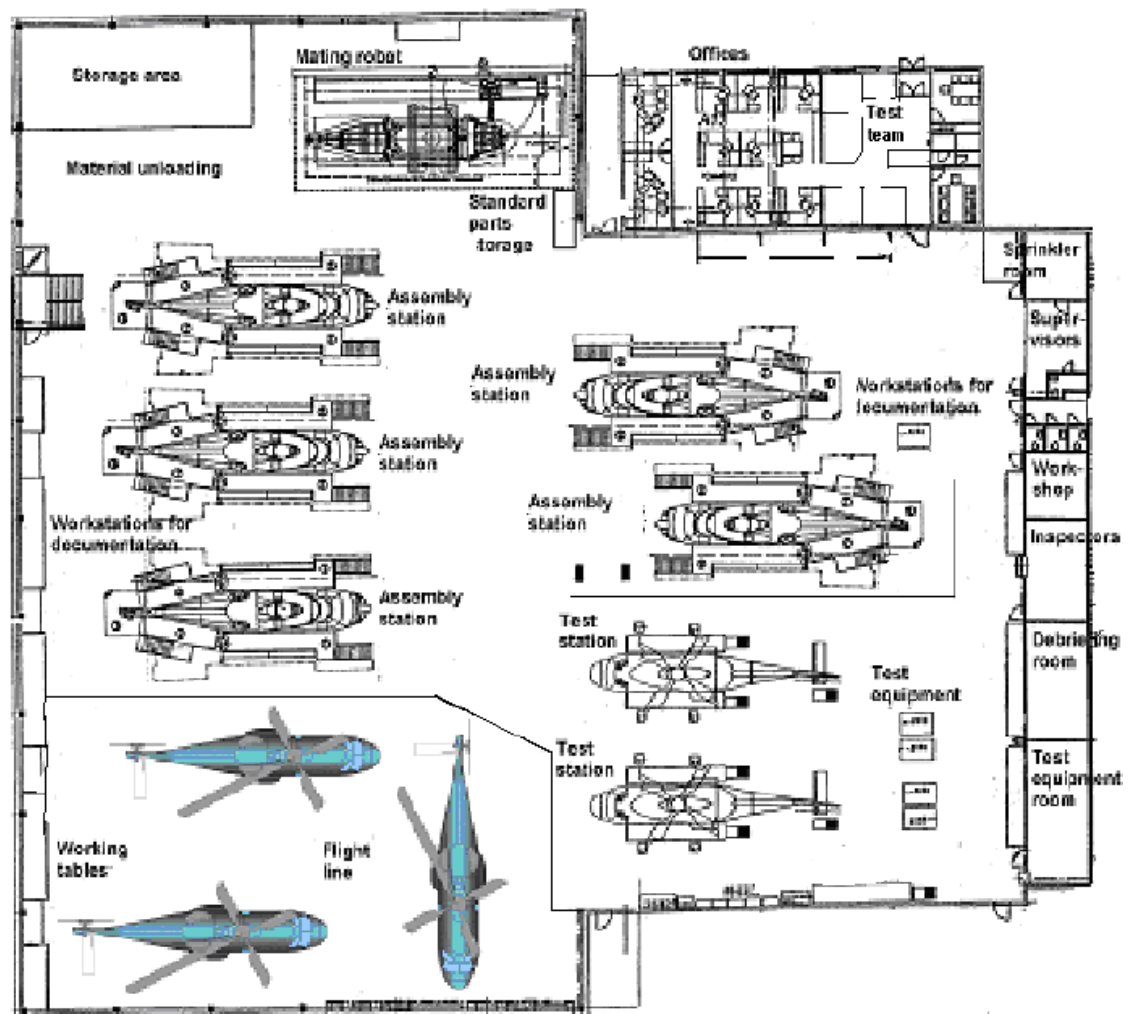
5.2 Testausympäristö

NH90-helikopterit testataan kokoonpanohallissa. Tällä hetkellä suuri osa testauksesta tapahtuu loppukokoonpanon aikana, jolloin helikopteri ei vielä ole täysin valmis tuotannon osalta. Osa testeistä voidaan kuitenkin jo suorittaa alkukokoonpanon aikana.

NH90-helikopterin testauksessa pääasiallinen testauspaikka on helikopterin ohjaamossa.

NH90-helikopterin koko B-testaustapahtuman ajan pitää testausympäristön olla turvallinen, toimiva ja siisti. Siisteys lisää turvallisuutta sekä toimivuutta. NH90-

helikopterin kaikki testauksessa käytettävät apu- ja testilaitteet sekä erikoistyökalut ovat sijoitettuina omaan testivälinehuoneeseen (kuva 7). Isoimmille testauslaitteille, kuten hydraulivoimalähteille, on varattu kokoonpanohallista omat säilytyspaikat. NH90-helikopterin välittömään läheisyyteen on varattu testauksen ajaksi muutamille laitteille paikat. Esimerkiksi avioniikkatilan tuuletusvaunulle, joka on tarpeen lähes koko testausprosessin ajan. Avioniikkatilan tuuletusvaunulla estetään, etteivät avioniikkatilan laitteet kuumene liikaa. Erillinen tuuletusvaunu on tarpeen, koska helikopterin omat avioniikkatilojen tuulettimet eivät aina ole käytettävissä.



Kuva 7 Tuotantotiloissa on kokoonpanolinja, testausalue ja lentolinja. /6/

6 NH90-HELIKOPTERIN TESTAUKSEN RAKENNEPUU

Tällä hetkellä yhdelle NH90-helikopterille tehdään kaikkiaan noin 140 B-testiä kokoonpanovaiheessa, riippuen helikopterimallista. Testausjärjestystä laadittaessa B-testit on ryhmitelty eri vaiheisiin. Vaiheet seuraavat kokoonpanopuolen sekä omien testien valmistumista. Useat testit riippuvat muista testeistä, joten osan testeistä pitää olla suoritettuna ennen kuin tekee järjestelmään kuuluvia muita testejä. B-testit on jaoteltu seitsemään eri päävaiheeseen. Päävaiheista ensimmäisenä ovat kaikki sähköttömät testit, eli siinä suoritetaan kaikki ne testit, joissa ei tarvita sähköä ja jotka on mahdollista suorittaa varhaisessa vaiheessa. Toisena päävaiheena on sähköjen kytkeminen. Siinä tehdään sähkönsyötön takaamiselle tarvittavat testit, joita on seitsemän eri testiä. Kolmantena päävaiheena ovat sähkömittaukset, jossa suoritetaan kaikki eri testeissä vaadittavat sähköiset mittaukset. Sähkömittaukset on kerätty kaikkiaan 36:sta eri testiohjeesta. Seuraavaksi ovat vuorossa järjestelmätestit. Järjestelmätestit ovat jaoteltuna vielä yhdeksään eri alavaiheeseen, riippuen järjestelmiin vaikuttavista muista järjestelmistä. Järjestelmätestien jälkeen ovat vuorossa hydraulikkatestit. Hydraulikkatesteihin on koottu kaikki hydraulikkavoimaa vaativat testit. Hydraulikkatestit on vielä lajiteltu suoritus järjestykseen. Kuudentena testausjärjestelmässä ovat loppupään testit. Loppupään testeihin on koottu kaikki ne testit jotka ovat mahdollista suorittaa juuri ennen lentolinjalle siirtoa. Lentolinjalla EC ottaa helikopterin vastaan ja on sen jälkeen vastuussa lentolinjalla tehtävistä testeistä. AVI:n testaushenkilöstö avustaa tarpeen mukaan.

6.1 Sähköttömät testit

Sähköttömiin testeihin kuuluvat kaikki ne testit, jotka voidaan suorittaa ennen sähköjen kytkemistä helikopteriin. Sähköttömiin testeihin kuuluu kaikkiaan neljä alavaihetta: Antennikaapelimittaukset, joihin tarvitaan ainoastaan helikopteriin asennettu kaapeliverkosto antennille sekä tietenkin antennit. Sähköttömiin

testeihin kuuluvat myös kaikki täysin mekaaniset testit, jotka voidaan tehdä testien alkuvaiheessa, jos niiden asennus on valmis. Tähän päävaiheeseen kuuluvat myös erinäisten järjestelmien tiiveystestit, kuten ilmastointi- ja polttoainejärjestelmät sekä lennonvalvontamittariston pitot-staattinenjärjestelmä. Myös laskutelineisiin ja oviin liittyvät testit ovat niitä testejä, joita voidaan testata ennen sähköjen kytkemistä.

Työssä on otettu myös huomioon kaikki ne testien kohdat, jotka voidaan tehdä osittain. Eli B-testimatriisin testeistä on kerätty kaikki ne testit, jotka pitävät sisällään yhteysmittauksia. Ne ovat koottuina kaikki samaan testivaiheeseen. Yhteysmittauksilla tarkoitetaan kaikkia niitä mittauksia, joissa mitataan tietyt järjestelmiin liittyvät johtoverkostot. Näillä mittauksilla varmistetaan, ettei helikopterin johtoverkoston ja niihin kuuluviin liitoksiin ole tullut asennuksen aikana vikoja, kuten liittimissä olevien yksittäisien pintojen vääntymisiä. Tämä tietenkin edellyttää sitä, ettei liittimiä enää yhteysmittausten jälkeen avata herkkien pintojen vuoksi. Pahimmassa tapauksessa, kun on kyse herkän järjestelmän johtoverkostosta, pintojen vahingoittuminen voi johtaa yksittäisen verkoston vaihtoon. Yhteyskokeiluja suoritetaan noin 15 %:lle kaikista testeistä, riippuen kuitenkin helikopterin versiosta.

6.2 Sähköntuottotestit

Tähän testausvaiheeseen on koottu kaikki ne testit, joilla varmistetaan helikopterin sähköntuoton toimivuus. Yleensä nämä testit suoritetaan peräkkäin tietyssä järjestyksessä. Aluksi aloitetaan akkutestillä, jolla varmistetaan akkujen, akkukiskojen sekä monien releiden toiminta. Akkutestin jälkeen testit jatkuvat vaihtosähköntuottotesteillä, jossa sähköä syötetään helikopterin verkostoon kahdella ulkopuolisella vaihtovirtageneraattorilla. NH90-helikopterissa on kolme vaihtovirtageneraattoria. Vaihtovirtageneraattorit, ALT 1 ja ALT 3 (ALternator) ovat kiinnitettyinä päävaihteistoon ja toimivat moottoriin pyöriessä. ALT 3 tuottaa jäänestojärjestelmille tarvittavan sähköä. ALT 2 on liitetty apuvaihteistoon. ALT 2

tuottaa sähköä, kun APU-moottori tai päävaihteisto pyörii. Normaalitilanteessa ALT 1 ja ALT 3 syöttävät 1. järjestelmää, ALT 2 syöttää 2. järjestelmää.

6.3 Sähköiset mittaukset

Monissa eri testeissä varmistetaan, että järjestelmien kriittiset tietokoneet, laitteet tai venttiilit saavat ohjeen mukaista sähköä oikeasta sähkönsiirtokiskosta sekä toimivat oikeasta lämpölaukaisimesta. Tähän testausvaiheeseen on koottu kaikkien niiden testien sähkömittauskohdat, jotka niitä vaativat. Näin vältetään ylimääräiseltä liittimien aukaisulta sekä laitteiden irrottamiselta, koska ne voidaan kaikki mitata samassa vaiheessa. Tämä vaihe on myös eduksi, jos järjestelmien sähkönsyöttökaapeleista sattuisi löytymään vikaa, koska silloin ne voidaan korjata mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Kun mahdollinen vika, esimerkiksi katkennut sähköjohto, löydetään ajoissa, on se helpompi ja nopeampi vaihtaa tässä vaiheessa, koska helikopterissa on vielä silloin vähemmän laitteita asennettuna.

6.4 Järjestelmäkokeilut

Järjestelmäkokeiluihin on koottu kaikki ne testit, jotka voidaan suorittaa ennen hydraulikka-, loppu- ja lentolinjantestejä. Järjestelmätestit on jaoteltu vielä pienempiin osiin, jossa jaotteluun ovat vaikuttaneet isoimmat järjestelmät, kuten FCS-lennonohjausjärjestelmä (Flight Control System). FCS:ää vaativia sähkötestejä on noin 12 kappaletta, riippuen helikopterin versiosta. FCS on yksi NH90-helikopterin primäärijärjestelmistä, ja siitä riippuvia muita järjestelmiä onkin eniten. Tähän ryhmään kuuluu muun muassa moottoreiden ohjaus- ja valvontatesti. FCS:n hydraulikkatestit ovat kuvattuina hieman myöhemmin.

FADEC:sta riippuvaisia testejä on seuraavaksi eniten. NH90:ssä on kaksi FADEC:a, ne hoitavat moottoreiden ohjauksen täysin sähköisesti. On myös

muutama järjestelmätesti, jotka vaativat molemmat FCS:n ja FADEC:en toimimista. Esimerkiksi moottoreiden jäänestojärjestelmä on sellainen, joka vaatii molemmat järjestelmät toimiakseen.

Järjestelmäkokeilut ovat siis jaoteltuina FCS-, FADEC-, IRS-, yhteys- sekä muihin testeihin. Vaiheeseen ”muut testit” kuuluvat kaikki ne testit, jotka tarvitsevat ainoastaan oman järjestelmän toimiakseen, eli nämä testit eivät ole niinkään riippuvaisia muista järjestelmistä. Näitä testejä on noin 30 eri testiä, riippuen helikopterityypistä. Esimerkiksi tuulilasin jäänestojärjestelmä ja APU-moottorin testaus eivät tarvitse muuta järjestelmää toimiakseen, pois lukien varoitusjärjestelmän. Varoitusjärjestelmä tehdäänkin jo heti sähköntuottotestien jälkeen, koska varoitusten on toimittava jokaisessa järjestelmätestissä.

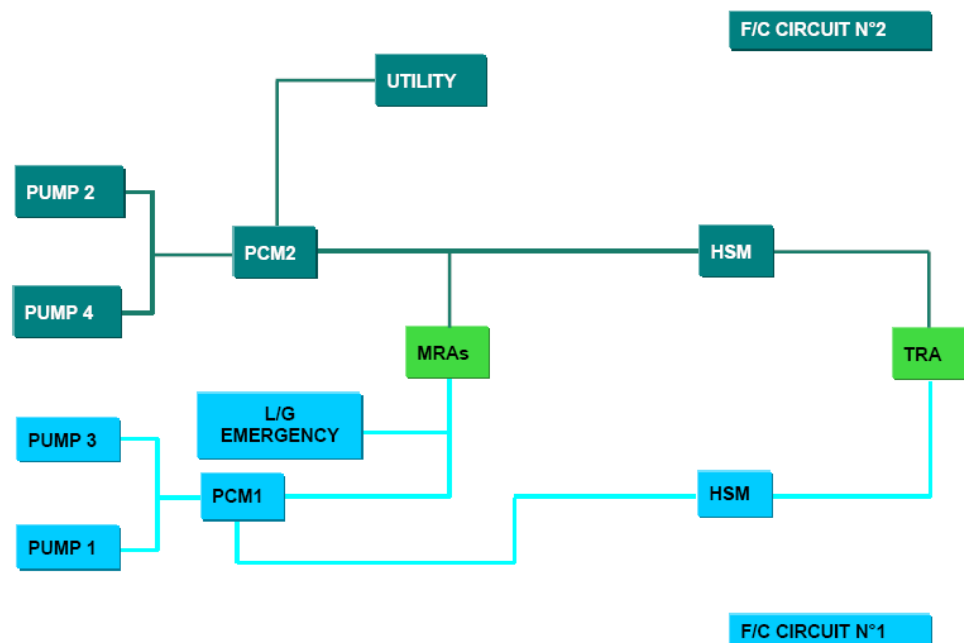
Omaan taulukkoonsa on myös sijoitettu kaikki valotestit. Valotesteissä käydään läpi kaikki ulko- ja sisäpuoliset valot. Valotestejä on helppo tehdä, jos jonkin muun testattavan järjestelmiä ei päästä suorittamaan, eli valotesteillä on hyvä paikata työtilannetta, jos muuta ei päästä tekemään.

Yhteyskokeiluissa käydään läpi kaikki ne testit, jotka ovat sidoksissa kommunikointiin ja sitä hoitavaan tietokoneeseen CMU:n (Communication Management Unit). CMU hoitaa siis kaiken äänen tuottamisen, mukaan lukien järjestelmien äänivaroitukset. Yhteyskokeiluissa testataan siis CMU, yhteysradiot ja yhteysradioiden näyttö- ja käyttölaitteet.

6.5 Hydraulikkajärjestelmä testit

NH90-helikopterissa hydraulikkajärjestelmä tuottaa hydraulikkavoiman ohjausjärjestelmän kolmelle pääroottorin MRA-aktuaattorille (Main Rotor Actuator), pyrstöroottorin TRA-aktuaattorille (Tail Rotor Actuator), laskutelineille, pyöräjarruille sekä lisälaitteille. Hydraulikkajärjestelmä koostuu kolmesta hydraulikkapiiristä: 1- ja 2-piiristä sekä utility-piiristä. 1- ja 2-piirit ovat itsenäisiä, mutta utility-piiri saa voimansa 2 -piirin kautta (kuva 8). NH90-helikopterissa on

neljä hydraulikkapumppua. Hydraulikkapumput 1 ja 2 saavat voimansa päävaihteistolta. Eli kun jompikumpi moottoreista pyörii, pyörii myös päävaihteisto, ja sitä kautta molemmat pumput. Hydraulikkapumppu 3 on täysin sähkökäyttöinen, ja se syöttää 1 hydraulikkapiiriä. Pumppua 3 käytetään paljon maatesteissä ja aina ennen lentoa lähtöä tehtävässä Pre-flight check:ssä. Se on myös lennolla toiminnassa. Hydraulikkapumppu 4 saa käyttövoimansa APU-moottorilta, ja akselin kautta päävaihteistolta, kun roottori pyörii. Hydraulikkapumppu 4 syöttää hydraulikkapiiriä 2. /7/



Kuva 8 NH90-helikopterin hydraulikkajärjestelmä. /7/

Hydrauliikkatestit ovat sijoitettuina kaikki samaan taulukkoon, koska ne tehdään pääsääntöisesti aina peräkkäin tietyssä järjestyksessä. Hydraulikkajärjestelmälle on jo tehty koeponnistus ja huuhtelutoimenpiteet heti testien ensimmäisessä päävaiheessa, kun järjestelmään liittyvät osat ovat asennettu. Tämän jälkeen on hydraulikkajärjestelmä täytettävä ja suoritettava ilmaus. Hydrauliikkatestien aloittamiseen kuuluu yleensä jonkin verran aikaa. Helikopterin ympärille on saatava riittävästi tilaa kahdelle ulkopuoliselle hydraulikkavoimalähteelle. Helikopterin molemmille asennetaan ulkopuoliset hydraulikkavoimalähteet puolille, jotka

tuottavat hydrauliiikkapaineen 1 ja 2 hydrauliiikkapiireille. Valmisteluihin kuuluu myös estää ulkopuolisten henkilöiden pääsy helikopteriin turvallisuussyistä.

Ensimmäisessä hydrauliikkatestissä paineistetaan ensin 1. ja 2. piiri hitaasti painetta nostaten. Koska ensimmäisessä kokeilussa voi aina esiintyä yllätyksiä ja vuotoja, on hydrauliikkaputkiston liitoksia ja putkistoja tarkkailtava mahdollisten vuotojen varalta. Tätä testiä varten onkin helikopterista avattava paljon peitelevyjä ja luokkuja jotta kaikkiin mahdollisiin liitoskohtiin nähtäisiin. Painetta nostettaessa liikutellaan ohjaimia varovasti äärlaitoihin, jotta MRA ja TRA täyttyisivät hitaasti. Tällöin järjestelmästä poistuu mahdollinen ilma, ilman ei toivottuja liikkeitä. Tämä ilmanpoistotoimenpide estää myös lennonohjausjärjestelmän takaisinkytkennän sekoamisen.

Kun ensimmäinen hydrauliikkatesti on saatu tehtyä onnistuneesti, ovat seuraavaksi vuorossa laskutelineiden hydrauliikkatestit. Laskutelineesteissä helikopteri nostetaan ilmaan neljällä tunkilla, jotta laskutelineitä voidaan liikuttaa vapaasti. Laskutelineestien tarkoituksena on varmistaa, että MLG:t (Main Landing Gears) eli päälaskutelineet ja NLG (Nose Landing Gear) eli nokkalaskuteline toimivat oikein. Laskutelineet saavat toimivat hydrauliikkajärjestelmän utility-piirin kautta, joka saa voimansa 2 piiristä. Laskutelineitä on kokeiltu hieman jo testien alkuvaiheessa, jossa korjattiin telineiden mahdolliset kiinniotot sekä tarkastettiin laskutelineissä kiinni olevien putkien ja johtojen tarvittavat liikkumavarat. Mutta silloin laskutelineitä liikuteltiin suoraan laskutelineeseen kiinnitetyllä pienellä hydrauliikkapainetta tuottavalla laitteella.

Laskutelineitä liikuteltaessa helikopterin sisältä on myös kaikki laskutelinevaroitukset huomioitava, että ne ilmestyvät oikeissa tilanteissa CWP-panelille (Central Warning Panel) sekä MFD-näytöille. Laskutelineet voidaan myös pakkolaukaista ala-asentoon, jos laskutelinejärjestelmään tulee häiriö. Pakkolaukaisutoiminto kokeillaan piirin 2 ollessa paineistettuna sekä ilman paineita, jolloin laskutelineet tulevat ala-asentoon painovoiman avulla.

Kolmantena testausvuorossa ovat pyöräjarrut. Molempiin MLG:ihin on sijoitettu hydraulikkatoimiset jarrut, joita voidaan käyttää normaalisti ohjaajien jarrupolkimilta tai molempiin jarruihin vaikuttavasta seisontajarru kahvasta. Hätätilanteita varten NH90-helikopterissa on jarrupaineen varaaja, josta saadaan pyörille jarruvoimaa tilapäisesti. Kaikki nämä edellä mainitut toiminnot testataan ja varmistetaan niiden moitteeton toimivuus.

Jarrujen jälkeen on testausvuorossa lennonohjausjärjestelmä. Tässä testissä varmistetaan FCS:hen moitteeton toiminta. FCS-järjestelmän testauksessa varmistetaan, että FCS:n liittyvät sähköjärjestelmät, kunnonvalvonta sekä varoitusjärjestelmät toimivat. FCS-järjestelmän testauksessa kokeillaan myös sähkötoimisen 3-pumpun toiminta. Testissä tarkastetaan molempien, analogisen ja digitaalisen ohjausjärjestelmän toiminta.

Viimeisenä hydraulikkatesteistä tehdään lennonohjausjärjestelmien viimeinen säätötoimenpide, jota kutsutaan ”riggaukseksi”. Ensimmäinen osa riggauksesta tehtiin testiohjelman alussa, jolloin asenettiin ja säädettiin ohjainsauvat, ohjaintangot, ITU-anturit (Interceptor Transducer Unit), sekä muut ohjaimiin liittyvät osat. ITU-anturit muuntavat ohjaimilta tulevan mekaanisen liikkeen sähköiseksi tiedoksi.

6.6 Lopputestit

Loppupään testeihin on kerätty kaikki ne testit, jotka voidaan tehdä, kun helikopteri on lähellä siirtyä lentolinjalle. Tähän vaiheeseen on sijoitettu testejä, joissa vaaditaan kaikkien järjestelmien toimivan, kuten lennontaltiointijärjestelmä. Myös avioniikkatilantuulettimet on järkevää testata tässä vaiheessa, koska siinä pitää asentaa kovaääniset tuulettimet paikoilleen. Tässä vaiheessa avioniikkatilantuulettimet voivat siten jäädä paikoilleen, koska lentolinjalla ei enää ulkopuolista avioniikkatilan jäähdytysvaunua käytetä. Ulkopuolinen jäähdytysvaunu asenettiin helikopterin viilentämään avioniikkatilan laitteita jo

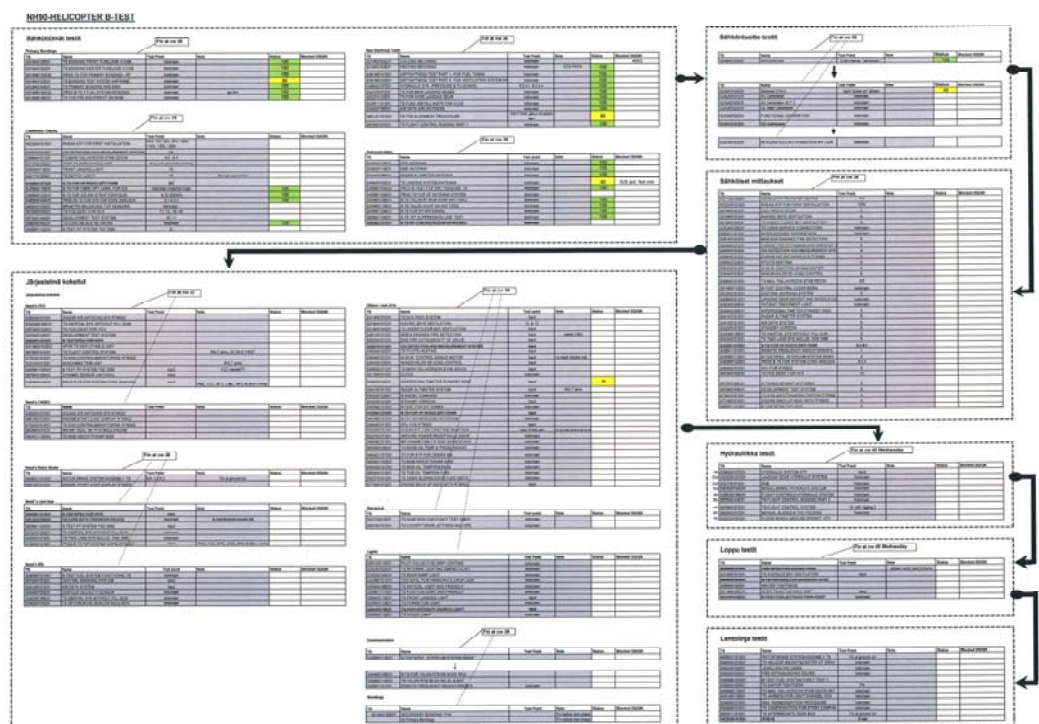
heti testausprosessin alettua. Loppupään testeihin kuuluu myös vesitesti. Vesitestissä NH90-helikopteri kastellaan erillisen kastelulaitteiston avulla. Tässä testissä varmistetaan helikopterin yläkannen, ovien, luukkujen ja ikkunoiden vedenpitävyys. Vesitesti saatetaan loppuun lentolinjalla.

6.7 Lentolinjan testit

Lentolinjan testejä koordinoi EC. Tässä vaiheessa tehdään myös kaikki koelennot ja maakäytöt, joita tässä työssä ei oteta huomioon. Lentolinjalle siirretään muun muassa ne kaikki testit, jotka vaativat moottoreiden maakäyttöä. Maakäyttöä vaativia testejä on tällä hetkellä kaikkiaan kolme, jotka on määritelty kuitenkin B-testeihin. Lentolinjalla tehdään yleensä myös helikopterin suunnistusjärjestelmien yhteensovittaminen, sisäpuolisten valojen valovoimakkuuden säätö, punnitukset ja keskipisteen määrittäminen.

7 TESTAUSRAKENNEPUUN TOIMINTA

Rakennepuuhun on koottu kaikki ne testit, jotka EC on toimittanut AVI:lle kuhunkin helikopteriin. Jokaiseen helikopteriin pitää luoda oma rakennepuu, koska helikopterityypit ja varustelut eroavat toisistaan ainakin näin kokoonpanon alun helikopterimalleissa. Rakennepuusta selviää kunkin testiohjeen eli TS:n numero, testin nimi sekä mikä osio TS:stä tulee (kuva 9). Ensimmäisessä päävaiheessa on neljä alavaihetta, joista koko testitapahtuma lähtee liikkeelle. Jokaiseen alavaiheeseen on koottu kaikki ne testit, jotka siinä vaiheessa voidaan tehdä. Päävaiheen testejä voidaan tehdä samanaikaisesti, eli alavaiheet eivät ole riippuvaisia toisistaan. Testit ovat riippuvaisia ainoastaan päävaiheiden järjestyksestä.



Kuva 9 NH90-helikopterin testauksessa käytettävä rakennepuu.

Käytännössä rakennepuu on pääasiassa B-testiryhmän käytössä. Siitä on kuitenkin helppo raportoida myös asiakkaalle sekä päämiehelle testien edistymistä. Rakennepuu on aina jokaisen testattavan helikopterin läheisyydessä, jolloin sitä on

helppo seurata ja päivittää. Päivityksen hoitavat B-testiryhmän asentajat ja asiantuntijat. Rakennepuuhun päivitetään testin päätyttyä sen valmiusaste. Kun testikohta menee täysin läpi ilman huomautettavaa, niin testin tilaksi merkitään 100 %. Jos testistä tai helikopterista löytyy vikaa tai muuta huomautettavaa, on merkittävä testin tilaksi 95 %, ja samalla pitää asiantuntijoiden tehdä viasta tai poikkeavuudesta tarkastushuomautus. Tarkastushuomautuksen numero tulee vielä merkitä rakennepuun sarakkeeseen ”tarkastushuomautus”, jolloin on helppo seurata, mistä kaikista testeistä tarkastushuomautus on jouduttu tekemään. Testin keskeytyessä on ”huomautus”-sarakkeeseen kirjoitettava keskeytyksen syy. Jos testikonfiguraatioon tulee testin aikana muutoksia, merkitään ne rakennepuuhun omalle paikalle.

8 TESTEIHIN KULUVA AIKA

Alun perin EC on suunnitellut NH90-helikopterin jokaiselle B-testille testaamiseen käytettävän ajan. Tätä aikaa on kuitenkin ollut hankala käyttää raportoinnin apuna, koska näissä ajoissa ei ole huomioitu lainkaan testauksiin tarvittavaa esivalmistelua ja mahdollisia vikatilanteita. Rakennepuun käytössä ei ole mahdollista käyttää yksittäiselle testioperaatiolle tuntikohtaista ajankäyttösuunnitelmaa, koska osa testioperaatioista on hajautettu rakennepuuhun eri toimintavaiheisiin. Myöhemmin on mahdollista tehdä tarkka aikasuunnitelma jokaiselle testioperaation työosiolle, kun rakennepuuta on käytetty enemmän.

Tämän työn yhteyteen on otettu testaukseen kuluva aika eri tavalla mukaan.

Rakennepuuhun on helppo suunnitella kukin alavaihe omana kokonaisuutena myös ajankäytön kannalta, koska rakennepuu toimii juoksevana kaaviona. Kun jokainen alavaihe päävaiheiden sisällä aikataulutetaan viikkokohtaisesti, saadaan helposti seurattava kaavio siitä, kuinka testien pitäisi edistyä.

Aikataulutuksen tekevät yleensä testiasiantuntijat yhdessä tuotannon kanssa.

9 TULOSTEN ARVIOINTI

Työ tehtiin, koska Patrialla ei ollut toimivaa testausjärjestystä NH90-helikopterin B-testeistä. EC oli laatinut testausjärjestyksen, mutta siinä ei ollut otettu huomioon muita mahdollisia testaustapoja. Työllä parannettiin B-testien läpimenoaika ja tehokkuutta. Läpimenoaika ja tehokkuus paranevat etenkin sillä, kun helikopterin avioniikkalaitteita ei tarvitse irrottaa ja siirtää niin montaa kertaa kuin aikaisemmin. Myös vikojen riski pienenee tätä kautta.

Työn tavoitteet savutettiin mielestäni hyvin. Tätä B-testien rakennepuuta käytettiin erään NH90-helikopterin testauspohjana syksyn 2007 aikana lähes alusta asti, ja se toimi mielestäni odotettua paremmin. Sain palautetta monelta eri taholta. Etenkin B-testiryhmän palaute oli rakentavaa ja kannustavaa. B-testiryhmän asentajat pitivät siitä, että heidän oli helppo ottaa omatoimisesti aina seuraava työ alulle, kun edellinen työ oli päättynyt. Tuotannon henkilöt pitivät siitä, että heidän oli helppo seurata sitä, missä vaiheessa testit edistyivät.

Rakennepuuta tullaan käyttämään lähes tämän kaltaisena vielä kahden seuraavan helikopterin testauksessa. Niiden jälkeen rakennepuusta tullaan tekemään vielä hieman yksinkertaisempi, mikä johtuu TS:n päivityksistä sekä niiden sisäisistä isommista muutoksista.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Cooke, Alastair K. – Fitzpatrick, Eric W. H., Helicopter test and evaluation, Blackwell Science Ltd, UK 2002, 360 s.
- 2 Moir, Ian, Seabridge – Allan, Desing and development of aircraft system, American Institute of Aerodynamics, Virginia USA 2004, 188 s.
- 3 Saarinen, Ahti, Uusi helikopterikirja, Lahti-Kopio Oy, Lahti 2001, 253 s.
- 4 Ei tekijän nimeä, Analyyttinen toimintahäiriöiden selvittäminen – prosessiopas, KM-Yhtymä Oy, Suomen Painotuote 2004.
- 5 NH90 Standard HS 311, Numbering system for NH90 Drawings, Documentation and parts for production investment, production and in service phases, NHIndustries, 4/2005, 35 s.
- 6 Menettelyohje MA-PR-NH90-004, Ohjejärjestelmä, NH90 Projektikohtaiset menettelyohjeet, Patria Aviation Oyj, 2002, 20 s.
- 7 Hydraulikkajärjestelmän kokoonpanon jälkeinen testausohje, Ohjejärjestelmä, NH90, Testausohjeet, Patria Aviation Oyj, ei julkinen
- 8 Menettelyohje MA-PR-NH90-040, Ohjejärjestelmä, NH90 Projektikohtaiset menettelyohjeet, Patria Aviation Oyj, 2006

Sähköiset lähteet

- 9 Patria Oyj. [www-sivu]. [viitattu 21.8.2007] Saatavissa: <http://www.patria.fi/>
- 10 NHIndustries. [www-sivu]. [viitattu 29.8.2007] Saatavissa: <http://www.nhindustries.com/>
- 11 The website for the defence industries-airforce, [www-sivu]. [viitattu 15.11.2007] Saatavissa: <http://www.airforce-technology.com/projects/nh90/>