

AVIONIIKAN JÄÄHDYTYSONGELMIEN TUTKIMINEN

Ahlgren Laura

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2021

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Laura Ahlgren	Vuosi	2021
Ohjaaja	Petri Kuisma		
Toimeksiantaja	Lapin lennosto		
Työn nimi	Avioniikan jäähdytysongelmien tutkiminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	23 + 3		

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää Lapin lennoston avioniikan jäähdytyksen ongelmia lentotekniikkalaivueelle. F/A-18 Hornet -hävittäjän avioniikkalaitteiden yllä lämpenemiset aiheuttavat turhia korjauskustannuksia Suomen ilmavoimille. Tutkittavana kohteena oli jäähdytyspuhallin ja sen sijoittelu huoltotöissä Lapin lennostossa lentokonekorjaamolla.

Tutkimuksissani perehdyin jäähdytyspuhaltimen vikahistoriaan Lapin lennostossa sekä suoritin lämpötila mittauksia jäähdytyspuhaltimelle huoltotilanteissa. Vikahistoriaa tutkin vuosilta 2002-2020 LTJ-järjestelmästä. Lämpötilamittauksia suoritin lämpökameralla ja infrapunälämpömittarilla jäähdytyspuhaltimesta normaaleissa huoltotilanteissa.

Mittauksien perusteella jäähdytyspuhaltimen sijoittelu Lapin lennostossa aiheuttaa jäähdytysilman lämpenemistä tietyissä olosuhteissa. Vikahistorian tutkimisen perusteella jäähdytyspuhaltimesta ei löytynyt syytä avioniikka laitteiden yllä lämpenemiseen.

Tutkimustuloksien perusteella jäähdytyspuhaltimen käyttöä voidaan jatkaa normaalisti nykyisellä sijoittelulla. Jäähdytyspuhaltimen sijoittelu aiheuttaa kuitenkin pienen riskin tietyissä olosuhteissa, joka on huomioitava huoltotoiminnassa. Lisäksi olisi hyvä ottaa käyttöön varoitusjärjestelmä jäähdytyspuhaltimen jäähdytysilman lämpötilan valvomiseen.

Technology, Communication and Transport
Degree Programme in Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Laura Ahlgren	Year	2021
Supervisor	Petri Kuisma		
Commissioned by	Lapland Air Command		
Subject of thesis	Problems of avionics cooling		
Number of pages	23 + 3		

The aim of thesis was to research the problems of avionics cooling for Lapland Air Command Aircraft Maintenance Squadron. Overheating of the F/A-18 Hornet combat aircraft avionics equipment causes unnecessary repair costs for the Finnish Air Force. The main object of the study was a ground cooling air conditioner and its placement in maintenance work at the Lapland Air Command.

The history of faults in ground cooling air conditioner in Lapland Air Command was researched. Temperature measurements of ground cooling air conditioner in maintenance use were performed. The history of faults from 2002-2020 in the LTJ-system was studied. Temperature measurements were performed with a thermographic camera and an infrared thermometer from the ground cooling air conditioner under normal maintenance conditions.

Comparing the fault history and the temperature measurements the following conclusions were made: the location of the ground cooling air conditioner in the Lapland Air Command causes the cooling air to heat up under certain conditions. No reasons were found in the ground cooling air conditioner for the overheating of the avionics equipment. Attention has to be paid to the risks that the ground cooling air conditioner forms in its current location. Building a warning system to monitor the cooling air temperature of the ground cooling air conditioner should be considered.

Key words

Avionics, ground cooling air conditioner, Finnish Air Force

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 AVIONIKKALAITTEET JA ILMAVOIMIEN HUOLTOTOIMINTA	7
2.1 Avioniikkalaitteet	7
2.2 Ilmavoimat ja Lapin lennosto	8
2.3 Ilmavoimien huoltotoiminnassa käytettävät tietojärjestelmät.....	9
2.3.1 LTJ ja SAP	9
2.3.2 TMT-järjestelmä	9
3 JÄÄHDYTYSPUHALTIMEN KÄYTTÖ LAPIN LENNOSTOSSA	11
3.1 F/A-18 Hornet -hävittäjän avioniikan jäähdytys.....	11
3.2 Jäähdytyspuhallinvaunu.....	11
3.2.1 Toimintaperiaate.....	12
3.3 Laitetilat	14
4 JÄÄHDYTYSPUHALLIN MITTAUKSET JA TUTKIMUKSET	15
4.1 Jäähdytyspuhallin mittaukset.....	15
4.2 Jäähdytyspuhaltimen vikaantuminen	17
4.3 Jäähdytyspuhaltimen TMT-asiakirjat.....	19
5 POHDINTA.....	20
5.1 Maapuhaltimen käyttö jatkossa.....	20
5.2 Varoitusjärjestelmä	20
LÄHTEET	22
LIITTEET	23

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

TAWS	Terrain avoidance warning system
TCAS	Traffic collision avoidance system
SATCOM	Satellite communications
AKT	alueellisen koskemattomuuden valvonta
AKV	alueellisen koskemattomuuden turvaaminen
LTJ	lentoteknisen logistiikan tietojärjestelmä
TMT	lentotekninen muutos-, tiedotus- ja raportointijärjestelmä
ECS	Environmental Control System

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoitus on tuottaa Lapin Lennostolle tietoa avioniikkalaitteiden jäähdytysongelmista. Laitekorjaamolla on havaittu, että Lapin lennostosta korjaukseen lähetetyistä avioniikkalaitteista on löytynyt yllämpenemisen merkkejä. Näitä samoja ongelmia ei ole löytynyt toisista lennostoista lähetetyistä avioniikkalaitteista. Avioniikkalaitteet huolletaan ilmavoiminen ulkopuolella ja niiden turhat korjaukset kuluttavat vuosibudjettia.

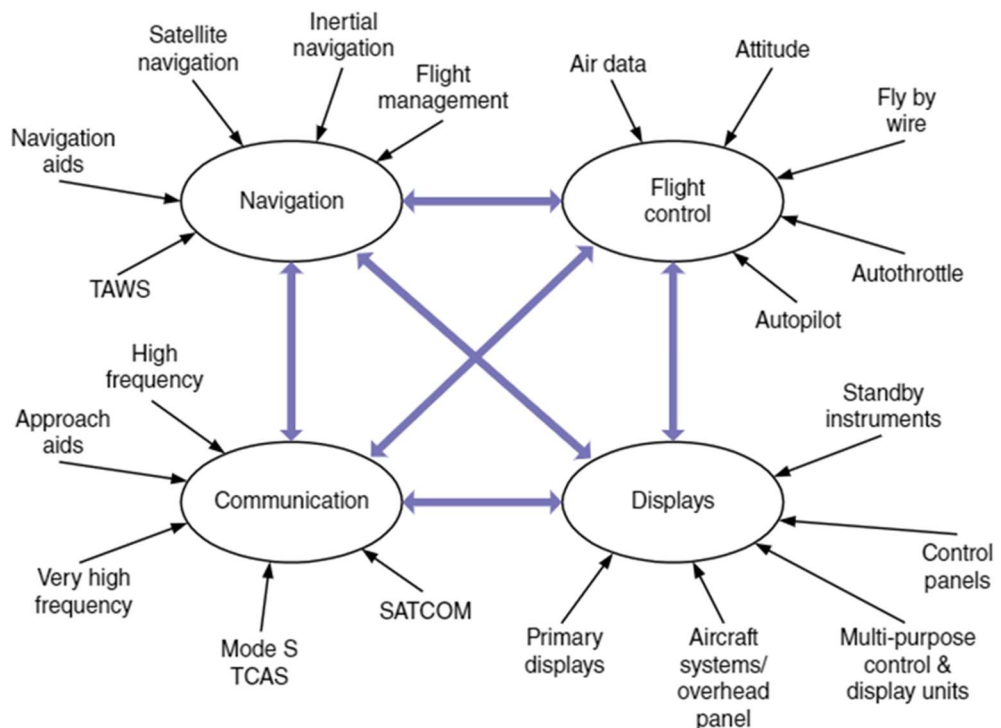
Ilmavoimissa lentokoneiden avioniikkalaitteiden jäähdytykseen huoltotöissä käytetään lentokoneen ulkopuolista jäähdytyspuhallinta. Lapin lennostossa nämä jäähdytyspuhallimet ovat sijoitettuna huoltotöissä eri lailla, kuin muissa lennostoissa. Tarkoituksena oli tutkia jäähdytyspuhallimen nykyistä sijoittelua lentokonekorjaamolla ja sen vaikutusta avioniikan jäähdytykseen huoltotöissä lämpötilamittauksilla. Sekä itse jäähdytyspuhallimen vikaantumishistoriaa LTJ-järjestelmästä. Ja etsiä edellä mainituista mahdollisia syitä avioniikkalaitteiden yllämpenemiseen.

2 AVIONIKKALAITTEET JA ILMAVOIMIEN HUOLTOTOIMINTA

2.1 Avioniikkalaitteet

Avioniikka tulee englanninkielisestä sanasta avionics, joka on lyhenne sanoista aviation electronics. Suora suomennus olisi siis ilmailuelektronikka. Avioniikalla tarkoitetaan kaikkia ilma-aluksissa käytettäviä elektroniikkajärjestelmiä. Termi otettiin käyttöön 1970-luvulla. (Spitzer, U. Ferrell & T. Ferrell 2015, 1-1.)

Tämän päivän moderneissa lentokoneissa avioniikkajärjestelmät ovat lentokoneen aivot. Ne auttavat lentäjiä navigoimaan ja lentämään turvallisesti vilkkaissa ilmatiloissa. Kuviossa 1. on esitettyä tärkeimmät lentokoneen avioniikkajärjestelmät. Pääjärjestelmiä on neljä: navigointi, ohjaus, yhteydet ja näytöt. (Seabridge & Moir 2020, 287.)



Kuvio 1. Tärkeimmät avioniikka järjestelmät (Seabridge & Moir 2020, 287)

2.2 Ilmavoimat ja Lapin lennosto

Ilmavoimat on yksi kolmesta puolustushaarasta. Kriisiaikana ilmavoimien päätehtävä on hävittäjätorjunta. Ilmavoimat suojaa yhteiskunnan elintärkeitä kohteita ja toimintoja ilmasta tapahtuvilta hyökkäyksiltä. Normaalioloissa ilmavoimien lentokalusto toimii päätukikohdista, joita ovat Lapin lennoston, Karjalan lennosto, Satakunnan lennosto ja Ilmasotakoulu. Osana rauhanajan ja kriisiolojen valmiuden säätelyä, koneet voidaan hajauttaa maantietukikohtiin ja muille lentopaikoille. Ilmavoimat suorittaa Suomen alueellisen koskemattomuuden valvontaa (AKV) ympäri vuorokauden. Alueellisen koskemattomuuden turvaaminen (AKT) suoritetaan ilmavalvontatutkilla ja muilla sensoreilla kootulla tilannekuvalla Suomen alueelta ja sen ulkopuolelta. (Ilmavoimat 2021.)

Lapin Lennosto valvoo Pohjois-Suomen ilmatilaa. Lapin lennoston pääkalusto on F/A-18 Hornet -hävittäjä. Lentotoiminnasta vastaa hävittäjälentolaivue 11. Päivittäinen lentotoiminta tapahtuu pääsääntöisesti virka-aikana Lapin, Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan taivaalla. Hornetien päivittäisistä tarkastuksista, huolloista ja vikakorjauksista vastaa lentotekniikkalaivue. Lentotekniikkalaivue koostuu johtamisen ja suunnittelun, lentokonehuollon, taisteluväline- ja järjestelmähuollon, maakalustohuollon sekä logistiikan asiantuntijoista. (Lapin lennosto 2021.)

Lentotekniikkalaivue huolehtii myös pelastustoiminnasta. Pelastustoiminnan on oltava valmiudessa aina kun Horneteilla lennetään. Viestitekniikkakeskus tuottaa Lapin lennoston tarvitsemat valvonta- ja johtamisjärjestelmäpalvelut. Viestitekniikkakeskuksen henkilöstö varmistaa toiminnallaan Ilmavoimien käytössä olevien tietoteknisten järjestelmien ja laitteiden käytettävyyden. Suurin osa viestitekniikkakeskuksen henkilöstöstä on tietoliikenne-, tietotekniikka- ja sähkötekniikka-alan ammattilaisia. Ilmavalvonta on ilmapuolustuksen keskeisin tehtävä rauhan aikana. 5. Pääjohtokeskus johtaa Lapin lennoston ilmavalvontaa. Lapin lennoston tutka-asemat sijaitsevat eri puolilla lennoston ilmapuolustusalueetta Pohjois-Suomessa. Eri sensorien tuottamien tietojen avulla luodaan tosiaikainen ilmatilannekuva, joka antaa perusteet ilmapuolustukselle. (Lapin lennosto 2021.)

2.3 Ilmavoimien huoltotoiminnassa käytettävät tietojärjestelmät

2.3.1 LTJ ja SAP

Lentoteknisen materiaalin hallinnassa käytetään kahta järjestelmää LTJ:tä (lentoteknisen logistiikan tietojärjestelmä) sekä SAP:ia. SAP:illa hoidetaan nimikkeiden luonti ja hankintatoiminnot. SAP:n ja LTJ:n välillä on liittymä, jonka kautta sekä nimikkeet että hankintatilaukset siirtyvät LTJ:lle. LTJ:ssä tallennetaan SAP:ssa tehdyille nimikkeelle muutamia tietoja (mm. varastopaikka ja vastuorganisaatio), jotta materiaalin käsittely LTJ:llä tulee mahdolliseksi. LTJ:llä voidaan tehdä hankintaehdotuksia, jotka siirtyvät liittymän kautta SAP:iin. LTJ:llä hoidetaan joukko-osastojen sisäiset materiaalitilaukset sekä varastontäydennystilaukset keskusvarastosta. LTJ:llä ylläpidetään nimikkeiden ja yksilöiden tietoja. LTJ:llä tapahtuvat materiaalin varastointiin liittyvät vastaanotto-, kirjanpito- ja lähettämistoiminnot sekä materiaalitilausten laadinta, seuranta ja käsittely sekä inventoinnin, hylkäyksen ja poiston edellyttämät asiakirjavalmistelut. Järjestelmän toiminta on samanlainen jokaisessa ilmavoimien joukko-osastossa, samoin käytössä oleva nimikerekisteri. (100-00-1S1 2021, 1-7-1.)

Materiaalihallinnon tehtävien lisäksi LTJ:lle kirjataan huollot, vikailmoitukset sekä hallitaan lentokaluston käyttöä. Vikailmoituksilla raportoidaan lentoteknisessä materiaalissa esiintyneistä poikkeamista lennon, käytön, käyttöhuollon tai muun toiminnan yhteydessä ilmavoimissa sekä yhteistyökumppaneiden huoltotoiminnassa. Lisäksi vikailmoituksilla raportoidaan toiminnasta havaituista puutteista sekä vaaratilanteista. (100-00-1S1 2021, 1-7-1.)

2.3.2 TMT-järjestelmä

TMT-järjestelmä on lentotekninen muutos-, tiedotus- ja raportointijärjestelmä. Se on tiedotus ja käskytyjärjestelmä, joka on kehitetty lentoteknisen alan käyttöön. TMT-järjestelmän avulla ilmavoimien esikunta ja puolustusvoimien logistiikkalaitoksen osastot voivat ohjata ja käskä lentoteknistä toimintaa. Lisäksi joukko-

osastot voivat välittää kalustoa sekä materiaalia koskevia tietoja materiaalista vastaaville.

Tärkeimmät TMT-järjestelmään kuuluvat asiakirjat ovat:

- tekninen tiedotus (TT)
- muutostiedotus (MT)
- muutosaloite (MA) ja sen päätös (MAP)
- tekninen ilmoitus (TI) ja sen päätös (TIP)
- huoltotiedotteen arviointi (HA) ja sen päätös (HAP)
- kumoamisasiakirja (KA)
- asennusmääräys (AM)
- lentotekninen menettelyohje (LMO)
- poikkeuslupa esitys (PLE) ja sen päätös (PLP)

(100-001S1 2021, 1-4-9.)

3 JÄÄHDYTYSPUHALTIMEN KÄYTTÖ LAPIN LENNOSTOSSA

3.1 F/A-18 Hornet -hävittäjän avioniikan jäähdytys

Hornetista löytyy Avionics Ground Cooling Fan, jolla hoidetaan avioniikan jäähdytys maatesteissä. Normaalitoiminnassa avioniikan jäähdytys tuotetaan ECS-järjestelmällä, jonka tuotto otetaan moottoreilta. Maatesteissä avionics undercool sensor arvioi avioniikkatilan lämpötilaa ja mikäli lämpötila on liian korkea 20-45 sekunnin ajan undercool warning-rele katkaisee maasähköt koneesta. ((FI)A1-F18AC-410-100 2018, WP 009 00, 3,7.)

Käytettäessä koneen ulkopuolista jäähdytystä, kytketään Avionics Ground Cooling Fan pois käytöstä vetämällä sen lämpölaukaisijat ylös. Lämpölaukaisija on automaattisesti toimiva sähköinen katkaisija, joka suojaa järjestelmää yli suurelta virralta tai oikosululta.

3.2 Jäähdytyspuhallinvaunu

Ilmavoimissa jäähdytyspuhallinta käytetään Hornetin jäähdytykseen koneen huolloissa maatestien aikana. Ulkoista jäähdytyspuhallinta käytettäessä voidaan koneen oma jäähdytyspuhallin kytkeä pois käytöstä, jolloin vähennetään huomattavasti ympäristömelua. Puhallin kytketään avioniikan patoilma-aukkoon. Kytkeä lentokoneeseen esitettynä kuvassa 1. (HN6-110-08S1 2009, 1-1-1)



Kuva 1. Jäähdytyspuhallin kytkettynä lentokoneeseen

Ilmavoimissa on käytössä kolme eri mallista jäähdytyspuhallinvaunua: PHN0004400, PHN0004401 ja PHN0004402. Ne kaikki on tuotteistettu yhden nimikkeen alle LTJ-järjestelmän nimikerekisteriin. Lapin lennostossa on käytössä mallit PHN0004400 ja PHN0004401. Jäähdytyspuhallinvaunu on esitettyä kuvassa 2. Kaikki vaunut koostuvat puhaltimesta ja jäähdytyskoneistoista. Puhaltimet ovat sivukanavapuhaltimia, joilla saavutetaan riittävän korkea ilman tuotto ja paine. Jäähdytyskoneisto sisältää kompressorin, lauhdutinkennon, puhaltimen sekä vaadittavat suoja- ja kytkentälaitteet. Jäähdytyspuhallinvaunu on varustettu pyörillä ja sen rakenne mahdollistaa laitteen säilyttämisen ulkona lyhyempiä aikoja. (HN6-110-08S1 2012, 1-2-1.)

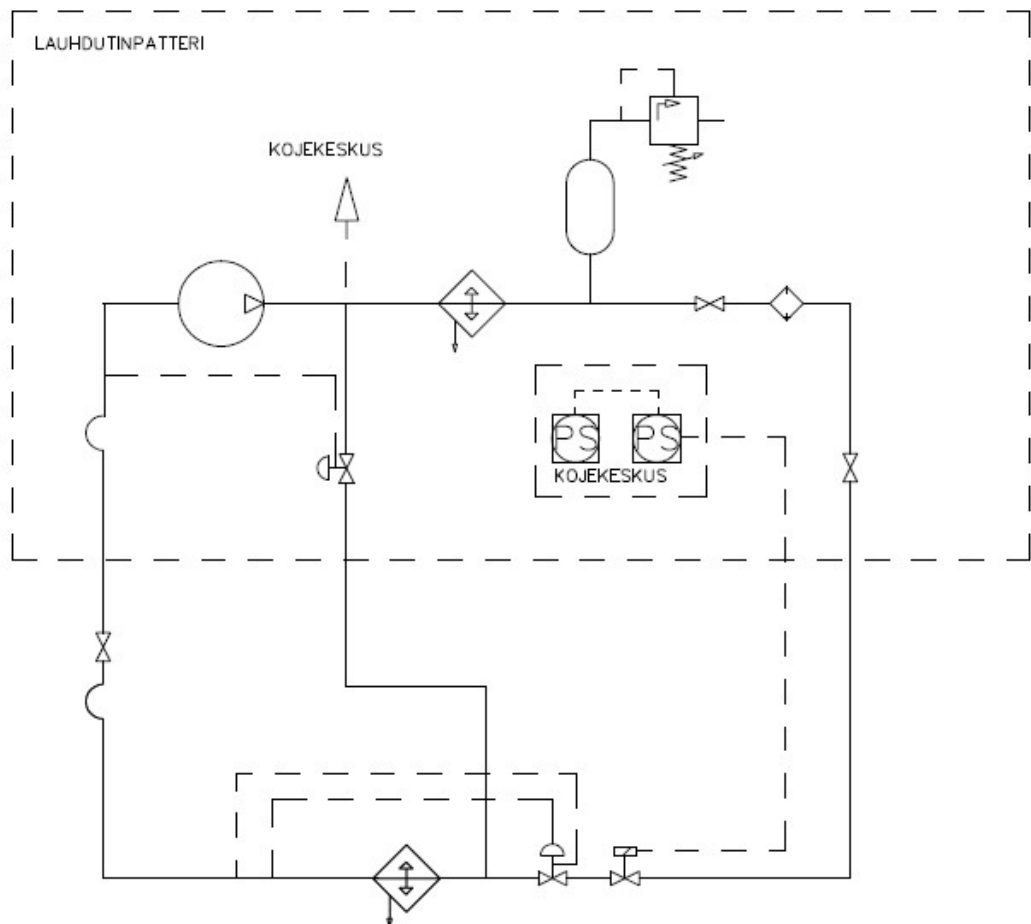


Kuva 2. Jäähdytyspuhallinvaunu

3.2.1 Toimintaperiaate

Kuviossa 2. on esitettyä mallin PHN0004400 toimintakaavio. Mallissa PHN0004400 on kylmäaineena R 404A. Malli PHN0004400 käynnistetään tähti-kolmiokäynnistyksellä. Kun puhallin on käynnistynyt, jäähdytyskoneisto kytkeytyy päälle. Jäähdytyskoneen käynnistyessä avautuu magneettiventtiili. Jäähdytyskoneen tehoa säätää kuumakaasuventtiili, pitäen höyrystimen paineen ja lämpötilan

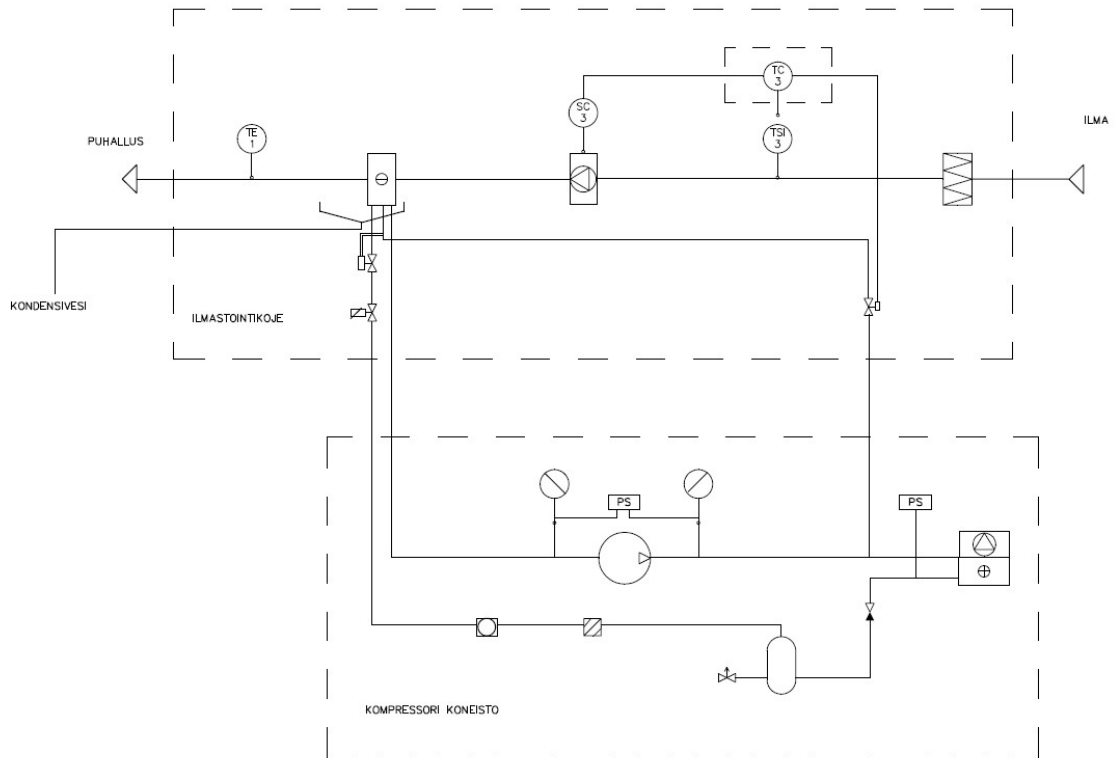
vakioina. Kun jäähdytystarve lisääntyy, kuumakaasuventtiili sulkeutuu automaattisesti. Toiminta on päinvastainen jäähdytys tarpeen vähentyessä. Suurituottoisella sivukanavapuhaltimella puhalletaan jäähdytysilmaa taipuisan letkun avulla huollettavalle lentokoneelle (HN6-110-08S1 2012, 2-1-1.)



KUVIO 2. PHN0004400 toimintakaavio

Kuviossa 3. on esitettyä mallin PHN0004401 toimintakaavio. Mallissa PHN0004401 on kylmäaineena R 407C. Mallin PHN0004401 puhaltimen tehoa säädetään taajuusmuuttajalla. Jäähdytyskoneisto kytkeytyy toimimaan, mikäli puhaltimeen on asetettu riittävä teho. Kylmäkompressori käynnistyy noin 3 minuutin viiveellä päälle kytkennästä. Lämpötilansäädin ohjaa automaattisesti kuumakaasuventtiiliä, jolla säädetään jäähdytyskojeen tehoa. Lämpötilansäätöyksikkö pyrkii pitämään höyrystimen jäähdyttämän ilman tasaisena asetus-

arvossaan sekä höyrystimen lämpötilan ja ilman mahdollisimman tasaisena. Suurituottoisella sivukanavapuhaltimella puhalletaan jäähdytysilmaa taipuisan letkun avulla huollettavalle lentokoneelle (HN6-110-08S1 2012, 2-2-1)



KUVIO 3. PHN0004401 toimintakaavio

3.3 Laitetilat

Lapin Lennostossa jäähdytyspuhaltimet on pyritty sijoittamaan erillisiin laitetiloihin meluhaittojen pienentämiseksi. Laitetiloista on johdettu lentokoneeseen kytkettävä letku, joko seinän läpi maata pitkin tai lattiaan tehdyn tunnelin läpi huoltopaikalle. Tunnelin läpi huoltotilaan johdettu letku on pidempi kuin lattiaa pitkin johdettu. Laitetiloissa on sijoitettuina myös AMS hydraulimaakäyttölaite. Joissakin huoltotöissä käytetään laittilan kaikkia laitteita yhtäaikaaisesti, jolloin laittilaan syntyy lämpökuormaa. Laitetila on tilavuudeltaan huomattavasti pienempi verrattuna korjaamotilaan. Lisäksi kesällä laitetiloissa on korkeampi lämpötila kuin korjaamotiloissa. Laitetiloissa on puhallin, joka ottaa puhallettavan ilman ulkoa, joten kesällä jäähdytystä tilaan ei juuri tapahdu.

4 JÄÄHDYTYSPUHALLIN MITTAUKSET JA TUTKIMUKSET

4.1 Jäähdytyspuhallin mittaukset

Eräessä huoltotyössä käytetään kahta jäähdytyspuhallinta, jotta saadaan riittävä jäähdytys huollettavalle avioniikkajärjestelmälle. Toinen jäähdytyspuhallin tuodaan silloin erikseen korjaamotilaan. Tässä huoltotyössä molemmat puhaltimet ovat yhtäjaksoisesti käynnissä noin 9 tuntia. Huoltotyön päätyttyä ennen jäähdytyspuhaltimien sammuttamista, vertailtaessa laittilaan sijoitetun sekä korjaamotilaan sijoitetun jäähdytyspuhaltimien omien lämpötilamittareiden jäähdytysilman lämpötilaa, eroa oli +7°C. Laittilaan sijoitettu jäähdytyspuhallin puhalsi siis oman mittarinsa mukaan +15°C jäähdytysilmaa ja korjaamotilassa sijaitseva jäähdytyspuhallin puhalsi oman mittarinsa mukaan +8°C jäähdytysilmaa. Huoltotyötä aloitettaessa molemmat jäähdytyspuhaltimet puhalsivat +7°C jäähdytysilmaa omien lämpömittareidensa mukaan. Molempien jäähdytyspuhaltimien letkut oli johdettu maata pitkin koneelle.

Kuvassa 3. on esitettyä lämpökamerakuva laittilassa sijaitsevasta jäähdytysilmapuhaltimesta huoltotyön alkaessa jäähdytysilmapuhaltimen ollessa käynnissä. Kuva otettu lämpökameralla FLIR-E64501.



Kuva 3. Lämpökamerakuva laittilaan sijoitetusta jäähdytyspuhaltimesta huoltotyön alkaessa

Kuvassa 4. on esitettyä lämpökamerakuva laitetilassa sijaitsevasta jäähdytysilmapuhaltimesta huoltotyön loppuessa jäähdytysilmapuhaltimen ollessa käynnissä. Kuva otettu lämpökameralla FLIR-E64501.



Kuva 4. Lämpökamerakuva laitetilaan sijoitetusta jäähdytyspuhaltimesta huoltotyön loppuessa.

Samassa laitetilassa olevasta jäähdytyspuhaltimesta toisella kertaa mitattiin lämpötiloja mittarilla Fluke 68 IR Thermometer. Liitteessä 1. on esitettyä mittaustulokset. Tällä kertaa pidettiin laitetilan ovea auki paremman tuuletuksen saavuttamiseksi. Laitetila tuntui huoltotyötä aloitettaessa huomattavasti lämpimämmältä kuin korjaamotila. Toisessakin mittauksessa on ero lämpötilojen välillä. Infrapunalämpömittarilla mittaustulos kertoo jäähdytyspuhaltimen letkun pintalämpötilan, tarkemman tuloksen saisi ilmapvirtauksen lämpötilasta, mutta kyseinen mittaustulos on mahdoton suorittaa suljetusta järjestelmästä.

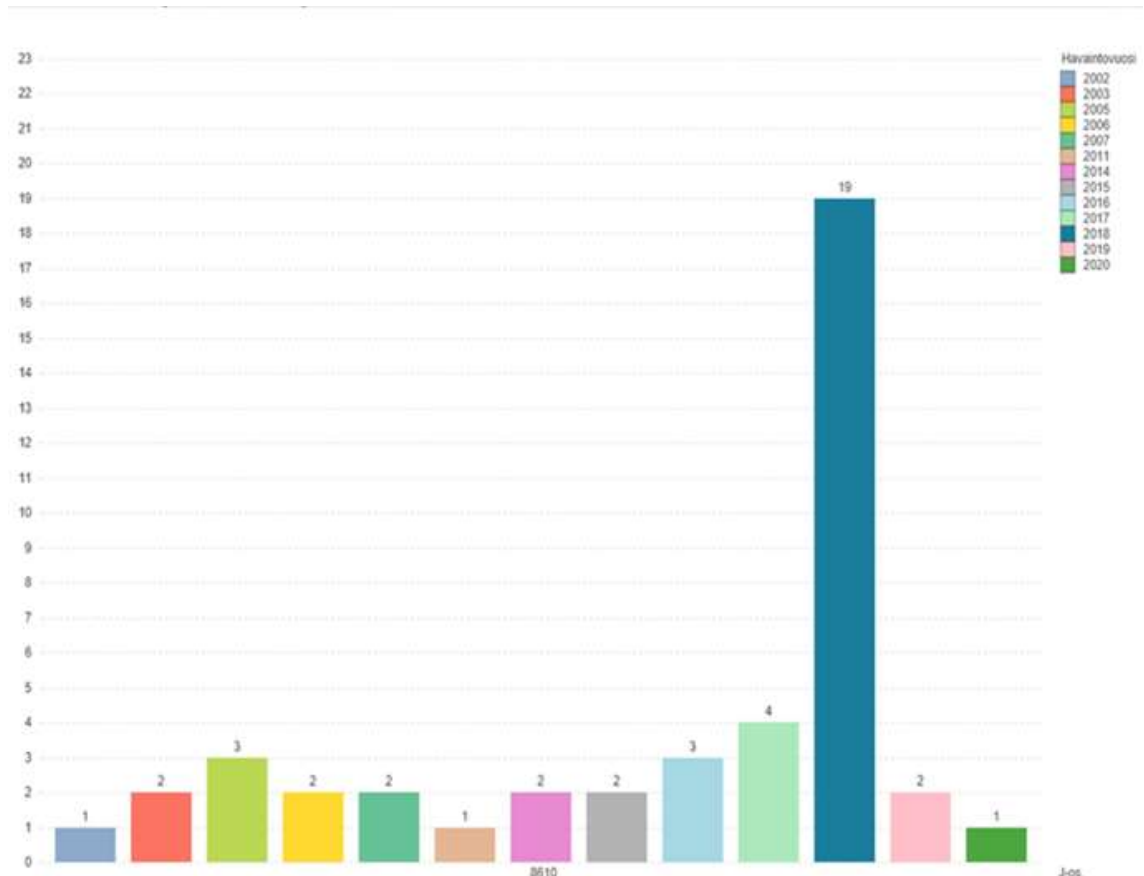
Kolmannessa mittauksessa vertailtiin edellisiin verrattuna eri laitetilassa olevan jäähdytyspuhaltimen ja korjaamotilassa olevan jäähdytyspuhaltimen lämpötilaeroja. Kyseinen laitetila on suurempi ja täten laitetilan lämpötila vastasi korjaamotilan lämpötilaa mittaushetkellä. Tässä tapauksessa laitetilassa olevan jääh-

dytyspuhaltimen letku oli johdettu lattian läpi tunnelia pitkin huoltopaikalle. Laitetilassa ja korjaamotilassa lämpötila pysyi suurin piirtein samana huoltotyön aikana. Lämpötilojen mittaukset suoritettiin lämpömittarilla Fluke 68 IR Thermometer. Mittaukset tehtiin jäähdytyspuhaltimen letkun jäähdytyspuhaltimen päästä ja lentokoneen päästä. Tässä mittauksessa saatiin vertailtua, kuinka paljon lattian tunneli lämmittää letkua. Tuloksena oli noin 2°C lämpötilaero mitattavien kohteiden välillä.

4.2 Jäähdytyspuhaltimen vikaantuminen

Jäähdytyspuhaltimet huolletaan joka vuosi. Vuosihuollosta tehdään jokaiselle jäähdytyspuhaltimelle huolto/tarkastuspöytäkirja. Pöytäkirjasta selviää huollossa käytetyt mittavälineet, kompressorin ja lauhdutin puhaltimen mittauservot sekä kylmäaineen laatu ja määrä. Kun huolto vanhenee, muuttuu laite LTJ-järjestelmässä kuntoluokka 3 tilaan. Lentokoneen huoltotoiminnassa käytettävän jäähdytyspuhaltimen kuntoluokasta tulee aina varmistua ennen huoltotoiminnan aloittamista. Jotta laitetta saa käyttää huoltotoiminnassa, sen on oltava kuntoluokkaa 1. (LTJ-järjestelmä.)

Lapin lennostossa on tehty vuosina 2002-2020 jäähdytyspuhaltimesta 44 kpl vikailmoitusta LTJ-järjestelmään. Quickwiev-järjestelmästä otetussa kuviossa 4. on esitetty Lapin lennoston vikailmoitukset vuosina 2002-2020. Quickwiev-järjestelmä on työkalu, jolla saadaan kerättyä dataa LTJ-järjestelmästä. Vuonna 2019 oli vikailmoituksissa piikki, mikä johtui teknillisen tiedotuksen käskemästä tarkastuksesta kaikille Lapin lennoston jäähdytyspuhaltimille. Nämä tarkastukset toteutettiin vikailmoituksilla jäljitettävyyden turvaamiseksi. (LTJ-järjestelmä.)



Kuvio 4. Lapin lennoston jäähdytyspuhaltimen vikailmoitukset vuosina 2002 - 2020 (Quickwiev)

Vikailmoituksia tarkemmin tutkiessa, ei löydy mitään laitteesta johtuvaa yksittäistä syytä, joka voisi aiheuttaa avioniikkalaitteiden yllämpenemistä. Vikailmoituksia, joissa jäähdytinpuhallin puhalsi kuumaa ilmaa, löytyi kahdeksan kappaletta. Yhdessä näistä oli tapahtunut käyttäjällä virhe, jonka seurauksena kompressorin korkeapaine kytkin oli lauennut. Kahdessa tapauksessa laite oli korjautunut lämpöreleen nollauksella. Yhdessä tapauksessa lämpörele oli jouduttu vaihtamaan. Yhdessä tapauksessa jäähdytyskompressorin ylivirtasuoja oli vaihdettu. Yhdessä tapauksessa korkeapainekytin oli lauennut ja maapuhallin korjautunut kytkimen resetoinnilla. Ja yhdessä tapauksessa lauhdutinpuhallin oli irronnut kiinnityspulteistaan. (LTJ-järjestelmä.)

Suurin osa vikailmoituksista koski jonkin näköistä mekaanista vikaa, kuten letkun vuotoa, puuttuvia kiinnikkeitä, sivuovien pumppujen vioittumista yms. Liitteessä 2. on esitettyä Lapin lennoston maapuhaltimen vikailmoitusten jaottelu vakaavuusluokittain vuosina 2002 - 2020. Liitteessä 3. on esitettyä Lapin lennoston

maapuhaltimen vikailmoitusten jaottelu havainnoittain vuosina 2002 - 2020. (LTJ-järjestelmä.)

4.3 Jäähdytyspuhaltimen TMT-asiakirjat

Jäähdytyspuhaltimesta on tehty sen käyttöhistorian aikana vain muutamia TMT-asiakirjoja. Eniten on tehty muutostiedotuksia, joilla on parannettu jäähdytyspuhaltimen käytettävyyttä. Teknillisiä tiedotuksia on tehty kaksi, joilla on käsketty tarkistamaan kaikki ilmavoimien jäähdytyspuhaltimet. Molemmat teknilliset tiedotukset oli tehty sen vuoksi, että yhdestä jäähdytyspuhaltimesta oli löytynyt vaaraa aiheuttava poikkeama. (TMT-järjestelmä.)

5 POHDINTA

5.1 Maapuhaltimen käyttö jatkossa

Tutkimuksissani en löytänyt mitään yksittäistä syytä miksi näitä avioniikkalaitteiden ylläampemisiä on tapahtunut. Mahdollisesti jäähdytyspuhaltimen valvonta on pettänyt, ja puhallin onkin puhaltanut liian lämmintä jäähdytysilmaa. Tämä syy-yhteys ei selvinnyt vikahistorioita tutkimalla.

Pitkissä huoltotöissä mekaanikon tehtävänä on valvoa jäähdytyspuhaltimen tuottaman jäähdytysilman lämpötilaa. Tämä on hyvä käytäntö, jota tulee jatkaa jatkossakin. Erityistä tarkkaavaisuutta tulee käyttää lämpimien kelien aikana ja muiden laitetilassa olevien laitteiden ollessa yhtäaikaaisesti päällä. Lisäksi tulisi miettiä pitkien avioniikkahuoltotöiden tauottamista, kun laittilojen lämpötila on normaalia korkeampi. Jäähdytyspuhaltimen sijoittaminen laittilaan tuo huomattavaa hyötyä melukuorman pienentämiseen korjaamotilassa, joka parantaa työskentelymukavuutta.

5.2 Varoitusjärjestelmä

Koska tällä hetkellä maapuhaltimen valvonta on huoltotyötä tekevän mekaanikon vastuulla, jäähdytyspuhaltimen letkuun voisi kehittää varoitusjärjestelmän mekaanikon valvontatyötä auttamaan. Kun jäähdytyspuhallin puhaltaa liian lämmintä jäähdytysilmaa, varoitin varoittaa ilman lämpötilasta. Varoitin tulisi olla sijoitettuna lentokoneen päähän letkua, jotta varoituksen havaitseminen olisi helppointa huoltotöiden yhteydessä. Tämän takia varoitimen tulisi olla akku- tai paristokäyttöinen.

Varoitusjärjestelmä yksinkertaisuudessaan voisi olla valmis lämpömittari, johon pystyy ohjelmoimaan hälytyksen tiettyyn lämpötilaan. Hyvä esimerkki tällaisesta mittarista löytyy Suomen lämpömittarit Oy:ltä, malli 218 Digitaalinen lämpömittari hälytyksellä, joka on esitettyinä kuvassa 5. (Suomen lämpömittari Oy 2021.)



- iso kaksoisnäyttö
- muistaa maksimi- ja minimilämpötilat
- hälyttää kun ulkolämpötila asetettujen rajojen sisä- tai ulkopuolella
- vesitiivis ulkoanturi
- anturijohto 3 m
- mittausalue:
 - sisälämpötila 0..+50°C
 - ulkolämpötila -50..+70°C
- korkeus 11 cm
- leveys 10 cm
- pakkaus sisältää pariston 1 kpl AAA

Kuva 5. Digitaalinen lämpömittari (Suomen lämpömittari Oy 2021)

LÄHTEET

Spitzer, C. & Ferrell, U. & Ferrell, T. 2015. Digital Avionics Handbook. Florida: Taylor & Francis Group 6000.

Seabridge, A. & Moir, I. 2020. Design and Development of Aircraft Systems. Third Edition. Croydon. CPI Group Ltd.

Puolustusvoimat 2021. Ilmavoimat. Viitattu 24.4.2021 <https://ilmavoimat.fi/tietoa-meista>.

Ilmavoimat 2021. Lapin lennosto. Viitattu 24.4.2021 <https://ilmavoimat.fi/lapinlennosto/tietoa-meista>.

Ilmavoimat. 2021. 100-00-1S1 MAPO LENTOTEKNINEN MAAPALVELUOHJE. Puolustusvoimien Logistiikkalaitos Ilmajärjestelmäosasto.

Ilmavoimat. 2018. (FI)A1-F18AC-410-100 Technical manual, Environmental control systems, Principles of operation, F/A-18C and F/A-18D. Ilmavoimien Materiaalilaitos.

Ilmavoimat. 2012. HN6-110-08S1 HN-jäähdytyspuhallinvaunu PHN004400, PHN0044001, PHN004402, HN11003, F-18C ja F18D. Ilmavoimien Materiaalilaitos.

LTJ-järjestelmä.

Quickwiev-järjestelmä.

TMT-järjestelmä.

Suomen Lämpömittarit Oy 2021. Tuotteet. Digitaalilämpömittarit. Viitattu 25.4.2021 <https://lampomittari.fi/tuotteet/digitaalinen-lampomittari-halytyksella/>.

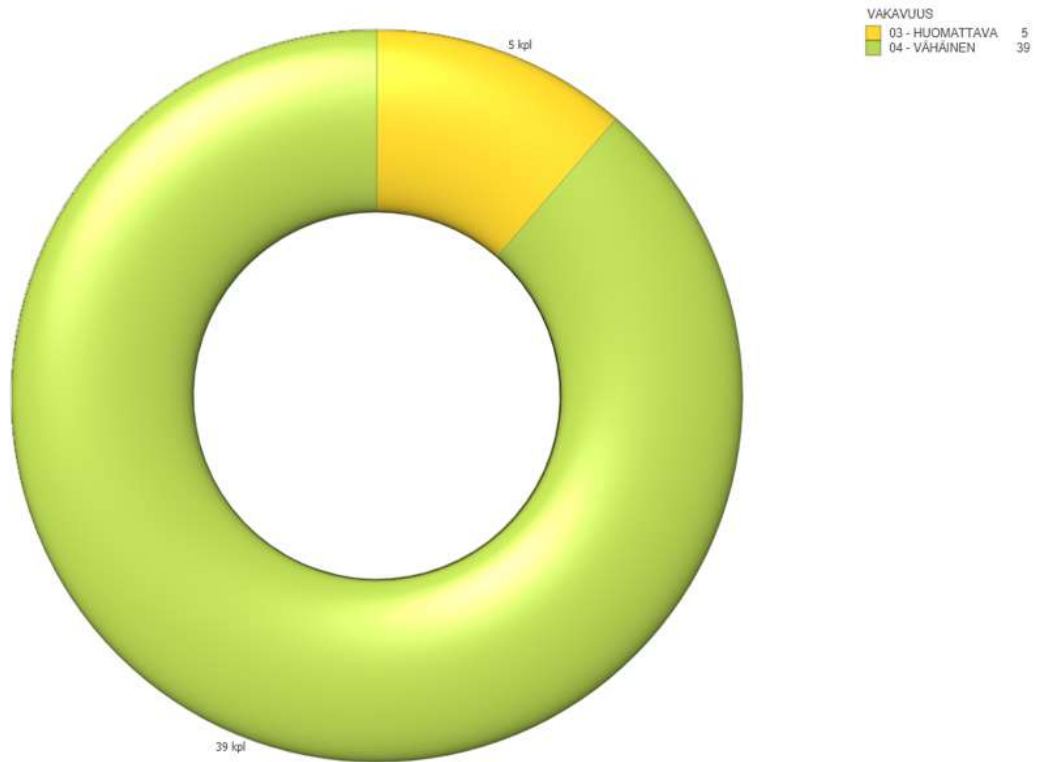
LIITTEET

- Liite 1. Jäähdytyspuhallin mittaukset
- Liite 2. Maapuhaltimen vikailmoitukset jaottelu vakavuusluokittain
- Liite 3. Maapuhaltimen vikailmoitukset jaottelu havainnoittain

Liite 1. Jäähdytyspuhallin mittaukset

laitetilan ovi auki	kellon aika	lämpötila koneen päästä	lämpötila puhaltimen päästä	puhaltimen oma lt.mittari
Jäähdytyspuhallin laiteita	8:12	14,3	11,3	14
Jäähdytyspuhallin korjaamotila	8:11	10,5	8,6	9
laitetilan ovi auki	kellon aika	lämpötila koneen päästä	lämpötila puhaltimen päästä	puhaltimen oma lt.mittari
Jäähdytyspuhallin laiteita	10:20	14,9	13,2	15
Jäähdytyspuhallin korjaamotila	10:18	11,7	8,9	9
laitetilan ovi auki	kellon aika	lämpötila koneen päästä	lämpötila puhaltimen päästä	puhaltimen oma lt.mittari
Jäähdytyspuhallin laiteita	12:13	13,9	12,9	15
Jäähdytyspuhallin korjaamotila	12:12	10,9	8,7	9
laitetilan ovi auki	kellon aika	lämpötila koneen päästä	lämpötila puhaltimen päästä	puhaltimen oma lt.mittari
Jäähdytyspuhallin laiteita	14:14	14,4	13,8	15
Jäähdytyspuhallin korjaamotila	14:12	11,7	8,9	9

Liite 2. Maapuhaltimen vikailmoitukset jaottelu vakavuusluokittain



Liite 3. Maapuhaltimen vikailmoitukset jaottelu havainnoittain

