

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Lentokonetekniikka

Tutkintotyö

Kristian Ansaharju

EUROSTAR BASIC KITIN RAKENTAMISEN ORGANISOINTI JA JOHTAMINEN

Työn ohjaaja
Työn teettävä
Tampere 2005

DI Simo Marjamäki
TAMK Ilmailukerho Ry

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Ansaharju, Kristian

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Toukokuu 2005

Eurostar Basic Kitin rakentamisen organisointi ja johtaminen

51 sivua + 20 liitesivua

DI Simo Marjamäki

TAMK Ilmailukerho Ry

Tiivistelmä

TAMK Ilmailukerho Ry on päättänyt hankkia toimintansa aktivoimiseksi oman ultrakevyen lentokoneen vuonna 2005. Kone haluttiin ostaa rakennussarjana sekä kustannus- että oppimissyistä. Tämän tutkintotyön tarkoituksena on luoda TAMK Ilmailukerholle valmius koota ostamansa ultrakevytluokan lentokoneen Eurostar EV-97 model 2000 -rakennussarja kesään 2005 mennessä. Lisäksi kartoitetaan rakennustyöhön kuluva aikaa ja tehdään sen pohjalta kustannusarvio työkustannuksista.

Rakennussarjan kokoamisen suunnitelman tekeminen vaatii lentokoneen rakenteeseen ja osakokoonpanoihin perehtymistä. Työn alkuosa esittelee rakenteilla olevan lentokoneen, ja siinä pohditaan, rakennussarjan asennusohjeisiin tukien, kaikkia osakokoonpanoja. Kun rakennustyön kokonaisuus on hahmotettu, jatkuu työ toimintastrategian luomisella.

Aikataulu ja tehtävänjakosuunnitelma on tehty MS-project -ohjelmalla. Lentokonetta rakentavan organisaation luominen, tiedotusverkoston kehittäminen ja käytännön johtaminen on tehty ammattikorkeakoulun ja asepalveluksen luomien valmiuksien pohjalta. Apuna on käytetty myös joitakin laatuasiantuntijoiden aineistoja, kuten Malcolm Baldrige.

MS-projectilla tehtyyn suunnitelmaan on sisällytetty osakokoonpanojen työvaiheiden kestojen arviot ja tähän mennessä toteutuneiden rakennusvaiheiden todelliset kestot sekä projektin osallistujat, jotka toimivat työresurssina. Työssä on näiden muuttujien avulla ohjelmalla tehdyt kustannusarviot omavalinnaisella kustannustasolla ja raportit osakokoonpanojen ja projektin kokonaiskestosta.

Eurostar-lentokoneen rakentaminen on hyvässä vauhdissa. Tämä tutkintotyö on luonut valmiudet rakentamisen loppuun saattamiseen. Alkuperäisessä aikataulussa ei tulla pysymään, mutta projektin ollessa osa opiskelijoiden opintoja myöhästyminen voi jopa parantaa oppimisprosessia.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Aircraft technology

Ansaharju, Kristian

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Association

May 2005

Organizing and Managing the Building of Eurostar Basic Kit

51 pages, 20 appendices

DI Simo Marjamäki

TAMK Ilmailukerho Ry

Abstract

TAMK Ilmailukerho Ry (TAMK Flying Club Registered Association) has decided to buy an ultra-light airplane to activate TAMK Ilmailukerho Ry's activity in 2005. The primary idea of buying an airplane was to buy it as a kit, because of financial and study reasons. This purpose of this thesis is to prepare TAMK Ilmailukerho Ry for the building of an Eurostar basic kit, which was bought in the beginning of the year 2005. It should fly in the summer of 2005. Also the length and work cost of assembly sections are estimated and studied during the build.

The club needs to get familiar with the aircraft structure and assembly sections before building the kit. That is why in the first part of the thesis, the plane is introduced and assembly sections of the kit are considered with help of assembly manuals. When the entire construction work is clear, the thesis goes on with creating a strategic plan.

A schedule and an assembly plan are made with MS-Project. Skills, which are learned in Polytechnic and in military service, are used when constructing an organization to build the plane and developing an information network. Also, publications of some quality gurus have been used as help: for example Malcolm Baldrige.

The plan, which is made in MS-project, includes estimations of assembly sections' durations and true durations of sections already made. It also includes project participants who work as labour. With aforementioned variables and MS-project, cost estimations are made with self-chosen price levels and reports about durations of assembly sections and whole project.

The building of the Eurostar airplane has started and is going rather well. This thesis has prepared the club to build the Eurostar from start to finish. The original schedule will be extended, but the project is part of student's studies so delays might only have a positive influence on learning.

Alkusanat

Eurostar-projekti on laajuudessaan erityislaatuinen tilaisuus Tampereen ammattikorkeakoulussa opiskelevien lentokonetekniikanopiskelijoiden kartuttaa käytännön kokemustaan lentokoneen rakentamisesta ja tekniikasta. Oppilasvoimin rakennettava lentokone antaa projektiopintosuorituksena opiskelijoille yhteensä noin 180 opintopistettä. Lisäksi lentokoneen rakentamisen tiimoilta ainakin kolme opiskelijaa tekee tutkintotyönsä. Ammattikorkeakoulun tutkintotyönlaajuus on 15 opintopistettä, joten tutkintotöistäkin kertyy näillä näkymin 45 opintopistettä.

Lentokoneen hyödyntäminen opiskelutarkoituksiin ei suonkaan lopu, kun se on saatu kokonaan rakennettua. Ennen lentokuntoon saamista tulee tehdä tarkat mittaukset ja painotukset, jotta lentokelpoisuus katsastuksessa saavutettaisiin. Lentokone kootaan kesälle 2005 minimivarustuksella, joten tulevina vuosina tullaan tekemään järjestelmämodernisointeja projektiopintoina, kuten avioniikkalaitteiden lisävarustelua tai lentovalojen lisäämistä.

Kun lentokone otetaan TAMK Ilmailukerhon käyttöön, on pohdittu ultrakevytluokan lupakirjojen kouluttamisen aloittamista kerhon jäsenille. Ei ole poissuljettua, että myös lupakirjakoulutus voitaisiin sisällyttää lentokonetekniikan projektiopinnoiksi.

Tahdon kiittää TAMK Ilmailukerhoa minulle antamastaan mahdollisuudesta toimia Eurostar-projektin oppilasvastaavana. Työkokemus, mitä olen projektin aikana saanut, on arvokasta ja tulee varmasti auttamaan minua tulevissa työtehtävissäni.



Kristian Ansaharju

Tutkintotyössä käytetyt käsitteet ja yksiköt

m	metri
m ²	neliömetri
kg	kilogramma
g	maanvetovoimakiihtyvyys
l	litraa
km/h	nopeuden yksikkö: kilometriä tunnissa
m/s	nopeuden yksikkö: metriä sekunnissa
l/h	moottorin polttoainekulutuksen yksikkö: litraa tunnissa

duralumiini	Lentokoneen rakennuksessa käytetty lämpökäsitelty alumiiniseos
Kevlar	Aramidikuitulujitteisen muovikomposiitin kaupp nimi

Joint Aviation Requirements (JAR)	Euroopassa vallitsevat siviili-ilmailumääräykset
Federal Aviation Regulations (FAR)	Amerikassa vallitsevat siviili-ilmailumääräykset

HUOM! Euroopan unioniin perustettiin vuonna 2004 yhteiseurooppalainen ilmailulaitos: European Aviation Safety Agency (EASA). Uusia ja päivitettäviä ilmailumääräyksiä nimitetään nykyään uuden laitoksen mukaan EASA. EASA-määräykset syrjäyttävät JAR-määräykset.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

TUTKINTOTYÖSSÄ KÄYTETYT KÄSITTEET JA YKSIKÖT

SISÄLLYSLUETTELO.....	6
1 JOHDANTO.....	8
2 EUROSTAR	9
2.1 KORKEAN LAADUN JA LUOTETTAVUUDEN TAKUU	10
2.1.1 Ykköslaatuja oleva pitkäikäinen kokometallirakenne	10
2.2 EUROSTAR EV-97 MODEL 2004:N OMINAISUUKSIA	11
2.2.1 Loistavat lento-ominaisuudet.....	11
2.2.2 Mukava ja ylellinen ohjaamo.....	12
2.3 KÄYTTÄJIEN KOKEMUKSIA EUROSTAR EV-97:STÄ.....	13
3 EUROSTAR BASIC KIT	14
3.1 ASENNUSOHJEET.....	14
3.2 OSAOHJEET	16
3.2.1 Yleistä (General).....	16
3.2.2 Johdanto (Introduction).....	17
3.2.3 Työkalut ja valmistusmenetelmät (Tools and Techniques).....	17
3.2.4 Asennusosa-alueet (Assembly Sequences).....	18
3.2.5 Ohjaussiiveke (Aileron)	18
3.2.6 Laskusiivekkeet (Flap)	18
3.2.7 Sivuperäsin (Rudder).....	19
3.2.8 Trimmilaippa (Trim Tab).....	19
3.2.9 Korkeusperäsin (Elevator).....	19
3.2.10 Korkeusvakaaja (Stabilizer).....	20
3.2.11 Runko (Fuselage).....	20
3.2.12 Siipi (Wing).....	21
3.2.13 Päälaskuteline (Main Landing Gear).....	22
3.2.14 Nokkapyörälaskuteline (Nosewheel Landing Gear).....	22
3.2.15 Sauvaohjaus (Hand Control).....	23
3.2.16 Sivuperäsimen ohjaus (Rudder Control)	23
3.2.17 Laskusiivekkeiden ohjaus (Flap Control).....	24
3.2.18 Trimmilaipan ohjaus (Trim Tab Control).....	24
3.2.19 Siiven kiinnitysmekanismi (Wing Folding Mechanism).....	24
3.2.20 Jarrujärjestelmä (Brake System)	25
3.2.21 Polttoainejärjestelmän asennus (Fuel Installation).....	25
3.2.22 Kuomu (Canopy).....	25
3.2.23 Lentokoneen varusteet (Aircraft Equipment).....	26
3.2.24 Lentokoneen rakenteiden loppuasennus (Airframe Final Assembly)	26

3.2.25	<i>Moottorin asennus (Powerplant Installation)</i>	26
3.2.26	<i>Lentokoneen tasapainotus, ohjauspintojen liikerarojen mittaust, punnitus (Aircraft leveling, control surfaces deflections measurement, weighing)</i>	27
3.2.27	<i>Ensilento ja lentotestit (Maiden Flight and Flight Tests)</i>	27
3.2.28	<i>Lisävarusteet (Appendices)</i>	27
3.3	EUROSTARIN AVIONIikka	28
4	TOIMENPITEET HARRASTERAKENTEISEN LENTOKONEEN RAKENNUSLUVAN SAAMISEKSI	28
5	PROJEKTIN SUUNNITTELU	29
5.1	ALUSTAVA TEHTÄVIEN JA RYHMIEN JAOTTELU	29
5.2	PROJEKTIN TOTEUTUMINEN 22.4.2005 MENNESSÄ.....	29
5.3	ORGANISAATION JA TIEDOTUSVÄYLIEN LUOMINEN	30
5.3.1	<i>Organisaatio</i>	30
5.3.2	<i>Tiedotusväylät</i>	33
5.4	TEHTÄVÄKOHTAISEN TOIMINTASUUNNITELMAN LUOMINEN.....	35
5.4.1	<i>Toimintasuunnitelman tehtävät ja niiden kestot</i>	36
5.4.2	<i>Osakokoonpano- ja työvaihekohtaiset kustannukset</i>	37
5.4.3	<i>Resurssien jakaminen</i>	38
5.5	PROJEKTIPÄÄLLIKÖN TOIMENPITEET PROJEKTINHALLINNAN JA TIEDONKULUN PARANTAMISEKSI	40
6	TOIMINTAMALLIT RAKENNETTAESSA	41
6.1	RAKENTAMISEN DOKUMENTOINTI	41
6.1.1	<i>Osakokoonpanojen dokumentointi</i>	42
6.1.2	<i>Virheiden ja muutosten ilmoittaminen</i>	42
6.1.3	<i>Marssijärjestys rakennusvirheen sattuesssa</i>	43
6.2	TYÖRUPEAMAN TYÖOHJE.....	43
6.2.1	<i>Työohjeen vaiheet</i>	44
7	PÄÄTELMÄT	46
7.1	AIKATAULU	46
7.2	ORGANISAATIO	46
7.2.1	<i>Projektissa tekemättä jääneet hallintaa ja ilmapiiriä parantavat toimenpiteet</i>	47
7.3	RAKENTAMISEN LOPPUUN SAATTAMINEN	48
	KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO	49
	LÄHDELUETTELO	50
	LIITTEET	51

1 Johdanto

Eurostar on Tšekin tasavallassa suunniteltu ja valmistettu ultrakevytluokan lentokone. Se on pääosin valmistettu alumiinista, joten se on rakenteeltaan hyvin klassinen kone. Joihinkin yksityiskohtiin on kylläkin käytetty nykyaikaisia muovivalmisteita, kuten siipien kärkiin hiili- ja aramidikuituvahvikkeista lujitemuovia sekä isoon kuomuun akryylimuovia. Suoritusarvoiltaan ja hinnaltaan Eurostar on luokassaan erittäin kilpailukykyinen lentokone, joka on viime vuosien myyntiluvuissa voittanut kilpailijansa selvästi.

Vuoden 2003 keväällä perustettu TAMK Ilmailukerho Ry alkoi todenteolla harkita oman lentokoneen hankkimista heti perustamista seuranneena talvena. Ajatuksena alusta alkaen oli, että kone ostettaisiin rakennussarjana ja koottaisiin opiskelijavoimin. Vaihtoehtoja vertailtiin, ja lopulta päädyttiin Eurostariin. Valinnan päävaikuttimena oli lentokoneen valmistusmateriaali, koska muut vertailussa olleet koneet olivat komposiittirakenteisia koneita, ja komposiittikoneista ei ole saatavissa rakennussarjoja tai ainakin ne vaatisivat työtilat, joita ei Tampereen ammattikorkeakoululla ole mahdollisuutta toteuttaa.

TAMK Ilmailukerho Ry:n ostama teamEurostar EV-97 model 2000 saapui ammattikorkeakoululle 4. helmikuuta 2005. Ennen toimitusta ja sen jälkeen on tehty paljon suunnittelu- ja valmistelutyötä. Tämä tutkintotyö keskittyy rakennussarjan kokoamisen organisointiin ja johtamiseen.

Työ jakautuu kolmeen osioon. Alkuosa esittelee Eurostarin ja sen rakennussarjan osakokoonpanoineen. Välisosassa kuvataan tehdyt suunnitelmat ja toimintastrategian, jolla rakentaminen aiotaan toteuttaa. Loppuosassa selvitetään käytännön rakentamisessa käytettyjä toimintaperiaatteita, analysoidaan työnkestoa ja kustannuksia.

2 Eurostar

Eurostar on valmistajansa Evektor-Aerotechnikin moottorilentokoneluokan tuoteperheen pienin kone. Silti sitä voidaan pitää tehtaan lippulaivana. Tässä kappaleessa esitetyt tiedot ja kuvaukset ovat pääosin valmistajan antamaa informaatiota. Kuvassa 1 Eurostar valmiina.

Eurostar on saavuttanut maailmanlaajuisen suosion loistavien lento-ominaisuuksiensa ansiosta. Sitä on myyty yli 30 maassa. Evektor-Aerotechnikin mukaan valtteja ovat myös korkea laatu ja luotettavuus. Eurostar onkin tilastollisesti luokkansa turvallisin lentokone.



Kuva 1. teamEurostar EV-97, Jan Fridrich

[1], [8]

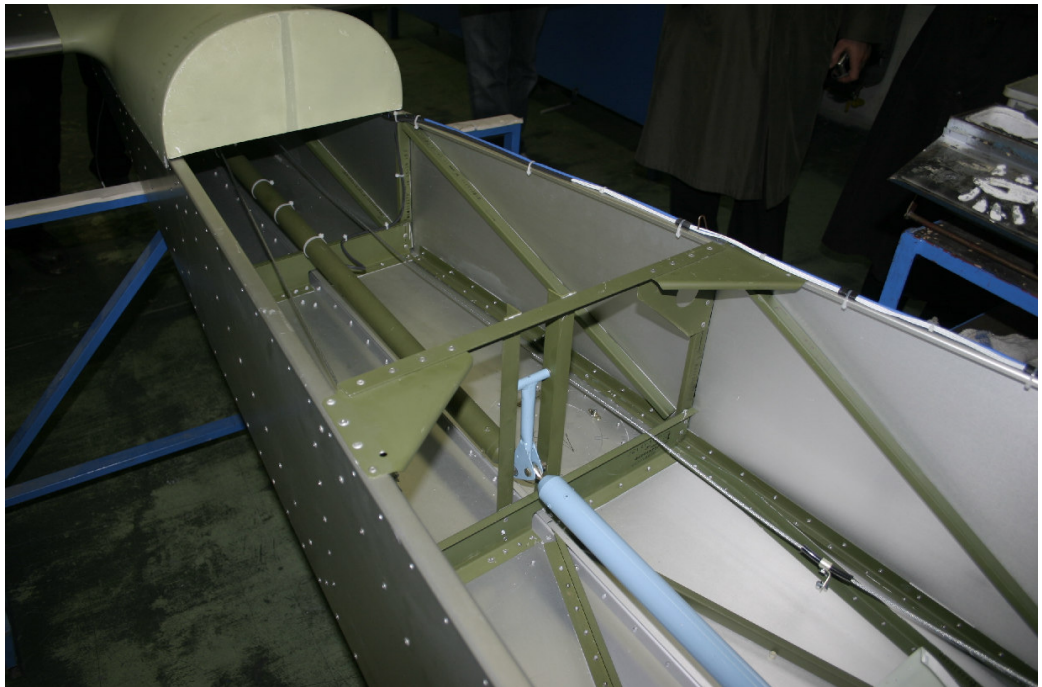
2.1 Korkean laadun ja luotettavuuden takuu

Evektor-Aerotechnikillä on yli 30 vuoden perinteet ja kokemus lentokoneiden suunnittelussa, kehityksessä ja tuotannossa. Sen takaama korkea laatu ja luotettavuus perustuvat siihen, että yhtiössä työskentelevät Tšekin tasavallan lentokoneiteollisuuden parhaat suunnittelijat ja asiantuntijat, joilla on kokemusta sekä siviili- että sotalentokoneista.

[1]

2.1.1 Ykköslaatua oleva pitkäikäinen kokometallirakenne

Eurostar on rakennettu korkealaatuisesta duralumiinista. Se on ainoa ultrakevyt lentokone, jossa osien liitokset on tehty sekä niittaamalla että liimaamalla. Tämä rakennustapa, yhdistettynä osien anodisointiin, joka antaa tehokkaan suojan korroosiota vastaan, takaa hyvän kestävyuden ja pidemmän käyttöiän. Kuvassa 2 on esimerkki rungon tukirakenteista.



Kuva 2. Eurostarin takarungon rakennetta, Jorma Peltoniemi

[1]

2.2 Eurostar EV-97 Model 2004:n ominaisuuksia

Eurostarin fyysiset ominaisuudet, mitat painot ym., on esitetty taulukossa 1 ja taulukossa 2.

Taulukko 1. Eurostarin mitat

Mitat

Siipien kärkiväli	8,10 m
Siipipinta-ala	9,84 m ²
Pituus	5,98 m
Ohjaamon leveys	1,04 m
Ohjaamon leveys (optio)	1,18 m
Korkeus	2,34 m

Taulukko 2. Eurostarin paino ja määreet

Paino ja määreet

Tyhjäpaino	269 kg
Suurin lentoonlähtöpaino	450 kg
Kuormituskertoimet	+6g/-3g
Liitoluku	10
Tavaratilan kapasiteetti	15 kg
Polttoainesäiliö	65 l

[1]

2.2.1 Loistavat lento-ominaisuudet

Tyylikäs suunnittelu, laajapintaiset tehokkaat laskusiivekkeet, täsmällinen ohjattavuus ja helppokäyttöiset ohjaimet takaavat vakaan ja miellyttävän lentokokemuksen. Eurostarin lento-ominaisuudet, eri tehoisilla moottoreilla, on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Eurostarin lento-ominaisuudet

Lento-ominaisuudet	Moottori	
	Rotax 912S 100 hv	Rotax 912 80 hv
Suurin sallittu nopeus	270 km/h	270 km/h
Suurin vaakalentonopeus	245 km/h	245 km/h
Matkalentonopeus	200 km/h	180 km/h
Sakkausnopeus	65 km/h	65 km/h
Suurin nousunopeus	8,0 m/s	5,5 m/s
Lakikorkeus	5000 m	
Lentoonlähtökiito	100 m	145 m
Lentoonlähtömatka	200 m	280 m
Laskeutumiskiito	90 m	
Laskeutumismatka	300 m	
Suhteellinen polttoaineenkulutus	14 l/h	11 l/h
Toimintasäde	750 km	

Ominaisuudet on laskettu 450 kg kuormalla

[1],[8]

2.2.2 Mukava ja ylellinen ohjaamo

Tilava ohjaamo (Kuva 3), näkyvyys joka suuntaan, ergonomisesti muotoillut istuimet, säädettävät polkimet, hyvä ilmastointi, optimaalinen lämmitysjärjestelmä verhoiltujen istuimien ja sisätilojen kanssa tekevät Eurostarilla lentämisestä nautittavaa ja mukavaa jopa pitkän matkan lennoilla.



Kuva 3. Eurostarin ohjaamo, Jan Fridrich

[1],[8]

2.3 Käyttäjien kokemuksia Eurostar EV-97:stä

Käyttäjien kokemuksia on kerätty Suomessa Eurostarilla lentäneiltä sähköpostihaastatteluilla, valmistajan tehdasvierailulta saaduista tiedoista ja internetissä julkaistun kirjoituksen pohjalta.

Eurostar on erittäin miellyttävä ja herkkä kone lentää. Lähtö on helppo ja nopea riittävien tehojen ansiosta. Kaasuruuvia käytetään oikealla kädellä, jolloin sauvasta pidetään vasemmalla kädellä. Se vaatii totuttelua, mutta siihen tottuu kyllä. Kaasu on herkkä ja vaatii melkoisesti rullausta varsinkin lähdössä.

Eurostarin sivuperäsin ohjauksen tarve on pieni pitempisiipisiin koneisiin verrattuna. Puuskaisessa kelissä suuntavakavuus kärsii ja herkkyyks aiheuttaa pientä rauhattomuutta lentoon, jolloin laskeutumistilanteissa täytyy olla erityisen tarkkana. Laskusiivekkeet suurella laippakulmalla pienentävät ohjaussiivekkeiden tehoa, joten jos kiitoradassa on varaa, kannattaa tulla laskuun mahdollisimman pienellä laippakulmalla. Myös herkän nokkapyöräohjauksen kanssa kannattaa olla tarkkana kun vauhtia on vielä jäljellä. Laskeutumisliukua kannatta keventää pienellä vedolla mahdollisimman pitkään.

Laskusiivekkeiden ja trimminohjaus ovat helposti käden ulottuvilla ja toimivat hyvin. Joidenkin mielestä nämä ohjauslaitteet ovat turhan lähellä toisiaan, jolloin sekaannukseen olisi mahdollisuus, mutta vertailukohtaksi voisi ottaa auton vaihdekepin ja käsijarrun. Ei niitä ensikerran jälkeen keskenään sekoita. Mittareista ja muista hallintalaitteista ei ole moitteen sanaa.

Kokometallirakenteensa ansiosta Eurostar ei tunnu ultrakevyeltä jos verrataan muihin ultrin, kuten Grob 109 MOPU ja Kolb Flyer, Kolb Mark III. Icarus C42 ja Cora Arius 2000 F pääsevät jo lähemmäksi Eurostarin ominaisuuksia, mutta Eurostar on Suomen kevytmailuharrastajien keskuudessa ristitty ultrien Mersuksi. Eurostarin tyylikkyys nostettiin esiin monelta taholta.

3 Eurostar Basic Kit

Eurostar Basic Kit on rakennussarja, jonka kokoamiseen, valmistajan mukaan, kuluu aikaa 1000-2000 tuntia. Sarja koostuu esikootusta rungosta, johon lentokoneen järjestelmät asennetaan, ja valmiista siipien osista, jotka kootaan niittaamalla.

Ostettaessa Eurostar Basic Kit -rakennussarja kauppaan kuuluvat myös kokoonpanopiirustukset ja asennusohjeet, jotka voi saada myös pdf-muodossa.

Eurostar on saatavissa myös rakennussarjana, jossa ei ole niin paljon koottavaa kuin basic kitissä. Tämän sarjan nimi on advanced kit, ja siinä ei rakennustyötä ole, vaan itse asennettaviksi jäävät vain valmiit siivet mittaritaulu mittareineen ja moottori. Tietysti koneen voi ostaa, ja valmistaja myös kehottaa ostamaan sen, valmiina avaimet käteen -periaatteella.

[2],[5]

3.1 Asennusohjeet

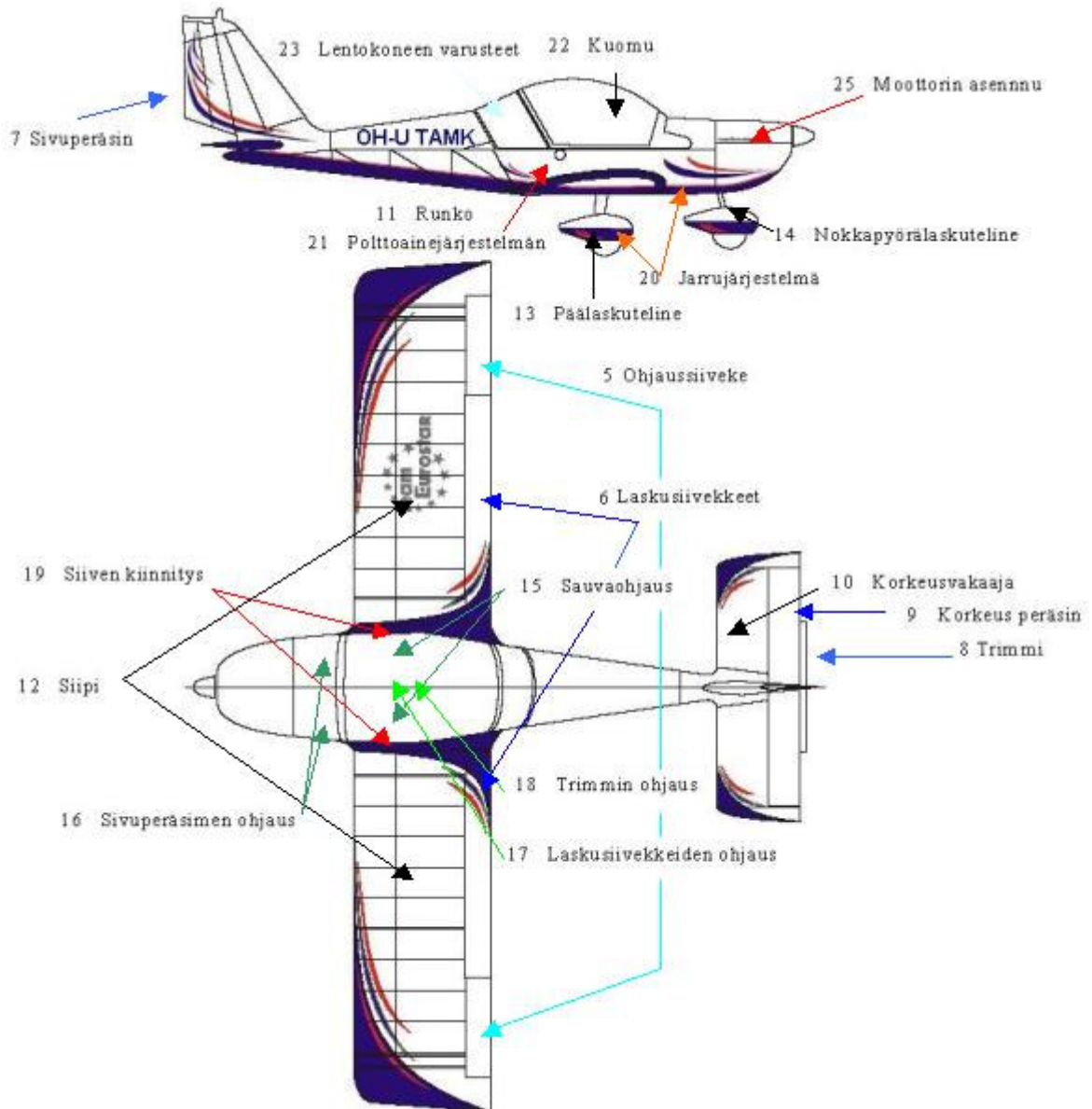
Asennusohjeet koostuvat 28 erillisestä osaohjeesta. Ensimmäiset kolme, osiot – ”Introduction”, ”General” ja ”Tools and Techniques” – käsittelevät yleisiä asioita. Nimiensä mukaisesti ne ovat johdantoa rakentamiseen, ilmailumääräyksiä, käytettäviä materiaaleja, tarvittavia työkaluja ja valmistustekniikoita, joita sarjaa rakennettaessa tarvitaan.

Neljäs ”ohje” ’Assembly sequences’ on otsikko tuleville osaohjeille, joissa ohjeistetaan kunkin järjestelmän tai rakenteen kokoaminen. Jokaisen osaohjeen rakenne on järjestelmällisesti, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, samanlainen. Ohje alkaa valokuvalla, jossa on eriteltynä kyseisessä kokoonpanossa tarvittavat osat. Lista osista tulee osanumeroineen erillisenä dokumenttina. Ohje jatkuu tarvittavan työtilan kuvauksella, jonka jälkeen luetellaan kokoonpanopiirustukset, jotka myös ovat erillisenä dokumenttina. Piirustuslistan jälkeen on taulukko tarvittavista työkaluista. Lopulta on työvaiheiden kuvaus ja yksityiskohtaiset asennusohjeet.

Toiseksi ja kolmanneksi viimeiset osaohjeet, 'Aircraft leveling, control surfaces deflections measurement and weighing' ja 'Maiden Flight and Flight Tests' antavat eväät jo rakennetun lentokoneen lentokelpoiseksi eli katsastus kuntoon saattamiseen. Viimeisenä ohjeena ovat mahdolliset lisävarusteet.

1. Yleistä (General)
2. Johdanto (Introduction)
3. Työkalut ja valmistusmenetelmät (Tools and Techniques)
4. Asennus osa-alueet (Assembly Sequences)
5. Ohjaussiiveke (Aileron)
6. Laskusiivekkeet (Flap)
7. Sivuperäsin (Rudder)
8. Trimmilaippa (Trim Tab)
9. Korkeus peräsin (Elevator)
10. Korkeusvakaaja (Stabilizer)
11. Runko (Fuselage)
12. Siipi (Wing)
13. Päälaskuteline (Main Landing Gear)
14. Nokkapyörälaskuteline (Nose wheel Landing gear)
15. Sauvaohjaus (Hand Control)
16. Sivuperäsimen ohjaus (Rudder Control)
17. Laskusiivekkeiden ohjaus (Flap Control)
18. Trimmin ohjaus (Trim Tab Control)
19. Siiven kiinnitys mekanismi (Wing Folding Mechanism)
20. Jarrujärjestelmä (Brake System)
21. Polttoainejärjestelmän asennus (Fuel Installation)
22. Kuomu (Canopy)
23. Lentokoneen varusteet (Aircraft Equipment)
24. Rungon loppuasennus (Airframe Final Assembly)
25. Moottorin asennus (Power plant Installation)
26. Lentokoneen tasapainotus, ohjauspintojen liikeratojen mittaus, punnitus (Aircraft leveling, control surfaces deflections measurement and weighing)
27. Ensilento ja lentotestit (Maiden Flight and Flight Tests)
28. Lisävarusteet (Appendices)

Kappaleessa 3.2 Osaohjeet on eritelty osaohjeiden sisältöä ja tutkittu mahdollista asennusjärjestystä. Osakokoonpanojen rakenteellista sijaintia selventää kuva 4.



Kuva 4. Osakokoonpanojen sijainti koneessa

[2],[8]

3.2 Osaohjeet

3.2.1 Yleistä (General)

Ohje sisältää listan asennusohjeista julkaisupäivineen, sekä taulukon asennusohjeisiin tehdyistä päivityksistä. Se sisältää myös sisällysluettelon kaikille asennusohjeille.

3.2.2 Johdanto (Introduction)

Johdanto esittelee ostetun lentokoneen ominaisuudet, rajoitteet ja pääpiirteittäin toiminnalliset osa-alueet, kuten runko, siipi, ohjaussiivekkeet, laskutelineet jne. Se määrittää rakentajan vastuun ja suunnittelussa käytetyt ilmailuviranomaisten määräykset, ohjeistaa koneen ulkopintaan tarvittavien luokkatunnusten merkitsemisen ja suosittelee lähdemateriaaleja, joihin olisi hyvä tutustua ennen rakentamista.

Johdannon päätehtävänä on ohjeistaa rakentaja tai rakentajat asennusohjeiden ja kokoonpanopiirustusten lukemiseen ja käyttöön. Siinä otetaan kantaa myös työturvallisuusasioihin.

3.2.3 Työkalut ja valmistusmenetelmät (Tools and Techniques)

Työkalut ja valmistusmenetelmät ovat ensivalmistelujen kannalta tärkein osaohje. Se antaa valmiudet valmistella ja suunnitella työtilat ja työkalukapasiteetin sekä ohjeistaa tarvittavan oman taitotiedon kehittämisessä.

Lentokoneen asennussarjaa tilatessa on tilanne mitä todennäköisimmin sellainen, että koneen toimittaja pystyy lähettämään asennusohjeet reilusti aikaisemmin kuin itse rakennussarja pystytään toimittamaan. Jos valmistaja ei ohjeita lähetä, niin on niitä syytä pyytää. Hyvät esivalmistelut ennen sarjan toimittamista voivat säästää viikkojen työn.

Ohje Työkalut ja valmistusmenetelmät on 86-sivuinen tiivistelmä kokeneen lentokonetehaan näkemyksestä lentokoneenrakentamiseen, joten se on kokonaisuudessaan erittäin arvokasta luettavaa. Siinä kerrotaan Eurostarissa käytetyt materiaalit ja liittimet. Se ohjeistaa tarkasti ja havainnollisesti tarvittavat työkalut ja tilat. Rakennussarja on suunniteltu niin, että siinä on mahdollisimman vähän tarvetta jigeille ja erikoistyökaluille.

Ohjeen tärkein ja antoisin osa on työtekniikoiden määrittäminen. Vaikka kyseessä on ultrakevyt lentokone, jolloin koneen kuten ohjeidenkaan ei tarvitsisi olla EASA:n (JAR:n) ja FAR:n mukaisia, on ohjeistus täysin niiden vaatimukset täyttävä. Kone sen sijaan täyttää vain kevytilmailusta erikseen

säädetyt määräykset, jotka ovat yleisilmailun määräyksiä kevyemmät. Työmenetelmät määritellään tarkasti ja selkeästi. Jokaisesta työmenetelmästä, kuten niittäus, lasikuituosien käsittely, korroosiosuojauksen tekeminen, lentokoneen maalaus jne., on oma laaja osionsa.

3.2.4 Asennusosa-alueet (Assembly Sequences)

Vain otsikko.

3.2.5 Ohjaussiiveke (Aileron)

Ohjaussiiveke koostuu muotoon kantatusta pintalevystä, kaarista, saranasta ja korvakkeesta, jonka välityksellä ohjaus tapahtuu. Se on niittaamalla ja liimaamalla koottu rakenne. Ohjaussiivekkeen sarana on pianosarana, joka kiinnittää siivekkeen siiven ja osalta siiven kärkiosan jättöreunan yläreunaan.

Ohjaussiivekkeen voi koota vaikka ensimmäisenä. Vasta siipeen asennus vaatii aikaisemmin tehtyjä kokoonpanotoimenpiteitä: siiven kokoonpano pintalevyjen asentamiseen asti.

3.2.6 Laskusiivekkeet (Flap)

Laskusiivekkeen rakenne on kutakuinkin samanlainen kuin ohjaussiivekkeen, kuitenkin sillä erolla, että siinä on valmistusteknisistä syistä erilliset ala- ja yläpelti. Laskusiiveke kiinnittyy myös painosaranalla, mutta se ei kiinnity siiven jättöreunan yläreunaan vaan alareunaan, koska laskusiivekkeen kohdalla siiven yläpinta pysyy kiinteästi ehyenä koko matkan, ja laskusiivekkeen liikerata on vain alaspäin.

Laskusiivekkeen voi myös koota vaikka ensimmäisenä, ja vasta siipeen asennus vaatii aikaisemmin tehtyjä kokoonpanotoimenpiteitä: siiven kokoonpano pintalevyjen asentamiseen asti.

3.2.7 Sivuperäsin (Rudder)

Sivuperäsimen kokoonpano on erityistä tarkkuutta vaativa ja aikaa vievä. Se vaatii kahden jigin tekemistä, ja osia, jopa pintalevyjä, saattaa joutua viimeistelemään leikkaamalla.

Peräsin koostuu pääosin kahdesta pintalevystä, jotka ovat peräsimen etu- ja takaosa. Nämä muodostavat yhdessä jäykän kotelorakenteen. Tähän kotelorakenteeseen liitetään vaijeriohjauksen korvakkeet, jäykisteitä, lasikuituinen kärki sekä saranatapit, josta peräsin kiinnitetään sivuvakaajaan.

Sivuperäsimen kokoaminen ja asentaminen eivät vaadi aikaisemmin tehtyjä kokoonpanotoimenpiteitä.

3.2.8 Trimmilaippa (Trim Tab)

Trimmilaippa on yksinkertainen pieni vaijeriohjattu siiveke korkeusperäsimen jättöreunassa, joka koostuu muotoonsa kantatusta pintalevystä, muutamasta kaaresta, saranasta ja ohjauksen korvakkeista.

TAMK Ilmailukerho Ry tilasi, valmistajan suosituksen mukaisesti, korkeusvakaajan valmiina, koska kokemuksen mukaan kyseisessä osassa harrastajarakentajilla tapahtuu paljon rakenteen hylkäämiseen johtavia virheitä.

Myös korkeusvakaajaan liittyvät osat, korkeusperäsin ja trimmi olivat valmiita.

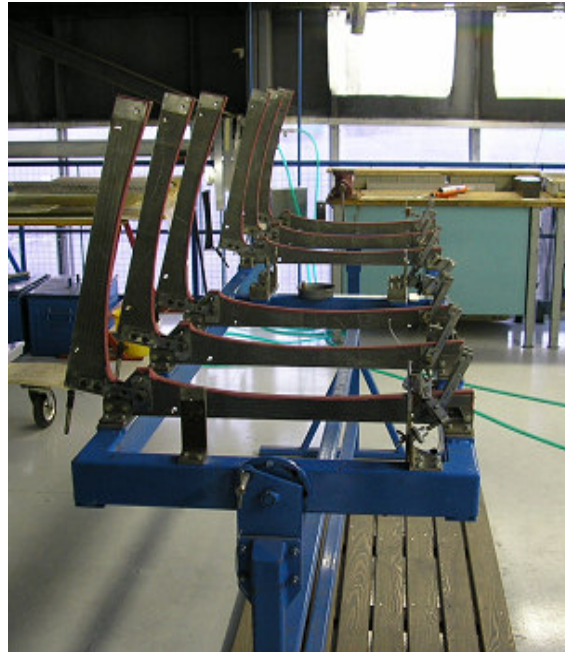
3.2.9 Korkeusperäsin (Elevator)

Korkeusperäsin on yhtenäinen koko korkeusvakaajan levyinen siiveke, johon trimmilaippa ja sen ohjausvaijerit kiinnitetään. Se muodostuu muotoonsa kantatusta pintalevystä, kärkien kevlar-osista, saranasta ja ohjaustangon korvakkeesta.

Korkeusperäsin tilattiin valmiina.

3.2.10 Korkeusvakaaja (Stabilizer)

Valmistajan suosituksen mukaisesti korkeusvakaaja tilattiin valmiina. Vakaajan pintalevy ja kaaret ovat vain 0.4 mm vahvaa muotoiltua alumiinilevyä, joten se on erittäin vaurioherkkää. Käsittelyn hankaluuden lisäksi korkeusvakaajan rakenteen muotoonsa saattaminen olisi vaatinut kuvan 5 mukaisen jiggin rakentamista. Valmistaja antoi itse kokoamisen vaihtoehdoksi tarjouksen vakaajan kokoamisesta 25 €:n tuntiveloituksella. Kovinkaan pitkää pohdintaa asiasta ei tarvittu, kun päädyttiin valmiin korkeusvakaajan kannalle. Vertailuarvoksi Tšekin hintatasolle, Suomessa lentokoneiteollisuuden työtunti on hinnaltaan noin 50 €:n luokkaa.



Kuva 5. Korkeusvakaaja valmistukseen vaadittava jigi

3.2.11 Runko (Fuselage)

Runko on tehty niin valmiiksi kuin mahdollista. Ainoastaan rakenteet, jotka estäisivät lentokoneen järjestelmien asentamisen, on jätetty kiinnittämättä. Tällaisia rakenteita ovat ohjaamon instrumenttipaneeli, ohjaamon instrumenttipaneelin yläpuolinen nokkapelti, kuomun takaosa,

rungon takaosan yläpinta, pyrstön lujitemuoviset muotosuojat, polkimien kiinnityksen vahvikelevyt ja ohjaamosta penkkien ja tavaratilan päällyspellit. Näistä melkein kaikki on kohdistettu ja porattu valmiiksi, jolloin ne tarvitsee vain niitata tai ruuvata kiinni.

Rungon asennukset pystytään tekemään vasta, kun runkoon tulevat järjestelmät on asennettu.

3.2.12 Siipi (Wing)

Siiven kokoaminen on Eurostar -rakennussarjan laajin ja aikaa vievin osakokoonpano. Se ei kuitenkaan vaadi jigejä tai erikoistyökaluja. Siiven profiili on alapinnalta täysin suora, joten kokoamisen voi suorittaa tasaisella pöydällä. Kaikki osat ovat valmiita, ja vain harvat vaativat viimeistelyä.

Siivessä on yksi siipisalko, johon niitataan 11 kaarta. Kaaret koostuvat salon etupuolelle tulevista johtoreunan osista ja salon takapuolelle tulevista jättöreunan osista. Johtoreunan kaaria on kahta erilaista ja jättöreunalla kolme erilaista. Johtoreunalla vain kahteen rasetuimpaan kaaren osaan, siiven tyvässä, tulee vahvike tukirakennetta. Jättöreunan ensimmäiseen kaareen tulee vahvikkeet ja siiven tyvestä lukien, ensimmäisien neljän kaaren osan mitalle ns. apusalko.

Ohjaussiivekkeen työntötanko asennetaan siipisalon etupuolelle. Sille tulee tukipiste välittömästi siiven ensimmäisen kaaren jälkeen ja sen toinen pää kiinnittyy siipisalkoon ja kaareen kiinnitettävään vipuun, jolla liike siirretään suoraan taaksepäin toisella työntötangolla siivekkeelle.

Siiven pintalevyjä on kuusi: siipisalon etupuolella, kaarevasti koko johtoreunan yli, kaksi ja takapuolella neljä: kaksi sekä ylä- että alapuolella. Levyjen poikittaissauma on seitsemännen kaaren kohdalla. Levyjen laittaminen aloitetaan siiven kärjen takaosan alalevystä ja jatketaan toisella takaosan alalevyllä. Seuraavaksi laitetaan takaosan ylälevyt siiven kärjestä alkaen ja lopuksi johtoreunan levyt taas kärjestä alkaen. Vasempaan siipeen asennetaan pitostaattinen järjestelmä, jonka putket täytyy asentaa ennen johtoreunan pintalevyjen laittamista.

3.2.13 Päälaskuteline (Main Landing Gear)

Päälaskuteline on yksinkertainen kuitulujitteinen joustotanko. Se koostuu kahdesta erillisestä molemmin puolin runkoa tulevasta jaloista, joissa toisessa päässä on akseli renkaalle ja toinen pää kiinnittyy runkoon kahdella ruuvilla. Päälaskutelineen renkaissa on levyjarrut ja niiden sylinterit.

Päälaskutelineen voi asentaa heti, ja se nostaakin rungon, mikäli nokkapyörätelinekin asennetaan, automaattisesti hyvälle työskentelykorkeudelle järjestelmien asennusta ajatellen. Tällöin erillisille runkoa kannattaville pukeille ei enää ole tarvetta. Telineen runkoon kiinnitys tehdään tarkkasovitteisiin reikiin ja ruuvit kiristetään momenttiin, joten ennen asentamista tulee varmistaa, ettei niiden irrottamiseen ole enää aihetta.

3.2.14 Nokkapyörälaskuteline (Nosewheel Landing Gear)

Nokkapyöräteline on kääntyvä ja polkimilla ohjattava. Se helpottaa koneen rullaamista kentällä. Ohjaus tapahtuu ohjaustangoilla, jotka on kiinnitetty nokkapyörätelineestä ulkoneviin momenttivarsiin. Telineen rakenne on muutoin yksinkertainen. Se on taivutettu teräsputki, jonka toiseen päähän on hitsattu akseli renkaalle. Telineen kääntyvyys on toteutettu kahdella liukulaakerilla, joista ylempi antaa liikkumisvaraa ylöspäin mahdollistaen iskunvaimennuksen. Liikesuunta alaspäin on estetty alemman laakerin tukirakenteeseen, joka on suojattu kumilaatalla, alumiinisilla rullilla. Jousitus on toteutettu kumilenkeillä, jotka on kierretty nokkapyörätelineessä olevien tappien ja runkoon asennetun tangon ympäri.

Nokkapyörätelineen asennus, niin kuin päälaskutelineen asennuskin, vaatii rungon pukittamisen. Telineen iskunvaimennusjärjestelmä on sen verran jäykkä, että se vaatii ainakin viisi asentajaa tai asennukseen suunnitellun tunkin.

3.2.15 Sauvaohjaus (Hand Control)

Eurostar on kaksipaikkainen rinnanistuttava kone, jossa sauvaohjaus on toteutettu niin, että molemmilla lentäjillä on oma ohjaussauva ja yhtäläinen mahdollisuus ohjata konetta. Ohjasliikkeet välitetään sauvasta työntötangoilla niin ohjaussiivekkeille kuin korkeusperäsिमellekin.

Ohjaussauvat on kiinnitetty sivuliikkeen mahdollistavalla saranoinnilla ohjausjärjestelmän runko-osaan, mikä taas on kiinnitetty runkoon liukulaakereilla. Laakerit mahdollistavat runko-osan liikkeen, joka on sauvan eteen-taakse -liike. Ohjaussauvat on synkronoitu runko-osan läpi kulkevalla yhdistystangolla. Ohjaussiivekkeille lähtevä ohjaus johdetaan ohjaussauvasta yhdellä niveltangolla siiven ohjaustangolle. Korkeusperäsimen ohjaus lähtee runko-osan alapinnalla olevasta korvakkeesta ja päättyy peräsिमelle kolmen työntötangon kautta.

Sauvaohjausjärjestelmän voi ohjaamon osalta asentaa vaikka ensimmäisenä, mutta siipien ohjaustankojen asentaminen ja säätäminen vaatii siiven valmiiksi tekemistä, ja korkeusperäsimen ohjaustangon lopullinen kiinnittäminen ja asentaminen vaativat korkeusvakaajan ja korkeusperäsimen kokoamista ja asentamista paikalleen.

3.2.16 Sivuperäsimen ohjaus (Rudder Control)

Sivuperäsimen ohjaus on primääriohjauslaitteista ainoa, joka on toteutettu vaijereilla. Polkimien asennus, myös jarrun varvaspainimien osalta, kuuluu sivuperäsinasennukseen. Vaijerit kulkevat molemmilta puolilta rungon sisäreunaa pitkin niille tehdyistä läpivienneistä rakenteissa. Polkimien liikkeen rajoitus tapahtuu vaijeriin kiinnitettävien pysäyttimien avulla.

Sivuperäsimen ohjauksen asentamisen voi aloittaa heti, mutta vaijereiden päättämisen ja säätämisen voi tehdä vasta, kun sivuperäsин on rakennettu ja asennettu paikalleen.

3.2.17 Laskusiivekkeiden ohjaus (Flap Control)

Laskusiivekkeiden ohjaus toimii auton käsijarrukahvaa muistuttavalla vivulla. Vipu on kiinnitetty istuimien väliin. Ohjaus vivulta johdetaan työntötangolla istuimien takana, polttoainesäiliön alapuolella, sijaitsevalle vääntötangolle. Vääntötanko on rungon läpi kulkeva tanko, ja sen päissä on kiinteät vivut, jotka ohjaavat vasenta ja oikeaa laskusiivekettä.

Laskusiivekejärjestelmän voi asentaa ensimmäisenä ja se täytyy asentaa ennen polttoainesäiliön asentamista.

3.2.18 Trimmilaipan ohjaus (Trim Tab Control)

Trimmilaipan ohjaus on Eurostarin model 2004:ään valittavissa vaijeritai sähkömoottorihjauksella. TAMK Ilmailukerhon koneeseen tulee vaijeriohjattu lähinnä hinnan ja lentäjien tottumusten takia.

Ohjausvipu kiinnitetään toiseen laskusiivekkeiden asennon määräävään levyyn. Vaijerit kiinnitetään vivun saranan molemmin puolin ja niille tulee säätöruuvit heti vivun takana olevaan palkkiin ja korkeusperäsimeen juuri ennen trimmilaippaa. Säätöruuvien välisen matkan vaijerit kulkevat rungon läpi pitkittäissuunnassa vaijeriputkessa.

Ennen trimmilaipan ohjauksen asentamista täytyy laskusiivekkeiden ohjaus olla säätövivun osalta asennettu, ja lopullisen vaijereiden kiinnityksen ja säädön voi tehdä vasta, kun korkeusperäsin ja trimmilaippa ovat paikallaan.

3.2.19 Siiven kiinnitysmekanismi (Wing Folding Mechanism)

Eurostarissa on mahdollisuutena saada kuljetuksen ajaksi siivet taivutetuksi taaksepäin. Tässä siiven kiinnitysmekanismi ohjeessa ohjeistettaisiin tämän mekanismin asentaminen, mutta TAMK Ilmailukerhon koneeseen siivet tulevat perinteisin tapein kiinteällä liitännällä, jolloin kuljetuksissa siivet joudutaan irrottamaan kokonaan.

3.2.20 Jarrujärjestelmä (Brake System)

Jarrut ovat hydrauliset levyjarrut molemmissa päälaskutelineiden renkaissa. Niitä ohjataan polkimien varvaspainimilla ja, ne ovat erillisohjatut: vasemmassa polkimessa on vasenta jarrua ohjaava sylinteri ja oikeassa oikeaa jarrua ohjaava sylinteri.

TAMK Ilmailukerhon koneessa on jarrut vain vasemmanpuoleisella lentäjällä. Vaihtoehtoina voisi olla myös, että vasemmalla puolella olevista jarrujen ohjaussylintereistä olisi vaijerivälitys oikeapuolen polkimiin tai oikeanpuolen polkimissa olisi omat jarrujen ohjaussylinterit, jolloin myös oikeanpuoleisella lentäjällä olisi jarrut. Vaijerivälitteiset jarrut eivät ole yhtä tehokkaat kuin suoraan ohjaussylinteriä käyttävät.

Jarrujärjestelmän voi osittain asentaa, kun polkimet on asennettu. Lopullisen asennuksen voi tehdä, kun päälaskutelineet on asennettu.

3.2.21 Polttoainejärjestelmän asennus (Fuel Installation)

Polttoainejärjestelmän asennus käsittää polttoainesäiliön, huohotusjärjestelmän, polttoainehanan ja -letkut paloseinään asti ja polttoaineen määrän valvontajärjestelmän. Koneeseen on mahdollista asentaa kaksi lisäpolttoainesäiliötä: toinen pääsäiliön taakse tavaratilahyllyn alapuolelle ja toinen ohjaamon etuosaan paloseinää vasten.

Ennen polttoainejärjestelmän asentamista tulee laskusiivekkeiden ja trimmilaipan ohjauksien sekä sauvaohjauksen olla rungon osalta asennettuja.

3.2.22 Kuomu (Canopy)

Kuomu on korkeusvakaajan kanssa toinen osakokoonpano, jossa pienellä työvirheellä voi aiheuttaa koko kokoonpanon hylkäämisen. Se on siis erittäin riskialtis, niin turvallisuuden kuin taloudellisten menetystenkin kannalta. Valmistajan kehotuksen mukaisesti myös kuomu tilattiin koottuna TAMK Ilmailukerhon koneeseen.

3.2.23 Lentokoneen varusteet (Aircraft Equipment)

Lentokoneen varusteisiin kuuluu ohjaamon verhoilu, pitostaattinen järjestelmä, turvavyöt ja mittaritaulu mittaristoineen.

Ohjaamon verhoilu ja turvavyöt asennetaan, kun kaikki muut kokoonpanot paitsi siipien kiinnitys ja rungon loppukokoonpano on tehty. Mittaritaulun ja mittarit voi asentaa, kun ohjausjärjestelmät ja moottori on asennettu ja sähköjohdot vedetty. Pitostaattinen järjestelmä asennetaan vasta siipien kiinnityksen jälkeen.

3.2.24 Lentokoneen rakenteiden loppuasennus (Airframe Final Assembly)

Lentokoneen rakenteiden loppuasennukseen kuuluu pyrstöyksikön asentaminen. Yksikköön kuuluvat korkeusvakaaja, korkeusperäsin ja trimmilaippa. Lisäksi loppuasennukseen kuuluvat siipien kiinnitys ja siipien juurien muotosuojien kiinnitys. Ohjeessa on neuvottu sekä perinteinen siiven kiinnitys että taittomekanismilla varustetun siiven kiinnitys.

Loppuasennus on asennus, joka tehdään aina konetta siirrettäessä maasiirtona.

3.2.25 Moottorin asennus (Powerplant Installation)

Moottori ei ole Evektorin valmistama, joten se ei kuulu rakennussarjaan, vaan se joudutaan tilaamaan erillistoimituksena. Moottorivaihtoehtoina ovat yleisin Rotax 912 UL (80 hv), Rotax 912 ULS (100 hv) tai Jabiru 2200 (80 hv). Evektorilta voi ostaa moottorin asennussarjan Rotax 912 -moottorille. Asennussarjaan kuuluvat moottori pukki ja tarvittavat puslat ja ruuvit (ruuvit kylläkin puuttuivat TAMK Ilmailukerholle toimitetusta tilauksesta). TAMK Ilmailukerhon koneen moottoriksi valittiin Rotax 912 ULS.

Moottorin asennusohjeessa on neuvottu Rotax 912 -moottorin asennus ja mikäli on valinnut koneeseensa jonkin muun moottorin, on ohjeessa luettelo tällaisessa tapauksessa huomioon otettavista asioista.

Moottorin asennuksen voi aloittaa, kun nokkapyöräteline on asennettu.

3.2.26 Lentokoneen tasapainotus, ohjauspintojen liikerarojen mittaaminen, punnitus (Aircraft leveling, control surfaces deflections measurement, weighing)

Ohjeessa on esitetty mittausten, punnitusten ja tasapainotuksen tarkoitusta ja toimintatapoja. Siinä on selostettu ilmailussa kyseisissä toimenpiteissä tarvittava termistö ja annettu menetelmä lentokoneen massakeskiön laskemiseen.

Lomakkeet, joille mittausten tulokset merkitään, ovat Eektorin laatimat viralliset ja katsastukseen sopivat. Lomakkeet on toimitettu tilauksen mukana ja TAMK Ilmailukerhon tapauksessa ne löytyvät Asennusohjekansiossa tässä esiteltävien osaohjeiden jälkeen.

3.2.27 Ensilento ja lentotestit (Maiden Flight and Flight Tests)

Ohje ei ole varsinainen testilento-ohjelma, mutta siinä luetellaan mitkä asiat ja ominaisuudet tulisi testata ja neuvotaan toimenpiteet, jotka täytyy suorittaa ennen ensilentoa.

3.2.28 Lisävarusteet (Appendices)

TAMK Ilmailukerhon tilaamassa koneessa on lisävarusteina sisätilan lämmitin ja renkaiden aerodynaamiset muutosuojat. Sisätilan lämmittimen asennusohje on sisällytetty moottorin ohjeisiin, ja renkaiden muutosuojien ohje kuuluu laskutelineiden ohjeisiin.

[2],[5]

3.3 Eurostarin avioniikka

Tehdas ei tarjoa rakennussarjan mukaan avioniikkalaitteita, koska se ei niitä valmista eikä siten pystyisi kilpailemaan järkevästi avioniikkaan erikoistuneiden toimittajien kanssa. Tästä syystä Eurostarin avioniikka onkin suunniteltava ja hankittava itse. Se on laajamittainen projekti jo sinällään, joten tämä päättötyö ei ota siihen muuten kantaa kuin että tehtävä on annettu suoritettavaksi avioniikan asiantuntijoille.

4 Toimenpiteet harrasterakenteisen lentokoneen rakennusluvan saamiseksi

Lentokoneen rakentaminen vaatii rakennusluvan. Se anotaan ilmailuviranomaiselta. Suomessa tämä tarkoittaa Ilmailulaitosta. Lupaan käytettävä lomake Harrasterakenteisen ilma-aluksen rakennus-/muutostyölupahakemus on saatavissa Ilmailulaitokselta.

Hakemuksen kriittiset kohdat, joiden pitää olla kunnossa, ovat rakennettavan lentokoneen tiedot, rakentaja, rakennuspaikka ja valvoja. Valvojan täytyy olla ilmailulaitoksen hyväksymä riittävän asiantuntemuksen lentokonetekniikasta omaava henkilö, kuten lentokonetekniikan diplomi-insinööri. TAMK Ilmailukerho Ry:n rakennuslupa ja rakennuslupahakemus liitteessä 2.

5 Projektin suunnittelu

Eurostar basic kitin rakentaminen on projekti, jossa tarvitaan lentokonetekniikan taitotieto, osaavia työntekijöitä ja aikaa. Projektin toteutuminen ja sujuvuus vaatii organisaation luomista ja tehokasta informaation kulkua.

Koska projekti toteutetaan ammattikorkeakoulussa ja lentokonetekniikan opiskelijoiden voimin, on oletettavaa, että jokaisella projektiin osallistuvalla on tarvittavat tiedot ja taidot. Aikataulullisesti ja työaikojen osalta opiskelijoiden toimiminen työvoimana luo kuitenkin erityisiä haasteita, koska opiskelijoiden täytyy samanaikaisesti edetä opinnoissaan, eikä joustavan kurssivalikoiman takia juuri kenenkään lukujärjestys ole täysin samanlainen.

5.1 Alustava tehtävien ja ryhmien jaottelu

Ennen kuin edes asennusohjeita oli saatavilla, tehtiin alustavia suunnitelmia tehtävien ja ryhmien jaosta kaikille perinteisille lentokoneille yleistettävissä olevien kokoonpano-osa-alueiden mukaan. Työryhmiä ja kokoonpano-osa-alueita on hahmoteltu liitteessä 1.

5.2 Projektin toteutuminen 22.4.2005 mennessä

Jotta tulevissa kappaleissa selostettujen suunnitelmien tekemisistä ja käytännössä saatujen kokemusten aiheuttamista muutoksista suunnitelmiin saisi johdonmukaista käsitystä, on tässä kappaleessa tiivistetty projektin kulun kannalta tärkeimpien tapahtumien ajoitus. Se on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 4. Projektin päätapahtumien ajankohdat

Tapahtuma	ajankohta	alkamispäivä	päätymispäivä
Vierailu Evektor-Aerotechnik tehtaalla	1.12.2004	-	-
Näitökurssi Patria Aviaton tehtaalla	10.1.2005	-	-
Projektin aloituspalaveri	12.1.2005	-	-
Toimituksen saapuminen	4.2.2005	-	-
Ilmailukerhon saksanmatka (viivästetty aloitusta)		8.2.2005	18.2.2005
Toimituksen tarkastus	-	4.2.2005	9.2.2005
Stiipien asentamisen aloittaminen	-	28.2.2005	→
Alustus tilaisuuksien rakentamisesta	-	8.3.2005	9.3.2005
Rungon varustamisen aloittaminen	-	14.3.2005	→
TAMK Ilmailukerhon nettisivujen julkaisu	13.4.2005	-	-

5.3 Organisaation ja tiedotusväylien luominen

5.3.1 Organisaatio

Kuten edellä mainittiin, projektiin osallistujien valitseminen tapahtui aloituspalaverissa, jota mainosti opettajakunta sekä kaikille lentokonetekniikkaa opiskeleville lähetettiin myös kutsu tilaisuuteen sähköpostitse. Virallisesti osallistumiselle esteitä ei laitettu, mutta toivomus oli, että kaikki olisivat lentokonetekniikan opiskelijoita ja TAMK Ilmailukerhon jäseniä. Tämä toteutui muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

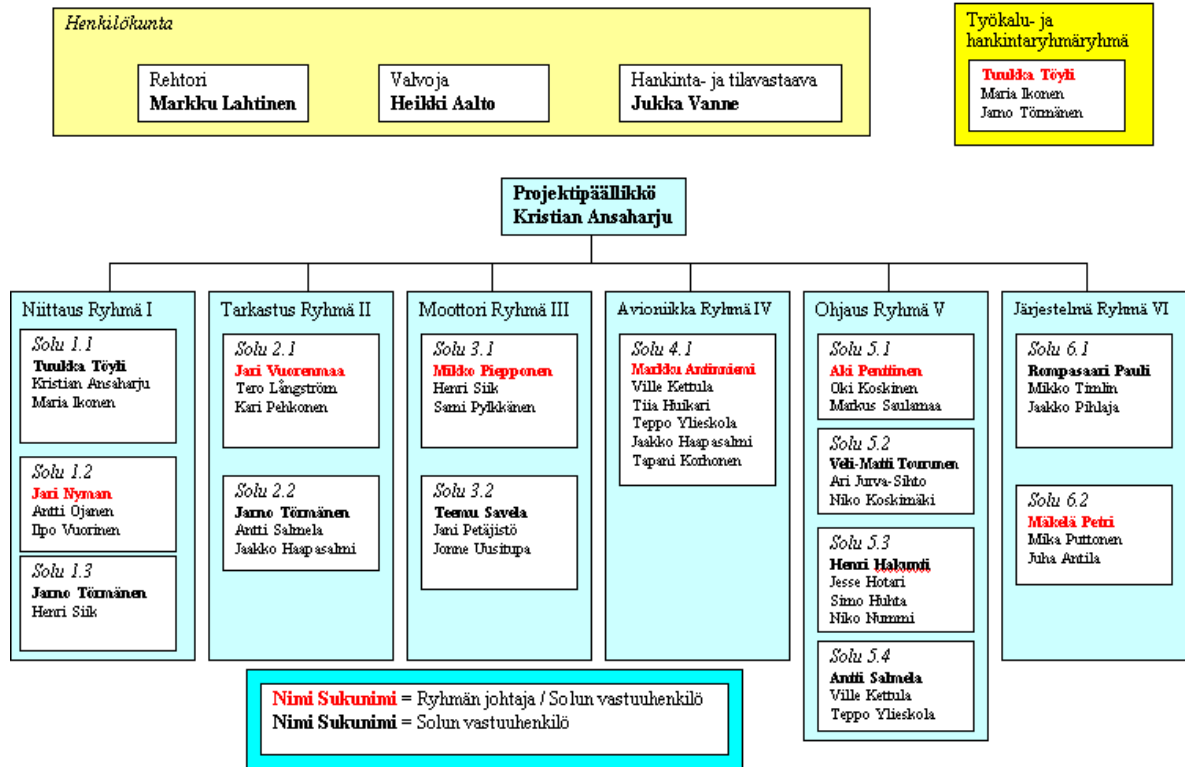
Tiedottaminen, lähinnä sähköpostitse lähetetty kutsu, ei tavoittanut kaikkia osallistumishalukkaita, joten vielä aloituspalaverin jälkeen muutamia oppilaita otettiin projektiin mukaan. Lopulliseksi osallistujamääräksi muodostui 39 opiskelijaa. Osallistujalista näkyy taulukossa 5. Tutkintotyössä ei ole yksityisyyssyistä mainittu osallistujien yhteystietoja. Projektin hallinnan käyttöön ne löytyvät kyllä verkkokansiosta, johon on rajoitettu pääsy.

Taulukko 5. Projektin osallistajat

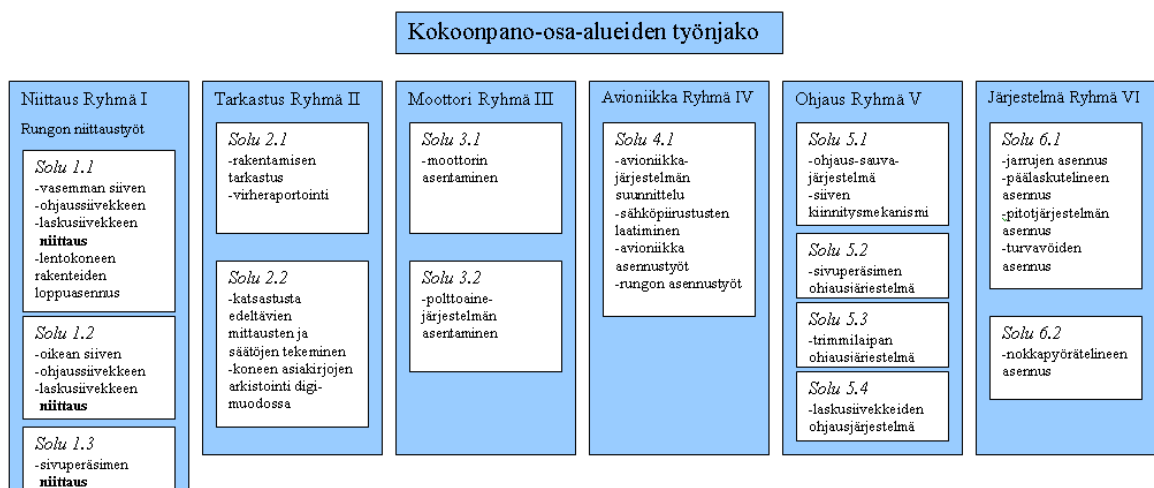
	Sukunimi	Etunimi	Luokka
1	Ansaharju	Kristian	I180-4
2	Antila	Juha	I180-3
3	Antinniemi	Markku	I180-4
4	Haapasalmi	Jaakko	I180-3
5	Hakunti	Henri	I100-1A
6	Hotari	Jesse	I100-1A
7	Huhta	Simo	I100-1A
8	Huikari	Tiia	I180-4
9	Ikonen	Maria	I180-3
10	Jurva-Sihto	Ari	I100-2C
11	Kettula	Ville	I180-4
12	Korhonen	Tapani	I180-3
13	Koskimäki	Niko	I180-3
14	Koskinen	Oki	I100-2B
15	Långström	Tero	I180-3
16	Mäkelä	Petri	I140-3
17	Nummi	Niko	I100-1A
18	Nyman	Jari	I180-4
19	Ojanen	Antti	I180-3
20	Pehkonen	Kari	I180-3
21	Penttinen	Aki	I180-4
22	Petäjistö	Jani	I100-2A
23	Piepponen	Mikko	I180-3
24	Pihlaja	Jaakko	5. luok.
25	Puttonen	Mika	I180-3
26	Pylkkänen	Sami	I180-4
27	Rompasaari	Pauli Antero	I180-4
28	Salmela	Antti	I180-3
29	Saulamaa	Markus	I100-2B
30	Savela	Teemu	I100-2A
31	Siik	Henri	I100-2A
32	Timlin	Mikko	I180-4
33	Tourunen	Veli-Matti	I100-2C
34	Törmänen	Jarno	I180-3
35	Töyli	Tuukka	I180-3
36	Uusitupa	Jonne	I180-3
37	Vuorenmaa	Jari	I180-3
38	Vuorinen	Ilpo	I180-3
39	Ylieskola	Teppo	I180-4

Kun kaikki tulevat osallistajat olivat ilmaisseet toivomuksensa osa-alueesta, jonka he halusivat toteuttaa, jäi osa osa-alueista ilman tekijää. Tehtävät jaettiin toivomusten mukaan, ja lisäksi toteuttajaa vaille jääneet osa-alueet jaettiin yhdistelemällä ne osa-alueisiin, joilla oli toteuttaja ja joihin niillä

oli rakenteellista tai järjestelmällistä yhteyttä. Osallistujat jaettiin kuuteen ryhmään ja ryhmät toimitusalueihin, joille annettiin kullekin vastuulle yksi rakentamisen osa-alue. Organisaatiokaavio, josta näkyvät ryhmät ja solut, ovat kuvassa 6 ja niiden vastuut kuvassa 7.



Kuva 6. Organisaatiokaavio

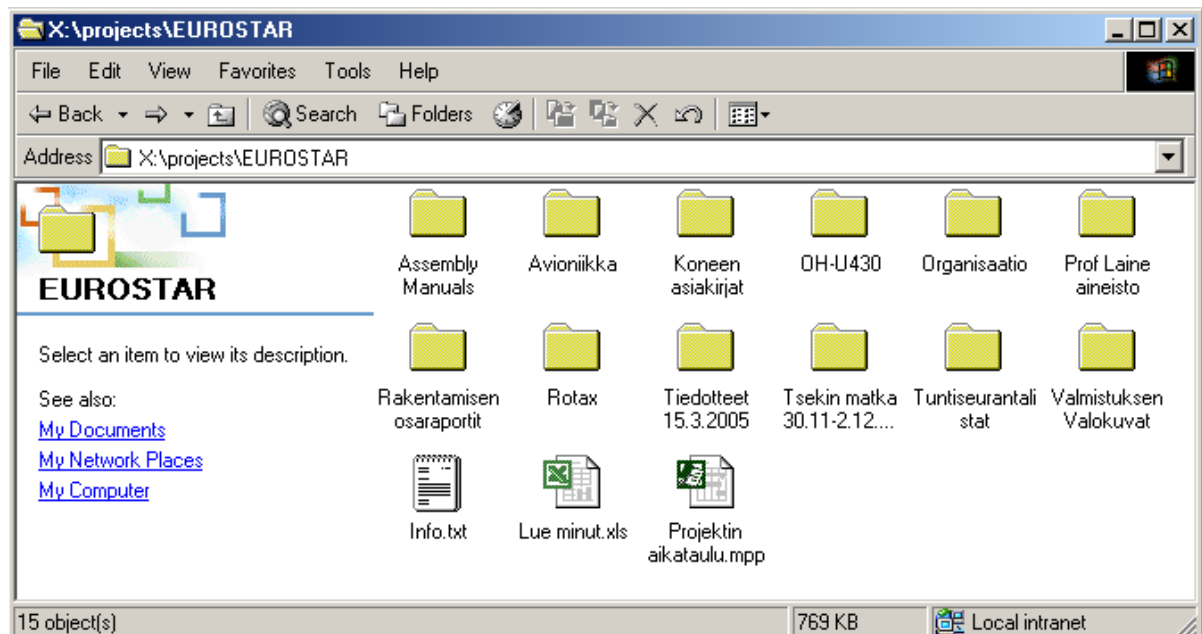


Kuva 7. Solujen osa-alue vastuut

5.3.2 Tiedotusväylät

On selvää, että lentokoneen rakennusprojektissa tarvittavan tiedon määrä rakentamisen toteuttamiseen ja sen asianmukaiseen dokumentoimiseen on valtava. Kun elämme tietokoneteknologian aikaa, ja Tampereen ammattikorkeakoulun kouluna täytyy olla tekniikan edelläkävijä, niin alusta alkaen projektin periaatteena oli, että mahdollisimman suuren osan kertyvästä tiedosta täytyy olla digitaalisessa muodossa. Aikaisemman kokemuksen mukaan tiesimme, että koulun sisäinen intranet mahdollistaa tämän ajatuksen toteuttamisen erittäin tehokkaasti. Eurostar-projektille perustettiin oma verkkokansio, johon pääsee jokaiselta koulun tietokoneelta.

Jotta kaikki projektiin osallistujat pysyisivät ajan tasalla, mitä projektissa tapahtuu, niin verkkokansioon laitetaan kaikki projektiin liittyvä tieto. Sieltä löytyvät mm.: asennusohjeet, organisaatio, Tšekin matkan valokuva-aineisto ja tuntiseurantalistat. Verkkokansion sisällön aieryhmät näkyvät kuvassa 8.



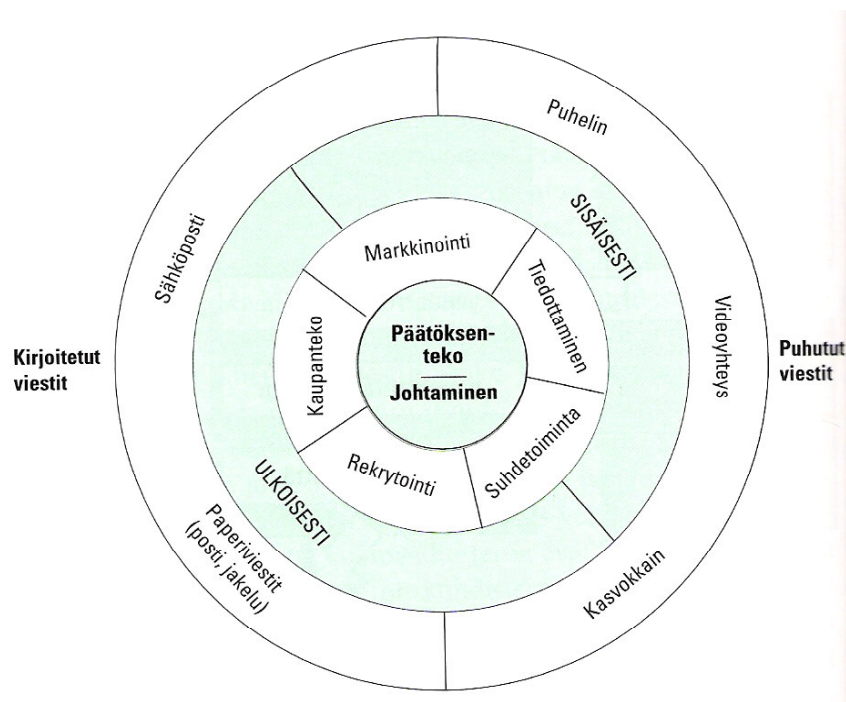
Kuva 8. Eurostar-projektin verkkokansio

Verkkokansion käyttöoikeudet on rajattu projektin osallistujiin ja projektia valvoviin ja avustaviin henkilökunnan jäseniin. Käyttöoikeuksissa on pääasiassa kolme eri tasoa: lukuoikeus, kirjoitusoikeus ja muokkausoikeus. Lisäksi kansiolla on hallitsija, joka voi lisätä ja muokata muiden henkilöiden käyttöoikeuksia. Eurostar-projektissa verkkokansion hallitsijana toimi projektipäällikkö.

Käytännössä kaikilla on lukuoikeus kaikkiin verkkokansion tiedostoihin ja muokkausoikeus niihin kansioihin, joihin on tarvetta. Muun muassa valmistuksen osaraportit ja tuntiseurantakansiot ovat sellaisia, joihin kaikilla on muokkausoikeus.

Projektin alkaessa TAMK I-mailukerholla ei ollut kotisivuja. Ne päätettiin tehdä ja julkaistiinkin 13.4.2005. Ennen kotisivujen julkaisemista projektiin liittyvät ilmoitukset ja kutsut julkaistiin verkkokansiossa olevassa Tiedotteet(päivämäärä)-kansiossa, jonka päivämäärä päivitettiin aina, kun kansioon oli lisätty uusi tiedote.

Kuva 9 havainnollistaa projektin viestintää kokonaisuudessaan. Siinä on esitetty laajemmin yritysmaailmassa käytössä olevia viestintämahdollisuuksia, joita tähän projektiin on valittu tarkoituksenmukaisimmat.



Kuva 9. Kiekko kuvaa yrityksen tai projektin viestintää [3]

Edellä mainitut tiedotusväylät, verkkokansio ja nettisivut, ovat ns. passiivisia tiedotusväyliä. Niiden toiminnallisuuden tehokkuus on täysin kiinni siitä, miten aktiivisia projektiin osallistujat ovat niitä käyttämään. Toisin sanoen tiedon lisäämisestä kyseessä oleviin paikkoihin ei tule ilmoitusta henkilölle, jolle tiedon pitäisi mennä perille. Tämä johtaa siihen, että on lähes mahdoton valvoa osallistujien osalta todellista tiedon siirtoa ja vastaanottamista.

Onkin välttämätöntä, että käytössä on myös ns. aktiivisia tiedotusväyliä. Eurostar-projektissa tällaisia tiedotusväyliä ovat sähköposti ja puhelin. Näiden käyttö edellyttää jokaisen osallistujan yhteystietojen tietämisen. Siksi ilmoittautumislomakkeen tärkeänä informatiivisena antina ovatkin osallistujien yhteystiedot.

[4]

5.4 Tehtäväkohtaisen toimintasuunnitelman luominen

Marraskuun ja joulukuun 2004 vaihteessa tehdyiltä vierailulta Evekto – Aerotechnikin tehtaalla (Kuva 10 ja Kuva 11) saatiin mukaan CD-levy, jolla oli Eurostarin asennusohjeet pdf-muodossa. Nämä asennusohjeet olivat samat, jotka tulivat lopullisen rakennussarjan toimituksen mukana. Tehtäväkohtainen toimintasuunnitelma ja aikataulu perustuvat näihin asennusohjeisiin. Suunnitelma on toteutettu MS Project -ohjelmalla ja esitetty liitteessä 6.



Kuva 10. Evektoilla Jan Fridrichin vieraana, Jorma Peltoniemi



Kuva 11. Tiedusteluseurue Eektor-Aerotechnikin pihalla, Jorma Peltoniemi

Toimintasuunnitelma esitettiin aloituspalaverissa 12.1.2005. Eurostar-projektista ja aloituspalaverista tiedotettiin lentokonetekniikan opiskelijoille ennen joulua 2004 opettajien toimesta oppituntien yhteydessä, ja lisäksi palaveriin lähetettiin kutsu sähköpostitse lukuvuoden aloituspäivänä 10.1.2005 (Liite 3).

Aloituspalaverissa esiteltiin projektin nykytila ja projektiin liittyvät osa-alueet (Liite 4), jaettiin ilmoittautumislomakkeet (Liite 5) ja annettiin projektiin osallistujien valita omat mielenkiinnon kohteensa esitellyistä osa-alueista. Koska projektin on tarkoitus toimia opiskelumuotona, käytiin läpi projektioiskelun periaatteet.

5.4.1 Toimintasuunnitelman tehtävät ja niiden kestot

Niin kuin on aikaisemmin mainittu, toimintasuunnitelman tehtävät perustuvat tekniseen ohjeeseen: Eurostar EV-97 model 2000 version R Assembly manual. Osa-alueita on kappaleen 3.2 Osaohjeet mukaan, pois lukien johdannot ja muut sellaiset, 25 kappaletta. Osa-alueet ovat pääsääntöisesti monivaiheisia kokoonpanoja: toiset laajempia ja toiset suppeampia. Projektin osallistujien määrän ollessa suuri on tehokkaan toiminnan takaamiseksi aloitettava mahdollisimman monen osa-alueen kokoonpanoa samanaikaisesti.

Tehtävien jaottelussa olikin tärkeintä huomioida osa-alueiden rajoitukset siltä kannalta, minkä kokoonpanon voi asentaa missäkin vaiheessa, jotteivät asennukset estä toisten osa-alueiden asennusta. Kappaleessa 3.2 Osaohjeet on pohdittu tehtävien jaottelua osa-alueittain.

Työvaiheiden kestojen arviointi on vaikeaa ja joka tapauksessa epätarkkaa. Suunnitelman kannalta on kuitenkin ratkaisevan tärkeää, että työvaiheille on arvioitu jokin kesto. Vaikka arvio tehtäväkohtaisesti voi olla hyvinkin epätarkka, niin toisien tehtävien keston arvio on liian suuri toisien liian pieni. Tällöin virheet kompensoivat toisiaan, ja kokonaisarvio voi olla lähellä todellisuutta. Yksityiskohtaiset ohjeet mahdollistavat sen, että laajatkin kokoonpanot on mahdollista pilkkoa pieniin helpommin arvioitaviin osiin, jolloin päästään tarkempiin kestojen arvioihin.

Asennusohjeet ovat kolmitasoisia:

- pääotsikko (osa-alue)
- työvaihe
- työvaiheen sisältämät askeleet.

Tehtävien jaottelussa on käytetty kahta laajinta tasoa. Pääotsikon alle on laitettu työvaiheet, joiden kesto on arvioitu.

Projektisuunnitelma näkyy liitteessä 6. Projektisuunnitelma on jaettu kolmeen kokonaisuuteen: siipikokoonpano, pyrstön ohjauspinnat ja laskutelineet sekä ohjausjärjestelmät ja viimeistely. Lisäksi toimituksen tulotarkastukset ja katsastus ym. sellaiset ovat suunnitelmassa yksittäisinä toimenpiteinä.

Liitteen 6 ensimmäisellä sivulla on osakokoonpanojen aikataulu, ja siinä näkyvät niiden kokonaiskestot. Seuraavilla kolmella sivulla on avattu edellä mainitut kolme kokonaisuutta, ja niissä näkyvät työvaiheiden kestot ja alkamis- ja päättymispäivät.

5.4.2 Osakokoonpano- ja työvaihekohtaiset kustannukset

Eurostar-projektissa on monia kustannuksia aiheuttavia tekijöitä. On hankintakustannuksia, työkalukustannuksia, työtiloista aiheutuvia kustannuksia. Tässä käsitellään ainoastaan työstä aiheutuvia kustannuksia.

Todellisuudessa tässä projektissa ei työ maksa tilaajalleen rahaa vaan opintopisteitä, jotka taas edesauttavat opiskelijoita opinnoissa. Kustannusarvio on tehty tuntiveloituksen perusteella, ja hintatasona on käytetty 25 €/h, vaikka arvio Suomessa tuotetun lentokonetekniikan tuntiveloituksesta onkin 50 €/h. Tämä siksi, että kustannusarvio on pääasiassa tehty palvelemaan harrastajia, jotka harkitsevat oman rakennussarjan ostamista ja kokoamista. Näin ollen työnantajan kustannusrasitteet vakuutusmaksuista ja muista on jätetty huomioimatta.

Kustannusarviot on esitetty liitteessä 7.

5.4.3 Resurssien jakaminen

Projektin resursseina ovat ennen kaikkea projektiin osallistuvat henkilöt. Lisäksi rajoitteita muodostavat työkalut ja työtilat. Niiden merkitys vain ei ole kovin suuri.

Ilmoittautumislomakkeella osallistujat sitoutuivat käyttämään projektiin tietyn ajan viikossa. Osallistujien ilmoittamien aikojen perusteella jaettiin viikkoaikataulusta, maanantaista lauantaihin kello 7.00–21.00, toimintasoluille sopivat työajat. Ajatuksena oli, että kolme tuntia on lyhin työjakso, mitä kannattaa tehdä, ja kerralla työtilaan mahtuu yksi siipeä rakentava ryhmä ja yksi runkoa varustava ryhmä. Toimintasolujen jäsenten ja eri toimintasolujen välisten aikataulujen järjestäminen niin, että jokaisen henkilön aikataulutoiveet olisi voitu ottaa huomioon, ei kaikissa tapauksissa onnistunut. Kompromisseja ja muutoksia jouduttiin tekemään muun muassa oppilaiden kurssiaikataulujen muutoksien takia. Ensimmäinen työaikajako näkyy kuvassa 12.

Rakentamisen alkaessa kuitenkin todettiin, että siipiä rakentavat ryhmät voivat olla tai niiden jopa kannattaa olla paikalla yhtä aikaa, koska tehtävät ovat yhtenäiset, vain peilikuvat toisistaan, ja ryhmät voivat tukeutua toistensa kokemuksiin ja näin välttää samojen virheiden tekemistä. Ja siipiryhmien kanssa voi edelleen olla yksi runkoa varustava ryhmä. Todettiin myös, että ajan käyttöä täytyy keskittää niille kokoonpanoille, joita on mahdollista rakentaa, ja viikkoaikataulusta täytyy toistaiseksi poistaa niiden toimintasolujen varaamat

ajat, jotka eivät pysty vielä työtään aloittamaan. Edelleen osallistujien mahdollisuudet huomioon ottaen, toinen viikkoaikataulu on esitetty kuvassa 13.

Kaikki	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
7-8		Solu 1.2	Solu 1.2 ja	Solu 6.1	Solu 4.1		
8-9			Solu				
9-10							
10-11				Solu 3.1 ja			
11-12	Solu 1.3	Solu 5.2		Solu 3.2		Solu 5.3	
12-13			Solu 6.1		Solu 5.1		
13-14				Solu 1.1 ja			
14-15	Solu 1.1		Solu 3.1 ja	Solu 4.1			
15-16		Solu 2.2	Solu 5.3 ja				
16-17			Solu 3.2		Solu 5.4		
17-18				Solu 6.2			
18-19		Solu 5.3	Solu 6.2				
19-20							
20-21							

Tarkastaja ryhmän toiminta tavat
ja ajat on sovittava erikseen

Kuva 12. Ensimmäinen aikataulujako

Kaikki	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
7-8							
8-9					Solu 5.2		
9-10							
10-11	Solu 5.4			Solu 5.1			
11-12		Solu 5.1					
12-13			Solu 5.3				
13-14					Solu 3.2		
14-15	Solu 3.1	Solu 5.2		Solu 6.3			
15-16			Solu 6.2				
16-17							
17-18							
18-19							
19-20							
20-21							

Aika Vapaassa käytössä

Siipiryhmät sopivat työaikansa viikoksi kerrallaan,
kuitenkin
Vähintään 10 työtuntia miestä/naista kohden

Kuva 13. Toinen aikataulujako

5.5 Projektipäällikön toimenpiteet projektinhallinnan ja tiedonkulun parantamiseksi

Projektinhallinnallisesti tärkein työkalu on projektisuunnitelma. Suunnitelma ei sinällään riitä, eikä sen antamalla tiedolla ole pitkälle kantavaa arvoa, ellei sitä pidetä ajan tasalla ja siihen päivitetä projektin todellista etenemistä. Suunnitelma, joka kulkee koko ajan todellisuuteen nähden jäljessä, voi olla projektille enemmän haitta kuin hyöty. Toisaalta ajallaan oleva projektisuunnitelma on työntekijöille tehokas motivoija, kun tavoite ja omat kyvyt tulevat siitä selkeästi esille. Projektisuunnitelman tulee olla koko ajan näytteillä kaikille osallistujille.

Projektisuunnitelmapäivityksen mahdollistaa työntekijöiden työtuntien listaaminen ja työvaiheiden etenemisen raportoiminen.

Projektisuunnitelman ylläpitäminen luo projektipäällikölle varmuutta töiden sujumisesta, ja lisäksi se auttaa hahmottamaan kokonaisuuden. Se ei kuitenkaan vielä riitä projektin sujuvaan johtamiseen. Sujuvassa johtamisessa ovat tärkeintä toimivat ja tehokkaat tiedotusväylät ja ennen kaikkea preesensjohtamisessa aktiiviset tiedotusväylät.

Tässä projektissa projektipäälliköllä tulee olla ohjelmoituna sähköpostiinsa kaikkien projektiin osallistujien ja esimiestensä sähköpostiosoitteet. Lisäksi organisaatiokaavion mukaan ne on lajiteltava ryhmiin: kaikki, esimiehet, ryhmät ja toimintasolut. Näin päästää tehokkaaseen tiedonjakoon, eikä sähköpostiosoitteiden kirjoitteluun mene aikaa.

Toinen aktiivinen tiedotusväylä on puhelin. Projektipäälliköllä tulee olla tallennettuna puhelimeensa kaikkien projektiin osallistujien ja esimiestensä puhelinnumerot tai vähintään numerolista koko ajan mukanaan. Ei voi koskaan tietää, missä ja milloin täytyy ottaa yhteyttä juuri tiettyyn henkilöön. Tämän takia yhteystiedot täytyy olla koko ajan mukana ja myös lähimmällä tietokoneella.

6 Toimintamallit rakennettaessa

Lentokoneenrakennus eroaa perinteisestä koneenrakentamisesta tarkastuskäytännön osalta. Organisaatiossa on yksi toimintasolu, joka ei suorita rakentavaa toimintaa, vaan ainoastaan tarkastaa muiden tekemisiä. Käytännössä jokaisen toimintasolun vastuuhenkilöllä on rajoitettu oman työn tarkastusoikeus vastualueensa osalta. Jokaisen toimintasolun vastuuhenkilö sopii oman työn tarkastusoikeuden kattavuudesta tarkastusryhmän kanssa käyden läpi asennusohjeista kokoonpanon vaihe vaiheelta. Oman työn tarkastusoikeus tekee rakentamisen sujuvammaksi, kun tarkastajan ei tarvitse tarkastaa kuin kriittisimmiksi katsomansa kohdat.

6.1 Rakentamisen dokumentointi

Rakentamisen apuna käytetään asennusohjeita, kokoonpanopiirustuksia ja osalistoja. Kaikki nämä on kerätty kolmeen avokansioon, joissa on muovitasku kunkin osakokoonpanon ohjeille, piirustuksille ja osalistoille. Asennusohje toimii ensimmäisenä dokumenttina, johon rakentamisen eteneminen merkitään. Ohjeen jokaisen työvaiheen askeleen jälkeen on kohta Completed: []. Tähän kohtaan rakentaja kirjaa nimikirjaimensa ja päivämäärän sen jälkeen kun tarkastaja on hyväksynyt askeleen lopullisesti tehdyksi. Osalistaan merkitään aina käytetyt osat. Ja mikäli piirustuksen, osan tai osalistan osanumeroinnissa on eroja, merkitään osalistaan aina käytettyyn osaan leimattu numero.

Työn edistymisen seuraamiseksi on myös erillinen kansio: Assembly Log. Tähän kansioon kuitataan kokoonpanojen työvaiheiden valmistuminen ja kuittauksen tekevät päivämäärän ja täydellisen nimen kanssa sekä rakentaja että tarkastaja. Viimeisenä laadun varmentajana on Ilmailulaitoksen hyväksymä valvoja, joka tarkastaa rakenteet ongelmatilanteissa ja siinä vaiheessa, kun osakokonaisuuksia jää pintapeltien alle.

Edellä mainittujen kansioiden lisäksi on vielä yksi kansio: virheilmoitusten kansio. Tähän kansioon dokumentoidaan kaikki lentokonetta

rakennettaessa ilmenneet virheet, korjaukset ja suunnitelmasta poikkeavat muutokset. Kansiossa on kolme tasoa: 1. uudet ilmoitukset, 2. ilmoitukset, joiden korjausehdotuksen valvojan on hyväksynyt, mutta korjausta ei ole toteutettu ja 3. korjatut virheet.

6.1.1 Osakokoonpanojen dokumentointi

Jokainen toimintasolu on veloitettu kirjoittamaan päiväkirjanomaista raporttia rakentamisen edistymisestä. Nämä raportit kootaan verkkokansion Rakentamisen osaraportit -kansioon. Kirjoitetun dokumentoinnin lisäksi rakentamista kuvataan digikameralla, joka on jatkuvasti rakennustilassa. Kuvia olisi tarkoitus saada jokaisesta työvaiheesta. Kuvat tallennetaan verkkokansion Rakentamisen valokuvat -kansioon päivämäärien mukaan.

Ajatuksena on ollut myös, että rakentaminen koottaisiin yhtenäiseksi videoksi, mutta videokuvaamista ei ole vielä aloitettu laitteiden puutteen vuoksi.

6.1.2 Virheiden ja muutosten ilmoittaminen

Lentokoneessa on paljon rakenteita, joita ei voi enää perusteellisesti tarkastaa, kun rakenne on kerran niitattu kasaan. Tämän takia turvallisuuskriteerien täyttymisen varmistamiseksi rakentamisen dokumentoinnin täytyy olla erittäin tarkkaa. Katsastusta helpottaa huomattavasti, kun kaikista rakentamisen aikana tapahtuneista poikkeamista on esittää raportti ja kuvat. Se tuo myös uskottavuutta, sillä lentokoneen rakentaminen on niin pitkä projekti, ettei kukaan pysty suoriutumaan siitä täysin ilman virheitä.

On havaittu myös, etteivät kokoonpanopiirustukset ja todelliset osat vastaa joka tilanteessa täysin toisiaan. Vaikka varsinaista virhettä tällaisessa tilanteessa ei olisikaan, täytyy siitä silti tehdä kirjallinen ilmoitus. Virhe- ja muutosilmoitukset tehdään lomakkeelle, joka on esitetty liitteessä 9; se on mallitäytetty virheilmoituslomake.

6.1.3 Marssijärjestys rakennusvirheen sattuessa

Kun rakentaja havaitsee tehneensä virheen tai tarkastaja löytää virheen tarkastaessaan tehtyä työtä, tehdään virheestä kirjallinen ilmoitus. Ilmoituslomakkeelle merkitään virheen tekijä, tarkastaja, virheen laatu, vioittuneet osat ja niiden numerot ja tarkentava liite virhekohdasta piirroksena tai valokuvana. Tarkastaja voi myös antaa korjausehdotuksen. Kun virhe on edellä mainitulla tavalla ilmoitettu, valvoja tarkastaa ilmoituksen ja hyväksyy korjausehdotuksen tai antaa oman korjausehdotuksen, joka toteutetaan. Vakavimmissa tai hankalissa virhetapauksissa voidaan kysyä myös valmistajan korjausehdotusta. Virhekohdan rakentamista ei voi jatkaa, ennen valvojan hyväksymää korjausehdotusta.

On sovittu myös ns. rutiinivirheistä, joiden korjaamisesta ei tarvitse valvojan päätöstä ennen työn jatkamista. Tällaisia ovat mm. soikeat reiät, jotka korjataan ylikoon niitillä, ja pienten reunaetäisyyksien virheet ei lujudellisesti kriittisillä alueilla, jossa reunaetäisyydeksi jää yli 1,5 D.

Osasta virheitä voidaan päästä myös ilman virheilmoitusta. Tällaisia ovat rakennusvaiheet, joissa on tehty virhe, mutta rakenne voidaan purkaa ja tehdä uudestaan pysyen sallittujen toleranssien sisällä: esimerkkinä vino niittaus. Niitti voidaan porata pois, ja mikäli reikä ei mene soikeaksi tai suurene liikaa, voidaan niittaus suorittaa uudestaan ja virhe ns. katoaa. Toinen on naarmu, joka voidaan hioa pois ja ruostesuojata kohta uudelleen.

6.2 Työrupeaman työohje

Kun toimintasolun henkilöt tulevat työtilaan aloittaakseen tai jatkaakseen työtään, on heidän toimittava annettujen työohjeiden mukaan. Työtilan taululla olevassa työohjeessa on mainittu työvaiheet, jotka tulisi joka työrupeaman aikana suorittaa. Työohje on kuvassa 14.

6.2.1 Työohjeen vaiheet

Tässä kappaleessa on perustelut ja kommentit työohjeessa mainituille vaiheille.

1. Lentokonetta rakennettaessa työtilassa ja varastossa on lukematon määrä osia, jotka eivät saa hukkaa tai vahingoittaa. Tästä syystä kulun työtilassa täytyy olla valvottua. Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölukkojärjestelmällä kulun seuranta ja kulkuoikeuksien myöntäminen hoituvat helposti.
2. Työhön kuluvaa aikaa seurattaessa on erityisen tärkeää, että jokaisen työntekijän ajan seuranta on päivittäistä ja henkilökohtaisesti tehtyä. Muutoin virhemarginaali kasvaa liian suureksi.
3. Lentokonetekniikan periaate on, ettei asennus- tai rakennustyötä saa tehdä ulkomuistista, vaan aina on käytettävä kirjallista ohjetta.
4. Laadun varmistamiseksi huolellisuus on kaiken a ja o.
5. Lentokoneen rekisteröiminen valmistajan todistamaan tyyppiluokkaan vaatii rakennustöiden tekemistä valmistajan ohjeiden mukaan.
6. Lentokonetekniikan periaate on myös, ettei yksin saa tehdä töitä. Tällä jaetaan vastuuta ja varmennetaan, ettei laatu jää yhden henkilökohtaiseksi mielipiteeksi.
7. Työtilan järjestyksessä pysyminen ja looginen jatkuma työrupeamien välillä toteutuvat helpommin, kun työ keskeytetään kuitattavan osion jälkeen.
8. Suuren osallistujamäärän takia kaikkien on pidettävä huolta siisteydestä.
9. Etenemisen seuraamiseksi tehdyt työt kuitataan.
10. Tuntiseurannan tärkeyttä ei voi muistuttaa liikaa.
11. Koska rakentaminen on myös opiskelusuoritus, on hyvä juuri töiden tekemisen jälkeen tehdä muistiinpanoja.
12. Vaikka työtilan oven pitäisi olla itsestään sulkeutuva, on aina hyvä tarkastaa, että se menee kiinni.

TEAM Eurostar

Työohje

Vaihe

1. Tullessasi työtilaan käytä aina omaa kulkukorttia
2. Avaa tietokone ja ota esille tuntiseurantalista
(tarkasta aika)
3. Ota työtehtäväsi asennusohje ja piirustukset esille
(tarvittaessa osaluettelo Assembly manual-kansiosta)
4. Tutustu tuleviin tehtäviin huolella
5. Aloita ohjeen mukainen työskentely
6. Työskentele huolellisesti
Mikäli epäilet onko toiminta tapasi oikea, älä jatka kysymättä muiden mielipidettä
Älä aloita uutta työ vaihetta mikäli se jättää alleen tarkastamattomia töitä tai keskeneräisiä järjestelmiä
7. Ajoita työskentelysi, niin että pystyt lopettamaan
kuitattavan osion valmistuessa.
Muista tarkastuttaa tekemäsi työvaiheet
8. Siivoa jälkesi
Työkalut, ohjeet ja piirustukset, lastut lattialta, pöydiltä ja rakenteiden sisältä, kahvinkeitin ja kupit
9. Kuittaa tekemäsi työt ”master asennusohjeeseen” **ja**
Rakennuksen seuranta kansioon
10. Kirjaa tunnit tuntiseurantalistaan ja sulje tietokone
11. Kirjoita muutama kommentti tehdystä työstä
henkilökohtaiseen projektikansioon
12. Poistu vähin äänin paikalta ja varmista että ovi sulkeutuu

Kuva 14. TEAM Eurostarin työohje

7 Päätelmät

7.1 Aikataulu

Lentokoneen rakennussarjan kokoaminen alkoi toimituksellisista syistä noin 7 viikkoa myöhässä, ja vastuuryhmän 10 päivän Saksan matka viivästytti aloitusta lisää. Todelliseksi aloituspäiväksi tuli 27.2.2005, jos toimituksen tulotarkastusta ei oteta huomioon. Alkuperäinen tavoite lentokoneen ensilennolle oli vappu 2005. Se siirrettiin heti juhannukseksi 2005, kun todettiin toimituksen viivästyvän.

Nyt, kun rakentaminen on hyvässä vauhdissa, voi sanoa, että tähän mennessä tehtyjen ja havaittujen virheiden korjaamiseen on mennyt ja menee aikaa valitettavan paljon. Suunnitelman aikataulu on tehty perustuen oletukseen, että työvaiheet pystytään tekemään ammattimaisesti, ja turhia odotteluja tarkastuksissa ja korjauksissa ei ole. Näistä syistä ei edes juhannus 2005 ole ensilentoa ajatellen realistinen tavoite.

Aikataulussa ei ole myöskään huomioitu sitä, että melkein kaikki osallistujista aloittavat toukokuun alussa opintoihin liittyvät työharjoittelut. Tämä rajoittaa heidän osaltaan Eurostar-projektiin osallistumisen iltaan ja viikonloppuihin tai keskeyttää sen jopa kokonaan.

7.2 Organisaatio

Organisaation toiminta ei ole ollut suunnitelman mukaista. Suunnitelman mukaan projektipäällikön olisi pitänyt jakaa ryhmille näiden vastuualueet. Ryhmänjohtajat olisivat jakaneet tehtävät toimitasoluille ja ohjanneet ja valvoneet toimintasolujen suorittamista ja pitäneet projektipäällikön ajan tasalla etenemisestä.

Todellisuudessa projektipäällikkö jakoi tehtävät suoraan toimitasolle, jolloin ryhmänjohtajista tuli tarpeettomia. Tämä johti siihen, että projektipäällikön olisi pitänyt pystyä myös valvomaan kaikkien toimintasolujen toimintaa. Kun toimintasoluja on 14, ja valtaosa projektiin osallistujista ei ollut

projektipäällikölle entuudestaan tuttuja, eivät valvonta ja ohjeistaminen onnistuneet parhaalla mahdollisella tavalla. Projektipäällikön osallistuminen aktiivisesti yhden toimintasolun toimintaa rajoitti osaltaan valvonnan toteuttamista.

Edellisessä kappaleessa mainittu opiskelijoiden työharjoittelujen alkaminen supistaa organisaatiota ja rajoittaa viikkoaikataulun tunteja. Kesän ajaksi täytyykin tehdä uusi tehtävänjako niiden osallistujien kesken, jotka voivat myös kesän aikana toimia projektissa. Tämän uudelleen jaon voi tehdä vasta toukokuun alkupuolella, kun kaikkien osallistujien kesäaikataulut on saatu selville.

[3]

7.2.1 Projektissa tekemättä jääneet hallintaa ja ilmapiiriä parantavat toimenpiteet

Edellisessä kappaleessa mainittu osallistujien tunnistamisongelma olisi helpottunut, jos verkkokansioon olisi tehty organisaatiokaavio, jossa on nimien lisäksi myös henkilöiden kuvat. Tällainen organisaatiokaavio olisi pitänyt laittaa myös rakennustilan seinälle. Käytössä olleet muuhun dokumentointiin varatut laitteet olisivat mahdollistaneet kuvallisen organisaatiokaavion tekemisen, mutta se jäi toteuttamatta lähinnä projektipäällikön saamattomuuden vuoksi ja siksi, ettei hän uskonut sen tarpeellisuuteen riittävästi. Näin jälkeempäin sanottuna siitä olisi ollut mainittavaa hyötyä.

Projektin kulkua pystyy seuraamaan kaikille nähtävissä olevasta Projektin aikataulu -tiedostosta, joka on verkkokansiossa. Ei kuitenkaan otettu huomioon, että valtaosa projektiin osallistujista ei tunne MS-project -ohjelmaa, jolla aikataulu on tehty. Niinpä he eivät välttämättä kyenneet edes avaamaan tiedostoa tai lukemaan sen sisältöä, niin että siitä olisi ollut haluttu hyöty. Tämän epäkohdan välttämiseksi aikataulusta olisi pitänyt parin viikon välein tulostaa rakennustilan seinälle sen hetkistä edistysvaihetta kuvaava raportti.

[3]

7.3 Rakentamisen loppuun saattaminen

Lentokonetta rakentava organisaatio ja sen tiedotus toimii hyvin. Muutoksiin on helppo reagoida, ja työaikojen yhteen sovittaminen on onnistunut kohtuullisesti. Ajan käytön tehostamiseen on vielä mahdollisuuksia.

Projektipäällikkö Kristian Ansaharju jatkaa toistaiseksi tehtävässään, mutta mikäli hänet palkataan töihin muulle paikkakunnalle pitää tehtävä antaa toiselle. Todennäköisesti korvaava henkilö on Jari Vuorenmaa. Kaikkien projektiin osallistujien osalta tilanne muuttuu merkittävästi toukokuun 2005 alusta, koska työharjoittelut alkavat. Noin 40 % joutuu lopettamaan kokonaan, toinen 40 % joutuu siirtymään ilta- ja viikonlopputyöskentelyyn ja vain 3-5 henkilöä jatkaa projektin toteuttamista kokopäiväisesti.

Vielä on toivoa, että kesällä 2005 TAMK Ilmailukerho Ry:n Eurostar lentää. Edessä tulee olemaan kuitenkin vielä monia valmistajan ohjeiden epäselvyydestä johtuvia pulmia ratkaistavaksi ja virheraportteja kirjoitettavaksi, mutta epäilystä kuvan 15 näyttämään tilanteeseen pääsemisestä ei ole. TAMK Ilmailukerho pääsee lähitulevaisuudessa aloittamaan ilmailukeholle erittäin suotavan toiminnan: lentämisen.



Kuva 15. Eurostar ultrakevytluokan lentokoneiden lentoajan päättyessä, Jan Fridrich

Kuva- ja taulukkoluetelo

- Kuva 1. teamEurostar EV-97, Jan Fridrich
- Kuva 2. Eurostarin takarungon rakennetta
- Kuva 3. Eurostarin ohjaamo
- Kuva 4. Osakokoonpanojen sijainti koneessa
- Kuva 5. Korkeusvakaaja valmistukseen vaadittava jigi , Jari Nyman
- Kuva 6. Organisaatiokaavio
- Kuva 7. Solujen osa-alue vastuut
- Kuva 8. Eurostar-projektin verkkokansio
- Kuva 9. Kiekko kuvaa yrityksen tai projektin viestintää
- Kuva 10. Evektorilla Jan Fridrichin vieraana
- Kuva 11. Tiedusteluseurue Evektor-Aerotechnikin pihalla
- Kuva 12. Ensimmäinen aikataulujako
- Kuva 13. Toinen aikataulujako
- Kuva 14. TEAM Eurostarin työohje
- Kuva 15. Eurostar ultrakevytluokan lentokoneiden lentoajan päättyessä
- Taulukko 1. Eurostarin mitat
- Taulukko 2. Eurostarin paino ja määreet
- Taulukko 3. Eurostarin lento-ominaisuudet
- Taulukko 4. Projektin päätapahtumien ajankohdat
- Taulukko 5. Projektiin osallistujat

Lähdeluettelo

Painetut lähteet

- 1 Esite: teamEurostar model 2004, Evektor-Aerotechnik 2004
- 2 Assembly Manual Eurostar EV-97 Model 2000 version R, Evektor-Aerotechnik 2001
- 3 Baldridge National Quality Program 2002
- 4 Yrityksen viestintä, Kortetjärvi-Nurmi, Kuronen Ollikainen, Oy Edita Ab 2001

Painamattomat lähteet

- 5 Evektor – Aerotechnikin vierailulta saatua tietoa
- 6 Markku Lahtisen haastattelu, Eurostarin omistaja
- 7 Marko Tannisen ja toisen Mikkeliäläisen imailuharrastajan haastattelu, joka ei halunnut nimeään mainittavan

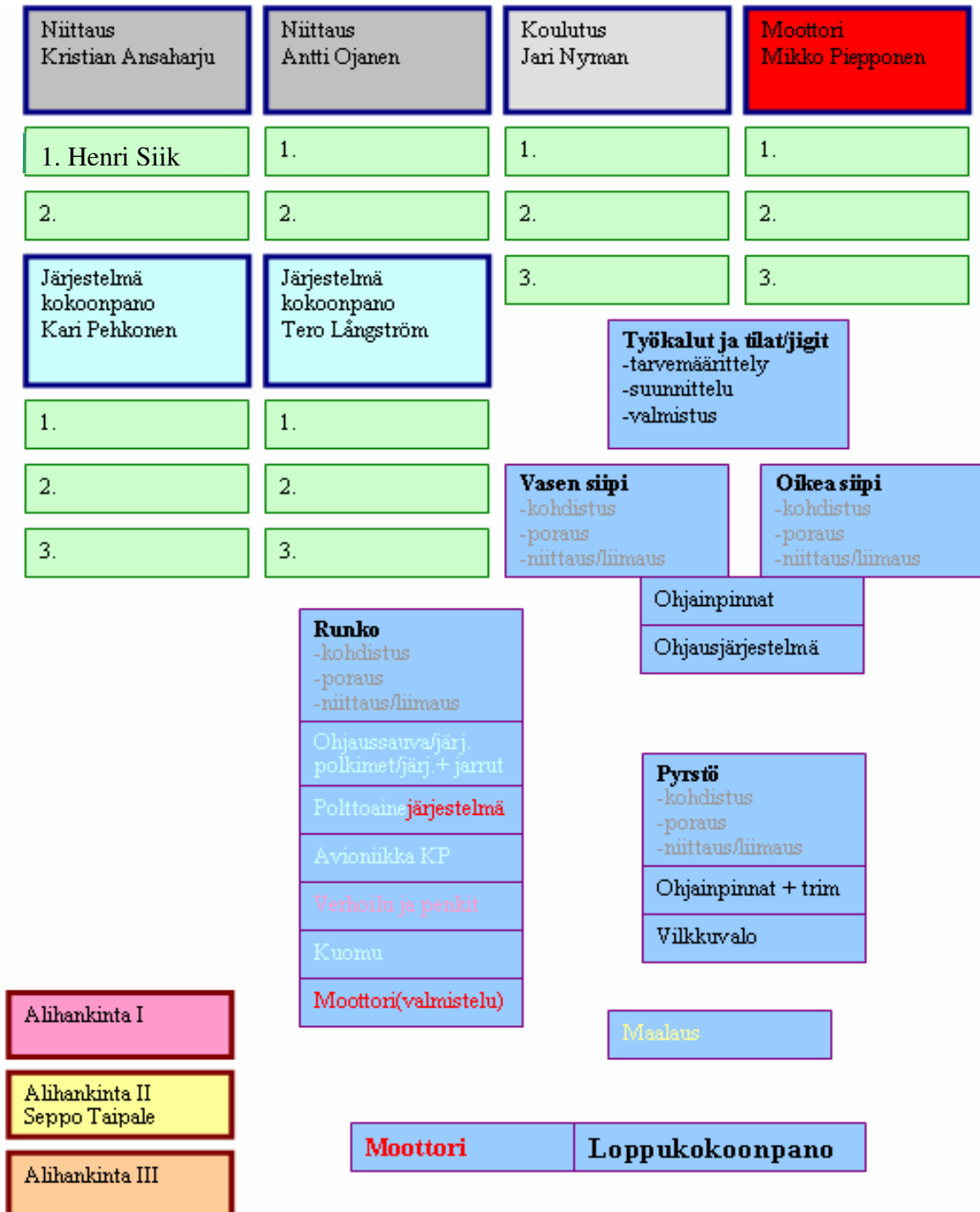
Sähköiset lähteet

- 8 Evektor – Aerotechnikin kotisivut:
<http://www.evektor.cz/at/en/products.htm>
- 9 Käyttäjäkokemuksia Eurostarista:
<http://www.pilotfriend.com/experimental/3/EV97eurostar.htm>

Liitteet

- 1 Ensimmäinen kokoonpano-osa-alueiden ja työryhmien hahmottelu
- 2 TAMK Ilmailukerho Ry:n rakennuslupa ja rakennuslupahakemus
- 3 Kutsu aloituspalaveriin
- 4 Projektin osa-alueet -lomake
- 5 Ilmoittautumislomake
- 6 Projektisuunnitelma
- 7 Kustannusarvio
- 8 Tarkastuksen ohjeet, Jari Vuorenmaa
- 9 Virheilmoituslomake

Ensimmäinen kokoonpano-osa-alueiden ja työryhmien hahmottelu



TAMK Ilmailukerho Ry:n rakennuslupa



Päivämäärä
02. 02. 2005

Dnro
4/62/05

TMAK Ilmailukerho ry/ pj. Jaakko Mattila
Teiskontie 33
33520 Tampere

14. 2. 2005
1573 5139 2005

Vite hakemuksenne 8.12.2004

ILMA-ALUKSEN RAKENNUSLUPA

Hakemukseenne viitaten myönnetään Teille lupa rakentaa ultrakevyt lentokone
EV-97 Eurostar, Model 2000, Version R.

Rakennuslupa on voimassa edellyttäen, että rakennustyö tehdään niiden piirustusten ja
rakennusohjeiden mukaisesti, jotka on laatinut Eक्टर Aerotechnic, a.s.

Rakennustyön valvojana toimii Heikki Aalto

Muutoin on noudatettava liitteenä olevien ilmailumääräysten vaatimuksia.

Lupa on voimassa ^{28.} 2.2.2010 saakka.

Erityisvaatimukset:

Jaostopäällikkö


Ari Vahtera

Tarkastaja


Hannu Martikainen

TAMK Ilmailukerho Ry:n rakennuslupahakemus



ILMAILULAITOS
LENTOTURVALLISUUSHALLINTO

HARRASTERAKENTEISEN ILMA-ALUKSEN RAKENNUS- / MUUTOSTYÖLUPAHAKEMUS

Ilmailumääräyksiin AIR M5-1 ja AIR M5-2 viitaten haen ilma-aluksen rakennus-/muutostyölupaa alla olevien tietojen mukaisesti.

1. RAKENNETTAVA / MUUTETTAVA ILMA-ALUS (Hakija täyttää)

Tyyppi / Malli EV-97, Model 2000, Versio R		
<input type="checkbox"/> Lentokone	<input type="checkbox"/> Purjelentokone	<input type="checkbox"/> Helikopteri
<input checked="" type="checkbox"/> Ultrakevyt lentokone	<input type="checkbox"/> Moottoripurjekone	<input type="checkbox"/> Autogiro
Muu..		
<input type="checkbox"/> Itse suunniteltu	<input type="checkbox"/> Suuri muutostyö (ilma-alus Exp. luokkaan)	
<input type="checkbox"/> Rakennetaan piirustuksista	<input type="checkbox"/> Muutostyö Exp. Ilma-alukseen	
<input checked="" type="checkbox"/> Rakennetaan rakennussarjasta	<input type="checkbox"/> Rakennusluvan muutos	
<input type="checkbox"/> Vanhan ilma-aluksen uudelleenrakennus	<input type="checkbox"/> Muu ...	
<input checked="" type="checkbox"/> Kolmitahokuva päämittoineen liitteenä (toimitettava kaikissa hakemuksissa)		

Ilma-alus rakennetaan rakennussarjasta

Rakennussarjan valmistaja / toimittaja Evektor Aerotechnic, a.s.	Rakennussarjan No. 2005 2402
---	---------------------------------

Ilma-alus rakennetaan valmiiden piirustusten mukaan

Suunnittelija / piirustusten toimittaja	Piirustussarjan No.
Piirustussarjan viimeisin muutospäivämäärä (Revisioaste)	

Ilma-alus tai muutostyö on itse suunniteltu tai on ensimmäinen laatuaan Suomessa

Lisätietoja		
Suomen Ilmailuliiton toimimisan tämän hakemuksen mukaisen ilma-aluksen rakennustyön valvojana		
Liitteet: <input type="checkbox"/> Paino- ja painopistearvio	<input type="checkbox"/> Lujuustarkastelu	<input type="checkbox"/> Suorituskykyarvio
<input type="checkbox"/> Valmistuspiirustukset	<input type="checkbox"/> Selvitys vakavuudesta	<input type="checkbox"/> Muu...

Päätiedot ilma-aluksesta

Paikkaluku (ohjaaja mukaanlukien)	[kpl]	2	Rakenne: <input type="checkbox"/> Puu <input type="checkbox"/> Lujitemuovi <input type="checkbox"/> Sekarakenne (putki / kangas) <input checked="" type="checkbox"/> Metall <input type="checkbox"/> Muu...
Moottorin tyyppi / malli	Rotax ULS 912		
Moottorin teho / pyörimisnopeus	[kW/n]	72/5500	
Potkurin halkaisija / nousu	[cm/cm]	170 / 15 ^e	
Tyhjämässä	[kg]	275	
Suurin lentoonlähtömassa	[kg]	450	
Max. Polttoainemäärä	[l]	65	
Suurin sallittu nopeus (VNE)	[km/h]	225	
Liikehtimisnopeus (VA)	[km/h]	160	
Sakkausnopeus laskuasussa (VS0)	[km/h]	65	
Kuormituskertoimet		+ 4 - 2	

Lisätietoja

Rakennettava ilma-alus tehdään Tampereen ammattikorkeakoulun Ilmailukerho ry:n toimesta. Projekti tehdään merkittävältä osalta kerholaisten opiskelijatyönä osana heidän lentokonetekniikan opintojaan.

Tämä hakemus on toimitettava lausuntoa varten: Suomen Ilmailuliitto r.y. Experimental keskustoimikunta, Helsinki-Malmin Lentoasema, 00700 Helsinki, joka toimittaa sen edelleen lausunnollaan varustettuna Ilmailulaitokselle.

2. RAKENTAJA (Hakija täyttää)

Nimi TAMK Ilmailukerho ry / pj. Jaakko Mattila	Ammatti Yliopettaja
Jakeluosoite Teiskontie 33	Postinumero 33520
Puhelin (koti) 0400 257428	03 2647313
	Postitoimipaikka Tampere
	Telefax 03 2647211

Koulutus, ilmailu- ja lentokoneenrakennuskokemus

Insinööri koneenrakennus, DI tuotantotalous, Lentokoneapumekaanikko res., Lentokonemekaanikkokurssi 7 res, Lentokokemus: PPL(A) 432h, Mittariaika 10h, GPL 5h, MPGL 65h
 Kelpuutukset: NF(A), SE piston (land), SE piston (sea), TOW, CVFR suoritettu, Punnitsijakelpuus GPL, MGPL Teoriaopett. MGPL Experimental rakennuskokemusta Lerche projekti OH-496X, osin mukana VP-1 projektissa

3. RAKENNUSPAIKKA (Hakija täyttää)

Rakennustilat Tampereen ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratiotilat		
Jakeluosoite Teiskontie 33	Postinumero 33520	Postitoimipaikka Tampere

4. VALVOJA (Valvoja täyttää)

Nimi Heikki Aalto	Ammatti Yliopettaja / koneosaston johtaja
Jakeluosoite Teiskontie 33	Postinumero 33520
Puhelin (koti) 050 5553110	Puhelin (toimi) 03 2647300
	Postitoimipaikka Tampere
	Telefax 03 2647211

Koulutus, ilmailu- ja lentokoneenrakennuskokemus

DI Lentokonetekniikka 1971
 Valmet Oy Ilmailuteollisuuden kehitysosasto 1971
 TAMK Konetekniikan koulutusohjelman ja lentokonetekniikan linjanjohtaja
 Pirmec Rakenne Oy Lentokonerakenteiden suunnittelua ja modifiointia

Pvm 8.12.2004	Paikka TAMPERE	Valvojan allekirjoitus <i>Heikki Aalto</i>
------------------	-------------------	---

5. LUVAN HAKIJAN ALLEKIRJOITUS (Hakija täyttää)

Pvm 8.12.2004	Paikka TAMPERE	Hakijan allekirjoitus <i>Jaakko Mattila</i>
------------------	-------------------	--



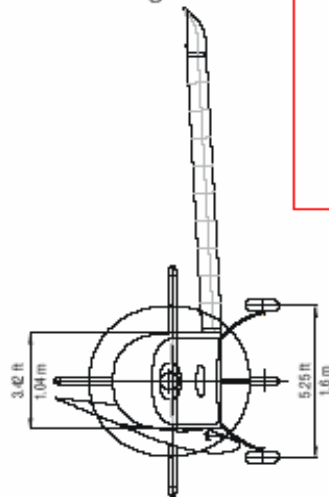
ASSEMBLY MANUAL

2.4 Aircraft Technical Description

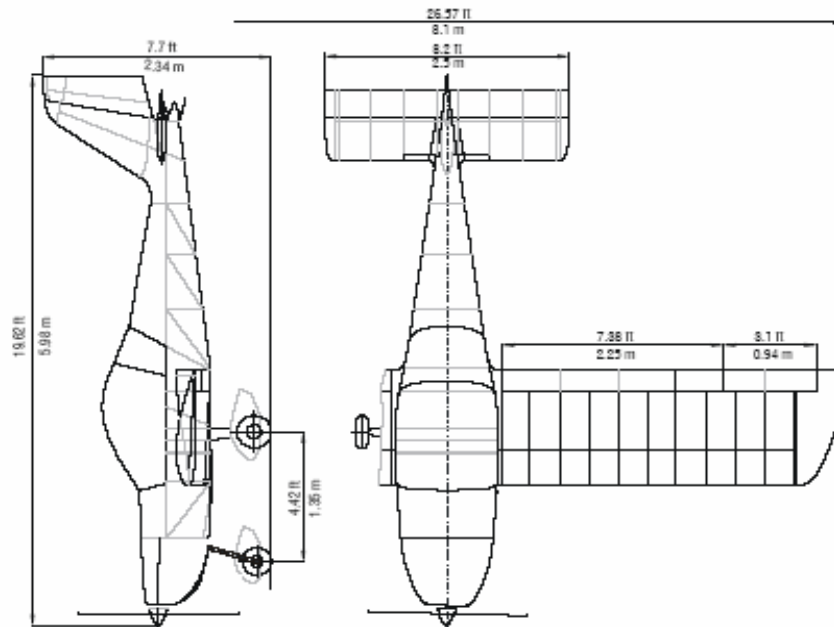
EV-97 EUROSTAR MODEL 2000 VERSION R is single-engine, all-metal low wing monoplane of semimonocoque construction with two side-by-side seats. The airplane has fixed tricycle landing gear with steerable nosewheel.

EV-97 EUROSTAR MODEL 2000 VERSION R has been certified in "ULTRALIGHT" category in the Czech Republic, Slovak Republic, and in Germany. The aircraft meets requirements valid for ultralights in most countries.

2.4.1 Three-view Drawing



**Kolmitahokuva
päämittoineen**



2-4	Document No. AMEV2000REN	Date of Issue 6/2001	Revision -
-----	-----------------------------	-------------------------	---------------

Kutsu aloituspalaveriin



TAMK 2005

Hei!

TAMK ilmailukerhon ultrakevyen lentokoneen rakentamiseen liittyen pidetään projektipalaveri.
Palaveriin ovat tervetulleita kaikki lentokonetekniikan opiskelijat ja muutkin asiasta kiinnostuneet.

Sähköosaston auditoriossa keskiviikkona 12.01. klo 13.15 - 14.00.....
(15.00)

Palaverin tavoitteet ovat:

1. Käydä läpi projektin nykytila
2. Käydään läpi tämänhetkinen ajatus projektin osittamisesta alaprojekteihin
3. Käydään läpi projektiopiskelun periaatteet ja käytänteet projektien kirjaamisessa opintorekisteriin
4. Muodostetaan projektiryhmiä
5. Muut kokouksessa esille nousevat asiat

I180-4 luokalla ei ole tunteja, I180-3 luokalla ko. ajankohtana olevat tunnit käytetään tähän aiheeseen.

Toivon, että myös I100-2 opiskelijat/lentokonetekniikka (I180-2) osallistuisivat tähän palaveriin ja ottaisivat selkoa mahdollisesti menettämiensä oppituntien sisällöstä itsenäisesti.

Tervetuloa

Heikki Aalto ja Jaakko Mattila

Projektin osa-alueet -lomake



12.01.2005

EUROSTAR -projektin tehtävien erittely

Vasen siipi Niittausryhmä 1	Oikea siipi Niittausryhmä 2	Tarkastus ja Laatu
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-Juukka Vainio	-Simo Marjamäki	-

Työkalut ja tilat	Sivuperäsin	Korkeusperäsin + trim
-	-	- Niittausryhmä 2
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Rungon niittaustyöt	Päälaskuteline	Nokkapyöräteline
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

Runko
-
-



12.01.2005

Ohjausjärjestelmä
Työntötanko-osa

-

-

-

Sivuperäsimen ohjaus
Vaijeriohjaus

-

-

-

Laskusiivekkeiden ohjaus

-

-

-

Trimmin ohjaus

-

-

-

-

Siiven kiinnitysmekanismi

-

-

-

Jarru järjestelmä

-

-

-

-

-

Polttoainejärjestelmä

-

-

-

Kuomu

Turvavyöt

-

-



12.01.2005

Pitostaattinen järjestelmä

-
-
-
-

Kojetaulun asennus **Avioniikka**

-
-
-
-
-

Maalauksen suunnittelu

Maalauksen toteutus → Seppo Taipale

-
-
-
-

Verhoilun suunnittelu

Verhoilun toteutus →

-
-
-
-

Moottori ja sen asennus

-
-
-
-

Lisävarusteiden asennus

-
-
-
-

Katsastus

-
-
-
-

Koelento

-
-

Ilmoittautumislomake



TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
 TAMPERE POLYTECHNIC

12.01.2005

Ilmoittautuminen EUROSTAR-projektiin

Nimi: _____ Opiskelijanumero: _____ Luokka: _____

Osoite: _____

Puhelinnumero: _____

Sähköpostiosoite: _____

Ohje: Merkitse *taulukkoon 1* ajat, jolloin sinulla on koulua, säännöllisiä harrastuksia ym. (ei tarvitse eritellä, eikä selittää)

Käytä merkintää 

Merkitse *taulukkoon 2* ajat, jolloin olet valmis työskentelemään EUROSTAR - projektissa.

Käytä merkintää 

Taulukko 1: Viikkotunnit, jotka on varattu

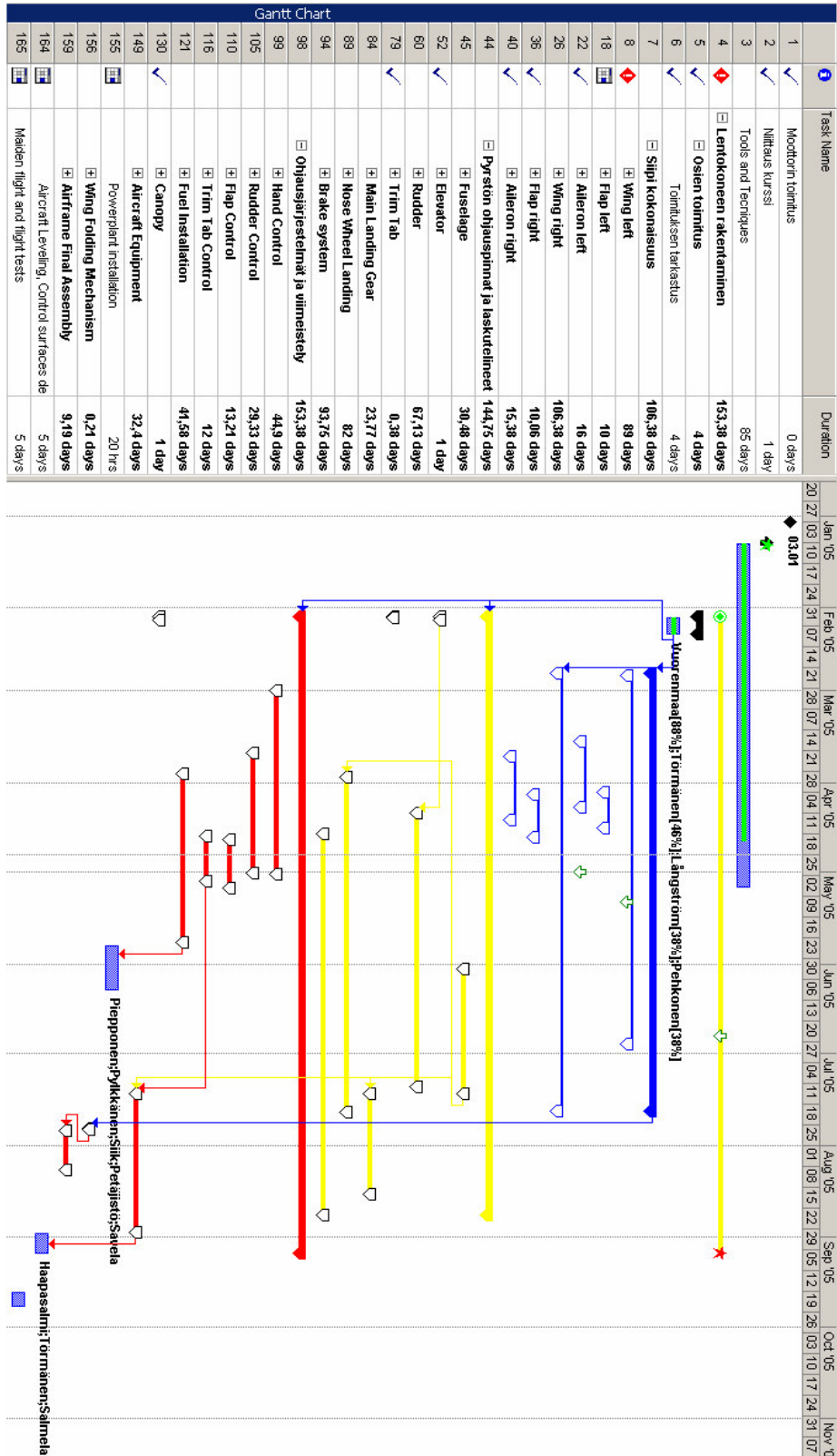
	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
7-8							
8-9							
9-10							
10-11							
11-12							
12-13							
13-14							
14-15							
15-16							
16-17							
17-18							
18-19							
19-20							
20-21							

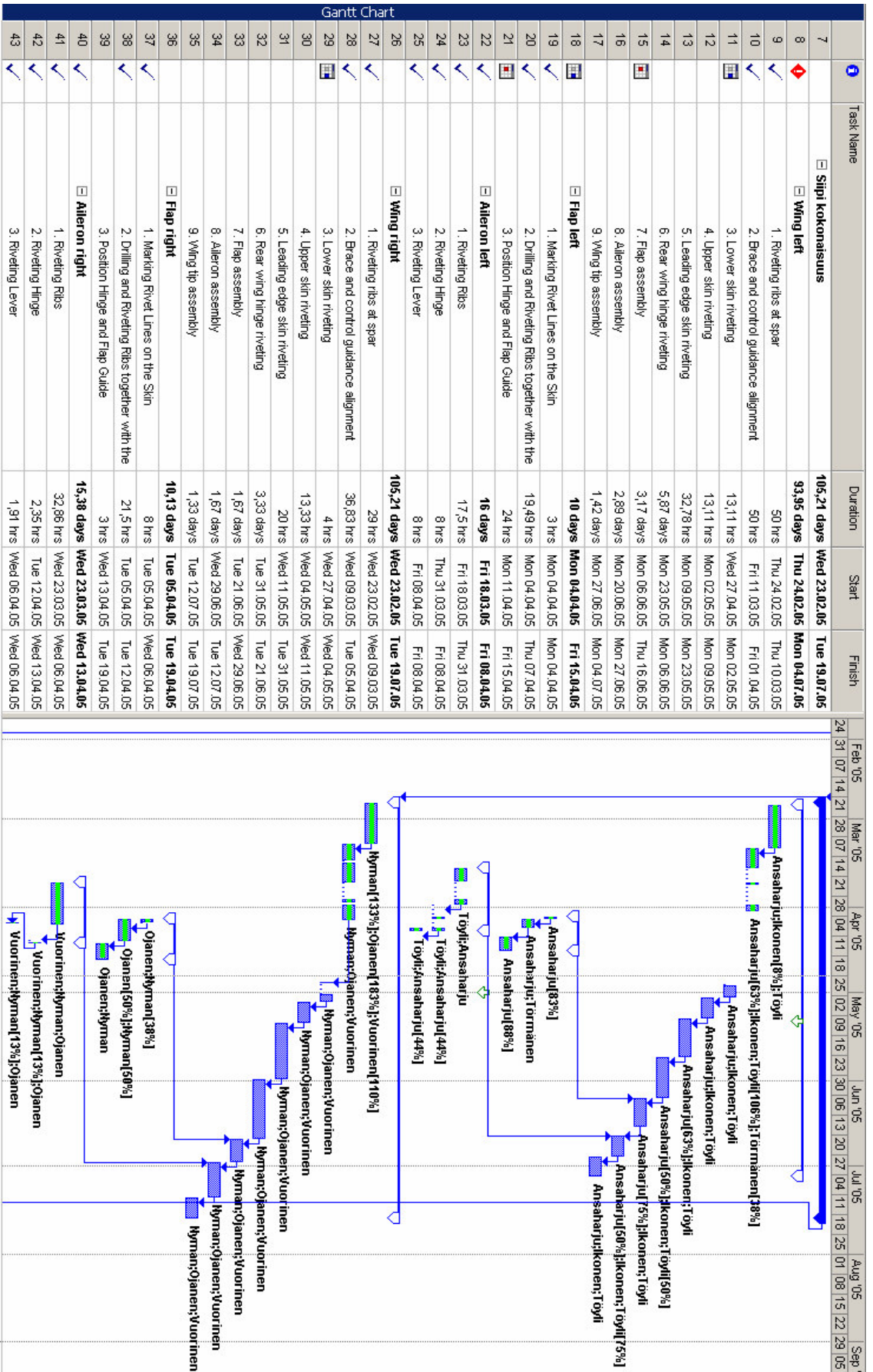
Taulukko 2: Viikkotunnit, jolloin sitoutuu EUROSTAR-projektiin

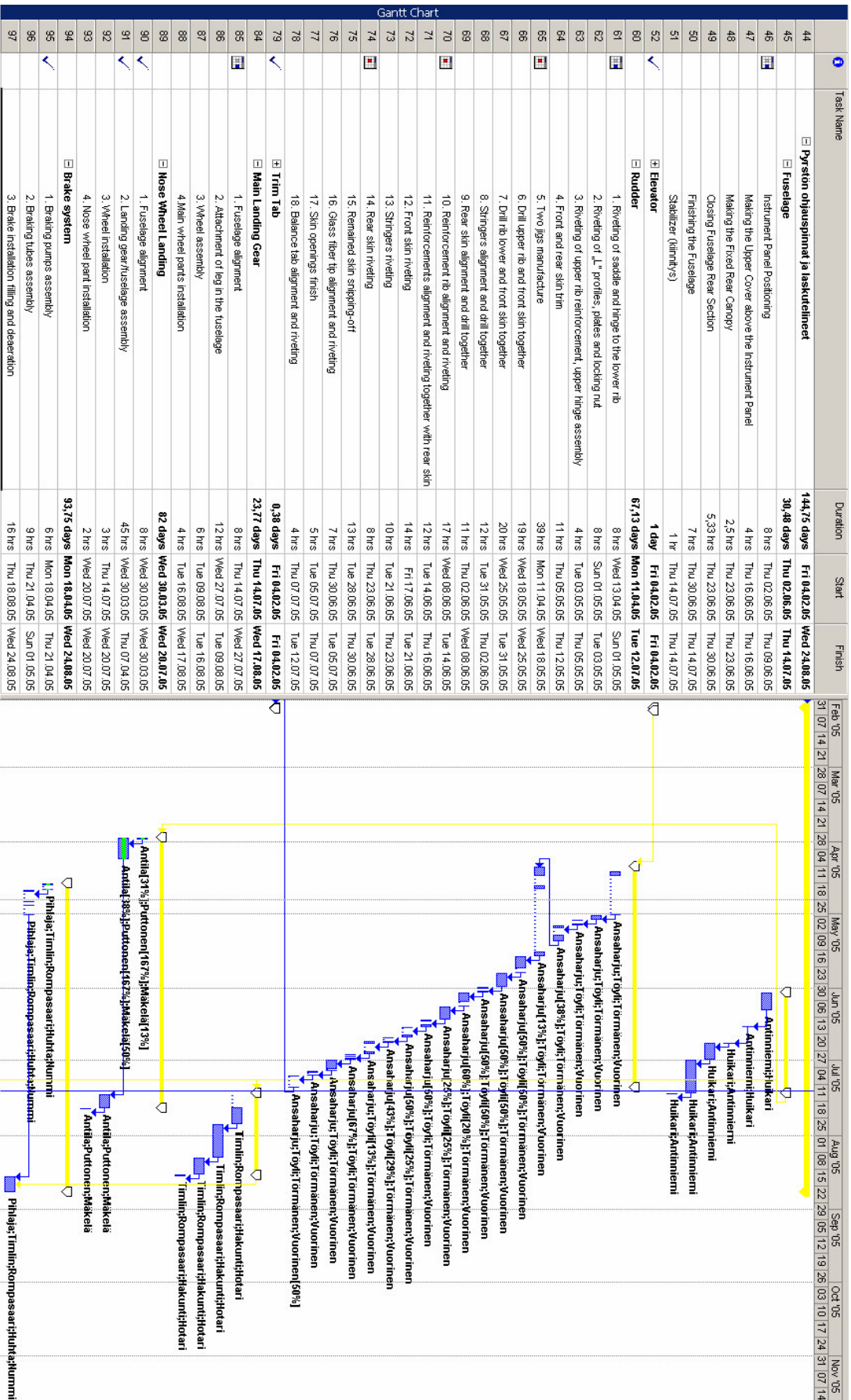
	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
7-8							
8-9							
9-10							
10-11							
11-12							
12-13							
13-14							
14-15							
15-16							
16-17							
17-18							
18-19							
19-20							
20-21							

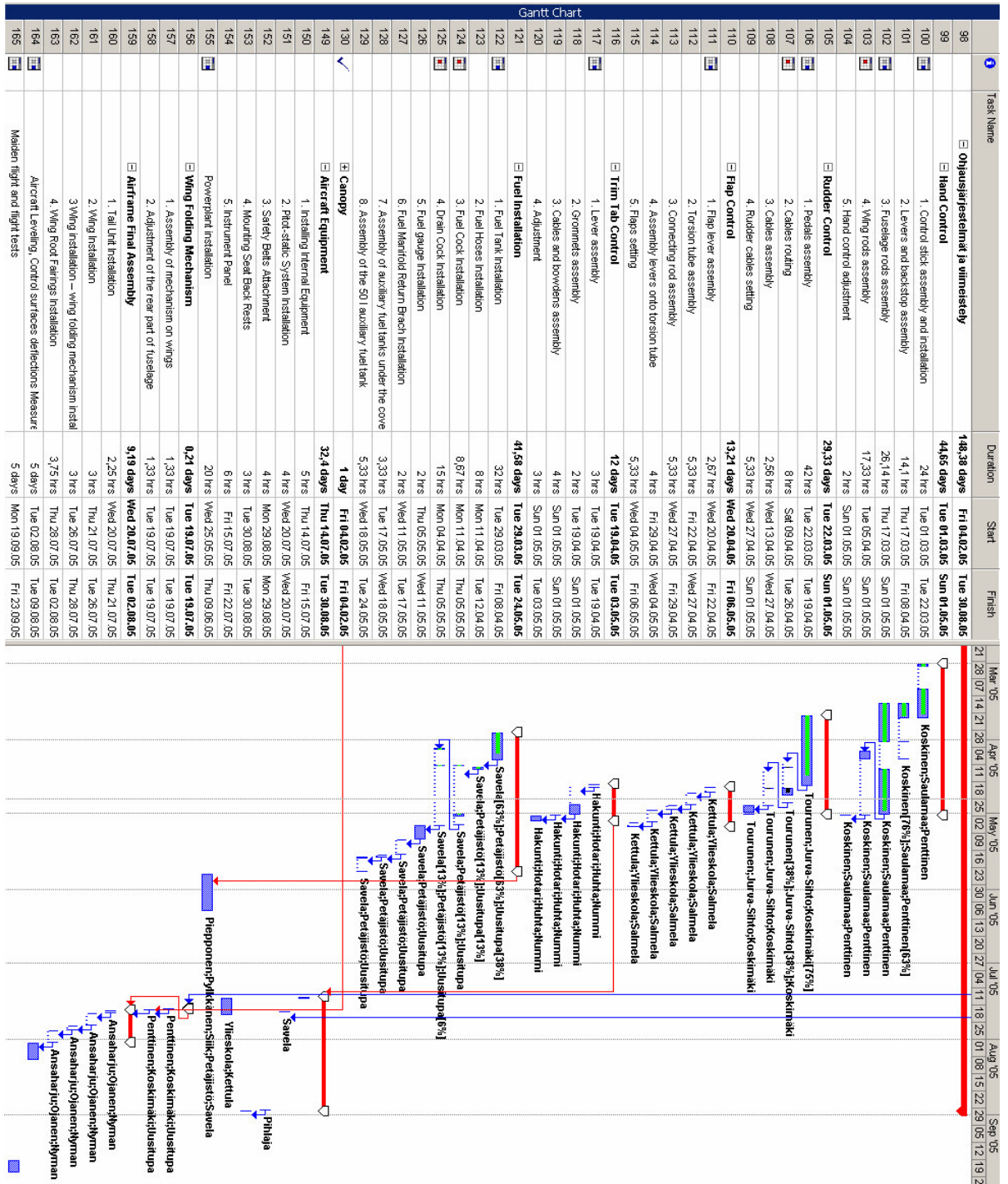
Lomake palautettava 21.01.2005 mennessä Lekolabran F2-22 oven vieressä olevaan postilaatikkoon

Projektsuunnitelma









Kustannusarvio

ID	Task Name	Total Cost	
8	Wing left	7 264,19 €	
18	Flap left	966,46 €	
22	Aileron left	687,50 €	
26	Wing right	7 968,25 €	
36	Flap right	476,25 €	
40	Aileron right	603,66 €	
7	Siipi kokonaisuus	17 966,31 €	
45	Fuselage	1 325,00 €	
52	Elevator	0,00 €	Huom! Tilattiin valmiina
60	Rudder	4 550,00 €	
79	Trim Tab	0,00 €	Huom! Tilattiin valmiina
84	Main Landing Gear	1 500,00 €	
89	Nose Wheel Landing	1 125,00 €	
94	Brake system	1 200,00 €	
44	Pyrstön ohjauspinnat ja laskutelineet	9 700,00 €	
99	Hand Control	1 258,75 €	
105	Rudder Control	1 221,81 €	
110	Flap Control	816,67 €	
116	Trim Tab Control	950,00 €	
121	Fuel Installation	1 322,92 €	
130	Canopy	0,00 €	Huom! Tilattiin valmiina
149	Aircraft Equipment	600,00 €	
155	Powerplant installation	2 500,00 €	
156	Wing Folding Mechanism	200,00 €	
159	Airframe Final Assembly	400,00 €	
164	Aircraft Leveling, Control	500,00 €	
98	Ohjausjärjestelmät ja viimeistely	9 770,15 €	
4	Lentokoneen rakentaminen	37 436,46 €	

ID	Task Name	Total Cost
6	Toimituksen tarkastus	800,00 €
8	Wing left	
9	1. Riveting ribs at spar	2 081,31 €
10	2. Brace and control guidance	1 012,50 €
11	3. Lower skin riveting	327,83 €
12	4. Upper skin riveting	327,83 €
13	5. Leading edge skin riveting	859,83 €
14	6. Rear wing hinge riveting	757,75 €
15	7. Flap assembly	822,10 €
16	8. Aileron assembly	790,33 €
17	9. Wing tip assembly	284,70 €
18	Flap left	
19	1. Marking Rivet Lines on the S	62,50 €
20	2. Drilling and Riveting Ribs to	503,96 €
21	3. Position Hinge and Flap Gui	400,00 €
22	Aileron left	
23	1. Riveting Ribs	512,50 €
24	2. Riveting Hinge	87,50 €
25	3. Riveting Lever	87,50 €
26	Wing right	
27	1. Riveting ribs at spar	1 650,00 €
28	2. Brace and control guidance	733,25 €
29	3. Lower skin riveting	560,00 €
30	4. Upper skin riveting	433,33 €
31	5. Leading edge skin riveting	833,33 €
32	6. Rear wing hinge riveting	1 458,33 €
33	7. Flap assembly	883,33 €
34	8. Aileron assembly	666,67 €
35	9. Wing tip assembly	750,00 €
36	Flap right	
37	1. Marking Rivet Lines on the S	75,00 €
38	2. Drilling and Riveting Ribs to	375,00 €
39	3. Position Hinge and Flap Gui	26,25 €
40	Aileron right	
41	1. Riveting Ribs	581,43 €
42	2. Riveting Hinge	7,35 €
43	3. Riveting Lever	14,88 €

45	Fuselage	
46	Instrument Panel Positioning	400,00 €
47	Making the Upper Cover above	200,00 €
48	Making the Fixed Rear Canopy	125,00 €
49	Closing Fuselage Rear Section	200,00 €
50	Finishing the Fuselage	350,00 €
51	Stabilizer (kiinnitys)	50,00 €
60	Rudder	
61	1. Riveting of saddle and hinge	200,00 €
62	2. Riveting of „L“ profiles, plates	300,00 €
63	3. Riveting of upper rib reinforcement	150,00 €
64	4. Front and rear skin trim	150,00 €
65	5. Two jigs manufacture	450,00 €
66	6. Drill upper rib and front skin	300,00 €
67	7. Drill rib lower and front skin	475,00 €
68	8. Stringers alignment and drill	325,00 €
69	9. Rear skin alignment and drill	225,00 €
70	10. Reinforcement rib alignment	275,00 €
71	11. Reinforcements alignment	275,00 €
72	12. Front skin riveting	300,00 €
73	13. Stringers riveting	225,00 €
74	14. Rear skin riveting	100,00 €
75	15. Remained skin snipping-off	200,00 €
76	16. Glass fiber tip alignment and	275,00 €
77	17. Skin openings finish	150,00 €
78	18. Balance tab alignment and	175,00 €
84	Main Landing Gear	
85	1. Fuselage alignment	400,00 €
86	2. Attachment of leg in the fuselage	600,00 €
87	3. Wheel assembly	300,00 €
88	4. Main wheel pants installation	200,00 €
89	Nose Wheel Landing	
90	1. Fuselage alignment	87,50 €
91	2. Landing gear/fuselage assembly	662,50 €
92	3. Wheel installation	225,00 €
93	4. Nose wheel pant installation	150,00 €
94	Brake system	
95	1. Braking pumps assembly	225,00 €
96	2. Braking tubes assembly	300,00 €
97	3. Brake installation filling and	675,00 €

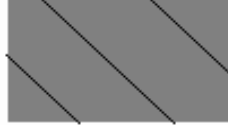
ID	Task Name	Total Cost
99	Hand Control	
100	1. Control stick assembly and i	447,92 €
101	2. Levers and backstop assembl	265,00 €
102	3. Fuselage rods assembly	212,50 €
103	4. Wing rods assembly	233,33 €
104	5. Hand control adjustment	100,00 €
105	Rudder Control	
106	1. Pedals assembly	850,00 €
107	2. Cables routing	107,81 €
108	3. Cables assembly	64,00 €
109	4. Rudder cables setting	200,00 €
110	Flap Control	
111	1. Flap lever assembly	66,67 €
112	2. Torsion tube assembly	200,00 €
113	3. Connecting rod assembly	200,00 €
114	4. Assembly levers onto torsion	150,00 €
115	5. Flaps setting	200,00 €
116	Trim Tab Control	
117	1. Lever assembly	150,00 €
118	2. Grommets assembly	100,00 €
119	3. Cables and bowdens assembly	400,00 €
120	4. Adjustment	300,00 €
121	Fuel Installation	
122	1. Fuel Tank Installation	637,50 €
123	2. Fuel Hoses Installation	50,00 €
124	3. Fuel Cock Installation	66,67 €
125	4. Drain Cock Installation	93,75 €
126	5. Fuel gauge Installation	75,00 €
127	6. Fuel Manifold Return Branch I	75,00 €
128	7. Assembly of auxiliary fuel ta	125,00 €
129	8. Assembly of the 50 l auxilian	200,00 €
149	Aircraft Equipment	
150	1. Installing Internal Equipment	50,00 €
151	2. Pitot-static System Installati	100,00 €
152	3. Safety Belts Attachment	100,00 €
153	4. Mounting Seat Back Rests	50,00 €
154	5. Instrument Panel	300,00 €
156	Wing Folding Mechanism	
157	1. Assembly of mechanism on	100,00 €
158	2. Adjustment of the rear part o	100,00 €
159	Airframe Final Assembly	
160	1. Tail Unit Installation	75,00 €
161	2. Wing Installation	100,00 €
162	3 Wing installation – wing foldi	100,00 €
163	4. Wing Root Fairings Installati	125,00 €

Tarkastuksen ohjeet, Jari Vuorenmaa

Tarkastajat:

1. Jari Vuorenmaa
2. Kari Pehkonen
3. Tero Långström

Puh.



Tarkastuksen ohjeet

Osa-alueiden vastaavat:

Ennen työvaiheiden alkua pidetään osa-alueen vastaavan kanssa palaveri jossa käydään työvaihe noin suurin piirtein läpi ja päätetään seuraavista asioista:

- Osa-alueen vastaavan tarkastusalueet esim.
 - alakokoonpanot
 - alakokoonpanojen liittäminen isompaan kokoonpanoon
- Tarkastajien tarkastusalueet.

Huom. Loppujen lopuksi tarkastaja kuitenkin tarkastaa kaikki vaiheet.

Valmistus:

1. Tarkasta että löytyy oikeat kuvat ja kuvien mukaiset osat
2. Suunnittele miten työtehtävä olisi parhaiten suoritettavissa
 - esim. aikataulu, kuka tekee mitä tekee
3. Katso että tarvittavat työkalut löytyvät
4. Keskustelkaa ja päättäkää etukäteen mitä teette
5. Reikien teossa otettava huomioon:

Niitin koko:	Satiaisen väri	Poranterän koko:
3/32" (2,4 mm)	Sininen/ruskea	#40
1/8" (3,2 mm)	Punainen	#30
5/32" (4,0 mm)	Keltainen	#21
3/16" (4,8 mm)	Vihreä	#11

	Niitin merkintä	Varren halkaisija	Suosittelava porareiän halkaisija [mm]
AVEX - sokkonitti	1604-0412	3,2	3,3-3,4
	1691-5307	3,0	3,1-3,3
	1691-0410	3,2	3,3-3,5
	1691-0414	3,2	3,3-3,5
	1691-0512	4,0	4,1-4,3
	1691-0516	4,0	4,1-4,3
	1691-0521	4,0	4,1-4,3
Standardi nitti	~	2,6	2,7-2,8
	~	3,0	3,1-3,3
	~	3,5	3,6-3,7
	~	4,0	4,1-4,3

Virheilmoituslomake



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

VIRHERAPORTTI

Tarkastajan nimi: Jari Vuorenmaa	Opiskelijanumero: 0201100	Päivä: 14.3.2005
--	-------------------------------------	----------------------------

Tekijän nimi: Kristian Ansaharju	Opiskelijanumero: K0000800	Päivä: 14.3.2005
--	--------------------------------------	----------------------------

Havaittu vika ja sen sijainti: Soikeareikä vasemmansiiven 1. kaaren jättöreuna ja tuki
--

Vioittuneiden osien nimet ja numerot:	
Middle Rib 1L	E0 02 05 22
Leading Rib stiffener 3	E2 50 16 21

Vian muoto. Piirrä ja/ tai ota <u>valokuva</u> ja liitä mukaan.

Korjausehdotus: <u>Porataan reikä suuremmaksi ja laitetaan ylikokoniitti (Seuraava koko)</u>

Korjausohje: _____

Hyväksynyt/ tarkastanut: Heikki Aalto	Paikka ja aika: 18.03.2005
---	--------------------------------------