



Cessna A185E Skywagon siipien modifionti

Modifikaatioiden etsintä ja selvitys

Alexi Viitala

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentotekniikka

Aleksi Viitala:
Cessna A185E Skywagon siipien modifiointi
Modifikaatioiden etsintä ja selvitys

Opinnäytetyö 67 (80) sivua, joista liitteitä 13 sivua
Rajattu versio, luottamukselliset tiedot poistettu
Toukokuu 2015

Laskussa vuonna 2004 ympäri menneen Cessna A185E Skywagonin vaurioituneiden siipien korjauspäätöksen myötä otin tehtäväkseni mahdollisten muutostöiden etsimisen ja toteuttamisen. Opinnäytetyöni tarkka tehtäväkuvaus on luottamuksellista tietoa. Modifikaation toteutus tapahtuisi vaurioituneiden siipien korjaustöiden yhteydessä.

Siipien vauriokartoittamisen ja osittaisen purkamisen jälkeen aloitin selvitystyön, jonka päämääränä oli löytää yksi tai useampi toteuttamiskelpoinen modifikaatio. Etsin modifikaatioita sekä virallisista että epävirallisista lähteistä. Tämä etsintä kattoi suuret kansalliset ja kansainväliset ilmailuviranomaiset, Cessnan asiakastuen, useita eri keskustelupalstoja ja perinteiset internetin hakupalvelut.

Laaja etsintä ei tuottanut haluttua tulosta, ja sopivia modifikaatioita löytyi vain muutama. Näistä lupaavimmaksi valikoitunut muutostyö ei ollut alun perin suunniteltu 185 -sarjan koneelle, vaan pienemmälle 182 -sarjan koneelle. Aloitin tutkimustyön jonka tavoitteena oli selvittää, olisiko kyseinen modifikaatio mahdollista toteuttaa 185 -sarjan koneeseen. Tämä tutkimustyö huipentui sähköpostitse käytyyn keskusteluun Cessna Technical Support -asiakaspalvelun kanssa. Saamani vastaus oli yksinkertainen ja kieltävä; kyseistä muutostyötä ei voisi toteuttaa 185 -sarjan koneeseen eikä tiedusteluani mahdollisista samankaltaisista modifikaatioista otettu huomioon.

Selvitystyö päättyi kielteiseen lopputulokseen. Siipien modifiointi alussa asetettujen tavoitteiden mukaisesti ei olisi tehtävissä. Jos Cessna olisi antanut luvan projektille, olisi se pitänyt hyväksyttää myös Liikenteen turvallisuusvirasto Trafissa. On mahdollista, että muutostyö ei olisi saanut Trafin hyväksyntää vaikka perusteet sen toteuttamiseen olisivat löytyneet.

Asiasanat: cessna skywagon siipi modifikaatio muutostyö selvitystyö tutkimus niitti purkaminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical engineering
Aviation engineering

Aleksi Viitala:
Cessna A185E Skywagon wing modification
Modification search and investigation

Bachelor's thesis 67 (80) pages, appendices 13 pages
Limited version. Confidential information removed
May 2015

When the decision to repair damaged pair of wings was made I took modification search and execution as my task. The model of the aircraft was Cessna A185E Skywagon and it was flipped over during landing in 2004. Accurate task description of my thesis is confidential information. The execution of the modification would take place during the repair work of the damaged wings.

After examination of the damage and partially made disassembly I started my research which objective was to find one or more executable modification. I searched modifications both official and unofficial sources. This search covered the great national and international aviation authorities, Cessna's Customer Support, multiple different forum threads and traditional search engines of the Internet.

Extensive search did not cause the result I wanted. There was only couple of suitable modifications that I found. The most promising modification of them was not designed for the 185 -series in the first place, but the smaller 182 -series aircraft. I started research which target was to investigate if concerned modification would be possible to install to the 185- series aircraft. This research culminated on conversation held via e-mail with Cessna Technical Support. The answer I got was simple and denying; concerned modification could not be executed in the 185 -series aircraft. My inquiry for possible similar modification was not taken on account.

My research work ended in negative outcome. Wing modification cannot be executed by the terms set in the beginning. Despite Cessna Aircraft Company would have given the permission to project I would have had to get it approved by The Finnish Transport Safety Agency Trafi. It is possible that modification would not have got the Trafi's approval although arguments for execution would have been found.

Key words: cessna skywagon wing modification report investigation rivet disassembly

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	CESSNA AIRCRAFT COMPANY	9
2.1	Cessna Aircraft Company yhtiönä	9
2.1.1	Tuotannossa olevat konemallit.....	9
2.2	Cessna 185 Skywagon	10
2.2.1	Cessna 185 Skywagon tekniset tiedot.....	11
2.2.2	Cessna 185 Skywagon kolmitahopiirros.....	12
2.2.3	Cessna A185E Skywagon 185 OH-CBA.....	13
3	LAIT, SÄÄDÖKSET JA ASETUKSET	14
3.1	Ilmailulaki 864/2014.....	14
3.1.1	Ilmailulaki 33 §: Lentokelpoisuus.....	14
3.1.2	Ilmailulaki 34 §: Lentokelpoisuuden ylläpitäminen	15
4	PÄÄAIHE	17
4.1	Esittely	17
4.2	Air Spark Oy.....	17
4.3	Tutkintatyön tutkimussuunnitelma	18
4.3.1	Toteutussuunnitelma	18
4.3.2	Suunniteltu työn eteneminen.....	18
4.3.3	Suunniteltu selvitystyö	19
4.4	Siiven rakenneosat ja niiden tehtävät.....	20
4.4.1	Paarteet.....	21
4.4.2	Uumalevyt.....	21
4.4.3	Pituusjäykisteet	22
4.4.4	Siipikaaret	22
4.4.5	Pintalevyt	25
5	MODIFIKAATIOT	27
5.1	Modifikaatioiden etsintä virallisista lähteistä	27
5.2	Supplemental Type Certificate.....	27
5.2.1	FAA.....	28
5.2.2	EASA	28
5.2.3	LBA.....	29
5.2.4	TCCA	29
5.2.5	CAA	29
5.2.6	Trafi.....	30
5.3	Airworthiness Approval Note -listaus	30
5.4	Modifikaatioiden etsintä epävirallisista lähteistä.....	31

5.4.1	Keskustelupalstat.....	31
5.4.2	Kuvahaku	32
5.5	Airworthiness Approval Note No.: 19###	32
5.6	Airworthiness Approval Note No.: 14###	32
5.7	Yhteydenotto Cessna Support -asiakaspalveluun	32
5.7.1	Ensimmäinen yhteydenotto.....	33
5.7.2	Cessna Supportin ensimmäinen vastaus	33
5.7.3	Toinen yhteydenotto.....	34
5.7.4	Cessna Supportin toinen vastausviesti	34
6	TYÖN KULKU	35
6.1	Alkutilanne.....	35
6.1.1	Siipien kunnostuspäätös ja siihen vaikuttaneet asiat.....	35
6.2	Työmenetelmät	35
6.3	Vaurioiden ulkopuolinen kartoitus	36
6.4	Siipien purkaminen	37
6.4.1	Niitit	37
6.4.2	Niittausrakenteen purku	38
6.4.3	Työssä käytetyt välineet.....	40
6.5	Siipirakenteen purkujärjestys.....	42
6.6	Purkutyö käytännössä	43
7	POHDINTA.....	47
7.1	Selvitystyö	47
7.2	Modifikaatiot	48
7.3	Siipien korjaus	48
7.4	Yhteenveto	48
	LÄHTEET.....	50
	LIITTEET	54
	Liite 1. Cessna 185 Skywagon tuotantoversiot 1(2).....	54
	Liite 1. Cessna 185 Skywagon tuotantoversiot 2(2).....	55
	Liite 2. Tutkintatyön tutkimussuunnitelma 1(2).....	56
	Liite 2. Tutkintatyön tutkimussuunnitelma 2(2).....	57
	Luottamuksellinen.	57
	Liite 3. Airworthiness Approval Note AAN No.: 19### 1(2).....	58
	Liite 3. Airworthiness Approval Note AAN No.: 19### 2(2).....	59
	Liite 4. Vautiokartoituspiirros, yksinkertainen.....	60
	Liite 5. Ulkopuolinen vauriokartoitus, oikean siiven pintapeltikuvat 1 (4).....	61
	Liite 5. Ulkopuolinen vauriokartoitus, oikean siiven pintapeltikuvat 2 (4).....	62
	Liite 5. Ulkopuolinen vauriokartoitus, vasemman siiven pintapeltikuvat 3 (4)	63
	Liite 5. Ulkopuolinen vauriokartoitus, vasemman siiven pintapeltikuvat 4 (4)	64

Liite 6. Siipikaarien vauriokartoituskuvat	65
Liite 7. Siipisalkojen vauriokartoituskuvat.....	66
Liite 8. OH-CBA alustava osalista, oikea ja vasen siipi.....	67

LYHENTEET JA TERMIT

EASA	European Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Administration
LBA	Luftfahrt Bundesamt, "Federal Aviation Office"
CAA	Civil Aviation Authority
TCCA	Transport Canada Civil Aviation
STC	Supplemental Type Certificate
AAN	Airworthiness Approval Note
STOL	Short Take-Off and Landing
Trafi	Liikenteen turvallisuusvirasto
Streeva	Rungosta siiven keskitasoon ulottuva tukirakenne
Cleko	Niittausrakenteen kiinnitystyökalu
A185E	Cessnan valmistaman koneen mallimerkintä
U-17B	Cessnan valmistaman koneen sotilasversiomerkintä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aihe on Cessna A185E Skywagon vaurioituneiden siipien kunnostustyö ja modifiointi. Aihe liittyy lentotekniikkaan ja sisältää monipuolisesti erilaisia työtehtäviä selvitys- ja suunnittelutyöstä käytännön töihin asti. Valitsin aiheen juuri sen monipuolisuuden ja oman alan takia.

Opinnäytetyöni tavoite on tuottaa tarpeeksi materiaalia lentokelpoisen siipiparin toteuttamiseen. Jos kaikki menee odotetusti, suunnittelen muutostyön toteutuksen ja siivet voidaan korjata. Oppimistavoitteeni ovat lentotekniikan insinöörityön omaksumista. Haluan oppia käytännön suunnittelu- ja selvitystyön tekemistä, tutustua eri viranomaislähteisiin ja oppia lentokoneen korjauksen suunnitteluprosessin. Tavoitteiden toteutuminen vaatii laajaa panostusta sekä koneen huoltoon että viranomaislähteisiin tutustuen.

Valitsemani aihe tulee liittymään kiinteästi opintolinjaani ja pääsen hyödyntämään opintojeni lähes kaikkia osa-alueita. Vaikka projekti ei onnistuisi, ei työ mene hukkaan. Vain lopputulos muuttuu. Tulevaisuuden kannalta opinnäytetyöni on aiheeltaan hyvä. Jos työllistyn ilmailualalle antaa ilmailualan opinnäytetyö hyvää pohjaa tulevia työtehtäviä ajatellen.

Opinnäytetyöni tulee olemaan melko teoriapainotteinen. Suurin osa työni insinöörityöstä on suunnittelu- ja selvitystyötä. Rakenteen purkaminen ja korjaus on ohjekirjan mukaista toimintaa, eikä anna juuri liikkumatilaa. Sen sijaan korjauksen ja mahdollisen muutostyön etsintä ja selvitys on arvokasta oppia insinöörityöstä. Tulen etsimään modifikaatioita useasta eri lähteestä, joista tärkeimmät ovat suuret kansalliset ja kansainväliset ilmailuviranomaiset ja heidän hyväksymät muutostyöt. Cessnan huolto-ohje ja varaosakatalogi tulee olemaan tärkeässä roolissa kun käytännön työ alkaa.

Opinnäytetyöni liiteosio tulee koostumaan vauriokartoituksen kuvista sekä suunnittelutyöni tuottamasta materiaalista. Jos löydän sopivan modifikaation, tulee kyseinen asiakirja olemaan myös liitteenä. Korjaukseen liittyviä taulukoita ja listauksia tulen myös lisäämään liitteiksi.

2 CESSNA AIRCRAFT COMPANY

2.1 Cessna Aircraft Company yhtiönä

Cessna Aircraft Company on Yhdysvaltalainen yleisilmailukoneiden valmistaja. Cessna tunnetaan parhaiten pienistä, mäntämoottoria voimanlähteenään käyttävistä pienkoneistaan mutta se valmistaa myös kaksimoottorisia potkurikoneita sekä business - luokan suihkukoneita. Lähinnä siviili-ilmailuun keskittyneellä yrityksellä on myös sotilaskäyttöön tarkoitettuja versioita koneistaan. Cessnan pääkonttori sijaitsee Wichitassa, Kansaksen osavaltiossa.

Tunnetuimmat mallit ovat 170-sarjan yksimoottoriset, useimmiten nelipaikkaiset yleisilmailukoneet. Suurempi 180-sarja sekä 200-sarja ovat laajasti käytössä laskuvarjokerhoilla tai työkoneina, esimerkiksi Alaskassa kellukkein varustettuina. Cessna on valmistanut yhteensä yli 120 eri konemallia mukaan lukien sotilaskäyttöön tarkoitettut versiot. (Wikipedia, 2014. <http://en.wikipedia.org/wiki/Cessna>)

2.1.1 Tuotannossa olevat konemallit

Tällä hetkellä Cessna valmistaa seuraavia konemalleja:
(http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Cessna_models)

Cessna 172	Ylätasoinen, nelipaikkainen mäntämoottorikone. Ollut tuotannossa 50-luvulta lähtien ja on Cessnan eniten valmistettu konetyyppi.
Cessna 182	Ylätasoinen, nelipaikkainen mäntämoottorikone.
Cessna 206	Ylätasoinen, kuusipaikkainen mäntämoottorikone.
Cessna 208	Ylätasoinen potkuriturbiinikone joka soveltuu niin kuljetus- kuin matkustajakoneeksi (14 matkustajaa). Käytössä myös sotilaskoneversiona.
Cessna 400	Alatasoinen, nelipaikkainen turboahdetulla mäntämoottorilla varustettu pienkone.
Cessna 510	Kaksimoottorinen kevyt business-suihkukone.

Cessna 525	Kaksimoottorinen kevyt business-suihkukone.
Cessna 560XL	Kaksimoottorinen keskikokoinen business-suihkukone.
Cessna 680	Kaksimoottorinen keskikokoinen business-suihkukone.
Cessna 750	Kaksimoottorinen pitkän toimintasäteen business-suihkukone.

2.2 Cessna 185 Skywagon

Cessna 185 on kuusipaikkainen, kokometallinen, ylätasoinen mäntämoottorilla varustettu yleisilmailukone. Sen prototyyppi lensi heinäkuussa 1960 ja ensimmäinen tuotantomalli valmistui maaliskuussa 1961. Koneessa on kiinteä päälaskuteline sekä kannuspyörä. Yli 4400 185-sarjan konetta valmistettiin ennen tuotannon lopettamista 1985.

Cessna 185 on periaatteessa Cessna 180 vahvistetulla rungolla. Suurin ero on 185:n suurempi sivuvakain sekä tehokkaampi 300 hevosvoimaa tuottava kuusisynterinen Continental -bokserimoottori. Kestävä rakenne sekä mahdollisuus asentaa kellukkeet tai lisäkuormakotelo tekivät koneesta suosituksen puskalentäjien keskuudessa. Tilava runko ja suuri kantokyky mahdollistavat koneen käytön myös laskuvarjotoiminnassa. Cessna 185 -sarjan koneesta on valmistettu 8 eri päätyypin versioita sekä 3 sotilaskäyttöön tarkoitettua versiota. Lista eri 185 -sarjan koneista on liitteessä numero 1. Opinnäytetyöni koneversio on vuoden 1969 Model A185E Skywagon. (Wikipedia, 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_185)

2.2.1 Cessna 185 Skywagon tekniset tiedot

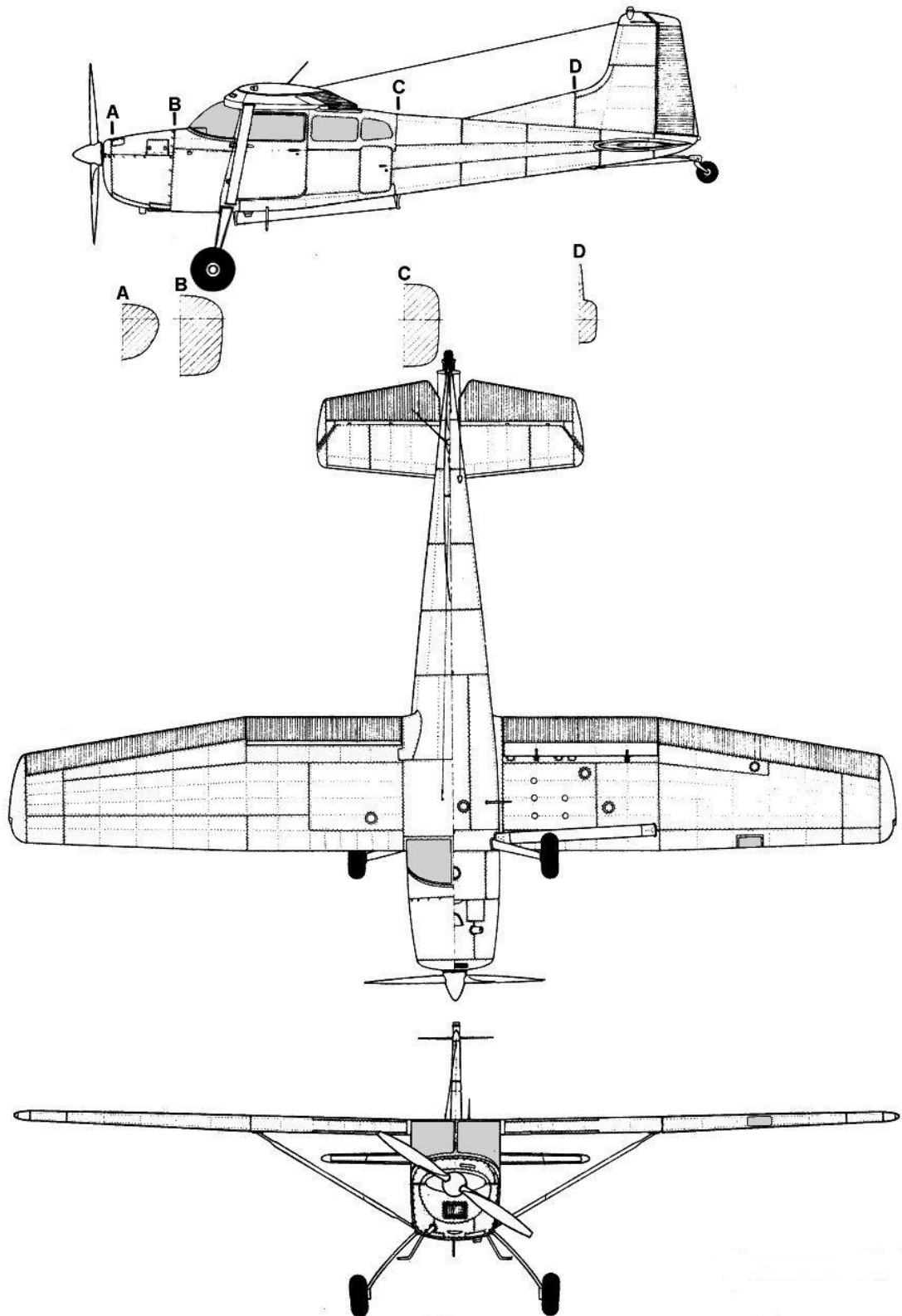
Päätiedot

Miehistö:	yksi
Istuinpaikat:	viisi
Pituus:	7.85 m
Kärkiväli:	10.92 m
Korkeus:	2.36 m
Siipipinta-ala:	16.2 m ²
Tyhjäpaino:	793 kg
Max paino:	1520 kg
Voimanlähde:	1 x Continental IO-520-D 300 hp (220 kW)
Potkuri:	halkaisija 2.08 m

Suorituskyky

Max lentonopeus:	287 km/h
Matkalentonopeus:	269 km/h
Sakkausnopeus:	91 km/h
Toimintasäde:	1,333 km
Bensiinikuorma:	65 gal
Max lentokorkeus:	5,230 m
Nousukyky:	5,1 m/s

2.2.2 Cessna 185 Skywagon kolmitahopiirros



KUVA 1. Cessna 185 Skywagon. (http://richard.ferriere.free.fr/3vues/cessna185_3v.jpg)

2.2.3 Cessna A185E Skywagon 185 OH-CBA

Projektini koneyksilö, sarjanumeroltaan 185–1458 valmistui vuonna 1969 ja sai Yhdysvalloissa rekisterin N2297T. Kone siirtyi Suomen rekisteriin lähes uudenveroisena, rekisteröintipäivän ollessa 22.7.1969. Kone sai Suomessa rekisteritunnuksen OH-CBA. (Airport-data.com, 2015. <http://www.airport-data.com/aircraft/OH-CBA.html>)

Koneen aikaisista vaiheista Suomessa ei itsellä ole tiedossa muuta kuin koneyksilön toiminta vesitaksina Lapin suunnalla. Sieltä kone siirtyi Tampereen laskuvarjokerhon palvelukseen heinäkuussa 1980. Kone osoittautui hyväksi hyppykoneeksi ja kun vuonna 1992 koneyksilön vaihtaminen tuli ajankohtaiseksi, päädyttiin OH-CBA:n peruskorjaukseen. Samalla kone sai uuden puna-valkoisen maalipinnan. Loppukesästä vuonna 1996 käyttöjaksonsa lopussa ollut moottori vaihdettiin.

Suurempi remontti tuli eteen toukokuussa 1999, kun kone meni nokan kautta ympäri Jämin lentokentällä. Koneen korjaus kesti kolme kuukautta. Koneyksilön viimeiseksi jäänyt edellisen kaltainen laskuvaurio tapahtui Tampere-Pirkkalan lentoasemalla toukokuussa vuonna 2004. Kone pyörähti nokan kautta katolleen. Lunastuskuntoon romuttunut kone poistui rekisteristä lopullisesti 14.1.2009. (Tampereen laskuvarjokerho, 2015. <http://www.tamlk.org>)

3 LAIT, SÄÄDÖKSET JA ASETUKSET

3.1 Ilmailulaki 864/2014

Ilmailulaki käsittelee lentämistä ilmakehässä, lentämisen lupakirjoja, lennon ohjaamista, lentämällä suoritettua valtioiden rajojen ylitystä ja ilma-aluksille asetettuja vaatimuksia. Suomen ilmailulaki kattaa 18 lukua ja 184 pykälää. Suomessa ilmailulakia valvoo liikenne- ja viestintäministeriö Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin kautta. Lennonjohdon ja valtion lentokenttien operointi kuuluu Finavia Oy:lle. (Valtioneuvosto, 2014. Ilmailulaki. <https://www.finlex.fi>)

3.1.1 Ilmailulaki 33 §: Lentokelpoisuus

Ilma-aluksen on ilmailuun käytettäessä oltava lentokelpoinen. Ilma-alusta pidetään lentokelpoisena, jos se on niin suunniteltu, valmistettu, varustettu ja huollettu sekä jos ilma-alus on ominaisuuksiltaan muutoinkin sellainen, että sitä voidaan turvallisesti käyttää ilmailuun.

Liikenteen turvallisuusvirasto antaa lentoturvallisuuden kannalta riittävän tason varmistamiseksi Chicagon yleissopimukseen tarkoitettuihin standardeihin ja suosituksiin pohjautuvia sekä EASA -asetuksen ja sen nojalla annettujen komission asetusten periaatteet huomioon ottavia tarkempia määräyksiä ilma-alusten ja niiden laitteiden ja osien suunnittelusta, valmistuksesta, varustuksesta, ominaisuuksista sekä huollosta samoin kuin hyväksyntää varten vaadittavien tarkastusten ja kokeiden sisällöstä ja muusta järjestelystä.

Liikenteen turvallisuusvirasto antaa tarvittaessa lisäksi lentoturvallisuuden edellyttämiä teknisiä lentokelpoisuusmääräyksiä ja lentotoiminnallisia määräyksiä ilma-alusten tai niiden laitteiden ja osien käytössä ilmenneiden turvallisuusongelmien korjaamiseksi. (Valtioneuvosto, 2014. Ilmailulaki. <https://www.finlex.fi>)

3.1.2 Ilmailulaki 34 §: Lentokelpoisuuden ylläpitäminen

Ilmailuun käytettävän ilma-aluksen omistajan, haltijan tai käyttäjän on pidettävä huolta ilma-aluksen lentokelpoisuudesta. Tämän vaatimuksen täyttämiseksi omistajan, haltijan tai käyttäjän on huolehdittava siitä, että:

- 1) kaikki turvalliseen käyttöön vaikuttavat vaurioit ja viat korjataan;
- 2) ilma-alus huolletaan sille kuuluvan hyväksytyin huolto-ohjelman mukaisesti;
- 3) noudatetaan lentokelpoisuusmääräyksiä ja muita määräyksiä, jotka vaikuttavat lentokelpoisuuteen;
- 4) turvallisuusongelman johdosta annettuja Liikenteen turvallisuusviraston määräyksiä noudatetaan;
- 5) Ilma-aluksen ja sen laitteisiin ja osiin tehtävät korjaukset ja muutokset toteutetaan siten, että ilma-alus sekä sen laitteet ja osat täyttävät 33 §:ssä olevat tai sen nojalla asetetut vaatimukset;
- 6) ilma-aluksella lennetään huollon jälkeen koelento, jollei ilma-aluksen lentokelpoisuudesta voida muutoin varmistua.

Ilma-aluksella ei saa lentää, jos:

- 1) se ei ole lentokelpoinen;
- 2) sen käyttöön tarvittava hätä- tai muu varustus ei ole oikein asennettu ja käyttökunnossa; tai
- 3) sen 37 tai 38 §:ssä tarkoitettu lentokelpoisuuden takuutodistus ei ole voimassa.

Ilma-aluksen omistaja, haltija tai käyttäjä voi sopimuksella antaa 1 momentissa tarkoitettut tehtävät tai osan niistä 35 §:ssä tarkoitettulle lentokelpoisuuden hallintaorganisaatiolle. Kun kyseessä on ilma-alus, jonka lentoonlähtömassa on vähintään 2 730 kilogrammaa ja jonka suunnittelu ei ole yksinkertainen, 35 §:ssä tarkoitettun lentokelpoisuuden hallintaorganisaation on huolehdittava 1 momentissatarkoitetuista tehtävistä tai niiden hallinnasta on tehtävä muu vastaava Liikenteen turvallisuusviraston hyväksymä järjestely.

Ilma-aluksen huolto-ohjelma ja siihen tehtävät muutokset hyväksyy Liikenteen turvallisuusvirasto tai lentokelpoisuuden hallintaorganisaatio. Ilma-aluksen, jonka

suunnittelu on yksinkertainen ja jonka suurin sallittu lentoonlähtömassa on alle 2 730 kilogrammaa, huolto-ohjelman hyväksyy ilma-aluksen lentokelpoisuudesta vastaava omistaja, haltija tai käyttäjä. (Valtioneuvosto, 2014. Ilmailulaki. <https://www.finlex.fi>)

4 PÄÄAIHE

4.1 Esittely

Opinnäytetyöni aiheeksi valikoitui Cessna A185E Skywagonin vaurioituneiden siipien kunnostustyö. Entinen Tampereen laskuvarjokerhon kone rekisteriltään OH-CBA vaurioitui lunastuskuntoon sen mennessä laskussa katolleen Tampere-Pirkkalan lentoasemalla toukokuussa 2004.

Koneyksilön siivet päätettiin kunnostaa monesta eri syistä, joista tarkemmin kappaleessa 7.1.1. Mahdollinen muutostyö tulisi esittämään kattavaa osaa opinnäytetyössäni, sillä se oletettavasti vaatisi paljon suunnittelu- ja selvitystyötä. Mahdollisen modifikaation tulisi olla hyväksytty viranomaisen toimesta.

Pääpiirteittäin opinnäytetyöni tavoiterakenne olisi seuraava: siipien vauriotarkastelu ja mahdollisen rakenteen purkamisen tarpeellisuuden arvionti. Kartoitusta seuraa korjaustyön alustava suunnittelu sekä modifikaatioiden etsintä. Jos modifikaatio löytyy, sen toteutus ja siipien korjaus.

4.2 Air Spark Oy

Air Spark Oy on Tampere-Pirkkalan lentokentällä toimiva ilmailualan yritys. Air Spark Oy tarjoaa monipuolisia lentotyöpalveluja, lentokoneiden vuokrausta sekä huolto- ja korjauspalveluja vuosien kokemuksella. Yrityksellä on ilmailuhallinnon myöntämä lupa lentotyötoimintaan, joihin kuuluu esimerkiksi palovalvonta-, valokuvaus-, riistanlaskenta-, mainoshinaus ja linjatarkastuslennot. Yrityksen lentokalustoon kuuluu tällä hetkellä yhdeksän yksimoottorista lentokonetta. (Air Spark Oy, 2015. <http://www.airspark.fi>)

Tutustuin Air Spark Oy:n yrityksenä keväällä 2013 Tampereen ammattikorkeakoulun kautta. Tällöin lentotekniikan opiskelijoille tarjottiin mahdollisuus suorittaa projektiopintokokonaisuus yrityksessä. Mukaan projektiin tuli tuolloin noin kymmenkunta opiskelijaa, suorittaen opintopisteitä tarvitsemansa määrään. Yksi

opintopiste vastasi 25 tuntia työssä. Itse suoritin täydet 15 opintopistettä, joka vastasi lähes 400 työtuntia. Työnkuvaani kuului erilaiset huoltotoimenpiteet, avustus hallin tehtävissä sekä yksinkertaiset korjaustyöt. Tämän lisäksi osallistuin rabiesrokotteiden lentolevitykseen keväällä sekä syksyllä 2013.

Opinnäytetyön aihetta etsiessäni sain tietää, että Air Spark Oy pystyisi tarjoamaan monta eri vaihtoehtoa. Koska aihe liittyisi varmasti omaan alaan ja ilmailuun, päätin tehdä opinnäytetyön Air Spark Oy:lle. Aiheeni valikoitui monen eri asian toimesta. Siivet olisivat arvokas varaosapari kunnostettuina, tai ne voisi liittää kunnostettuun runkoon ja näin saattaa 185 -sarjan kone lentokelpoiseksi. Samalla työhön liittyisi suunnittelua, selvittämistä sekä käytännön työtä rakenteen parissa.

4.3 Tutkintatyön tutkimussuunnitelma

Tutkintatyön tutkimussuunnitelma sisältää luottamuksellista tietoa.

Tavoitteena oli tuottaa riittävästi suunnittelu- ja toteutusmateriaalia siipien lentokuntoon saattamiseksi (Liite 2).

4.3.1 Toteutussuunnitelma

Virallista toteutussuunnitelmaa ei laadittu kun työ alkoi. Tarkoitus oli saada siivet ja opinnäytetyö kesän aikan valmiiksi mutta tähän tavoitteeseen ei päästy. Tutkimussuunnitelmaan kirjatut kohdat ovat luottamuksellista tietoa.

4.3.2 Suunniteltu työn eteneminen

Opinnäytetyöaiheen varmistuttua 26.2.2014 muotoilin mielessäni suunnitelmaa, jonka pohjalta työ etenisi. Projekti alkaisi ulkopuolisella vauriotarkastelulla, jonka pohjalta tehtäisiin alustava päätös korjauksen luonteesta sekä siipien purkamisesta. Purkamisen yhteydessä vauriotarkastelu suoritettaisiin siiven sisärakenteille.

Modifikaatiosuunnitelmat ovat luottamuksellista tietoa.

Lopulta siipien geometria tarkastettaisiin ja paperitöiden jälkeen meillä olisi lentokelpoinen, modifioitu siipipari valmiina asennettavaksi runkoon.

4.3.3 Suunniteltu selvitystyö

Muutostyöt mahdollistavan modifikaation etsintä nousi jo suunnitteluvaiheessa opinnäytetyöni suurimmaksi haasteeksi ja oletetuksi sisällöksi. Pelkkä siipien vauriokorjaus ja siihen liittyvät toimenpiteet eivät välttämättä olisi kattaneet tarpeeksi insinööriyöksi laskettavaa suunnittelua, joten modifikaation löytämisen merkitys kasvoi. Oletin, että mahdolliset modifikaatiot löydettyäni olisi tehtävä päätös parhaiten omia tavoitteitani vastaavasta muutostyöstä.

Suunnitelmani oli käydä läpi eri maiden ilmailuviranomaisten sertifiointitietokantoja, joihin on listattu konekohtaisesti hyväksytyjä muutostöitä tai korjaustoimenpiteitä. Odotukseni kohdistuivat Yhdysvaltalaiseen Federal Aviation Administration eli FAA -virastoon sekä Euroopan vastaavaan European Aviation Safety Agency eli EASA -viranomaiseen. Oletin, että käymällä läpi näiden kahden suuren ilmailuviranomaisen asiakirjoja saisin koottua listauksen mahdollisimman sopivista modifikaatioista.

Kun modifikaatioit olisi valittu, pitäisi selvittää voiko projektimme koneyksilöön toteuttaa valittua muutostyötä. Valmistauduin ottamaan yhteyttä Suomen Trafiin ja Cessna Aircraft Companyyn. Yhteydenotto Cessnaan vaati rekisteröitymistä Cessna Supportiin.

Edellämainittujen virallisten polkujen lisäksi aion etsiä tietoa myös muita teitä. Valmistauduin kahlaamaan erilaisia internetin keskustelupalstoja lävitse, toivoen löytäväni keskusteluketjun jossa mahdollisesti käsiteltäisiin 185-sarjan konetta tai sen muutostöitä. Etsin kuvahakupalveluista kuvia modifioituista koneista, sillä usein kuva liittyy johonkin suurempaan kokonaisuuteen. Ehkä löytäisin kuvan avulla toisen vastaavan projektin tai kuvan koneyksilön tietojen kautta mahdollisen modifikaatiolistauksen.

Kaiken kaikkiaan olin luottavainen modifikaatioiden löytymisen suhteen. Oletin, että eteeni tulisi paremminkin valinnan vaikeus kuin se tilanne, johon törmäsin kaiken selvitystyöni jälkeen.

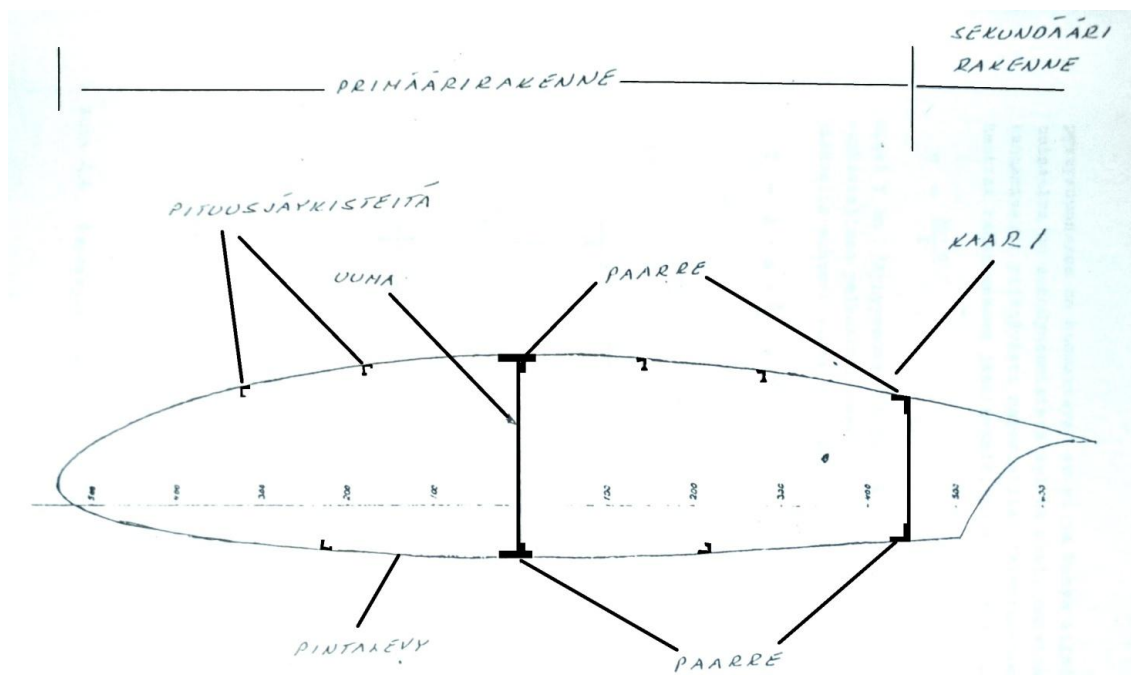
4.4 Siiven rakenneosat ja niiden tehtävät

Tavanomaista lentokoneen siipeä voidaan lujuusopillisesti tarkastella ulokepalkkina. Siipeen vaikuttavat voimat voidaan tietyssä poikkileikkauksessa pelkistää puhtaiksi leikkausvoimiksi ja taivutusmomenteiksi sekä vääntömomenteiksi, minkä lisäksi poikkileikkauksessa voi vaikuttaa siiven pituussuuntainen normaalivoima.

Siipeen kohdistuvat kuormitukset vastaanottaa siiven primäärirakenne, joka on tyypillisesti kuvan 1 mukainen, yksi- tai useampionteloinen kuorirakenne. Rakenne voi sisältää seuraavat erityyppiset osat:

- paarteet
- uumalevyt
- pituusjäykisteet
- pintalevyt
- siipikaaret

Kullakin osalla on omat tehtävänsä, joita seuraavassa tarkastellaan lähemmin.
(Ilmavoimat. Lentokoneen rakenneoppi)



KUVA 2. Tyypillinen siiven rakenne ja eri rakenneosat (Lentokoneen rakenneoppi)

4.4.1 Paarteet

Paarteet ovat poikkipinta-alaltaan suhteellisen suuria rakenneprofiileja, jotka on sijoitettu tavallisesti uumalevyn ja pintalevyn liitoskohtaan pareittain siiven ylä- ja alapinnalle. Niiden pääasiallinen tehtävä on vastaanottaa siiven pituussuuntaiset voimat sekä siiven pystytasossa vaikuttava taivutusmomentti. Paarteiden käyttöön vaikuttaa se asia, että taivutusmomentti pystysuunnassa on huomattavan suuri. Siipiprofiilin on oltava aerodynaamisista syistä ohut, joten momentin kantamiseen tarvitaan riittävästi materiaalia. Metallipaarteet ovat usein T- tai L-profiileja jotka voidaan valmistaa pursottamalla tai koneistamalla. (Ilmavoimat. Lentokoneen rakenneoppi)

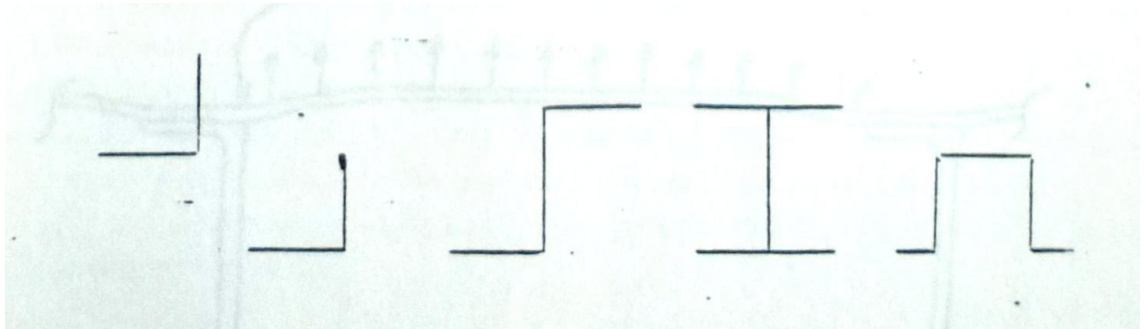
4.4.2 Uumalevyt

Paarteiden kohdalla siivessä on uumalevy. Paarteet ja uumalevy muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jota kutsutaan siipisaloksi. Uumalevyjä kuten paarteitakin, tarvitaan pääasiassa sen vuoksi, että siipi on muodoltaan matala. Tämän vuoksi tarvitaan

lisäelementtejä vastaanottamaan pystysuuntaiset leikkausvoimat. Uumalevyt vaikuttavat siiven vääntöominaisuuksiin muodostaen yhdessä pintalevyjen kanssa yksi- tai useampionteloisen, vääntöä tehokkaasti vastaanottavan suljetun kuoren. (Ilmavoimat. Lentokoneen rakenneoppi)

4.4.3 Pituusjäykisteet

Pituusjäykisteet ovat poikkileikkaukseltaan erimuotoisia profiileja, jotka on kiinnitetty niittaamalla pintalevyihin ja siipikaariin. Esimerkkejä poikkileikkausmuodoista on kuvassa 2. Pituusjäykisteiden takia tehdään poikittaisiin siipikaariin aukot, jotta jäykisteet saadaan jatkuviksi.



KUVA 3. Esimerkkejä pituusjäykisteprofiileista (Lentokoneen rakenneoppi)

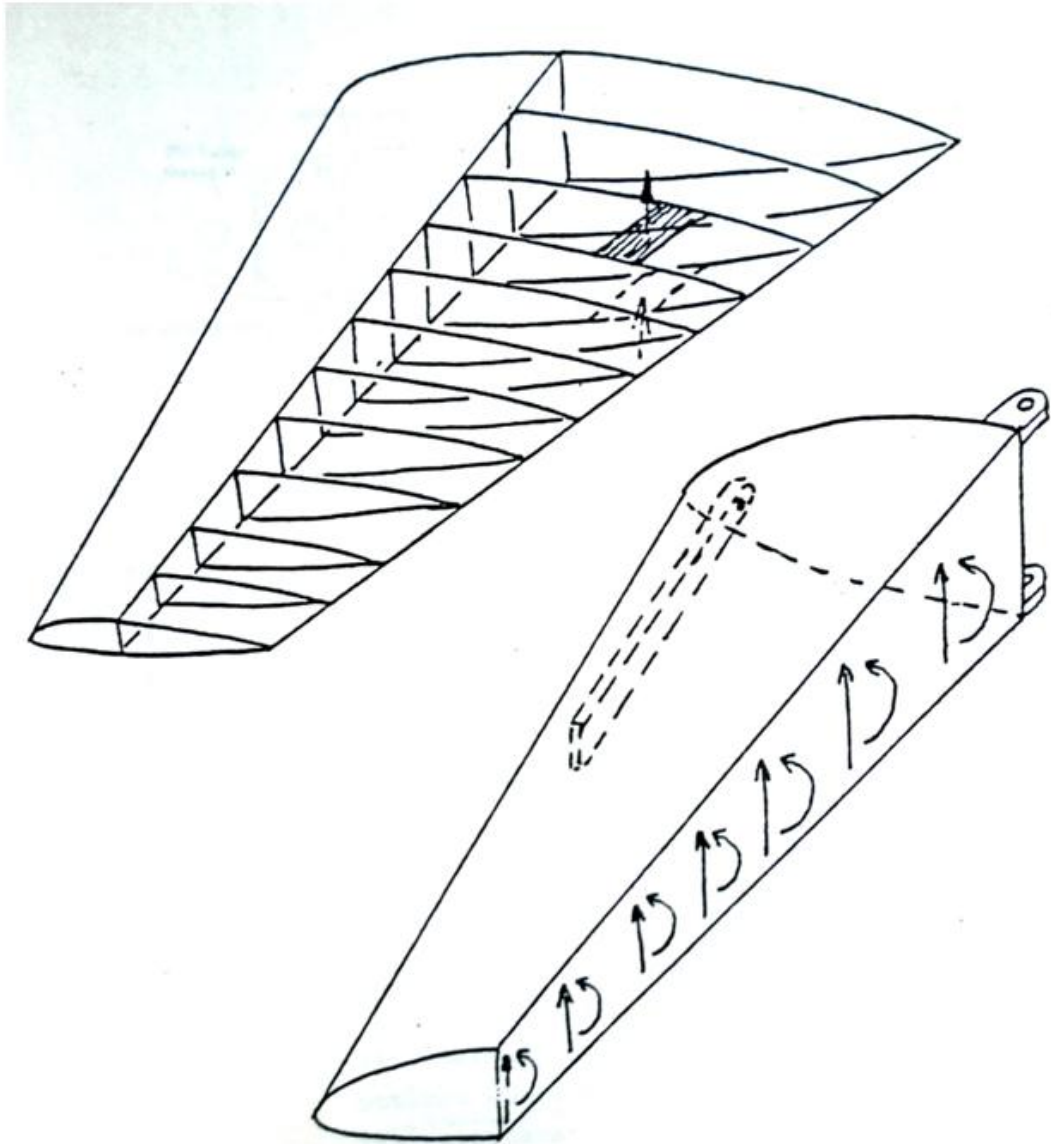
Pituusjäykisteiden tehtävä on kahdenlainen. Toisaalta jäykisteet paarteiden tapaan vastaanottavat taivutuksesta ja normaalivoimista syntyviä jännityksiä. Toisaalta pituusjäykisteet tukevat pintalevyä jakaen puristuspuolen pinnan pienempiin lommahduskenttiin. Näin pintojen lommahdus siirtyy suuremmille kuormituksille ja lommahduksen jälkeenkin jää pintalevystä jäykisteen lähellä oleva osa kantamaan kuormia. (Ilmavoimat. Lentokoneen rakenneoppi)

4.4.4 Siipikaaret

Siipikaaret ovat siiven poikittaissuuntaisia rakenteita, joilla on monta eri tehtävää. Ensinnäkin siipikaaret antavat siivelle sen aerodynaamisen muodon. Kaaret muotoillaan siipiprofiilin muotoisiksi ja näin kaarien päälle vedetyt verhoukset saavat saman

muodon. Kaarien tehtävä on myös pitää siipi muodossaan, sillä siiven pintaan vaikuttavat painevoimat pyrkivät taivuttamaan pintalevyjä.

Toisena tehtävänä siipikaarilla on siirtää siiven sekundäärirakenteeseen kohdistuvat voimat primäärirakenteiden kannettavaksi. Kuvassa 3 siiven primäärirakenteen muodostaa siipisalko sekä siiven etureuna, joista yhdessä muodostuu kotelopalkki. Siipisalosta taaksepäin suuntautuvat kaaren osat joutuvat siiven ylä- ja alapinnan paine-eroista aiheutuvien kuormien rasittamiksi, jolloin yhteen kaareen kohdistuu noin kaariväliä vastaava kuorma. Kuorma aiheuttaa kaareen paine-erojen mukaisesti jakautuneen voiman, joka aiheuttaa kaareen taivutusta ja leikkausta. Tällaista kaarta voidaan tarkastella ulokepalkkina, joka kantaa siihen kohdistuvat voimat ja siirtää ne primäärirakenteelle.



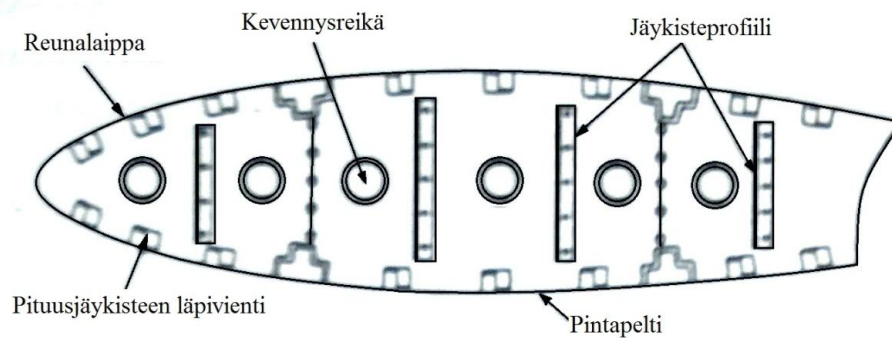
KUVA 4. Kaariin kohdistuvat kuormat ja niiden siirtyminen primäärirakenteeseen (Lentokoneen rakenneoppi)

Eräänä tehtävänä siipikaarilla on vastaanottaa suuria keskitettyjä kuormia, jolloin kaaret ovat tavallisia muotokaaria jykevämmät. Tällaisia kaaria kutsutaan tukikaariksi.

Siipikaarilla on myös tehtävänsä rakenteen stabiliteettia ajatellen. Kaaret jakavat pintalevyt lyhyisiin kaistoihin ja pienentävät näin lommahdusalttiita levykenttiä. Samalla kaaret tukevat pituusjäykisteitä.

Siipikaarille tyypillinen rakenne on esitetty kuvassa 4. Siipeä kokonaisuutena ajatellen ovat siipisalot kuormitetuimpia elementtejä ja ne on tehtävä jatkuviksi. Siipikaaret on

tästä syystä tehtävä useasta osasta. Kaarien reunat taivutetaan ja kaaret kiinnitetään salkoon niiteillä. Myös pintalevyt kiinnitetään kaarien taivutettuihin reunoihin niittaamalla. Kaaret ovat usein kevennetty reunavahvistetuilla kevennysrei'illä, jotka samalla mahdollistavat läpiviennit. Joissain tapauksissa kaaria vahvistetaan niittaamalla siihen jäykisteprofiili. (Ilmavoimat. Lentokoneen rakenneoppi)



KUVA 5. Esimerkki siipikaaresta (Lentokoneen rakenneoppi)

4.4.5 Pintalevyt

Pintalevyjen tehtävät ovat toisaalta aerodynaamiset, toisaalta lujuusopilliset. Aerodynaamiset tehtävät ovat selvät: pintalevyjen avulla siipi saa muotonsa. Siipiprofiilin muoto on varsin tärkeä aerodynaamisia ominaisuuksia ajatellen, joten pintalevyt on tuettava riittävästi muilla rakenneosilla. Koneen aerodynamiikka ei saa kärsiä liikaa kuormituksen aiheuttamista muutoksista. Tämä on erityisen tärkeää koneissa, joissa pyritään hyvin pieneen vastukseen. Pienetkin muodonmuutokset saattavat muuttaa pienivastuksisen siipiprofiilin vastusominaisuuksia merkittävästi. Tästä syystä purjekoneissa käytetään jäykkiä, lommahtamattomia kerroslevyrakenteita sekä tavallisesti lujitemuovia. Tällöin pinnassa ei ole mekaanisten liitosten aiheuttamia vastusta lisääviä epätasaisuuksia ja pinta muutenkin saadaan sileäksi.

Lujuusopillisesti ajatellen pintalevyt yhdessä siipisalkojen uumalevyjen kanssa muodostavat vääntöä tehokkaasti vastaanottavan kotelorakenteen. Samalla pintalevyt omalta osaltaan vastaanottavat leikkausvoimia. (Ilmavoimat. Lentokoneen rakenneoppi)

5 MODIFIKAATIOT

Siiven rakenteen muutostyön on perustuttava johonkin olemassa olevaan modifikaatioon. Näiden modifikaatioiden etsintä tulisi kattamaan suuren osan opinnäytetyöni selvitystyöstä. Selvitystyön tulisi jakautumaan kahteen pääalueeseen: virallisiin ja epävirallisiin lähteisiin.

Hyväksytyn modifikaation löytäminen olisi erittäin tärkeää, sillä ilman hyväksyntää ei modifikaatioita voisi toteuttaa. Tavoitteeni oli löytää suoraa 185 -sarjaan kelpaava modifikaatio, tai saada 180-, 182- tai 206 -sarjan koneelle hyväksytty modifikaatio muokattua 185 -sarjaan asennettavaksi.

5.1 Modifikaatioiden etsintä virallisista lähteistä

Cessna 185 -sarjan koneeseen on olemassa suuri määrä erilaisia modifikaatioita ja virallisesti hyväksytyjä muutostöitä. Tavoitteeni oli selvittää, voisiko jotain näistä modifikaatioista käyttää joko osittain tai suoraa. Niinpä etsin erilaisia ilmailuviranomaisten sivustoja ja sitä kautta pääsin erilaisiin sertifikaatti- ja modifikaatiolistauksiin.

Viralliset lähteet käsittäisi useita kansallisia ja kansainväliä ilmailuviranomaisia sekä heidän modifikaatio- ja sertifikaattilistauksia. Myös Cessnan asiakaspalvelu Cessna Support Service lukeutuu virallisiin lähteisiin.

5.2 Supplemental Type Certificate

STC tulee sanoista Supplemental Type Certificate. Suoraan suomennettuna kyseessä on täydentävä tyyppisertifikaatti, sillä se täydentää olemassa olevaa tyyppisertifikaattia. STC myönnetään, jos hakija on saanut FAA:n hyväksynnän modifioida ilma-alusta sen alkuperäisestä mallista. Toisin sanoen STC on kansallisen ilmailuviranomaisen myöntämä lupa modifioida tai korjata olemassa olevaa konetyyppiä, oli kyseessä sitten moottorin tai potkurin vaihto tai suurempi modifikaatio. (Federal Aviation Administration, 2014. <http://www.faa.gov/aircraft>) STC määrittää muutoksen tyypin,

kertoo sen vaikutukset koneeseen ja listaa konetyypit joihin kyseinen modifikaatio on mahdollista toteuttaa. (Wikipedia, 2014. <http://en.wikipedia.org>)

5.2.1 FAA

Ensimmäisenä aloitin etsinnän yhdysvaltalaisen ilmailuviranomaisen Federal Aviation Administrationin eli FAA:n sivuilta sillä Cessna on yhdysvaltalainen yritys. FAA valvoo kaikkea siviili-ilmailua ja sen säännöksiä yhdysvalloissa sekä pitää yllä STC-listausta. (Wikipedia, 2014. <http://en.wikipedia.org>)

FAA:lla on oman STC-hakupalvelu, josta voi etsiä sertifikaatteja muun muassa konemallin mukaan. Suoritin haun kolmelle eri konemallille, jotka olivat 182, 185 sekä 206. Nämä kolme konemallia ovat lähellä toisiaan rakenteellisesti. Useista hakutuloksista huolimatta en onnistunut löytämään yhtäkään soveltuvaa sertifikaattia. Suurin osa sertifikaateista kuvasi yksinkertaisia komponenttien vaihtotöitä, kuten potkurin tai moottorin vaihtoa. Myös avioniikan päivitykseen liittyviä sertifikaatteja oli runsaasti. Näin ollen FAA:n sivuista ei ollut apua. (Federal Aviation Administration, 2014. <http://www.faa.gov/>)

5.2.2 EASA

European Aviation Safety Agency vastaa luonteeltaan ja tehtäviltään Yhdysvaltojen FAA:ta. Sen tehtävä on valvoa siviili-ilmailua Euroopassa. EASA:lla on FAA:n tavoin sertifikaattilistaus sekä mahdollisuus etsiä sertifikaatteja esimerkiksi konemallin mukaan. Suoritin haun samoilla ehdoilla kun FAA:n sivuilla hakien kolmen konemallin sertifikaatteja. Tulokset eivät olleet sen parempia kuin aiemmin, suurimman osan sertifikaateista olin jo käynyt läpi FAA:n sivuilla. (Wikipedia, 2014. <http://en.wikipedia.org>)

5.2.3 LBA

Luftfahrt Bundesamt, "Federal Aviation Office" on Saksan kansallinen siviili-ilmailuviranomainen. Kuten edellisillä viranomaisilla, myös LBA:lla on oma pienkoneisiin keskittyvä sertifikaattilistaus. (Wikipedia, 2014. <http://en.wikipedia.org>)
Vaikka hakupalvelua ei ollut, sai listan ladattua PDF-muodossa selaimelle jolloin sitä pystyi tutkimaan. Lista osoittautui kuitenkin hyödyttömäksi, sisältäen vain muutaman 182-, 185- ja 206-sarjan koneen modifikaation. Löydetyt sertifikaatit käsitelivät lähinnä avioniikkaa sekä pieniä muutostöitä koneen varusteissa. (Luftfahrt Bundesamt, 2014. <http://www2.lba.de>)

5.2.4 TCCA

Transport Canada Civil Aviation, joka tunnetaan myös nimellä The Civil Aviation Directorate on Kanadan ilmailuviranomainen. 185-sarjan koneen luonteesta johtuen oli Kanadan STC-listaus todennäköisesti paras edellämaituista. 185-sarjan koneita on käytetty paljon niin sanottuun puskalentotoimintaan, joka on Kanadassa melko yleistä. Yllätyin, kun en löytänyt mitään hyödyllistä 185-sarjaa koskien. (Transport Canada Civil Aviation, 2014. <http://www.tc.gc.ca>)

5.2.5 CAA

Civil Aviation Authority on Yhdistyneiden kuningaskuntien ilmailuviranomainen. CAA omaa kattavan arkiston sertifikaatteja sekä hyvän hakupalvelun, jota käytin hyväkseni. CAA:n arkisto osoittautui parhaaksi kaikista edellämaituista, sillä löysin useita tutkimisen arvoisia asiakirjoja sekä 182- että 185-sarjan koneisiin. Löysin yhteensä viisi AAN-asiakirjaa (Airworthiness Approval Note), joista lyhyt yhteenvedo alla. Kahdesta lupaavimmasta modifikaatiosta olen kirjoittanut lisäselvityksen omiin kappaleisiin 6.5 ja 6.6. (Civil Aviation Authority, 2014. <http://www.caa.co.uk/>)

5.2.6 Trafi

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on Suomessa toimiva liikenteen viranomainen ja näin ollen Suomen ilmailuviranomainen. Trafi huolehtii ilmailun yleisestä turvallisuudesta, edistää ilmailun ympäristöystävällisyyttä ja hoitaa sekä lentoliikenteeseen että sen sujuvuuteen liittyviä asioita. Trafi muun muassa antaa ilmailumääräyksiä, myöntää lupia ja ylläpitää ilmailurekistereitä.

Etsinnän yhteydessä sain käsiini listauksen Suomessa hyväksytyistä muutostöistä PDF -muodossa. Lista oli 88 sivua pitkä ja kuvasi kattavasti eri ilma-alusluokkien muutostöitä. Kuva 5 havainnollistaa dokumentin antamaa informaatiota. Vaikka Cessna 185 -sarjan koneita löytyi listalta useampia, ei yksikään listattu modifikaatio osoittautunut hyödylliseksi. (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, 2015. <http://www.trafi.fi/ilmailu>)

OH - CIW	Cessna 172M	17.04.2008	Sa1948CE SE1931CE Auto Fuel STC	Auto fuel supplement
OH - CJJ	Cessna A185E	22.04.1994	Kanoottien kuljetuskorvakkeiden asennus. Ko. kuljetuskorvakkeet on aiemmin hyväksyty ilma-alukseen OH-CDQ muutostyön hyväksymistodistuksella no. 22/83.	
OH - CJJ	Cessna A185E	29.06.2002	OH-CJJ ja OH-CCY potkurin muutokset Hartzell STC SA1443NM	
OH - CJJ	Cessna A185E	04.05.2004	STC SE09217SC	
OH - CJJ	Cessna A185E	25.05.2004	GPS vastaanottimen asennus.	
			Installation of GPS receiver.	
OH - CJJ	Cessna A185E	25.05.2004	GPS vastaanottimen asennus.	
			Installation of GPS receiver.	
OH - CJM	Cessna 152	28.11.2003	Brackett Aircraft Company Inc. STC SA71GL Ilmansuodattimen muutos	
OH - CJM	Cessna 152	13.04.2008	Replacing old avionics with new types (Garmin 340 Audio panel, Bendix King KX155 NAV/COMM, Bendix King KI-209 Indicator, Garmin GTX 320 Transponder).	Konekorhonen Oy application dtd. 13.5.2008 and Konekorhonen Oy Drawings: OH-CJM Radio installation, OH-CJM Transponder installation and OH-CJM positions of the units. Maintenance requirement: Transponder system check in accordance with EASA AD 2006-0265.

KUVA 6. Listaus muutostöistä (9008-Suomessa_hyvaksytyt_muutostyot_20090901, Trafi, 1.9.2009)

5.3 Airworthiness Approval Note -listaus

AAN No.: 10### käsitteli väliaikaisesti kiinnitettävää pitkän toiminta-ajan lisätankkia. Modifikaation mahdollinen käyttötarkoitus on luottamuksellista tietoa.

AAN No.: 14### käsitteli Robertson STOL-sarjan asennusta STC:n mukaan. Kyseessä olevassa Cessna 182P-koneessa oli STOL-johtoreuna jo asennettuna. Myös omassa projektissani on kyseinen STOL-sarja asennettuna, joten tämä AAN-asiakirja ei tarjonnut mitään lisätietoa. (Civil Aviation Authority, 2014. <https://www.caa.co.uk>)

AAN No.: 14### käsitteli yhteensä neljän Micronair-pölytynyksikön kiinnittämistä siiven alle tukien varaan. Kummankin siiven alle asennettiin kaksi pölytintä. (Civil Aviation Authority, 2014. <https://www.caa.co.uk>) Modifikaation mahdollinen käyttötarkoitus on luottamuksellista tietoa.

AAN No.: 06### käsitteli miltein samaa asiaa kuin ylempi No.: 14471. Tässä tapauksessa kyseessä oli Britten-Norman -yrityksen neljän pölytynyksikön kiinnittäminen siiven alle. (Civil Aviation Authority, 2014. <https://www.caa.co.uk>) Modifikaation mahdollinen käyttötarkoitus on luottamuksellista tietoa.

AAN No.: 19### oli lupaavin viidestä edellämainitusta. Lyhyesti sanottuna se käsitteli ilmanlaadun tutkimiseen tarkoitettujen laitteiston asennusta Cessna 182J -mallin koneeseen siipien rakennettujen ripustimien varaan. (Civil Aviation Authority, 2014. <https://www.caa.co.uk>) Modifikaation mahdollinen käyttötarkoitus on luottamuksellista tietoa.

5.4 Modifikaatioiden etsintä epävirallisista lähteistä

Virallisten lähteiden lisäksi ryhdyin etsimään tietoa mahdollisista modifikaatioista myös muualta. Käytännössä tämä tarkoitti erilaisten keskustelupalstojen selaamista ja erilaisten internet-hakupalveluiden käyttämistä. Yritin löytää lisätietoa lähinnä ripustimista ja niiden asennuksesta siipien sille lisäkuorman ripustusmahdollisuus vaatisi mahdollisesti siiven vahvistamista joko sisäisesti tai ulkoisesti.

5.4.1 Keskustelupalstat

Suurin osa keskustelupalstoista joihin tutustuin oli yhdysvaltalaisia. Tiedonhaku keskustelupalstoilta on melko helppoa, sillä suurimmassa osassa on sisäänrakennettu hakupalvelu. Oikeasti hyödyllisen tiedon löytäminen sen sijaan tuntui olevan lähes mahdotonta. lukuisten yritysten jälkeen luovuin toivosta ja totesin, ettei 185-sarjan siiven vahvistaminen ole yleistä. Suurin osa aiheeseen liittyvistä keskusteluketjuista

käsitteli Wing-X STOL-modifikaation asennusta. Modifikaation mahdollinen käyttötarkoitus on luottamuksellista tietoa.

Keskustelupalstoilta löytyneiden keskusteluketjujen vähäinen lukumäärä herätti epäilyksiä modifioinnin toteutuksen mahdollisuudesta. Jos kukaan ei ole tehnyt vastaavaa, onko se edes mahdollista?

5.4.2 Kuvahaku

Kuvahaku osoittautui alusta alkaen lupaavaksi tavaksi etsiä tietoa. Yleensä kuva liittyy johonkin artikkeliin, keskusteluun tai muuhun julkaisuun josta voisi saada arvokasta tietoa. Löydetty modifikaatioihin liittyvä materiaali on luottamuksellista tietoa.

Yleisesti ottaen tiedon löytäminen edellämainituista lähteistä ei ollut helppoa. Uutta tietoa ei juuri löytynyt, keskustelupalstojen viestit eivät paljoa auttaneet ja kuvat vain vahvistivat jo tiedossa olevia asioita.

5.5 Airworthiness Approval Note No.: 19####

Modifikaatioon liittyvä aihekokonaisuus on luottamuksellista tietoa.

5.6 Airworthiness Approval Note No.: 14####

Modifikaatioon liittyvä aihekokonaisuus on luottamuksellista tietoa.

5.7 Yhteydenotto Cessna Support -asiakaspalveluun

Virallinen ja käytännössä ainut keino ottaa yhteyttä Cessnaan koskien teknisiä ongelmia on lähettää viesti Cessna Supportin kautta. Cessnan ylläpitämä huoltosivusto tarjoaa apua ja ohjeita Cessna-lentäjille ympäri maailman. Palvelu vaatii rekisteröitymisen,

mutta on ilmainen. Sivustoa ei pääse selaamaan ellei kirjaudu sisään, joten rekisteröidyin palveluun.

Muutama päivä rekisteröitymisestäni sain viestin, että tunnukseni on aktivoitu. Pääsin kirjautumaan sisälle palveluun. Ensimmäisenä koitin löytää mallikohtaisen tukipalvelun tai mahdollisesti asiakirjakansion, johon olisi kerätty kaikki konetyyppiin liittyvä oleellinen tieto. Koin lievän pettymyksen havaitessani, ettei edellämainitun kaltaista järjestelmää ollut. Valittavissa oli vain tällä hetkellä tuotannossa olevat mallit, joihin 185-sarja ei lukeudu. Lähimpänä 185 Skywagon -mallia oli 182 Skylane. Saatavilla olevat tiedot eivät kuitenkaan auttaneet projektia eteenpäin, sillä ne kattoivat lähinnä huolto-ohjeita tai viimeisimpiä päivityksiä varsutelutasoon liittyen. Koska sivusto itsessään ei tarjonnut apua, etsin sähköpostiosoitteen jonka kautta voisin tiedustella löytämäni modifikaation asennusmahdollisuuksia.

5.7.1 Ensimmäinen yhteydenotto

Luonnostellessani viestiä jonka tulin lähettämään halusin olla varma, että vastaanottaja ymmärtää mitä kysyn. Tästä syystä kirjoitin viestiin suoran lainauksen AAN No.: 19###-dokumentista. Lainatussa kohdassa ilmaistaan selkeästi modifikaation luonne, sen vaatima asennustyö sekä konetyyppi, johon modifikaatio tehtiin. Viestin tärkein tehtävä oli näin ollen tiedustella, onnistuisiko edellämainitun dokumentin kuvaileman modifikaation toteutus uudempaan A185E -sarjan Cessnaan.

Lähettämäni viesti Cessna Support –asiakaspalveluun on luottamuksellista tietoa.

5.7.2 Cessna Supportin ensimmäinen vastaus

Vastoin odotuksiani sain odottaa vastausta Cessna Supportilta useita viikkoja. Vaikka tiedostin viestin vastausajan pitkäksi johtuen kysymistäni asioista, yllätti odotusaika silti. Toinen mahdollisuus vastauksen viipymiseen oli viestin lähetysajankohta. Vuoden kiireisin lentokausi oli juuri menossa, ja ehkä Cessna Support näki tarpeelliseksi vastata ensin itse lentämistä koskeviin viesteihin.

Kuten viestistä havaitaan, lähtein useamman viestin Cessna Supportin sivuilta löytämäni sähköpostiin. Kolmanteen lähettämäni viestiin lisäsin alimman rivin, jossa tiedustelin viestieni saapumispaikkaa. Aloin olettaa, että viestini eivät mene oikeaan paikkaan lainkaan. Kun vastaus vihdoinkin saapui, oli sen sisältö pettymys.

Saamani vastausviesti Cessna Support –asiakaspalvelulta on luottamuksellista tietoa.

Käytännössä saamani vastaus ei vastannut yhteenkään kysymykseeni. Minulle vastanneen henkilön mukaan Cessna ei ole ollut vastuussa kuvailemastani modifikaatiosta. Tiesin, ettei Cessna itse asentanut kyseistä modifikaatiota mutta kuten asiakirjasta voidaan todeta, hyväksyi suunnitellun modifikaation ja näin mahdollisti sen toteutuksen.

5.7.3 Toinen yhteydenotto

Suunnitellessani toista viestiä päätin kysyä hieman tarkemmin mahdollisista muista modifikaatioista, jotka johtaisivat samaan lopputulokseen.

Lähettämäni viesti Cessna Support –asiakaspalveluun on luottamuksellista tietoa.

5.7.4 Cessna Supportin toinen vastausviesti

Saamani vastaus tuli perille huomattavasti nopeammin kuin edellinen, mikä yllätti minut positiivisesti. Valitettavasti viestin sisältö ei antanut aihetta iloon. Käytännössä Cessna Support ilmaisi hyvin selkeästi mitä mieltä on asiastaja ettei tiedusteluja kannata jatkaa.

Saamani vastausviesti Cessna Support –asiakaspalvelulta on luottamuksellista tietoa.

Viestit antoivat ymmärtää, ettei Cessna halua ottaa vastuuta projektini kaltaisesta modifioinnista ja näin ollen ei tarjoa apuaan asiassa. Epäilen, että Yhdysvaltojen vastuulaki tai muu vastaava esti Cessnaa kertomasta minulle mitään.

6 TYÖN KULKU

6.1 Alkutilanne

Siivet olivat olleet ulkosäilytyksessä jonkin aikaa, mutta niiden yleisilme oli siisti. Suhteellisen hyväkuntoinen maalipinta ja sen lohkeilut antoivat viitteitä muodonmuutoksista rakenteissa sekä pintapelleissä. Siivet olivat nostettu telineisiin, ollen pöydillä vaakatasoon asetettuna. Siivistä oli irroitettu ohjainpinnat ja laipat, rakenteen ollessa koskematon.

Nopealla vilkaisulla saattoi havaita pahimmat vauriot siiven kärjissä sekä pintapelleissä. Oli selvää, että siivet olivat nikahtaneet ja vauriot todennäköisesti ulottuivat siipikaariin sekä siipisalkoon asti. Koneen varustukseen kuuluneen Robertson STOL -sarjan mukana siiven yläpintaan asennetut virtausohjaimet (stall fence) olivat myös vaurioituneet. Koska kone oli mennyt katolleen, edellämainitut ohjaimet olivat painaneet pintapellin sekä sen alla olevan siipikaaren velleille.

6.1.1 Siipien kunnostuspäätös ja siihen vaikuttaneet asiat

Siipien kunnostuspäätös ja siihen vaikuttavat asiat ovat luottamuksellista tietoa.

6.2 Työmenetelmät

Käytännön tössä käyttämäni työmenetelmät on kuvailtu seuraavissa kappaleissa. Periaatteessa rakenteen purkaminen on tarkasti kuvailtu Cessnan huolto- ja korjausoppaissa, ja näitä ohjeita olisi pyrittävä noudattamaan.

6.3 Vaurioiden ulkopuolinen kartoitus

Vaurioituneiden siipien kanssa työskentely alkoi omalta osaltani silmämääräisellä vauriotarkastelulla purkamatta siipiä. Siivistä oli irroitettu aiemmin ohjainpinnat sekä laipat. Työntötangot ja käyttövivut olivat edelleen paikoillaan.

Vauriotarkastelussa havaitut vauriot jaoin karkeasti kolmeen tyyppiin. Ensimmäinen oli yksinkertaisesti vekki tai taitos. Pienet muodonmuutokset pintapelleissä tai rakenteissa merkittiin edellämmainitulla kuvauksella. Toinen tyyppi oli suuri taitos tai muutos rakenteessa. Kolmas ja viimeinen tyyppi oli murtuma tai muu suuri vaurio. Piirsin siivistä yksinkertaiset viivamallit joihin merkitsin vaurioiden sijainnin sekä tyyppin (Liite 4).

Vaurioita oli havaittavissa kautta koko siiven, koneen vaurioitumistavasta johtuen. Pääpiirteittäin vaurioit olivat seuraavat: pintapellin muodonmuutoksia siiven yläpinnalla laippakoteloiden tasolla takasalon kohdalla, murtuma tai muu suuri vaurio takasalon kiinnityskorvakkeiden kohdalla siiven tyvessä, siiven kärjen peltivaurio sekä STOL-varustukseen kuuluvan peltisen virtausohjaimen jättämä painauma pellissä siiven keskikohdin. Vasemman siivenkärjen peltivauriot olivat merkittävämmät kuin oikean siiven.

Vauriotarkastelun pohjalta tehtiin päätös siipien osittaisesta purkamisesta. Painaumat ja vekiit pintapelleissä antoivat mahdollisuuden olettaa myös siiven sisäisen rakenteen kärsineen vaurioita. Tarkastusluukuista suoritettu tarkastus antoi vahvistuksen epäilyille, sillä ainakin siipikaarissa sekä siiven takasalossa havaittiin muodonmuutoksia. Alustavien arvioiden mukaan vasen siipi on pahemmin vaurioitunut kuin oikea.

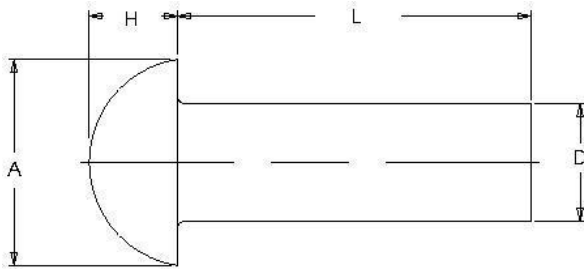
Yksinkertaisen vauriokartoituskuvaan lisäksi piirsin omat vauriotarkastelukuvat siiven pintapeltien mukaan. Liittinä olevista kuvista ilmenee molempien siipien pintapeltien kunto ylä- ja alapuolelta tarkasteltuna (Liite 5).

6.4 Siipien purkaminen

Cessna 185 -sarjan koneiden siipien rakenne on differentiaalirakenne ja niiteillä koottu. Siipi rakentuu kahdesta siipisalosta, siipikaarista, pintapelleistä ja pituusjäykisteistä. kaikki rakenteelliset liitokset on toteutettu niittaamalla. Siipien purkaminen tulisi näin ollen olemaan niittausrakenteen purkamista.

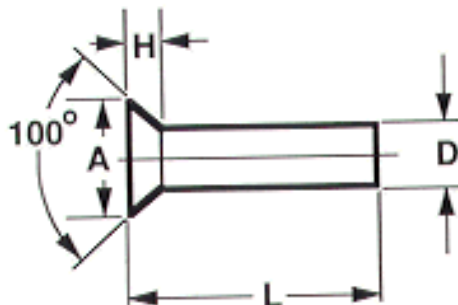
6.4.1 Niitit

Siipien kasaamiseen oli käytetty tavallisia, kiinteärunkoisia alumiiniseosniittejä. Suurin osa niitestä oli kupukantaisia.



KUVA 7: kupukantaniitti. (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Round_Head_Rivet.JPG)

Siiven johtoreunan saumoissa oli käytetty materiaaliltaan edellämainitun kaltaisia, aerodynamiikaltaan parempia kiinteärunkoisia uppokantaniittejä. (Wikipedia, 2014. <http://en.wikipedia.org/wiki/Rivet>)



KUVA 8. Uppokantaniitti (<http://www.rivetsinstock.com/images/p8c.gif>)

Edellisestä vauriokorjauksen yhteydessä oli siiven pintapeltiin niitattu peltisiä paikkalevyjä. Nämä levyt olivat kiinnitetty peltiin liimalla sekä CherryMAX-kupukantaniiteillä. CherryMAX -niiteissä on alumiiniseoksesta valmistettu runko ja kova, teräksinen ydin. (Cherry Aerospace, 2014. <http://www.cherryaerospace.com>)

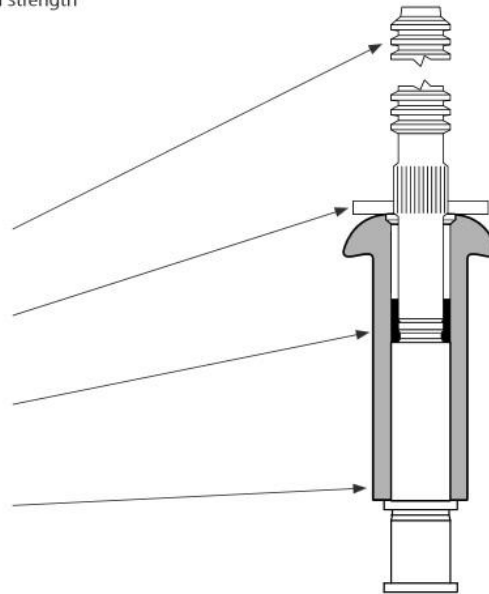
CHERRYMAX® RIVET

FEATURES

The CherryMAX® Rivet is the most reliable, high strength structural fastener with visual inspectability in the world today. It features the "Safe-lock" Locking Collar for more reliable joint integrity. Meets requirements of PS-CMR-3000.

CherryMAX® Rivets consist of four components assembled as a single unit:

1. A fully serrated stem with break notch, shear-ring and integral grip adjustment cone.
2. A driving anvil to insure a visible mechanical lock with each fastener installation.
3. A separate, visible and inspectable locking collar that mechanically locks the stem to the rivet sleeve.
4. A rivet sleeve with recess in the head to receive the locking collar



KUVA 9. CherryMAX -kupukantaniitti. (<http://www.cherryaerospace.com/docs/catalogs/CA-1011.pdf>)

6.4.2 Niittäusrakenteen purku

Kun tulee tarve purkaa niitattu rakenne, tulee olla erityisen tarkka niittiä poistaessa, ettei niitinreikä vaurioidu vaan säilyttää alkuperäisen kokonsa. Näin ollen korvaavan niitin ei tarvitse olla suurempi kuin alkuperäisen. Jos niittiä ei poisteta oikeaoppisesti, saattaa liitoskohta heikentyä ja korjaus hankaloitua.

Niittiä poistaessa on syytä työskennellä niitin asennuspäästä. Se on symmetrisempi kuin niitin puristunut kanta ja useimmiten helpommin näkyvillä. Leveää kupu- tai uppokantaa työstäessä on paremmat mahdollisuudet olla vaurioittamatta niitinreikää. Niittiä poistaessa tulisi käyttää käsityökaluja, porakonetta tai molempia. Suositeltu tapa on porata keskelle niitinpäästä ja napauttaa se irti. Kupukantaniittien yhteydessä tulisi niitin kupu hioa tasaiseksi, jonka jälkeen pistepuikolla niittiin isketään keskipiste. Jos

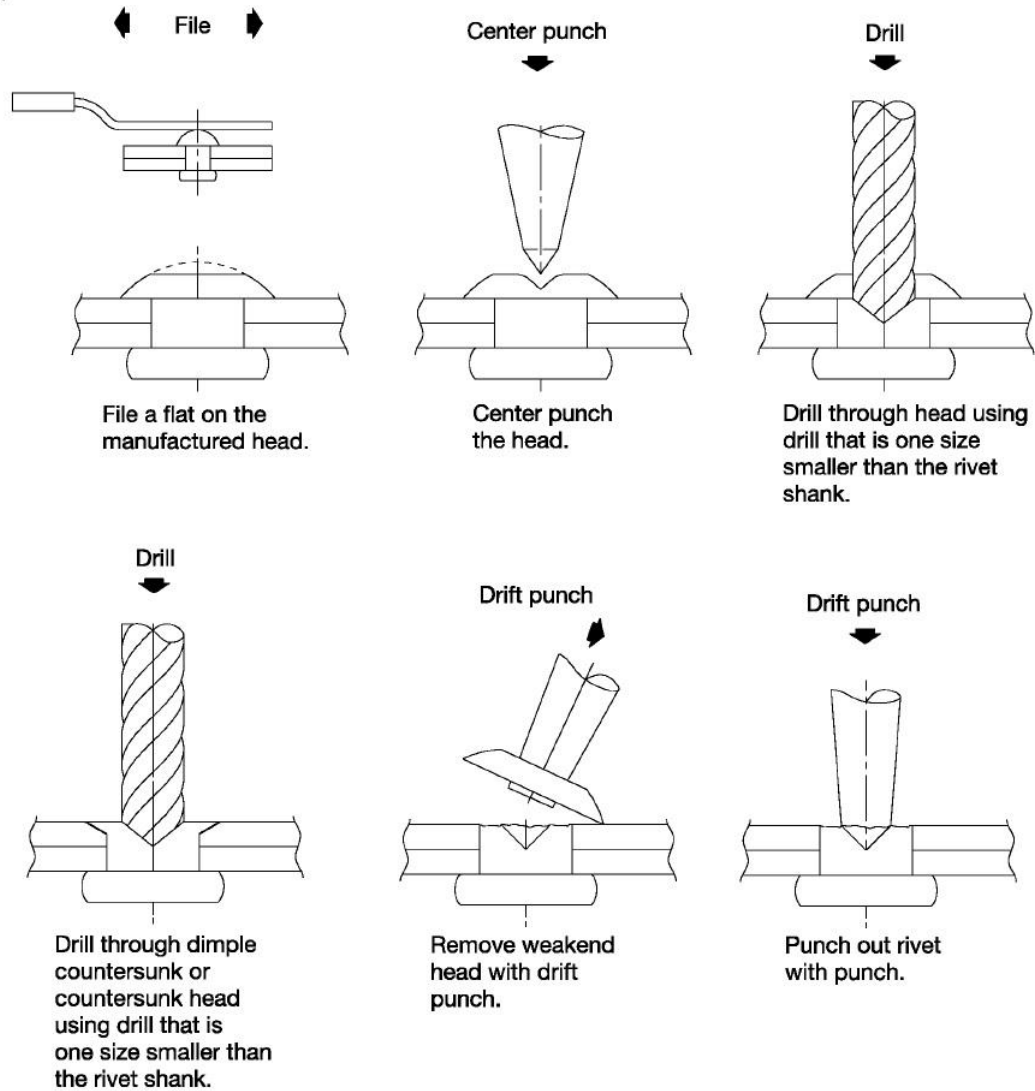
kyseessä on ohutmetallirakenne, tulee niitin alle asettaa vastakappale, ettei rakenne väänny iskun myötä. Useissa kupukantaniiteissä on keskipisteen kohdalla kolo jo valmiiksi, tällöin viilaus ja uuden pisteen isku ei ole välttämätöntä.

Valitun poranterän tulisi olla yhtä kokoa pienempi kuin porattavan niitin halkaisija. Aloittaessasi poraamaan niittiä tulisi terä asettaa niitin keskelle ja käsin kiertää terää muutaman kerran ilman virtaa. Näin terä luo itselleen hyvän aloituskohdan porausta ajatellen. Tämä ehkäisee terän lipsahtamista niitiltä niitattun materiaalin päälle sitä vaurioittaen. Poratessasi pidä pora 90 asteen kulmassa ja poraa reikä niitin pään läpi. Ole varovainen ettet poraa liian syväälle, sillä niitin kanta voi alkaa pyöriä terän mukana aiheuttaen vaurioita. Niitin pää usein napsahtaa irti ja alkaa "kiivetä" terää pitkin. Tämä on hyvä merkki lopettaa poraaminen. Jos pää ei irtoa itsestään, aseta lyöntituurna porattuun reikään ja kierrä varovasti. Jos tämäkään ei auta, voi pään napauttaa irti esimerkiksi pistepuikolla.

Niitinpään irrottua on niitin kanta painettava ulos reiästä lyöntituurnan avulla. Tuurnan tulisi olla hieman pienempi kuin niitin kannan halkaisija. Jos rakenne on ohutmetallia tai muuten tukematon, tue se ennen kuin aloitat niitinkannan poistamisen. Jos niitinkanta on erittäin tiukassa, poraa 2/3 materiaalin paksuudesta niitinkannasta pois ja paina loput niitistä ulos tuurnalla.

Uppokantaniittien poistamiseen pätee samat ohjeet, mutta niitin päätä poistaessa poraa noin ylimmän materiaalin ainevahvuuden syvyinen reikä. Tämän jälkeen on käytettävä lyöntituurnaa pään poistamiseen. (Cessna 1996. Cessna Aircraft Company Single Engine Structural Repair Manual 1996. Revision 4 1 June 2005)

B151



KUVA 10. Niitin poistaminen. (Cessna Aircraft Company Single Engine Structural Repair Manual 1996 Revision 4, 1 June 2005)

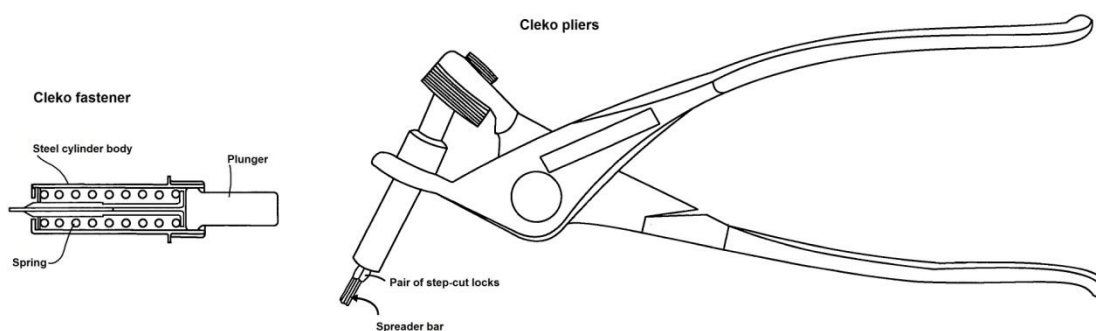
6.4.3 Työssä käytetyt välineet

Tärkein työkalu jota purkamisen yhteydessä käytin oli porakone. Käytin tilanteesta riippuen kolmea erilaista porakonetta: perinteinen akkukäyttöinen porakone, sähkökäyttöinen kulmaporakone ja ilmanpaineella toimiva porakone. Kulmaporakonetta käytin ahtaissa tiloissa, akkuporakonetta silloin kun paineilmapora oli käytössä.

Porakoneissa käytin kahdentyyppisiä teriä: perinteisiä metalliteriä sekä niittiteriä. Terän koko vaihteli niitin koon mukaan.

Ohjeiden mukaan käytin myös lyöntituurnasarjaa sekä pistepuikkoa edellisessä kappaleessa kuvatun työtavan mukaan. Jos tuurna ei auttanut, käytin apuna pihtejä. Osa siiven rakenteista oli kiinni myös ruuveilla. Ruuvityypit vaihtelivat risti- ja talttapääruuvien välillä. Yhteistä ruuveille oli se, että ne harvoin aukesivat ensi yrittämällä. Erikokoiset ruuvimeisselit eivät välttämättä auttaneet, vaan piti turvautua sähkökäyttöiseen Dremel -yleistyökoneeseen. Sen pienellä laikkakärjellä sai ruuveja hiottua niin että ne lopulta irtosivat.

Niitinporauksen edetessä oli joissain tilanteissa tarpeen rakenteen tukeminen. Tällöin otin avuksi Cleko -kiinnittimet. Cleko -kiinnitin koostuu teräksisestä rungosta, rungon päässä olevasta jousesta, levittäjästä, step-cut lukkoparista sekä eräänlaisesta männästä. Kun jousikuormitteista mäntää puristettiin erityisillä Cleko-pihdeillä, pakotti mäntä step-cut lukkoväkäset erilleen levittäjästä jolloin ne mahtuivat niitinreiästä sisään. Pihdit irroittaessa levittäjä lukitsi Clekon reikään. Cleko näinollen puristi kappaleet yhteen. Reikänsopivuuden mukaan värikoodattuja Cleko -kiinnittä oli käytössäni kolmea erilaista: hopeinen, musta sekä pronssi. (Wikipedia, 2014. <http://en.wikipedia.org/wiki/Cleko>)



KUVA 11. Cleko -kiinnitystyökalu ja pihdit. (<http://patentimages.storage.googleapis.com/US8534651B2/US08534651-20130917-D00000.png>)

TAULUKKO 1. Cleko -värikoodit. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Cleko>)

Color	Size
Silver (Zinc)	3/32" (2,4 mm)
Copper	1/8" (3,2 mm)
Black	5/32" (4,0 mm)
Gold (Brass)	3/16" (4,8 mm)

6.5 Siipirakenteen purkujärjestys

Päätin aloittaa siipien purkamisen vasemmasta siivestä, sillä se oli pahemmin vaurioitunut. Ensimmäisenä irrotin pahasti vaurioituneesta siivenkärjestä navigaatiovalon sekä päätysiipikaaren jäänteet. Seuranneen viikon aikana irrotin siivestä kärjen pintapeltejä, jättöreunan alapeltejä, laskuvalonheittimen sekä STOL-sarjan osat lukuunottamatta johtoreunan peltejä. Seuraavana viikkona irroitin jättöreunan yläpuolen pellit, jättöreunan muotokaaret sekä takasalon. Takasalon irroituksen yhteydessä irroitin myös siinä kiinni olevat korvakkeet, pystyjäykisteet sekä doubler – levyt.

Kolmas purkuviikko piti sisällään takasalon vauriokartoitusta. Piirsin vauriokartoituskuvat sekä oikean että vasemman siiven takasaloista. Oikean siiven takasalon vähäiset vauriot mahdollistivat vauriokartoituskuvan piirtämisen ilman siiven rakenteen purkamista. Kartoituksen lisäksi mitoitin vasenta takasalkoa.

Neljäntenä viikkona siirryin oikean siiven pariin. Irrotin siiven suuret pintapellit sekä niihin aikoinaan tehdyt korjauspalat. Samalla irrotin oikean siiven STOL – rakenteet lukuun ottamatta johtoreunan peltejä. Pintapeltien lisäksi irroitin siiven yläpuolen jättöreunan pellin laipan tasolta. Peltien irroittamisen lisäksi irroitin molemmista siivistä STOL – käyttövivut sekä merkitsin ne. Kun siipien rakenne oli avoinna tarkastelulle, tein vauriotarkastuskuvat sekä oikean että vasemman siiven siipikaarista. Kuvista ilmeni jokaisen siipikaaren kunto.

Seuraavat viikot valmistauduin mahdollisten modifikaatioiden asennukseen. Porasin vasemmasta siivestä peltiä auki ja valmistelin siipikaarien korjaustöitä. Siivosin siipirakenteet parhaani mukaan ja poistin niitinkatoja sikäli kun niitä rakenteista löysin. Valmistelujen yhteydessä porasin irti oikean takasalon kiinnityskorvakkeen vahvikelevyineen.

Siipien ollessa purettuna mahdollisia modifikaatioita varten tein alustavan listauksen osista, jotka tulisi korjauksen yhteydessä uusida (Liite 8). Osalistaus ei pitänyt sisällään mahdollisten muutostöiden osia. Osalistauksen yhteydessä kartoitin varaosia pihalle varastoidusta Cessna 182 – sarjan siivestä. Alustavan kartoituksen pohjalta ei siivestä saisi varaosia tulevaan korjausprojektiin.

6.6 Purkutyö käytännössä

Niittausrakenteen purkaminen käytännön tasolla ei ollut itselleni vieras asia, sillä suoritin projektiopintoni kokonaisuudessaan keväällä 2013 Airspark Oy:n tehtävissä. Projektiopintojen laajuus oli 15 opintopistettä, mikä vastasi lähes 400 työtuntia. Tämän ajanjakson aikana muun muassa purimme erittäin pahasti vaurioituneen Cessna A185F Skywagonin siipiparin. Toinen siipi purettiin kokonaan, toinen noin 60 – prosenttisesti.

Purkutyön aloittaminen ei vaadi suuria valmisteluja. Purettava alue tai sauma tarkastetaan ja varmistetaan siitä että purku on mahdollinen. Pintapeltien limittäisrakente saattaa rajoittaa jonkin pellin irtoamista, tai porattavan saumalinjan alla kulkee toinen rakenne. Tarkastuksen jälkeen keräsin työkalut valmiiksi viereeni ja aloitin poraamisen.

Perusrakenteen niitit olivat kaikki erikokoisia kupu- ja uppokantaniittejä. Niiteissä oli keskipiste valmiina, joten niitinkannan viilaaminen ja keskipisteen lyönti ei ollut tarpeen. Porauksta aloittaessa pidin pienet kierrokset, jotta terä ei karkaisi niitiltä pellille ja lähtisi poraamaan suorassa linjassa kohti niitinkantaa. Jos rakenteen jäykkyys salli, porasin niitin suoraa läpi asti. Näin tein esimerkiksi pääsalon saumojen kohdalla. Pintapellin niittilinjat pituusjäykisteiden ja siipikaarien kohdalla vaati enemmän varovaisuutta, sillä läpi painettuna poranterä saattaisi vääntää rakenteen lommolle. Näissä saumoissa napsautin niitinpäähän pois ja jätin kannan rakenteeseen. Pellin irrottua porasin niitinkannat pois pituusjäykisteistä ja muista vääntymäherkistä rakenteista.

Siipien ollessa vaurioituneet oli rakenteessa tiettyjä jännityksiä. Jotkin niitit olivat antaneet periksi ja murtuneet, jotkin vain muovautuneet ja venyneet. Peltiä irroittaessa rakenteista se saattoi nousta irti rakenteista, hankaloittaen seuraavan niitin irroittamista. Tällöin käytin Cleko – kiinnittimiä pitämään rakenteen muodossaan alla olevan kuvan mukaisesti. Joissain tapauksissa porasin vain osan niiteistä, jättäen esimerkiksi joka neljännen niitin poraamatta auki. Kun rakenne oli muuten purettu, porasin väliinjääneet niitit ja varmistin Clekoilla rakenteen.



KUVA 12. Oikean siiven pintapellin irroitus

Ensimmäisessä kappaleessa mainitsemani projektiopinnoissa purettu siipi oli niin pahoin vaurioitunut, ettei siitä juuri saanut varaosia. Tämän purkutyön yhteydessä sattuneet terän lipsahdukset, vinoon poratut reiät ja terän katkeamiset pyrin välttämään oman projektini yhteydessä. Ennen porausta kieritin maalarinteipistä eräänlaisen pehmennyksen terän ympärille. Teippi rajoitti poranterän uppoamista syvälle rakenteeseen ja pehmensi mahdollista iskua peltiin niitin antaessa ylättäen periksi. Varovaisuudesta huolimatta teräni lipsahti muutaman kerran ohi niitistä naarmuttaen maalipintaa. Muutamissa rakennekohtissa sama niitti meni jopa neljän eri rakenteen läpi. Näissä kohdissa tuli olla erityisen tarkka, ettei poraisi vinoon. Yrityksistäni huolimatta muutama reikä ei ollut aivan 90 asteen kulmassa ja reikä jäi soikeaksi. Suurin osa edellämainituista rakenteista oli siipisalon vahvikkeiden kohdalla, jotka uusittaisiin joka tapauksessa. Yksinkertaisemmissa rakenteissa työn jälki ja toteutus oli helpompaa, mutta huolimattomuusvirheiltä ei aivan välttytty. Pari kertaa väänsin pintapellin alla olevaa siipikaaren reunalaippaa ja samalla niitinreikä vaurioitui. Laipan voi kuitenkin kääntää takaisin, eikä reiän halkaisija muuttunu liikaa.

Perinteisen näkyvän rakenteen lisäksi siivistä jouduttiin purkamaan niittausta vaikeistakin paikoista. Jotkut paikat olivat ahtaita ja porausaukko pieni. Toiset paikat olivat hyvin näkyvillä, mutta rakenteen vuoksi ei akku- tai paineilmaporaa mahtunut käyttämään. Näissä paikoissa käytin sähkökäyttöistä kulmaporaa. Kulmaporan kanssa sai olla tarkkana terää painaessa, sillä poran rakenteen vuoksi 90 asteen kulman ylläpitäminen vaati tarkkuutta ja keskittymistä.

Ahtaiden paikkojen lisäksi tuli vastaan muita haasteita. Eräät niiteistä olivat todella tiukasti kiinni ja vaati tarkkuutta irroittaa ne rikkomatta rakennetta. Osa siiven rakenteista oli kiinni ruuveilla, jotka olivat ruostuneet ajan saatossa kiinni. Nämä usein Philips- eli ristipäiset ruuvit olivat lisäksi maalattuja, mikä teki niiden irroittamisesta ruuvimeisselillä hankalaa. Osa ruuveista lähti irti ilman voimakeinoja, mutta osaan jouduin käyttämään sähkökäyttöistä Dremel – yleistyökälua. Dremelin etu on sen pieni koko ja pienen leikkuulaikan kiinnitysmahdollisuus. Leikkuulaikalla tein kiinnijääneistä ruuveista talttapäitä leikkaamalla vaon keskelle ruuvia. Useimmat ruuvit antoivat periksi tämän jälkeen mutta muutama katkesi rakenteeseen. Ruuvien lisäksi oli siipien pintapelleissä vanhoja korjauspaikkoja, jotka oli kiinnitetty CherryMax – niiteillä. Myös tässä tapauksessa turvauduin Dremelin laikkaan. Hioin laikan avulla niittien keskelle pienen vaon jolloin CherryMaxin lukitus heikentyi. Tämän jälkeen löin lyöntituurnalla niitin kovametalliytimen pois ja porasin loput niitistä.

Purkamisen yhteydessä ja siipirakenteen paljastuessa pääsin kartoittamaan vaurioita myös siiven sisältä. Pintapeltikartoitus oli jo tehty, ja nyt oli vuorossa siipisalkojen ja siipikaarien vauriokartat. Kartoitin molempien siipien siipikaaret sekä takasalot. Etusalot osoittautuivat lähes ehjiksi, muutamaa vekkiiä lukuunottamatta. Kartoituskuvat piirsin käsin ruutupaperille. Mittaamalla tarkasti todellisen rakenteen piirsin mittasuhteiltaan todellisuutta vastaavat rakennekuvat.

Kaikki siiven osat ”laputettiin” irroituksen jälkeen. Tämä tarkoittaa osakohtaisen saattokortin täyttämistä. Saattokortti on paperinen asiakirja, josta käy ilmi kaikki irroitettun osan tiedot, tärkeimpien ollessa irroitettun osan alkuperä, nimi ja osanumero. Lisäksi saattokortista ilmenee irroituspäivämäärä, irroittaja ja irroituksen syy. Osanumeron ja osan virallisen nimen etsiminen tapahtui Cessnan varaosakatalogista manuaalisesti. Varaosakatalogista löytyy koneyksilön rakenne räjäytyskuvina, kattaen kaikki osat numeroituna. Kuvista etsitään oikea osa, joka on numeroitu. Numeroa

verrataan kirjan osalistaukseen, josta löytyy osan nimi sekä varaosnumero. Eniten aikaa meni juuri varaosakatalogin listauksien tutkimiseen.

Joka päivän lopussa odotti siivous. Alumiininiiteistä lähti paljon pientä lastua, joka tarttui helposti kengänpohjiin ja vaatteisiin sotkien koko pajan. Tämän vuoksi oli tärkeää välillä lakaista lastut työympäristöstä ja lopuksi imuroida työpiste huolellisesti. Lattian siivouksen yhteydessä imuroin myös siiven rakenteeseen jääneet niitinosat ja lastut.

7 POHDINTA

Opinnäytetyöaihetta valitessa olin luottavainen työn onnistumisen suhteen. Uskoin, että Cessnan kaltainen suuri ilmailualan yritys pystyisi tarvittaessa auttamaan, jos ongelmia tulisi. 185 -sarjan suhteellisen pienestä valmistusmäärästä huolimatta oletin muutostyön mahdollistavan materiaalin löytymiseen. Koneen laaja käyttö erilaisissa lentotöissä sekä puskalentäjien työjuhtana tuki tätä olettamusta.

7.1 Selvitystyö

Tekemäni selvitystyö modifikaation ja muun materiaalin löytymiseksi osoittautui paljon laajemmaksi urakaksi kuin alussa oletin. Sertifikaattilistausten läpikäyminen erilaisista viranomaislähteistä oli aikaavievää, sillä kaikki lupaavat sertifikaatit tuli käydä lävitse. Vain muutamassa sertifikaatissa oli liitteenä lisätietoa tarjoava PDF-asiakirja tai muu dokumentti. Eri viranomaislähteiden sertifikaatti- ja muutostyölistaukset olivat osittain päällekkäisiä ja osassa lähteistä ei ollut mahdollisuutta käyttää hakupalvelua.

Internetin hakukoneiden avulla suoritettu selvitystyö ei ollut yhtä rajoitettua kuin edellämainittu sertifikaattihaku. Tavoitteeni oli löytää keskusteluketju, jossa suoritettaisiin muutostyö tai kysyttäisiin apua sen toteuttamiseen. Kuvahaun tavoite oli samankaltainen, löytää kuvan avulla joko keskusteluketju tai selonteko muutostyöstä. Keskustelun vähyys yllätti mitä enemmän tietoa etsin. Vaikutti siltä, ettei tehtävänantoni kaltaista modifikaatiota ole tehty tyyppihyväksytyyn ilma-alukseen. Kuvahaun avulla löysin muutaman lupaavan sivun, mutta tiedonsaanti jäi löydetyn kuvan tasolle.

Kirjallisuuteen en juuri perehtynyt mitä selvitystyöhön tulee. Tutustuin Cessnan korjausoppaaseen ja muihin alan teoksiin, mutten varsinaisesti etsinyt muutostyötä edellämainituista kirjoista. En usko, että tehtävänantoni kaltaista muutostyötä olisi ollut mahdollista löytää kirjasta tai muusta painetusta materiaalista.

Mielestäni tekemäni selvitystyö ja sen laajuus oli riittävä täyttääkseen opinnäytetyön kriteerit. Etsin tietoa useasta eri lähteistä ilman suurta menestystä. Muutamat löytämäni lupaavat modifikaatiot osoittavat, ettei selvitystyöni ollut turhaa. Vasta Cessnan

teknisen tuen torjuva vastaus tiedusteluilleni lopetti selvitystyöni. Tieto siitä, ettei kuvailemaani muutostyötä voisi toteuttaa, oli turhauttava.

7.2 Modifikaatiot

Modifikaatioiden yhteenveto ja pohdinta ovat luottamuksellista tietoa.

7.3 Siipien korjaus

Siipiparin mahdollisessa lentokuntoon saattamisessa on kaksi mahdollisuutta. Ensimmäinen vaihtoehto on korjata siivet alkuperäisen kaltaiseksi muutostöitä tekemättä. Siipien vauriot eivät olleet niin suuret, ettei korjaus onnistuisi. Koneeseen asennettu Robertson STOL -varustus voitaisiin joko poistaa tai kunnostaa.

Toinen vaihtoehto olisi korjaustöiden yhteydessä modifioida siipiä kaupallisilla muutostöillä. Usea eri yritys tarjoaa STOL -järjestelmiä, jatkettuja siivenkärkiä tai siivenkärkitankkeja rakennussarjoina. Yhteistä näillä kaikilla muutostöillä on niiden kallis hinta. Mahdollinen opinnäytetyön alkuperäistavoitetta vastaava kaupallinen modifikaatio ja siihen liittyvä pohdinta on luottamuksellista tietoa.

Opinnäytetyöni tarkoitus oli itse selvittää ja etsiä toteutettavissa oleva muutostyö, eikä turvautua kaupalliseen vastineeseen. Tästä syystä en käsitellyt Wing-X STOL -siivenkärkisarjaa omana kappaleenaan. Kaupallisista modifikaatioista se lienee lähimpänä omaa tavoitetta, ja on mahdollista että projektini siipiin tullaan asentamaan kyseinen rakennussarja.

7.4 Yhteenveto

Opinnäytetyöni Cessna A185E Skywagon vaurioituneiden siipien kunnostustyön ja modifioinnin parissa päättyi kielteiseen lopputulokseen. Aiheen aikataulutuksen osoittautui yli-optimistiseksi ja tehtävänanto oli liian laaja. Työ sisälsi monipuolisesti erilaisia työtehtäviä selvitys- ja suunnittelutyöstä käytännön töihin asti, vaikka lopulliseen

tavoitteeseen ei päästy. Lopullinen modifikaatioiden toteutus jäi suorittamatta Cessnan näytettyä punaista valoa projektille.

Opinnäytetyöni tavoite oli tuottaa tarpeeksi materiaalia lentokelpoisen siipiparin toteuttamiseen. Tavoite toteutui selvitystyön osalta, mutta löytämäni modifikaation toteutus ei ollut mahdollista. Oppimistavoitteeni lentotekniikan insinöörityön parissa toteutui. Käytännön suunnittelu- ja selvitystyön suoritus, eri viranomaislähteisiin perehtyminen ja lentokoneen korjauksen suunnitteluprosessi toteutui. Modifikaatioiden etsinnän yhteydessä kävin läpi useita eri viranomais- sekä Internet-lähdettä onnistuen löytämään lupaavan modifikaation.

Valitsemani aihe liittyi kiinteästi opintolinjaani ja opintojeni usea osa-alue oli edustettuna. Vaikka projektia ei ollut mahdollista toteuttaa loppuun asti, olen tyytyväinen selvitystyön tuloksiin. Tulevaisuuden kannalta opinnäytetyöni antoi arvokasta työkokemusta ilmailualasta. Olen tyytyväinen, että opinnäytetyöni liittyi kiinteästi lentotekniikkaan ja ilmailuun.

Opinnäytetyöni on teoriapainotteinen. Suurin osa työni insinöörityöstä oli suunnittelu- ja selvitystyötä, kuten alussa oletin. Rakenteen purkaminen tapahtui ohjekirjan ja opittujen menetelmien mukaan. Mahdollisen muutostyön etsintä ja selvitys on opinnäytetyöni varsinainen insinöörityö. Modifikaatioiden etsintä useasta eri lähteestä, joista tärkeimmät ovat suuret kansalliset ja kansainväliset ilmailuviranomaiset, toteutui hyvin.

Opinnäytetyöni liiteosio koostuu vauriokartoituksen kuvista sekä suunnittelutyöni tuottamasta materiaalista. Löytämäni modifikaatiot on esitelty omissa kappaleissaan, ja lupaavin modifikaatioasiakirja löytyy liitteestä numero kolme. Korjaukseen liittyvänä taulukkona olen lisännyt alustavan osalistauksen korjauksen yhteydessä uusittavista osista.

LÄHTEET

2.1) Wikipedia. Cessna Aircraft Company. Luettu kesäkuussa 2014.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Cessna>

2.1.1) Wikipedia. Cessna Aircraft Company, tuotannossa olevat konemallit. Luettu kesäkuussa 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Cessna_models

2.2) Wikipedia. Cessna 185 Skywagon. Luettu heinäkuussa 2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_185

2.2) Skywagons.com. Cessna 185 Skywagon mallit. Luettu heinäkuussa 2014.

<http://www.skywagons.com/modelchgsweb.html>

2.2.1) Risingup.com. Cessna 185 -sarjan tekniset tiedot. Luettu heinäkuussa 2014.

<http://www.risingup.com/planespecs/info/airplane251.shtml>

2.2.3) Tampereen laskuvarjokerho. Cessna 185E OH-CBA palvelushistoria. Luettu tammikuussa 2015. http://www.tamlk.org/?page_id=8

2.2.3) Airport-data.com. Cessna 185E OH-CBA rekisteröintipäivät. Luettu

tammikuussa 2015. <http://www.airport-data.com/aircraft/OH-CBA.html>

3.1) Valtioneuvosto. 2014. Ilmailulaki. Luettu huhtikuussa 2015.

[https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140864?search\[type\]=pika&search\[pika\]=ilmailulaki#L3P33](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140864?search[type]=pika&search[pika]=ilmailulaki#L3P33)

4.2) Air Spark Oy. 2015. Yrityksen esittely. Luettu helmikuussa 2015.

<http://www.airspark.fi>

4.4) Ilmavoimat. Lentokoneen rakenneoppi. Luettu huhtikuussa 2014.

5.2) Federal Aviation Administration. Supplemental Type Certificate. Luettu kesäkuussa 2014.

http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgSTC.nsf/MainFrame?OpenFrameSet

5.2) Federal Aviation Administration. Supplemental Type Certificate myöntäminen. Luettu kesäkuussa 2014. http://www.faa.gov/aircraft/air_cert/design_approvals/stc/

5.2) Wikipedia. Supplemental Type Certificate STC. Luettu kesäkuussa 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/Supplemental_type_certificate

5.2.1) Wikipedia. Federal Aviation Administration. Luettu kesäkuussa 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/Federal_Aviation_Administration

5.2.2) Wikipedia. European Aviation Safety Agency EASA. Luettu kesäkuussa 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/European_Aviation_Safety_Agency

5.2.3) Wikipedia. Luftfahrt Bundesamt LBA. Luettu kesäkuussa 2014. <http://en.wikipedia.org/wiki/Luftfahrt-Bundesamt>

5.2.3) Luftfahrt Bundesamt LBA. Dokumenttihaku pienkoneisiin. Luettu kesäkuussa 2014. http://www2.lba.de/dokumente/zuger/emz/emz-kleine-flugzeuge-1987-1997-teil_I.pdf
http://www2.lba.de/dokumente/zuger/emz/emz-kleine-flugzeuge-ab-1997-teil_II.pdf

5.2.4) Transport Canada Civil Aviation TCCA. Luettu kesäkuussa 2014. <http://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/menu.htm>

5.2.4) Transport Canada Civil Aviation TCCA. Modifikaatiohaku. Luettu kesäkuussa 2014. <https://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/certification/guidance-513-menu-307.htm>

5.2.5) Civil Aviation Authority CAA. Luettu kesäkuussa 2014. <http://www.caa.co.uk/>

5.2.5) Civil Aviation Authority CAA. Airworthiness Approval Notification Database - dokumenttihaku. Luettu kesäkuussa 2014. <https://www.caa.co.uk/application.aspx?catid=340&pagetype=65&appid=10>

5.2.6) Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Luettu huhtikuussa 2015.

<http://www.trafi.fi/ilmailu>

5.2.6) Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Suomessa hyväksytyt muutostyöt - dokumentti. 1.9.2009. Luettu kesäkuussa 2014.

http://www.trafi.fi/filebank/a/1327392365/d7adfdc99e1e8c688d7ece04080bccfe/9008-Suomessa_hyvaksytyt_muutostyot_20090901.pdf

5.3) Civil Aviation Authority CAA. Airworthiness Approval Note No.: 10####.

Väliaikainen lisätankki. 12.11.1969. Luettu kesäkuussa 2014. Luottamuksellinen.

5.3) Civil Aviation Authority CAA. Airworthiness Approval Note No.: 14####. Robertson STOL -sarjan asennus. 18.7.1975. Luottamuksellinen.

5.3) Civil Aviation Authority CAA. Airworthiness Approval Note No.: 14####.

Micronair -pölytyslaitteiston asennus. 7.11.1975. Luettu kesäkuussa 2014.

Luottamuksellinen.

5.3) Civil Aviation Authority CAA. Airworthiness Approval Note No.: 06####. Britten-Norman pölytysyksikön asennus. 2.12.1960. Luettu kesäkuussa 2014.

Luottamuksellinen.

5.3 ja 5.5) Civil Aviation Authority CAA. Airworthiness Approval Note No.: 19####.

21.10.1985. Ripustimien asennus Cessna 182J -koneen siiven alapinnalle

tutkimuslaitteiston asennusta varten. Luettu kesäkuussa 2014. Luottamuksellinen.

5.4.1) The Aviation Forum. Thread: Military Cessnas. Viesti lähetetty 17.8.2010. Luettu heinäkuussa 2014. Luottamuksellinen.

5.5) Cessna 182J. Ilmakehän tutkimuslaitteisto joka asennettiin ripustimiin AAN No.: 19#### mukaisesti. Luettu kesäkuussa 2014. Luottamuksellinen.

5.6) Civil Aviation Authority CAA. Airworthiness Approval Note No.: 14####.

7.11.1975. Micronair -levityslaitteistoin asennus Cessna 180 -sarjan koneisiin. Luettu kesäkuussa 2014. Luottamuksellinen.

5.6) Micronair Aerial Ltd. Micronair AU4000 -levityslaitteiston tiedot. Luettu kesäkuussa 2014. http://www.microngroup.com/micronair_au4000_atomiser

6.4.1) Wikipedia. Niitit, kupu- ja uppokanta. Luettu huhtikuussa 2015.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Rivet>

6.4.1) Cherry Aerospace. CherryMax-niitti. 25.6.2012. Luettu huhtikuussa 2015.
<http://www.cherryaerospace.com/docs/catalogs/CA-1011.pdf>

6.4.2) Cessna 1996. Cessna Aircraft Company Single Engine Structural Repair Manual 1996. Niitatun rakenteen purku. Revision 4 1 june 2005. Luettu huhtikuussa 2015.

6.4.3) Wikipedia. Cleko-kiinnitysjärjestelmä. Luettu huhtikuussa 2015.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Cleko>

LIITTEET

Liite 1. Cessna 185 Skywagon tuotantoversiot

1(2)

(<http://www.skywagons.com/modelchgsweb.html>)

(http://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_185)

Siviilituotantoversiot:

1961 Model 185 Skywagon. 237 koneyksilöä rakennettiin.

1962 Model 185A Skywagon. 274 koneyksilöä rakennettiin.

1963 Model 185B Skywagon. 140 koneyksilöä rakennettiin.

1964 Model 185C Skywagon. 122 koneyksilöä rakennettiin.

1965 Model 185D Skywagon. 190 koneyksilöä rakennettiin.

1966 Model 185E Skywagon. 181 koneyksilöä rakennettiin.

1967 Model 185E Skywagon. 150 koneyksilöä rakennettiin.

1968 Model A185E Skywagon. 146 koneyksilöä rakennettiin.

1969 Model A185E Skywagon. 151 koneyksilöä rakennettiin.

1970 Model A185E Skywagon. 232 koneyksilöä rakennettiin.

1971 Model A185E Skywagon. 101 koneyksilöä rakennettiin.

1972 Model A185E Skywagon. 155 koneyksilöä rakennettiin.

1973 Model A185F Skywagon. 219 koneyksilöä rakennettiin.

1974 Model A185F Skywagon. 254 koneyksilöä rakennettiin.

1975 Model A185F Skywagon. 272 koneyksilöä rakennettiin.

1976 Model A185F Skywagon. 314 koneyksilöä rakennettiin.

1977 Model A185F Skywagon. 304 koneyksilöä rakennettiin.

1978 Model A185F Skywagon. 224 koneyksilöä rakennettiin.

1979 Model A185F Skywagon. 254 koneyksilöä rakennettiin.

1980 Model A185F Skywagon. 199 koneyksilöä rakennettiin.

Liite 1. Cessna 185 Skywagon tuotantoversiot

2(2)

1981 Model A185F Skywagon. 189 koneyksilöä rakennettiin.

1982 Model A185F Skywagon. 65 koneyksilöä rakennettiin.

1983 Model A185F Skywagon. 20 koneyksilöä rakennettiin.

1984 Model A185F Skywagon. 8 koneyksilöä rakennettiin.

1985 Model A185F Skywagon. 23 koneyksilöä rakennettiin.

Sotilasversiot:

U-17A Military version of the Cessna 185E.

U-17B. Military version of the Cessna A185E.

U-17C. Four seat utility aircraft.

Liite 2. Tutkintatyön tutkimussuunnitelma

1(2)

Luottamuksellinen.

Liite 2. Tutkintatyön tutkimussuunnitelma

2(2)

Luottamuksellinen.

Liite 3. Airworthiness Approval Note AAN No.: 19###

1(2)

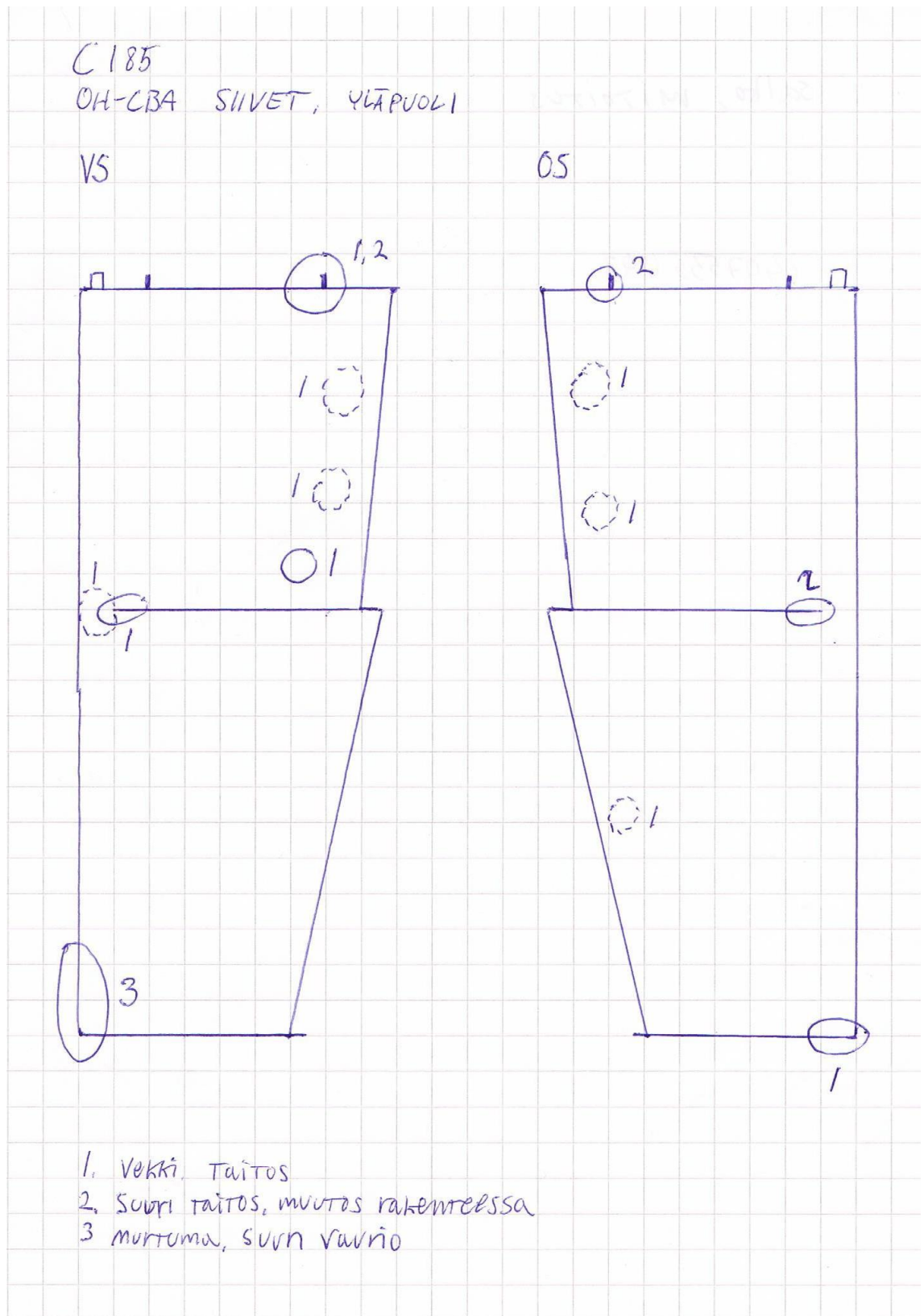
Luottamuksellinen.

Liite 3. Airworthiness Approval Note AAN No.: 19###

2(2)

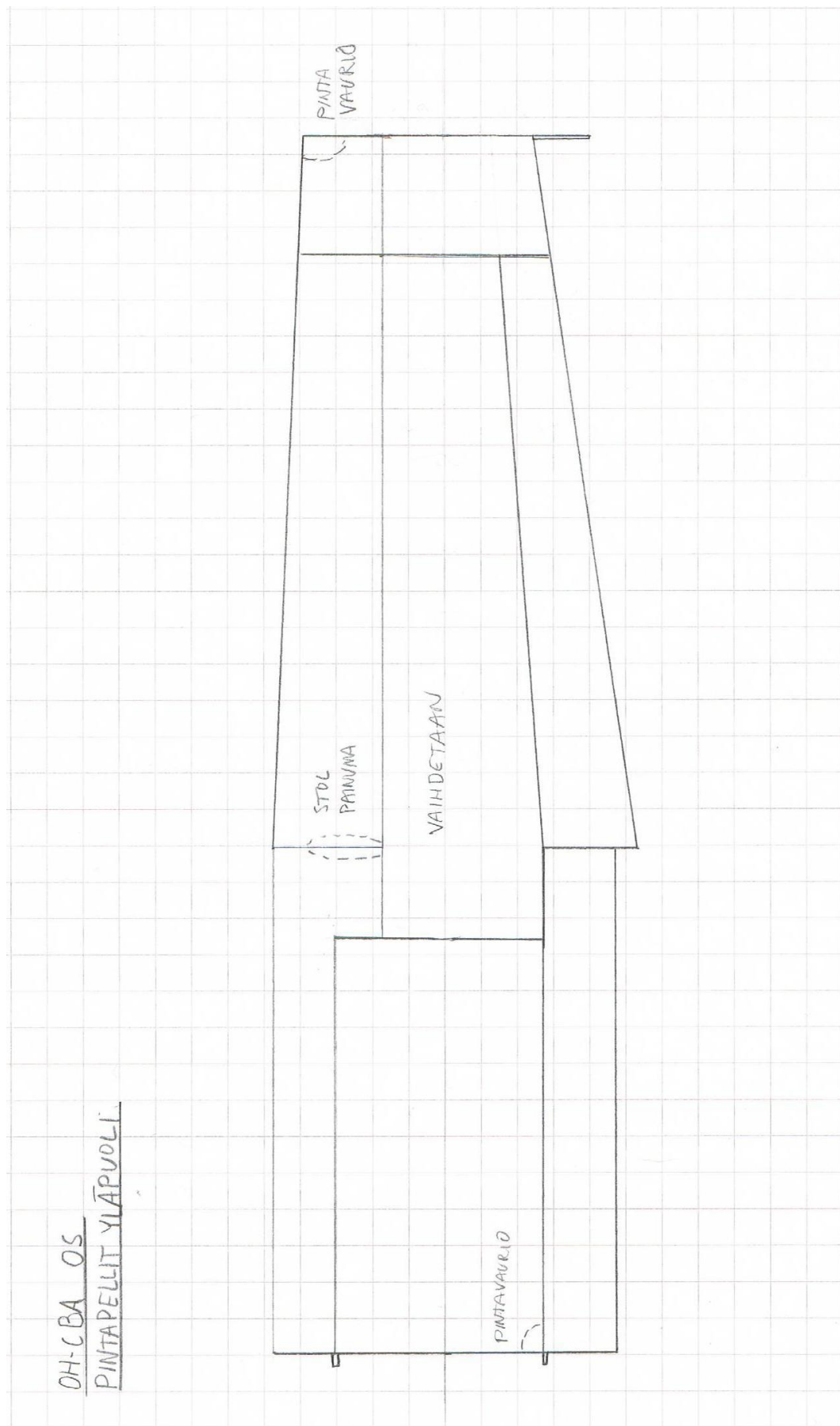
Luottamuksellinen.

Liite 4. Vautiokartoituspiirros, yksinkertainen



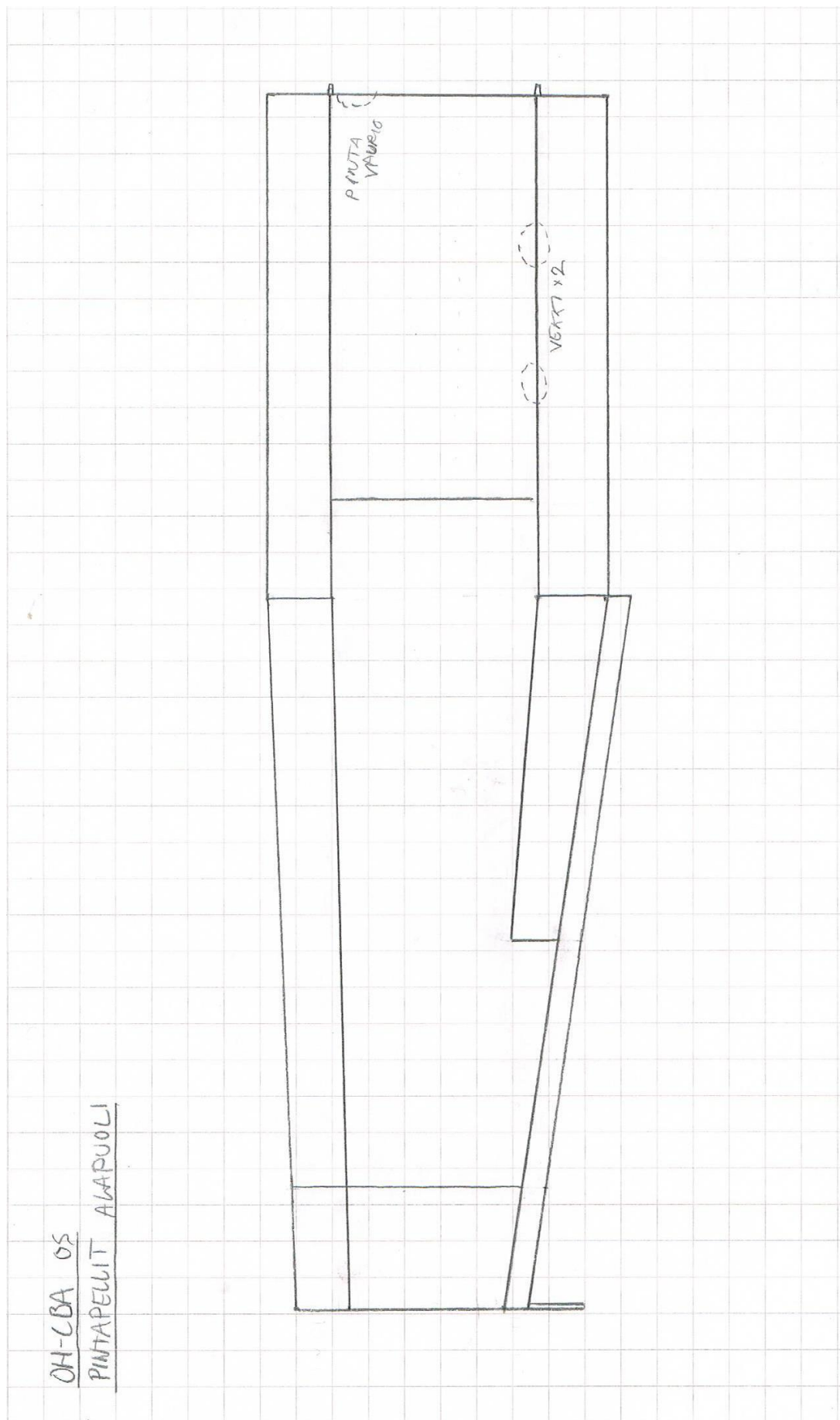
Liite 5. Ulkopuolinen vauriokartoitus, oikean siiven pintapeltikuvat

1 (4)



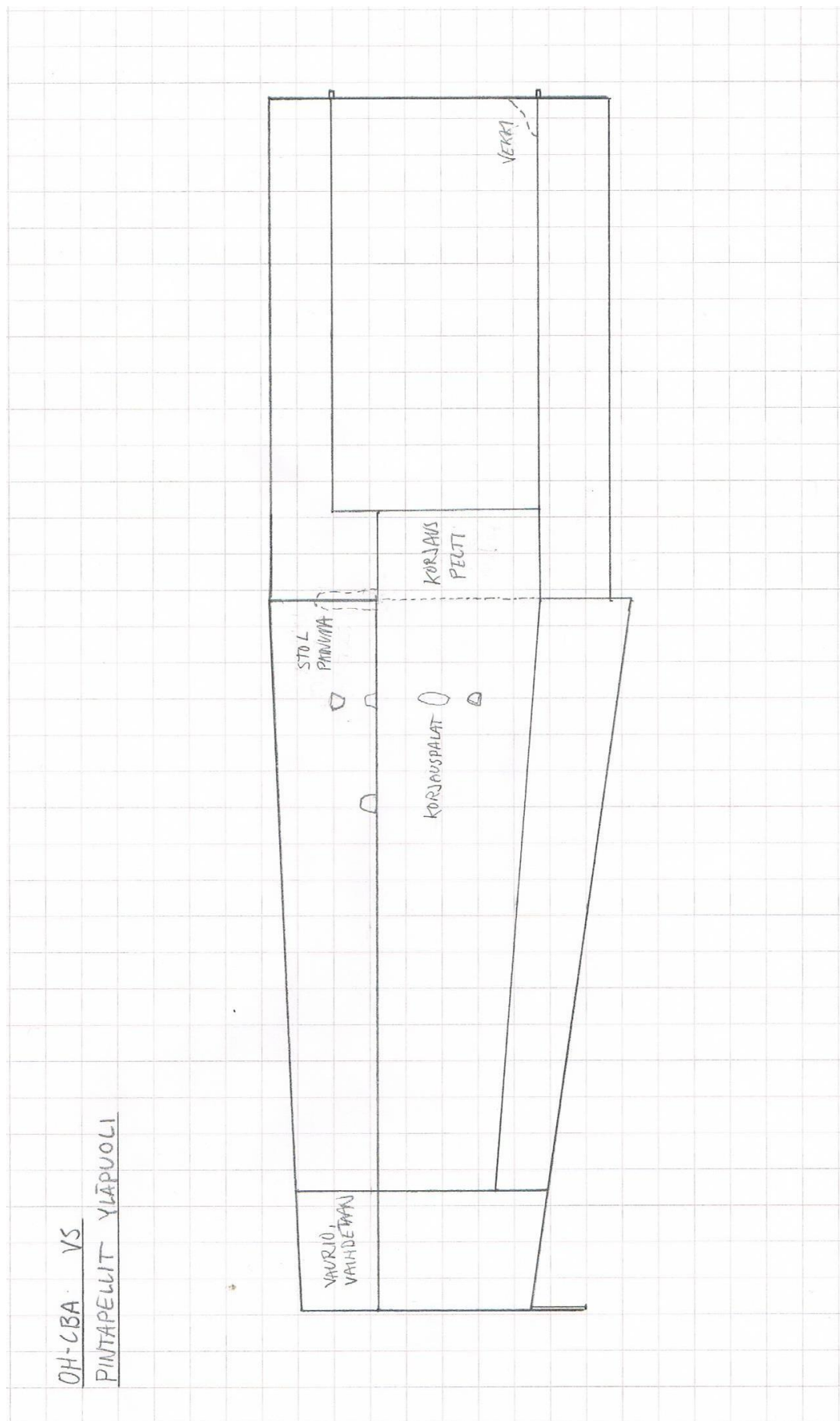
Liite 5. Ulkopuolinen vauriokartoitus, oikean siiven pintapeltikuvat

2 (4)



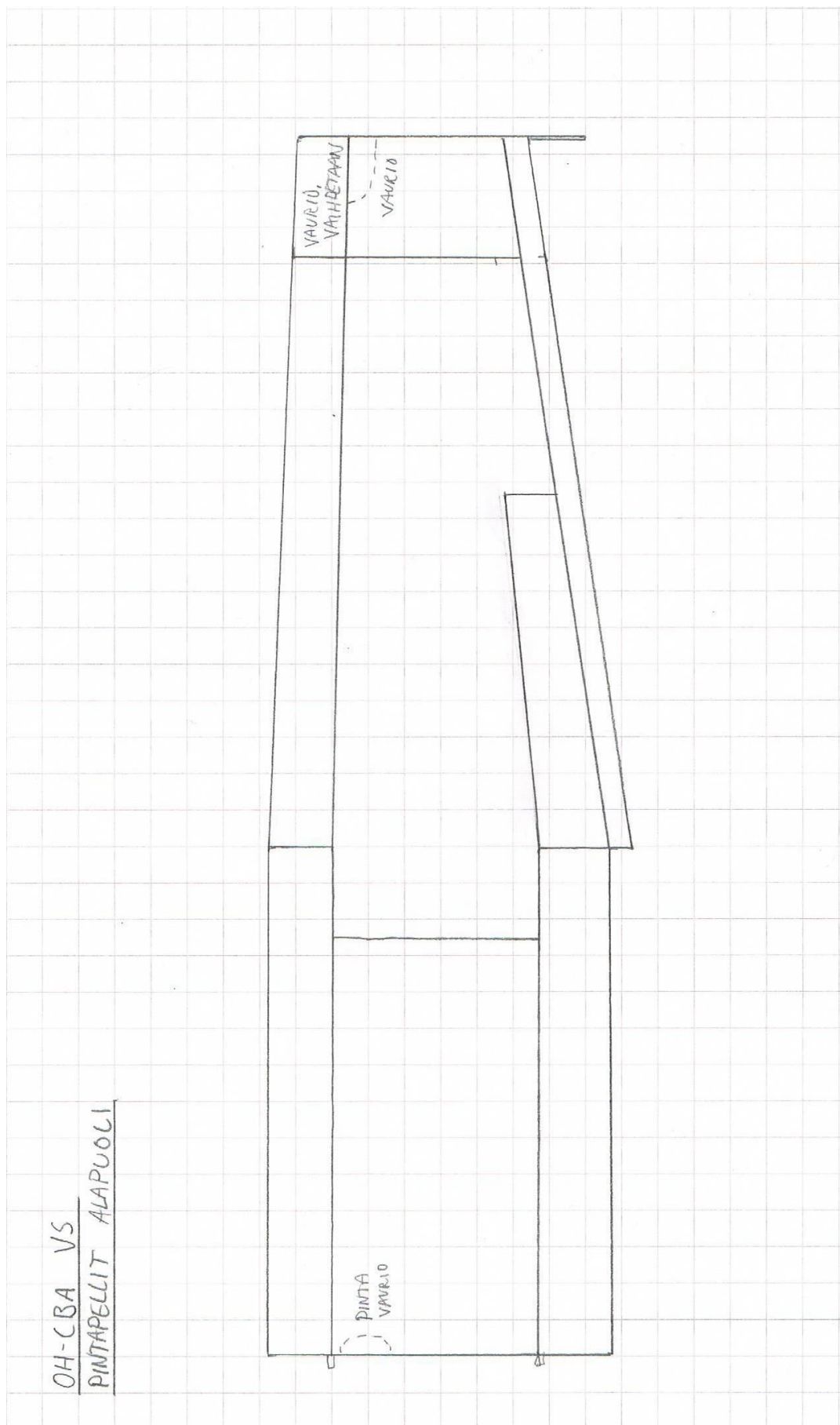
Liite 5. Ulkopuolinen vauriokartoitus, vasemman siiven pintapeltikuvat

3 (4)



Liite 5. Ulkopuolinen vauriokartoitus, vasemman siiven pintapeltikuvat

4 (4)



Liite 6. Siipikaarien vauriokartoituskuvat

Luottamuksellinen.

Liite 7. Siipisalkojen vauriokartoituskuvat

Luottamuksellinen.

Liite 8. OH-CBA alustava osalista, oikea ja vasen siipi

Luottamuksellinen.