

DECLARATION OF NATHANIEL E FRANK-WHITE

1. I am a Records Request Processor at the Internet Archive. I make this declaration of my own personal knowledge.

2. The Internet Archive is a website that provides access to a digital library of Internet sites and other cultural artifacts in digital form. Like a paper library, we provide free access to researchers, historians, scholars, and the general public. The Internet Archive has partnered with and receives support from various institutions, including the Library of Congress.

3. The Internet Archive has created a service known as the Wayback Machine. The Wayback Machine makes it possible to browse more than 450 billion pages stored in the Internet Archive's web archive. Visitors to the Wayback Machine can search archives by URL (i.e., a website address). If archived records for a URL are available, the visitor will be presented with a display of available dates. The visitor may select one of those dates, and begin browsing an archived version of the Web. Links on archived files in the Wayback Machine point to other archived files (whether HTML pages or other file types), if any are found for the URL indicated by a given link. For instance, the Wayback Machine is designed such that when a visitor clicks on a hyperlink on an archived page that points to another URL, the visitor will be served the archived file found for the hyperlink's URL with the closest available date to the initial file containing the hyperlink.

4. The archived data made viewable and browseable by the Wayback Machine is obtained by use of web archiving software that automatically stores copies of files available via the Internet, each file preserved as it existed at a particular point in time.

5. The Internet Archive assigns a URL on its site to the archived files in the format http://web.archive.org/web/[Year in yyyy][Month in mm][Day in dd][Time code in hh:mm:ss]/[Archived URL] aka an "extended URL". Thus, the extended URL http://web.archive.org/web/19970126045828/http://www.archive.org/ would be the URL for the record of the Internet Archive home page HTML file (http://www.archive.org/) archived on January 26, 1997 at 4:58 a.m. and 28 seconds (1997/01/26 at 04:58:28). The date indicated by an extended URL applies to a preserved instance of a file for a given URL, but not necessarily to any other files linked therein. Thus, in the case of a page constituted by a primary HTML file and other separate files (e.g., files with images, audio, multimedia, design elements, or other embedded content) linked within that primary HTML file, the primary HTML file and the other files will each have their own respective extended URLs and may not have been archived on the same dates.

6. Attached hereto as Exhibit A are true and accurate copies of browser screenshots of the Internet Archive's records of the archived files for the URLs and the dates specified in the attached coversheet of each printout.

INTERNET ARCHIVE
archive.org

7. Attached hereto as Exhibit B are true and accurate copies of printouts of the Internet Archive's records of the archived files for the URLs and the dates specified in the attached coversheet of each printout.

8. I declare under penalty of perjury under the laws of the United States of America that the foregoing is true and correct.

DATE: July 24, 2024

Nathaniel E Frank-White

Nathaniel E Frank-White

EXHIBIT A

https://web.archive.org/web/20240710093807/https://help.archive.org/help/wayback-machine-general-information/

INTERNET ARCHIVE
WayBackMachine
https://help.archive.org/help/wayback-machine-general-information/
Go
88 captures
19 Mar 2022 - 23 Ju
JUN JUL AUG
10
2023 2024 2025
About this capture



INTERNET ARCHIVE

Go to the Internet Archive

Wayback Machine General Information

- Home
- The Wayback Machine
- Wayback Machine & Web Archiving
- Wayback Machine General Information

0

What is the Wayback Machine?

The Internet Archive Wayback Machine is a service that allows people to visit archived versions of Web sites. Visitors to the Wayback Machine can type in a URL, select a date range, and then begin surfing on an archived version of the Web. Imagine surfing circa 1999 and looking at all the Y2K hype, or revisiting an older version of your favorite Web site. The Internet Archive Wayback Machine can make all of this possible.

What are the sources of your captures?

When you roll over individual web captures (that pop-up when you roll over the dots on the calendar page for a URL,) you may notice some text links shows up above the calendar, along with the word “why”. Those links will take you to the Collection of web captures associated with the specific web crawl the capture came from. Every day hundreds of web crawls contribute to the web captures available via the Wayback Machine. Behind each, there is a story about factors like who, why, when and how.

Why is the Internet Archive collecting sites from the Internet? What makes the information useful?

Most societies place importance on preserving artifacts of their culture and heritage. Without such artifacts, civilization has no memory and no mechanism to learn from its successes and failures. Our culture now produces more and more artifacts in digital form. The Archive’s mission is to help preserve those artifacts and create an Internet library for researchers, historians, and scholars. The Archive collaborates with institutions including the Library of Congress and the Smithsonian.

Where does the name come from?

The Wayback Machine is named in reference to the famous Mr. Peabody’s WABAC (pronounced way-back) machine from the Rocky and Bullwinkle cartoon show.

Who was involved in the creation of the Internet Archive Wayback Machine?

“The original idea for the Internet Archive Wayback Machine began in 1996, when the Internet Archive first began archiving the web. Now, five years later, with over 100 terabytes and a dozen web crawls completed, the Internet Archive has made the Internet Archive Wayback Machine available to the public. The Internet Archive has relied on donations of web crawls, technology, and expertise from Alexa Internet and others. The Internet Archive Wayback Machine is owned and operated by the Internet Archive.”

How was the Wayback Machine made?

Alexa Internet, in cooperation with the Internet Archive, has designed a three dimensional index that allows browsing of web documents over multiple time periods, and turned this unique feature into the Wayback Machine.

How do you archive dynamic pages?

There are many different kinds of dynamic pages, some of which are easily stored in an archive and some of which fall apart completely. When a dynamic page renders standard html, the archive works beautifully. When a dynamic page contains forms, JavaScript, or other elements that require interaction with the originating host, the archive will not contain the original site’s functionality.

Do you collect all the sites on the Web?

No, the Archive collects web pages that are publicly available. We do not archive pages that require a password to access, pages that are only accessible when a person types into and sends a form, or pages on secure servers. Pages may not be archived due to robots exclusions and some sites are excluded by direct site owner request.

Do you archive email? Chat?

No, we do not collect or archive chat systems or personal email messages that have not been posted to Usenet bulletin boards or publicly accessible online message boards.

Is there any personal information in these collections?

We collect Web pages that are publicly accessible. These may include pages with personal information.

Who has access to the collections? What about the public?

Anyone can access our collections through our website archive.org. The web archive can be searched using the Wayback Machine.

The Archive makes the collections available at no cost to researchers, historians, and scholars. At present, it takes someone with a certain level of technical knowledge to access collections in a way other than our website, but there is no requirement that a user be affiliated with any particular organization.

What is the Wayback Machine's Copyright Policy?

The Internet Archive respects the intellectual property rights and other proprietary rights of others. The Internet Archive may, in appropriate circumstances and at its discretion, remove certain content or disable access to content that appears to infringe the copyright or other intellectual property rights of others. If you believe that your copyright has been violated by material available through the Internet Archive, please provide the Internet Archive Copyright Agent with the following information:

Identification of the copyrighted work that you claim has been infringed;
An exact description of where the material about which you complain is located within the Internet Archive collections;
Your address, telephone number, and email address;
A statement by you that you have a good-faith belief that the disputed use is not authorized by the copyright owner, its agent, or the law;
A statement by you, made under penalty of perjury, that the above information in your notice is accurate and that you are the owner of the copyright interest involved or are authorized to act on behalf of that owner;
Your electronic or physical signature.
The Internet Archive Copyright Agent can be reached as follows:

Internet Archive Copyright Agent
Internet Archive
300 Funston Ave.
San Francisco, CA 94118
Phone: 415-561-6767
Email: info at archive dot org

How can I help the Internet Archive and the Wayback Machine?

The Internet Archive actively seeks donations of digital materials for preservation. If you have digital materials that may be of interest to future generations, please let us know by sending an email to info at archive dot org. The Internet Archive is also seeking additional funding to continue this important mission. You can click the donate tab above or click here. Thank you for considering us in your charitable giving.

How do I contact the Internet Archive?

All questions about the Wayback Machine, or other Internet Archive projects, should be addressed to info@archive.org.

Search
Search

- Accounts
- Archive-it Service
- Archive.org
- Archive.org General Information
- Audio and Music Items Information
- Books and Texts Information
- Borrow a Book from Archive.org
- Charges & Refunds
- Collections
- Company Matching & Amazon Smile
- Disability Access
- Donating Physical Items to the Archive
- Donating to the Internet Archive
- Donations
- Downloading
- Favorites
- Files, Formats, and Derivatives
- Forums
- General Interest
- Kid-Friendly
- Lists
- Managing and Editing Your Items
- Media Players
- Most Frequently Asked Questions
- Movies and Videos
- Organization Information
- Reporting problems or errors
- Reports
- Search
- Software
- Tax Information
- Technical Information
- The Wayback Machine
- Uncategorized
- Uploading
- Wayback Machine & Web Archiving

Recent Posts

Search – Building Powerful, Complex Queries
Donate Books App for iOS and Android
Why are so many books listed as "Borrow Unavailable" at the Internet Archive
Lists- A basic guide
Files, Formats, and Derivatives – file definitions

Files, Formats, and Derivatives – the definitions

https://web.archive.org/web/20130115230127/http:/lrfmedia.se/?Batnytt

INTERNET ARCHIVE
WayBackMachine
http://lrfmedia.se/?Batnytt
Go
74 captures
31 Jan 2009 - 19 Oc
DEC JAN MAR
2011 15 2013 2014
About this capture

Båtnytt

bild

Båtnytt är sedan 50 år den stora, breda båttidningen i Sverige. Landets främsta båtskribenter och -fotografer gör vassa tester av nya och begagnade motor- och segelbåtar, motorer och tillbehör, rapporterar från världens mässor, tipsar om smarta lösningar för båtägare, skriver om härliga färdmål och mycket mer. Båtnytt är gedigen konsumentjournalistik av båtfolk för båtfolk.

Åsa Bonthelius, chefredaktör

Båtnytt kommer ut med 12 nummer per år.

Läsare: 104 000 (Orvesto helår 2010)

Postadress: Båtnytt, 113 92 Stockholm

Telefon: 08-588 366 00

Prenumeration/kundtjänst: 08-588 366 13

Hemsida: batnytt.se

Digital utgåva:

www.qiozk.com/paper/batnytt/

http://www.paperton.com/batnytt

Prenumerera: webbshop.lrfmedia.se

Våra tidningar

-- Välj --

Drömhem & Trädgård | Lantliv | Lantliv mat & vin | Gods & Gårdar | Residence | Båtnytt | Vi Båtägare | Segling

























Vi Skogsägare | Minnenas journal

Allt om Vin | Populär Historia | Allt om Historia | Militär Historia | Hembakat | Trädgård & Blommor | ATL Magasinet

Driva Eget

LRF Media AB, 113 92 Stockholm, Besöksadress: Gävlegatan 22, Tfn: 08-588 366 00, Fax: 08-588 369 89, lrfmedia@lrfmedia.lrf.se, Org nr. 556413-2883
atl.nu hastmagazinet.com lantbruk.com

https://web.archive.org/web/20200611220451/https:/www.youtube.com/watch?v=zL9fO8tFl18

INTERNET ARCHIVE WayBackMachine https://www.youtube.com/watch?v=zL9fO8tFI18 Go MAY JUN 11 2020 OCT 2019 2022 About this capture
11 captures 11 Jun 2020 - 20 Ju

Skip navigation

FR

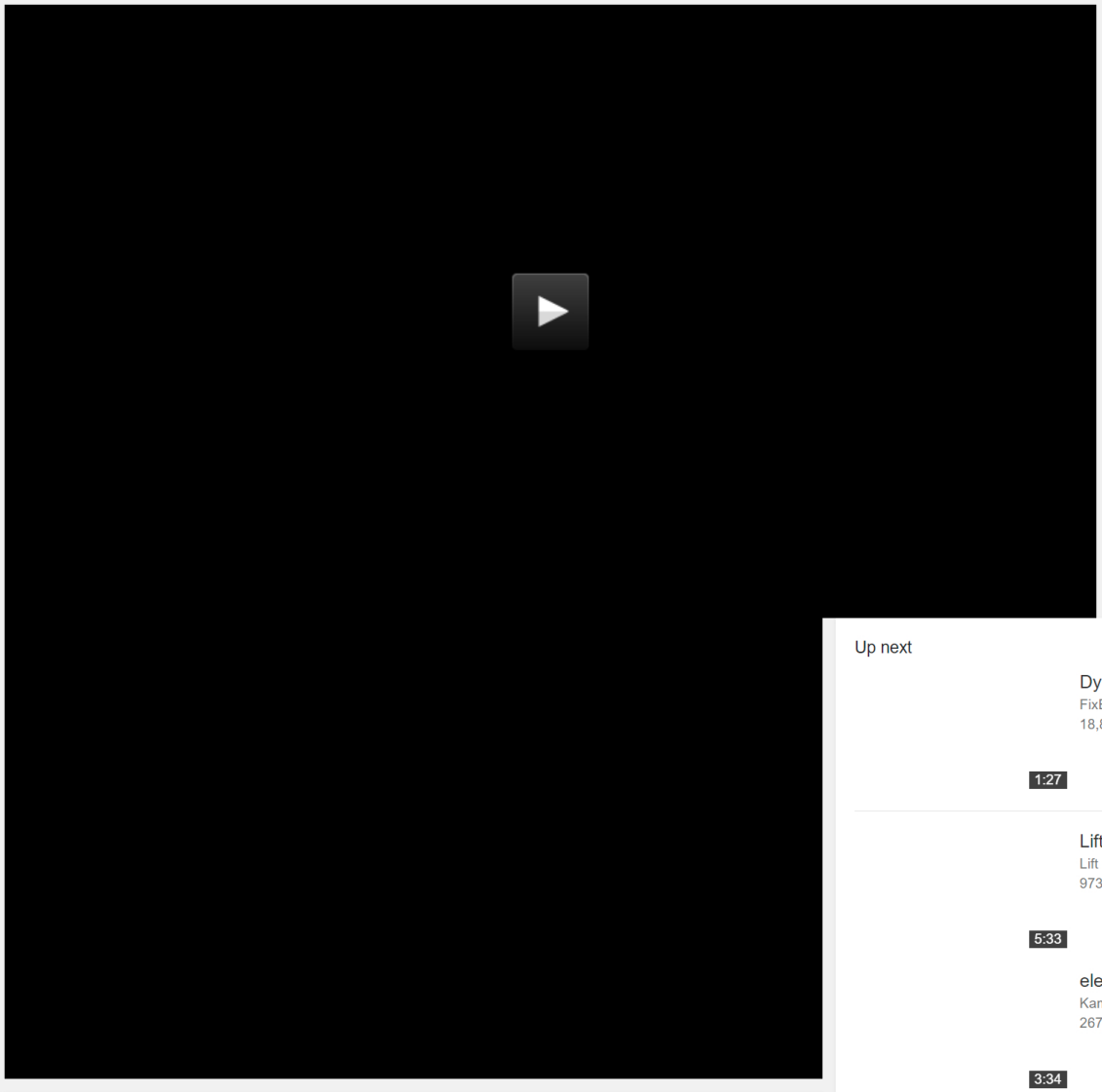
Sign in

Search

Search

Loading...

We'll stop supporting this browser soon. For the best experience please update your browser.



Evolo movie

Jakob Kuttenkeuler

Subscribe 76

62,547 views

Add to ••• More 115 10

Published on Jun 11, 2009

Evolo is a demonstrator vehicle invented, designed and built by 15 masters students studying Naval architecture and Lightweight structures at the Royal Institute of Technology (KTH) in Stockholm, Sweden. Evolo is an electrically propelled hydrofoil water-toy. It is totally silent, environmentally friendly and

SHOW MORE

Up next Autoplay

Dynafoil the PWC of hydrofoils
FixBreakRepeat
18,886 views
1:27

Lift eFoil Mini Documentary
Lift Foils
973,080 views
5:33

electronic hydrofoil 1horsepower
Kamillo Carlo
267,890 views
3:34

Jetski / Hydrofoil Torqeedo Cruise 2.0R
Hors Bord Electrique
33,731 views
1:17

Kitefoiler in Maui, 2010
Kai Concepts, LLC
260,822 views
2:40

HYDROFOIL -- High flying torpedo or low flying aircraft? Ray Vellinga edited video
Ray Vellinga
317,809 views

Loading...

10 WATER VEHICLES THAT WILL BLOW YOUR MIND
TechZone
Recommended for you

10:43

SMALL BOATS IN HEAVY SEAS
Ramdomlife
657,807 views

7:51

wFoil 18 Albatross ZERO Prototype - The Flying Boat
LuxuryPress
211,905 views

1:23

Design and Build of a Prototype Hydrofoil Craft
Jean Paul Farrugia
653,769 views

3:21

HYDROFOIL -- THRILLING SWEDISH INVENTION
Ray Vellinga
168,938 views

4:53

Jetfoiler - Efoil - Electric Hydrofoil
Don Montague
206,815 views

1:48

Worlds Longest Waves: Open Ocean Foil Surfing
Kai Lenny
201,352 views

2:01

Evolo prototype run
A. Lundell
16,412 views

2:24

New Video: the flying Quadrofoil Q2S Electric Limited Edition in action
Quadrofoil
314,987 views

1:50

Tests Hydrofoil Laser 2.0
Jan Gillesse
93,770 views

2:20

Quadrofoil - Amazing Electric Hydrofoil of the Future
Quadrofoil
1,349,333 views

1:37

HYDROFOIL: World speed record set, Ray Vellinga video
Ray Vellinga
218,739 views

3:02

A-Town Throw-Down Hydrofoil Freeriding | MicBergsma
MicBergsma
453,019 views

4:50

Hobie TriFoiler Promotional Video (Hobie Archive Video)
Hobie
588,438 views

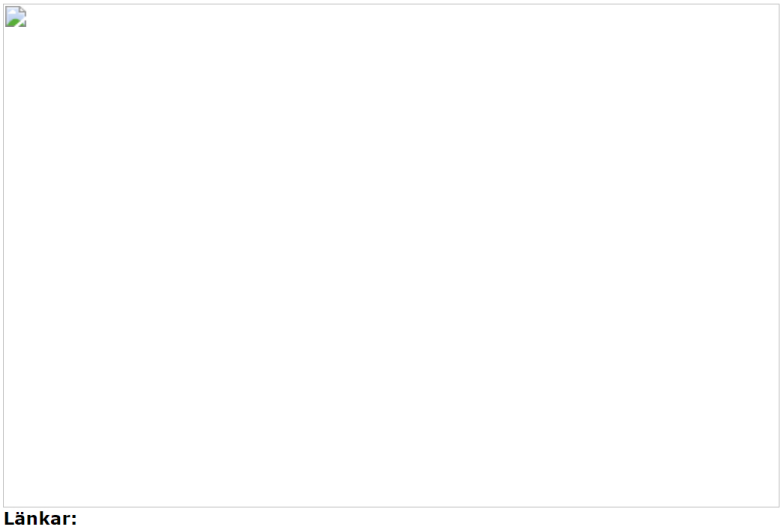
8:09

Language: English
Location: France
History
Help
Restricted Mode: Off
About
Press
Copyright
Creators
Advertise
Developers
Terms
Privacy
Policy & Safety
Send feedback
Test new features

https://web.archive.org/web/20200623194623/http:/flygmac7.flyg.kth.se/cdio/old_projects/evolo

INTERNET ARCHIVE WayBackMachine
http://flygmac7.flyg.kth.se/cdio/old_projects/evolo
Go
5 captures
23 Jun 2020 - 17 Ju
MAY 2019
JUN 23 2020
JUN 2023
About this capture

Evolo: Miljövänlig vattenfarkost - vattenskoterdödaren!



Länkar:

- Bilder
- Film
- Slutrapport

Evolo is a demonstrator vehicle invented, designed and built by 15 masters students studying Naval architecture and Lightweight structures at the Royal Institute of Technology (KTH) in Stockholm, Sweden. Evolo is an electrically propelled hydrofoil water-toy. It is totally silent, environmentally friendly and extremely fun to ride due to its fast and inherently unstable nature. Stearing is done by a combination of weight shifting and thrust control. Evolo is experimental and not on the market yet.

Evolo är en elektriskt driven vattenfarkost som är tänkt att vara ett mer miljömedvetet alternativ till t.ex. vattenskotern. Genom att farkosten är självdriven med en 4 kW elmotor behövs ingen stark båt som drar farkosten och med hjälp av de deltaformade bärplanen lyfts farkosten upp ur vattnet vilket ger en känsla av frihet och spänning samtidigt som motståndet i vattnet minskar och miljöbelastningen sjunker. Evolo är designad för att gå i 15 knop och i hastigheter över 8 knop lyfter Evolo hela 80 cm ovanför vattenytan tack vare bärplanen. Farkosten styrs med hjälp av tyngdpunktsförflyttning vilket erbjuder föraren en spännande utmaning. Nybörjaren kan flyga fram över vattenytan utan motorljud medan den mer erfarne föraren kan lära sig att trixa och utföra diverse konster.

Teknik
Evolo drivs av 16 stycken 3V-battericeller och en 4 kW elmotor. Farkosten är helt byggd i kolfiber för att minimera vikten och propellern är optimerad för Evolos tänkta hastighetsintervall. Allt för att minska miljöpåverkan och möjliggöra höga hastigheter trots den relativt låga motoreffekten. Flytkroppen genererar tillräckligt med flytkraft för att Evolo ska flyta ovanför vattenytan vid låga hastigheter. Vid högre hastigheter ökar bärplanens lyftkraft och Evolo lyfter ovanför vattenytan

Contact:
Jakob Kuttenkeuler, jakob@kth.se
Stefan Hallström, stefanha@kth.se

Marina system, KTH
Ivan Stenius, e-post

https://web.archive.org/web/20200623194452/http://flygmac7.flyg.kth.se/cdio/

INTERNET ARCHIVE WayBackMachine http://flygmac7.flyg.kth.se/cdio/ Go MAY JUN 23 JUL 2019 2020 2021 1 capture 23 Jun 2020 About this capture

Detta är en gemensam sida för kurserna SD2702 **Marindesign**, SD2432 **Lättviktsdesign**.

Pågående projekt

En glidare...

En annan glidare...

Kursgemensamt material

- Schema ht 2009
- Schema vt 2010
- Kursprogram 2009-2010
- Rapportmall
- Att skriva så att de förstår
- Att tala så att de lyssnar
- Lektion 1 sept 2009
- Lektion 2, 7 okt 2009
- Att vara i labbet
- Ge och ta feedback - gallup
- Ge och ta feedback

Kursansvarig Marindesign: Jakob Kuttenkeuler
Kursansvarig Lättviktsdesign: Stefan Hallström

Exempel på tidigare genomförda projekt:


Evolo 2008-2009


Gena, 2007-2008


Kaimaranen, 2006-2007


Formula student, 2004-2005


Phyxius, 2002-2003


Infernus, 2003-2004

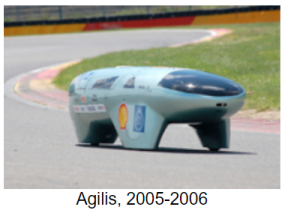

Sirpa, 2001-2002


Tachus, 2004-2005


Styrbord, 2004-2005


Kompositben


Rymdyoyo


Agilis, 2005-2006

Phir, 2005-2006


Tridens, 2005-2006


Ventum, 2005-2006

Marina system, KTH
Ivan Stenius, e-post

EXHIBIT B

https://web.archive.org/web/20200623200641/http:/flygmac7.flyg.kth.se/cdio/old_projects/evolo/Evolo_slutrapport.pdf

Slutrapport Evolo



Arbetet utfört av:
Fredrik Bender
Daniel Carlsson
Petter Delin
Fatima Ekekrantz
Mirjam Fürth
Jasmin Hoda Sattarifar
Erik Jerilgård
Mattias Kennestad
Anders Lundell
Torvald Manners
Markus Norberg
Mikael Razola
Johan Westin
Joacim Westlund
Nils Wolter

Sammanfattat av:
Petter Delin
Erik Jerilgård

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*23/4 2009*
Versionsnummer:	*1,0*
Handlett av:	*J.Kuttenkeuler & S. Hallström*
Nedlagd arbetstid:	*5066h*
Granskad av:	*Jörn Kiele*

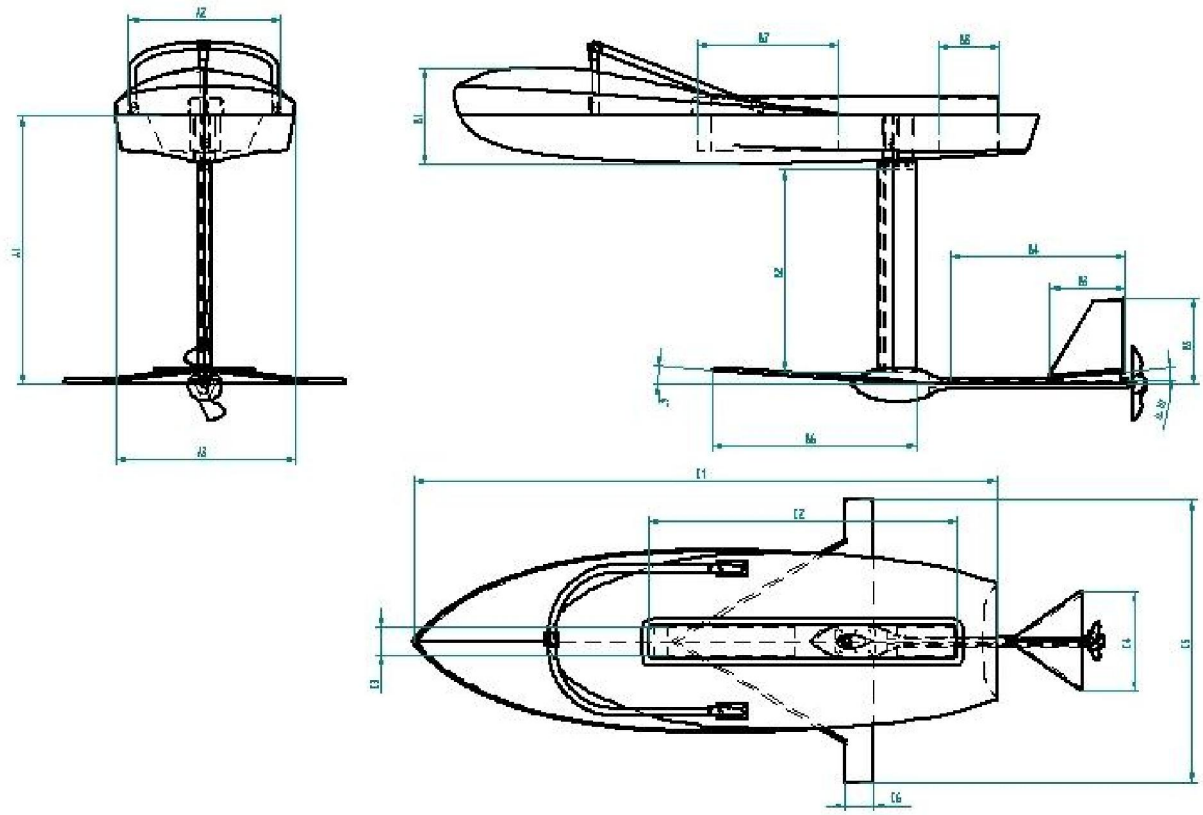
Sammanfattning

Evolo är en ny typ av vattenfarkost som färdas på bärplan och är avsedd för en person. Den drivs av en elektrisk motor och styrs endast med hjälp av tyngdpunktsförflyttning. I denna rapport redovisas en kort sammanfattning av resultaten från projektet med detaljerad analys i bilagor. Då Evolos vikt blev lite högre än det krav som ställts upp i projektets inledning så finns risken att krav 3.2; att farkosten skall kunna transportera en person som väger 100 kg inte kommer att uppfyllas. För en övergripande bild över hur designarbetet fortlöpt se bilagor 76-78. Evolos design presenteras i Figur 1.



Figur 1 Evolos slutgiltiga design

Ett generalarrangemang för Evolo visas i Figur 2. Storheterna som definieras i figuren redovisas i Tabell 1.



Figur 2 **Gene**ralarr**angemang** av **Evolo**

Tabell 1 Mått **på storheter** från **gene**ralarr**angemanget**

Parameter	Storlek [mm]
A1	1065
A2	600
A3	700
B1	380
B2	790
B3	299
B4	695
B5	341
B6	808
B7	550
B8	240
C1	2313
C2	1226
C3	115
C4	400
C5	1120
C6	115

Innehållsförteckning

Inledning....8
Flytkropp....8
Stötta....9
Bärplan/undervattenskropp....9
Handtag/styrsyste....10
Framdrivning....10
Motor....10
Batterier....11
Propeller....11
Material/Tillverkning....11
Ekonomi....13
PR/Spons....13
Diskussion....13
Sammanfattning....13
Erfarenheter och förslag till förbättring kommande år....16

Inledning

Evolo är en modern vattenleksak med nyskapande design vilken vänder sig till aktiva människor. Målgruppsundersökning visas i bilaga 1. Målsättningen med projektet är att skapa ett nytt sätt att leka på vatten utan att störa omgivningen med t.ex. ljud och svall, men fortfarande ha kul. För att minimera energiförbrukningen och uppfylla en miljötänkande profil så baseras Evolo på bärplansteknik, vilken lyfter flytkroppen ur vattnet och därmed minskar Evolos motstånd och effektbehov. Med avseende på Evolos miljöprofil så valdes en elmotor för framdrivning. Genom dess placering under vattenytan minskas också motorns redan låga ljudprofil. De krav som drev utvecklingen av Evolo visas i bilaga 4.

Flytkropp

Designen för flytkroppen är inspirerad av en Riva båt se Figur 3



Figur 3 Inspirationskällan för Evolos flytkropp

Flytkroppen har tillräcklig volym för att kunna hålla sig flytande med förare. Den har även utrymme för batterier. Flytkroppen är tillverkad i kolfiber efter sandwich-princip, även överbyggnaden är tillverkad i kolfiber. En bild på flytkroppen visas i Figur 4.



Figur 4 Illustrering av Evolos flytkropp

Utförliga utredningar som innefattar flytkroppen redovisas i Bilagorna 6, 8, 14, 19, 27, 28, 36, 43, 57-64.

Stötta

Stöttan är den del som binder samman flytkroppen och bärplanen. Den har formen av en vinge för att minska motståndet men även för att öka kursstabiliteten. När stöttan betraktas ses enbart kolfibertäckskiktet som bärande trots att denna har viss kärna samt en metallstång löper inne i den. Detta för att metallstången inte kan ta upp alla krafter och moment då den inte löper genom hela stöttan. Metallstången är en del av den ursprungliga motorstrukturen och behålls då den har en garanterat vattentät länk ned till motorbulben. En figur över stöttan visas i Figur 5.

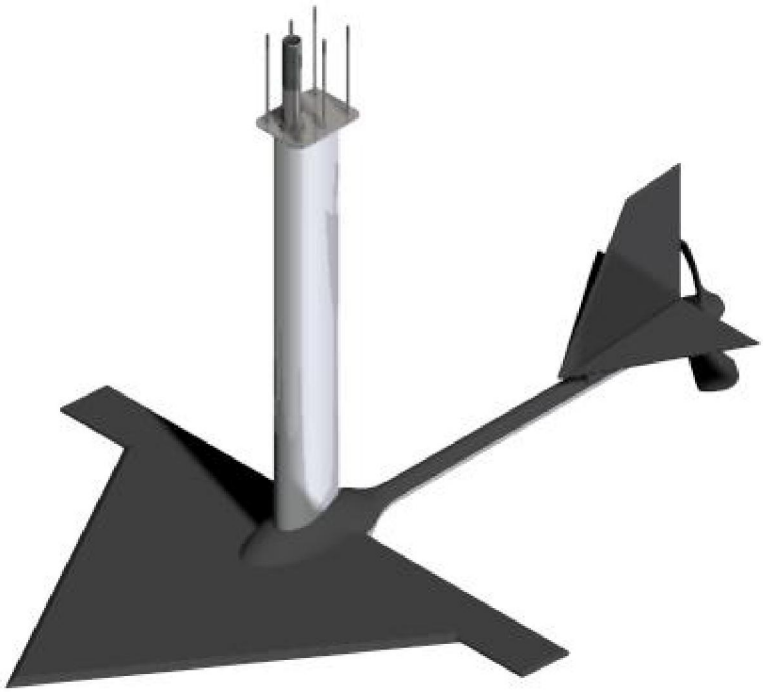


Figur 5 Illustrering av Evolos stötta

Utförliga utredningar som innefattar stöttan och dess infästningar redovisas i Bilagorna 7, 11, 15, 18, 21, 39, 57-59.

Bärplan/undervattenskropp

Evolos undervattenskropp och bärplansplacering är gjord för att fungera med *Torqeedo cruise 4.0 R*. Som synes i Figur 6 nedan valdes det att integrera motorn i det främre bärplanet samt att propellern är placerad bakom det aktre bärplanet. Propelleraxeln löper från motorn till propellern inuti ett stag av kolfiber.



Figur 6 Illustration av Evolos undervattenskropp

För tydligare redovisning av undervattenskropp och bärplan hänvisas till bilagor 5, 7-10, 14, 15, 17, 24, 38, 42, 45, 46, 50, 57-64, 70.

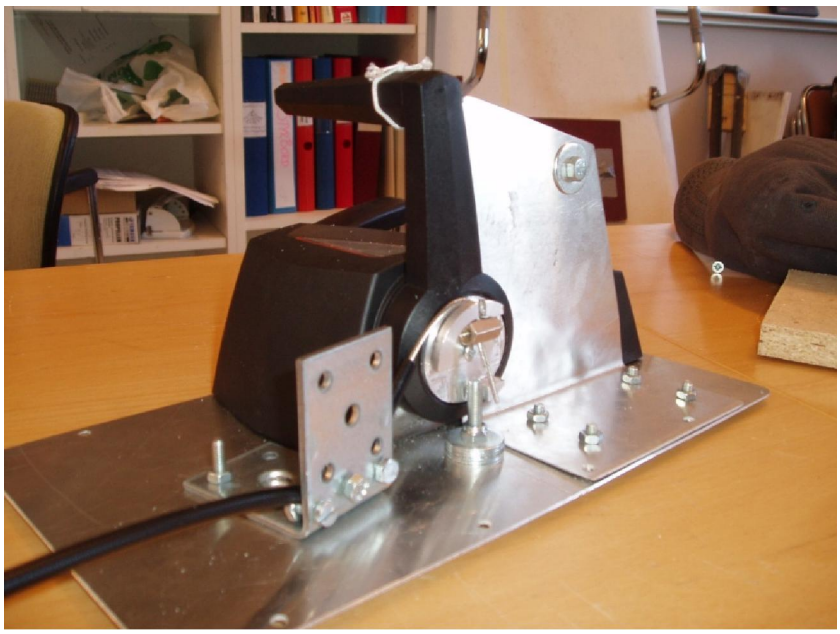
Handtag/styrsystem

Handtagen på Evolo är konstruerade för en knästående förarposition. Dess utseende redovisas i Figur 7 Handtagen är tillverkade av aluminium som krökts till rätt form och dess infästningar i flytkroppen är tillverkade i rostfritt stål, se bilaga 40. Underlag till konstruktionen redovisas i bilaga 12, 25, 28, 47.



Figur 7 Illustrering av Evolos handtag

På handtagsrailen är gashandtaget placerat. En illustration över hur gasreglaget fungerar visas i Figur 8 nedan. Detta är konstruerat likt en cykelhandbroms, se bilaga 20 och 44, och dess kablage förs genom stöttan ned till motorn och dess styrenhet. Underlag till konstruktionen visas i bilaga 20, 21, 28, 72.



Figur 8 Bild på Evolos styrsystem

Framdrivning

Motor

Motorn till Evolo valdes efter omfattande utredning, se bilaga 19, 22, 64, 71, 72, till *Torqeedo cruise 4.0 R*. Detta då denna motor levererar den kraft som krävs för att driva Evolo till flygande läge, utan att själv väga för mycket. En annan, troligtvis drivande, anledning till att en *Torqeedo cruise 4.0*

R valts för Evolo är att en motor från samma tillverkare redan fanns tillgänglig. Motorn placerades efter utredning, se bilaga 17, integrerad i det främre bärplanet, med en axel till propellern i det bakre bärplanet.

Batterier

För att kunna driva den elmotor som valts köptes nya batterier in till projektet. Batterierna är tillverkade av *Thunder Sky*, bilaga 39, dock ändrades beslutet att köpa in företagets LCP-batterier till fördel för LFP-batterier. Detta för att minimera explosionsrisken. Batterierna köptes sedan in från företaget *Elite Power Solutions*, http://elitepowersolutions.com, under namnet EB 40 16. För att få en snabb och smidig leverans. Då medföljde även en batteriladdare från leverantören. Batterierna är 16 st. Litium Järn Polymer celler på 40Ah. Dessa valdes då de har överlägsen kraft i förhållande till sin vikt, och att de fortfarande är överkomliga i pris.

Propeller

För att få ett fördelaktigt framdrivningssystem till Evolo fanns det ursprungligen två alternativ: Antingen kan motorn växlas och en standardpropeller användas eller så tillverkas en propeller dimensionerad för Evolo. Det senare alternativet valdes då detta anses mer lärorikt samt att det inte anses omständigare än arbetet med en omväxling. Den färdiga propellern visas i Figur 9.



Figur 9 Propeller tillverkad för Evolo

För att bestämma hur propellern till Evolo skulle utformas tillämpas bladelementteori, enligt bilaga 16. Uppskattningen av farkostens motstånd har grundats i en kombination av det experimentellt uppmätta och den analytiskt uträknade motståndet, bilaga 8, 16, 33 62.

Teorin bakom propellern finns beskriven med dess antaganden och begränsningar i rapporten 16. Propellerns dimensioner optimerad för *Torqeedo cruise 4.0 R* samt för en designfart på 12 knop. Anledningen till den lägre hastigheten än 15 knop var att Evolos vikt blivit högre än den tilltänkta.

Material/Tillverkning

Sandwichkonstruktion har använts i så stor utsträckning som möjligt för att minimera farkostens vikt. Ytskiktet består av kolfiber, se Figur 10, vinylester och kärnmaterialet är *Divinycell H45*. Beslutet att använda kolfiber grundar sig bland annat på dess goda mekaniska egenskaper och att det har högre specifik E-modul än glasfiber. Farkostens materialvikt halveras därigenom jämfört med glasfiber, se bilaga 30. Vinylester är en härdplast och används eftersom det har bra motståndskraft och att det tål väta. Epoxy hade varit att föredra men kan ej användas på grund av hälsorisker.



Figur 10 **Kolfiber, vilket är den fibertyp som använts vid tillverkningen** av **Evolo**

Tillverkningsmetoden har i huvudsak bestått av vakuuminjicering. Ett exempel på vakuuminjicering visas i Figur 11.



Figur 11 **Vakuuminjicering** av **aktre bärplan med stabiliseringsvinge**

I nödvändiga fall har handuppläggning använts på grund av att vissa komponenter har avancerade strukturer eller former. För att säkerställa materialens mekaniska egenskaper utförs

dragprov. All tillverkning och testning har utförts i Lättkonstruktioners strukturlaborationslokaler på KTH. En översikt över infästningarna mellan de olika komponenterna på Evolo visas i bilaga 26.

Utförliga utredningar om Tillverkning/material redovisas i Bilagorna 13, 30-32.

Ekonomi

PR/Spons

Arbetet med att hitta sponsorer till projektet gick mycket långsamt i början av projektet fram till slutet av höstterminen. En stor anledning till detta var den rådande lågkonjunkturen vilken fick som följd att de flesta företag blev mycket tveksamma till sponsring av olika projekt. En annan bidragande orsak var att de flesta företagen inte ville ge sponsring då projektet ännu bara var arbete i teorin och ingen produkt ännu börjat byggas. En översikt av sponsorarbetet initiellt visas i bilaga 65. Dock vände detta i början av vårterminen. Detta kan bland annat förklaras med vår framgång i KTH:s reklamkampanj *KTH på insidan* där projektet gick vidare från en tävling fick representera KTH i reklamsyfte. Den ökade exponeringen som gavs projektet och att konstruktionen av Evolo då hade inletts, vilket gav en fysisk produkt att visa upp, gjorde att projektet fick in ett flertal sponsorer. Sammanställning av Evolos ekonomi, PR och spons redovisas i bilagorna 2, 56, 65-69.

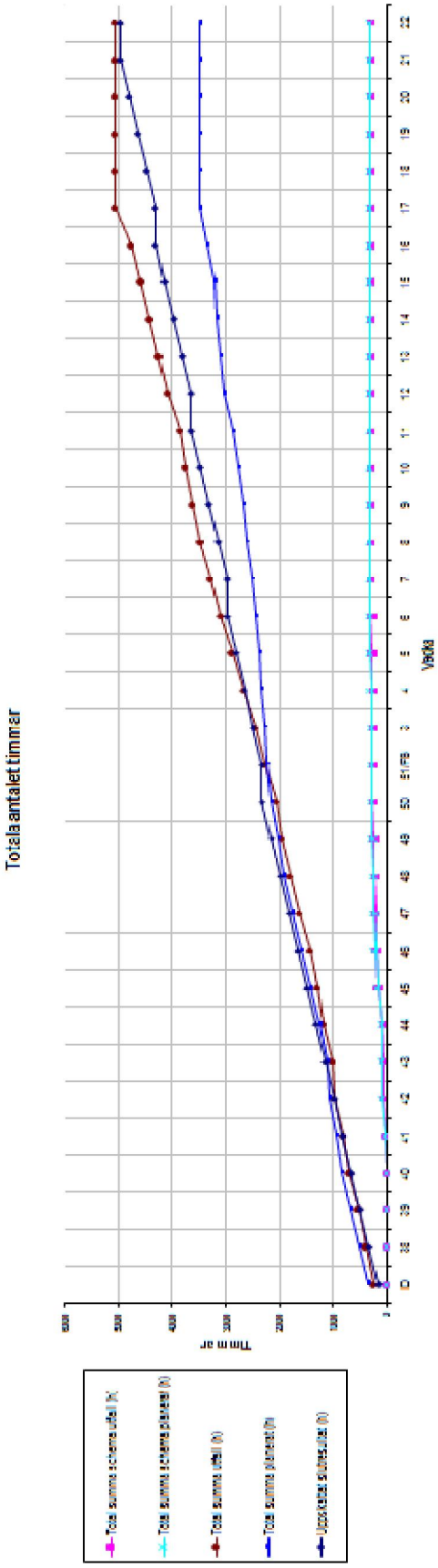
Som en del i informationsflöde utåt så har en egen hemsida upprättats, www.evolo.se, där har det lagts ut bilder, filmer, sponsorlänkar samt en kontinuerligt uppdaterad blogg. Som en del i uppdraget för *KTH på insidan* så har gruppen även med jämna intervall bloggat KTH:s hemsida. Projektet har dessutom blivit omnämnt på ett flertal marina forum på internet.

Diskussion

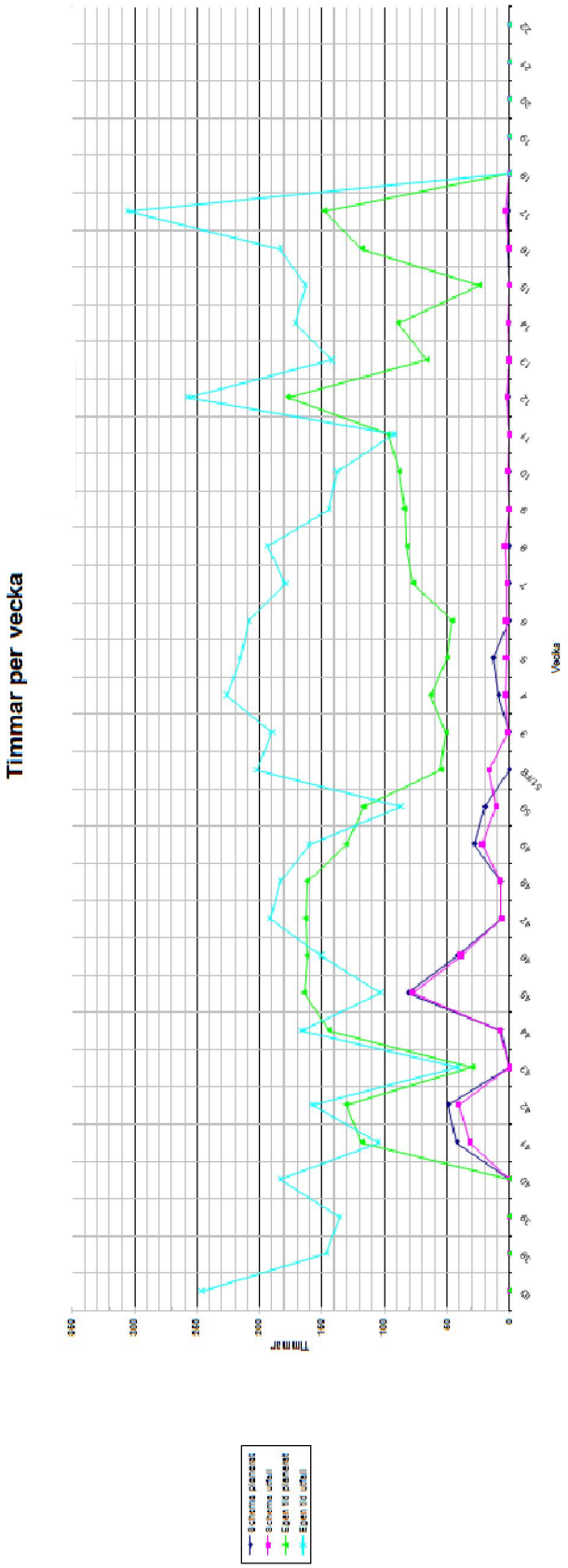
I denna del av rapporten kommen diskussion föras och slutsatser dras från projektet i stort det kommer även redovisas vilka erfarenheter som dragits samt föreslås förslag till förbättring.

Sammanfattning

Hela projektet har i mångt och mycket fortlöpt väl under läsåret. Det har varit bra uppslutning till möten och andra projektrelaterade åtaganden. Hela gruppen har arbetat väl och mycket tid har lagts ned på projektet. Vid inlämnandet av denna rapport har gruppen totalt lagt ned 5066 timmar. För att visa hur mycket tid som lagts ned varje vecka och totalt under projektets gång visas i nedan Figur 12och Figur 13.



Figur 12 Nedlagd tid, totalt



Figur 13 Nedlagd tid, per vecka

I figurerna på föregående sida ses det tydligt när det är tentavecka, till exempel vecka elva, och läggs ned mindre tid på projektet. Det syns även att gruppen arbetat som mest nu på slutspurten. Större delen av projektgruppen visas i Figur 14.



Figur 14 Projektgruppen, med handledare

De två största flaskhalsarna i när det kommer till tidsåtgång var väntandet på material eller komponenter samt misstag vid tillverkning av komponenter. Det misstag som gjorts var ofta på grund av att kommunikationen inte alltid varit den bästa men även att erfarenheten av tillvekningen inte varit så omfattande i gruppen, då borträknat gruppmedlemmarna från *Lättkonstruktioner.*

En annan tidsödande faktor var även missförstånd när det kom till vilka frågor som skall besvaras samt vilket svar som förväntats. Detta var främst ett problem i projektets inledande skede när gruppmedlemmarna var ovana vid formen på arbetet samt att det då inte var helt klart vilken uppgift som egentligen skulle lösas. Men projektet har även haft sina dalar med sänkt engagemang och motivation. Ett typexempel på det är när vi inte visste hur ekonomin skulle komma att se ut och om vi överhuvudtaget skulle kunna konstruera en Evolo. Dåligt gensvar från sponsorer, på grund av rådande lågkonjunktur, och ovisshet i huruvida vi skulle gå vidare i *KTH på insidan* var nog de största orsakerna till denna sänkning i engagemang och motivation.

Då detta är ett projekt med syfte att utveckla deltagarnas förmåga att som ingenjörer arbeta i grupp är det viktigt att projektgruppens roller roteras. Det är dock oundvikligt att tappa fart vid ett projektledarskifte. För att arbetshastigheten inte skall minska samt att gruppen ska få tydlig ledning är det en fördel om en tillträdande projektledare får veta det innan själva ledareskiftet. Om den tillträdande projektledaren har till exempel jullovet på sig att förbereda arbetet tappas inte lika mycket fart.

Sammanfattningsvis har arbetsinsatserna i projektet hållit hög standard. Projektmedlemmarnas moral har varit hög då denna kurs uppmuntrar engagemang mer än andra kurser. Medlemmarna sätter värdighet i att slutföra antagen uppgift och med så hög kvalitet som det någonsin är möjligt.

Erfarenheter och förslag till förbättring kommande år

Projektet har förlöpt mycket bra. De motgångar som stöttes på löstes relativt fort och detta beror till största del på den kämparanda som projektets medlemmar uppvisat. För att hålla god produktivitet krävs god moral i gruppen. Som exempel bjöds det vid vissa tillfällen på tårta och rom för hela gruppen. Gruppen hade också ett mycket lyckat event, då den preliminära rapporten presenterades under avslappnade former på Flygsektionens sektionslokal och pub. Till denna bjöds tidigare års elever och representanter från berörd industri in. Detta blev mycket väl mottaget och bör upprepas i kommande kursomgångar då det verkligen byggde på vår relation till varandra och gav en bra avslutning på höstterminen.

Erfarenheter

- God moral på projektets medlemmar gav goda resultat
- Korta deadlines var en bra metod för att leverera resultat
- Bra att jobba i grupper om max två personer eller enskilt
- Det är viktigt med tydliga rekommendationer efter lösande av uppgift
- Det är viktigt att projektmedlemmarna kan stå för sina lösningar
- Tydliga uppgifter gör att projektet får svar på rätt frågor
- Det var mycket svårt att planera ett projekt av denna storlek utan en fast budget
- Tidsrapporteringen fungerade inte helt bra, på grund av slarv av projektmedlemmar
- Ett svagt finansläge ger stora svårigheter med sponsorer
- Att få varor levererade tar mycket tid och arbete

Sammanfattningsvis är det viktigt att vara noga med uppställande av uppgifter som ges till små grupper med korta deadlines. Alla i projektet måste arbeta för att få uppgifter klara i tid så inte projektet blir lidande. Samma gäller för till exempel tidsrapporteringen. Denna måste göras seriöst då det annars blir omöjligt att planera projektet. Att ha god framförhållning med att beställa och bygga så tidigt som möjligt i projektet gör att en väldigt stressig slutspurt kan förmildras. Då det är lätt att göra misstag antingen beroende av utarbetade teknologer eller felande utrustning är det även nödvändigt att ta till i överkant vid beställande av förbrukningsvaror.

Innehållsförteckning Bilagor

Bilaga 1 F1.Målgrupp och marknad 19
Bilaga 2 Budget 21
Bilaga 3 PP. Projektplan Evolo 25
Bilaga 4 K1. Kravspecifikation 31
Bilaga 5 A1. Bärplansberäkning 32
Bilaga 6 A12. Flytkroppsanalys 45
Bilaga 7 A13 Pitchstabilitet 60
Bilaga 8 A14 Effektbehov 70
Bilaga 9 A15 Slutgiltig brärplanslösning 78
Bilaga 10 A16 Preliminär bärplanslösning 88
Bilaga 11 A17 Maximala belastningar i strukturen 102
Bilaga 12 A24. Riskanalys 122
Bilaga 13 A25 Viktanalys 133
Bilaga 14 A5 Sammanställning motstånd 137

Bilaga 15 A9. Rollstabilitet 142
Bilaga 16 A101 Propeller 148
Bilaga 17 A102 Placering av motor 161
Bilaga 18 A103 Plan Abaqus 174
Bilaga 19 A104 Motorval 180
Bilaga 20 A105 Styrsystem 184
Bilaga 21 A106 Batterier 188
Bilaga 22 A107 Egen motortillverkning 189
Bilaga 23 A108 Planetväxel 197
Bilaga 24 A108 Feedback av Alexander Sahlin 202
Bilaga 25 A109 handtag 206
Bilaga 26 A110 Infästning stötta/bärplan 211
Bilaga 27 TB101 Flytkroppsunderlag 216
Bilaga 28 TB102 Infästning plan 225
Bilaga 29 TB103 Sprängskiss underlag 230
Bilaga 30 TB104 Material 231
Bilaga 31 TB104 Vakuuminjiceringsdragprov 242
Bilaga 32 TB104 Dragprovsresultat 248
Bilaga 33 TB105 Bärplan och stag 255
Bilaga 34 TB105 Bärplanstillverkning 269
Bilaga 35 TB106 Tillverkningsplan stötta 274
Bilaga 36 Konstruktionsplan flytkropp 282
Bilaga 37 TB113 Propellertillverkning 287
Bilaga 38 TB114 Testplan infästningar 294
Bilaga 39 TB115 Batterier 303
Bilaga 40 TB116 Tillverkningsrapport handtag 308
Bilaga 41 TB118 Tillverkninsrapport propeller 310
Bilaga 42 TB119 Dimensioner på bärplan 317
Bilaga 43 TB120 Tillverkningplan flytkropp 326
Bilaga 44 TB121 Gasreglage och kabelföring 327
Bilaga 45 D1 Konceptuell design 331
Bilaga 46 D4 GA 338
Bilaga 47 D5 Ergonomi 345
Bilaga 48 M101 FEM modellering 352
Bilaga 49 M103 Ytskikt 365
Bilaga 50 M104 Tillverkningsplan bärplan 369
Bilaga 51 M105 Stelningstid matris 376
Bilaga 52 M107 Tillverkningsplan stötta 377
Bilaga 53 M108 Tillverkningsplan batterilucka 383
Bilaga 54 M109 Testinjicering av flytkropp 387
Bilaga 55 M110 Infästning stötta flytkropp 389
Bilaga 56 Ekonomirapport 394
Bilaga 57 Xf2 Expriment 1, planering 399
Bilaga 58 X3 Rapport experiment 1 403
Bilaga 59 X4 exprimentunderlag experiment 2 409
Bilaga 60 X7 Experimentrapport experiment 3 415
Bilaga 61 X8 Experimentrapport experiment 4 419
Bilaga 62 X9 Experimentrapport 5 424
Bilaga 63 X10 Experimentrapport 430
Bilaga 64 X12 Experimentrapport 440

Bilaga 65 E101 Sponsorrapport 445
Bilaga 66 E102 Plan för PR 456
Bilaga 67 E103 OPFMK 459
Bilaga 68 E1 Budgetplan 462
Bilaga 69 E2 Sponsormaterial 467
Bilaga 70 F2 Förstudie bärplan 481
Bilaga 71 Motoralternativ 489
Bilaga 72 Motorstyrning 495
Bilaga 73 R11 Tillverkningstidsplan 500
Bilaga 74 Verifieringsplan 508
Bilaga 75 Konceptuell design 528
Bilaga 76 Preliminär design 536
Bilaga 77 Slutgiltig design 544

Bilaga 1 F1.Målgrupp och marknad

Skrivet av Erik Jerilgård och Torvald Manners

Underlag

Vi har genomfört en intervju med en firma som säljer Air chairs på beställning. Denna finns som bilaga till detta dokument. Vi jobbar på att få lite mer underlag från framförallt Air chair åkare eller försäljare i Sverige. I övrigt har vi använt nätet för att försöka bilda oss en uppfattning om vilka attribut som framförallt verkar locka utövare av vattensporter med bäring på vår produkt.

Resultat

Generella drag som verkar vara viktiga för produkter som lyckats:

- Fart
- Närkontakt med vattnet
- Differentierad svårighetsskala d.v.s relativt enkelt att kunna använda men samtidigt oändliga möjligheter för den som vill bli proffs och att utvecklingsstegen mellan olika nivåer inte är för stora
- Fysiskt ansträngande
- Design som sticker ut
- Differentierat pris

Exempel på dessa produkter:
Wakeboard, vattenskoter, vattenskidor, ribbåtar, kajaker
Generella drag (utöver motsatserna till ovanstående) på produkter som inte lyckats så bra:

- Svåra för gemene man att förstå hur de funkar
- Nördstämplade
- För jobbiga att använda
- För dyrt
- Få användningssätt, d.v.s. man tröttnar
- livsfarliga

Exempel på produkter som inte lyckats så bra:
Air chair och bärplanslösningar generellt, monoski,

Trender

De fordon och leksaker som används på eller i vatten har lite paradoxalt nog, trots närheten till en extremt känslig miljö, historiskt inte kännetecknats av särskilt utbrett miljötänkande. Det är dock en klar trend att detta håller på att vända och det vi ser nu av miljövänliga lösningar är nog bara början på dels en förändrad attityd, men också förmodligen något som kommer följas av betydligt strängare lagstiftning.

Rekommendation / Slutsats

Vi tror inte att vår produkts framgång ligger i att nå en liten snäv målgrupp utan snarare försöka locka en större bredd av människor. Samtidigt är det orealistiskt att tro att detta är en produkt som kommer revolutionera världen och bli var mans egendom. Vi vill dock inte peka

på en målgrupp utan snarare på egenskaper av denna potentiella målgrupp. De viktigaste karaktärsdragen för denna är:

- Miljömedveten
- Ungdomlig
- Normal till hög inkomst
- Tidigare erfarenhet av vattensport
- Närhet till lämpligt utövandeområde

Bilaga 1.1

Intervju med anonymt butiksbiträde på Skimarine i Stockholm
Skimarine är en av de större återförsäljarna av Wakeboards och andra vattenleksaker. De säljer dock endast Air chairs på beställning pga väldigt liten efterfrågan. Enligt henne hade de inte sålt någon på 10 år. Hon hade själv åkt en hel del för många år sedan då de kom ut på marknaden. Det var lite trixande i början innan man lärt sig att starta, men det ska inte vara överdrivet svårt och har man väl satt en lyckad start så kan man det. Ungefär som att cykla var hennes beskrivning av svårighetsgraden att kunna starta. En viktig detalj var hur högt man höll händerna och att överkroppen hamnade rätt. För att initiera hopp ändrade man höjden på händerna och för att styra lutade man sig åt ena hållet. Hennes teori till varför det inte slagit mer var framförallt att priset är för högt och att man tröttnar fort på den.

Bilaga 2 Budget

ANDERS LUNDELL
FATIMA EKEKRANTZ
alunde@kth.se
070-6071087

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesgn - Evolo*
Projekt:	*Ekonomi - Budget*
Datum:	*2/12-2008*
Versionsnummer:	*1.0*
Granskad av:	*Mattis Kennestad*

Budget

Syftet med uppställningen av budget för projektet är att åskådliggöra möjliga kostnader, deras omfattning samt när de kan tänkas uppstå. På grund av projektets natur och svårigheten att i ett tidigt skede fastställa en specifik kostnads storlek, grundar sig budgeten till stor del på uppskattningar och den informationssökning som genomförts kring vissa komponenter. Som exempel kan nämnas kostnad för motor eller och batterier som ännu inte är klara. Vi kan endast utgå från de vi vet om motorer som skulle kunna vara lämpliga innan vi vet vilken som faktiskt kommer att användas.

Kostnader

Tabell 1 nedan redovisar de kostnader som hittills lyckats identifieras och värderats. Merparten av dessa är uppskattade värden baserade på överslagsräkningar utifrån det vi idag vet om vår slutprodukt. De kostnader som kommer att prioriteras är givetvis de som är direkt kopplade till att möjliggöra att Evolo flyger i maj.

Kostnader	
Motor	25 000 kr
Batterier	20 000 kr
Reglage/elektriska komponenter	2 000 kr
Kärna	3 000 kr
Fiber	5 000 kr
Matris	2 000 kr
Metall	1 000 kr
Experiment	5 000 kr
Lackning – målning	-
Allt för sjön*	25 000 kr
Panåer/Tryck	1-2 000 kr
Hemsida	450 kr
Profilkläder	3 500 kr
Delsumma	***Ca 94 000 kr***
Tillgångar	
Fondpengar	Ca 20 000 kr
(eventuella material från föregående år)	
Summa	***Ca 74 000 kr***

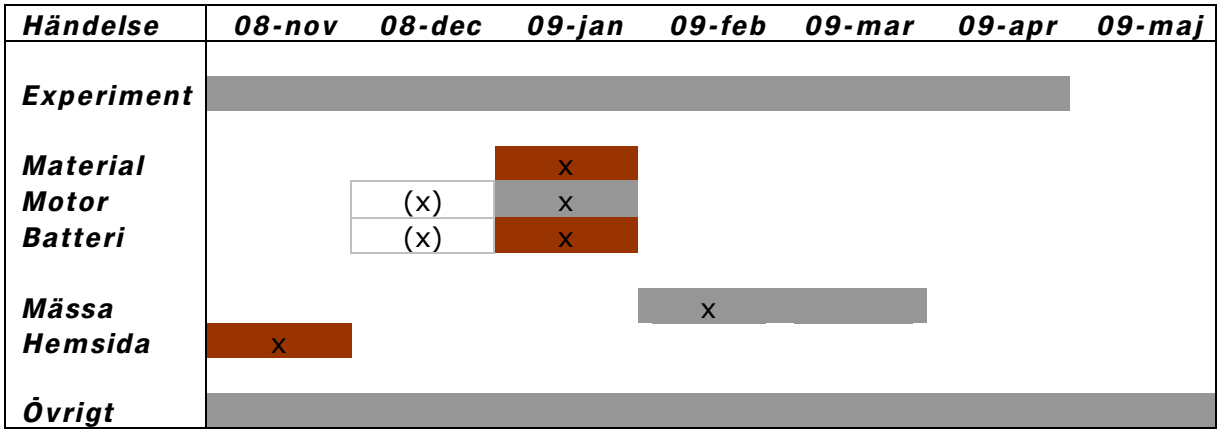
Tabell 1*. Kostnader för projektet.*

* Deltagande på Mässan *Allt för Sjön* är fortfarande oklart på grund av schematekniska svårigheter.
Av den händelse att de inte skulle gå att lösa minskas givetvis kostnaderna för projektet, men

till det priset att vi förlorar en stor möjlighet att visas upp oss för allmänheten och skapa intresse för vårt projekt.

När uppstår kostnaderna?

Många av kostnaderna hänger samman med specifika datum eller perioder. Till exempel infaller kostnader för material i slutet av januari medans andra kostnader så som hemsida och experiment uppkommer redan på hösten och till viss del fortlöpande. Nedanstående schema illustrerar denna fördelning. Händelser inom parentes betyder då det skulle vara önskvärt att aktuell kostnaden uppstår och materialet finns inom räckhåll för oss. Med övrigt menas mindre idag oförutsedda utgifter som kan uppkomma.



Vad har vi idag?

Projektet har till sitt förfogande ca 20 000 kr från KTH. Som synes ovan kommer dessa inte räcka för att ro projektet i hamn. Målsättningen är att våra överskjutande kostnader skal täckas med hjälp av sponsorer. Mer om detta följer under kommande rubriker.
Ett mycket intressant alternativ som presenterats sig för gruppen är *KTH på insidan*. Ett initiativ från KTH's ledning att belysa studentprojekt som bedrivs på skolan för allmänheten. Gruppen är enig om att vi skall ansöka för att delta i uttagningen. De tre vinnande bidragen kommer att stödjas ekonomiskt med 75 000kr, vilket för vår del skulle lätta den ekonomiska situationen och minska arbetet med att jaga sponsorer. Utöver det ekonomiska stödet kommer också en reklambyrå att följa och hjälpa gruppen att dokumentera arbetet, samt att nå ut till omvärlden. Mer information om detta finns på KTH's hemsida samt.
Från föregående års projekt finns en del komponenter tillgängliga. Huruvida dessa kommer att passa vår konstruktion är i skrivande stund oklart. De komponenter som idag kan vara av intresse är motorer, material och batterier. Osäkerheten ligger idag delvis i oklarheten kring effektbehovet.

Hantering

Större delen av de inköp som måste göras i samband med bygge och experiment kommer att ske individuellt av inblandade personer. För att ha uppsikt över projektets utgifter skall alltid eventuella inköp kontrolleras av ansvarig med ekonomichefen. Kvitton över inköp skall

samlas i den projektpärm som finns i poolen under fliken ekonomi. Utifrån dessa kvitton kommer sedan pengar att betalas tillbaka till den eller de som lagt ut för inköpet. Vid större kostnader kommer inköp givetvis att hanteras i direkt samband med rörd sponsor/handledare och ekonomiansvarig.

Bilaga 3 PP. Projektplan Evolo

Författad av
JOACIM WESTLUND
ANDERS LUNDELL
FATIMA EKEKRANTZ
I samarbete med
MARKUS NORBERG
MIKAEL RAZOLA

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*07/10 2008*
Versionsnummer:	*1,1*
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*70*
Granskad av:	*Mattias Schönning*

Bakgrund

Detta projekt är ett delmoment i kurserna Lättviktsdesign (kurskod SD2432) och Marindesign (kurskod SD2702) som ges på KTH under läsåret 2008-2009. Projektet syftar till att ge alla deltagare en möjlighet att använda de kunskaper man tillgodogjort sig under utbildningens gång och att såväl praktiskt som analytiskt applicera kunskaperna på utvecklandet samt framställandet av en vattenfarkost. Projektet syftar även till att ge deltagarna en möjlighet att knyta kontakter inom arbetslivet och att få känna på hur det är att arbeta i en projektgrupp.

Tidigare versioner av denna kurs har visats vara mycket uppskattad av såväl studenter som arbetslivet då det bidrar med nyttiga erfarenheter som alla kan ta med sig vidare i arbetslivet. Kursupplägget går ut på att deltagarna själva får organisera sig och tilldela olika befattningar inom gruppen för att på så sätt få en fungerande organisation.

Innan projektfasen påbörjades skedde under två veckor en konceptstudie tillsammans med elever på Industridesign på Konstfack. Konceptgenereringen ledde fram till att kursledningen valde ut två koncept som skulle komma att ligga till grund för det här projektets kravspecifikation.

De referensdokument som har legat till grund för denna projektplan är:

- föreläsning om projektplanering av Joakim Lilliesköld den 30/9 samt föreläsningsanteckningar från denna
- ett gruppkontrakt som undertecknats av samtliga deltagare i projektet
- det kurs-pm som anger kursens och därmed projektets tidsramar
- kravspecifikationen som anger vilka krav som ställs på den slutgiltiga farkosten samt vilka regler och värden vi arbetat utifrån

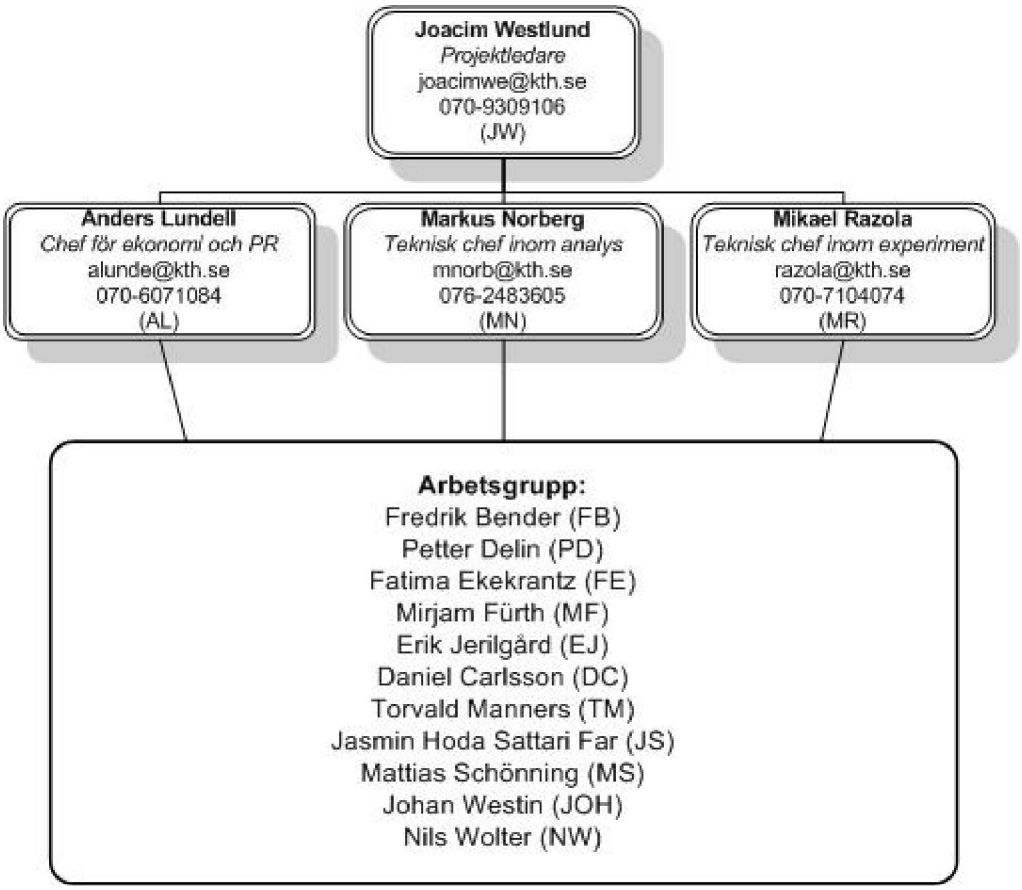
Mål

Det här projektet blir på många sätt en avslutande del av utbildningen på KTH. Deltagarna är i och med det överens om att målsättningen är hög vad gäller att prestera det som angivits i denna projektplan. Målsättningen är att hålla oss inom tidsramarna och att leverera delrapporter, presentationer etc senast på utsatt datum fram tills att projektet avslutas den 25 april 2009.

Organisation

Organisationen i projektet är uppdelad i ledning och arbetsgrupp. Ledningen består av en projektledare, två tekniska chefer och en chef för ekonomi och PR. De tekniska cheferna är uppdelade på experiment och analys. Arbetsgruppen är flytande och fördelas under projektets gång runt till de uppgifter som behöver resurser, med projektdeltagarnas intresse i fokus. Organisation och roller beskrivs i
Figur 15 nedan.

1. Se kravspec. (www.bilda.kth.se)



Figur 15 – Organisation och roller

Ansvar

Det yttersta ansvaret för projektet ligger på projektledaren. Således har projektledaren bland annat ansvar för att inlämningar sker i tid och att projektet fungerar. Även de aktiviteter som benämns som designaktiviteter ligger på projektledarens ansvar. På samma sätt ligger det yttersta ansvaret för analysaktiviteter på den tekniska chefen inom analys, experimentaktiviteter på den tekniska chefen inom experiment och ekonomiaktiviteter på chefen för ekonomi och PR. Ansvaret för enskilda aktiviteter är dock fritt för ledningen att delegera.

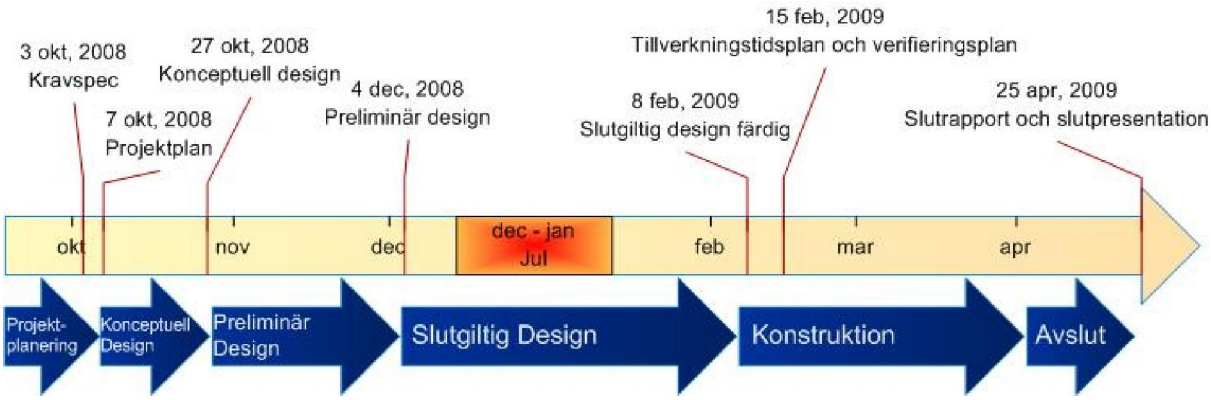
Beslutsfattande

Den person ur ledningen som delegerar en aktivitet har ansvaret för beslut gällande denna aktivitet. Även beslut är dock fria att delegera i förväg, antingen till aktivitetens utförare eller uppåt i organisationen, där den högsta instansen är hela gruppen i konsensus.

1. Se kravspec. (www.bilda.kth.se)

Projektmodell

Projektet är uppdelat i sex faser, se Figur 16 nedan. I figuren är milstolparna placerade på en tidsskala och projektets faser beskrivna under denna.



Figur 16 - Projektmodell

Tid- och Resursplanering

Projektet har planerats med baklängesplanering och aktivitetsnedbrytning. Utifrån detta har aktiviteter lokaliserats i ett WBS(*Work Breakdown Structure)* och ställts upp i en Aktivitetslista (Blad 1 i Excelfilen *Bilagor till Projektplan*). Utifrån denna har i sin tur ledningen uppskattat tidsåtgång för alla aktiviteter och lagt upp en tidsplan, varefter startdatum och deadline på aktiviteterna i närtiden specificerats och förts in i aktivitetslistan. Tidplanen är uppställd i form av ett Gantt-schema och är Blad 2 i Excelfilen *Bilagor till Projektplan*. I tidplanen finns även en uppskattning av hur många personer (resurser) som behövs för varje aktivitet.

Projektet fungerar i en dynamisk miljö där det finns stor risk att oförutsägbara omständigheter påverkar projektet. Samtidigt är det ett projekt som syftar till att utveckla en ny produkt med förhållandevis lösa krav och specifikationer som gör det omöjligt att förutse vad som kommer behöva göras i framtiden. Av dessa anledningar är projektet tidsplanerat endast fram till presentationen av den preliminära designen den 11 december, vidare planering vore onödigt arbete.

Projektet är uppdelat i ett antal aktiviteter som ledningen identifierat och uppskattat med avseende på tid och resurser. Aktiviteterna har titulerats med ett identifikationsnummer (ID) och namn, och de faller under fyra huvudkategorier; Analys (ID A#), Experiment (ID X#), Ekonomi (ID E#) samt Design (ID D#). Projektgruppen har halva tisdagar samt torsdagar på sig att arbeta med projektet, varför veckorna i tidsplanen är uppdelade i två. Med korta deadlines och personligt ansvar blir arbetet med projektet lättare att följa upp och mer effektivt, varför planeringen är gjord så att aktiviteterna ska vara så små som möjligt och innefatta så få personer som möjligt. Den första tiden är planerad i detalj medan framtiden är planerad lite mindre detaljerat och med stora möjligheter till förändring och resursomfördelning. Planeringen är också gjord så att det finns en buffert i form av både tid och resurser innan inlämningarna.

1. Se kravspec. (www.bilda.kth.se)

Generellt är projektet planerat med åtanke på att utvecklingen av en vattenfarkost är en itereringsprocess där få saker går att bestämma rent analytiskt och där det kommer ta tid att få fram en tillfredställande lösning, och ännu längre tid att få fram en riktigt bra lösning. Många planerade aktiviteter syftar till att utveckla en modell som man enkelt kan ändra indata till. Samtidigt ges tillfälle för två experiment för att jämföra med, och bedöma rimligheten på, matematiskt framställda data.

Riskbedömning

Utöver de deadlines för leveranser utåt som sats av vår uppdragsgivare finns andra grindhål och risker inom projektet. Vi har valt att redan i ett tidigt skede dela projektet i parallella led där olika delar utvecklas samtidigt. Fördelen vi ser i detta är att minimera risken för att hela projektet kör fast på grund av att ett mindre delprojekt fastnar. Dessa två led kommer så småningom att föras samman inför de kritiska datumen för fastställande av preliminär och slutgiltig design, vilket kommer att utgöra mycket kritiska punkter i planeringen. Om ett av de två leden hamnar allt för långt efter kommer hela projektet att bli lidande.

För att motverka att detta händer har projektet delats i flera olika mindre delprojekt och aktiviteter för att lättare följa utvecklingen. Samtidigt hålls organisationen mellan leden flytande för att möjliggöra att resurser delas eller flyttas mellan olika aktiviteter.

En annan kritisk aspekt som kan försena och påverka utvecklingen av projektet är den ekonomiska sidan. För motverka att ekonomin skall bli ett problem läggs vikt på detta redan tidigt och fortlöpande. Vi har redan nu tagit lärdom av föregående projekts medlemmar som påpekat att denna punkt inte bör väntas med.

Utöver dessa risker finns också det faktum att alla projektmedlemmar vid sidan av detta projekt har flera olika kurser och intressen som påverkar oss. Även om större delen av projekttiden finns schemalagd kommer det uppstå faser då arbetsbelastningen blir hög och projektet eventuellt krockar med annat. Eller tvärtom då belastningen utifrån påverkar den tid som är möjlig att lägga inom projektet. Generellt kan vi hitta dessa situationer kring tentaveckor och kommer därför försöka planera utefter dessa för att inte negativt inverka på andra kurser. Det faktum att alla känner att projektet inte går ut över övriga studier stärker även andan i gruppen.

Dokumenthantering

Alla aktiviteter ska resultera i en rapport av varierande omfattning, som ofta ska fungera som underlag till nästa aktivitet. Dokumenten ska alltid sparas på två platser, hos författaren och på internet (Bilda), och filnamnet ska innehålla namn och versionsnummer. På Bilda sparas de dokument som hör till en aktivitet i en mapp titulerad med aktivitetens ID-nummer och namn. Dessa *aktvitetsmappar* placeras i en av de fyra *huvudmapparna* Analys, Experiment, Ekonomi och Design. Utöver huvudmapparna finns mappen Allmänna dokument, som bland annat innehåller kravspecifikation och projektplanering. Projektledaren ansvarar för att föra backup av alla filer på Bilda.

1. Se kravspec. (www.bilda.kth.se)

Bilaga 4 K1. Kravspecifikation

Alla punkter i kravspecen gäller oberoende av tiden. Dvs. för att en punkt ska vara uppfylld ska även alla andra punkter gälla.

Farkosten skall:

1. Design:

    1.1. Vara ett lekfullt transportmedel.
    1.2. Använda sig av bärplanslösning vid marschfart.
    1.3. Ha anordning som förhindrar att föraren skadar sig av propellern.
    1.4. Ha dödmansgrepp.

2. Stabilitet:

    2.1. Kunna flyta och balansera i stillastående läge med förare.
    2.2. Framföras på ett kontrollerat sätt.
    2.3. Styras med hjälp av tyngdpunktsförskjutning.

3. Prestanda:

    3.1. Vara eldriven.
    3.2. Kunna transportera en fullvuxen person på 100 kg.
    3.3. Ha en marschfart på 15 knop.
    3.4. Kunna framföras i marschfart i minimum 40 minuter.
    3.5. Inte väga mer än 70 kg.

4. Omgivning:

    4.1. Stå emot väta och svenskt vår- och sommarklimat.
    4.2. Klara påfrestningar från motorn, dvs. värme och vibrationer.
    4.3. Följa gällande krav på buller och miljöpåverkan enligt SJÖFS 2005:4.
    4.4. Kunna transporteras med B-körkort på land.

5. Ramar:

    5.1. Vara körklar inom tidsplanen, dvs. den 25/3 -09.
    5.2. Produceras inom ekonomisk- samt tidsbudget, dvs. 20 000 kr plus ev sponsorpengar och 8000 timmar.

1. Se kravspec. (www.bilda.kth.se)

Bilaga 5 A1. Bärplansberäkning

Bärplansberäkning

MARKUS NORBERG

I SAMMARBETE MED:

MATTIAS KENNESTAD

TORVALD MANNERS

MIRJAM FÜRTH

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Bärplan*
Datum:	*30/10-2008*
Versionsnummer:	
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*20*
Granskad av:	

1. Se kravspec. (www.bilda.kth.se)

1. Se kravspec. (www.bilda.kth.se)

Inledning

Denna rapport har till syfte att ge läsaren en uppfattning över vilka dimensioner på bärplan som kommer att krävas för att möta de uppsatta kraven.[1] Den tekniska undersökning som genomförs i denna rapport och de resultat som följer utav den är inte slutgiltiga. Designprocessen av bärplanen fortskrider men resultatet från den tekniska undersökning som här beskrivs ligger till grund för det fortsatta arbetet. Studien i denna rapport innefattar beräkningar på raka bärplansvingar samt deltavingar.

[1] Se kravspec. (Se bilaga 1)

Problemformulering

Studiets syfte är att analytiskt bestämma vilka dimensioner som kommer att krävas på ett bärplan. Kravet som ställs på bärplanet är att en lyftkraft på 1700 N ska kunna genereras i det hastighetsspann som är intressant. I detta fall är hastighetsspannet från 0 knop upp till 20 knop. För att angripa problemet måste en lyfthastighet antas. Med lyfthastighet menas den hastighet där farkosten lyfts upp på bärplan. Efter att denna hastighet antagits så kan den vingarea som krävs för att uppnå den givna lyftkraften vid lyfthastigheten beräknas. För att utföra beräkningen görs antaganden när det gäller lyftkraftskoefficienten, dessa antaganden beskrivs vidare i analysen. När vingarean bestämts så skapas en viss uppfattning om hur bärplanet ska se ut. Dock kan ett bärplan med en viss area ha många utseenden, därför införs för den raka vingen en variabel som kallas aspect ratio. Aspect ratio är en relation mellan bärplanets area och vingspann. Eftersom arean är bestämd så kan nu vingspannet varieras för att hitta det bäst lämpade bärplanet. För deltavingen så ger sig utseendet med öppningsvinkeln. Med öppningsvinkel menas toppvinkeln på deltavingen.

Analys

Angripspunkten på problemet är att ansätta en lyfthastighet för farkosten. Denna hastighet sätts till 6 knop. Detta antagande gjordes utifrån att lyfthastigheten vill hållas så låg som möjligt ty ju snabbare farkosten lyfter upp på bärplan desto mindre effekt krävs. Därefter beräknas vingarean med hjälp av en ekvation för att beräkna lyftkraften.[2] Denna ekvation skrivs om så att vingarean beräknas istället enl:

$$A = \frac{L}{0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot CL} \qquad (1).$$

Där L är lyftkraften i Newton, ρ är densiteten på vatten i kg/m^3, v är farkostens hastighet i m/s och CL är den tredimensionella lyftkraftskoefficienten. Värdet på lyftkraften fås från kravspecen (Se Bilaga 1). Enligt kravspecen ska farkosten max väga 70 kg och kunna bära en person som väger 100 kg, vilket leder till en totalvikt på 170 kg. Detta leder till att bärplanet måste generera en lyftkraft på c:a 1700 N. Densiteten för vatten är c:a 1000 kg/m^3. Hastigheten hade antagits till 6 knop vilket motsvarar c:a 3 m/s. För att bestämma värdet på lyftkraftkoefficienten måste vissa antaganden göras. Ett av antaganden som görs är att vid lyfthastigheten så kan maximal lyftkraftkoefficient tas ut, dvs. anfallsvinkeln är lika med stallvinkeln. Här skiljer sig beräkningarna för rakvinge och deltavinge åt. Samma tillvägagångssätt används men beräkningarna görs på olika sätt.

Rak vinge

Vingens maximala lyftkraftskoefficient ansätts till 1.5.[3] Viktigt är att tänka på att denna koefficient är för det tvådimensionella fallet. För att konvertera den tvådimensionella koefficienten till en tredimensionell så nyttjas att 3-D koefficienten är c:a 90% av 2-D koefficienten.[4] Denna konvertering kan göras när bärplansvingen har en aspect ratio somär större än 5. Detta ger ett CL på 1.35. Med alla dessa värden insatta i (1) erhålls:

$$A = \frac{1700}{0.5 \cdot 1000 \cdot 3^2 \cdot 1.35} = 0.24 m^2 \qquad (2).$$

Nu när den area som krävs för att möta lyftkravet vid 6 knop bestämts så nyttjas (1) igen. Den här gången för att bestämma det CL som krävs vid varje hastighet. En så jämn lyftkraft som möjligt i hela hastighetsspannet är önskvärt, varför lyftkraften sätts konstant. Hastigheten varieras mellan 6 och 30 knop, CL beräknas enl:

$$CL = \frac{L}{0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A} \qquad (3).$$

[2] J.Kuttenkeuler. Segling så funkar det. s.44.
[3] J.Kuttenkeuler, Segling så funkar det, s.56-64.
[4] John D.Andersson. *Aircraft performance.*

Ett bra sätt att jämföra olika bärplan, är att beräkna det motstånd som bärplanet genererar.[5] Detta motstånd beräknas enl:

$$D = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot CD \qquad (4).$$

I denna ekvation är allting känt förutom ***CD*** som är det tredimensionella motståndskoefficienten. Denna koefficient består av två delar enl:

$$CD = CD_0 + CD_i \qquad (5).$$

$\boldsymbol{CD_0}$ är en motståndskoefficient som refererar lyftarean till den våta arean, den våta arean uppskattas till att vara c:a 4 ggr så stor som lyftarean. Om den våta arean uppskattas så täcks motståndet för hela undervattenskropen in. $\boldsymbol{CD_0}$ beräknas enl ekv(6) där $\boldsymbol{CD_f}$ är friktionskoefficienten som uppskattas ligga mellan 0.0034 och 0.0055[6] och $\boldsymbol{S}$ är lyftarean och $\boldsymbol{S_{wet}}$ är den våta arean.

$$CD_0 = \frac{S_{wet}}{S} \cdot CD_f \qquad (6)$$

$\boldsymbol{CD_i}$ kallas för den lyftkraftsgenererade motståndskoefficienten. Denna uppkommer på grund av den överströmning som sker vid vingspetsarna. Överströmningen bidrar till det totala motståndet och är direkt knutet till att lyftkraft genereras, därav namnet. Genom att lyftkraftskoefficienten beräknats kan då $\boldsymbol{CD_i}$ beräknas.[7] Detta görs enl:

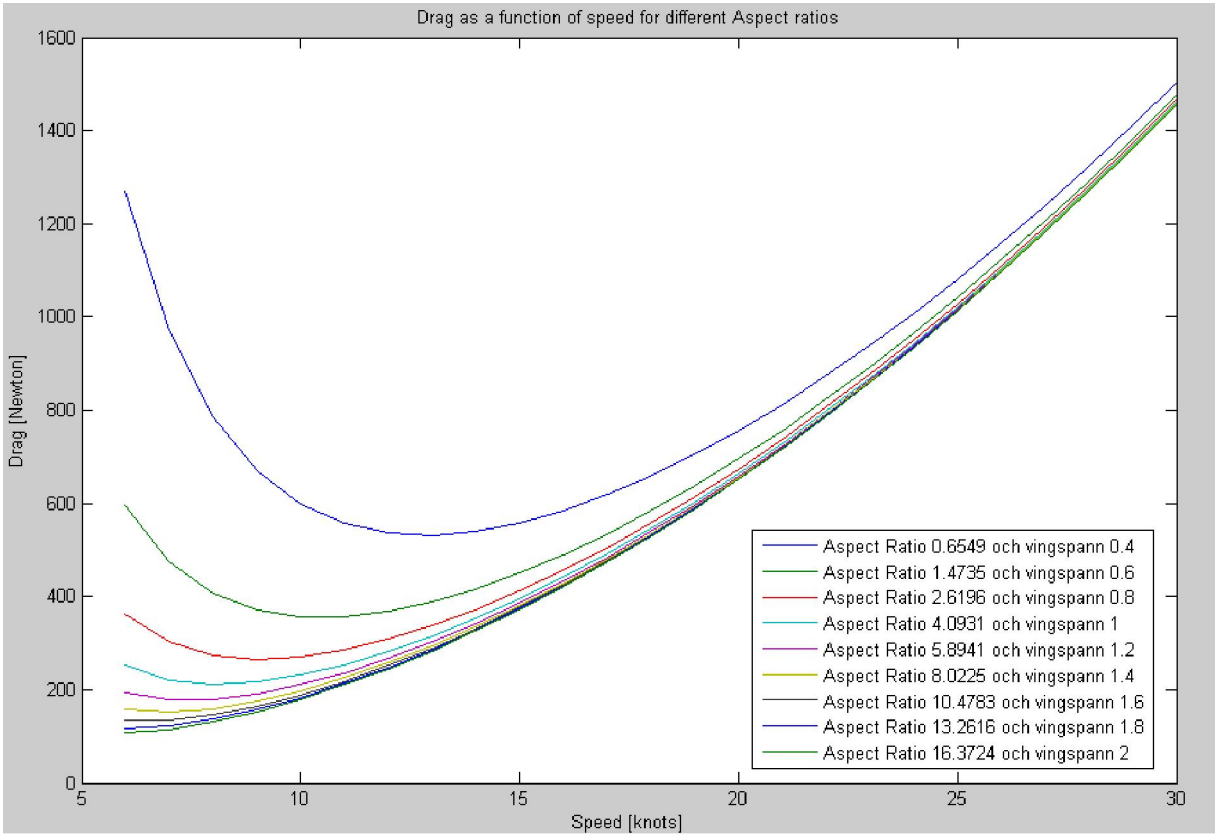
$$CD_i = \frac{CL^2}{\pi \cdot e \cdot AR} \qquad (7).$$

Där $\boldsymbol{e}$ är ”span efficiency factor” som kan antas 0.85.[8] $\boldsymbol{AR}$ är vingens aspect ratio som beräknas enl:

$$AR = \frac{b^2}{A} \qquad (8).$$

Där b är bärplanets vingspann och A är bärplanets vingarea. Nu varieras b för att beräkna motståndet för olika AR men för samma A**,** det A som bestämts tidigare. Vingspannet varieras mellan 0.4 m och 2m. Motståndet beräknades för de olika vingspannen. Luftmotståndetr beräknas nu med hjälp av (4) där ρ nu är densiteten hos luft 1.22 kg/m^3, $\boldsymbol{CD}$ är en uppskattad motståndskoefficient[9] 1.18 och A är en uppskattad front area av människa plus farkost 0.6 m^2. luftmotståndet adderades till det övriga motståndet och plottades mot hastigheten, resultatet visas i figur 1.

[5] J.Kuttenkeuler, Segling så funkar det, s.43
[6] John D.Andersson. *Aircraft performance.*
[7] J.Kuttenkeuler, Segling så funkar det.46
[8] John D.Andersson. *Aircraft performance.*
[9] John D.Andersson. *Aircraft performance.*



Figur 1. Motståndet för det olika bärplanen plottat mot hastigheten.

Om plotten beaktas så noteras att högt aspect ratio ger mindre motstånd. Men de 5 vingar med högst aspect ratio skiljer sig inte åt alls mycket. Detta gör att i stort sett skulle vilken som hellst av dessa kunna väljas som bärplan ur motståndssynpunkt. Men eftersom bärplanen ska appliceras på en vattenleksak så ställs krav på dels hållfastighet men aven på att produkten ska vara lätt att förflytta, betraktas detta så skulle det bärplanet som har lägst aspect ratio av de 5 vara lämpligast.

Deltavinge

Samma tillvägagångssätt tillämpas för att beräkna deltavingen. Lyfthastigheten ansätts även här till 6 knop, dock så ansätts den maximala lyftkraftskoefficienten till 1.2.[10] Detta på grund av att ***CL*** kurvan ser annorlunda ut för deltavingar jämfört med raka vingar. Deltavingens ***CL*** kurva löper över större anfallsvinklar men når inte upp till lika högt värde på ***CL*** (Se CL kurvor i Bilaga 2)**.** När dessa antaganden gjorts beräknas vingarean enl:

$$A = \frac{L}{0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot CL} \tag{9}$$

När arean för deltavingen är bestämd så beräknas den lyftkraftskoefficient som krävs för att generera den givna lyftkraften 170 N enl:

$$CL = \frac{L}{0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A} \tag{10}$$

Detta görs i hela hastighetsspannet. När detta är gjort så skulle nästa steg vara att jämföra motståndet mellan de olika deltavingarna, men utrycket för att beräkna ***CD*** för deltavingar är komplicerat[11] och kräver att anfallsvinkeln är känd. ***CD*** beräknas enl:

$$CD = \left(\frac{s}{l}\right)^2 \cdot \cos(\alpha) \cdot \left(2\pi \frac{\alpha}{\left(\frac{s}{l}\right)} + 4.9 \frac{\alpha}{\left(\frac{s}{l}\right)^{1.7}} \right) \tag{11}$$

Där α är anfallsvinkeln ***s*** är halva bredden på vingen, ***l*** är ”höjden” på vingen. Anfallsvinkeln måste därför bestämmas. Detta görs genom att CL beräknas enl:

$$CL = \left(\frac{s}{l}\right)^2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \left(2\pi \frac{\alpha}{\left(\frac{s}{l}\right)} + 4.9 \frac{\alpha}{\left(\frac{s}{l}\right)^{1.7}} \right) \tag{12}$$

Detta görs för alla anfallsvinklar, när detta gjorts så matchas dessa med de ***CL*** från (10). När detta görs kan anfallsvinkeln bestämmas genom att se vilket α i (12) som genererar samma ***CL*** som i (10). När anfallsvinkeln är bestämd beräknas då motståndskoefficienten enligt (11). Denna motståndskoefficient tar ej hänsyn till friktionsmotståndet och denna måste därför bestämmas.[12] Friktionsmotståndskoefficienten bestäms enl:

---

[10] John D.Andersson. *Aircraft performance.*
[11] John D.Andersson. *Aircraft performance.*
[12] J. Aircraft. Vol 6. No 3

$$C_f = \frac{0.472}{\left(\log^{10}(\mathrm{Re})\right)^{2.68}} \qquad (13)$$

Där ***Re*** är reynolds tal. ***Re*** beräknas enligt:[13]

$$\mathrm{Re} = \frac{v \cdot L}{\nu} \qquad (14)$$

Där ν är vattens viskositet som är $1 \cdot 10^{-6}$ och ***L*** är en karakteristisk längd i detta fall halva delta vingens längd och *v* är hastigheten. Nu kan friktionskoefficienten bestämmas. Efter detta så ska precis som för den raka vingen den totala motståndskoefficienten bestämmas enl:

$$CD = CD_0 + CD_i \qquad (15)$$

CD₀ är en motståndskoefficient som refererar lyftarean till den våta arean, den våta arean uppskattas även här till att vara c:a 4 ggr så stor som lyftarean. ***CD₀*** beräknas enl ekv(6) där ***CD_f*** är friktionskoefficienten som beräknats enligt (13) och ***S*** är lyftarean och S_{wet} är den våta arean.

$$CD_0 = \frac{S_{wet}}{S} \cdot CD_f \qquad (16)$$

CDberäknas enligt (11). När alla koefficienter beräknas kan den totala koefficienten bestämmas enligt (15). När den totala motståndskoefficienten bestämts så beräknas motståndet enligt (4). Även här beräknas luftmotståndet på samma sätt som för raka vingen och adderas till totala motståndet Resultatet visas i figur 2.

[13] J. Kuttenkueler. S.

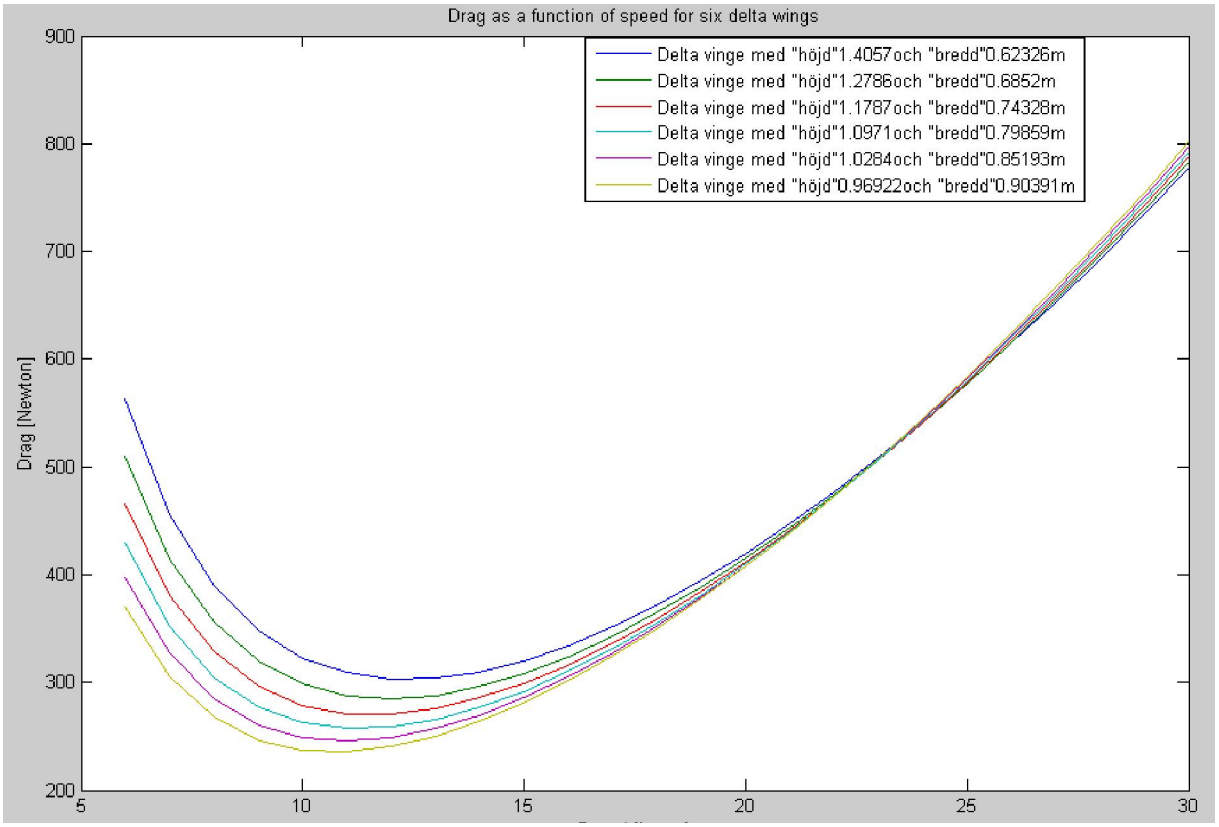


Figure 2. Motståndet för det olika bärplanen plottat mot hastigheten.

Om plotten beaktas så noteras att desto bredare delta vinge desto mindre motstånd, dvs. större öppningsvinkel ger mindre motstånd. För att få en säkerhetsmarginal så varierades maximala lyftkraftskoefficienten. Detta kommer att avspegla sig på arean av vingen men även på motståndet. I figur 3 så har maximala lyftkraftskoefficienten varierats och den bästa vingen ur motståndssynpunkt har valts ut.

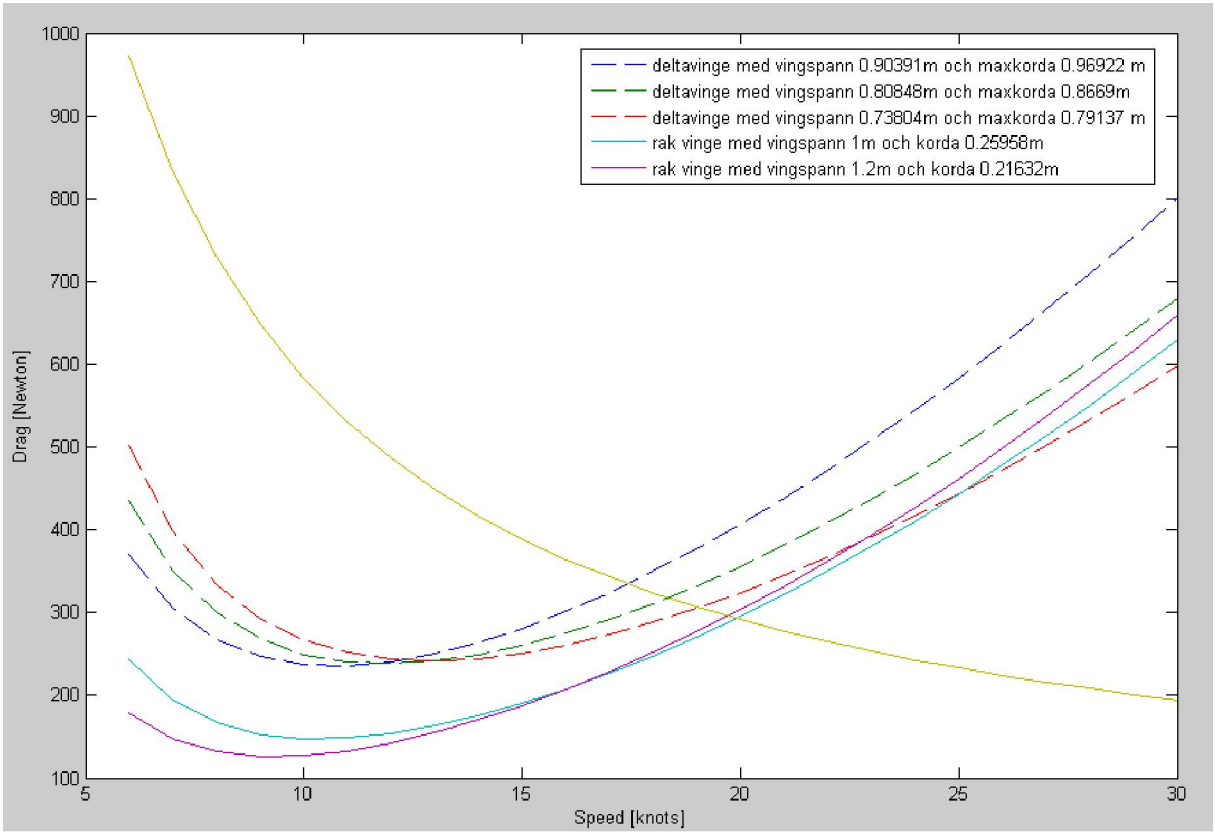


Figure 3. Plot over de tre bästa deltavingarna och de två bästa raka vingarna.

Slutsats

Utifrån de beräkningar och antaganden som gjorts så har författaren kommit fram till att ett bärplan med dimensioner enligt tabell 1 skulle vara lämpligast.

Vingspann [m]	0.8
maxkorda [m]	0.2
Öppningsvinkel [grader]	25

Tabell 1. Resultat från den tekniska undersökningen

Detta på grund av att delta vingens *CL* kurva har en mycket lägre derivata än den raka vingen. Detta gör att en liten ändring i anfallsvinkel ger en mindre ändring i lyftkraft hos delta vingen än hos den raka vingen, detta för med sig en jämnare ”flygning” med deltavingen. En annan fördel är att deltavingen kan klara högre anfallsvinklar innan den stallar. Detta är önskvärt då Evolo enligt kravspecen ska vara en leksak.

Referenser

1. Kuttenkeuler, J: *Segling så funkar det*. Institutionen för Marina System, KTH, Stockholm, 2008.
2. Flygsnubbe: *Flyga*. Institutionen för Marina System, KTH, Stockholm, 2008.
3. www.bilda.kth.se
4. J. Aircraft. Vol 6. No 3

A12 - Flytkroppsanalys Evolo



MATTIAS KENNESTAD (SCHÖNNING)
TORVALD MANNERS
mattes@kth.se, torman@algonet.se
0709-229959, 0704-856392

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*3/11-2008*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	*Jakob Kuttenkeuler*
Nedlagd arbetstid:	*20 timmar*
Granskad av:	-

Sammanfattning

I denna rapport utreds flytkroppen till Evolo framförallt med avseende på motstånd. Rapporten är till stor del resonerande i termer av påverkande faktorer kopplat till ytterligheter. En enklare modell för motståndsberäkning beskrivs dock och till denna finns en färdigutvecklad matlabkod som kan uppskatta motståndet inom vissa ramar.

Utifrån genomförda utredning kan konstateras att det är svårt att rent teoretiskt komma fram till en optimal skrovform och ett exakt skrovmotstånd. Innan slutgiltigt beslut om form tas bör därför modellförsök genomföras. Tillsvidare är slutsatsen att den surfbrädeform som pekats på i rapporten konceptuell design kan användas. Dock så bör förskeppet beaktas med avseende på ökad flytkraft och förbättrad skärande förmåga i vattnet.

Innehåll

Sammanfattning 46
Bakgrund....48
Problemformulering 48
Analys....48
Slutsats....51
Referenser 53
Bilaga1 – Matlab kod för motståndsberäkning 54
Hullresist.m, huvudprogram....54
friction.m, funktionsfil för beräkning av friktionsmotstånd 56
residuary.m, Funktionsfil för beräkning av övrigt motstånd 57
Bilaga 2 – Checklista för Kvalitetssäkring ....**Error! Bookmark not defined.**
Generellt intryck....**Error! Bookmark not defined.**
Tekniskt innehåll ....**Error! Bookmark not defined.**
Presentation ....**Error! Bookmark not defined.**
Övrigt ....**Error! Bookmark not defined.**

Bakgrund

En flytkropp till Evolo ska konstrueras. I denna rapport utreds påverkande faktorer och en enklare modell för motstånd utvecklas i Matlab.

Evolo ska enligt kravspecifikationen kunna flyta och balansera i stillastående läge med förare och denne ska kunna väga upp till 100 kg. Ett experiment har genomförts med en försöksfarkost dragen efter en båt och analyser av storlek och motstånd av bärplan har gjorts.

Problemformulering

För att utforma flytkroppen på bästa sätt bör följande parametrar beaktas:

- Farkostens motstånd i vattnet
- Nödvändig volym och volymsfördelning
- Behov av planande egenskaper
- Förmåga att kunna ”dippa” från flygande läge (beskrivs närmre nedan)
- Produktens uttryck och estetik

Analysen ska bl a ge ett minsta riktvärde på vilken minsta motoreffekt som krävs för att få farkosten att nå flygande läge på bärplanen.

Analys

FARKOSTENS MOTSTÅND I VATTEN

Motståndet av en kropp i vattnet ges generellt av

$$= \quad - \qquad (1)$$

där ρ är vattnets densitet, V är kroppens fart och S är den våta ytan. C_T ges av

$$= (1 + \quad) \quad + \quad + \Delta \quad + \qquad (2)$$

där k är en formfaktor, C_F är koefficient för friktionsmotstånd, C_R för vågbildningsmotstånd, C_F för ytråhetstillägg och C_{AA} för luftmotstånd (Garme 2007).

Evolos längd är ca 2.3 m och dess fartområde är 0 – 6 kn innan flytkroppen lyfts ur vattnet. Luftmotståndet på farkosten bedöms vara lågt i farterna 0 – 6 knop men behandlas tillsammans med motståndet på bärplansstrukturen i en särskild rapport om bärplanens dimensionering.

Friktionsmotståndskoefficienten beräknas med formeln

$$= \frac{\cdot}{(\qquad)} \qquad (3)$$

som är rekommenderad av ITTC-57, där Re är Reynolds tal baserat på fartygslängden.

Formfaktorn k i ekvation 2 kan för deplacerande skrov uppskattas med

$$= -0.095 + 25.6 \frac{=}{- \quad -} \qquad (4)$$

där C_B är blockkoefficient för flytkroppen och L, B och T är längd, bredd respektive djupgåendet. Ytråhetstillägget beräknas med formeln

$$\Delta = (105 - \bar{} - 0.64) \quad 10 \qquad (5)$$

Här är k ytråheten i meter som sätts till 50µm som motsvarar slät plast. Giltigheten för formlerna 4 och 5 bör beaktas eftersom den gäller för stora fartyg men det ger här en grov uppskattning. Formfaktorn ger ett relativt litet bidrag men det bör nämnas att den även innehåller bidrag till visköst motstånd annat än friktionen samt att den för planande fartyg kan sättas till 0.
För att uppskatta de övriga delarna av motståndskoefficienten C_T används en semiempirisk metod som bygger på sammanställd statistik av skrovmotstånd i Delft i Holland (Larsson/Eliasson 2000). Metoden är utvecklad för segelbåtsskrov och har ett begränsat giltighetsområde. Detta redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Giltighetsområde för motståndsberäkning med Delft serier

Längd i vattenlinjen / Bredd i vattenlinjen	2.76 – 5.00
Bredd i vattenlinjen / Djupgående	2.46 – 19.32
Längd i vattenlinjen / volymdeplacement^1/3	4.34 – 8.50
LCB	0.0 – 6.0
C_p	0.52 – 0.60

Utav parametrarna i tabell 1 är nog de flesta självförklarande förutom LCB som läget på tyngdpunkten för det undanträngda vattnet och C_p som är prismatisk koefficient. Den senare anger hur fylligt akterskepp och förskepp är. Det giltiga området förutsätter relativt smäckra skrov utan exempelvis ett tvärt akterskepp. Modellen är därmed ej direkt tillämplig på exempelvis planande skrov. Metoden består av två olika modeller en för lågfartsområde Froudes tal < 0.4 och en för halvplanande fartområde Froudes tal >0.4 men <1.0. Modellen returnerar sedan motståndet baserat på indata motsvarande variablerna i tabell 1 för olika fartområden (Froudes tal). Denna finns implementerad i Matlab av Jakob Kuttenkeuler som ett script (residuary.m). Tillsammans med ett eget utvecklat script för friktionsmotståndet (friction.m) har ett huvudprogram konstruerats (hullresist.m) som med dessa två skript returnerar det totala motståndet som funktion av farten som en plot. Ett exempel på denna plot redovisas för ett skrov i kapitlet slutsatser. Matlab filerna finns som bilaga 1 – 3 i denna rapport och även på Bilda. För framtagande av indata och modellering av skrovet har det av A. Rosén utvecklade matlabscriptet Quicklines använts.

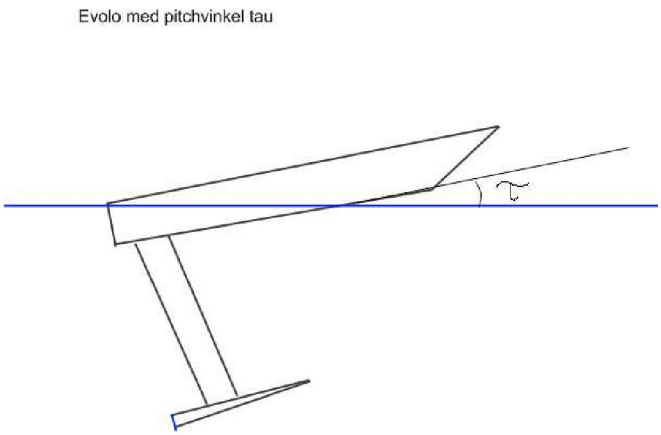
VOLYM OCH VOLYMSFÖRDELNING

Evolos massdeplacement utgörs i stora drag av farkostens vikt, förarens vikt, batterier och motor. Om föraren ska kunna sitta på farkosten utan att den sjunker måste flytkroppen ha en volym på 0.17 m^3 enligt kravspecifikationen. För att den inte ska välta i stillastående läge med förare krävs en tillräcklig tvärskeppsstabilitet som avgörs till stor del av bredden på flytkroppen. De olika parametrarna i problemformuleringen påverkar hur volymen ska fördelas optimalt i långskeppsled. Framför allt att fören inte ska dyka vid start eller ”dippning” kräver troligtvis en viss volym i fören.

Då förarställning och viktfördelning inte är helt klart i detta läge beräknas tvärskeppsstabilitet och volymsfördelning i långskeppsled närmre vid ett senare tillfälle.

BEHOV AV PLANANDE EGENSKAPER

Froudes tal $= \frac{}{}$ för Evolo i lyfthastigheten 6 knop är 0.65. Övergången till planande tillstånd för båtar sker vid Froudes tal 1.0 – 1.2 (Faltinsen 2005) och p.g.a den bildade bogvågen definieras Froudes tal för fullt deplacerande båtar som 0 – 0.4 (Garme). Evolo rör sig alltså i området som kallas för ”halvplanande” innan den lyfter.
Planande skrov har normalt en vinkel mot vattenytan τ enligt Figur 1 som gör att båten lyfts upp i planing dynamiskt när Fn > ca 1.0. I lägre farter är den typiska formen för ett planande skrov sämre utformat för lågt strömningsmotstånd, framförallt vid eventuella slag eller vinklar och vid aktern om den är platt.



Figur 1. Bild på Evolo med flytkroppen i vattnet med pitchvinkel mot vattenytan.

Typiskt deplacerande (skärande) skrov är optimerade för minimerat motstånd i ett lägre fartområde och får en större motståndsökning jämfört med planande skrov vid Fn = 0.4 samt att utformningen av aktern, som vanligtvis är rundad på något vis, gör att aktern sugs ned vid ökad hastighet.
Hur planande skrov typiskt ser ut visas i Figur 2. De är optimerade för höga hastigheter och producerar lyftkraft som är tillräcklig för att ta sig över sin egen bogvåg (med tillräcklig dragkraft). Detta kritiska läge inträffar just vid Fn ≈ 0.4 p g a att våglängden blir ungefär samma storlek som båtlängden.





Figur 2. a, Ett typiskt planande skrov på en RIB-båt. b, Skrovbild framifrån på planande gummijolle.

En farkost med bärplan som lyfter upp skrovet ur vattnet har inte samma behov av lyftkraft från skrovet för att lyfta eftersom bärplanet skapar lyftkraften i sitt eget medium (vattnet) redan vid låg fart. Andra bärplansburna farkoster som t ex de i Figur 3 prioriterar i regel att skrovet är slankt och har lågt motstånd från vattnet och luften än att skrovformen har goda planande egenskaper. Många har också en lodrätt skuren för som gör att man inte har något bidrag till lyftkraften från fören annat än volymen.



Figur 3. Skrovformer på andra vattenfarkoster med bärplanslösning.

”DIPPFÖRMÅGA”

Vid det genomförda experimentet upptäcktes att flytkroppen bromsas kraftigt när farkosten befinner sig i flygläge och flytkroppen dyker ner mot ytan eller möter en tillräckligt hög våg i fören. Detta fenomen hade troligtvis större inverkan på försöksfarkosten än det kommer ha på den färdiga farkosten eftersom försöksfarkosten drogs efter en båt och hade nära konstant drag från båten. Dragkraften på den färdiga farkosten kommer kunna regleras på ett annat sätt men det bedöms ändå viktigt att minimera effekten av fenomenet.

UTTRYCK OCH ESTETIK

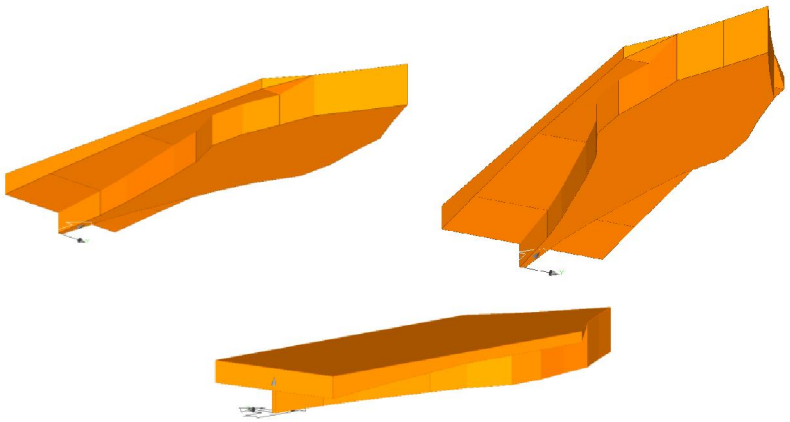
En viktig del i den slutgiltiga skrovkonstruktionen är utseendet. På detta Stadium får nog funktion anses gå före form. Det finns en utredning gjord på styrande parametrar för detta som presenteras närmare i rapporten användaridentitet.

Slutsats

Vad gäller skrovutformning kan två ytterligheter gällande vägval urskiljas. Det ena är ett kort relativt brett planande skrov och det andra är ett långt slankt deplacerande skrov. Att definitivt

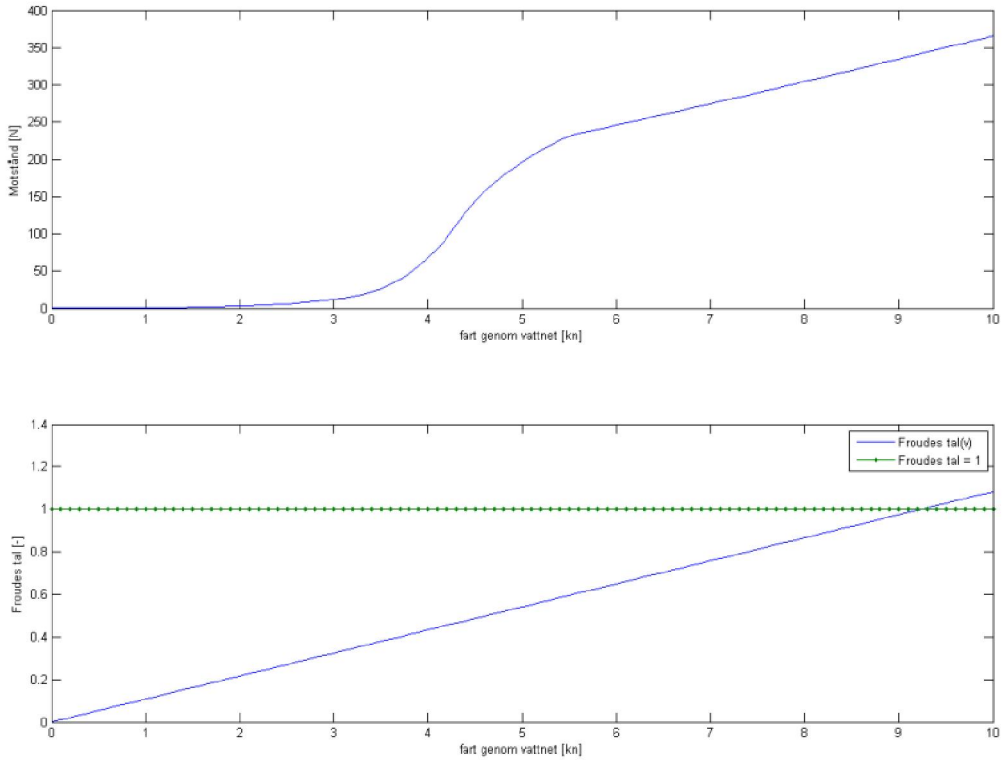
säga att det ena är bättre än det andra är svårt. På nuvarande stadium är skrovmodellens form förmodligen av mindre betydelse. Mer viktigt är exempelvis tillräckligt deplacement och att öka flytkraften och minskad den bromsande effekten i fören eftersom dippar ofta ledde till krascher vid första försöket (se X3-rapport). Vår rekommendation är att tillsvidare fortsätta med det surfbrädeliknande skrov som finns illustrerat i rapporten konceptuell design. För den slutgiltiga designen på skrovmodell bör modellförsök eftersträvas för minst två varianter av skrov.

En alternativ något innovativ form har också tagits fram. Denna illustreras i Figur 4.



Figur 4. Ett alternativt designförslag

Formen som illustreras i Figur 4 ska betraktas som principiell och i verkligheten ska ytorna var mjukare. Förslaget kan ses som en kombination av surfbräda och kanot med tanke att ett fylligt förskepp men ändå slankt skrov ska ge lågt motstånd och klara dippar samtidigt som brädan ovanpå ska ge stabilitet i vattnet och möjlighet att röra sig under förflyttning. I figur 5 visas det totala motståndet för skrovet i figur 4 beräknat med framtagen modell.



Figur 5. Motstånd samt Froudes tal som funktion av farten för skrovet i Figur 4

I figur 5 syns tydligt motståndspuckeln kring Froudes tal 0,4-0,5. Denna är huvudsakligen en funktion av fartygets längd. Minskad längd kommer flytta puckeln åt vänster.

Referenser

5. Garme, K: *Fartygs motstånd och effektbehov*. Marina system, KTH, Stockholm, 2007.
6. Faltinsen, O M: *Hydrodynamics of High-speed Marine Vehicles*. Cambridge 2005
7. Larsson, L/Eliasson, R E: *Principles of Yachtdesign, 2nd Edition.* Adlard Coles Nautical, 2000.
8. Kravspecifikation, Marindesign projekt Evolo, Marina sytem, KTH, 2008.
9. Opublicerade rapporter i kursen Marindesign finns

Bilaga1 – Matlab kod för motståndsberäkning

Hullresist.m, huvudprogram

```
clc, clear all

%-------------------------------------------------------------------------
% This program evaluates the resistance functions for the Hull of Evolo:
%
% Rr   = residuary(vs,depl,Cp,Lwl,LCB,Bwl,Tc,Awl) Residuary resistance
%       inputdata need some limits, thoose are defined in the function file
%
% Rf   = friction(vs,Sw,Lwl,Tc, Bwl, cb)          Friction resistance
ofcanoe body
%-------------------------------------------------------------------------
% Rr   : [N]   Residuary resistance
% vs   : [m/s] Boat speed
% depl : [m3]  Volume displacement
% Cp   : [-]   Prismatic coefficient
% Lwl  : [m]   Length of water line
% LCB  : [-]   In percent of Lwl from mid ship, positive forward
% Bwl  : [m]   Beam of waterline amidship
% Tc   : [m]   Draft of canoe body
% Awl  : [m2]  Waterline area
% T    : [m]   Total draft of yacht
% heel : [rad] Heel

% by Torvald Manners & Mattias Kennestad
%-------------------------------------------------------------------------


kn   = 0:.1:10;         % [knots]
vs   = kn*1852/3600;    % [m/s]
depl = 0.15;            % [m^3]
Cp   = 0.58;            % [-]
Cb   = 0.46;            % [-]
Lwl  = 2.3;             % [m]
LCB  = -1.2/Lwl;        % [-]
Bwl  = 0.7;             % [m]
Tc   = 0.2;             % [m]
Awl  = 1.13;            % [m^2]
Sw   = 1.09;            % [m^2]


g = 9.81;
Fn = vs/sqrt(g*Lwl);

Rr = residuary(vs,depl,Cp,Lwl,LCB,Bwl,Tc,Awl);
Rf = friction(vs,Sw,Lwl,Tc, Bwl, Cb);

Rtot = Rr + Rf;

subplot(2,1,1)
plot(kn, Rtot)
xlabel('fart genom vattnet [kn]'), ylabel('Motstånd [N]');
subplot(2,1,2)
plot(kn, Fn, kn, ones(1,length(kn)), '.-')
xlabel('fart genom vattnet [kn]'), ylabel('Froudes tal [-]');
legend('Froudes tal(v)', 'Froudes tal = 1')
```

friction.m, funktionsfil för beräkning av friktionsmotstånd

```
function Rf = friction(vs,Swl,Lwl,Tc, Bwl, cb)


%Denna funktionsfil räknar ut friktionsmotståndet
%--------------------------------------------------------------------------
%vs    : [m/s] fart genom vattnet
%Lwl   : [m] Längd genom vatten linjen
%Swl   : [m^2] Våt yta
%ny    : [m^2/s] dynamisk viskositet
%g     : [m/s^2] tyngdacceleration
%rho   : [kg/m^3]densitet
%k     : [m] ytråhet
%Tc    : [m] djup vid midskeppssektionen
%Bwl   : [m] Bredd vid midskeppssektionen
%cb    : [-] Blockkoefficient

% by Torvald Manners & Mattias Kennestad
%--------------------------------------------------------------------------

ny = 1.35*10^-6;
g = 9.82;
rho = 1000;
k = 50*10^-6;
k2 = -0.095 + 25.6 *(cb/((Lwl/Bwl)^2 *sqrt(Bwl/Tc)))

Re = vs*Lwl/ny;                                 %Reynolds tal

CF = (1+k)*0.075./((log(Re)-2).^2);             %Friktionskoefficient [-]
dcf = (105*(k/Lwl)^(1/3) - 0.64)*10^-3;         %Ytråhetstillägg [-]

CT = CF + dcf;                                  %total motståndskoefficient
Rf = 0.5*rho*vs.^2*Swl.*CT;                     %motstånd

end
```

residuary.m, Funktionsfil för beräkning av övrigt motstånd

```
function Rr= residuary(vs,depl,Cp,Lwl,LCB,Bwl,Tc,Awl)
%
% Rr : [Newton] Residuary UPRIGHT resistance of the canoe body (i.e. wave
% generation and viscous pressure resistance) by interpolation using the
Gerritsma
% University of Delft systematic experimental series data for displacement
% hulls. Note that the friction resistance in NOT included. The input
parameters
% are checked to ensure that the interpolation is done within the
experimental
% data. Fn (and consequently Rr) can be either scalar or a vector.
%
% Parameters:
% u    : [m/s] Boat speed
% depl : [m3]  Volume displacement
% Cp   : [-]   Prismatic coefficient
% Lwl  : [m]   Length of water line
% LCB  : [-]   In percent of Lwl from mid ship, positive forward
% Bwl  : [m]   Beam of waterline amidship
% Tc   : [m]   Draft of canoe body
% Awl  : [m2]  Waterline area
%
% by Jakob Kuttenkeuler 2005
%-------------------------------------------------------------------------
g  = 9.81;          % [m/s2] Gravitational acceleration
Fn = vs/sqrt(g*Lwl); % [-]    Froude number
% Check input against Delft experimental data limits
err=0;
if min(Lwl/Bwl)<2.76;          disp('Lwl/Bwl too small');       err=1;end;
if max(Lwl/Bwl)>19.32;         disp('Lwl/Bwl too large');       err=1;end;
if min(Bwl/Tc)<2.46            disp('Bwl/Tc too small');        err=1;end;
if max(Bwl/Tc)>19.32;          disp('Bwl/Tc too big');          err=1;end;
if min(Lwl/depl^(1/3))<2.46    disp('Lwl/depl^(1/3) to small');err=1;end;
if max(Lwl/depl^(1/3))>19.32; disp('Lwl/depl^(1/3) too big'); err=1;end;
if min(LCB)<-6.0               disp('LCB too small');           err=1;end;
if max(LCB)>0.00;              disp('LCB too big');             err=1;end;
if min(Cp)<0.52                disp('Cp too small');            err=1;end;
if max(Cp)>0.600;              disp('Cp too big');              err=1;end;
if err==1;disp('Calculation terminated...');disp('**********************');
  SSTTOOPP;
end
%---------
for ii=1:length(Fn)
    F=Fn(ii);
    if  F<0.125              % Extreme low speed
        Rr_2   = delft_lowspeed(0.125,Lwl,Bwl,depl,LCB,Tc,Cp);
        Rr(ii) = interp1([0 0.125],[0 Rr_2],F);
    elseif F>=0.125&F<=0.450 % Low speed
        Rr(ii) = delft_lowspeed(F,Lwl,Bwl,depl,LCB,Tc,Cp);
    elseif F>0.450&F<0.475   % Intermediate speed..
        Rr_1   = delft_lowspeed(0.450,Lwl,Bwl,depl,LCB,Tc,Cp);
        Rr_2   = delft_highspeed(0.475,Lwl,Bwl,depl,LCB,Tc,Cp,Awl);
        Rr(ii) = interp1([0.450 0.475],[Rr_1 Rr_2],F);
    elseif F>=0.475&F<=0.6 % High speed
        Rr(ii) = delft_highspeed(F,Lwl,Bwl,depl,LCB,Tc,Cp,Awl);
    else                     % Too high speed
        Rr(ii) = delft_highspeed(0.6,Lwl,Bwl,depl,LCB,Tc,Cp,Awl)*(F+0.4); %
This is assumed
```

```
        %disp('Froude number too large...');
    end
end
%--------------------------------------------------------------------------
function Rr = delft_lowspeed(Fn,Lwl,Bwl,depl,LCB,Tc,Cp);
% Applicable for 0.125<Fn<0.450
%--------------------------------------------------------------------------
% Calculate the residuary resistance (upright wave generation and viscous
% pressure resistance) by interpolation using the University of Delft
systematic
% experimental series data for displacement hulls.
%--------------------------------------------------------------------------
g      = 9.81;      % [m/s2]  Gravitational acceleration constant
rho    = 1025;      % [kg/m3] Density of water
wdepl  = depl*rho;  % [ton]    Weight displacement

A=[0.125 -6.7356     38.3683 -0.008193 0.055234  -1.9972   -38.86081
0.9566  -0.002171  0.2728   -0.01752
   0.150 -0.3829     38.1729  0.007243 0.026644  -5.2953   -39.55032
1.2195   0.000052  0.8246   -0.04784
   0.175 -1.5035     24.4080  0.012200 0.067221  -2.4485   -31.91370
2.21609  0.000074  0.244345 -0.015887
   0.200 11.29218   -14.51947 0.047182 0.085176  -2.673016 -11.41819
5.654065 0.007021 -0.094934  0.006325
   0.225 22.17867   -49.16784 0.085998 0.150725  -2.878684   7.167049
8.600272 0.012981 -0.327085  0.018271
   0.250 25.90867   -74.75668 0.153521 0.188568  -0.889467  24.121
10.4852   0.025348 -0.854940  0.048449
   0.275 40.9755   -114.2855  0.207226 0.250827  -3.072662  53.01570
13.02177  0.035934 -0.715457  0.039874
   0.300 45.8375   -184.7646  0.357031 0.338343   3.871658 132.25
10.86054  0.066809 -1.719215  0.095977
   0.325 89.20382  -393.0127  0.617466 0.460472  11.54327  331.1197
8.598136 0.104073 -2.815203  0.155960
   0.350 212.6788  -801.7908  1.087307 0.538938  10.80273  667.6445
12.39815 0.166473  -3.026131  0.165055
   0.375 336.2354 -1085.134   1.644191 0.532702  -1.224173 831.1445
26.18321 0.238795  -2.450470  0.139154
   0.400 566.5476 -1609.632   2.016090 0.265722 -29.24412 1154.091
51.46175 0.288046  -0.178354  0.018446
   0.425 743.4107 -1708.263   2.435809 0.013553 -81.16189 937.4014
115.6006  0.365071  1.838967  -0.062023
   0.450 1200.620 -2751.715   3.208577 0.254920 -132.0424 1489.269
196.3406  0.528225 1.379102   0.013577];
for ii=1:10
  a(:,ii) = interp1(A(:,1),A(:,ii+1),Fn,'spline');
end
Rr=g*wdepl/1000*a*[ 1 Cp LCB Bwl/Tc Lwl/depl^(1/3) Cp^2 Cp*Lwl/depl^(1/3)
LCB^2 (Lwl/depl^(1/3))^2 (Lwl/depl^(1/3))^3]';
%--------------------------------------------------------------------------
function Rr = delft_highspeed(Fn,Lwl,Bwl,depl,LCB,Tc,Cp,Awl);
% Applicable for 0.475<Fn<0.750
%--------------------------------------------------------------------------
% Calculate the residuary resistance (upright wave generation and viscous
% pressure resistance) by interpolation using the University of Delft
systematic
% experimental series data for displacement hulls.
%--------------------------------------------------------------------------
g      = 9.81;      % [m/s2]  Gravitational acceleration constant
rho    = 1025;      % [kg/m3] Density of water
wdepl  = depl*rho;  % [kg]    Weight displacement
```

```
A=[0.475 180.1004 -31.50257 -7.451141 2.195042 2.689623 0.006480
   0.500 243.9994 -44.52551 -11.15456 2.179046 3.857403 0.009676
   0.525 282.9873 -51.51953 -12.97310 2.274505 4.343662 0.011066
   0.550 313.4109 -56.58257 -14.41978 2.326117 4.690432 0.012147
   0.575 337.0038 -59.19029 -16.06975 2.419156 4.766793 0.014147
   0.600 356.4572 -62.85395 -16.85112 2.437056 5.078768 0.014980
   0.625 324.7357 -51.31252 -15.34595 2.334146 3.855368 0.013695
   0.650 301.1268 -39.79631 -15.02299 2.059657 2.545676 0.013588
   0.675 292.0571 -31.85303 -15.58548 1.847926 1.569917 0.014014
   0.700 284.4641 -25.14558 -16.15423 1.703981 0.817912 0.014575
   0.725 256.6367 -19.31922 -13.08450 2.152824 0.348305 0.011343
   0.750 304.1803 -30.11512 -15.85429 2.863173 1.524379 0.014031];
for ii=1:6
  a(:,ii) = interp1(A(:,1),A(:,ii+1),Fn,'spline');
end
Rr=g*wdepl/1000* a*[ 1 Lwl/Bwl Awl/depl^(2/3) LCB (Lwl/Bwl)^2
(Lwl/Bwl)^2*(Awl/depl^(2/3))^3]';

% end of file
```

A13 Pitch stabilitet



FREDRIK BENDER
fbender@kth.se
0703-960630
I samarbete med:
Markus Norberg

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Pitch stabilitet*
Datum:	*20/11-2008*
Versionsnummer:	*1.1*
Handlett av:	*Jakob Kuttenkeuler*
Nedlagd arbetstid:	*5 h*
Granskad av:	

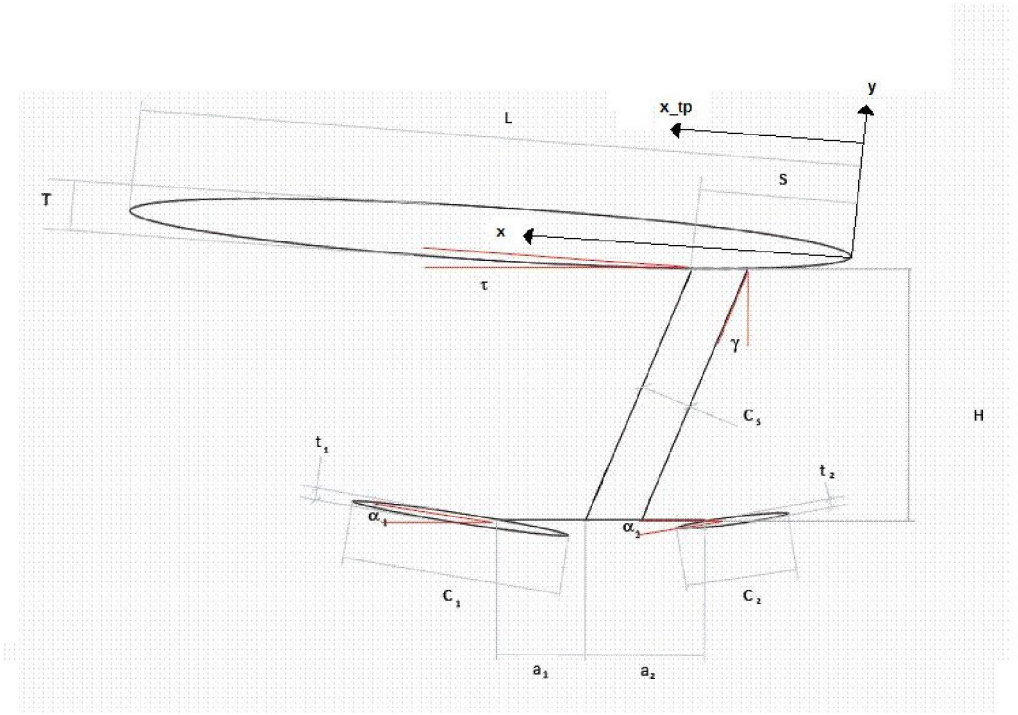
Inledning

Slutsatsen av test ett är att Evolo är instabil i pitchled. [14] Därför skall en analys utföras för att utreda hur Evolo skall konfigureras inför test två.

[14] Xf2-protokoll, ref. [2]

Problemformulering

Syftet med denna analys är att fastställa en konfiguration av bärplanen så att den är stabil i pitchled. Med stabil menas att om Evolo utsätts för en störning så kommer den att återgå till sin initial position. De faktiska måtten som ska fastställas är avståndet mellan vingarna (a_1+a_2) och placering av tyngdpunkt(x_{tp}).

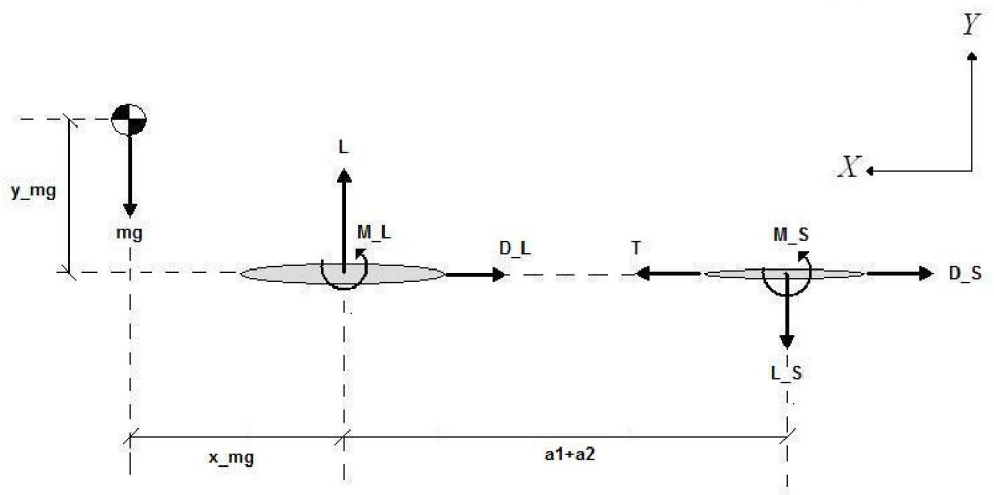


Figur 17. Evolo

Dessa avstånd fastställs genom enkla moment beräkningar på Evolo, då flytkroppen ligger över vattenytan.

Analys

I figur 2 redovisas de krafter som Evolo utsätts för på bärplan.



Figur 18. Skiss över moment och krafter.

Moment ekvationen runt tyngdpunkten ställs upp för evolo i ”flygande” tillstånd.

$$+ \quad - \quad + \quad + \quad + \quad -(\quad + \quad) \quad + \qquad (1)$$

Momenten (,) som uppstår pågrund av att vingarna genererar lyft är så pass små att de kan försummas. Konstant hastighet antas så att släpmotstånden (,) tas ut av den framåtdrivande
kraften ( ). Det som återstår av moment ekvationen är

$$+ \quad + \quad - \qquad (2)$$

, där är avståndet mellan lyftkraften och tyngdpunkten och + är avståndet mellan lyftkraften ( ) och kraften ( ) som genereras av stabilisator vingen.

Lyftkraften beror på det dynamiska trycket ( ), den effektiva arean ( ) och lyftkraftskoefficienten ( ) som förenklat kan sägas vara linjärt beroende av anfallsvinkeln (+). Observera att anfallsvinkeln ( ) för respektive vinge inkluderar en störning ( ). Detta förs in i ekvation 2 och leder till

$$\frac{(\quad)}{} \; (\; + \;) \qquad + \quad + \quad - \frac{(\quad)}{} \; (\; + \;) \qquad (3)$$

Fortsättningsvis betecknas derivatan av lyftkraftkoefficienten ( ) med avseende på störningen för den främre lyftvingen som

$$= \frac{(\quad)}{}$$

och derivatan av lyftkraftkoefficienten ( ) med avseende på störningen för den bakre stabilisator vingen som

$$= \frac{(\quad)}{\quad}$$

För att Evolo ska vara stabil krävs det att derivatan av momenten med avseende på störningen är mindre än noll.

$$\frac{}{} < 0$$

$$+ \quad + \quad - \qquad\qquad < 0 \quad (4)$$

$$> \frac{(\qquad)}{\qquad\qquad} \qquad\qquad (5)$$

Den bakre stabilisator vingen antas vara identisk till den främre lyft genererande vingen men med ett förhållande på den effektiva arean på 1:5. Resultatet redovisas genom att plotta avståndet mellan angreppspunkterna för lyft- och stabilisatorkrafterna mot gränsvärdet för placeringen av tyngdpunkten.

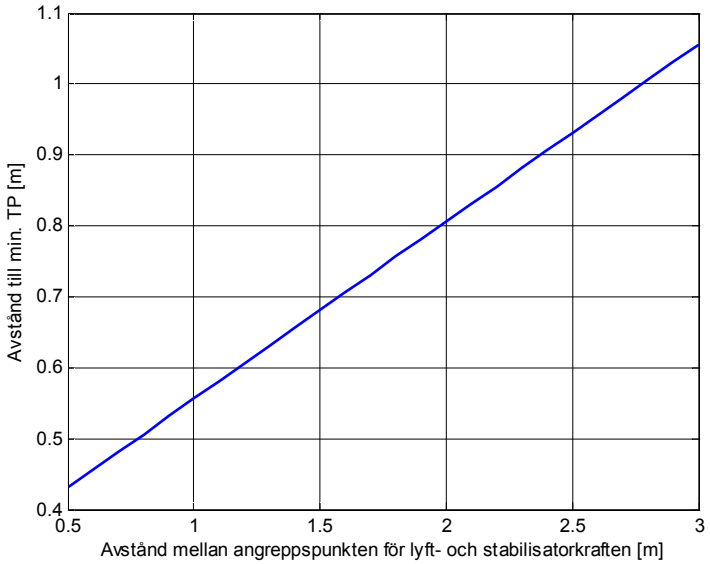


Diagram 1. Gränsvärdet för placering av tyngdpunkten beroende av avståndet mellan vingarna.

I diagram 1 kan utläsas att om t.ex. avståndet mellan lyft- och stabilisatorvingen är 1 m skall tyngdpunkten placeras på ett avstånd i x-led som är större än 0.55 m.

Slutsats

Denna analys har inte rett ut om detta är en optimal konfiguration av bärplanen. Detta resultat bör vägas mot det rätande moment när den utsätts för en viss störning. Även det faktum att en störning kommer att leda till en vertikal acceleration bör vägas in. Ytterligare analys bör således utföras för att kunna bestämma hur en störning påverkar systemet. Även om det rätande momentet existerar är det inte säkert att den hinner räta upp Evolo innan flytkroppen slår i vattnet.

Verifieringsplan

När experiment två utförs kommer resultatet av denna rapport att verifieras. Vid denna tidpunkt är datumet för experiment två den 18/11 -08.

Referenser

1. Norberg, M, A1 – Bärplan, Stockholm, 2008
2. Razola, M, Xf2 – Protokoll, Stockholm, 2008

Bilaga 8 A14 Effektbehov

Effektbehov



MARKUS NORBERG
mnorb@kth.se
0762-483605

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*05/11-2008*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*2*
Granskad av:	*Fredrik Bender*

Inledning

Detta dokument har till syfte att ge läsaren en uppfattning om vilket effektbehov som behövs för att generera en så stor kraft (Thrust) som övervinner motståndet. Detta dokument tar ej hänsyn till hastigheter under 6 knop då motståndet i detta hastighetsspann ej är färdiguträknat.

Problemformulering

Evolos effektbehov ska beräknas och detta görs genom att använda gjorda motståndsberäkningar.[15]

[15] M.Norberg. *A1-Bärplan 2008-10-25.*

Analys

När motståndet nu är beräknat så kan effektbehovet som krävs för att generera en framåtdrivande kraft (Thrust) som är lika stor som motståndet beräknas. Detta görs genom att ta det uträknade motståndet för de olika hastigheterna och multiplicera med hastigheten enligt:

$$E = F \cdot v \qquad (1)$$

Där ***E*** står för effekt, ***F*** står för motståndet och *v* står för hastigheten som relaterar till det motståndet. Från tidigare hämtas motståndsberäkningarna för farkosten se figur 1.

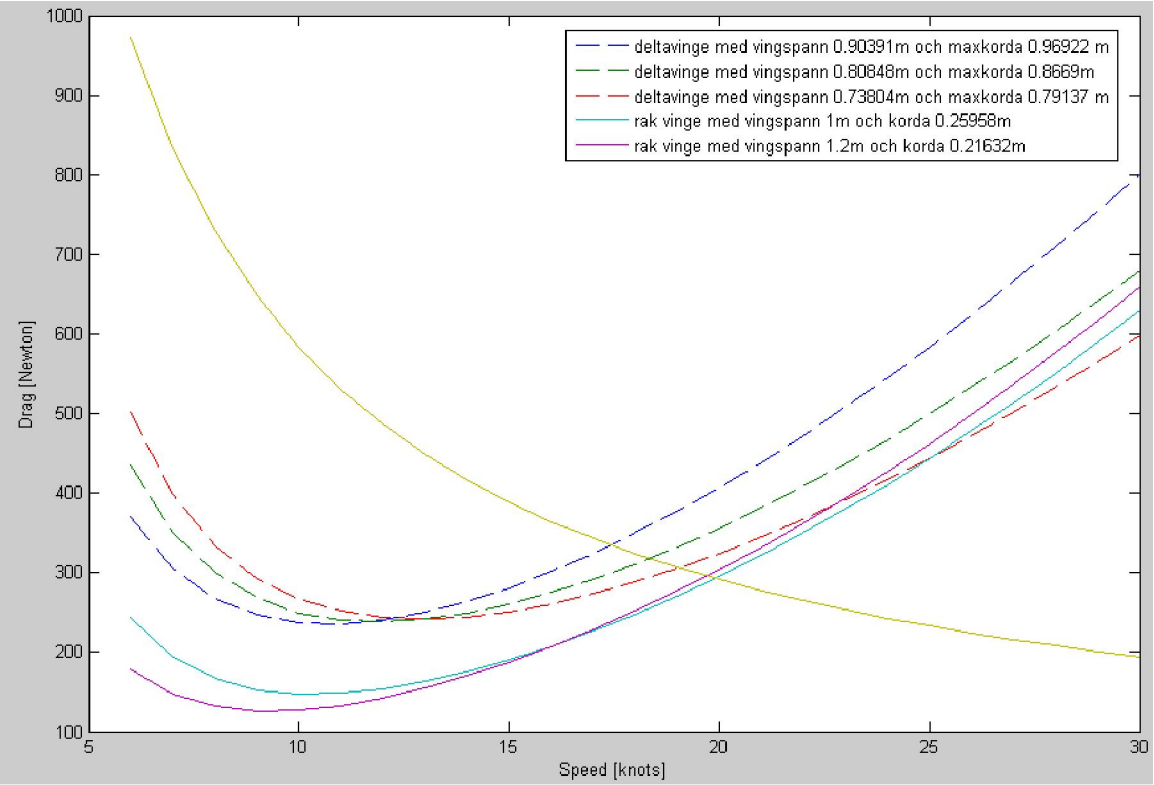


Figure 4. Visar motståndet som funktion av hastigheten för de 3 bästa deltavingarna och de två bästa raka vingarna.

Med dessa motstånd som indata beräknas nu effekten enligt (1), resultatet redovisas i figur 2.

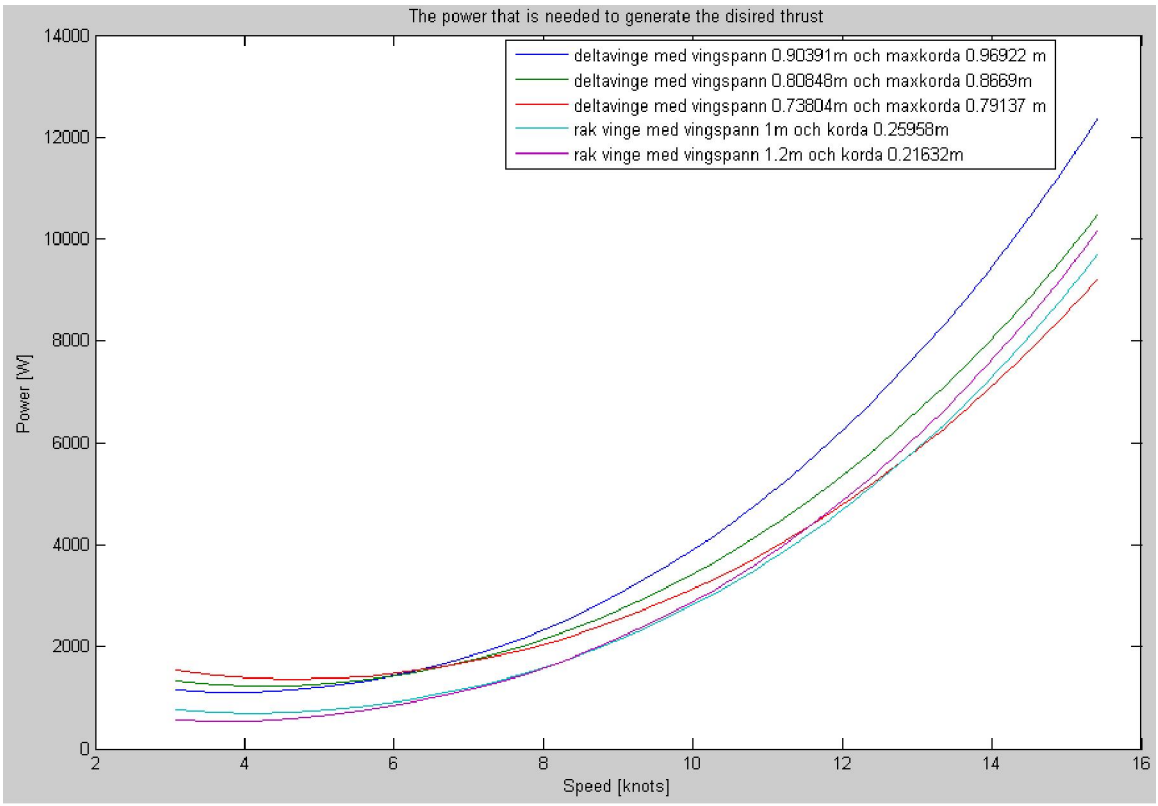


Figure 5. Den effekt som krävs för att driva farkosten framåt.

Nu är Effekten beräknad för att hastighetsspann som är lite för stort egentligen då målet är att farkosten ska kunna uppnå 15 knop. Om fokus läggs på hastighetsspannet upp till 15 knop erhålls figur 3.

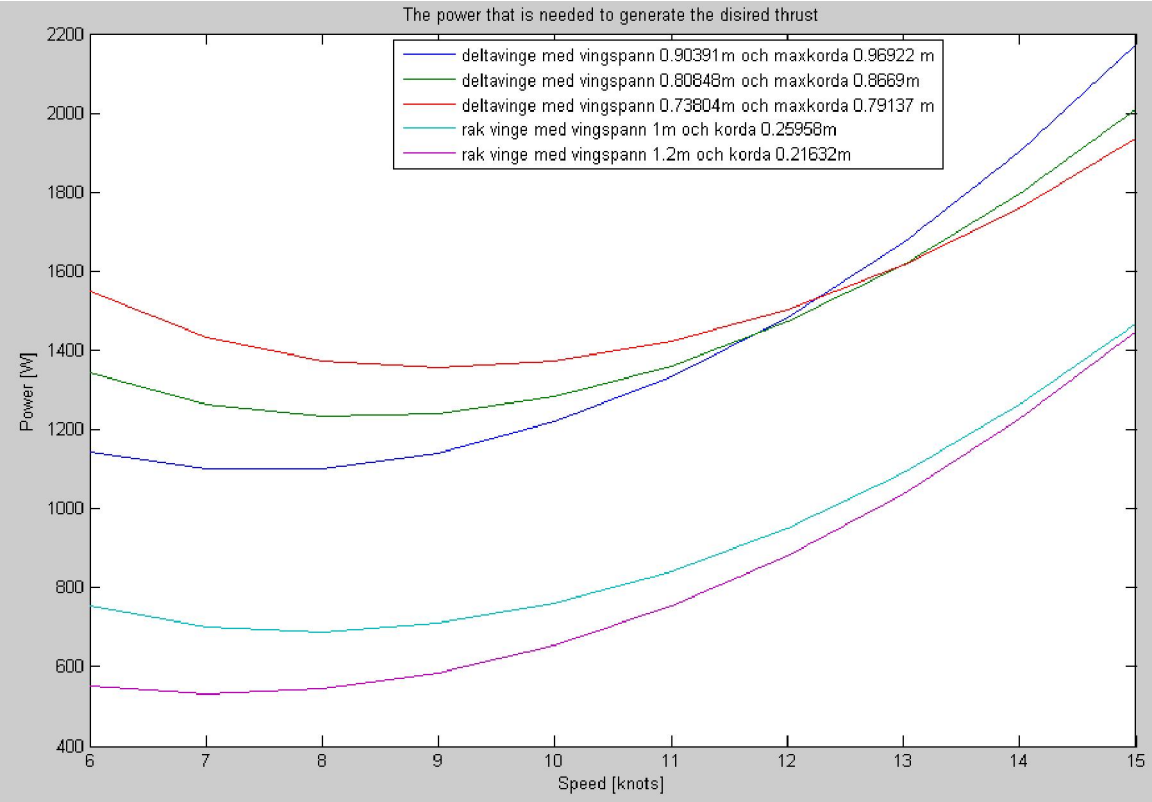


Figure 6. Den effekt som krävs för att driva farkosten framåt i det aktuella hastighetsspannet.

I figur 3 så är verkningsgraderna från propellern och motorn inte inräknade. Om verkningsgraden för propellern uppskattas till 0.6 och verkningsgraden för elmotorn uppskattas till 0.85 så erhålls figur 4 som visar den märkeffekt som krävs på motorn.

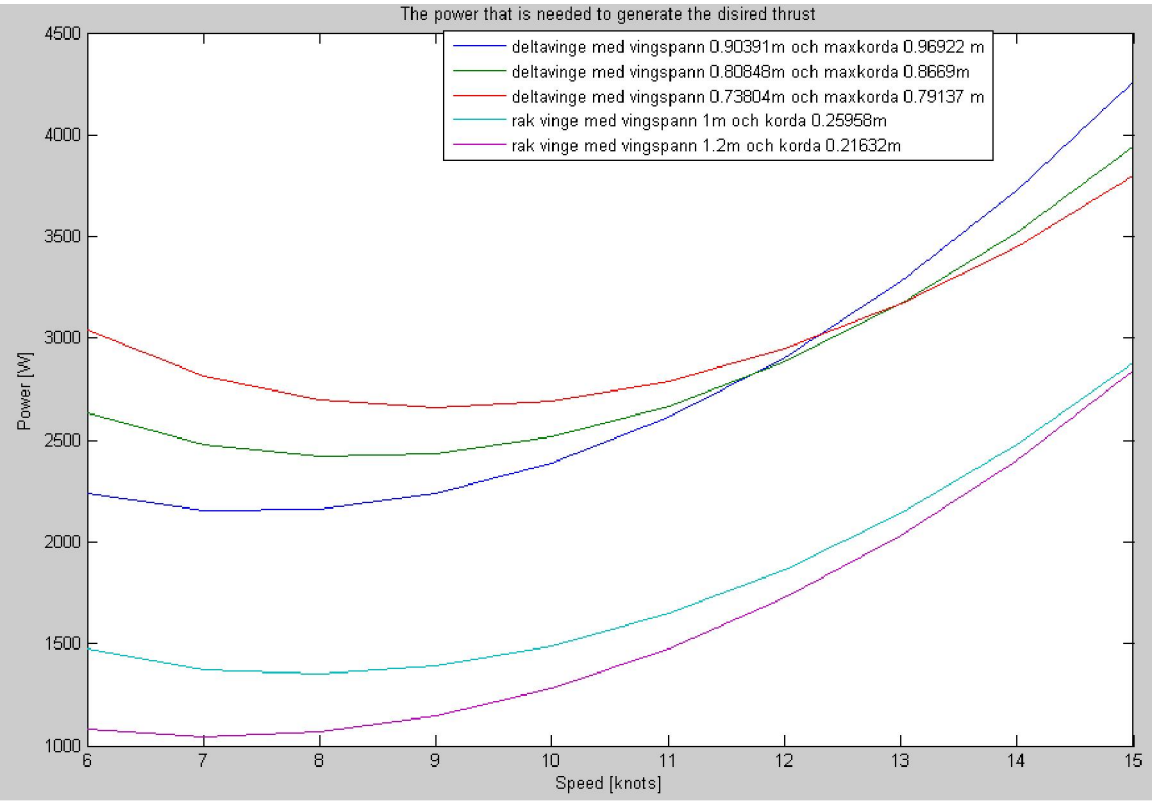


Figure 7. Den effekt som krävs för att driva farkosten framåt i det aktuella hastighetsspannet med verkningsgraden för motorn och propellern inräknade.

Slutsats

Om figur 4 beaktas så noteras att de raka vingarna är effektivast ur effektsynpunkt. Den raka vingen med ett vingspann på 1.2 m kräver en maxeffekt på 2.8 kW, men deltavingen med vingspann 0.74 m kräver en maxeffekt på 3.7 kW. Skulle enbart effektbehovet styra så skulle en rak vinge vara överlägset bäst, men vägs alla faktorer in såsom manöverduglighet storlek så anser författaren att en deltavinge vore lämpligast. Kanske skulle en konfiguration med en deltavinge som primär och en rak vinge som sekundär vara lämplig. Detta p g a att sekundär vingen skulle då svara snabbare på en ändring av anfallsvinkeln än en deltavinge. Eftersom sekundärvingen ger ett rätande moment är det önskvärt att den svarar snabbt, om den dessutom svarar snabbare än primärvingen är det också bra.

Referenser

10. M.Norberg. *A1-Bärplan 2008-10-25*.

Bilaga 9 A15 Slutgiltig brärplanslösning

Ving- och propellerkonfiguration



DANIEL CARLSSON
PETTER DELIN
dcarlss@kth.se
pdelin@kth.se

070-7765707

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*13/11-2008*
Versionsnummer:	*0.9*
Granskad av:	

Sammanfattning

Eftersom alla undervattenskomponenter beror av - eller påverkar - strömningen är dessas relativa placering viktig för optimering av farkostens prestanda. Bärplanen kräver ostörd strömning varpå propellern bör placeras efter dessa. Det innebär att det aktre bärplanet bör placeras under strömningen runt det främre bärplanet. Slutligen bör motorn placeras nära propellern varpå denna måste fästas under eller över det aktre bärplanet.

Innehåll

Sammanfattning 79
Innehåll 80
Problemformulering 81
Analys 1 – Placering av bärplan och propeller 82
Analys 2 – Propellerns påverkan av kåpa 85
Slutsats 87
Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring ..... **Error! Bookmark not defined.**
Generellt intryck ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tekniskt innehåll ..... **Error! Bookmark not defined.**
Presentation ..... **Error! Bookmark not defined.**
Övrigt ..... **Error! Bookmark not defined.**

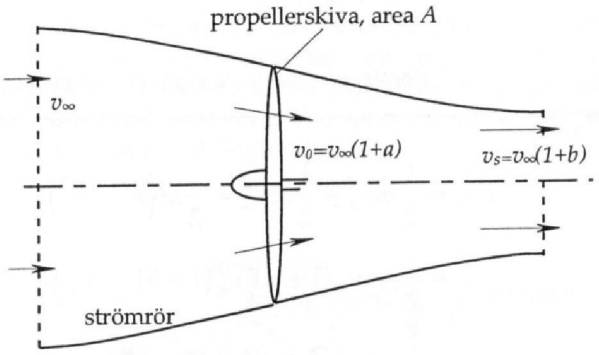
Problemformulering

Hur ska vingar och propeller placeras i förhållande till varandra för att optimera deras prestanda?
Problemet har delats upp i följande delproblem:

- Vad händer om man placerar propellern mitt emellan bärplanen?
- Vad händer om man placerar propellern längst bak
- Hur påverkas propellerns prestanda av ett skyddshölje?

Analys 1 – Placering av bärplan och propeller

Strömningen bakom propellern är extremt komplicerad. Det vi vet om propellrar är att de accelererar vatten i negativ riktning relativt färdriktningen.
Dessutom accelereras vattnet till en rotativ rörelse med samma rotationsriktning som propellern själv. Det accelererade vattnet har i begynnande tillstånd lika stor radie som propellern, men accelerationen innebär att strömröret minskar (pga. ”conservation of mass”), se figur 1 ref [1].



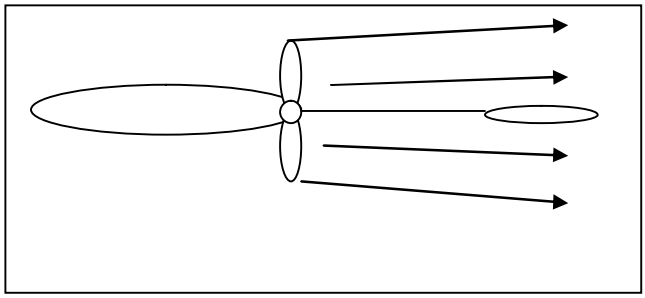
Figur 1. *Relativa hastigheter längs det betraktade strömröret som begränsas av propellerdiametern.*

I figur 1 ser vi hur hasigheten bakom propellern ökar (strömröret minskar). Relationen mellan konstanterna *a* och *b* är *a=2b*, ref[1].

Strömrörets radie ökar sedan med tiden tills rörelsen dämpas ut av samma anledning som ovan. Strömningen är turbulent och kommer att påverka en vinge placerad i strömriktningen negativt. Med ”negativ” menas att dess lyftkraft minskas eftersom vingen kräver laminär strömning för att genera lyftkraft. Dessutom kommer strömningen över det mindre bärplanet att ha en mindre relativ vinkel vid krängning av det primära bärplanet. Med det menas att strömningen över vingen inte längre kommer att vara helt horisontell då det vatten som accelereras av propellern vid krängning utanför designläget kommer att ha en hastighetskomponent i det aktre bärplanes relativa vinkel. Resultatet är att det aktre bärplanet inte kommer uppleva samma anfallsvinkel som denna egentligen har.

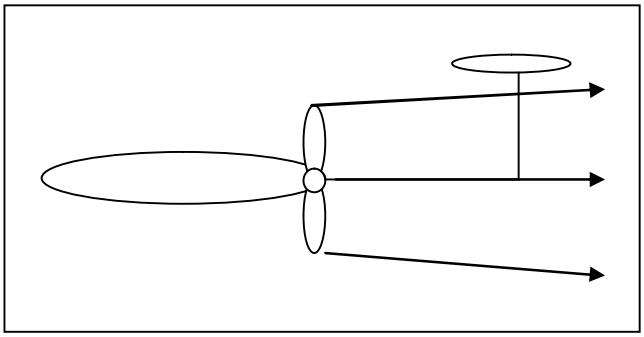
Det innebär att om propellern ska placeras mellan de två bärplanen kommer det aktre bärplanet, se figur 1, att förlora en del av sin förmåga att generera lyftkraft och vara mer eller mindre verkningslös. För att undvika problemet måste propellern placeras över eller under bärplanen så att strömningen kring det aktre bärplanet förblir laminär. Nackdelarna med att placera propellern ovanför bärplanen är att denna kan driva ner luft till bärplanen vid gång nära ytan, vilket kommer att påverka bärplanens lyftförmåga. Nackdelen med att placera

propellern nedanför bärplanen är att djupgåendet ökar och det finns risk för att propellern skadas vid grundstötning.

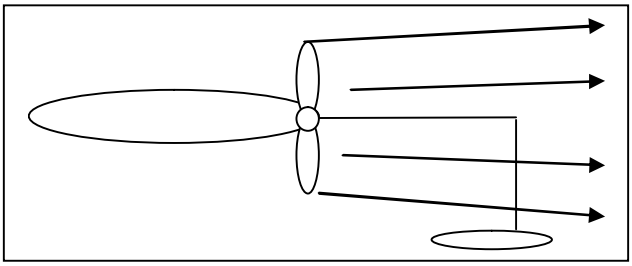


Figur 2. *Aktre bärplan placerat ovanför propellern.*

Ett alternativ är att placera det aktre bärplanet över eller under en konfiguration med propeller och främre bärplan i samma plan eftersom det antas att strömningen kring vingprofilerna har ungefär samma tvärsnitt relativt färdriktningen som profilera själva. Placeras det aktre bärplanet ovanför propellern, se figur 3, kommer denna att förlora lyftkraft före det främre bärplanet vid gång i riktning mot ytan och det rätande moment, som det aktre bärplanet är designat att tillgodose, kommer helt att utebli. Placeras istället det aktre bärplanet under samma konfiguration av främre bärplan och propeller (dvs. att dessa ligger i samma plan) undviks det ovanstående problemet, se figur 4. Nackdelen är ett ökat djup och estetisk icke tilltalande design.



Figur 3. *Aktre bärplan placerat ovanför propellern.*



Figur 4. *Aktre bärplan placerat nedanför propellern.*

Om det mindre bärplanet istället placeras framför det primära bärplanet samtidigt som propellern placeras bakom detta kommer strömningen kring det primära bärplanet istället att påverkas. Påverkan från turbulens från det mindre bärplanet (tidigare benämnt som ”det aktre bärplanet”) antas dock vara liten då strömningen kring denna antas vara laminär vid små anfallsvinklar. Vid större anfallsvinklar kommer turbulensen att öka, men detta bedöms som gynnsamt då det aktra bärplanet tappar lyftkraft och det rätande momentet från det mindre bärplanet ökar i relation till det moment som det primära bärplanet generar. Konfigurationen förutsätter dock att det primära bärplanet placeras bakom tyngdpunkten så att detta generar ett moment, eftersom det främre bärplanet annars kommer att genera ett moment med samma verkningsriktning som det primära bärplanet (dvs. inget rätande moment kommer att generas vid krängning). Detta moment måste motverkas av det främre bärplanet så att momentjämvikt erhålls vid horisontell gång. Det innebär att det främre bärplanet alltid kommer generera motstånd, vilket är negativt.

För att undvika påverkan från propellern kan denna integreras i det aktre bärplanet samtidigt som motorn integreras i det primära, främre bärplanet. Det innebär att propellerns strömning inte kommer att påverka något av bärplanen. Nackdelen är att motorn måste integreras i det främre bärplanet så att dess vinkel relativt detta är lika stor som det aktre bärplanets relativa vinkel, se figur 5. Detta för att slippa en ledad axel mellan motor och propeller. Lösningen ligger dock förmodligen utanför projektets tidsram på grund av den komplicerade struktur denna lösning innebär.

Eftersom propellern accelererar vattnen i negativ riktning relativt färdkursen kan detta istället utnyttjas med ett roder. Rodrets verkningsgrad kommer att ökas om detta placeras nära propellern eftersom denna gynnas av en stor strömningshastighet. Nackdelen med ett roder är att dennas verkan beror av farkostens hastighet samt kräver kontinuerlig justering av föraren.

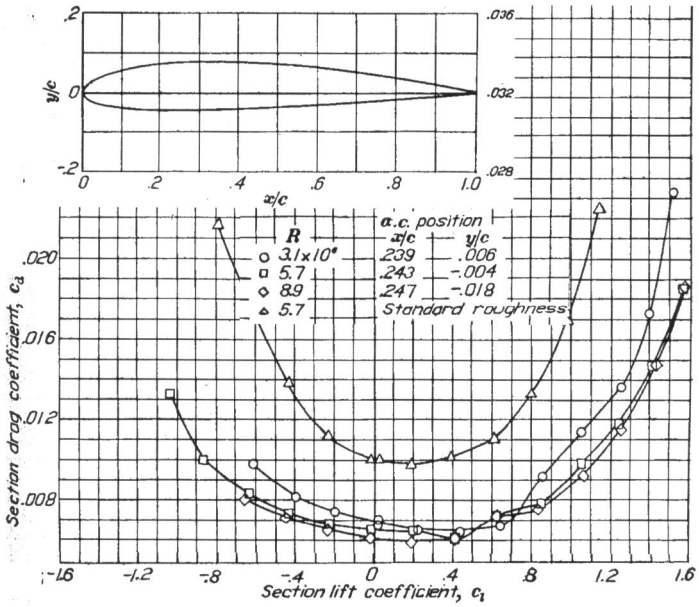
Analys 2 – Propellerns påverkan av kåpa

Med en inkapslad propeller kommer det inducerade motståndet att minskas eftersom vattnets väg över propellerspetsen kommer att förhindras av kåpan. Det inducerade motståndet införs vanligtvis (för propellerar utan kåpa eller liknande anordning) som kompensation för att propellerns blad inte är oändligt långa. Med införande av kåpa förhindras vattnet att ta sig över från övertrycksidan till lågtryckssidan vilket innebär att vi kan försumma denna kompensation. Dock kommer kåpan att öka friktionsmotståndet eftersom vattnet kommer att strömma längs kåpan. Strömningen kring kåpan antas kunna delas upp i två delar. Dels den strömning som påverkar yttersidan av kåpan och dels strömningen som påverkar innersidan av kåpan. För strömningen på innersidan av kåpan kan strömningen antas vara (1+a) gånger friströmshastigheten.

Där *a* kan för känd verkningsgrad uttryckas som

$$= \frac{\quad}{\quad} \qquad []$$

Hastigheten på utsidan antas vara samma som friströmshastigheten, dvs. hastigheten för farkosten. Friktionen från kåpan kan antas vara lika stor som en oändligt lång naca2412 profil eftersom den är sluten. Friktionen kan då beräknas med data från en semi-empirisk modell enligt ref [2]. Den tvådimensionella friktionskoefficienten, , utläses ur figur 5.



Figur 5. *Tvådimensionell motståndskoefficient för naca2417-profiler.*

Där *R* är Reynolds tal, C_l är lyftkoefficienten (i vårt fall noll).

Reynolds tal beräknas vidare som

$$= — \qquad []$$

Där är kåpans längd (korda), *v* är hastigheten och är viskositeten.

Det totala motståndet kan nu beräknas som

$$= - \quad + - \qquad []$$

Där är vattnets densitet, är friströmshastigheten, är hastigheten för vattnet innanför kåpan (dvs. (1+a)) och är kåpans area.

För rimlighetsbedömning kan friktionskoefficienten beräknas utan tillägget för profilens tjocklek enligt

$$= \frac{\cdot}{(\quad ( ) \quad)}$$

För kontroll av teorin har följande värden antagits:

L = 0.1 m
D = 0.16 m
A =
= 15
= 60%

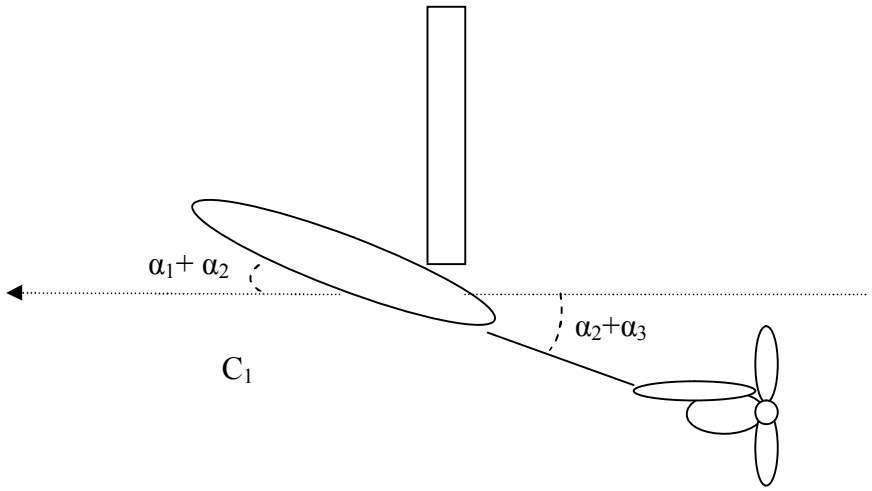
Det tvådimensionella motståndet blir då 34 N.
Enbart friktionsmotståndet blir då 28 N.

Här har det lägsta värdet för antagits då Reynolds tal är lägre än vad skalan innehåller värden för i figur 5.

Observera att denna modell endast gäller då farkosten färdas efter en rak sträcka. När farkosten svänger kommer ytterligare motstånd att uppstå eftersom kåpans tvärsnittstjocklek relativt strömningen inte längre kan försummas.

Slutsats

Motorn bör placeras i en strömlinjeformad kåpa under det bakre bärplanet. Detta på grund av det primärt är ovansidan på det bakre bärplanet som kommer generera ett rätande moment. Propellern bör sedan placeras i en skyddskåpa bakom det bakre bärplanet. Det innebär att inget av bärplanen kommer att påverkas av turbulent strömning från propellern. Att propellern ligger inkapslad i en kåpa minskas risken att användaren skadas. Att länkarmen mellan bärplanen har en vinkel är på grund av att det är önskvärt att aktre bärplanet ska, så ofta som möjligt, ligga utanför det främre bärplanets vak. Då storleken på avlänkningen är okänd antas en vinkel på fem grader vara tillräcklig. Den satta vinkel gör att det bakre bärAtt denna vinkel inte sätts större är för att djupgåendet vill minimeras och för insikterna om hur mycket en större vinkel inverkar på prestandan är begränsade. Lösningen illustreras i figur 6 nedan.

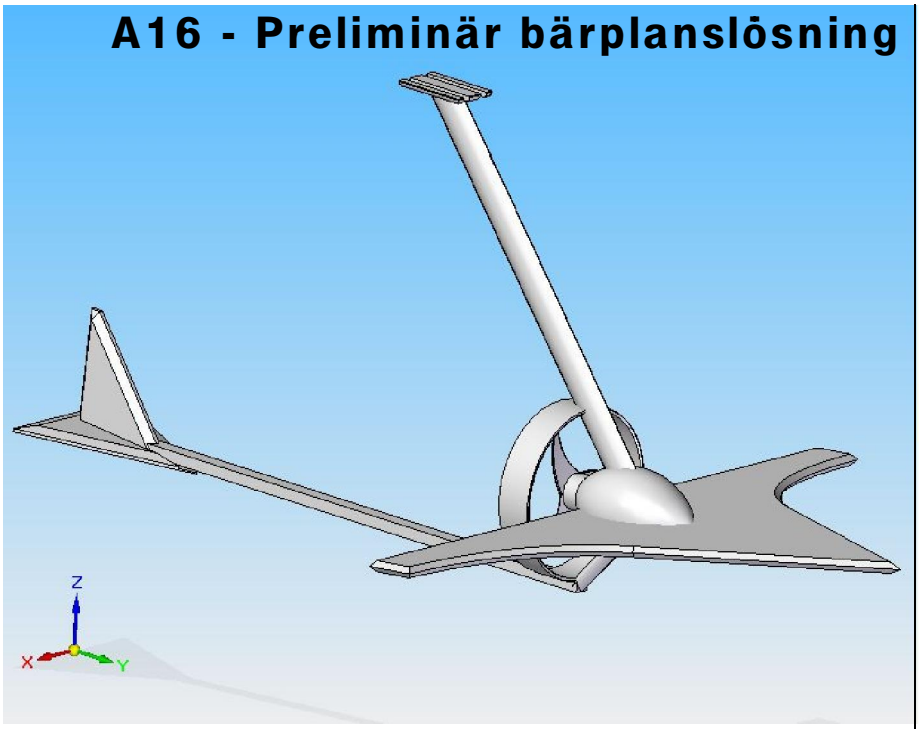


Figur 6. *Aktre bärplan placerat nedanför propellern vid lyftläge* α_1 plus α_2 *ca 15 grader .*

Ovan rekommenderad lösning ger följande mått för bärplanens konfiguration.

$\alpha_3 = 5^o$

Bilaga 10 A16 Preliminär bärplanslösning



FREDRIK BENDER
fbender@kth.se
073-960630

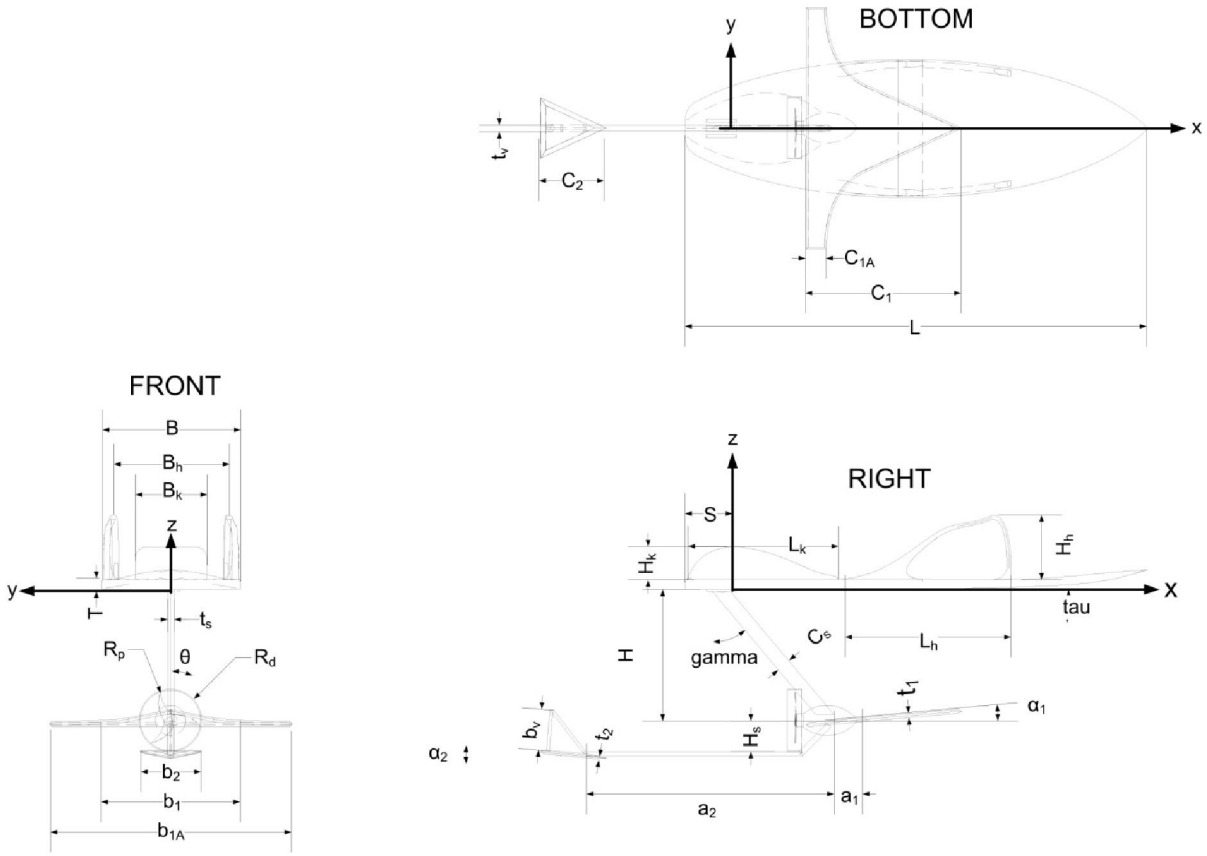
Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*A16*
Datum:	*25/11-2008*
Versionsnummer:	*1*
Handlett av:	*Jakob Kuttenkeuler*
Nedlagd arbetstid:	*18 h*
Granskad av:	*Mattias Kennestad*

Sammanfattning

Utvärdering av analyser och experiment har resulterat i följande bärplansdesign.

Tabell 2. Dimensioner för bärplanskonfigurationen

		storhet	
H	stöttans höjd	[m]	0.83
	stöttans vinkel	grader	0
a_1+a_2	Avstånd mellan angreppspunkten för lyft- och stab. krafterna.	[m]	1.1
Dimensioner förliga bärplanet			
C_1	korda	[m]	0.87
C_{1A}	korda	[m]	0.11
b_1	vingspann	[m]	0.8
b_{1A}	vingspann	[m]	1.1
$_1$	öppningsvinkel	grader	57
Dimensioner aktra bärplanet			
C_2	korda	[m]	0.39
b_2	vingspann	[m]	0.36
$_2$	öppningsvinkel	grader	57



Figur 19. Ritning av Evolos bärplanskonfiguration

Innehållsförteckning

1.0 Problemformulering 93
2.0 Utvärdering 94
2.1 A1 – Bärplan 94
2.2 A5 – Motstånd 94
2.3 A13 – Pitchstabilitet 95
2.4 A15 – Placering och strömning kring motor och bärplan 96
2.5 X7 – Experiment 96
2.6 X8 – Experiment 98
3.0 Slutgiltig bärplansdesign 99
4.0 Diskussion 100
5.0 Referenser 101
Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.0 Problemformulering

En slutgiltig bärplansdesign skall fastställas. Det som skall bestämmas är hur konfigurationen skall se ut under flytkroppen. Var skall bärplanen placeras. Hur skall motor och propeller integreras i denna design. Säcken skall knytas ihop genom att väga för och nackdelar av olika förslag av placering av bärplanen och motorn med propeller.

2.0 utvärdering

Resultaten från analyser och experiment utvärderas. Slutsatser redovisas kortfattat från respektive rapport.

2.1 A1 – Bärplan

En deltavinge är att föredra på grund av att C_L kurvans derivata är mycket lägre. Detta innebär att en ändring i anfallsvinkeln leder till en mindre ändring av lyftkraften i jämförelse med den raka vingen. Ytterligare en fördel är att deltavingen har högre maximal anfallsvinkel, då stall inträffar. För att deltavingen skall genera 170 kg i lyftkraft vid 6 knop är dess dimension enligt tabell 2 (definitionen av öppningsvinkeln se i figur 1).

Tabell 3. Bärplans dimensioner

Vingspann [m]	0.8
maxkorda [m]	0.87
Öppningsvinkel [grader]	57

2.2 A5 – Motstånd

Vald bärplanskonfiguration enligt tabell 2 ger upphov till ett släpmotstånd som maximalt är 525 N, vid en hastighet på 6 knop. Det aktra bärplanet antas vara likadan som det förliga bärplanet men i skala 1:5. I diagram 1 utläses släpmotståndet för hastighetspannet 6-15 knop. 6 knop är hastigheten då Evolo lyfter och det resulterar i att det endast är bärplanen, infästningar och stöttan som ger upphov till ett släpmotstånd.

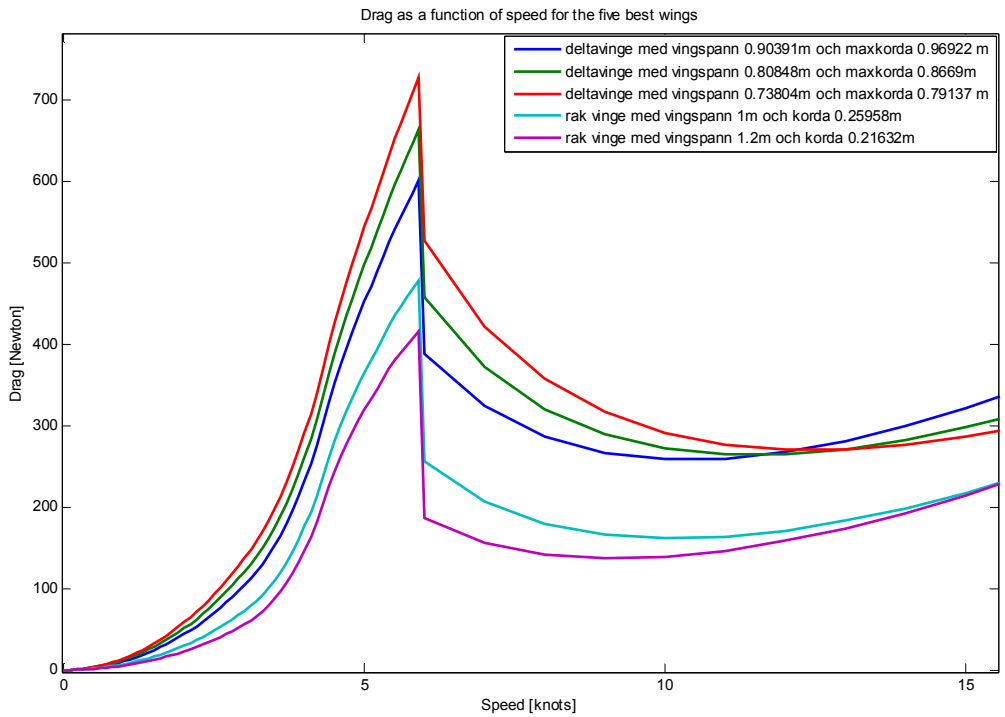
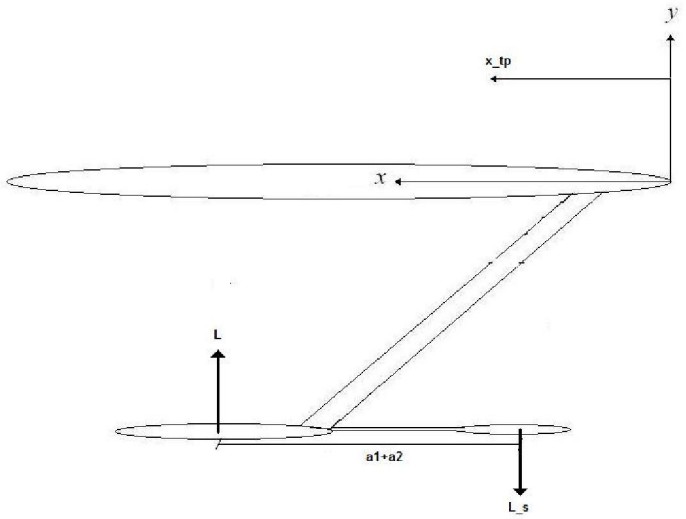


Diagram 2. Släpmotstånd med avseende på hastighet

2.3 A13 – Pitchstabilitet

För de tidigare valda dimensionerna på det aktra och förliga bärplanet analyseras pitchstabiliteten. Frågeställningen är var tyngdpunkten skall placeras (x_{TP}) för ett givet avstånd mellan lyft- och stabilitetsvingen (a_1+a_2) för att ett rätande moment skall existera då Evolo utsätts för en störning.



Figur 20. Sidovy av Evolo

Resultatet av A13 redovisas i diagram 2.

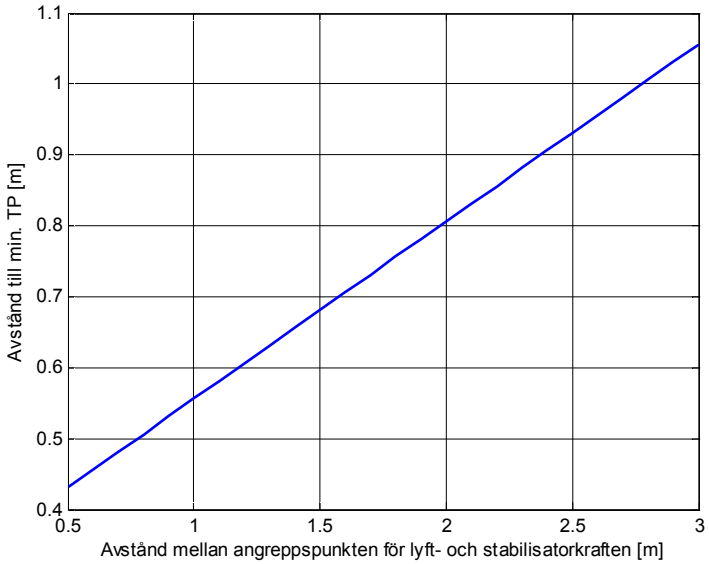
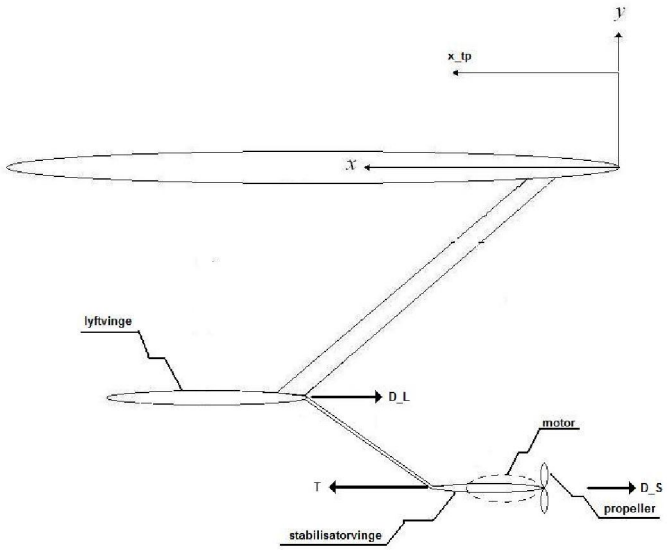


Diagram 3. Gränsvärdet för placering av tyngdpunkten beroende av avståndet mellan vingarna.

Resultaten från A13 verifieras av experiment X7.

2.4 A15 – Placering och strömning kring motor och bärplan

Slutsatsen från A15 är att det aktra bärplanet bör placeras nedanför lyft vingen. Motorn är integrerad i det aktra bärplanet (figur 3).

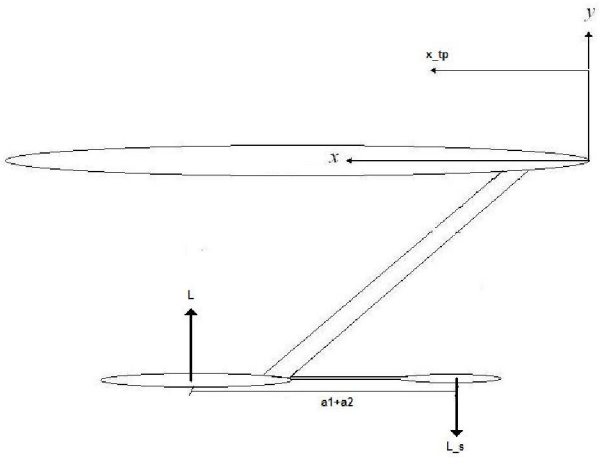


Figur 21. sidovy av Evolo

Fördelen med denna design är att propellern aldrig kommer att skära vattenytan. Dessutom undviks att det aktra bärplanet störs av den turbulenta strömningen som det förliga bärplanet genererar. Ytterligare slutsats är att propellern placeras bakom det aktra bärplanet för att i sin tur inte störa strömningen runt bärplanen.

2.5 X7 – experiment

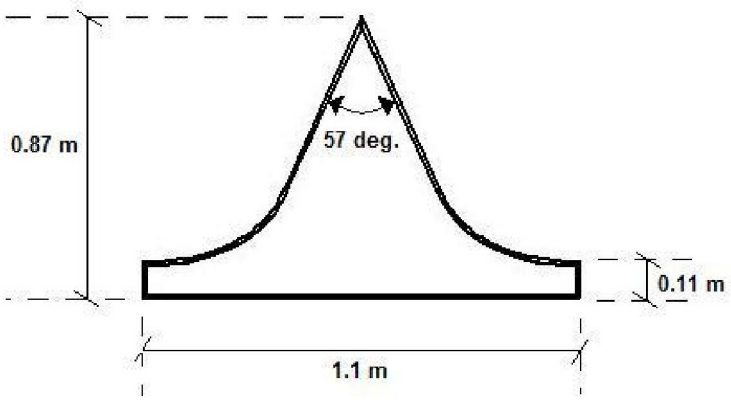
Slutsatsen från experiment X7 är att ett avstånd (+) på 1.1 m mellan angreppspunkten för lyft och stabilisator kraften gav bäst resultat. Detta avstånd har visat sig ge en tillfredsställande stampningsstabilitet. Tyngdpunkten skall således placeras över ett avstånd (x_{TP}) på 0.6 m enligt A13. Resultaten erhålles med en bärplansdesign enligt figur 4. Då lyftvingens dimensioner är enligt tabell 2 och stabilisatorvingen är i skala 1:5 jämfört med lyftvingen.



Figur 22**. Sidovy av Evolo**

2.6 X8 – Experiment

För experiment X8 användes samma konfiguration som X7 men med annan utformning på det förliga bärplanet för att Evolo skall få bättre rullningsstabilitet. För att öka trögheten i rullningsled ökas vingspannet. Detta resonemang leder fram till att ytterligare yta läggs till på deltavingen i basen för att bredda vingspannet (se figur 5).



Figur 23. Deltavinge med breddat vingspann.

Resultatet från X8 är att med dimensioner på det förliga bärplanet enligt figur 5 är Evolo stabilare i rullningsled. Med stabil menas att systemet är trögare så att föraren har en möjlighet att kompensera en störning i rullningsled.

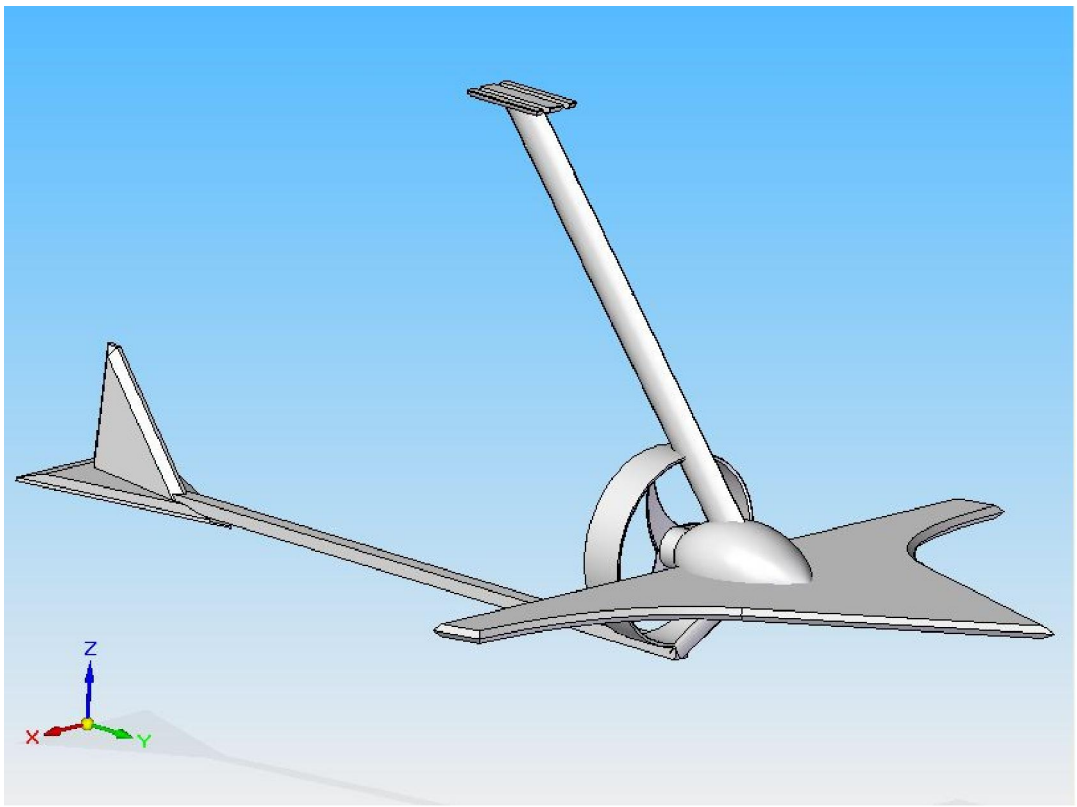
3.0 Slutgiltig bärplansdesign

Dimensionerna på det förliga bärplanet sätts utifrån slutsatsen i A1. Det verifieras av X7 att denna dimension ger en tillfredställande lyftkraft. Vidare verifierar X7 att det aktra bärplanet ska vara i skala 1:5 jämfört med det förliga bärplanet och att den skall placeras på ett avstånd på 1.1 m. Detta ger en tillfredställande rullningsstabilitet.

Experiment X8 resulterar i att vingspannet bredas på det förliga bärplanet för att rullningsstabiliteten skall förbättras.

Infästningen för stöttan placeras vid den främre lyftvingen och vinkeln ( ) är noll. Detta ger föraren en stor yta att röra sig inom med tanke på att tyngdpunkten skall placeras på ett minimum från origo som definieras av GA [ref. 4].

Propellern placeras precis efter lyftvingen och motorn integreras i denna. Fördelen med detta är att den framåtdrivande kraften, som är betydande, sitter så nära stöttan som möjligt. Länken mellan det förliga och aktra bärplanet behöver inte dimensioneras efter den framåtdrivande kraften.



Figur 24. Skiss av Evolos bärplanskonfiguration

4.0 Diskussion

Diskussion har lett fram till att propellern bör placeras i vaken från lyftvingen. I vaken är det lägre strömningshastighet som i sin tur ökar propellerns effektivitet.

Det är oklart exakt hur vaken från det förliga bärplanet påverkar det aktra bärplanet. Det är således till nytta för projektet att utreda om inte det aktra bärplanet kan placeras i vaken utan att dess egenskaper påverkas. Om den påverkas negativt så bör ett avstånd i vertikal led fastställas så att det aktra bärplanet placeras utanför vaken.

Stabilitet i roll led anses vara av hög prioritet att analysera. Detta har fastställts i X7.

5.0 Referenser

11. Carlsson, D & Delin, P, A15 - Ving och propellerkonfiguration, KTH, Stockholm, 2008
12. Norberg, M, A5 - Motstånd, KTH, Stockholm, 2008
13. Bender, F, A13 - Pitch stabilitet, KTH, Stockholm, 2008
14. Fürth, M & Kennestad, M, D4 - General arrangemang, KTH, Stockholm, 2008
15. Razola, M, X7 – Rapport, KTH, Stockholm, 2008
16. Norberg, M, A1 – Bärplan, KTH, Stockholm, 2008
17. Manners, T, X8 – Rapport, KTH, Stockholm, 2008

A 17-Maximala lastfall för strukturen



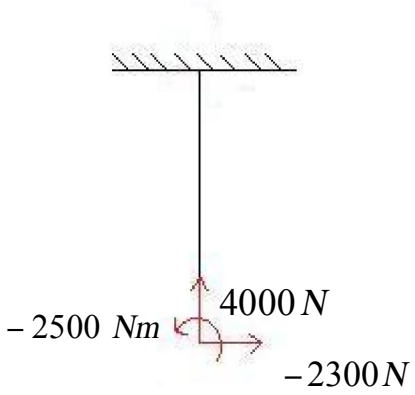
JOHAN WESTIN
jwesti@kth.se
070-2966812

NILS WOLTER
nwolter@kth.se
073-5624538

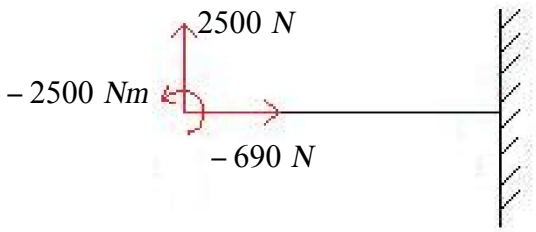
Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Lastfall för stag*
Datum:	*2/12-2008*
Versionsnummer:	*0.1*
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*40*
Granskad av:	*Erik Jerilgård*

Sammanfattning

Rapporten ska identifiera och bestämma de kritiska lastfall som det stora staget mellan bräda/bärplan och lilla staget mellan förvinge/aktervinge kan utsättas för. Modellen som analyserats består av Evolo med batteri och motor, samt en förare. Med en rimlighetsbedömning baserad på information om hur många G-krafter man utsättsför i olika situationer dras slutsatsten att Evolo klarar att ta upp 3 G i strukturen vid en svår manöver eller krasch. Även ett fall då Evolo kör med marschfart 15 knop när vingen vänds upp mot vattnet i pitchled. Detta för att undersöka hur stora krafterna blir vid en sådan manöver, är de mindre än de svarande tröghetskrafterna vid 3 G är de istället det dimesionerade fallet. Stagen har frilagts och anses fast inspända vid beräkningarna.
Utifrån denna förenklade fås att stagen kommer att utsättas för krafterna enligt *figur A* och *B.*



Figur A. Det framtagna lastfallet för det stora staget.



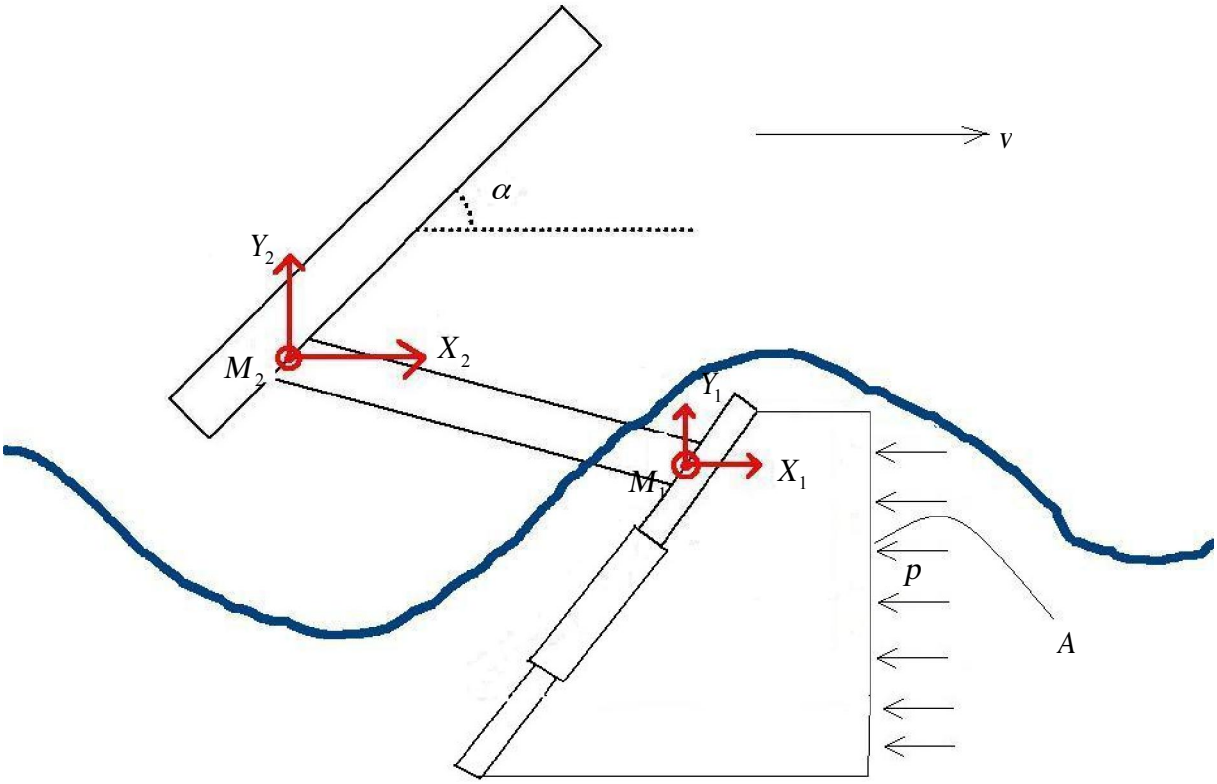
Figur B. Det framtagna lastfallet för det lilla staget.

Innehållsförteckning

1.0 Problemformulering....106
2.0 Analys....107
2.1 Teoretiska beräknade lastfallet....107
2.2 Uppskattade maximala lastfallet....111
3.0 Resultat....112
3.1 Stora staget....112
3.1.1 Teoretiska lastfallet....112
3.1.2 Uppskattade maximala lastfallet....114
3.2 Lilla staget....116
3.2.1 Teoretiska lastfallet....116
3.2.2 Uppskattade maximala lastfallet....118
4.0 Diskussion och Slutsats....118
5.0 Referenser....119

1.0 Problemformulering

Studiens syfte är att analytiskt bestämma vilka krafter som kommer att påverka staget mellan bräda och bärplan och länken mellan vingarna, se *figur 1.* En rimlighetsbedömning gällandes hur många G-krafter Evolo kan svara på behövs för att sätta en maximalt lastfall. För att ens se om dessa krafter är rimliga analyseras ett teoretiskt lastfall där Evolos bärplan snabbt vänds upp mot vattneten i pitchled vid marschfart 15 knop. För att hitta det största rimliga lastfallet varieras denna vinkel i pitchled, $\tau = [0 - 30°]$. En schematisk bild över hur lastfallet för det stora staget ser ut ses nedan i *figur 1.* För att få lastfaller för det lilla staget används i princip samma fall, men då är bara aktervingen i vattnet med vinkeln τ.
För att göra beräkningarna möjliga och ej så tidskrävande har en del antaganden gjorts vilket redogörs eftersom i analysen.



Figur 1. Bärplanet har snabbt vinklats upp mot vattnet en vinkel τ. För att få reda vilket rimligt lastfall som är störst görs analysen över ett gradintervall $\tau = [0 - 30°]$. A är den projicerade arean från bärplanet i hastighetsriktingen, v hastigheten och p det tryck som angriper på A.

2.0 Analys

Den första delen, del 2.1, beräknar hur mycket last de nämnda stagen på Evolo teoretisk skulle kunna utsättas för. under analys behandlar uppskattningen av det maximala lastfallet som kan påverka Evolo. Del 2.2 utreder hur många G-krafter Evolo strukturenklarar av att ta upp. Om det teoretiska lastfallet i 2.1 är mindre än det det uppskattade lastfallet i 2.2 är det det maximala lastfallat, är det högre så sätts det uppskattade lastfallet till det maximala.

2.1 Teoretiska beräknade lastfallet

Den undre delen kommer att utsättas för ett dynamiskt tryck på de båda vingarna och det lilla staget. Staget väljs att försummas då det kan byggas för att bara ge ett litet bidrag. För att undersöka det största lastfallet behöver vinkeln i pitchled varieras. Vinkeln $\tau = [0 - 30°]$ varieras inte till högre vinklar eftersom kommande beräkningar inte gäller större vinklar. För att göra beräkningarna simplare antas att et ej är någon vinkel på deltavingarna, de är parallel mot brädan.

Deltavingen kommer att utsättas för krafterna drag, F_D, och lift, F_L, se *ekvation 1* och *2* [1].

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot CD, \qquad (1)$$

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot CL, \qquad (2)$$

där $\rho = 1000$ är densiteten på vatten, A den projicerande arean av bärplanet i strömningsriktningen, v hastigheten, CD och CL är motståndskoefficienter, se *figur 2* för modellens uppställning. De maximala CD och CL ansätts till 1.2 [1]. Dessa motståndskoefficienter är deltavingens normalkraftskoefficient uppdelad i komposanter, se *ekvation 3* och *4* [2]

$$CD_p = \left(\frac{s}{l}\right)^2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \left(2\pi \frac{\alpha}{\left(\frac{s}{l}\right)} + 4.9 \frac{\alpha}{\left(\frac{s}{l}\right)^{1.7}} \right), \qquad (3)$$

$$CL = \left(\frac{s}{l}\right)^2 \cdot \cos(\alpha) \cdot \left(2\pi \frac{\alpha}{\left(\frac{s}{l}\right)} + 4.9 \frac{\alpha}{\left(\frac{s}{l}\right)^{1.7}} \right), \qquad (4)$$

där τ är anfallsvinkeln s är halva bredden på vingen, l är ”höjden” på vingen, se *tabell 1* för dessa värden på de gällande vingarna.

	s [m]	*l* [m]
Förvingen	0.305	0.71
Aktervingen	0.185	0.39

Tabell 1. Måtten på för och aktervinge

I CD_p ingår ej friktionskoefficienten vilken vi måste addera för att få det totala CD enligt *ekvation 5*

$$CD = CD_0 + CD_p. \qquad (5)$$

CD_0 är en motståndskoefficient som refererar lyftarean till den våta arean enligt *ekvation 6*

$$CD_0 = C_F \cdot \frac{S_{wet}}{S}, \qquad (6)$$

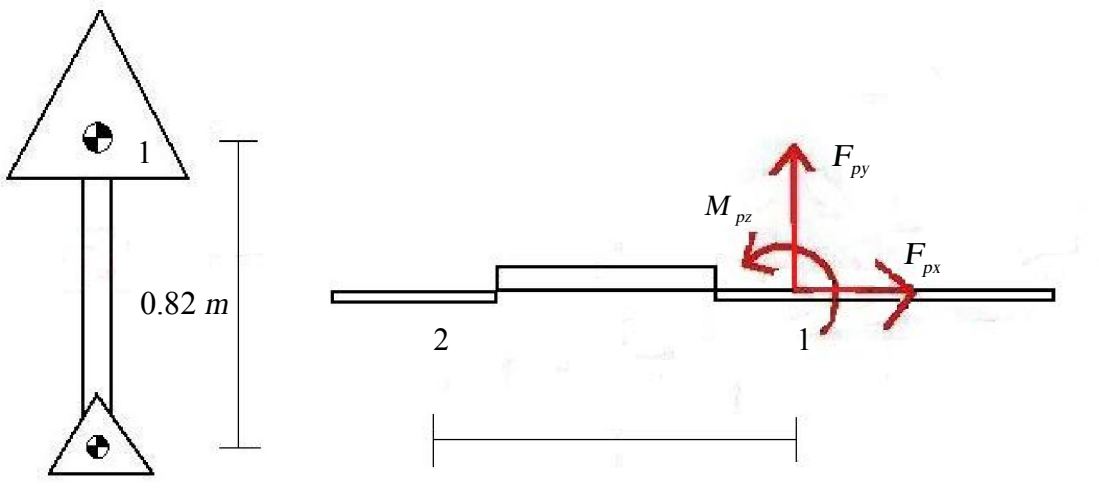
där den våta arean, S_{wet}, uppskattas här till att vara 4 ggr så stor som lyftarean enligt [1], S, och C_F beskrivs av *ekvation (7)*

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10}(R_e) - 2)^2}, \qquad (7)$$

där Reynolds tal, R_e, ges enligt *ekvation 8* är

$$R_e = \frac{v \cdot L}{\nu}, \qquad (8)$$

där v är hastigheten som är 15 knop, ν är den kinematiska viskositeten som är $1 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ och L är den karaktäristiska längden som i detta fall halva deltavingens höjd *l*.
Nu kan *ekvation 1* och *2* beräknas och de krafter och moment som deltavingarna alstrar på staget kan tas fram.
Staget är fastsatt i den punkt på förvingen där dess kraft angriper angriper varpå endast moment från aktervingen påverkar staget. För att se vilka krafter som angriper på staget vid infästingen så läggs krafterna ifrån de båda bärplanen ihop till kraftkomposanterna F_{px}, F_{py} och ett moment M_{pz} från aktervingen läggs till, se *figur 2*.



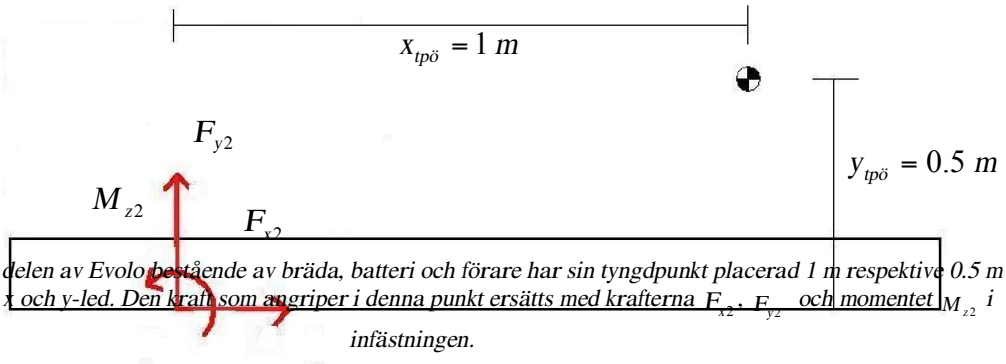
2 0.82 m

Figur 2. Drag och lift-kraftetrna påverkar deltavingarna i dess mittpunkter 1 och 2 som ses i den vänstra delen i figuren. För att överföra dessa krafter till infästningen för staget, ersätts de där kraftkomposanterna F_{px} och F_{py} och ett moment M_{pz}.

Som svar på denna uppbromsning i vattnet fås en acceleration a, som tillsammans med Evolos massa, $m_{tot} = 170\ kg$ [3], bildar de motsvarande tröghetskrafter till F_{px} och F_{py}. Accelerationen fås ur kraftekvationen, se *ekvation 9*

$$a = \frac{F}{m}. \qquad (9)$$

När acceleration är känd kan *ekvation 9* appliceras för Evolos övre och undre del, detta för att räkna ut de tröghetkrafterkrafter som dessa delar har på staget.
Den övre delen av Evolo i denna modell består av brädan, batteri och förare. Vikten på batteriet antas till 20 kg, brädan antas väga 15 kg och föraren 100 kg vilket den senare är enligt kravspecifikationen [3]. Hävarmen till den övre delens tyngpunkt ses i *figur* 3 och är antagen så för att få en stor last på infästningen till staget.



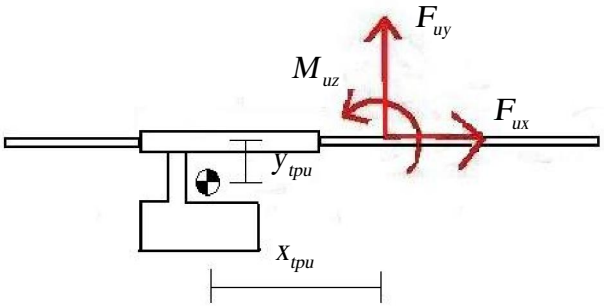
Figur 3. Den övre delen av Evolo bestående av bräda, batteri och förare har sin tyngdpunkt placerad 1 m respektive 0.5 m från infästingen i x och y-led. Den kraft som angriper i denna punkt ersätts med krafterna F_{x2}, F_{y2} och momentet M_{z2} i infästningen.

Ekvation 9 ger kraften som den övre delen påverkar staget med och den kan ersättas med krafterna F_{x2}, F_{y2} och momentet M_{z2} i infästningen som *figur 3* visar. Komposanten F_{y2} innehåller även bidraget från tyngdkraften från den övre delen.

Den undre delen består av bärplanen, balken mellan dem och motorn. Det lilla staget antas väga *1 kg*, för-och aktervingen tillsammans väga *9* kg och motorn antas väga 20 kg. Motorns tyngdpunkt ansätts nära aktervingen för att öka de krafter som påverkar staget. Deras gemensamma tyngdpunkt blir då enligt *ekvation 10*

$$X_{tpu} = \frac{\sum_i x_{tpi} m_i}{\sum_i m_i}, \qquad (10)$$

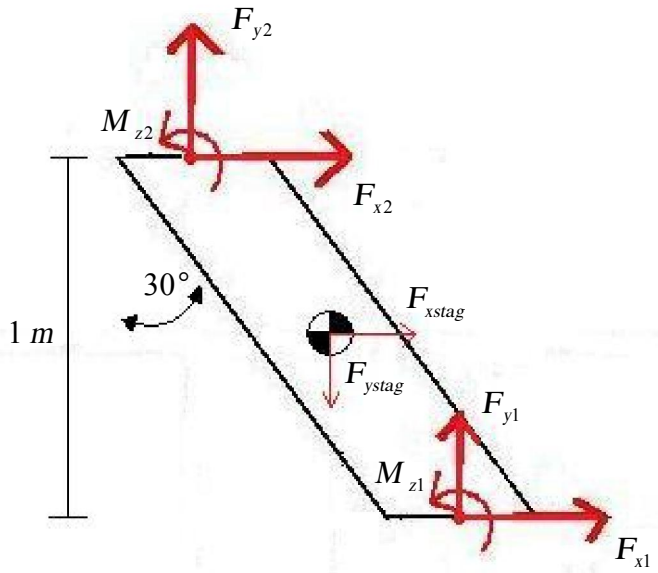
där x_{tpi} är de olika delarna avstånd från deras tyngpunkt till den nedre infästingen i det stora staget i x-led och m_i deras massa. Detta görs även i y-led för att få y_{tpu}, se *figur 4* för en bild av det undre planet.



Figur 4. De tröghetkrafter som bildas i underdelens tyngdpunkt har här ersatts med kraftkomposanterna F_{ux}, F_{uy} och momentet M_{uz} i infästingen till staget.

Även här ger *ekvation 9* den tröghetskraft som uppstår på grund av accelerationen och för att få de krafter som uppstår på staget ersätts den med kraftkomposanterna F_{ux}, F_{uy} och momentet M_{uz} i infästingen till staget. Utöver de redan nämda krafter kommer även gravitationskraften och motorns kraft för framdrivningen som är antagen till *500 N* [1] att finnas med i dessa komposanter.

Nu kan staget och de krafter som påverkar den läggas ihop och friläggas, vilket ses i *figur 6,* och det kan nu undersökas vid vilken vinkel dessa krafter ger störst sammanlagt bidrag. Krafterna F_{px}, F_{py} och moment M_{pz} adderas med F_{ux}, F_{uy} och momentet M_{uz} för att få de totala belastningarna F_{x1}, F_{y1} och M_{z1} som verkar på den undre infästingen till staget. Stagets tröghetskrafter och tyngdkraft är också med i beräkningarna vilket ses i *figur 5*.



Figur 5. Staget är frilagt med de sammanlagda kraftern, moment och dess egen tröghetskraft. Det är dessa krafter som kommer att dimensionera staget.

2.2 Uppskattade maximala lastfallet

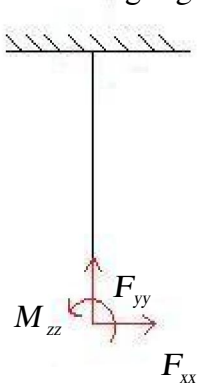
När Evolo kraschar eller liknande är det rimligt att anta att detta sker under en tidsperiod och inte sker infinitvt snabbt. Under den tidsperioden fås en acceleration som Evolo svarar på med tröghetskrafter. För att inte dessa tröghetskrafter ska bli för stora får inte acceleration vara för stor. Acceleration väljs att jämnföras som G-krafter för att på ett lätt sätt utifrån andra situationer bedöma hur många G-krafter kan utsättas för.
Bergochdalbanor jämnförs med G-krafter och de extrema uppnår strax över 4 G, t.ex. attraktionen Oblivion, se *figur 6*, som under ett vertikalt fall uppnår 4.5 G [4].



Figur 6. Vertikalt fall i åkattraktionen Oblivion där åkaren utsätts upp till 4.5 G.

En stridsplanpilot tränas att klara av 9 G medans en hostning åstakommer 3.5 G verkan på kroppen [5]. Varför en hostning har så pass höga G jämnfört med de andra exemplen är för att en hostning pågår under mycket kortare tid. En hosting handlar om någon tiondel, medans en sväng i ett stridsplan pågår under ett antal sekunder.
Då en viss tröghet finns i materialet och ingen del är helt stum bör en hög acceleration under en väldigt kort tid inte hinna påverka Evolo. För att ge ett exempel, formel-1föraren Robert Kubica krockade med en vägg i 230 km/h, då registrerades det en acceleration på 75 G under en millisekund [6]. Därför bör en relativt långsam acceleration behandlas.

När acceleration är satt görs en förenklad modell enligt *figur 7*.



Figur 7. Staget är frilagt enligt denna förenklade modell.

I modellen är staget och dess krafter frilagda. Den övre delens tröghetskrafter blir då de krafter som den undre delen måste svara med. Den undre delen av Evolo ersätts då med den kraften och momentet blir det moment som aktervingen har på den undre infästingen. Detta för att få så stora laster vid dimensioneringen.
I modellen verkar krafterna i en stång som är fast inspänd uppe i brädan. Stången är här staget som för enkelhetens skull ritas utan någon vinkel. Randvillkoret är inte sant, men då det möjligör att räkna på fallet och det ger en överdimensionering är det ett bra antagande. Tröghetskraften fås av kraftekvationen, se *ekvation 9*.

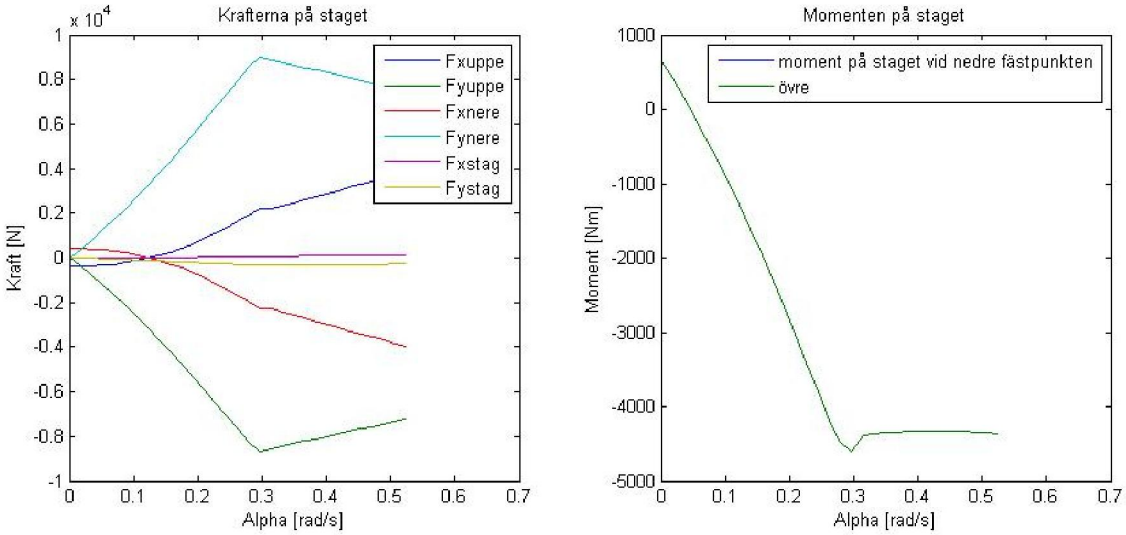
3.0 Resultat

Det som analyseras är 2 olika stag, det stora staget mellan brädan/bärplanen och lilla staget mellan förvingen/aktervingen, prefixet *l* används när krafter på det lilla staget undersöks.

3.1 Stora staget

3.1.1 Teoretiska lastfallet

De första som ska göras är att bestämma vid vilken vinkel τ som staget utsätts för mest last. Ett intervall på $\tau = [0 - 30°]$ kan ses i figur 8 där kraften och momenten visas som funktion av τ .



Figur 8. Visar de teoretiska krafter och moment som kan uppstå på det stora staget.

Som ses så finns det en punkt som ser kritisk ut vilket visar sig vara 18°. Detta blir det fall som de fortgående räkningarna får basera sig på.

Drag- och liftkrafterna som ekvation 1 och 2 beskriver ger för den förvingen

$$F_{Ds} = -2400\ N$$
$$F_{Ls} = 7900\ N$$

och för aktervingen fås

$$F_{Dl} = -800\ N$$
$$F_{Ll} = 2900\ N.$$

Om krafterna flyttas till nedre infästnigen på staget så fås krafterna som i figur 2 ovan,

$$F_{px} = -3200\ N$$
$$F_{py} = 10800\ N$$

Tröghetskrafterna fås genom använding av ekvation 9 där accelerationen i x och y-led beräknas till

$$a_x = -16\frac{m}{s^2}$$

$$a_y = 54\frac{m}{s^2}$$

med hjälp av F_{px}, F_{py} och m_{tot} för att sedan användas igen i samma ekvation fast med då bara undre delen, undre delen är i detta fall deltavingarna, balken mellan dem och motorn. Detta ger krafter i stagets undre infästing som är

$$F_{ux} = 1000N$$

$$F_{uy} = -1800\ N$$

Tröghetskrafterna för den övre delen görs på samma sätt som för den undre, anväder den övre delens massa vilket består av bräda, människa och batteri vilket ger

$$F_{x2} = -2200\ N$$
$$F_{y2} = 8700\ N.$$

För att få de totala lasterna på den undre infästningen till staget adderas lasterna från motståndet på de undre bärplanet med tröghetskrafterna från det undre partiet vilket ger

$$F_{x1} = -2300N$$
$$F_{y1} = 9000\ N.$$

I dessa laster ingår även tyngdkraften från de olika delarna och motorns framdrivningskraft. Stagets tyngdkraft blir

$$F_{xstag} = 80\ N$$
$$F_{ystag} = -320\ N.$$

När dessa krafter friläggs till infästningarna i staget måste och de bidragande momenten beräknas. Dess hävarmar från infästingar till tyngdpunkter kan beräknas med måtten givna i *figurerna 4,5* och *6.*
Momenten från de olika kraftbidragen adderas och blir

$$M_{z1} = -4600\ Nm.$$
$$M_{z2} = -4600\ Nm.$$

3.1.2 Uppskattade maximala lastfallet

Utifrån den information som finns verkar det rimligt att Evolo kan utsättas för accelerationer på max 3 G i både x och y-led, var på det används som i vårat maximala lastfall. *Ekvation 9* ger oss med den övre delens massa och en acceleration 3 G, en kraft

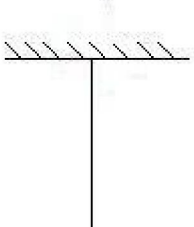
$$|F_{\max}| = 4000\ N.$$

För att uppskatta det maximala momentet tas det moment som aktervingen påverkar infästningen vid staget. De krafter som påverkar aktervingen kan tas fram med *ekvation 1* och *2* och hävarmen är känd, se *figur 2.*

Det moment som då fås är

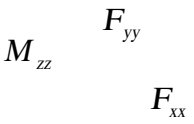
$$M_z = -2500\ Nm$$

Nu undersöks om något av de teoretiska fallen är mindre än det uppskattade lastfallet. Om så är fallet byts de ut till teoretiska lastfallet, se *tabell 2* och *figur 9* för de slutgiltiga dimensionerade lasterna för det stora staget.



F_{xx}	-2300 N
F_{yy}	4000 N
M_{zz}	-2500 Nm

Tabell 2 .Det bestämda maximala lastfallet på det stora staget.

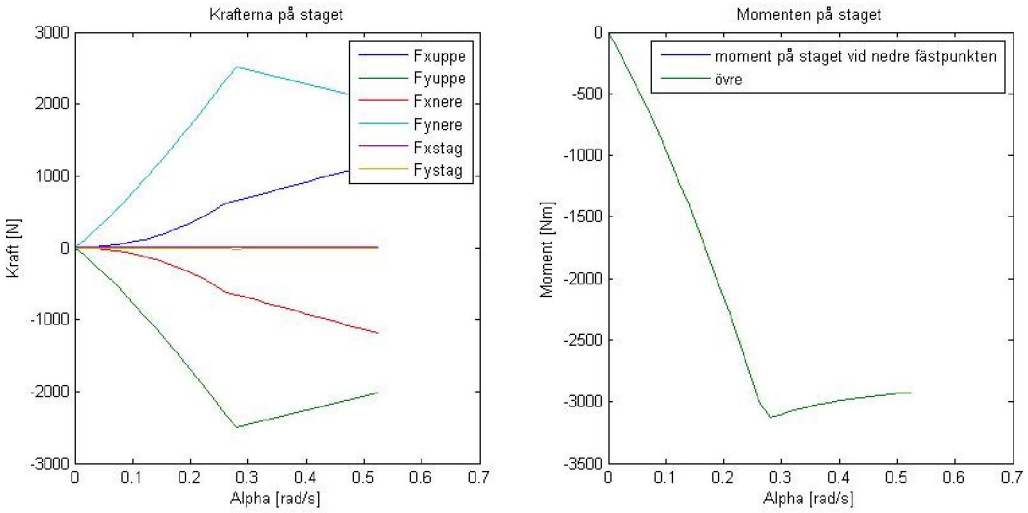


Figur 9. Visar riktingarna på lasterna.

3.2 Lilla staget

3.2.1 Teoretiska lastfallet

De första som ska göras är att bestämma vid vilken vinkel τ som staget utsätts för mest last. Ett intervall på $\tau = [0 - 30°]$ kan ses i figur 7 där kraften och momenten visas som funktion av τ .



Figur 10. Visar de teoretiska krafter och moment som kan uppstå på det lilla staget staget.

Vid 17° fås det maximala lastfallet och fortskridande beräkningar kommer att räkna på detta fall.
Då dessa uträckningar och förlopp följer samma väg som för det stora staget, så skrivs resultaten upp i tabellform, se *tabell 1.*

F_{pxl}	-800 N
F_{pyl}	2900 N
a_{xl}	-4,7 $\frac{m}{s^2}$
a_{yl}	7 $\frac{m}{s^2}$
F_{uxl}	100 N
F_{uyl}	-380 N
F_{x2l}	650 N
F_{y2l}	-2500 N
F_{x1l}	-650 N
F_{y1l}	2500 N
F_{xstagl}	5 N
F_{ystagl}	-17 N
M_{z1l}	-3000 Nm

M_{z21}	-3000 Nm

Tabell 3. Resultaten för de teoretiska beräknade krafter som belaster de lilla staget.

3.2.2 Uppskattade maximala lastfallet

Även här sätts den maximala acceleration till 3 G vilket ger samma maximala kraft som på de stora staget

$$|F_{l\max}| = 4000\ N.$$

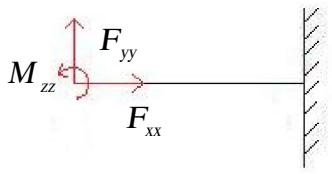
Momentet beräknas på samma sätt som för det stora staget, med aktervingens lyftkraft. Dock är det en annan hävarm i detta fall. Hävarmen är den sträcka från aktervingens tyngdpunkt till toppen på vingen, det vill säga där det lilla staget börjar, se *figur 2.* Momentet blir således

$$M_{zl} = -2500\ Nm.$$

Nu undersöks om något av de teoretiska fallen är mindre än det uppskattade lastfallet. Om så är fallet byts de ut till teoretiska lastfallet, se *tabell 4* och *figur 11* för de slutgiltiga dimensionerade lasterna för det lilla staget.

F_{xx}	-690 N
F_{yy}	2500 N
M_{zz}	-2500 Nm

Tabell 4. Det bestämda maximala lastfallet som påverkar det lilla staget.



Figur 11. Visar riktingarna på lasterna.

4.0 Diskussion och Slutsats

Våran första ansats att bara räkna på det teoretiska lastfallet visade sig inte hålla eftersom Evolo då inte kommer att befinna sig i momentjämnvikt och därför går det inte att utföra några hållfasthetsberäkningar. Därför antogs dessa maximala lastfall utifrån hur många G-krafter som kan tänkas att uppstå och hur mycket av det som farkosten kommer att svara på beroende på trögheten i systemet. Detta är den största och mest avgörande uppskattningen som görs i rapporten. Åtgärder för att få en säkerhetsmarginal har tagits i och med att de flesta antaganden, till exempel randvillkoret fast inspänd och motorns placering. 3 G låter rimligt men det är en grov uppskattning som inte baserar sig på några tillförlitliga källor eller tester. I slutändan får därför hållfasthetsberäkningarna avgöra hur rimliga dessa resultat är.
Rapporten undersöker inte vilka lastfall som uppkommer om den utsätts för kraften mot sidan, men man dimensionerar stagen så de är symmetriska så bör de klara av även dessa lastfall då de rimligtvis är mindre än de som undersökts här.
Tyvärr då denna rapport började arbetas på innan de nuvarande konstruktionen stämmer inte alla mått och bärplanslösningar överens, dock bör detta ge en god fingervisning om lastfallet.

5.0 Referenser

[1] M.Norberg. *A1-Bärplan 2008-11-17.*
[2] John D. Andersson, Jr. *Aircraft performance.*
[3] Kravspev_version_1, Bilda
[4] http://www.rcdb.com/id777.htm, 2008-12-01
[5] http://www.popularmechanics.com/science/medicine/1281111.html?page=2, 2008-12-01
[6] http://www.autosport.com/news/report.php/id/59988, 2008-12-01

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
1. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	Ja
2. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	Ja
3. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	Ja
4. Uppnås syftet?	ja	Nja
5. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	?	Nej
Tekniskt innehåll		
6. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	?	Nja...
7. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	ja	Ja
8. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	ja	Ja
9. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	ja	Ja
10. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	ja	Ja
11. Går det att följa det tekniska resonemangen?	?	ja
12. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	ja	Ja
13. Finns en realistisk verifieringsplan för arbetet i rapporten?	nej	Nej
14. Finns en godtagbar uppföljning av verifieringsplanen?	nej	nej
Presentation		
15. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	ja	Den är ok
16. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	ja	Ja
17. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	Tror inte de	Nej
18. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	nej	Nej
19. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	ja	Ja
20. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	ja	Ja
21. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	?	Nej

Övrigt		
22. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	nej	
23. Arbetet har utförts i samarbete med : Nils Wolter		
24. Rapporten är korrekturläst av : Erik Jerilgård		
25. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	4	3-ish
26. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc): En rapport som har gjorts om 3 grr då vi kommit på att våra beräkningar har varit fel. Förutom det har den varit en lärdomfull uppgift		-

Bilaga 12 A24. Riskanalys

Säkerhetsanalys



TORVALD MANNERS
torvald@kth.se
0704-856392

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*20/11-2008*
Versionsnummer:	*En riskanalys blir aldrig färdig*
Handlett av:	*Jakob Kuttenkeuler*
Nedlagd arbetstid:	*8*
Granskad av:	*Mattias Kennestad (Schönning Emeritus)*

Innehåll

Inledning 124
Problemformulering 124
Analys 124
  Experiment 124
  Slutgiltig produkt 127
Slutsats/rekommendation 130
Referenser 130
Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring 131
  Generellt intryck 131
  Tekniskt innehåll 131
  Presentation 131
  Övrigt 131

Inledning

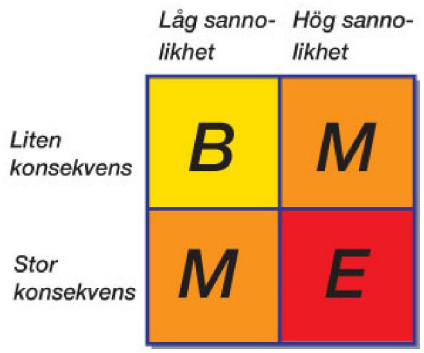
I flertalet sammanhang under utvecklingen av Evolo har säkerheten varit föremål för diskussion, dels i samband med försöken, men också för den slutgiltiga produkten. Denna rapports syfte är att identifiera risker för föraren av Evolo och försöksdeltagare samt föreslå lösningar för att minimera dessa och i vissa fall peka på faktorer som behöver utvecklas vidare med avseende på tekniska lösningar.

Problemformulering

En riskanalys ska genomföras. I denna analys finns två delar den ena omfattar de experiment som redan har bedrivits 2 gånger fram till dags datum, 2008-11-20 och den andra delen omfattar den färdiga produkten.

Analys

I denna del identifieras risker. Dessa beskrivs i termer av vad som kan inträffa, hur sannolikt det är, vilka konsekvenser det får och vilka åtgärder som eventuellt bör vidtas. Grunden till bedömningen av risker visas i Figur 1.



Figur 1. Riskbedömningsmatris [1]

Bilden i Figur 1 är hämtad från försvarsmaktens säkerhetsserie SÄKI [1]. Principen är att en risk bedöms utifrån sannolikhet och konsekvens. Risker som med hög sannolikhet kan inträffa och får stor konsekvens ska elimineras (E), risker med hög sannolikhet och liten konsekvens respektive stor konsekvens och låg sannolikhet ska minimeras (M) och de med låg sannolikhet och liten konsekvens bevakas (B).

Experiment

Risk:	**Lättare Fallskador** Evolo är ännu väldigt ostabil och varje körning har avslutats med att farkosten vält och eller att föraren fallit av. Själva fallet har hittills inte inneburit allvarligare skador mer än mindre blåmärken.	
Sannolikhet:	Hög	→ Riskbedömning: M
Konsekvens:	Låg	
Åtgärd:	I de två genomförda försöken har sammanlagt tre personer verkat som	

	testförare varav två har kört i bägge försöken. Eftersom dessa personer redan fått erfarenhet och har en känsla för hur Evolo fungerar är ett sätt att minimera risken att tillsvidare fortsätta med samma testförare.

Risk:	**Svårare fallskador** Vid försöken bogseras Evolo av motorbåt och vid fall lösgörs den handhållna bogserlinan vilket i princip gör att draget direkt upphör. Vid fall bakåt eller åt sidan ramlar också föraren bort från farkosten. En risk är att draglinan fastnar och att föraren samtidigt faller framför farkosten. Ett sådant fall innebär stor skaderisk för föraren då Evolo i sin design har mycket delar som kan ge icke oväsentliga skador.	
Sannolikhet:	Låg	→ Riskbedömning: M
Konsekvens:	Hög	
Åtgärd:	På samma sätt som tidigare är användandet av en begränsad grupp förare att föredra. Likaså bör draglinan konfigureras noggrant så att den alltid kan löpa ut fritt. Det är också viktigt att någon hela tiden är utpekad att kommunicerar med föraren av båten då denna framförallt har uppsikt framåt och direkt måste meddelas vid fall så att omedelbart gasavdrag kan ske. Evoloföraren ska också till varje pris sträva att falla bakåt. Försöksfarkosten är också yxigt tillverkad. Onödiga vassa kanter och extremiteter ska således tas bort eller rundas av.	

Risk:	**Drunkning** I samband med ett svårare fall är inte drunkningsrisken försumbar då det t.ex. skulle kunna innebära att föraren blev medvetslös.	
Sannolikhet:	Låg	→ Riskbedömning: M
Konsekvens:	Hög	
Åtgärd:	Föraren ska alltid ha flytväst och bör ha hjälm.	

Risk:	**Båtrisker** Vid senaste försöket användes Marina systems G-båt. Denna är vattenjetdriven och motorn driver kontinuerligt aggregatet. Två risker anses vara tongivande: • Navigatorisk, grundstötning, kollision mm • Manövrering, påkörning av evoloförare, klämskador vid förtöjning mm	
Sannolikhet:	Låg	→ Riskbedömning: M
Konsekvens:	Låg – hög	
Åtgärd:	I och med att båten är speciell bör den endast köras av en begränsad grupp framförallt vid manövrering kring kaj och person i vattnet. Vid närmande av person i vattnet ska detta alltid ske med fören först på lägsta fart. Föraren ska ha beredskap att slå av motorn omedelbart i fall personen kommer närmare aktern än mittpunkten på båten. För att minimera navigatoriska risker ska försöken genomföras i lågtrafikerade områden med mycket fritt vatten.	

Risk:	**Handskador** Vid försöken hållas bogserlinan fast av en person. När Evoloföraren faller får linan löpa ut till dess att bogserbåtens fart hävts, vilket ibland kan ta några sekunder. När linan löper ut gäller det att den får löpa helt fritt. Två risker finns; dels kan brännskador uppstå p.g.a friktionen mot handen eller annan kroppsdel som hamnar i vägen och dels kan en bukt i linan lätt klippa av exempelvis ett finger.	
Sannolikhet: Konsekvens:	Låg Hög	→ Riskbedömning: M
Åtgärd:	Den som sköter linan ska alltid ha handskar på sig. Den fria delen av linan som ligger i båten ska alltid läggas på löp och gärna i en behållare typ en hink så att ingen kan ställa sig på den.	

Risk:	**Köldskador** Försöken bedrivs i relativt extremt väder med vattentemperatur om endast några få plusgrader och lufttemperaturer och vindar som ger ansenliga kyleffekter. Risk för köldskador och hypotermi kan ej försummas.	
Sannolikhet: Konsekvens:	Låg Låg	→ Riskbedömning: B
Åtgärd:	Det har i tidigare försök inte varit ett problem med kylan då det funnits relativt god tillgång på utrustning i form av torrdräkt till Evoloföraren samt att Marina System lånat ut flytoveraller. Den största risken är förmodligen utsatta ställen såsom ansiktsområdet och händer. Vid extremt väder ska alla vara observanta på tecken på nedkylning såsom blånader, domningar, känselbortfall mm. Då försöken bedrivs nära stan med möjlighet att utnyttja marina läroverkets lokaler bör en tidig identifiering av skador enkelt kunna hävas. I värsta fall finns också sjukvård på nära håll.	

Slutgiltig produkt

Risk:	**Propellerskador** Propellern på Evolo kommer förmodligen att vara en av de största skaderiskerna.	
Sannolikhet: Konsekvens:	Hög Hög	→ Riskbedömning: E
Åtgärd:	För att propellern ska stanna direkt vid fall krävs någon form av dödmansgrepp. Detta kan antingen lösas genom ett klassiskt dödmansgrepp i form av en lina som om den rycks bryter strömmen. Eftersom Evolo till karaktären kommer kräva förflyttning av kroppen vid körning kan detta kanske uppfattas som begränsande. Ett alternativ är därför ett gasreglage som kräver ständigt tryck för att ge framdrift och fjädrar tillbaka så fort det släpps	

	och därmed bryter strömmen Utöver detta bör även området kring propellern ha någon form av skyddsanordning så att det är omöjligt att fastna i den.

Risk:	**Fallskador** På samma sätt som vid försöken är en stor risk fallskador. Visserligen kommer graden av kontroll på farkosten vara högre än vid försöken då föraren själv direkt kan reagera med gasreglaget.	
Sannolikhet:	Hög	→ Riskbedömning: E
Konsekvens:	Låg –hög	
Åtgärd:	En viktig åtgärd är som för risken med propellerskador dödmansgrepp och eller fjädrande gasreglage. Likaså kan många risker elimineras genom att vassa kanter och utstickande detaljer så långt det är möjligt undviks.	

Risk:	**Drunkning** Risken för drunkning är nog att betrakta som låg, men ändå fullt möjlig. Ett ogynnsamt fall med slag mot huvudet skulle kunna medföra medvetslöshet och i ett ogynnsam situation innebära risk för drunkning	
Sannolikhet:	låg	→ Riskbedömning: M
Konsekvens:	Hög	
Åtgärd:	Farkosten bör under inga omständigheter framföras utan flytväst. Rekommendationen bör också vara att använda hjälm.	

Risk:	**Grundstötning/kollision** Rubriken talar för sig själv, men är starkt kopplad till omdöme och person.	
Sannolikhet:	Hög	→ Riskbedömning: E
Konsekvens:	Hög	
Åtgärd:	Tydliga instruktioner. Välja operationsområde smart	

Risk:	**Skavsår / tryckskador** Är framförallt komfortrelaterade till mer långvarig användande	
Sannolikhet:	Hög	→ Riskbedömning: M
Konsekvens:	Låg	
Åtgärd:	Flytkroppen ska utformas med ergonomiska aspekter i åtanke. Se annan rapport	

Risk:	**Elrisker** Denna risk är i högsta grad avhängig av vid vilken elektrisk styrka systemet kommer operera. Om det är 12 V system vilket är vanligt för marina applikationer finns ingen risk för elektrisk stöt. Däremot finns en stor risk för brännskador vid en kortslutning av systemet.

Sannolikhet:	Låg	→ Riskbedömning: M
Konsekvens:	Hög	
Åtgärd:	Systemet bör utformas med ordentliga säkringar och inneslutna pooler. Detta är en faktor som bör analyseras vidare i ett senare skede.	

Slutsats/rekommendation

Ett antal risker har identifierats och en mall ha framtagits för att utvärdera dessa risker. Detta dokument ska ses som levande och det är upp till varje projektdeltagare att ha riskmedvetenhet i åtanke vid konstruktion och försöksverksamhet. Det viktigaste med riskanalys är att den genomförs oavsett om den genomförs i huvudet innan eller skrivs ner på papper. För dokumentationens skull är dock nedskrivning att föredra.

Utifrån analysen kan ett par risker som kräver tekniska lösningar och därmed vidare utredning identifieras:

- Dödmansgrepp
- Elsystemet
- Propellerskydd
- Ergonomi för föraren under färd
- Minimering av hårda skarpa ytor

Övriga punkter sammanfattas ej då dessa är skrivna i kort form och redan av sammanfattande karaktär. Framförallt bör de som är inblandade i försöksverksamheten läsa denna del och reflektera över innehållet.

Referenser

18. CD SÄKI på EMIL 2008, Säki G, Bilaga 8, http://217.10.106.34/saki/Sak_I_2008_v1a/SakI_bokpaket_2008_v1a//verksamhetsakerhet/saki/saki/saki_g/G_Bil_08/G_Bil_08.htm#BABHBDJA tillgänglig 2008-11-20

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
27. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	J	
28. Har syfte och förutsättningar redovisats?	J	
29. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	J	
30. Uppnås syftet?	J	
31. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	-	
Tekniskt innehåll		
32. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	-	
33. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	-	
34. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	
35. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	J	
36. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	
37. Går det att följa det tekniska resonemangen?	-	
38. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	J	
Presentation		
39. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	J	
40. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	J	
41. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	J	
42. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	J	
43. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	J	
44. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	J	
45. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	J	
Övrigt		
46. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	J	
47. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
48. Rapporten är korrekturläst av : Mattias Kennestad		-

49. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		
50. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

Bilaga 13 A25 Viktanalys

Viktanalys



JASMIN SATTARI FAR
hoda@kth.se
073-6003515

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*05/11-2008*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*13*
Granskad av:	

Inledning

Denna rapport har till syfte att ge läsaren en grundlig uppfattning på viktanalys av farkosten Evolo. All indata på måtten har tagits från experimentet och beskrivning av generalarrangemang dokumentet. Dokumentet tar ej hänsyn till styvhetsberäkningar i olika delar och masscentrumet på Evolo.

Analys

Det är känt sedan tidigare att styvare kolfibermaterial ger upphov till färre antal lager laminat och därmed en minskad vikt i konstruktionen. Ett sandwich material blir styvare genom att använda tjockare kärna. Tjockare kärna ger upphov till minskat antal laminat plattor som är relativt mycket tyngre i ett sandwichmaterial jämfört med kärnan.
Vikten av farkostens struktur har approximativt beräknats med sandwich koncept. Man har antagit att flytkroppen byggs av två lager kolfiberlaminat av typ DBT 700-C05-A med riktningarna [+45,90,-45] där laminatplattornas totala tjocklek blir 2 0.72 mm.
Tabellen nedan visar volymen på olika delar av farkosten:

Komponent	Inre volym (skum)[m^3]	Yttre volym (kolfiber) [m^3]
Bärplan	0.0715	$3.2798\ 10^{-3}$
Länk mellan bärplan och brädan	$6.107\ 10^{-4}$	$1.759\ 10^{-5}$

Stora bärplanet	$8.402\ 10^{-3}$	$1.631\ 10^{-3}$
Lilla bärplanet	$1.3421\ 10^{-3}$	$2.7784\ 10^{-4}$
Länk mellan bärplanen	-	-

Tabell 1. Volymfördelning i olika komponenter.

I det här fallet har följande material valts (se tabell 2) som konstruerande material i sandwich konceptet. Dessa har betraktats som tillräckligt hållfasta material för de ingående delarna.

Material	Densitet[kg/m^3]
Kolfiber – vinylester	1600
Skum (H60)	100

Tabell 2. Densitet på valda material .

Vikten för varje andel av materialen i sandwich konceptet har beräknats genom att använda de ingående materialens densitet och volym. I tabell 3 kan dessa vikter betraktas.

Komponent	Vikt på skum[kg]	Vikt på kolfiber [kg]
Bärplan	7.15	5.24
Länk mellan bärplan och brädan	0.061	0.028
Stora bärplanet	0.84	2.609
Lilla bärplanet	0.13	0.445
Länk mellan bärplanen	-	-
Total vikt	8.181	8.322

Tabell 3. Vikt på varje del av sandwich materialet.

Den totala vikten för farkostens främsta komponenter har beräknats till:

Del	**Vikt[Kg]**
Brädan	12.39
Länkar	0.1
Bärplanen	4.02
Motor	19
Batterier	30
Totalt	**65.5**

Slutsats

Den totala vikten har beräknats till 65.5 kg vilket är 4.5 kg mindre än det uppsatta kravet. Vikten har beräknats för de tyngsta och främsta delarna av farkosten och andra viktmässigt betydelse lösa delarna har försummats i beräkningen.

Sammanställning av motstånd



MARKUS NORBERG
mnorb@kth.se
076-2483605

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*16/11-2008*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*5*
Granskad av:	

Inledning

Denna rapport har till syfte att sammanställa resultaten från motståndsberäkningar på bärplanen/undervattenskroppen[16] och flytkroppen.[17] Utifrån dessa resultat kan därefter Evolos effektbehov bestämmas.

[16] M.Norberg,T.Manners,M.Kennestad,M,Fürth. *Bärplan 2008-10-25. Marina Systeem KTH.*
[17] T.Manners,M.Kennestad. *Motstånd flytkropp. 2008-11-10. Marina System KTH*

Problemformulering

Motståndsberäkningarna för undervattenskroppen i hastighetsspannet 6-15 knop anses i stort sett vara klara. Det enda som saknats i dessa beräkningar är det lyftkraftsinducerade motståndet från stabilisator vingen. Detta motstånd behandlas vidare i Analysdelen. Motståndet från flytkroppen beräknas för hastighetsspannet 0-6 knop då farkosten beräknas lyfta vid 6 knop och därmed inte får något bidrag i motstånd från flytkroppen efter 6 knop. Motståndet för undervattenskroppen från 0-6 knop beräknas på samma sätt som för 6-15 knop med skillnaden att en konstant anfallsvinkel antas. Denna anfallsvinkel antas vara samma som anfallsvinkeln som vingen har när farkosten lyfter. Utöver detta så beräknas motståndet för en rak vinge som placeras i bakre kant av deltavingen (se figur 1) i syfte att generera lite extra adderad vattenmassa. Detta för att få Evolo lite ”trögare” i roll-led.

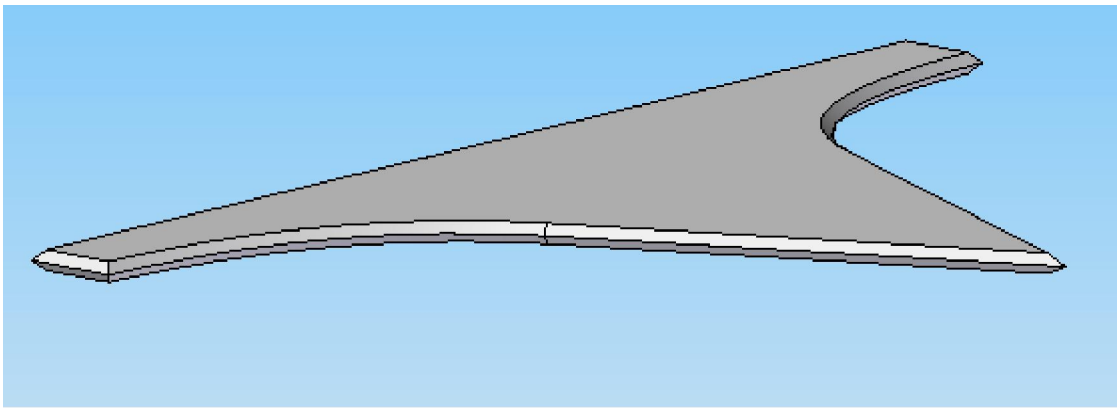


Figure 8. Främre bärplansvingen.

Analys

Motståndsberäkningarna för undervattenskroppen i hastighetsspannet 6-15 knop saknar det lyftkraftsinducerade motståndet från den bakre vingen. Eftersom vinkeln på denna vinge inte är bestämd ännu så antas bidraget i motstånd från den bakre vingen vara liten vid 6 knop (5%) och öka linjärt till 15 knop (30%). Bidraget från de extra vingarna som har till syfte att ge en trögare farkost o roll-led snarare en att generera lyftkraft beräknas på samma sätt som för rakavingar. Motståndet från flytkroppen beräknas i hastighetsspannet 0-6 knop och adderas till motståndet för undervattenskroppen i samma hastighetsspann som beräknas på samma sätt som för 6-15 knop. När detta har gjorts så är motståndet i hela hastighetsspannet 0-15 knop bestämt och redovisas i figur 2.

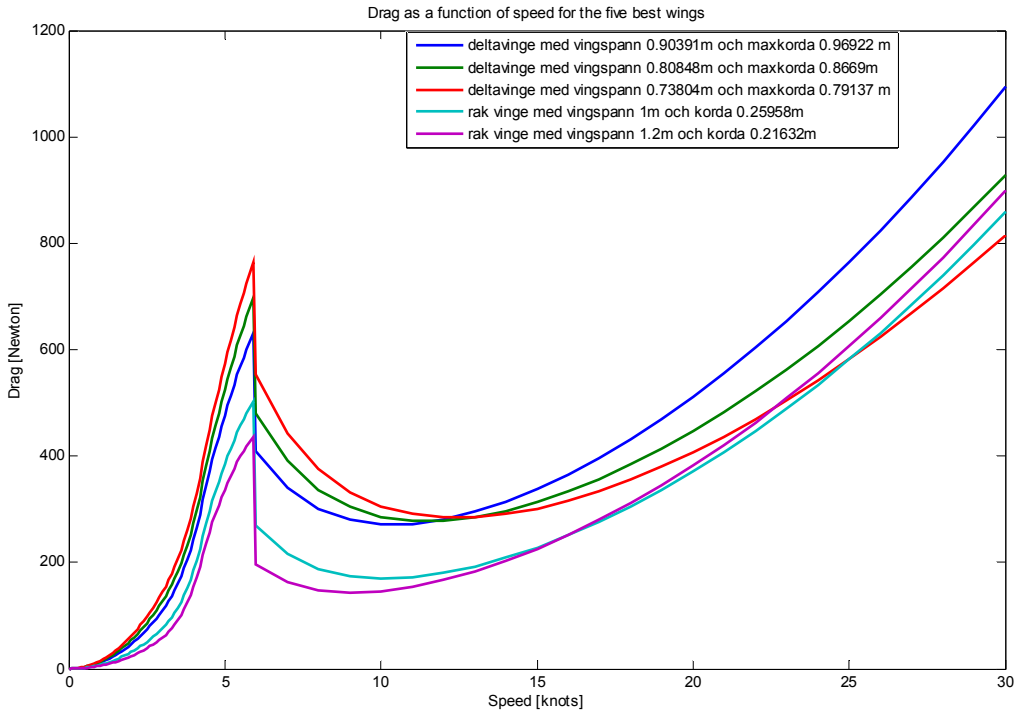


Figure 9. Visar motståndet för Evolo för olika hastigheter.

Slutsats/Diskussion

Resultatet visar hur motståndet ser ut i hela hastighetsspannet. Men motståndet upp till 6 knop är förmodligen ganska överskattat då för det första är modellen för flytkroppen inte exakt, för det andra är effekten av bärplanen inte medräknade i motståndsberäkningarna för flytkroppen. Med det menas att skrovet lyfts upp gradvist allt eftersom hastigheten ökar. Detta gör att mindre yta av skrovet ligger i vattnet därav mindre motstånd. Som modellen ser ut idag så ligger skrovet helt i vattnet upp till 6 knop. Varför det lyftkraftsinducerade motståndet anses vara litet vid låga hastigheter är att den primära vingen antas ha ganska hög anfallsvinkel vid dessa hastigheter och detta gör att anfallsvinkeln för den bakre vingen är mindre. Men allt eftersom hastigheten ökar och anfallsvinkeln på den stora vingen minskar så ökar anfallsvinkeln på den bakre vingen. Författaren antar att bidraget i motstånd från den bakre vingen är 5% vid 6 knop och att bidraget ökar linjärt till 30% vid 15 knop. Resultatet från denna rapport ligger till grund för de effektbehovsberäkningar som ska göras.

A9 Rollstabilitet



MIRJAM FÜRTH
furth@kth.se
0705-652820

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Rollstabilitet*
Datum:	*02/12-2008*
Versionsnummer:	*1.0*
Nedlagd arbetstid:	*5 h*
Granskad av:	*Mattias Kennestad*

Inledning

Redan tidigt i projektet misstänktes otillräcklig rollstabilitet att vara ett problem hos Evolo. Detta visade sig sedan, genom experiment, vara sant. Att rollstabilitet behövdes undersökas syntes tydligt i experiment nr. Då stabiliteten i stampnings-led var åtgärdad och farkosten lyfte som planerat var rollstabilitet ett tydligt problem.

Tillvägagångssätt

För att få en konfiguration som snabbt kunde testas så valdes en enklare utredning av vilka faktorer som kan påverka rollstabiliteten. Detta för att i ett senare skede kunna undersöka denna närmare. På så sätt kan experimenten fortgå utan uppehåll.

Bredare vinge

Ett mycket enkelt sätt att skapa stabilitet i roll-led är att öka trögheten hos vingarna i roll-led, dvs. göra att det krävs mer kraft för att flytta dem i roll-led. Tröghetsmoment med hjälp av Steiners sats ses i ekvation 1.

$$I = I_G + md^2 \tag{1}$$

Ekvation 1 säger att tröghetsmomentet är lika det kända tröghetsmomentet plus den adderade massan multiplicerat med avståndet i kvadrat till masscentrum. Detta innebär att för att öka en vinges tröghetsmoment bör vingen göras bredare, eftersom avståndet till trögheten ökar kvadratisk med avståndet till masscentrum. Det är inte bara vingens tröghetsmoment som ökar genom att vingen görs bredare. Då vingen rör sig i vatten kommer även de ökade adderade vattenmassorna att bidra till det ökade tröghetsmomentet. De adderade vattenmassorna är det vatten som finns närmast vingen som också flyttas då vingen rör sig. Exakt hur detta fungerar för en vinge i friström är i dagsläget oklart. Fenomenet med de adderade vattenmassorna är dock väldokumenterat via experiment.

Då en deltavinge har visast sig passa Evolo enligt [1], väljs deltavingen att förlängas i bredd så pass mycket att vingen blir bredare men utan att den extra delen av vingen ger allt för mycket lyftkraft. Vingen syns i figur 1[2].

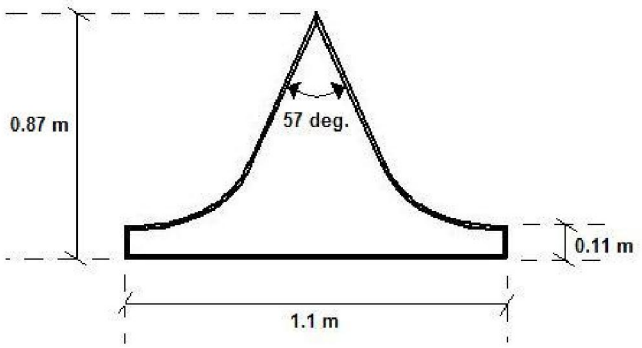


Figure 10 Deltavinge med ökad bredd

Experiment visar att detta ger en Evolo mer rollstablitet, dock så ökar även motståndet[1].

Ett annat alternativ är en helt rak vinge, den är dock svårare att manövrera än deltavingen enligt [3] men ger mindre motstånd enligt [3]. Den raka vingen kan även lätt förlängas och därmed öka tröghetsmomentet, samtigt som hela vingen genererar lyftkraft.

Dihedral vinge

Andra sätt att öka rollstabiliteten är att välja en dihedral vinge[4], dvs vingarana pekar snett uppåt. En dihedral vinge används ofta på flygplan och ger större rollstablitet. Genom att, då flygplanet lutar i rolled, bilda en kraft som ger upphov till en glidning i sidled. Detta gör att den lägre vingen får en större anfallsvinkel i flygplanets refrenssystem än den högre och på därmed ökar den lägre vingens lyftkraft. Detta gör att det bildas en rätande moment, som gör att flygplanet kommer tillbaka till det okrängda läget. Principen illisteras i figur 2[4].

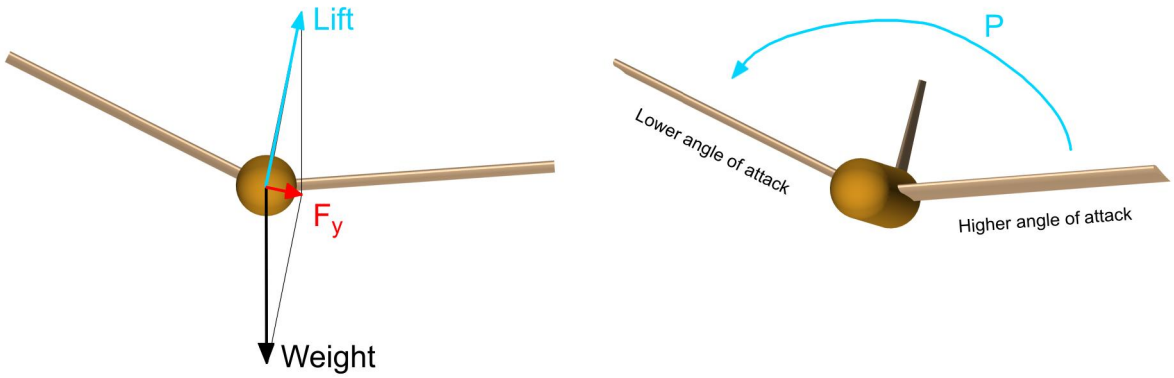


Figure 11 Principen för en dihedral vinge

Det visar sig dock att det, då flygplanet svänger och rollar samtidigt, bildas en kraft från den högre vingen snett bakåt. I experiment [5] visas det sig att denna kraft är så stor att den gör att farkosten välter. Därmed utesluts den dihedrala vingen.

Anhedral vinge

Även en anhedral vinge[4], vingarna pekar neråt dvs. motsatsen till en dihedral vinge, kan öka rollstabiliten. I en inledande bedömning görs där det anses att även här ökar anfallsvinkeln hos den längre vingen vilket gör att det skulle blidas ett rätande moment, dock inte lika stort som för den dihedrala vingen. För att undersöka detta närmare plockas ett tranformationssystem fram för att beskriva lyftkraften hos bärplan som roterar. Detta kommer beskrivas närmare i nästa version av denna rapport.

Författarens rekommendationer

Rekommendationen är att utredningen om den anedrala vingen fortsätter, detta ger om inte annat en möjlighet att beskriva vingens lyftkraft i alla rörelser. Och kan därmed vara till nytta för projektet för att konfigurera den bäst lämpade vingen.

Dessutom bör en rak vinge med större vingspann än tidigare testas via experiment.

Deltavingen med extra bredd för närvarande bör anses vara den bästa konfigurationen med avseende på generellt framförande.

Referenser

19. Razola, M: *Experiment X7.* Marina system, KTH, Stockholm, 2008, opublicerad.
20. Bener, F: *Preliminär Bärplanslösning A16.* Marina system, KTH, Stockholm, 2008, opublicerad.
21. Norberg, M: *Bärplan A1.* Marina system, KTH, Stockholm, 2008, opublicerad.
22. http://en.wikipedia.org/wiki/Dihedral 2008-12-02
23. Manners, T: *Experiment X8.* Marina system, KTH, Stockholm, 2008, opublicerad.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
51. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	J	J
52. Har syfte och förutsättningar redovisats?	J	J
53. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	J	J
54. Uppnås syftet?	J	J
55. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	J	J
Tekniskt innehåll		
56. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	J	J
57. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	-	-
58. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
59. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
60. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	J	-
61. Går det att följa det tekniska resonemangen?	J	J
62. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	J	J
Presentation		
63. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	J	J
64. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	J	J
65. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	J	J
66. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	J	J
67. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	J	J
68. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	J	J
69. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	J	J
Övrigt		
70. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	J	
71. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
72. Rapporten är korrekturläst av : Mattias Kennestad		-

73. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		
74. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

A101-Propellerval



PETTER DELIN
pdelin@kth.se
0736-490567

DANIEL CARLSSON
dcarlss@kth.se

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*29/01-2009*
Versionsnummer:	*1*
Handlett av:	*Jakob Kuttenkeuler*
Nedlagd arbetstid:	*60h*
Granskad av:	*Markus Norberg*

Innehåll

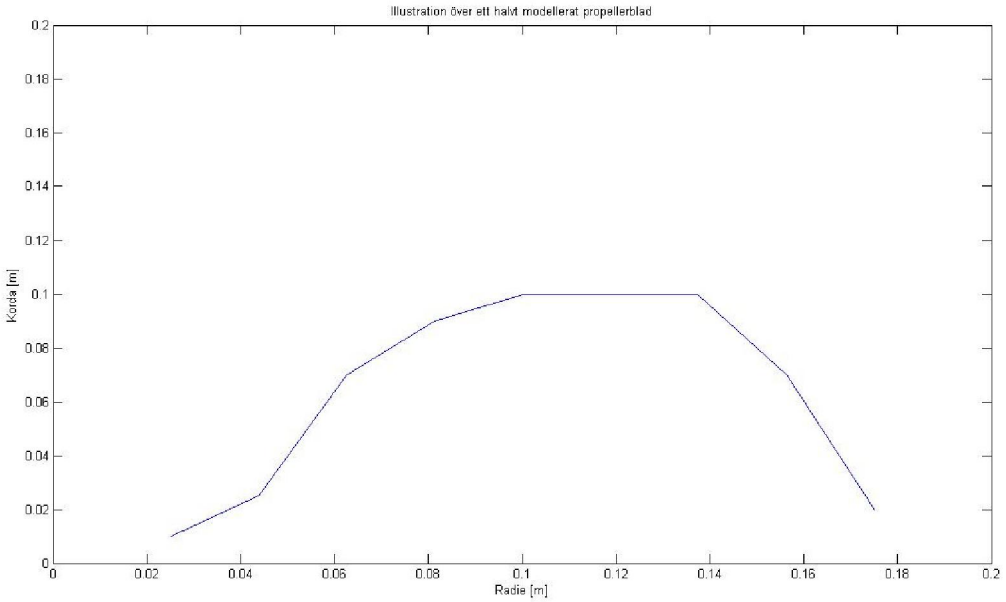
Innehåll 149
Sammanfattning 150
Inledning 151
Problemformulering 151
Analys studie 1 151
Propeller till Evolo med Torqeedo Cruise 2.0 153
Slutsats 154
Referenser 154
Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring 155
Bilaga 2 Propellerkod 157
Bilaga 3 Bladelement funktionsfil 160

Sammanfattning

I denna rapport behandlas dels en vingkonfiguration för femton knop och dels en vingkonfiguration som gör att Torqeedo Cruise 2.0 kan användas. Det som görs är att se om effektbehovet för vingkonfigurationen går att övervinna med den befintliga Torqeedomotorn, eller om en ny motor behövs.
I denna rapport visas även resultaten av en propeller dimensionerad för Evolo med modifierad vingkonfiguration, se ref [1]. Propellern är optimerad för en fart på åtta knop vilket innebär att Evolo skall släpas upp till nämnd fart och därefter flyga för egen maskin. Propellern som framtagits visas nedan i tabell (1) och med en illustration, figur (1), över hur ett halvt propeller blad modellerats.

Tabell 4 Dimensioner och teknisk data för framtagen propeller

Evolo Propeller		
Diameter	0,35	[m]
Geometrisk stigning	0,34	[m]
Axeleffekt	2000	[W]
Släpmotstånd	219	[N]
Blad-area-förhållande	2,2	[-]
Bladantal	4	[-]
Varvtal	920	[rpm]
Dimensionerade hastighet	8	[kn]



Figur 25 Illustration över ett halvt modellerat propellerblad

Inledning

Det ursprungliga syftet med detta arbete var att ta fram en optimal propeller. Detta medförde att alla propellerparametrar skulle varieras för att hitta denna optimala propeller. Utifrån detta skulle sedan en motor väljas som levererade tillräckligt med effekt vid givet varvtal. Då denna uppgift var för omfattande, och förutsatte att en motor som uppfyller de krav som den optimala propellern ställde kunde skaffas, därför övergavs den. Det som nu försökte göras var att undersöka om det finns en propeller som kan få den Torqeedo Cruise 2.0, som möjligtvis finns tillhanda, att leverera tillräckligt med effekt vid Evolos lyfthastighet. Då detta gjordes antogs, felaktigt, att den givna motorn kunde leverera den behövda effekten.

Propellern som dimensioneras i denna rapport dimensioneras utifrån en nyframtagen vingkonfiguration, se ref [1], samt att Evolo släpas upp till åtta knop och därefter kör för egenmaskin.

Problemformulering

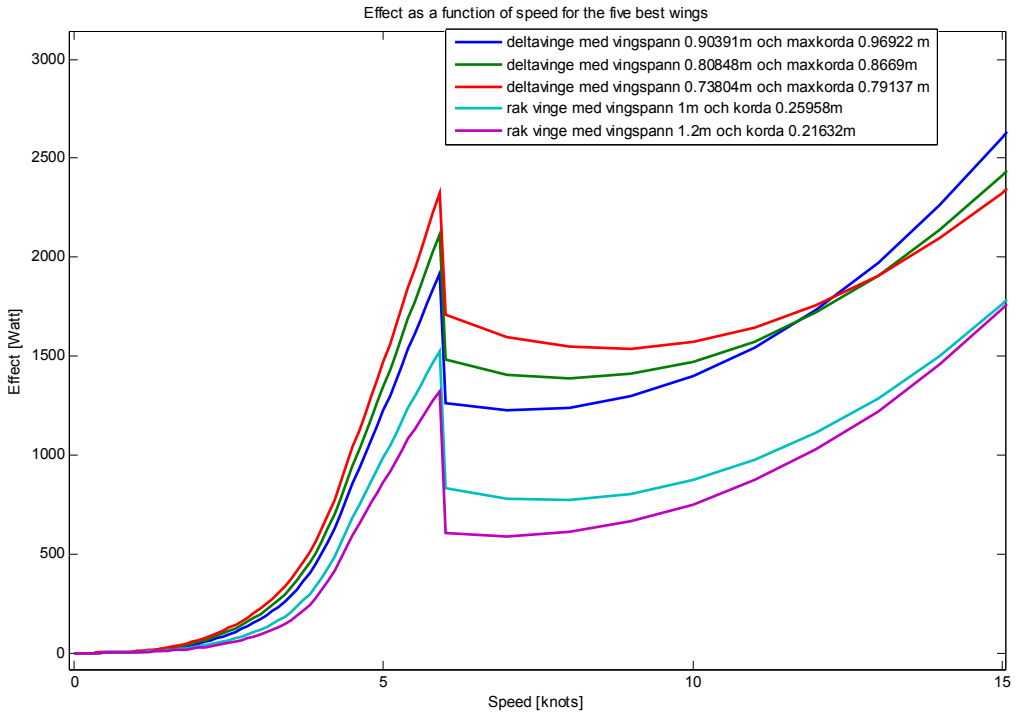
Evolos släpeffekt är mellan 1800-2100W. Detta gör att det är denna effekt, som motorn via propellern och med övriga förluster tagna i beaktande, som måste överföras ut i vattnet. Det ställer krav på både motorns och propellerns verkningsgrad.

För att erhålla en hög verkningsgrad är en stor propeller bättre än en liten. Dock innebär en stor propeller en större risk för att bladen ska nå vattenytan och propellerbladen kommer då tvingas arbeta i ett annat medium det kommer även dras ned luft till propellern vilket innebär sänkt verkningsgrad.

Det alternativ som finns till Torqeedo Cruise 2.0 är den större Torqeedo Cruise 4.0. Denna större motor har en ineffekt på 4000W. Den har samma totala verkningsgrad som 2.0 vilket ger att den levererar dubbla uteffekten jämfört med 2.0. Vidare arbetar motorn i ett fixt varvtal på 920 varv per minut. Det påverkar också storleken på propellern eftersom ett lågt varvtal innebär stora dimensioner på propellern för att farkosten ska färdas i önskad hastighet.

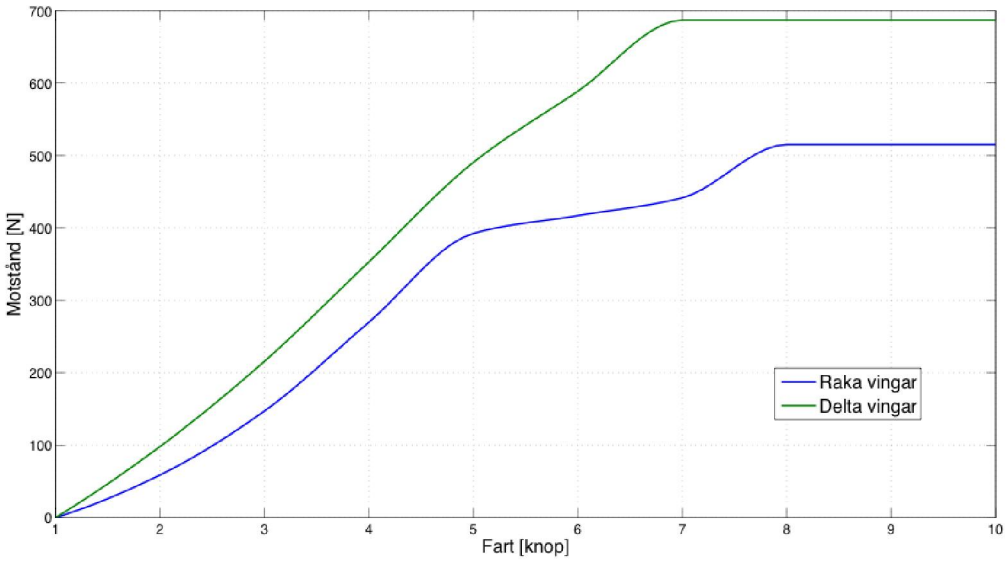
Analys studie 1

Det finns således två vägar att gå med motorn. Det första alternativet är att tillverka en tillräckligt stor propeller för att använda motorn med 920 varv per minut och det andra alternativet är att växla om motorn med t.ex. en planetväxel. Fördelen med att växla om motorn är att det möjligtvis skulle gå att använda en befintlig propeller, dvs. problematiken med byggande av propeller undviks. Nackdelen är att det kan vara svårt att hitta planetväxlar som är lämpliga för ändamålet. Växeln måste vara både liten och ha önskad utväxling. Av erfarenhet gör de små planetväxlarna främst i plast vilket gör att en sådan växel r utesluten. Nedan i figur (1) visas Evolos släpeffekt som funktion av hastigheten analytiskt uträknat i ref [2].



Figur 26 Den effekt som krävs för att driva farkosten framåt i det aktuella hastighetsspannet, [1].

För att validera den uträknade effekten jämförs den med den uppmätta släpeffekten från släpförsök, ref[3]. Ineffekten på den tillgängliga Torqeedo Cruise 2.0 är 2000W och med nuvarande propellerkonfiguration är uteffekten ca 900W. Som ses ur figuren ovan har denna motor en alldeles för liten effekt för att kunna driva Evolo så att den lyfter med vald vingkonfiguration.



Figur 27 Experimentellt uppmätt släpmotstånd för Evolo som funktion av hastigheten

Eftersom effekten definieras som kraften multiplicerat med hastigheten fås ur figuren ovan att släpeffekten vid sex knop är ca 1800W. Detta gör att analysen och experimenten stämmer hyfsat bra överens vilket ger att resultaten anses som tillförlitliga med en viss felmarginal.

Propeller till Evolo med Torqeedo Cruise 2.0

När propellern dimensioneras görs detta med motståndet taget från ref [2] där en ny vingkonfiguration bestämts. Denna nya konfiguration gör så att den befintliga motorn kan framföra Evolo i åtta knop förutsatt att Evolo släpas till lyft. Att en hastighet som ligger över lyfthastigheten varit dimensionerade är för att det behövs en dimensionerade fart och det anses rimligare att kunna flyga med Evolo i åtta än i fem. För att optimera en propeller som klara den givna uppgiften användes teori från ref [4]. Sedan användes iteration för att uppnå kraftjämvikt. Propellern skall även leverera en effekt ut i vattnet som är lika med Evolos släpeffekt vid designfarten för ett motorvarvtal 920 rpm. För att göra en konservativ dimensionering antas undervattenkroppen ha en medströmsfaktor som är noll. Detta medför at sugfaktorn är noll, vilket ger att den erforderliga propellerkraften är lika med släpmotståndskraften. Att medströmsfaktorn är noll medför även att anströmningshastigheten vid propellern är lika stor som friströmshastigheten. Då propellern är effektivare vid låga hastigheter gör att detta antagande om medströmsfaktorn ger en konservativ dimensionering.

För att få till en propeller som klara de ställda kraven användes en iterativ process där det antogs att den geometriska stigningen är ungefär med propellerdiametern och att bladareaförhållandet skall vara stort för att hålla nere diametern. Vidare antas det vara lättare att bygga en propeller med fyra blad än en med tre. Detta för att det antas lättare att få en fyrbladigpropeller symetrisk.

Dimensionerande indata och beräknade dimensioner redovisas i tabell (2).

Tabell 5 **Dimensioner och teknisk data för framtagen propeller**

Evolo Propeller		
Diameter	0,35	[m]
Geometrisk stigning	0,34	[m]
Axeleffekt	2000	[W]
Släpmotstånd	219	[N]
Blad-area-förhållande	0,46	[-]
Bladantal	4	[-]
Varvtal	920	[rpm]
Dimensionerade hastighet	8	[kn]

När propellern beräknas görs detta för en dimensionslös hastighet J som definieras enligt ekvation (1) nedan

$$= \frac{}{}$$

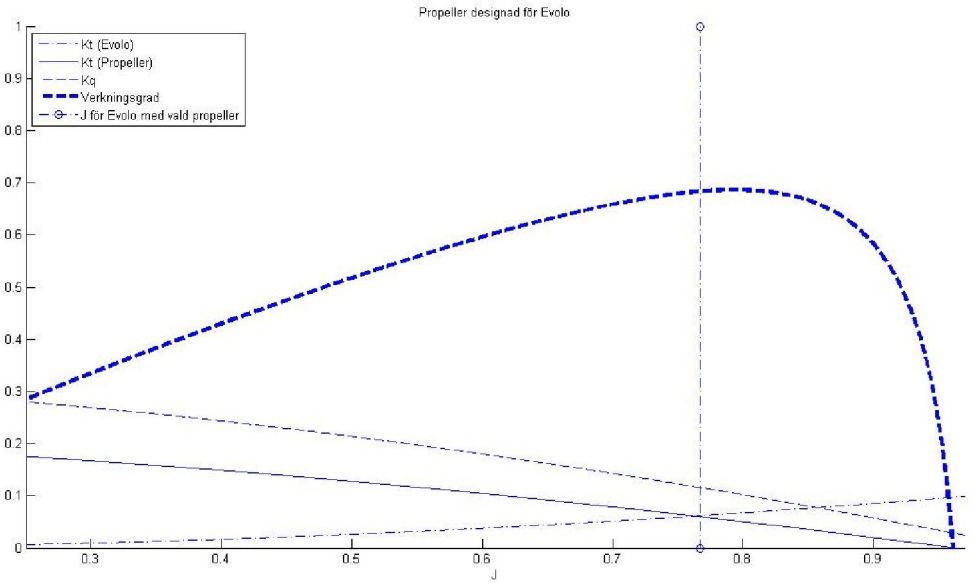
Där V_{inf} är friströmshastigheten, n är varvtalet och D är propellerns diameter. Eftersom propellern dimensioneras för designfarten betyder ändringen av J enbart en förändring av propellervarvtalet. Det som sedan plottas är dimensionslösa krafter och moment samt verkningsgrad. Den erfoderliga dimensionslösa kraften definieras enligt ekvation (2)

$$K_T^{erfoderlig} = \frac{T}{\rho D^2 V_A^2} J^2$$

Där T är Evolos släpmotstånd, V_A är propellerns anströmningshastighet, och är densiteten. Övriga variabler är definierade tidigare. Den levererade dimensionslösa propellerkraften beräknas som den erforderliga men med skillnaden att man använder den levererade kraften, som varierar. Det dimensionslösa motståndet definieras enligt ekvation (3) nedan

= ———

Där M är det krävda axelmomentet och de övriga parametrarna är definierade tidigare. En propellerkarakteristika för den valda propellern visas nedan i figur (5).



I figuren ovan några olika dimensionslösa krafter och moment samt vid vilket ***J***, dimensionslös hastighet, Evolo har samt vilken verkningsgrad propellern har vid olika ***J***.

Slutsats

Slutsatsen är att den Torqeedomotor som finns tillgänglig inte kommer att kunna framföra Evolo i önskad hastighet. Då detta är fallet måste antingen en motor med större effekt användas eller så måste vingkonfigurationen på Evolo ändras så den lyfter vid lägre fart. I de båda fallen är rekommendationen att inte växla om motorn utan att bygga en egen propeller för att uppnå önskad verkningsgrad.

Referenser

1. Carlsson D, Delin P, Westin J, TB-105 *Bärplan och Stag,* KTH, Stockholm 29/1-2009
2. Norberg M, A-14 *Effektbehov,* KTH, Stockholm 5/11-2008
3. Kennestad M, X-9 *Motorexperiment,* KTH, Stockholm 2/12-2008
4. Kuttenkeuler, J., *Propellrar - så funkar de,* Marina system, KTH, Stockholm 3/4-2008

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
75. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
76. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
77. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
78. Uppnås syftet?	Ja	Ja
79. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
80. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
81. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
82. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
83. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
84. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
85. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
86. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
87. Finns en realistisk verifieringsplan för arbetet i rapporten?		
88. Finns en godtagbar uppföljning av verifieringsplanen?		
Presentation		
89. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
90. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
91. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	Ja	Ja
92. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
93. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
94. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
95. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
96. Har rapporten skrivits av dig enskilt?		

97. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
98. Rapporten är korrekturläst av : Markus Norberg		-
99. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		
100. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

Bilaga 2 Propellerkod

```
%%

clc, clf, clear all, close all

D = 0.35;                   % Propellerdiameter
vinf = 8*1852/3600;                % Friströmsfart
Mplot = [];
Tplot= [];
ETAplot = [];
Ktplotprot = [];
Ktplotprop = [];
Kqplot = [];
J = [0.01:0.001:3];
PTplot=[];
PDplot=[];
Tplot=[];
for ll = 1:length(J)


rpm = vinf/(J(ll)*D)*60;      % Varvtal
omega = rpm*2*pi/60;      % Vinkel frekvens

ry = D/2;
ri =0.025;
dr = (ry-ri)/8;               % Radiellt inkrement
r = ri:dr:ry;                % Radie till element
cc = 0.1;                   % Lokal korda
Tc = [0.1 0.25 0.7 0.9 1 1 1 0.7 0.2];
gp = 0.34;                % Geometrisk pitch
N = 4;                     % Antal propellerblad

e = 0.9;                    % ... effektivitets faktor
rho = 1000;                 % Densitet
Cb = 0;
w = 0;          % Medströmsfaktor
t = 0;                % Sugfaktor
Pe = 900;
R = Pe/vinf ;
Treal=R/(1-t);           % Erfoderlig propellerdragkraft

a = 0.1;
a_ = 0.01;

M=[];
T=[];
A1=[];
A2_=[];
ETA=[];
PT=[];
PD=[];

for i=1:length(r)
    c = cc*Tc(i) ;
    AR =ry^2/(N*c*(ry-ri));                 % Geometriskt sidoförhållande
[dT,dM,eta,a,a_,alfa,Pt,Pd]=bladelem(omega,vinf,gp,N,c,r(i),dr,rho,a,a_,AR,
e);
M=[M dM];
T=[T dT];
```

```
A1=[A1 a];
A2_=[A2_ a_];
ETA=[ETA eta];
PT=[PT Pt];
PD=[PD Pd];
end
T = sum(T);
Mplot = [Mplot sum(M)];
ETAplot = [ETAplot sum(ETA)/9];
Ktplotprop = [Ktplotprop T/(rho*(rpm/60)^2*D^4)];
Ktplotprot = [Ktplotprot Treal/(rho*(rpm/60)^2*D^4)];
Kqplot = [Kqplot sum(M)/(rho*(rpm/60)^2*D^5)];
PTplot=[PTplot sum(PT)];
PDplot=[PDplot sum(PD)];
Tplot=[Tplot T];

end

bar = (ry^2*pi)/(sum(cc*Tc*dr)*N)
title('Propeller designad för Evolo')

xlabel('J')
Kqplot = Kqplot*10;
figure(1)
axis([0.25 0.97 0 1])
hold on
plot(J,Ktplotprot,'-.')
plot(J,Ktplotprop,'-')
plot(J,Kqplot,'--')
plot(J,ETAplot,'--.')
plot([vinf*60/(920*D) vinf*60/(920*D)],0:1:1,'--')
legend('Kt (Evolo)','Kt (Propeller)','Kq','Verkningsgrad','J för Evolo med
vald propeller',2)
hold off
figure(2)

hold on
plot(J,PTplot,J,PDplot)
plot([vinf*60/(920*D) vinf*60/(920*D)],0:max(Tplot):max(Tplot),'--')
axis([0 3 0 2000])

legend('Nyttig','tillförd')
hold off
figure(3)

subplot(2,1,1)
hold on
plot(J,Mplot)
plot([vinf*60/(920*D) vinf*60/(920*D)],0:max(Mplot):max(Mplot),'--')
hold off
axis([0 3 0 500])
subplot(2,1,2)
hold on
plot(J,Tplot)
plot([vinf*60/(920*D) vinf*60/(920*D)],0:max(Mplot):max(Mplot),'--')
hold off
axis([0 3 0 1000])
```

```
figure(4)

plot(r,Tc*0.1)
axis([0 0.2 0 0.2])
xlabel('Radie [m]');ylabel('Korda [m]')
title('Illustration över ett halvt modellerat propellerblad')
```

Bilaga 3 Bladelement funktionsfil

```
function [dT,dM,eta,a,a_,alfa,Pt,Pd] =
bladelem(omega,vinf,gp,N,c,r,dr,rho,a,a_,AR,e);


any=a;
a_ny=a_;
clalfa = 2*pi;
teta = atan(gp/(2*pi*r));
diff1=1;
diff2=1;

while diff1 && diff2 > 10^-9
a = 0.9*a+0.1*any;
a_ = 0.9*a_+0.1*a_ny;
v0 = vinf*(1+a);
v2 = omega*r*(1-a_);
v = sqrt(v0^2+v2^2);
alfa = teta-atan(v0/v2);
cl = clalfa*alfa;
cd = 0.008-0.003*cl+0.01*cl^2;
CL = cl/(1+2/(AR*e));
CDi = (CL^2)/(pi*e*AR);
CD = CDi+cd;
q = 0.5*rho*v^2;
dT = q*c*N*(CL*cos(teta-alfa)-CD*sin(teta-alfa))*dr;
dM = q*c*N*(CL*sin(teta-alfa)+CD*cos(teta-alfa))*r*dr;
any = -0.5+sqrt((dT/(4*pi*r*rho*dr*vinf^2))+1/4);
a_ny = dM/(4*pi*rho*r^3*vinf*(1+any)*omega*dr);
diff1=abs(a-any);
diff2=abs(a_-a_ny);
end

Pt = dT*vinf;
Pd =omega*dM;
eta = Pt/Pd;
```

A102 - Förslag till utformning av undervattenskropp

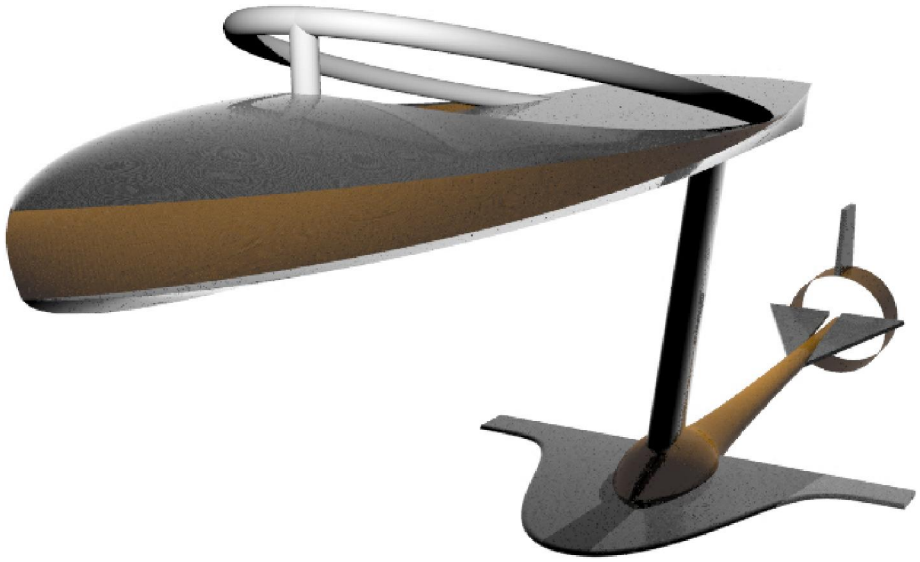


JOACIM WESTLUND
joacimwe@kth.se
0709-309106

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*20/01-2009*
Versionsnummer:	*1*
Nedlagd arbetstid:	*15h*
Granskad av:	*Mirjam Fürth*

Sammanfattning

Flera förslag på undervattenskroppens arrangemang har föreslagits och dom bästa har sållats ut. Resultatet av detta är två förslag, som vardera har två varianter. Det ena är mer svårbyggt men kommer att ha ett mindre motstånd och ett mindre djupgående. Förslaget heter Jesus och presenteras på bilden nedan.



Alternativet till detta förslag är att skjuta bak motor och stötta till mitten för att bland annat slippa bygga ihop bärplanet och motorn. Det andra alternativet, som är enklare att bygga, kallas Zeppelinare och ser ut så här:



Även här finns alternativet att ha motor och stötta i mitten för att minska risken att motorn försämrar bärplanets egenskaper.

Övriga rekommendationer till projektledningen:
Innan vi kan rita ritningar på undervattenskroppen bör vi bestämma en marschhastighet som är mindre än 15 knop och anpassa vingarnas anfallsvinklar efter denna hastighet.

Inledning och problemformulering

Inför den slutgiltiga designen av Evolo måste beslut tas om utformningen av undervattenskroppen. Denna rapport har i syfte att förse projektgruppen med förslag på lösningar utifrån ett antal identifierade relationer statuerade av projektgruppen med hjälp av bärplansexperten Alexander Sahlin. Prioritet ligger för tillfället på en lösning som är så enkel att bygga som möjligt samtidigt som de utstuderade förhållandena och egenskaperna på bärplanen måste vidhållas. Analysen utgår från att en torqeedo cruise 2.0 kan användas, men kan förhoppningsvis anpassas efter andra motorer. Analysen är endast baserad på antaganden.

Analys

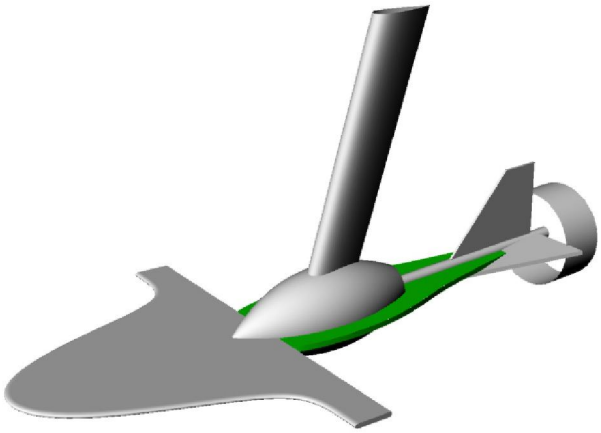
Följande relationer är identifierade:

1. Evolo måste vara byggd för en fast marschhastighet. Denna hastighet påverkar huvudvingens anfallsvinkel och därmed lyftkraften.
2. Propellerns tryckkraft, och därmed motoraxeln, måste vid marschhastigheten vara helt horisontell.
3. Huvudvingen måste ha en vinkel relativt motoraxeln. Denna vinkel är densamma som huvudvingens anfallsvinkel vid marschhastigheten.
4. Huvudvingens anfallsvinkel bör vara maximalt 5 grader.
5. Vid start måste huvudvingens anfallsvinkel vara större än vid marschhastigheten vilket innebär att motoraxeln får en vinkel relativt horisontalplanet. Propellerns tryckkraft kommer därför att ha en komponent uppåt, vilket bör underlätta starten.
6. Flytkroppens flytläge bör medge att huvudvingens anfallsvinkel relativt horisontalplanet är 10 grader vid start.
7. Vertikala ytor bör ligga så långt bak som möjligt och bör inte vara så utspridda, för att underlätta gir.

Ett antal möjliga förslag som till största möjliga mån uppfyller ovanstående har utvecklats och presenteras nedan. I analysen antages att motorn har en stark fästpunkt på ovansidan, vilket är fallet för Torqeedomotorn. Om stöttan är rak eller sned spelar egentligen ingen roll så länge stöttans övre fästpunkt inte hamnar för långt bak så att flytkroppen måste förlängas. Analysen är updelad i två delar varav den första är förslag med integrerad motor och den senare är förslag där motorn är placerad under bärplanen. Efter förslagen följer ett utsorteringsresonemang.

Del 1 – Integrerad motor

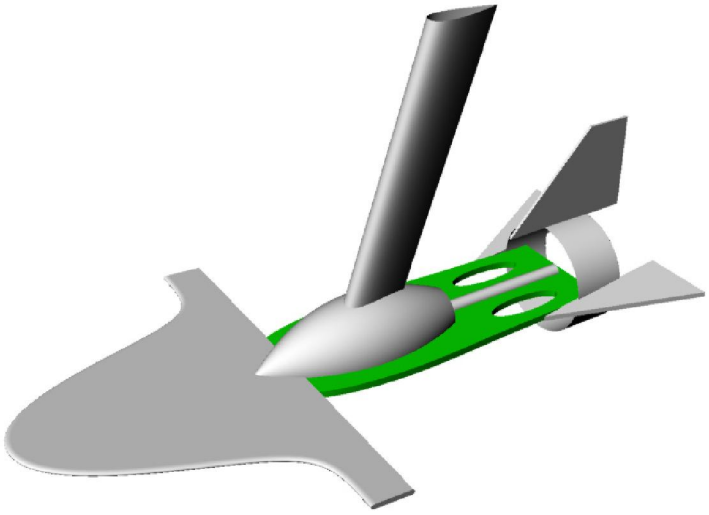
Med en integrerad motor menas här att motorn ligger i nivå med bärplanen. En integrerad motor kan vara svårare att bygga och är mycket beroende av vilken motor som används. Fördelarna är dock många. En integrerad motor ger farkosten ett mindre djupgående och gör momentarmen som motorns tryckkraft har mindre. Samtidigt blir det mindre motstånd av att ha en välbyggd modul under vattnet istället för två.



Rocka:

Motorn monteras direkt i stöttan och bärplanen ligger i nivå med motor och motoraxel. En bärande ram (grön) konstrueras liggandes runt motorn och fäster i det främre bärplanet, motorn, motoraxeln och i det aktre bärplanet, men inte i stöttan.

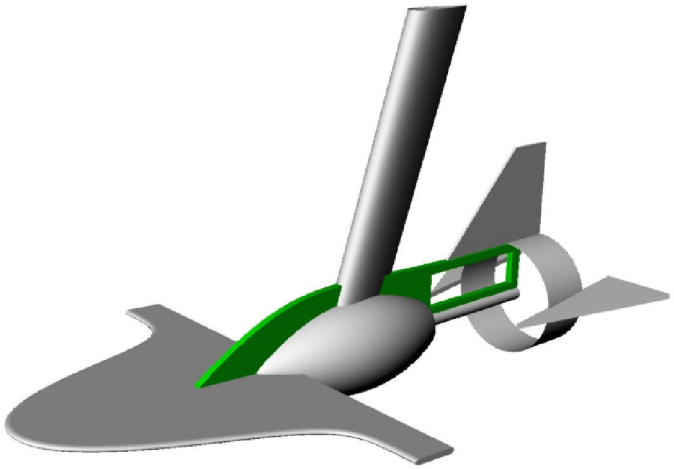
- Kräver förmodligen en ombyggnad av den främre delen av motorkåpan, vilket kan vara svårt på grund av risken för läckage.
- Lösningen kommer att påfresta motorinfästningarna med bland annat lyftet från bärplanet och det moment som detta skapar.



- De aktre bärplanet kan störa propellerns verkningsgrad, och den ökade hastigheten kring propellern kan påverka effekten av det aktre bärplanet. Eventuellt kan ett rullningsmoment uppstå då de aktre bärplanen ligger i ett roterande flöde.
- Då det främre bärplanet har en positiv vinkel i förhållande till ramen, kan fästet mellan dessa vara svårbyggt och känsligt. Av samma anledning kan fästet mellan ramen och de aktre bärplanen vara känsligt.
- Ramen blir en vinge i sig och kan påverka pitch-egenskaperna.

Spöke:

Ett alternativt sätt är att göra den bärande ramen större, flytta fram dysan och fästa de aktre bärplanen och stabiliseringsfenan på dysan. Ramen måste vara lika bred som dysan för att dysan ska fästa på denna, vilket kan göra att ramens area blir onödigt stor. En lösning på detta skulle kunna vara att antingen bygga ramen av balkar eller att göra hål i ramen.



- Dysan, och fästpunkterna till de aktre vingarna, kommer att vara svårbyggda.
- Deltavingseffekten på de aktre bärplanen kommer att minskas eftersom de inte sitter ihop. Eventuellt enklare (men inte nödvändigtvis bättre) att använda raka vingar bak.
- Kortare lösning, vilket är bra framförallt för motoraxeln.
- Att flytta isär de aktre bärplanen skulle kunna ha en positiv effekt på rollstabiliteten.

Flygplan:

Istället för att ha en liggande ram som kommer ha svårt att ta upp böjmomenten från bärplanen skulle man kunna ställa ramen upp och utnyttja styrkan i fästet mellan stötta och motor.

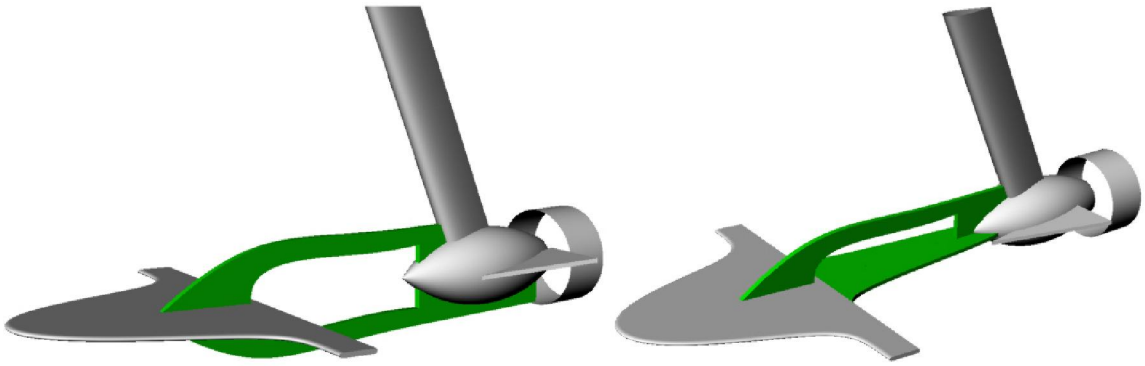
- Ramen har en vertikal projektion vilket gör gir trögare.
- Lösningen kan bli svag i torsionsled vid rullningsrörelser.
- Samma problem med aktre bärplan och dysa som tidigare.

Dammsugare:

Eftersom flygplanslösningen kan ta upp momenten bättre så kan man tänka sig att man flyttar bak motorn och helt slipper förlänga motoraxeln och att bygga in denna. Detta medför dock att hela undervattenskroppen flyttas framåt, varför man i sådana fall behöver antingen en längre flytkropp (ca 1 m) eller att man vinklar stöttan åt andra hållet. Då skulle man också kunna lösa infästningen av de aktre bärplanen förhållandevis enkelt, genom att fästa dem på motorn, samt att man eventuellt kan slippa den bakre stabiliserande fenan eftersom stöttan agerar fena.

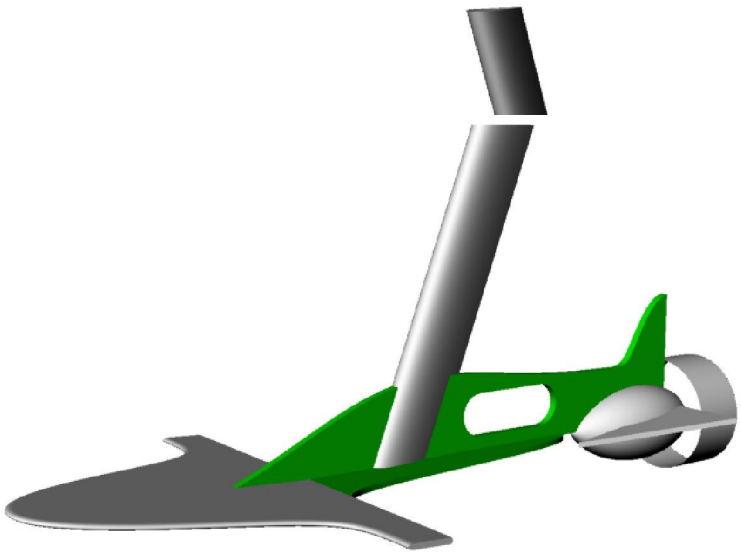
- Lösningen kan vara mer lättbyggd och har färre delar, men kräver förmodligen mer av stöttans hållfasthet, eftersom den är riktad bakåt.
- Risken för att huvudbärplanet och ramen wobblar är stor. Ramen måste vara mycket vridstyv.
- Återigen problem med de aktre bärplanen som dels kommer att få andra egenskaper och dels kan störa flödet till propellern och vice versa.

Man kan naturligtvis också bygga en vertikal ram även från undersidan av bärplanet eller en kombination av stående och liggande ramar:



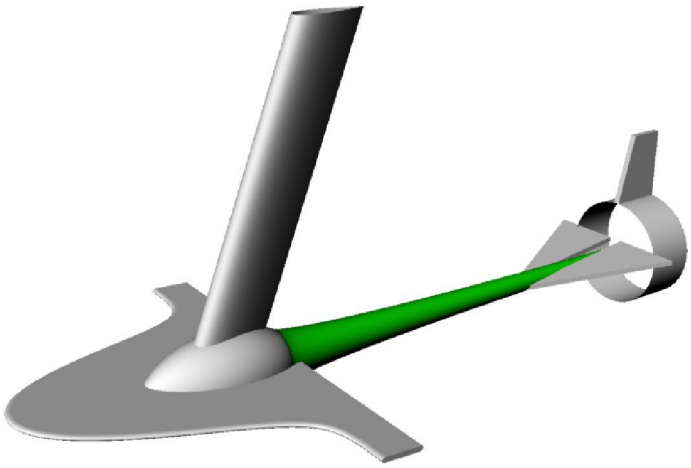
JAS

Man kan också tänka sig att separera stöttan och motorn och ha både en liggande ram som stöttan står på och en stående ram som bär momenten, alternativt att man kombinerar dessa ramar till någonting mer cylinderformat.



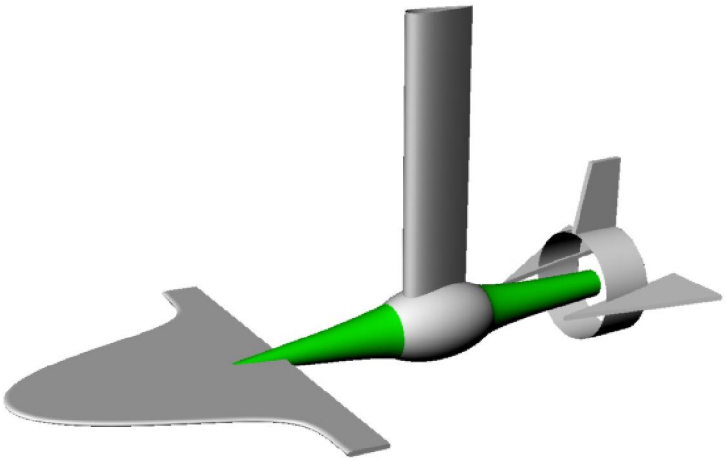
- Den starka länken mellan motorn och stöttan kan inte

utnyttjas för att bära moment.
- Genomföringar i ramen med sladdar till motorn måste byggas.



Jesus

Egentligen samma sak som rockan, men med motorn längre fram i bärplanet och med en hylsa, eller ett rör, kring proppelleraxeln som bär lasten från de bakre bärplanen samt trycket från propellern.



- Röret måste vara starkt och måste innehålla kullager för axeln.
- Motorns integration i bärplanet kan störa lyftkraften
- Motorn och bärplanet måste byggas med en vinkel relativt varandra, vilket kan orsaka svårigheter.
- Förmodligen det snyggaste alternativet och det med minst motstånd i vattnet.
- Väldigt utspridda vertikala ytor

T-Profil

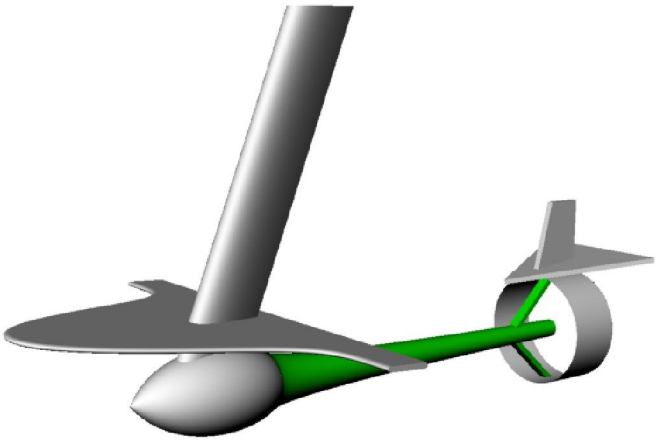
För att minska påverkan på bärplanet och för att minska avståndet mellan de vertikala ytorna kan man flytta bak motorn till mitten. Man kortar också den eventuellt svårbyggda motoraxelförlängningen. Den i bilden runda ramen mellan det främre bärplanet och motorn kan man naturligtvis konstruera på enklare sätt, till exempel med en vertikal ram.

- Kräver ombyggnad av motorns främre kåpa.
- Lågt motstånd

Del 2 – Motorn under bärplanen

Att placera motorn längre ner skapar mer frontarea och större motstånd men kan visa sig enklare att bygga.

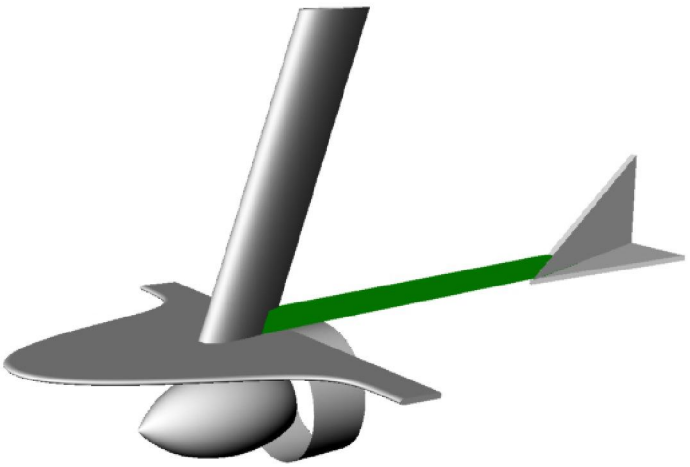
Jesus Under



Det aktre bärplanet placeras ovanpå dysan och stöttan förlängs så pass mycket att bärplanen är i nivå.

- Enkel montering av det främre bärplanet och opåverkad strömmning kring detta.
- Oklar strömmning kring det aktre bärplanet
- Samma problem med den förlängda motoraxeln som tidigare.
- Stort avstånd mellan de vertikala ytorna.

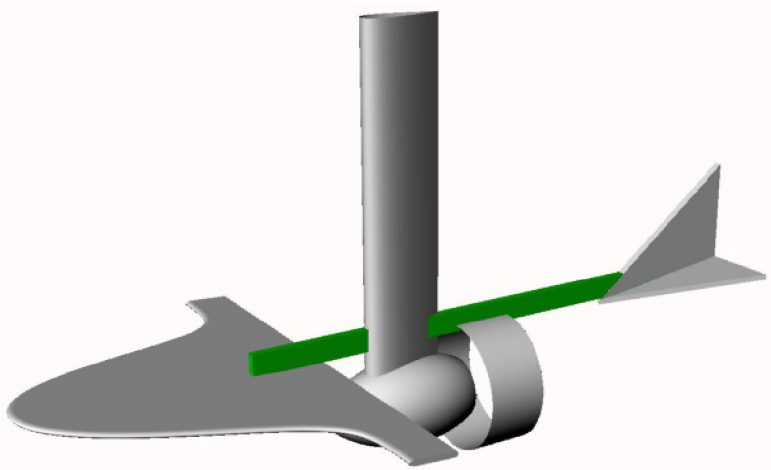
Zeppelinare



Förlängningen av motoraxeln tas bort och istället utgår en balk från stöttan till det aktre bärplanet.

- Förmodligen den variant som är enklast att bygga.
- Försämrar förmodligen bärplanets lyftkraft eftersom övertrycket på undersidan elimineras av motorn.
- Stort avstånd mellan de vertikala ytorna

Pappersflygplan



För att förhindra att motorn förstör bärplanets lyftkraft flyttas motorn bak till mitten.

- Enkel att bygga
- Kanske det fulaste alternativet

Utsortering

Vilken konfiguration som väljs beror naturligtvis på många faktorer och är till största del en fråga om prioritet. Alla konfigurationer är möjliga att bygga och få är uppenbart dåliga.

Ett första konstaterande är att det är bra att kunna utnyttja den starka fästpunkten mellan motor och stötta som finns på torqeedon och som uppenbarligen är dimensionerad för att trycka betydligt tyngre farkoster än Evolo. Därför är det dumt att satsa på JAS, eftersom motorn där är separerad från stöttan.

De uppenbart svaga länkarna i Rocka och Spöke, där en liggande ram ska fästa i ett vinklat (också liggande) bärplan, skulle säkert kunna byggas tillräckligt starka men innebär en stor risk och bortprioriteras därför.

Flygplan är ett dugligt alternativ, men den förlängda motoraxeln bör ändå byggas in eftersom en roterande axel har stort motstånd, och då är det i princip samma sak som Jesus eller T-Profil, förutom att de senare har mindre motstånd.

I förslaget Dammsugare så måste ramen ta upp ett stort moment från bärplanet eftersom stöttan sitter så långt bak. Ramen måste göras mycket kraftig och kommer därför bli stor vilket innebär mycket motstånd, varför även dessa bortprioriteras.

Jesus Under är mer svårbyggd än de andra förslagen som har motorn längre ner och dessutom har det ett högre vattenmotstånd än de andra, varför detta bortprioriteras.

Slutsats

Kvar finns fyra förslag; Jesus, T-Profil, Zeppelinare och Pappersflygplan. Vilken av dessa som ska väljas är en fråga som projektgruppen bör ta ställning till. Vill projektet satsa på det mest lättbyggda alternativet så får man betala med mer motstånd och större djupgående. Allra lättast är Zeppelinare, men en utredning om hur motorns sug försämrar bärplanets lyftande förmåga bör då göras, och om det visar sig att detta blir ett problem bör Pappersflygplan väljas. Vill projektet istället bygga en snyggare och mer strömlinjeformad undervattenskropp bör Jesus prioriteras, men den kan visa sig för svår att bygga, och då kan T-Profil vara det bästa alterntivet.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
101. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
102. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
103. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
104. Uppnås syftet?	Ja	Ja
105. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Nej	Nej
Tekniskt innehåll		
106. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Nej	Nej
107. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Nej	Nej
108. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Nej	Nej
109. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Nej	Nej
110. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Nej	Nej
111. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Nej	Nej
112. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
113. Finns en realistisk verifieringsplan för arbetet i rapporten?	Nej	Nej
114. Finns en godtagbar uppföljning av verifieringsplanen?	Nej	Nej
Presentation		
115. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
116. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Nej	Nej
117. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	Nej	Nej
118. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Nej	Nej
119. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Nej	Nej
120. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Nej	Nej
121. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Säkert inte	Nej
Övrigt		
122. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	

123. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		
124. Rapporten är korrekturläst av : _____		
125. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	4	4
126. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

A103-Plan Abaqus



JOHAN WESTIN
jwesti@kth.se
0702-966812

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*08/02-2009*
Versionsnummer:	*1*
Handlett av:	-
Nedlagd arbetstid:	*6*
Granskad av:	*Markus Norberg*

Inledning

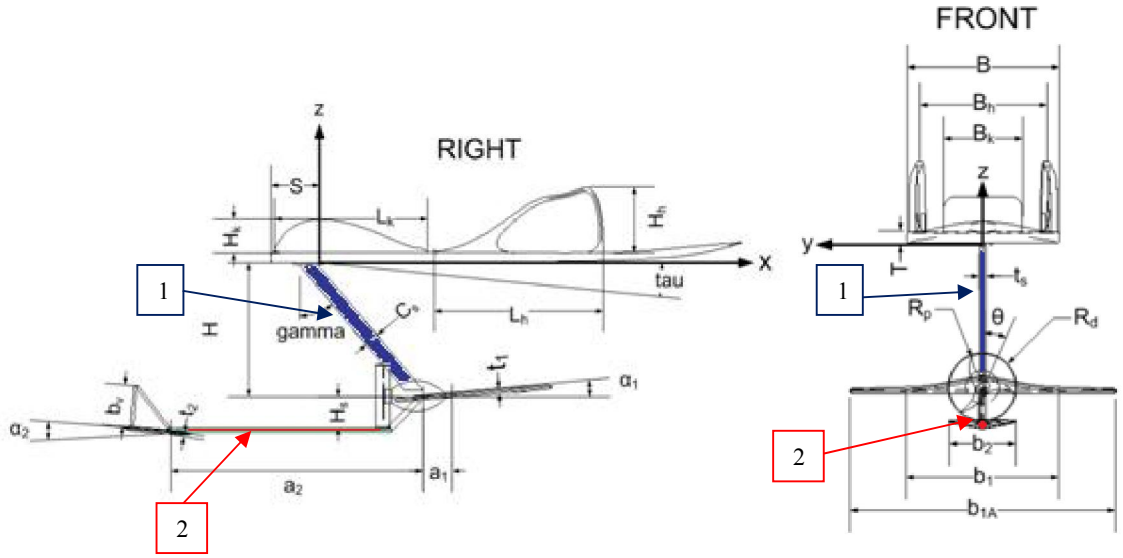
Då processen att designa kritiska delar i en struktur som Evolo kan det krävas en viss optimering för att inte få onödiga förluster vid en eventuell överdimensionering av problemet. Därför kan det vara bra att använda en optimeringsalgoritm och ett FEM program så som Abaqus för att få en gynnsam design. Denna rapport undersöker vad som behövs för en sådan analys och en tidsåtgång för det arbetet uppskattas för att se om det är värt att göra.

Problemformulering

Att redogöra vad som behövs och tidsåtgång för en eventuell modulering och optimering av stötta och stag till Evolo i Abaqus.

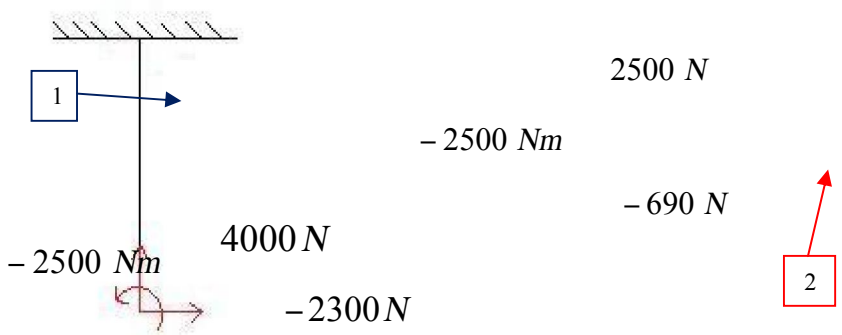
Analys

I GA:at, se *figur 1*, ses stöttan, nr. 1 med blå färg, och staget, nr.2 med röd färg. Dessa två är aktuella för modellering och optimering i Abaqus [1].

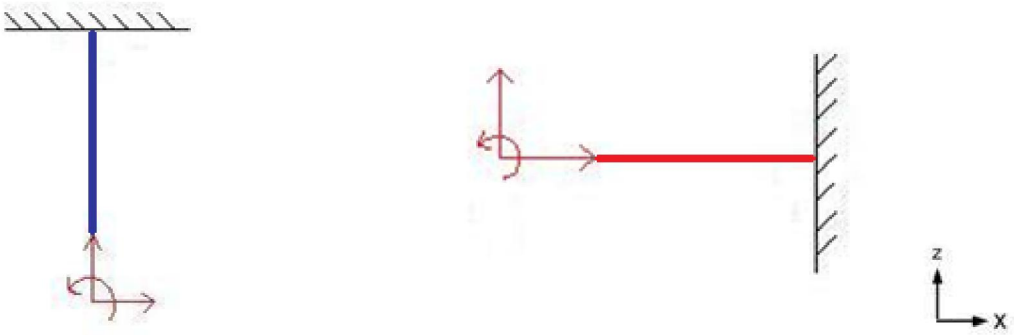


Figur 1. De två markerade stagen i GA:at, blått är stag 1 och rött stag 2, utsätts för de största lasterna och bör därför dimensioneras noga.

Stöttan och staget är kritiska ur hållfastighetssynpunkt och bör därför dimensioneras noggrant så att de håller för belastningarna men inte blir för tunga. De krafterna som antas belasta delarna och randvillkoren är redan bestämda och kan ses i *figur 2* [2].



Figur 2. Här ses stötta,nr 1, och stag, nr 2, med förenklade och bestämda lastfall.



För att kunna göra en analys i Abaqus och få ut något av det behövs det indata. Förutom krafterna och randvillkoren som redan angivits behövs ytterligare data för att minska på de storheter man kan variera och därmed minska den tid det tar att optimera.
Materialet bör bestämmas, då klargörs många av parametrarna. Väljs t.ex. kolfiber som är aktuellt i projektet har det åtta materialparametrar och fiberriktingar att ta hänsyn till. Det som återstår är längden och måtten på tvärsnittet på stöttan/staget vilket ger då två till tre parametrar att optimera efter. Det som ytterligare behövs är en målfunktion, d.v.s. något att sträva mot vilket förslagsvis bör vara att minimera vikten på strukturen. För att begränsa optimeringen så behövs det tvång vilket kan vara utböjning, vridning, buckling och liknande.

Slutsats

Svårigheten i att göra detta arbeta ligger i om det finns kunskap om Abaqus och dess kompatibilitet med optimeringskoder. Kunskap om modulera ett problem i Abaqus och skriva en optimeringsalgoritm finns i projektgruppen vilket torde betyda att göra detta vore möjligt. Då det material och längder kommer att vara bestämda säkerligen kommer att bestämda tills detta är aktuellt är det bara tvärsnittet som kommer att varieras vilket gör det till ett en eller två-dimensionellt problem om det är ett enkelt tvärsnitt. En sådan här analys bör göras nu när effektbehovet behöver minskas och det bör uppskattningsvis ta ca 25 timmar. Utöver det är det ett bra tillfälle för någon eller några i projektet att lära mer om Abaqus, få övning i hur en optimeringsprocess som jobbar med Abaqus skrivs.

Referenser

24. https://bilda.kth.se/courseId/3178/courseDocsAndFiles.do, design - D4 - GA - GA3,0_liten.jpg. 2009-01-21

25. www.bilda.kth.se, A_17_Maximala_lastfall_för_strukturen_V1.0.docx.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
127. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	J	J
128. Har syfte och förutsättningar redovisats?	J	J
129. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	J	J
130. Uppnås syftet?	J	J
131. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	J	J
Tekniskt innehåll		
132. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	J	J
133. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	J	J
134. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	J	J
135. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	J	J
136. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	J	J
137. Går det att följa det tekniska resonemangen?	J	J
138. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	J	J
139. Finns en realistisk verifieringsplan för arbetet i rapporten?	-	?
140. Finns en godtagbar uppföljning av verifieringsplanen?	-	?
Presentation		
141. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	J	NJA
142. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	NJA	NJA
143. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	J	NEJ
144. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	J	J
145. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	J	J
146. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	J	J
147. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	J	J
Övrigt		
148. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	J	NJA
149. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-

150. Rapporten är korrekturläst av : Markus Norberg		-
151. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	3-4	
152. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

A104 Motorval

ANDERS LUNDELL
alunde@kth.se
070-6071084

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*5/2-2009*
Versionsnummer:	*1.0*
Nedlagd arbetstid:	*5h*
Granskad av:	*Mirjam Fürth*

Sammanfattning

Med stöd av tidigare utredningar och många diskussioner på möten och kring bordet, har olika tre olika alternativ på motorsidan tagits fram. Alla har sina för och nackdelar, problem och svårigheter. Två av alternativen bygger på färdiga koncept som till viss del finns på

marknaden och saluförs av Torqeedo, det tredje är att tillverka systemet själva. Efter noga övervägande har det beslutats att bygga efter den motor vi idag har tillgänglig, Torqeedo Cruise 2.0R, men fortsätta arbetet med att försöka hitta ett av de två kraftigare alternativen.

Inledning

Tidigare utredningar har fokuserat på att klargöra alternativen på motorsidan. Vid sidan av detta har utredningar bedrivits för att kartlägga möjligheterna med den motor som projektet idag, mer eller mindre har tillgänglig. Denna rapport syftar till att klarlägga den senaste tidens diskussioner och beskriva de beslut som tagits.

Alternativ och diskussioner

Torqeedo Cruise 2.0

Den motor som idag finns tillgänglig är en Torqeedo Cruise 2.0R. Än så länge är det oklart exakt vad som är tillåtet att göra med denna. Propulsionseffekten uppgår till 900 Watt, vilket ligger under den nivå som idag krävs för att Evolo skall kunna lyfta [1]. Fördelarna med detta system är att det utgör en komplett drivlina. Styrsystem finns och kan modifieras för att fungera på Evolo. Batterierna som idag finns tillgängliga fungerar mycket bra med denna motor. Nackdelarna är å andra sidan att varvtalet är lågt vilket får olika konsekvenser för framdrivningen. För att nå en höger hastighet än cirka 5 knop krävs att varvtalet växlas om eller att en ny propeller tas fram [2].

Torqeedo Cruise 4.0 R

Denna motor är den senaste releasen från Torqeedo, vilken bygger på samma princip som 2.0. Båda är optimerade för att fungera som stödmotorer upp till och med 5 knop. Den väsentliga skillnaden mellan de två är effekten. Cruise 4.0 R producerar 1800 Watt i propulsionseffekt men kräver för detta dubbla spänningen från batterierna, vilket innebär att nya batterier måste till. Från samtal med Watski vilka saluför Torqeedo i Sverige, finns denna motor ännu inte riktigt på marknaden. Den första dök upp i Sverige i samband med båtmässan i Göteborg vecka 5. Just därför är informationen kring denna relativt sparsmakad. Varvtalet ligger enligt Torqeedo på 1250 varv per minut, vilket är en aning högre än för 2.0. Trots detta måste troligtvis varvtalet växlas upp på propellern.

Eget motorsystem

Flera motorer som kan passa vårt behov eftersöks hela tiden. Några alternativ har påträffats från olika typer av återförsäljare. För tillfället pågår en diskussion med VIAB som tar hem mindre och kraftfulla motorer från Kina. Effekten hos den betänkta modellen uppgår till 3.5 kW, varvtalet till omkring 2300 varv per minut och vikten till cirka 16 kilo. Spänningen är 24 Volt vilket stämmer med de batterier som finns tillgängliga. Den stora utmaningen i att bygga ett eget motorsystem ligger inte bara i att få komponenterna att passa ihop utan också i att konstruera en tät inbyggnad för motorn att placeras i. Något som ändå kan ses som en mycket intressant och lärorik utmaning.

Sammanställning

Det finns olika alternativ som medför olika förändringar i utvecklingen. Antingen hittar vi en motor som passar till det vi har idag, eller så anpassar vi Evolo till den motor och de batterier vi har. I tabell 1 nedan presenteras de olika alternativen i relation till projektet.

Tabell 1. *Motoralternativ*

Motor	***Cruise 2.0***	***Cruise 4.0 R***	***VIAB 5.0***
Effekt [W]	900	1800	3500
Spänning [V]	24	48	24
Varvtal max [rpm]	1020	1250	2300
Moment [Nm]			9
Vikt [kg]	18.5 (inkl. rigg)	18 (inkl. rigg)	15.8
Behövs nya batterier?	Nej	Ja	Nej
Ny propeller?	Ja	Ja	Ja
Ny Växel?	Ja, eller ovan	Ja, eller ovan	Nej
Nytt Styrsystem?	Nej	Nej	Ja
Pris	0 kr	28000 kr	3000 kr

Slutsatser

Som synes i tabell 1 och som nämns ovan finns det för och nackdelar med alla alternativ. I vilket alternativ vi än väljer finns det olika moment som vi måste utveckla vidare för att få ett fungerande system. I Torqeedo fallet är det propeller som måste tillverkas eller beställas så att vi når tillräckliga hastigheter för att flyga. Alternativt måste varvtalet växlas om för att detta skall vara realistiskt och propellern inte bli för stor. En propeller som matchar de beräkningar som har gjorts finns enligt vår förfrågan tillgänglig på marknaden. Ingen utredning är ännu gjord för det varvtal som gäller 4.0 R med hänsyn till vilken typ av propeller som skulle matcha detta. VIAB 5.0 har ett varvtal som stämmer väl överens med det för vanliga bensindriva utombordsmotorer. Detta gör det potentiellt lättare att hitta en propeller som matchar för våra ändamål.

Vad gäller styrning av motorerna är det ingen större skillnad då Torqeedo's alternativ inkluderar kompletta system och VIAB's endast behöver någon form av potentiometer för reglering av strömmen.

Resultat

Valet baserat på de fakta som presenteras här och i de rapporter som refereras till, är att vi i första hand försöker att optimera Evolo för att minska effektbehovet [3]. Ju lägre vi lyckas komma ju närmre kommer vi den motor vi har tillgänglig idag. Parallt med detta driver vi på med fokus på att få tillgång till ett kraftigare motorpaket. Huruvida det blir en kraftigare torqeedo eller ett eget arrangemang beror dels på ekonomi, tillgång till batterier, möjlighet till leverans etc.

Referenser

1. A14 - Effektbehov, Markus Norberg, 2008
2. A101 - Propellerval, Daniel Carlsson, Petter Delin, 2008
3. TB105 – Bärplan och Stag, Daniel Carlsson, Petter Delin, Johan Westin 2008

A105 Styrsystem



ERIK JERILGÅRD
erikje@kth.se
0702-868792

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*29/01-2009*
Versionsnummer:	*1.0*
Granskad av:	*Mirjam Fürth*

Sammanfattning

För att kunna kontrollera gaspådraget till Evolo så krävs det en gasreglagelösning som kan kontrolelras med händerna samtidigt som man håller i sig kraftigt i handtagen. Gaspådraget måste också automatiskt kunna minska när greppet om gasreglaget lättas och helt avta om man faller av farkosten. Detta löses genom att bygga ett handtag som både är återfjädrande samt utrustat med ett dödmansgrepp. Reglaget bör kunna kontrolleras med endast ett fåtal fingrar för att säkerställa greppet runt handtaget.

Inledning

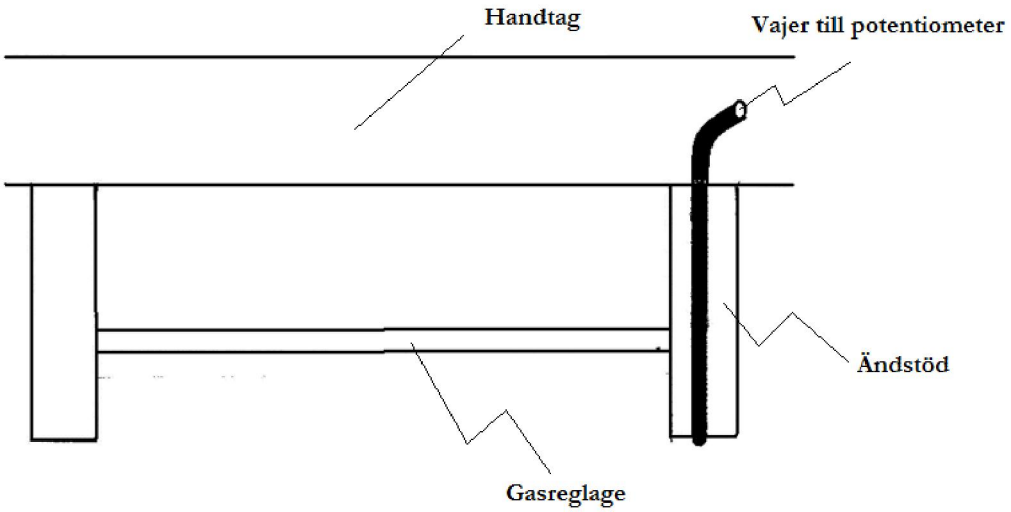
Detta arbete ger en rekomendation för utformning och konstruktion av ett gasreglage till Evolo. Gashandtaget är utformat för att kontrollera en potentiometer, vilket är den vanligaste styrningen för elmotorer[1]. Det är också utformat för att göra minimal påverkan på Evlolo vid montering, vilket också ger att det blir lätt flyttbart.

Problemformulering

Kontrollerad gasreglering av motor till Evolo ställer stora krav på utformningen. Detta då gasen måste appliceras med händerna då kroppen måste kunna flyttas runt på flytkroppen. Samtidigt är det också händerna som föraren kommer använda till att hålla sig kvar på flytkroppen och att kränga den för att manövrera. Detta lämnar bara en lösning som kräver att föraren kan hålla ett fast grepp runt handtaget samtidigt som gaspådraget kan varieras utan hinder. Ssamtidigt som händerna måste kunna flyttas.

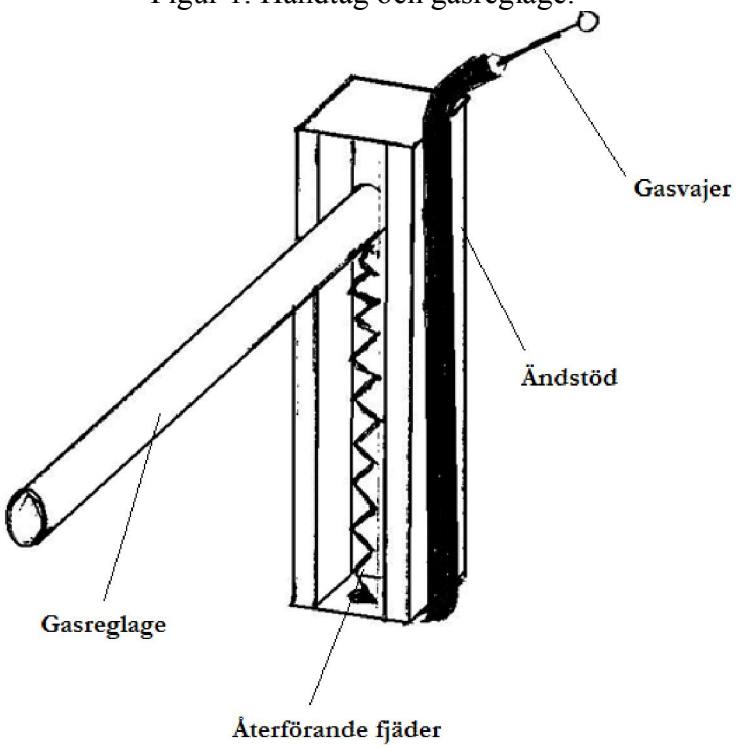
Analys

Då gasreglaget måste kunna flyttas utan att flytta händerna på handtaget så ges förslaget att göra det i form av en fjäderbelastad stång mellan två ändstöd, som i figur 1. Detta har en stor fördel med tanke på att potentiometern, eller kontrollenheten till motorn, kan placeras skild från handtaget och att handtaget då enklare kan flyttas. Ändstöden kan förslagsvis utformas som slangklämmor i infästningen till handtaget och på så sätt enkelt flyttas för att passa föraren. Vajern till potentiometern kan väljas som en vanlig cykelbromsvajer. Om motorn är en torqeedo så kan kabelaget till motorbulben, som är vanlig telefonkabel med kontaktdon i ändarna, enkelt skarvas och förlängas viket ger en enkel förflyttning och separation av handtag, kontrollenhet och motor.



I ändstyckeets utfräsning för gasreglaget, se figur 2, så sätts en återförande fjäder vilken kommer göra att handtaget återgår till sitt ursprungläge när det släpps.
En ytterligare säkerhetsdetalj som starkt rekomenderas är ett dödmansgrepp, eller så kallad kill switch. En sådan kan införskaffas från marin eller motorcykelaffärer[2] och är relativt enkelt att montera på en kabel från kontrollenhet till motor.

Figur 1. Handtag och gasreglage.



Figur 2. Ändstycke med återförande fjäder.

Slutsats

Genom att utforma gasreglaget och dess detaljer som beskrivet ovan skulle ge ett gasreglage som går att manövrera med endast något finger vilket ger en möjlighet att fortfarande hålla i farkostens handtag och manövrera denna. Komponenterna är enkla att införskaffa eller att

tillverka och medger en stor variation av slutgiltig placering. Dock så bör inte reglaget i sig göras för långt då det då kommer att dras snett om man inte applicerar gaspådraget i mitten av reglaget.

Referenser

26. Erik Jerilgård *Motorstyrning_1.0* KTH 2008
27. ATV-huset Feb 2009. http://www.atvhuset.se/Shop/Index.php?sArtId=U-502

Bilaga 21 A106 Batterier

A107 – Egen Motortillverkning



TORVALD MANNERS
torvald@kth.se
070-4856392

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*2009-02-05*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*20*
Granskad av:	*Mirjam Fürth*

Inledning

Syftet med denna studie är att göra en benchmarking över vad för möjligheter som finns att ta fram en egen motorlösning istället för att modifiera en befintlig och vilka konsekvenser och möjligheter det ger projektet.

Motoralternativ

Framförallt har internet används som källa till information. Utgångspunkten var att utifrån en grov specifikation försöka hitta lösningar som skulle kunna fungera för projektet.

Om motorn

Eftersom projektet redan har batterier på 24 Volt och det enklaste skulle vara att använda befintliga utombordspropellrar som opererar runt 2300 rpm så har detta varit naturliga inparametrar. Eftersom det fortfarande är oklart hur mycket kraft som behövs för att driva Evolo har utgångspunkten varit att motorn ska kunna ge minst 2 kW axeleffekt vid 2300 rpm vilket är i nivå med eller strax under vad den av myter omhuldade Torquedoo motorn cruise 4.0 ger. Nedan följer en presentation av de alternativ jag funnit hittills.

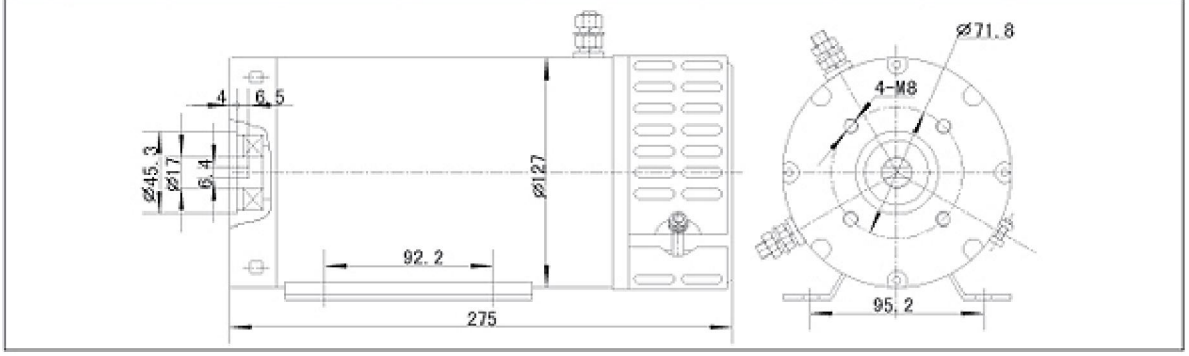
Alternativ Stegia

Stegia är en av Sveriges ledande importörer av elmotorer. På en offertförfrågan kom jag omedelbart i kontakt med Per Lindström som är försäljningsingenjör. Han har varit mycket hjälpsam och lagt ner mer jobb än man nog kan förvänta sig på att försöka hitta något åt oss. Enligt honom är motortypen mycket ovanlig, men efter lite letande hittade han ett alternativ som skulle kunna fungera. I figur 1 visas en bild samt specifikation på motorn [1]



■ Φ5.0″ (Φ127) D.C.Motor

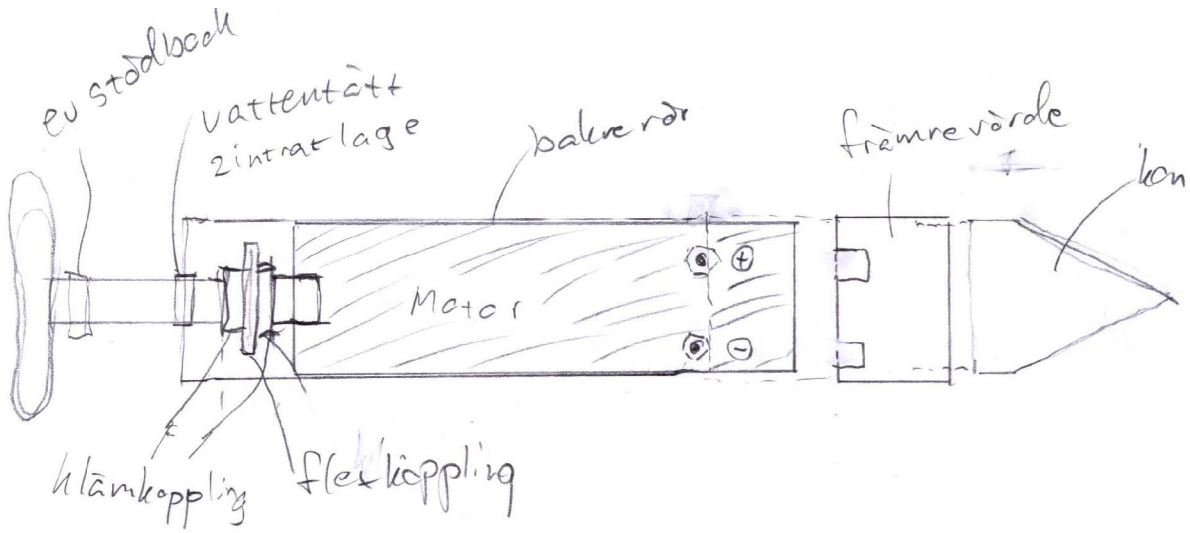
item	order code	rated voltage	nominal power	rotation speed	torque	rotation direction	operation mode	surface color	weight	note
D1	MD12260	12V	2.6KW	2300rpm	9N.M	(CW)	S2=2.0MIN	(GOLD)	15.8KGS	Matched Center Manifold type:CMB, CMC, CMD
D2	MD24350	24V	3.5KW	2300rpm	9N.M	(CW)	S2=1.2MIN	(GOLD)	15.8KGS	



Figur 1. Specifikation samt bild av motorn från Vibo-hydraulics

Den intressanta utav dessa för oss är 24 Volts versionen. Stegia har aldrig tidigare tagit hem denna motor och det är i skrivande stund ännu oklart om tillverkaren överhuvudtaget kan tänka sig sälja bara en motor. Likaså är det exakta priset inte känt, men enligt Per Lindström ska den ligga i spannet 2000-3000 kr med frakten. Leveranstid är också svårt att säga innan kontakt tagits med tillverkaren VIBO-Hydraulics som ligger i Kina, men ett par veckor får man räkna med. För närvarande ligger bollen hos Stegia som ska kontakta VIBO om pris, mer detaljerad specifikation och förhoppningsvis en CAD-bild samt något klarare besked om ev. leverans. Med största sannolikhet bör ett besked om denna lösning kunna ges vecka 907.

Baserat på de uppgifterna som finns ger denna motor ett vridmoment på 9 Nm vilket med 2300 rpm ger en axeleffekt på drygt 2,15 kW. Ineffekten ligger på 3,5 kW vilket med 24 volt ger att strömmen som motorn matas med kommer ligga på 145 A. Om de batterier vi har är på ca 50 Ah ger det en teoretisk operationstid på ca 20 min. Mer realistiskt är dock 10 min. Lösningen med denna motor ger en hel del nya utmaningar. För det första måste vi bygga ett vattentätthus som helst har direkt kontakt med höljet för att kyla motorn effektivt. Ett alternativ till detta är flänsar mellan motorn och höljet men då får man istället problem med upphängningar mm. En lösning på höljet vore ett rör där man fräste ur spår för plintarna och sedan gjorde en kon att fästa i framkant. Ett annat problem är kraftöverföringen då motorn måste sitta exakt i våg med axeln. En lösning är att man mellan motor och propelleraxel har en plastskiva en sk flexkoppling som förlåter vinkelfel mellan motor och axel. Sådana finns på marknaden men det är tveksamt om de skulle passa här. Så förmodligen blir det till att göra en själv. I figur 2 visas en idé på byggnations lösning.



Figur 2, Idé på inbyggnation sett uppifrån

En annan utmaning är att en sådan här motor kräver styrning. Denna bygger man inte själv. Det är höga strömmar så det finns stora risker förknippat med att släpa lös 145 A, (framförallt brand och explosion). Per Lindström ska även kolla vilka styrsystem som finns, men det bör absolut vara lösbart. Ytterligare en sak att tänka på är att det krävs rejäla kablar för dessa

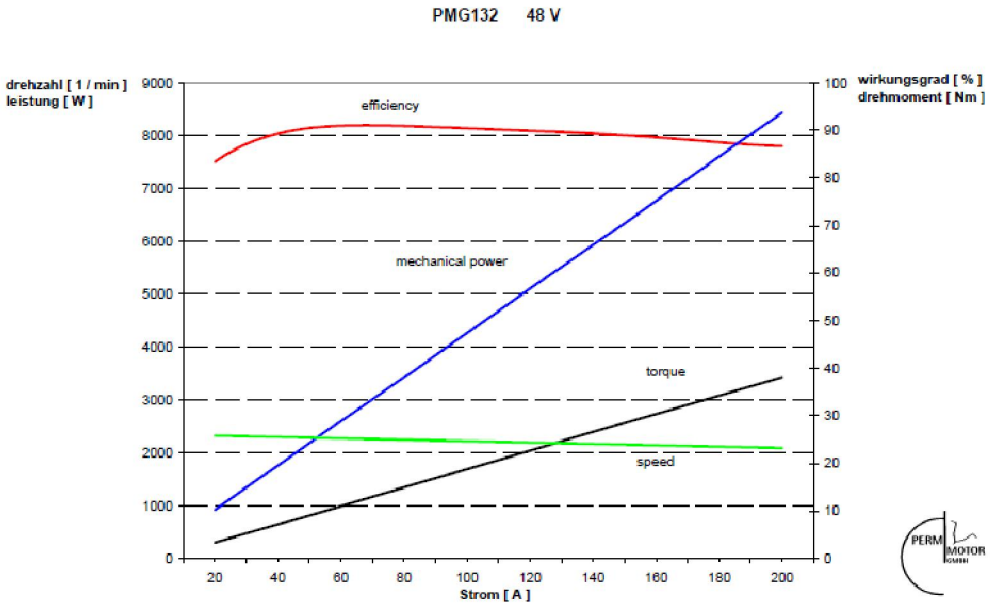
strömmar förmodligen måste vi upp på dimensionen 70 mm^2 , vilket är dyrt, men samtidigt förmodligen relativt lätt att få sponsring på.

Alternativ Östergrens elmotorer

Östergren är Stegias största konkurrent och har levererat motorer till KTH projekt tidigare år, men framförallt till landapplikationer, bland annat till ekobilarna. Jag har varit i kontakt med dem men inte kommit längre än till växeln. En titt på deras hemsida ger att de inte verkar ha något som skulle passa oss i ordinarie sortiment i alla fall. Eftersom redan en bra kontakt med en sådan firma finns känns det inte lönt att lägga mer energi på detta alternativ.

Alternativ OZ- Marin / Perm-Motors

OZ-marin är ett relativt ungt företag som säljer innovativa lösningar till framförallt segelbåtar. Deras största produkt är att de konverterar segelbåtar till eldrift. Deras motor är en elektrisk permanentmagnet motor som kan köras med 24-72 volt. Deras motor går att köpa för runt 11 000 kr plus moms, men det lät inte helt omöjliga att diskutera priset enligt Oscar Theen som är säljare på OZ-Marin. Denna motor kommer från en tysk firma och det finns mycket data på den. Med 24 volts drift blir varvtalet för lågt, runt 1000 rpm så då behöver den växlas. Detta skulle man enligt Oscar Theen kunna lösa med hjälp av remutväxling, men jag är skeptisk till hur det ska få plats. Om 48 volt används ser det betydligt trevligare ut. I figur 3 finns effektkurvan för 48 volts drift [2].



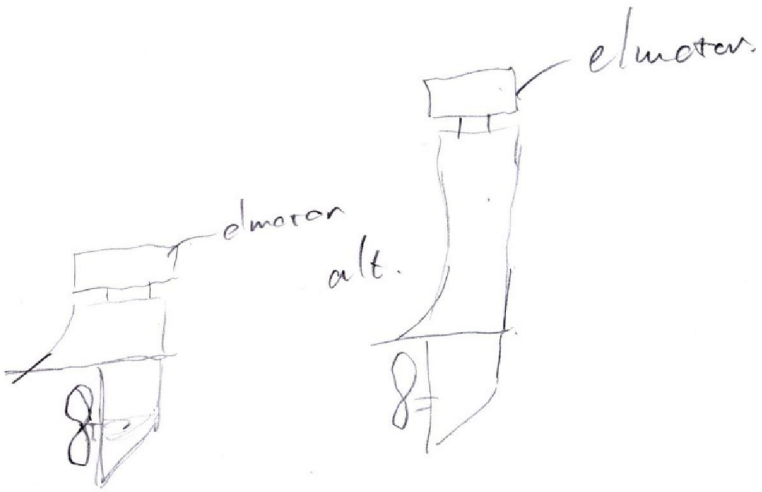
Figur 3, Effektkurvor för elmotorn PMG132 vid 48 volts drift [2]

Som synes ger denna motor precis det varvtal vi vill ha vid 48 volts drift, på samma sätt syns att verkningsgraden är hög. Med detta system skulle vi ha betydligt mer effekt än 2 kW att hämta. Beroende på vilken kapacitet vi kan få på vår strömkälla bör vi åtminstone kunna kräma ut 4 kW och underkortare perioder ännu mer. Nackdelen är då att vi inte kan använda de batterier vi har alternativt måste ha ett likadant paket till och seriekoppla dessa. En annan nackdel med denna motor är dess dimensioner. I figur 4 syns en bild på motorn.



Figur 4, Perm PMG132

Den mäter som mest 22,5 cm i diameter 17,3 cm från axelspets till andra änden. Vikten är 13 kg. Det är lite oklart hur den skulle må av att kappslas in eftersom den är helt uppbyggd på att ha cirkulation enligt Oscar Theen på OZ-marin. Att bygga in den på samma sätt som alternativ Stegia är säkert möjligt men betydligt svårare. En idé på hur man skulle kunna göra är att slakta drevet till en utombordsmotor (nedre delen) och helt enkelt montera ihop axlarna. På så sätt slipper man bygga eget system med axlar och genomföringar till propellern. Detta måste dock utredas vidare då författaren inte riktigt vet hur det ser ut inuti drevet till en sådan. I figur 5 visas en idéskiss på hur detta skulle kunna se ut.



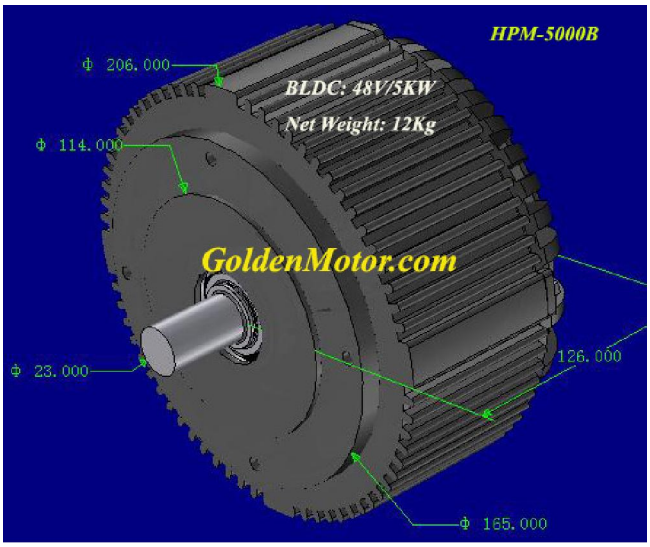
Figur 5, Idéskiss på motorinfästning

Vad gäller styrning så har de en ganska avancerad truckkontroller från Semcon som jag vill minnas kostade runt 10000 kr, men det är ju inte omöjligt att man kan få en sådan från Semcon i vilket fall som helst.

Alternativ Hubmotor

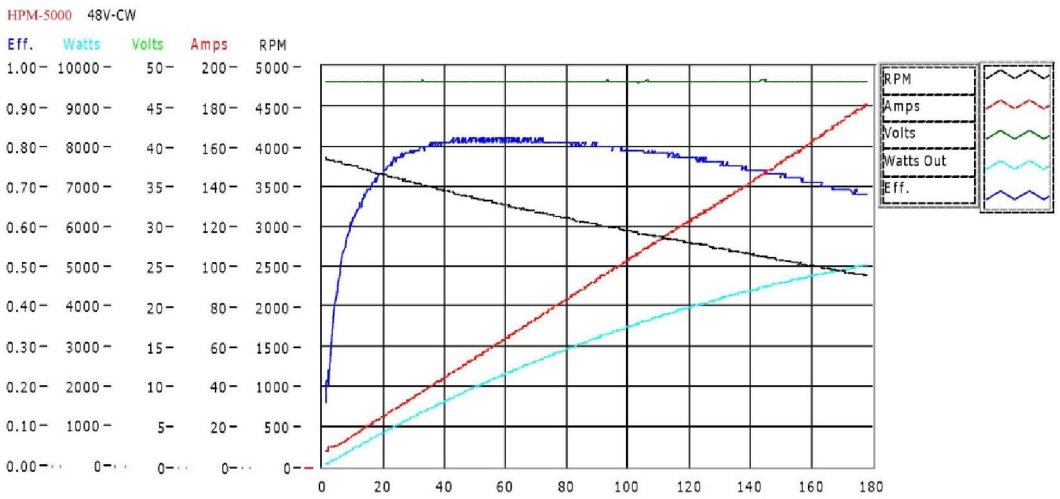
Tipset om Hubmotor kom efter att jag gått med i ett forum för folk intresserade av eldrift på båtar på yahoo. De säljer en motor inte helt olik den som Perm har. Tillverkaren finns i Kina

och de har en motor som heter HPM-5000B. Denna motor är till utseende väldigt lik den från Perm fast lite mindre dimensioner. I figur 6 finns en bild på denna motor med dimensioner.



Figur 6, Motorn från HUB

Denna motor ska också vara ”waterproof” vad det innebär samt lite andra tekniska frågor inklusive pris och leveranstider har jag mailat och frågat om, men ännu ej fått svar den 6 februari 2009. Enligt tipsaren på forumet hade han fått priset 290 dollar plus frakt. Firman kunde även sälja en styrningsenhet för ca 350 dollar plus frakt. Om vi får samma pris rör det sig således säkert om 700 dollar med frakt. Detta ger med en dollarkurs om 8 kr en kostnad på knappt 6000 kr. Sen kan det tillkomma svensk moms och importavgift om vi har otur.
I figur 7 finns en effektkurva från deras hemsida [3]. Den är dessvärre angiven för 48 volts drift och då är varvtalet för högt som synes, förutsatt att min tolkning av den horisontella axeln som ström i enheten Ampere är korrekt.



Figur 7, Effektkurvor för HUB motorn HPM-5000 vid 48 volts drift

Vikten på motorn är också attraktiva 11 kg, vilket är den lättaste av alla alternativ. Denna motor är något mindre en den från Perm och den har ett bättre yttre för inbyggnation. Om den

dessutom redan är vattentät är det absolut ett bra alternativ. För detta alternativ behöver vi få tag på effektkurvorna för 24 och 36 volts drift innan det går att säga något mer om användbarheten.

Alternativ Bellman

Detta är inget skämt, det finns en holländsk tillverkare som gör mycket ellösningar till olika typer av båtar. De har en variant som skulle kunna fungera för oss. Det är i princip en pod ungefär som nederdelen av Torqeedoomotorn. De har bland annat en version med en inbyggd syncronmotor på 48 volt som ger tillräckligt med effekt, 4,2 kW lite oklart om det är in eller ut. Fördelen med dessa motorer är att de är helt klara och ”bara” att integrera och koppla ihop med en styrenhet. Jag har mailat om fler uppgifter såsom vikt och effektkurvor. Nackdelen är priset som för en enhet all inclusive ligger på mellan 4000 och 5000 euro plus skatt. I figur 8 finns två bilder på denna lösning [4].



Figur 8, Podmotorer från Bellman i Holland

Slutsatser / rekommendation

Det saknas ännu flera pusselbitar för att kunna ta ett bra slutligt beslut. Om vi inte får de indata som jag pekat på i rapporten är nog det mest attraktiva alternativmotorn den från PERM för en egen lösning. Den finns att få tag på garanterat. Det är en dyr lösning som i sin tur kräver ny batterilösning med 48 volt, men den ger garanterat tillräcklig kraft. Dock måste mer arbete på integreringen göras. Att överväga 48 volts drift är hursomhelst nog inte så dumt, då det halverar strömmarna och ökar verkningsgraden (mindre värme). Min rekommendation till projektet är att ge järnet på att få tag på Torqedoo cruise 4.0. Detta eftersom det är den absolut enklast lösningen att bygga vidare på och vi redan har gjort så pass mycket utredningar kring denna motor och att slutgiltig design är mycket anpassad till den.. Jag fortsätter bevaka denna fråga då det ligger många trådar ute som kan ge nya svar.

Referenser

28. Internet, http://www.vibo-hydraulics.com/english/cp-n24.html tillgänglig 2009-02-05
29. Internet, http://www.perm-motor.de/site/pdf/Gleichstrommotoren_PMG/Massbaetter_PMG_080_132/PMG132_Massblatt_Deutsch_mit_Diagrammen.pdf tillgänglig 2009-02-05

30. Internet, http://www.goldenmotor.com/hubmotors/HPM-5000%20Motor%20Performance%20(48V).jpg tillgänglig 2009-02-05
31. Internet, http://www.bellmann.nu/?nr=14 tillgänglig 2009-02-05

A108 - Planetväxel

MIKAEL RAZOLA
razola@kth.se
0707-104074

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*3/2-2009*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	-
Nedlagd arbetstid:	*2 timmar*
Granskad av:	*Mirijam Fürth*

Sammantfattning

Följande planetväxel, NT17-003 (figur 1), uppfyller de uppställda kraven på vridmoment och utväxling uppställda tidigare. Den totala längden utan eventuella adaptrar till axlarna är 58 mm och den största diametern på 42 mm, alltså väl inom storlekskraven. Dessa planetväxlar levereras från Servotronic AB [2], som har ett stort utbud av denna typ av växlar. Kostnaden ligger mellan 5000 – 10000 kr.

Ett potentiellt problem användandet av en planetväxel är axeldimensionerna, då dessa inte är bestämda i dagsläget kan ingen utvärdering av detta genomföras. Dock finns det möjligheter att använda en adapter för att korrigera detta.

Växelalternativet är alltså möjligt, men bör användas som sista utväg, då det endast innebär ytterligare en möjlig komplikation i sammanfogning av motorpaktetet.

Inledning

Syftet med denna rapport är att rekommendera en planetväxel för användning med existerande Torqueedo motor och existerade propeller med syftet att modifiera motor- och propeller konfigurationen för att låta Evolo få en högre hastighet, större än 8 knop.

Problemformulering

Den befintliga Torqueedo 4.0 motorn har ett varvtal på 920 rpm och en uteffekt på 1800 W [1]. Med en krävd uteffekt på 1800 W och ett krävt varvtal på 2300 rpm erhålles en utväxlig på minst

$$n = \frac{2300}{920} = 2.5:1 \quad (1),$$

och ett minsta vridmoment på

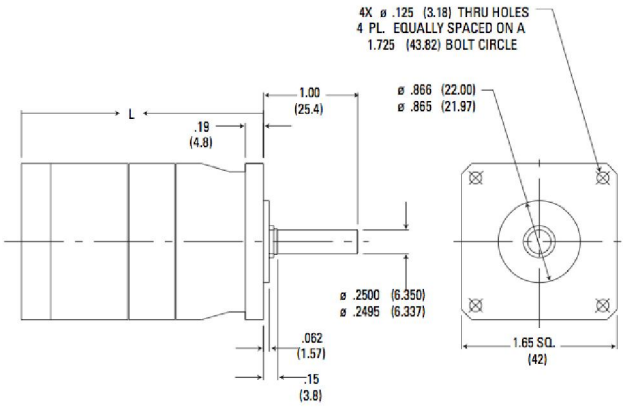
$$T = \frac{1800}{\frac{920}{60} \cdot 2\pi} = 19 \text{ Nm} \quad (2).$$

Detta ger följande krav på planetväxeln

- Utväxling 3:1
- Låg vikt
- Liten, bör inte vara större i diameter än motorn
- Klara ett vridmoment på 20 Nm
- Axeldimensioner bör vara kompatibla med existerande propeller och motoraxel

Resultat

Följande planetväxel, NT17-003 (figur 1), uppfyller de uppställda kraven på vridmoment och utväxling uppställda tidigare. Den totala längden utan eventuella adaptrar till axlarna är 58 mm och den största diametern på 42 mm, alltså väl inom storlekskraven. Dessa planetväxlar levereras från Servotronic AB [2], som har ett stort utbud av denna typ av växlar.



Performance Specifications

Part Number	Ratio[1]	20000 Hour Life T_r (1000 rpm) in-lb [Nm]	T_r (2000 rpm) in-lb [Nm]	T_r (3000 rpm) in-lb [Nm]	T_r (4000 rpm) in-lb [Nm]	Tpeak in-lb [Nm]	J in-lb-sec^{2}x10^{-4} [kg-cm^2]	Torsional Stiffness in-lb/arc-min [Nm/arc-min]
NT17-003	3:1	41 [4,7]	34 [3,8]	29 [3,3]	27 [3,1]	170 [19,2]	0.115 [0,013]	2.36 [0,268]

Figur 28**. Prestandadata för NT17-003.**

Ett potentiellt problem användandet av en planetväxel är axeldimensionerna, då dessa inte är bestämda i dagsläget kan ingen utvärdering av detta genomföras. Dock finns det möjligheter att använda en adapter för att korrigera detta.

Referenser

32. Carlsson, D: *A101 - Propellerval.* Bilda.kth.se, KTH, Stockholm, 1998.
33. Servotronic AB, www.servotronic.se 2009-02-02.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
153. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
154. Har syfte och förutsättningar redovisats?	ja	Ja
155. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	ja	Ja
156. Uppnås syftet?	Ja	nja
157. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	ja	Ja
Tekniskt innehåll		
158. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	ja
159. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
160. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
161. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
162. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	Ja	Ja
163. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
164. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	ja	Ja
Presentation		
165. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	Ja	ja
166. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
167. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	Ja	Ja
168. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
169. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
170. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
171. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	ja	Ja
Övrigt		
172. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	
173. Arbetet har utförts i samarbete med : _____	-	-
174. Rapporten är korrekturläst av : _____	-	-

175. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	-	
176. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):	-	-

Bilaga 24 A108 Feedback av Alexander Sahlin

Feedback från Alexander Sahlin



MIKAEL RAZOLA
razola@kth.se
0707-104074

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*3/2-2009*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	-
Nedlagd arbetstid:	*0.1*
Granskad av:	-

Sammanfattning

Detta är en sammanfattning av den feedback vi fått från Alexander Sahlin.

- Styrning i girled skulle fungera bättre om den bärande stöttan från flytkroppen ned till vingen skulle flyttas bakom huvudvingen, se Airchair
- För att vår styrning ska fungera måste de vertikala ytornas hydrodynamiska tyngdpunkt ligga en bit bakom masscentrum. Det är även bra om de inte är för utspridda i längsled då tröghetsmomentet i girled blir stort.
- Det är viktigt att placera propelleraxeln i strömningsriktningen vid marchfart
- Integrera motorn i främre vingen och placera propelleraxeln i ett rör till den aktre vingen
- Mindre anfallsvinkel, men större vinge på stabilisatorfenan

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
177. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	ja	Ja
178. Har syfte och förutsättningar redovisats?	-	-
179. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	-	-
180. Uppnås syftet?	ja	Ja
181. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	ja
Tekniskt innehåll		
182. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	-	-
183. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	-	-
184. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
185. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
186. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
187. Går det att följa det tekniska resonemangen?	-	-
188. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	ja	Ja
Presentation		
189. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
190. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
191. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	ja	ja
192. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	-	Ja
193. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	-	Ja
194. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	ja	Ja
195. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	ja
Övrigt		
196. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	
197. Arbetet har utförts i samarbete med : _____	-	-
198. Rapporten är korrekturläst av : _____	-	-
199. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	-	

200. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):	-	-

A109 - Handtag



PETTER DELIN
pdein@t.kth.se
0736-490567

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*7/2-2009*
Versionsnummer:	*1*
Handlett av:	*Stefan Hallström*
Nedlagd arbetstid:	*15*
Granskad av:	*Anders Lundell*

Inledning

När ritningen för handtagen togs fram så följdes de mått som framtagits i *TB107-Flytkropp, Konstruktionsplan*, ref [1]. För övrigt sattes handtagens tjocklek till 30 mm på grund av att detta motsvarar ett cykelstyre och dessa är greppvänliga. Det problematiska med handtagen är tillverkningen av den båge som utgör delen som föraren på Evolo skall hålla sig i. Om denna båga skall göras i kompositmaterial kommer processen vara knepig och vald tillverkningsmetod måste innan byggandet testas för att validera vald metod. Problemet är det att bågen inte är enkel att tillverka i något material. Om den görs i metall måste metallen värmas upp för att det skall vara möjligt att forma den. Möjligheten finns dock att röret skulle kunna tillverkas i aluminium och bockas till rätt form.

Problemformulering

Arbetes syfte är att utreda hur handtagen skall se ut och hur de kan tillverkas. De förslag som tänkts igenom under detta arbete är två varianter att tillverka bågen i komposit samt en variant där bågen är av aluminium och bockas till rätt form.

Det första förslaget går ut på att ett rör av skumgummi slitsas, för att underlätta formning, och sedan kläs in i vald fiber . När röret är inklätt i fiber formas det för att sedan vakuuminjicera matrisen. Här kommer alltså skumröret vara kvar i kompositmaterialet. Här måste det även undersökas vilken matris som kan användas om ett skumrör skall vara formen.

Det andra förslaget är omvänt mot det första. Och går i princip ut på att ett rör som formats till rätt form kläs invändigt med fibrer och seden injiceras matrisen. Detta gör att efteråt måste det utvändiga röret ”offras” för att få ut handtaget.

Om bågen skulle tillverkas i aluminium och bockas till rätt form så är problemet att bocka röret utan plasticering. Denna tillverkningsmetod skulle även innebära att det kommer att vara svår att bocka röret så att det får rätt form. Då detta är en estetisk detalj kan detta överses om de andra förslagen anses för svåra att utföra. Det skulle vara fördelaktigt om aluminiumet värmdes upp före formning då bågen då skulle bli lättare att forma. Då det i skrivande stund inte finns någon kunskap om huruvida den behövliga utrustningen finns tillgänglig bedöms det som att den är önskvärd men inte nödvändig.

En överblicksbild över hur handtaget kan tänkas se ut visas nedan i figur (1) .



Figur 29 Överblicksbild över handtagen

Slutsats

Tillverkningen av handtagen anses som ett ganska svårlöst problem. Av de kompositalternativ som redovisats ovan anses det som innebär att ett skumgummirör kläs in i fibrer som det som kommer att ha störst chanser att lyckas. Men när det gäller båda tillverkningsmetoderna behövs vidare utredning om huruvida de är genomförbara samt vilket resultatet blir för de två metoderna. Bedömningen görs att bågen skulle vara enklast att tillverka i aluminium. Detta för att materialtester inte behöver utföras samt att det är relativt säkert att denna metod är genomförbar. Rekommendationen till projektet blir följaktligen att bågen skall tillverkas i aluminium. Här anses det att det är värt att tumma på estetiken för att få ett gott resultat.

Verifieringsplan

För att avgöra om någon av de förslagna tillverkningsmetoderna för komposit är genomförbara och levererar handtag med önskade mekaniska egenskaper bör metoderna testas.

Referenser

34. *TB107-Flytkropp, Konstruktionsplan*, Joacim Westlund, Stockholm, KTH, våren 2009

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
201. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
202. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
203. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
204. Uppnås syftet?	Ja	Ja
205. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
206. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
207. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
208. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	Ja	Ja
209. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	-	-
210. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
211. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
212. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
213. Finns en realistisk verifieringsplan för arbetet i rapporten?	Ja	Ja
214. Finns en godtagbar uppföljning av verifieringsplanen?	Nej	Nej
Presentation		
215. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
216. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
217. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	Ja	Ja
218. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
219. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	-
220. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
221. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
222. Har rapporten skrivits av dig enskilt?		

223. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
224. Rapporten är korrekturläst av : _____		-
225. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		
226. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

Bilaga 26 A110 Infästning stötta/bärplan

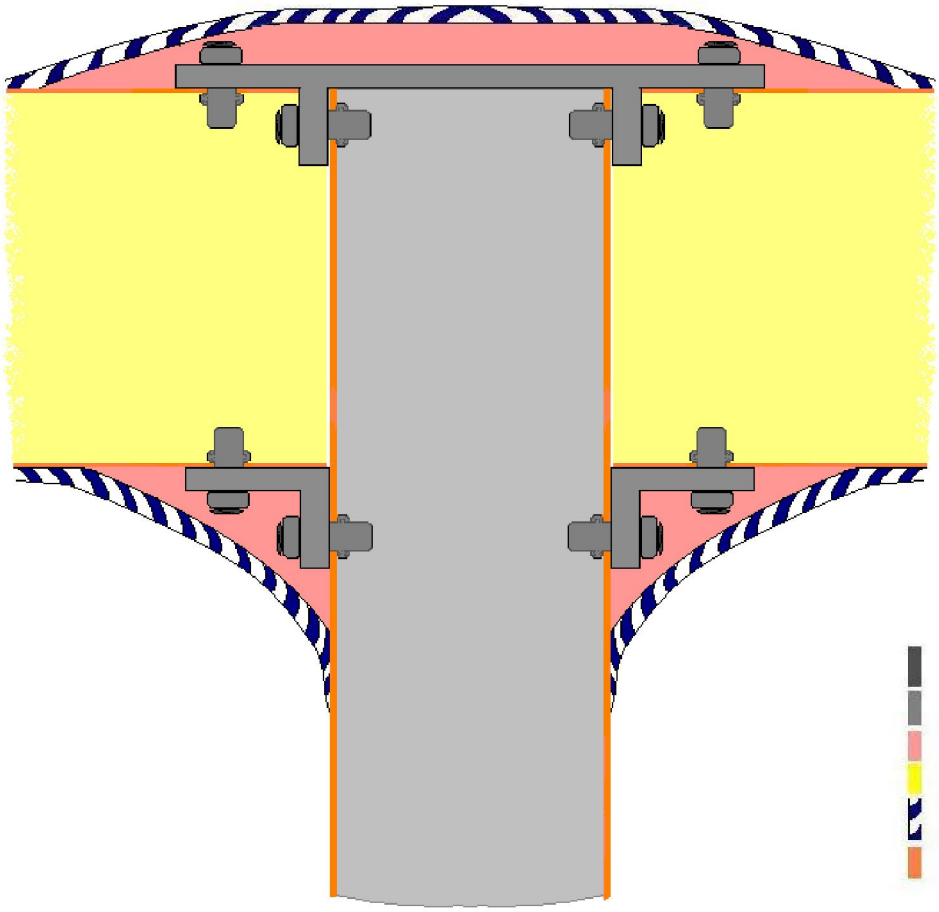
M110 – INFÄSTNING STÖTTA/BÄRPLAN

NILS WOLTER

JASMINE SATTARI FAR

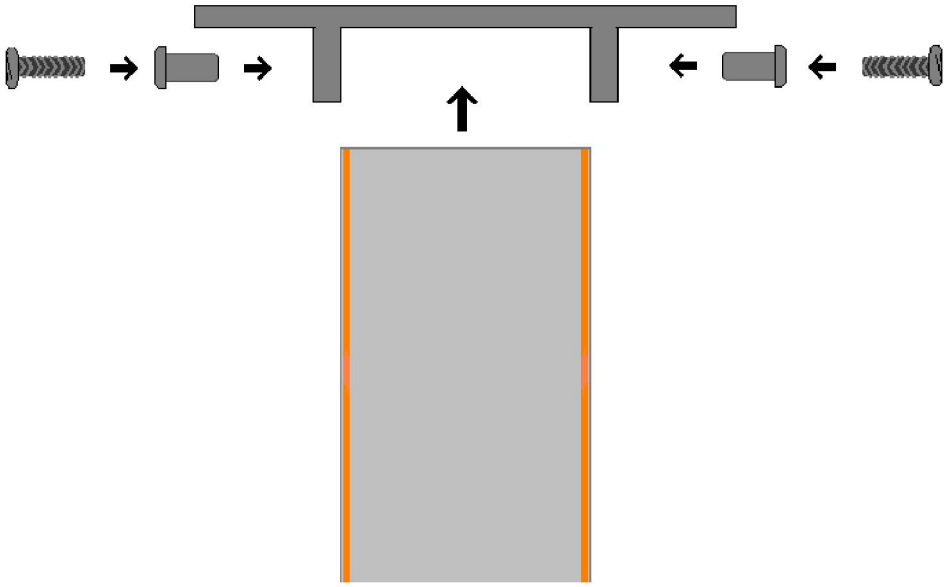
Kurs:	*Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*3/3-2009*
Versionsnummer:	
Handlett av:	
Granskad av:	

Syftet med denna rapport är att bestämma hur infästningen mellan stötta och bärplan ska se ut. *Fig. 1* visar hur infästning ska se ut. *Fig. 2,3,4,5* visar steg för steg hur tillverkningen ska gå till.

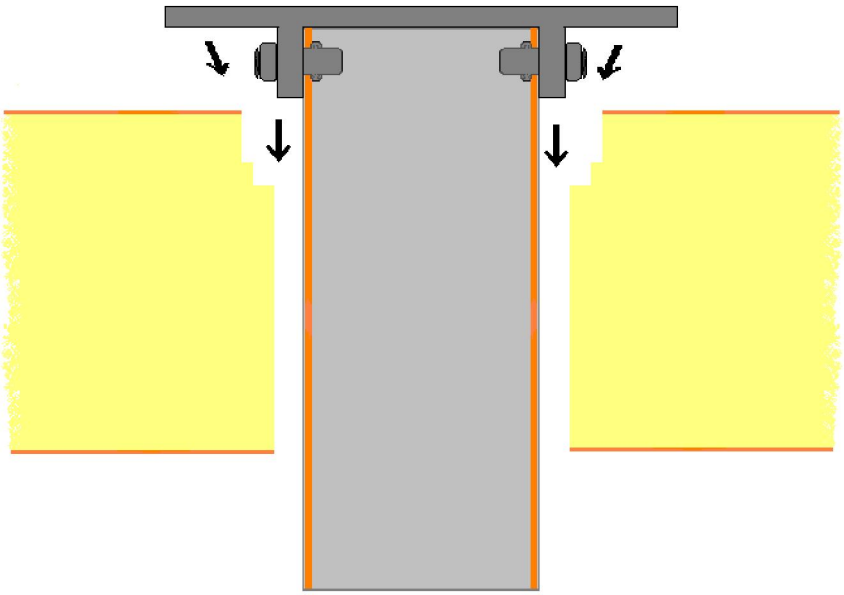


Figur 1. Slutliga infästningen

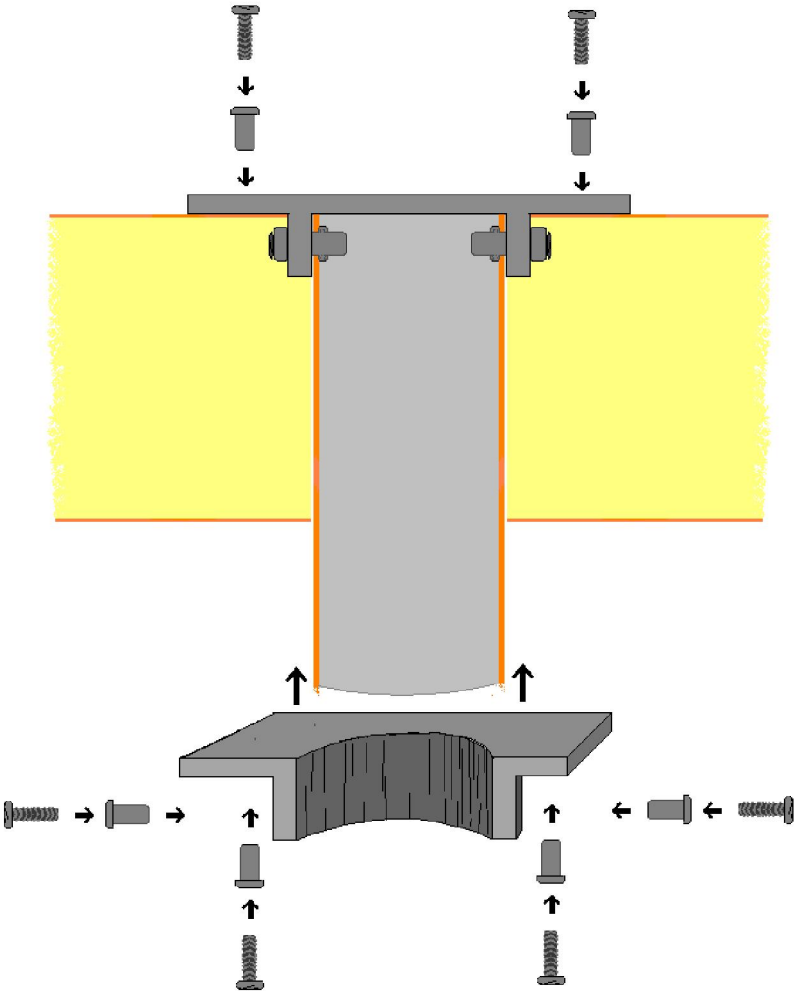
Kritiska delar av tillverkning är metallflänsarna som ska formas så att de passar stöttans elliptiska form. Mellan komposittäckskikt och metallflänsarna ska ett spackel användas så att fibrerna ska ligga bättre mot metallflänsarna. Detta spackel måste vara tillräcklig styvt för att bära de laster som uppkommer. Beroende på vilket kärnmaterial som ska användas, trä eller Divinycell med hög skjuvmodul, bör olika typer av skruvar användas. Om trä används kan träskruvar användas. Om Divinycell används måste ett dragtest genomföras för att se om träskruvar ska användas vilket är fördelaktigt. Om inte Divinycell passar tillsammans med träskruvar ska ett slags nitar användas som fäster mot täckskiktet. Dessa går att beställa av www.colly.se. Båda lösningar är dock genomförbara. Rekommendationen är att använda Divinycell H200 och nitar för att spara tid och inte behöva genomföra dragtester.



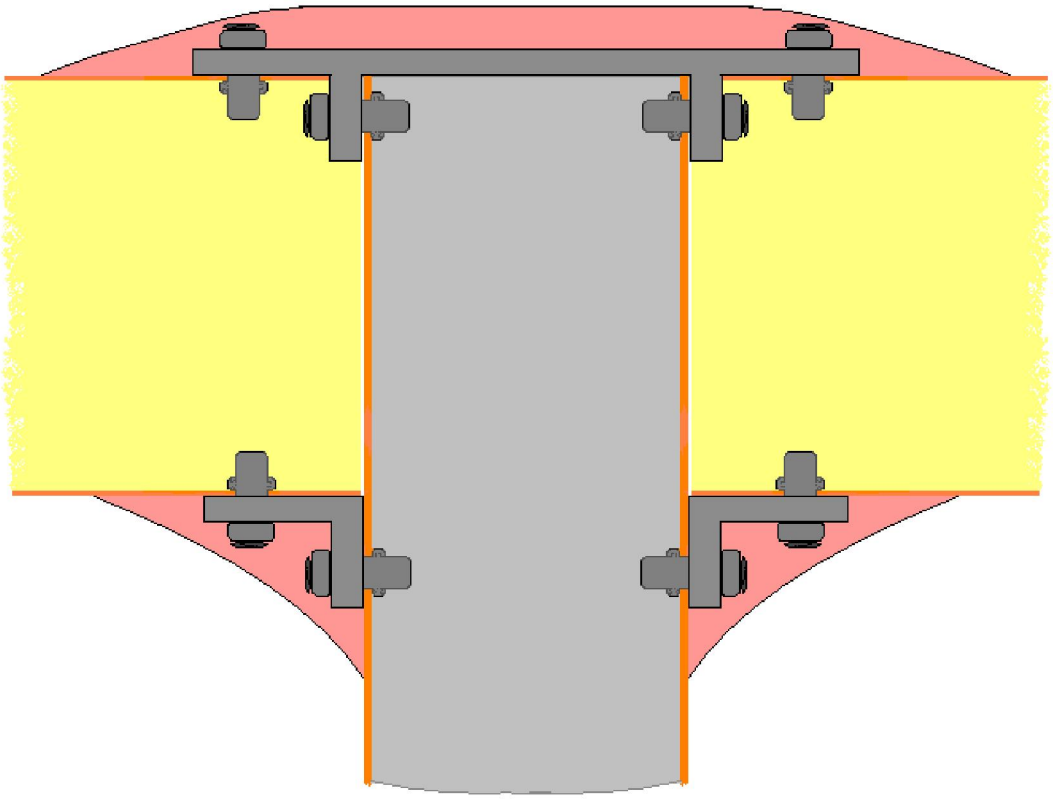
Figur2.infästning steg 1



Figur 3. Infästning steg 2



Figur 4. Infästning steg 3



Figur 5. Infästning steg 4

TB101 – Flytkroppsunderlag



MATTIAS KENNESTAD
mattes@kth.se
0709-229959

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*20/1-2009*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	*Jakob Kuttenkeuler*
Nedlagd arbetstid:	*12*
Granskad av:	*Markus Norberg*

Sammanfattning

För att gå vidare med utformningen av Evolos flytkropp och bestämma i stort hur den ska byggas görs denna utredning. Utredningen behandlar dels några formförslag som kan väljas och dels olika detaljer som måste redas ut inför den slutgiltiga designen som ska vara klar i början av februari.
Av totalt 4 typer av förslag väljs förslaget som kallas ”Riva”. Vidare beskrivs de faktorer som behöver beaktas när ritningar tas fram för flytkroppen. De sammanfattas under rubriken *slutsatser*.

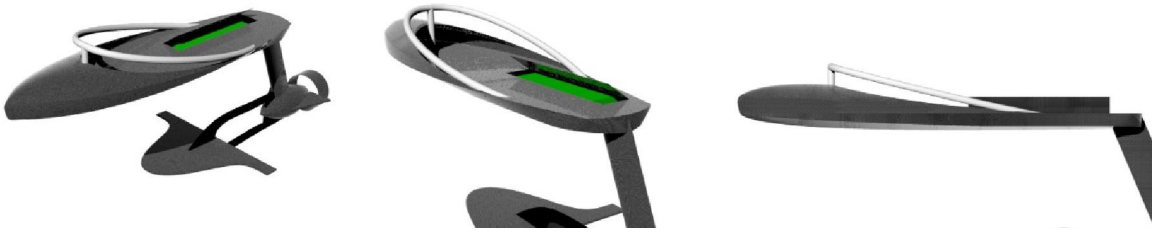
Sammanfattning 217
Problemformulering 219
Formgivning 219
Tillverkningsmetod och konstruktionens belastningar 220
Batterier 220
Fäste till stötta 221
Handtag och gasreglage 221
Flytförmåga och flytläge 221
Motstånd och behov av släpförsök 221
Slutsats 221
Referenser 222

Problemformulering

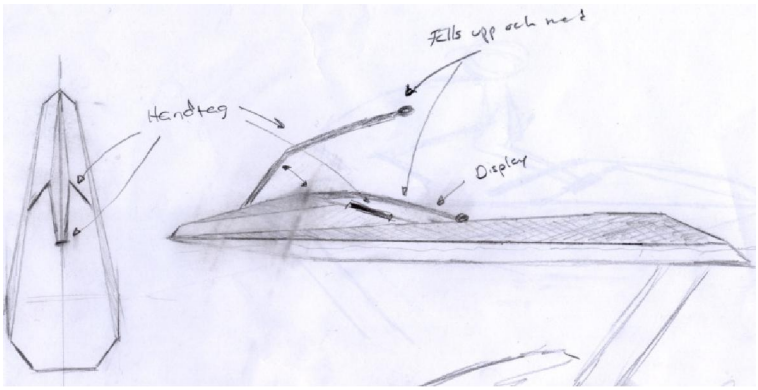
Syftet med att fastställa detta flytkroppsunderlag är att ha försökt identifiera alla svårigheter i tillverkningsfasen av flytkroppen samt att kunna gå vidare i dimensioneringen av flytkroppen. Utifrån dimensionerna kan också verifieras att konstruktionen klarar de belastningar som den blir utsatt för och mått kan användas för att påbörja tillverkning.
I den tidigare rapporten A2 – Flykroppsanalys konstateras att motståndet inte kommer att påverkas i någon större utsträckning beroende på om man väljer en planande eller en deplacerande skrovform. I dagsläget är det dock oklart om slutprodukten kommer att klara kravet på 15 knops fart och att lyfta vid given fart. Det kan med andra ord bli så att Evolos uppfyllande av kraven hänger på den lilla skillnaden i motstånd. Därför görs också en bedömning om det bör göras släpförsök av modeller på olika skrovformer eller inte.

Formgivning

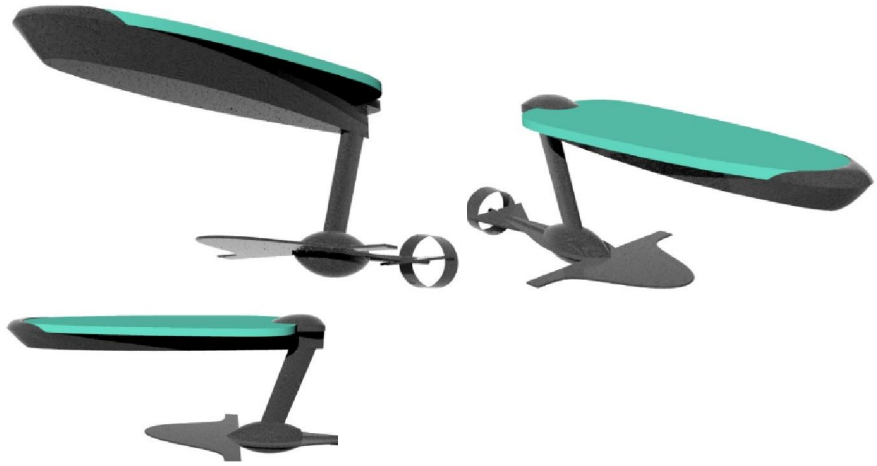
De fyra olika förslagen på Evolos formgivning redovisas i Figur 1-4 och beskrivs kort i bildtexterna. Förslaget ”Anders” är formgivet av Anders Lundell och övriga är formgivna av Joacim Westlund.



Figur 1. ”Riva” inspirerad av det klassiska italienska båtmärket med samma namn.



Figur 2. Anders Lundells förslag, den kallas här för ”Anders”.



Figur 3. ”Block” som är tänkt att vara uppbyggt av ett mindre skrov med en del av flytkroppen som ett lätt och enkelt block för att underlätta tillverkning framförallt.



Figur 4. ”Bräda” som representerar hur Evolo såg ut till den preliminära designen.

Vid en omröstning under ett projektmöte den 22 januari antogs förslaget ”Riva” som därmed blir formen som ska byggas.

Tillverkningsmetod och konstruktionens belastningar

I den preliminära designen av Evolo bestämdes att den ska byggas av en sandwichkonstruktion med kolfiber som täckskikt. För detaljer av hur flytkroppen och andra delar av Evolo ska tillverkas måste materialtester göras.
Efter diskussion med Jasmin och med Per Wennhage konstateras ändå att de dimensioner som Evolo har enligt den preliminära designen räcker för att den ska tåla de påfrestningar som den utsätts för. Det kan göras eftersom antalet kolfiberskikt vid de kritiska punkterna kan göras fler för ökad styvhet och styrka. T ex placering av batterier utgör en parameter för hur stark konstruktionen blir och behandlas nedan tillsammans med övriga identifierade parametrar.

Batterier

I Figur 1 syns en lucka på flytkroppens ovansida som föreställer en av två batteriluckor. De battericeller som finns att använda till projektet idag är 8 st 3.2-voltsceller som mäter 6.5 x 16

x 21 cm vardera. Tanken är att bygga in dem så mycket som möjligt i flytkroppen av estetiska och ergonomiska skäl och de är medräknade när flytkroppen i Riva-versionen är ritade.
I en annan projektaktivitet som pågår parallellt med denna utreds om en ny motor från Torqeedo kommer att användas. Den tilltänkta motorn drivs med 48 volt spänning istället för med 24 volt som är spänningen på de batterier som finns tillgängliga idag. I den händelse att det skulle behövas dubbelt så många celler seriekopplade för att kunna driva Evolo får det också plats i flytkroppen men det kan betyda att tjockleken måste vara något större i fören och att tyngdpunkten förskjuts. Det skulle kunna påverka Evolos flytläge ogynnsamt i värsta fall.
Med två rader av batterier bredvid varandra längs med flytkroppen finns fortfarande minst 25 cm av flytkroppens bredd som kan utgöra en (eller uppdelat på flera) längsgående sandwich-balk(ar) för att uppfylla styrkekravet på Evolo.

Fäste till stötta

För infästningen mellan stöttan och flytkroppen samt andra delar av Evolo pågår en aktivitet parallellt. I värsta fall, med tanke på vikten framförallt, kan en alumniumplatta byggas in i flytkroppens underdel med en tapp att fästa stöttan i. Oavsett hur infästningen ser ut måste kablar mellan batterier och motor beaktas. Genomföringar måste finnas så att kablar av tillräcklig dimension får plats och kan ledas ner genom stöttan.

Handtag och gasreglage

Infästning av handtag bör ske med de mått som anges i ergonomirapporten (Bilaga 20 i den preliminära designen) och med de metoder som rekommenderas av utredningen av infästningar nämnd ovan. Efter diskussioner med berörd utredare bör det finnas stora möjligheter att anpassa hur handtag ska monteras.
Gasreglaget kan i sin enklaste, och kanske mest troliga, utformning vara ett standardreglage som fästs på handtaget vid lämplig position för föraren. Vid tillverkningen av flytkroppen bör dock tas i beaktande att ledningar till reglage kan behöva planeras hur de ska dras för att få in dem på ett smidigt sätt från början. Detta för att undvika att ledningar hamnar i vägen för föraren eller utsätts för onödigt våld, som kan vara risken med en dåligt dragen ledning.

Flytförmåga och flytläge

Enligt kravspecifikationen måste en viss vikt av förare kunna bäras, plus Evolos egenvikt med batterier och motor. När den slutgiltiga ritningen tas fram måste undersökas att flytkraften blir tillräcklig och även hur flytläget i vattnet blir.

Motstånd och behov av släpförsök

Efter en uppskattning av nyttan med att göra modellförsök för att utreda skillnaden i motstånd för olika utformning av flytkroppen tas beslutet att släpförsök inte ska genomföras. Det är förankrat med de i projektgruppen som har haft med utformningen av flytkroppen att göra och beror främst på att tid saknas före den slutgiltiga designen.

Slutsats

Projektet beslutade vid ett möte att använda formgivningen *Riva* enligt Figur 1 till den slutgiltiga designen av Evolo.

Flera detaljer bör observeras under framtagning av ritningar till flytkroppen. De kan sammanfattas som:

- Batterier och deras placering
- Infästningen mellan flytkroppen och stöttan
- Handtag och reglage
- Ledningar och genomföringar till kablar för motor och reglage
- Flyförmåga och flytläge.

Vidare tas beslut främst pga. tidsbrist att inte genomföra släpprov på olika flytkroppsutformningar.

Referenser

35. Rapport, *Preliminär design av Evolo*, med bilagor, Joacim Westlund m fl, 2008. Opubl.

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
227. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
228. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
229. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
230. Uppnås syftet?	Ja	Ja
231. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
232. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
233. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
234. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	Ja
235. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
236. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	Ja
237. Går det att följa de tekniska resonemangen?	Ja	Ja
238. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
239. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
240. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
241. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	Ja	Ja
242. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
243. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
244. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
245. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
246. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	Ja
247. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
248. Rapporten är korrekturläst av : Markus Norberg		-

249. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		
250. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

Bilaga 28 TB102 Infästning plan

Infästningar



ERIK JERILGÅRD
NILS WOLTER
erikje@kth.se
nwolter@kth.se

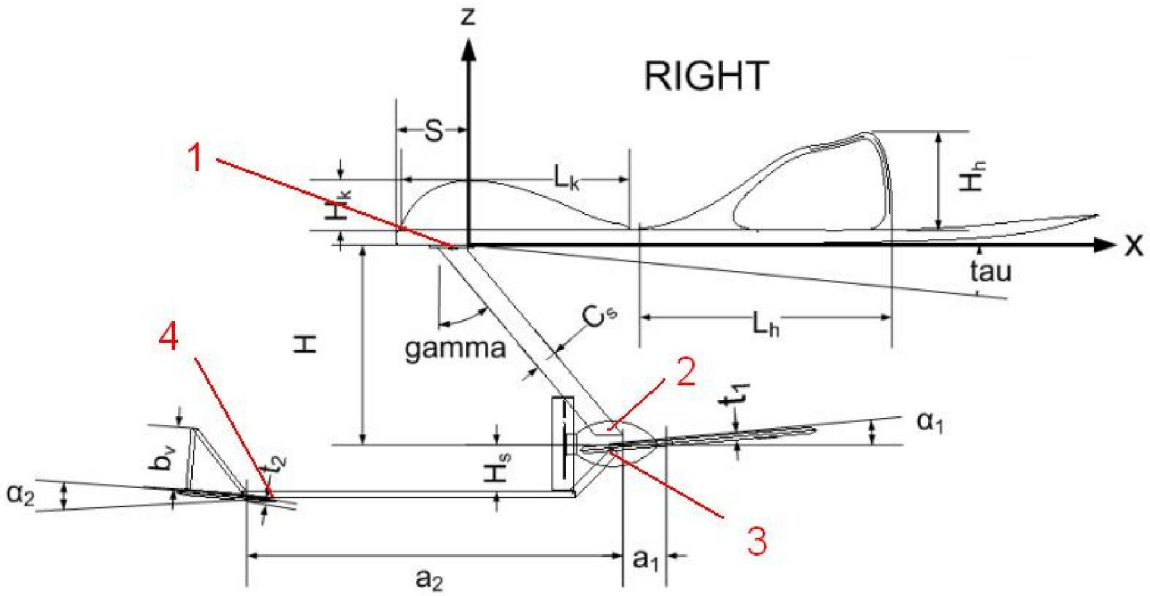
Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*projektnamn*
Datum:	*22/01-2009*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	*Per Wennhage*
Granskad av:	*Markus Norberg*

Sammanfattning

För att kunna konstruera Evlolo så måste olika tekniker för att fästa de olika detaljerna i konstruktionen till varandra. Dessa beskrivs kort med för och nackdelar i denna översikstrapport. Resultatet visar att konstruktionen kommer vara känslig för momentbelastning och kommer behöva konstrueras särskillt med detta i åtanke, samt att försök måste göras för att bestämma vilka dimensioner och vilka material som de olika fograrna behöver konstrueras med.

Inledning

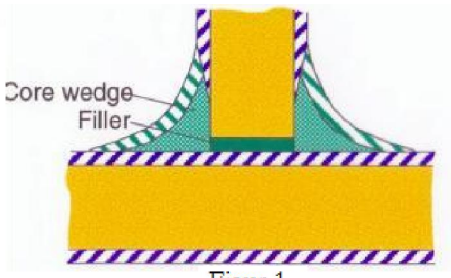
Detta arbete syftar till att ge en sammanfattning av de möjliga unfästningsteknikerna som är möjliga i punkterna mellan t.ex. bärplan och flytkropp, samt att ge förslag på vilka tekniker som bör användas för respektive område.



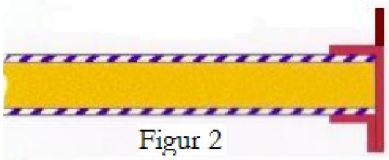
Figur 1. GA

Problemformulering

Då de olika infästningarna i konstruktionen kräver olika lösningar så hänvisar de olika punkterna nedan till respektive figur.



Figur 1



Figur 2



Figur 3

Metoder

Figur 1 visar en T-joint mellan två sandwichelement med en vinkel av 90º mellan panelerna. Detta är en vanlig konstruktionslösning i fartygskonstruktion av t.ex. infästning av skott och skrov. I denna kan man se att mellan de två plattorna finns ett mellanliggande lager av ett mjukare material än täckskikten, detta kan t.ex. vara vinylspackel och ger en utbredning av last så att den ej enbart bärs av täckskiktet som då lätt delaminerar. Denna lösning ger dock en svaghet vid momentbelastning då detta ger upphov till krypspänning i kontakten mellan det sneda täckskiktet och den anslutande plattan vilket kan vara mycket svårhanterligt för konstruktionen som lätt delaminerar i fogarna.

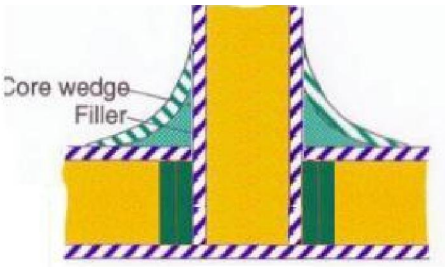
Figur 2 visar en insert på en sandwichpanel som medger en möjlighet att bulta denna panel till en annan. Detta görs förslagsvis en genomgående bult, vilken illustreras i figur 3 där man också ser en insert i panelen bestående av antingen en hylsa i ett styvare material än kärnan eller ett styvare kärnmaterial. Det styvare materialet har funktionen att styva upp kärnan som annars inte tål någon hög belastning samt att ge en utbredning av lasten för att skona täckskikten. Den genomgående bulten gör att lasten kommer att bäras av båda täckskikten till skillnad av en bult som fäster endast i inserten, till viss del kärnan, och ett täckskikt. Men även denna lösning ger stora påfrestningar för täckskikten då det endast är dessa som tar last och inte kärnan.

Analys

punkt 1

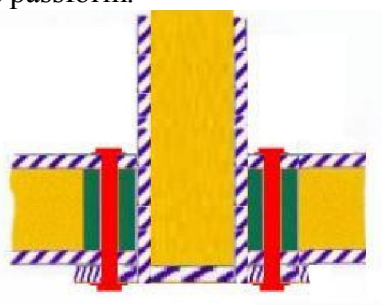
Alternativ 1.

Då punkt 1 markerar övergången från stöttan in i flytkroppen är detta den punkt i konstruktionen som troligtvis kommer utsättas först störst moment[1]. Dock så kan en kombination av flera tekniker användas för att öka säkerheten. Ett alternativ till den metod som visas i figur 1 är den som visas i figur 4 där täckskikten på den ingående panelen har förlängts och dragits in i den andra panelen, där också ett styvare kärnmaterial finns i fogen för att sprida ut lasten ytterligare. Då de förlängda täckskikten går hela vägen till det yttre täckskiktet i den andra panelen så kommer lasten vid ett böjande moment att tas även av detta täckskickt samt att den lyftkraft som förmedlas från stöttan kan tas upp av detta täckskikt.



Figur 4

Alternativ 2
Ett ytterligare alternativ är att likt fenlösningen på flertalet suftbrädor att fräsa ett genomgående hål i flytkroppen och att en insert, se figur 2, fästs på stöttan. Denna stötta sänks sedan ned ovanifrån i flytkroppen och bultas på plats vilket illustreras i figur 5. Även i denna lösning så måste ett styvare kärnmaterial användas vid fogen för att bidra till lastupptagningen. Konstruktionen i detta fall gör så att momentet dels tas upp av bultarna och inserten som ligger an mot ytskiktet och av de båda täckskikten i den utsågade panelen. Detta ger dock ett mycket stort krav på passform.

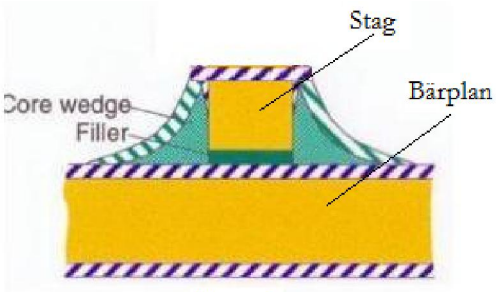

Figur 5

Punkt 2 och 3

Då det i nuläget inte är klarlagt vilken motor som kommer användas eller hur denna skall fästas i konstruktionen så används den lkösning som visas i GA2. Denna bygger på att motorn är infäst i det främre bärplanet. Detta ger att en infästning med bultar blir mycket svårhanterlig då det inte är önskvärt med borrhål i motorkåpan. Lösningen borde då bli en konstruktion i likhet med den som visas i figur 1, med en överdimensionering av täckskikten för att tåla den påfrestning som uppstår i denna punkt.

Punkt 4

Infästingen av det bakre bärplanet i staget mellan bärplanen kommer behöva ansluta från en panel(vingen) till ett stag liggande i samma plan, se figur 1. Detta ger att en fast infästning liknande den från figur 1 med några förändringar är att föredra. Detta illustreras i figur 6, där ett täckskikt lagts över hela infästningen mot stöttan. Denna kommer också behöva överdimensioneras för att tåla momentbelastningar.



Figur 6

Slutsats

Beroende på geometrin och de materiella egenskaperna hos de komponenter som ska fästas ihop samt belastningsfall måste olika typer av infästningar väljas. När det gäller de fästningspunkter som analyseras i detta fall är det i huvudsak tre grundprinciper som kan användas och dessa kan sedan kombineras för att uppnå de krav som ställs. Infästningarna på Evolo kommer att utsättas för relativt stora belastningsfall, framförallt infästningarna på det stora staget, och numeriska beräkningar är komplicerade. Därför rekommenderas att modeller av infästningarna byggs och sedan testas rent praktiskt för att se deras begränsningar.

Referenser

36. Sundström, B: *Handbok och formelsamling i Hållfasthetslära*. Institutionen för hållfasthetslära, KTH, Stockholm, 1998.
B.T. Åström: *Manufacturing of Polymer Composites.* Department of Aeronautics, KTH, Stockholm

Bilaga 29 TB103 Sprängskiss underlag

Tom

Bilaga 30 TB104 Material

Tillgängliga material samt jämförelse mellan kol- och glasfiberkomposit

NILS WOLTER
nwolter@kth.se

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*28/01-2009*
Versionsnummer:	*1.0*
Korrekturläst av:	*Markus Norberg*

Sammanfattning

Med samma krav på hållfasthet väger glasfiberkomposit ungefär 2 gånger så mycket som kolfiberkomposit och kostar hälften så mycket. Alla ingående komponenter i de två materialsystemen finns tillgängliga eller går att beställa.

Innehåll

Sammanfattning……
…….2
Inledning……
……....4
Problemformulering……
……...4
Analys……
……..…..5
Slutsats……
……..….6
Referenser……
……..7

Inledning

Denna rapports syfte är att ge en kort sammanfattning av vilka material som finns tillgängliga samt att kortfattat jämföra kol- och glasfiber.

Problemformulering

I byggandet av Evolo måste ett antal materialval göras. Dessa material måste passa de behov som finns, d.v.s. tåla den miljö Evolo utsätts för, ha de rätta mekaniska egenskaperna samt inte kosta mer än budgeten tillåter. I *tabell 1* redovisas kostnaden för vanligt förekommande material i labbet som kan vara aktuella i byggandet av Evolo. I *tabell 2* redovisas mekaniska egenskaper för kol- och glasfiberkomposit. I *tabell 3* redovisas densiteten för kol- och glasfiber samt vinylester.

Tabell 1, kostnad för vanligt förekommande material i labbet.

Material	**Kostnad**
Aluminium	100 kr/kg
Stål, mutter, skruv	20 kr/kg
Glasfiber	40 kr/kg

Kolfiber	300 kr/kg
Polyester	50 kr/kg
Vinylester	100 kr/kg
Divinycell	50 kr/kg
Förbrukningmaterial vid laminering	100 kr/m2

Tabell 2, mekaniska egenskaper för kol- och glasfiberkomposit. 1 står för längs fiberriktningen, 2 för tvärs fiberriktningen, t för drag och c för kompression.

	$E_1\,[GPa]$	$E_2\,[GPa]$	υ_{12}	$\sigma_{1t}\,[MPa]$	$\sigma_{1c}\,[MPa]$	$\sigma_{2t}\,[MPa]$	$\sigma_{2c}\,[MPa]$
Kolfiberkomposit	150	10	0,3	1800	1200	40	200
Glasfiberkomposit	40	10	0,3	1100	600	20	140

Tabell 3, densiteten för kol- och glasfiber samt vinylester.

	$\rho\,[kg/m^3]$
Vinylester	1000
Kolfiber	1700
Glasfiber	2600

Analys

Densiteten och kostnaden för kol- och glasfiberkomposit med vinylester som matris redovisas i *tabell 4* och bygger på antagandet att volymfraktionen fiber/matris är 50/50 %.

Tabell 4, densitet och kostnad för kol- och glasfiberkomposit.

	$\rho\,[kg/m^3]$	Kostnad [kr/kg]
Kolfiber/vinylester	1350	226
Glasfiber/vinylester	1800	57

För att få en uppskattning om hur de mekaniska egenskaperna för kol- och glasfiberkomposit påverkar faktorer som utböjning och maximal spänning görs nedan beräkningar för de båda materialfallen med balkteori. Beräkningarna görs för en konsolbalk som är fast inspänd i ena änden och fri i den andra där den utsätts för en vertikal last *P*.

Utböjningen i den fria änden fås då av *ekvation 1*, där L är balkens längd, och I är balkens yttröghetsmoment.

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} \qquad (1)$$

Med data från *tabell 2* och alla dimensioner lika jämförs utböjningen för kol- och glasfiberkomposit och resultatet blir att utböjningen för glasfiber är 3,75 gånger större än för kolfiber.

Med hjälp av *ekvation 2* jämförs den maximalt tillåtna axiella spänningen och resultatet visar att kolfiberkomposit klarar av en 2 gånger så stor last P än vad glasfiber gör, både i drag och kompression.

$$\sigma_{max} = \frac{M}{I} z_{max} \qquad (2)$$

För Evolo kommer de yttre dimensionerna i stora drag vara satta och det som kan varieras är kompositttjockleken d.v.s. antal lager fiber för att uppnå önskad hållfasthet. För flytkroppen motsvarar då kompositttjockleken höjden av tvärsnittet, h, i *ekvation 3* där yttrögheten beräknas. Om kravet att utböjningen och den maximala axiella spänningen ska vara lika stora för kol- och glasfiberkomposit kan *ekvation 1, 2* och *3* kombineras för att beräkna massförhållandet mellan de båda kompositerna.

$$I = \frac{bh^3}{12} \qquad (3)$$

Man får då att en konstruktion i glasfiber kommer att väga ungefär dubbelt så mycket som en konstruktion i kolfiber men kostnaden kommer att bli ungefär hälften så stor.

Slutsats

De material som redovisas i denna rapport är material som brukar användas av KTH och är väl beprövade. De finna antingen redan tillgängliga eller går att beställa relativt enkelt. Konstruktioner i glasfiberkomposit väger ungefär dubbelt så mycket som konstruktioner i kolfiberkomposit men kostar bara hälften så mycket. Till komponenter med stor volym och höga krav på hållfastheten rekommenderas användning av kolfiberkomposit för att spara vikt och klara hållfasthetskraven. De mekaniska värden som använts i beräkningarna i denna

rapport varierar beroende på tillverkningssätt och därför rekommenderas även provtillverkning av kompositmaterial för att se vilka värden som kan uppnås vid tillverkningen av Evolo.

Referenser

37. D Zenkert and M Battley: *Foundations of Fibre Composites.*
38. B.T. Åström: *Manufacturing of Polymer Composites.*
Förläsningsanteckningar från kursen SD2414 av M Å

Bilaga 31 TB104 Vakuuminjiceringsdragprov

Vakuuminjicering och dragprov

NILS WOLTER

FATIMA EKEKRANTZ

Kurs:	*Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*8/2-2009*
Versionsnummer:	
Handlett av:	
Granskad av:	*Torvald Manners*

Inledning

Denna rapports syfte är att fungera som en guide och att ge en överblick av hur vakuuminjicering och dragprov går till. Inga resultat presenteras. All tillverkning och testning som beskrivs har utförts i Lättkonstruktioners lokaler på KTH.

Vakuuminjicering

Vakuuminjicering är en process för att tillverka ett kompositlaminat. Processen innebär att matrisen väter fibrerna genom ett undertryck. För att möjliggöra detta placeras fibrerna på ett vakuumbord och täcks sedan av en releaseväv följt av ett varierat antal lager av distributionsväv. Med hjälp av tacky-tape täcks allt av plastfilm och sedan placeras rör vid inlopp för matris och utlopp för att kunna koppla på vakuumpumpen, se figur 1.



Figur 1.På vakuumbordet placeras fibrerna och sedan läggs ett lager releaseväv (syns ej på bilden) som täcks av ett par lager distributionsväv (det gröna i bilden). Ovanpå detta läggs ett lager plast som fästs med tacky-tape. Inloppet syns i bilden och fästs även det med tacky-tape för att sluta tätt.

Det finns en mängd olika matriser vars egenskaper kan anpassas för olika ändamål. Styren kan vara mer eller mindre tillsatt i avseende att sänka viskositeten. Matrisen blandas med accelerator och härdare för att starta reaktionen, se figur 2. Det kan även tillsättas en inhibitor om en fördröjning önskas.



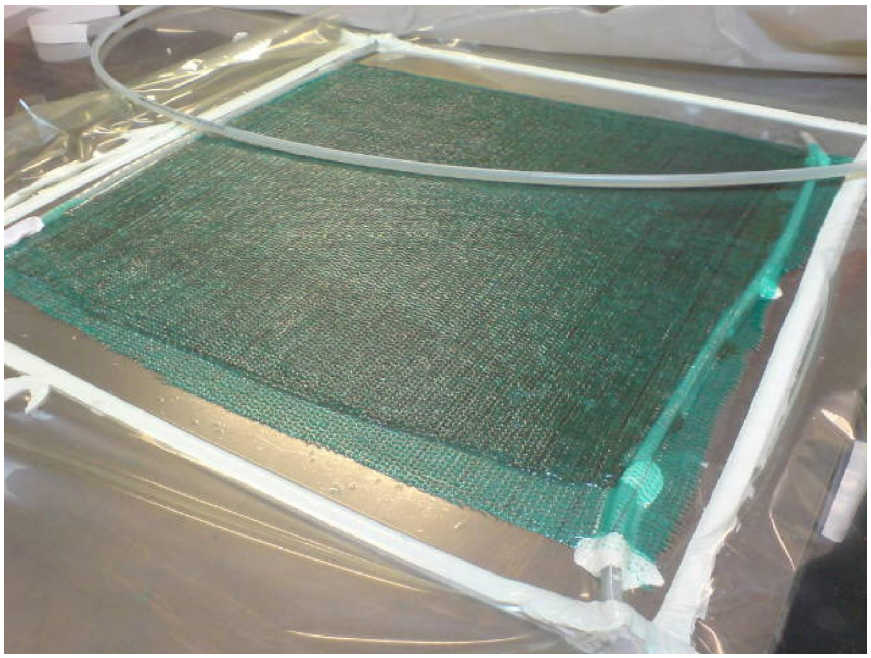
Figur 2. Två olika matriser, den högra har börjat härda.

I Lättkonstruktionslabbet på KTH finns en tabell för tillblandning om osäkerhet råder kring antal viktprocentandelar som ska tillsättas för att få de egenskaper som önskas, se tabell 1.

Tabell 1. Tabell för tillblandning av vinylester.

Komponent	Viktandel	Funktion
Vinylester + styren	95,50%	Matris
Cobolt	2,00%	Accelerator
DMA	0,50%	Accelerator
Peroxid 24	2,00%	Härdare

När plastfilmen ligger tätt och in/utlopp är inkopplat provas vakuumtrycket genom att pumpen startas, eventuella läckor upptäcks och kan åtgärdas innan injiceringen påbörjas. Under injiceringen är det viktigt att inloppet inte suger luft utan endast matris. Fibrerna väts från inloppet till utloppet och den tid det tar varierar beroende på bland annat antal lager fiber, viskositet och temperatur. Beroende på hur matrisen har blandats så dröjer det olika lång tid innan den härdar. Trycket hålls konstant under härdning och en tid därefter för att undvika att luft smiter in i laminatet, se figur 3. När matrisen härdat är laminatet klart att demonteras.



Figur 3. Laminatet får härda under tryck för att undvika att luft smiter in och försämrar laminatets egenskaper.

Dragprov

Utförande

Dragprovet utförs i en dragprovsmaskin av typen Instron. En 250 x 25 x 3 mm stor provstav sågas ut från laminatet och fyra tabbar fästs vid ändarna på provstaven, se *bild 1.* Tabbarnas funktion är att stärka provstaven vid infästningarna där spänningskoncentrationer uppstår. Provstaven spänns sedan fast i Instron, se *bild 2,* med spänningsdon dimensionerade för en last på maximalt 100 kN. Instron är kopplad till en dator med programmet Cyclic installerat där en draghastighet på 4 mm/min ställs in. Under dragprovet mäter Instron pålagd kraft och deformation och skickar dessa värden till Cyclic som plottar resultatet i form av en graf. När brottspänningen uppnåtts avslutas testet.

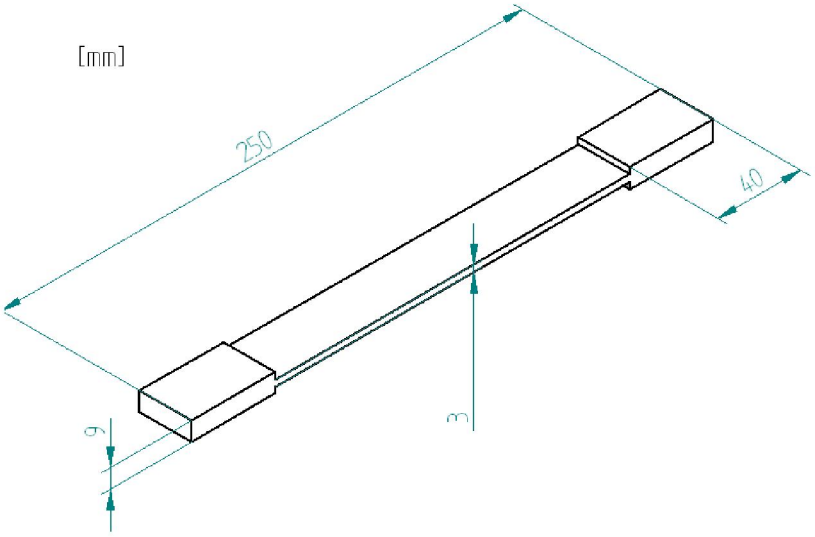


Bild 1. Provstavens dimensioner.

Resultat

Den pålagda kraften och deformationen omvandlas med hjälp av provstavens dimensioner till spänning och töjning. Dessa värden plottas sedan i en ny graf, se *bild 3.* Ur denna graf kan provstavens brottspänning läsas ut och dess elasticitetsmodul beräknas med hjälp av *ekvation 1.* Där $\varepsilon_{0,2}$ är sträckgränsen och $\sigma_{0,2}$ är spänningen vid denna.

$$E = \frac{\sigma_{0,2}}{\varepsilon_{0,2}} \qquad (1)$$

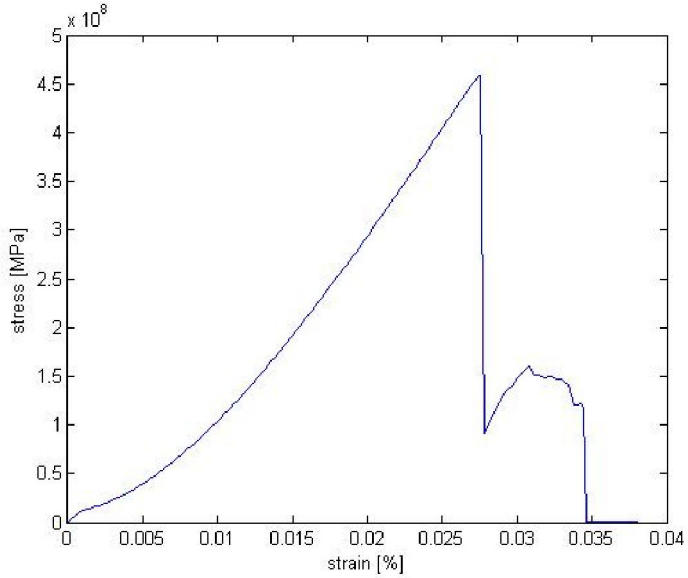


Bild 2. Dragprovskurva där spänning är plottad mot töjning. Den icke-linjära delen av kurvan vid liten deformation beror på glidning som förekommer innan provstaven är helt fixerad av den pålagda kraften. I detta fall har provstaven gått sönder i två olika steg vilket kan ses då kurvan har två toppar.

Slutsats och diskussion

De processer som beskrivs i denna rapport gäller för ett enkelt laminat med okomplicerad struktur. I byggandet av Evolo kommer även mer avancerade former och sandwich-konstruktion att användas. Det rekommenderas därför att fler experiment utförs där tillverkning av en mer komplicerad struktur samt sandwich-konstruktion testas. Även tester på härdningstid och ytbehandling rekommenderas.

Bilaga 32 TB104 Dragprovsresultat

Vakuuminjicering och dragprov
Resultat experiment 1

NILS WOLTER

FATIMA EKEKRANTZ

Kurs:	*Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*14/2-2009*
Versionsnummer:	
Handlett av:	
Granskad av:	

Inledning

Syftet med denna rapport är att utreda de mekaniska egenskaper som kolfiber och vinylester har i ett tillverkat kompositlaminat. Resultaten från denna rapport ligger till grund för vidare beslut huruvida de material som tillverkas uppnår de krav som ställs på de ingående delarna av farkosten. Rapporten ligger till grund för de materialval och tillverkningsmetoder som senare ska användas i projektet Evolo.

Vakuuminjicering

Att arbeta med tillverkning av kompositmaterial är förenat med vissa risker. Kemikalierna i sig är hälsovådliga och ofta reaktiva. Inandning såväl som hudkontakt bör undvikas då detta kan leda till eksem, allergiska reaktioner eller andra olägenheter. För att vistas i Lättkonstruktioners lokaler på KTH krävs skyddsutrustning såsom rock, handskar och i vissa fall andningsskydd och skyddsglasögon.

Metod

Det finns ett flertal metoder för tillverkning av kompositlaminat. En av dessa är vakuuminjicering som är en populär metod då den eliminerar en del skadefaktorer för de personer som vistas i tillverkningsmiljön. Ur ett hälsoperspektiv bidrar metoden till att arbetsmiljön förbättras eftersom ingen direktkontakt med matrisen krävs. Då injiceringen sker i ett slutet system bidrar även det till att inandningsluften hålls relativt fri från kemikalier. En annan aspekt är att vakuuminjicering resulterar i en högre volymsfraktion fiber än handuppläggning vilket leder till ett styvare laminat.

Två vakuuminjiceringar utfördes där antal lager och matrisblandning varierades. Innan uppläggning sker vägs fibrerna för att i efterhand kunna bestämma volymsfraktionen i det tillverkade laminatet. Den mängd matris som vägs upp brukar vara i storleksordning 2-3 gånger fibrernas vikt.

Uppläggningssekvensen första försöket bestod av sex lager med fiberriktningar [0/90] där varje lager har tjockleken 0.45 mm.. Fibermattan lades upp i ett symmetriskt mönster med följande fiberriktningar: [0/90/0/90/0/90/90/0/90/0/90/0]. Symmetrin syftar till att det färdiga laminatet beter sig lika på såväl under- som översidan. Då matrisen skulle vägas upp visade det sig att den var klumpig och därför otjänlig. Förseningar uppkom då ansträngningar gjordes för att hitta en alternativ vinylesterkälla. Då den nya matrisen tillblandades gjordes detta efter ett recept från tillverkaren som erhölls av Lättkonstruktioners laborationsansvarige. Då laminatet ej hade härdat efter 48 timmar gjordes ett försök att tillföra värme för att på så sätt låta matrisen härda ut. De delar av laminatet som utsattes för högst värme visade sig vara dugliga för att användas till provstavar.

Då mycket vilar på att matrisen härdar som det är planerat gjordes ett försök att få en fungerande matris baserad på vinylester. Denna gång blandades tillsatserna enligt tabell 1. Efter 7 minuter var matrisen homogent blandad och därefter påbörjades tidtagning till stelning och härdning. Efter ca 40 minuter var matrisen gummiaktig men ännu ej helt stel. Efter

ytterligare 15 minuter hade matrisen stelnat ytterligare men var ännu ej hård. Tidtagningen avslutades efter 1 timme och 20 minuter då matrisen hade stelnat och var hård.

Tabell 1. Tabell för tillblandning av vinylester.

Komponent	Viktandel	Funktion
Vinylester + styren	95,50%	Matris
Cobolt	2,00%	Accelerator
DMA	0,50%	Accelerator
Peroxid 24	2,00%	Härdare

Uppläggningssekvensen andra försöket bestod av fyra lager kolfiber med fiberriktningar [0/90] i ett symmetriskt mönster. Även denna gång användes den tillblandningsmetod som beskrivs i tabell 1. Då matrisen var homogent blandad injicerades den som beskrivits i rapport *TB104-Vakuuminjicering och dragprov*. Efter en stund upptäcktes luftbubblor längs ena kortsidan vilket var en indikation på att en läcka tillkommit. En påbörjad injicering bör ej avbrytas då materialen förstörs och därför gjordes försök att minimera skadan genom att täppa till de områden där det lät som att det läckte. En stor del av laminatet klarade sig dock bra ifrån synliga skador.

Då laminaten härdat demonteras de och vägs innan ytterligare behandling sker. Den totala vikten behövs för att bestämma volymsfraktionen fiber och matris. Det är eftersträvansvärt att ha en hög andel fiber i laminatet då det har en högre specifik E-modul än matrisen. Vakuuminjicering resulterar oftast i en relativt hög fiberfraktion då metoden effektivt distribuerar matrisen över fibrerna. Fiberfraktionen brukar ligga mellan 50-70 %. Utifrån tabell 2 beräknades volymsfraktionen av de laminat som tillverkades.

Resultat/Diskussion

Fiberfraktionen i de båda tillverkade laminaten var 60 % vilket är att betraktas som bra. Dock är det osäkert om alla fiberlager blivit tillräckligt vätta.

Fibrerna som användes vid vakuuminjiceringen var av låg kvalitet. Kolfiber levereras på rullar och dessa kommer i en rad olika konfigurationer. Den rullen som har försett de tester som ingår i denna rapport består av fiberriktningar [45/-45]. Dessa bitar har sedan klippts till för att kunna vridas och räknas på som [0/90]. Det konstaterades vid uppläggningarna att det saknades en del fibrer i vissa riktningar.

Den första vakuuminjiceringen blev något missvisande rent resultatmässigt då vinylestern inte reagerade som förväntats. Ett recept från tillverkaren visade sig inte fungera vilket ledde till att matrisen inte härdade. Försök med värme gjordes också vilket resulterade i att en del provstavar kunde sågas ut där värmen varit som högst.

Vakuuminjicering är en fortsatt god metod att använda till de delar som ska bestå av kompositmaterial då en hög fiberfraktion erhålls.

Analys

Med hjälp av volymfraktionen ovan och mekaniska egenskaper för de enskilda komponenterna (kolfiber och vinylester), se *tabell 2,* kan de mekaniska egenskaperna för den färdiga kolfiberkompositen räknas ut. Detta görs med metoden R.O.M. (rule of mixture), se *ekvation 1,2,3* och *4.* Resultaten sammanfattas i *tabell 3.* I *tabell 4* redovisas de mekaniska egenskaperna för kolfiberkomposit (IM, intermediate modulus) hämtade från *Foundations of Fibre Composites (D. Zenkert).* Observera att volymfraktionen i detta fall är okänd och att det därför anses nödvändigt att komplettera dessa data med de från *tabell 3.*

$$E_1 = \sum E_i v_i \qquad (1)$$

$$\sigma_1 = \sum \sigma_i v_i \qquad (2)$$

$$\frac{1}{E_2} = \sum \frac{v_i}{E_i} \qquad (3)$$

$$\frac{1}{\sigma_2} = \sum \frac{v_i}{\sigma_i} \qquad (4)$$

Tabell 2. Mekaniska egenskaper för vinylester och kolfiber. Data är hämtade från Foundations of Fibre Composites (D. Zenkert). Index 1 står för fiberriktningen för kolfiber, mekaniska data för vinylester är isotropa.

	$\rho \ \left[kg/m^3\right]$	E_1 [GPa]	σ_1 [MPa]	$\varepsilon_1 \ [\%]$
Vinylester	1120 – 1130	3.1 – 3.3	70 - 81	3 - 8
Kolfiber (IM)	1700 – 1830	276 – 317	2340 – 7070	0.8 – 2.2

Tabell 3. Beräknade mekaniska egenskaper för kolfiberkomposit med en volymfraktion fiber på 58,9% och en volymfraktion vinylester på 41,1%. Index 1 står för fiberriktningen för kolfiber.

E_1 [GPa]	E_2 [GPa]	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]
166,8	7,62	1432	167,5

Tabell 4. Mekaniska egenskaper för kolfiberkomposit (IM), volymfraktion okänd.

	$E_1[GPa]$	$E_2[GPa]$	υ_{12}	$\sigma_{1t}[MPa]$	$\sigma_{1c}[MPa]$	$\sigma_{2t}[MPa]$	$\sigma_{2c}[MPa]$
Kolfiberkomposit	151	9,4	0,31	2260	1200	50	190

Resultat från dragprov

Dragprovet genomförs enligt instruktionerna i rapport *TB104-Dragprov och vakuuminjicering.* Resultatet presenteras i *tabell* 2. Notera att dessa data gäller för ett laminat med fiberriktningar i både $0°$ och $90°$. *Figur 2* visar ett typiskt brott från dragprovet, man kan se att det inte är någon fin brottyta som brukar vara fallet med kolfiberkomposit. Med hjälp av lamineringsteori, se bilaga 1, förutspås de mekaniska egenskaperna för laminatet med hjälp av indata från *tabell 3.* Eftersom fiberupplägget är 0/90 så blir E_1 och E_2 lika stora och får ett värde på 88,5 GPa. Maximala spänningen blir 754 MPa.
Resultatet från dragprovet är att elasticitetsmodulen är 23.8 GPa och brottspänningen 793 MPa (medelvärde beräknat på sju dragprov). Se *figur 1* för exempel på dragprovskurva.



Figur 1. Typisk dragprovskurva från dragprovet. Vid låg belastning kan man se att glidning förekommer i och med att lutningen inte är linjär.



Figur 2. Typisk brott vid dragprovet.

Diskussion Dragprov

Brottspänningen från dragprovet stämmer väl överens med den beräknade. Den uppmätta elasticitetsmodulen från dragprovet är mycket lägre än den beräknade. Detta kan bero på glidning i den limmade länken mellan provstav och tabb. Men troligen är den största orsaken till den låga E-modulen att fibrerna inte blivit tillräckligt vätta genom hela laminatet och/eller att matrisen inte håller den kvalité som krävs. Även fibrerna var av dålig kvalité.

Rekommendationer för fortsatt arbete

Uppmätta värden för E-modulen stämmer inte överens med de beräknade eller befintliga tabellvärden. Rekommendationen för fortsatt arbete är att eftersom det är ont om testmaterial att räkna på de beräknade värden och tabellvärden som finns tillgängliga. Utifrån dessa beräkningar kan material beställas och när dessa finns tillgängliga kan eventuellt ytterliggare tester genomföras. Resultat från dessa tester kan analyseras enligt denna rapport.

Bilaga 1, Matlabkod

```
clear all
close all

[data,layup,loads]=indataEvolo();
nn=size(layup);
n=nn(1);
lagertyp=layup(:,1);
vinkeltyp=layup(:,2)*pi/180;

for ii=1:n
    thicknessvector(ii)=data(1,layup(ii));
end

thickness=sum(thicknessvector);

for ii=1:n+1
    if ii==1
        z(ii)=-thickness/2;
         else
    z(ii)=z(ii-1)+thicknessvector(ii-1);
    end
end

A=zeros(3,3);B=A;D=A;

for ii=1:n
    k=lagertyp(ii);
    vinkel=vinkeltyp(ii);
```

```
    E1=data(2,k);
    E2=data(3,k);
    G12=data(4,k);
    v12=data(5,k);
    v21=E2/E1*v12;
    Ql((ii*3-2):ii*3,1:3)=1/(1-v12*v21)*[E1        v21*E1      0
                                         v12*E2    E2          0
                                         0         0           G12*(1-v12*v21)];
    c=cos(vinkel);
    s=sin(vinkel);
    T=[c^2     s^2     -2*s*c
       s^2     c^2     2*s*c
       s*c     -s*c    c^2-s^2];
    Q((ii*3-2):ii*3,1:3)=T*Ql((ii*3-2):ii*3,1:3)*T';
    A=A+Q((ii*3-2):ii*3,1:3)*(z(ii+1)-z(ii));
    B=B+Q((ii*3-2):ii*3,1:3)/2*(z(ii+1)^2-z(ii)^2);
    D=D+Q((ii*3-2):ii*3,1:3)/3*(z(ii+1)^3-z(ii)^3);
end

ABD=[A B;B D];
S=inv(A/thickness);
E1=1/S(1);
E2=1/S(5);
G12=1/S(9);
e0K=ABD\loads;
u=1;
el=zeros(3*n,1);e=el;sigmal=el;sigma=el;

for ii=1:n
    if z(ii)>=0
        e(u:(u+2))=e0K(1:3)+z(ii+1)*e0K(4:6);
    else
        e(u:(u+2))=e0K(1:3)+z(ii)*e0K(4:6);
    end
    c=cos(vinkeltyp(ii));
    s=sin(vinkeltyp(ii));
    T=[c^2     s^2     -2*s*c
       s^2     c^2     2*s*c
       s*c     -s*c    c^2-s^2];
    el(u:(u+2))=T'*e(u:(u+2));
    sigmal(u:(u+2))=Ql(u:(u+2),1:3)*el(u:(u+2));
    sigma(u:(u+2))=T*sigmal(u:(u+2));
    u=u+3;
end
```

TB105 Bärplan & Stag



DANIEL CARLSSON
PETTER DELIN
JOHAN WESTIN
dcarlss@kth.se
0707-765707

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*5/2-2009*
Versionsnummer:	*1.5*
Nedlagd arbetstid:	*50*
Granskad av:	*Mirjam Fürth*

Sammafattning

I detta arbete görs antagandet att den motor som komemr finnas till förfogande är Torqeedo Cruise 2.0. Följande plan är alltså baserad på antagandet att vi inte kommer att få en ny motor. Det innebär att effektbehovet måste sänkas avsevärt. Detta kan göras med följande åtgärder som presenteras nedan. Kort sammanfattat är dessa:

1. Minska marchfarten (nu satt till 8 knop)
2. Sänka vikten avsevärt (t.ex låta Fatima köra, viktoptimera etc)
3. Bogsera upp farkosten till lyft
4. Flytta bärplanet i förhållande till tyngdpunkten så att stabiliserande fenan inte behöver dra upp motstånd i okrängt läge.
5. Låta de primära bärplanet ha mindre anfallsvinkel vid gång

Inledning

I denna rapport redovisas hur undervattenkroppen kan tänkas modifieras för att det skall vara möjligt att använda den befintliga Torqeedo Crusie 2.0 motorn samt hur denna undervattenkropp kan tänkas tillverkas. Följande plan bygger på att vi använder den befintliga Torqeedo 2.0R motorn och bogserar upp Evolo till flygande läge. Plan B är att försöka få tag i den nya Torqeedo 4.0R motorn. Detta bedöms som orimligt, men om detta skulle gå får propellern dimensioneras om och nya 6V-batterier införskaffas.

Slutsats

Bärplan

Det främre bärplanets storlek har ökats för att få Evolo att leverera tillräckligt med lyftkraft vid lägre hastighet och med mindre anfallsvinkel än tidigare. För att kunna färdas i ca 8 knop måste dock Evolo släpas upp till flygande läge innan motorn kan leverera tillräckligt med effekt för att framföra Evolo [1]. Anfallsvinkeln för den beräknade vingen har sänkts från tio till fem grader för att minska motståndet. Att valet har gjorts att släpa Evolo till åtta knop är på grund av att det vid högre fart antas lättare att kontrollera farkosten och för att en dimensionerade hastighet behövs för att kunna optimera en propeller. Utifrån de effektbehovsberäkningar gjorda i ref[1] antas åtta knop vara ett bra val av marschfart då effektbehovskurvan runt denna hastighet har ett lokal minimum.
Bärplanet fram kommer att ha dimensionerna:

Vingspann 1.25 m
Maxkorda 1.35 m

Vilket kommer innebära ett effektbehov som är precis på gränsen till vad vi kan få ut av motorn förutsatt att farkosten inte väger mer än 140 kg (inkl förare).
Det aktre bärplanet som finns för att stabilisera farkosten har tidigare varit designad för att ständigt motverka det moment som uppkommer då föraren befinner sig framför lyftcentrum för bärplanen. Det har inneburit att det aktre bärplanet hela tiden bidragit med motstånd (ökat effektbehov). Detta bedöms som onödigt och tyngdpunkten för farkosten har därför förflyttats till det främre, bärande bärplanets lyftcentrum. Om tyngdpunkten förskjuts och moment skulle uppkomma kommer den stabiliserande aktre vingen att få en anfallsvinkel eftersom farkosten vill rotera i momentets riktning. Den uppkomna anfallsvinkeln kommer då att genera en lyftkraft. Riktningen på lyftkraften kommer således alltid att vara motsatt det

krängande momentets riktning vilket innebär att farkosten alltid kommer att vilja räta upp sig och ett jämviktsläge kommer att hittas av farkosten själv.

+ Mindre motstånd ökar våra chanser att komma upp på bärplan med en elmotor.
- Farkostens tyngdpunkt måste finnas vertikalt ovanför det främre bärplanets mitt (krast räknat) vilket innebär att om inte stöttan mellan flytkropp och bärplan vinklas kommer Evolo att få en mindre aggressiv look eftersom stöttan kommer att behöva placeras i mitten av flytkroppen.

Det aktre bärplanet

***Vingspannet 0.4** m*
***Maxkorda 0.4**5 m*

Stagets längd är ”plockad ur luften” och vingarean är baserad på antagandet att den stabiliserande vingen ska generare lika mycket rätande moment som åstadkoms när man förflyttar tyngdpunkten 0.1 m. Det innebär att den rätande kraften måste vara 1/7 av det främre bärplanets lyftkraft. För att ha marginal har därför lyftkraften antagits behöva vara 1/4 del varpå arean på det aktre bärplanet har antagits behöva vara ungefär 1/4 av det främre.

Propeller

Eftersom det bedöms vara svårt att växla om motorn kommer 920 varv per minut att vara styrande vid propellervalet. Anledningen till att motorn inte kommer att växlas om är att det skulle öka förlusterna och innebär att vi måste hitta en växel som tål påfrestningarna som vi utsätter denna för samtidigt som den måste vara liten vilket innebär att en sådan växel förmodligen inte ens existerar.

Propellern kommer vidare att tillverkas av oss själva i t.ex. kolfiber. Det innebär att vi antingen kan gjuta en propellerbladform och formgjuta 4 identiska blad som sedan skruvas fast i navet likt propellern till det tidigare studentprojektet ”Phyxius”. Ett annat alternativ är att ”slipa” ut bladen från ett block i något mjukare material. Det bör dock kommenteras att detta inte är en rekommendation utan snarare två alternativ!

Stag

***Stagets längd har satts till 0.**75 m*

Måttet är som sagt i princip ”taget ur luften” men bedöms som rimligt utifrån överslagsberäkningar av vridmomentet i axeln som kommer gå genom staget mellan motor och propeller. Det är även i samma storleksordning som staget som använts vid experimenten vilket gör att denna längd känns som ett rimligt antagande.
Dessa beräkningar är baserade på det maximala moment som motorn kan leverera (180 Nm) [2] samt satta begränsningar på axeln utböjning i torsionsled (1 grad har ansetts vara ok). Det innebär att axeln måste vara 2 cm tjock vilket har ansetts vara lägre än vad som egentligen kommer att användas.

Montering

Följande plan bygger på antagandet att vi får demontera motorn förutsatt att vi kan skruva ihop den igen till ursprungligt skick utan permanent åverkan.
Det innebär att bärplanen måste fixeras vid motorn utan användning av lim eller skruvar. För att lösa detta lättast rekommenderar vi att man formgjuter hela undervattenskroppen i två

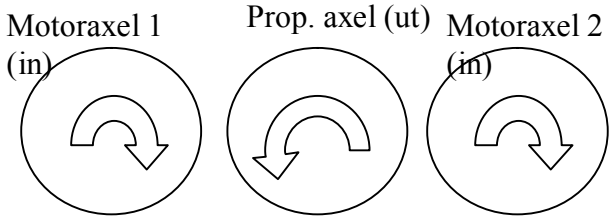
delar. Dessa delar omsluts sedan kring motorn så att bärplanen är förhindrade att förskjutas i alla frihetsgrader. Dessutom ska formen innehålla ett hål för stöttan som kommer att hindra formen från att rotera kring motorbulben. Dessutom ska formen fixeras genom skruvar till den fena som vanligtvis sitter under bulben. Det innebär att metallringar (brickor) måste gjutas in i formen så att sprickbildning undviks. Dessutom måste hål i formen lämnas kring motorns mitt eftersom kylningen till motorn ligger där.
För att för stora krafter inte ska uppkomma och fibrerna riskeras brytas ska aluminiumplattor gjutas in i formen kring motorns kylningsdel.

Verifieringsplan

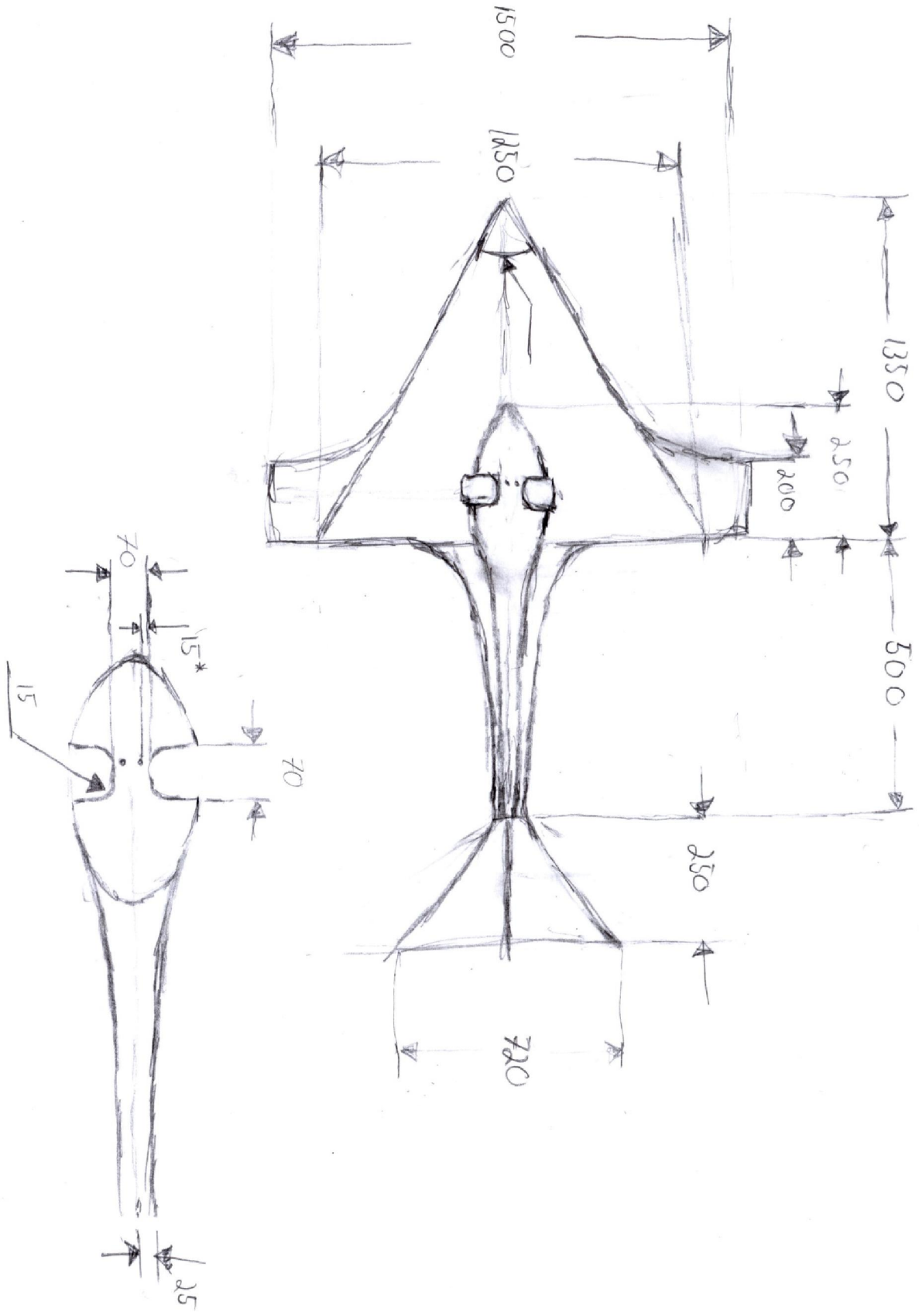
Eftersom den föreslagna undervattenskroppen i många avseenden skiljer sig från den tidigare versionen av Evolo föreslås ett nytt experiment. Fokus i experimentet borde vara att ordentligt försöka uppmäta motståndet eftersom detta är extremt kritiskt. Det innebär att en ny dynamometer måste införskaffas och utvärderas innan testet. Vidare bör motorbulb och stag försöka modelleras för mer exakta motståndsberäkningar. Observera att dessa inte har tagits med i motståndsberäkningarna. Stöttan bör även kunna förflyttas så att lyftkraftscentrum och tyngdkraftcentrum inte sammanfaller (med experimentbrädan är ju föraren i princip förhindrad att förflytta sin egen tyngdpunkt). Dessutom är stöttans placering på nuvarande experimentfarkosten placerad utifrån tidigare antaganden om stabilitet.

Övriga Alternativ

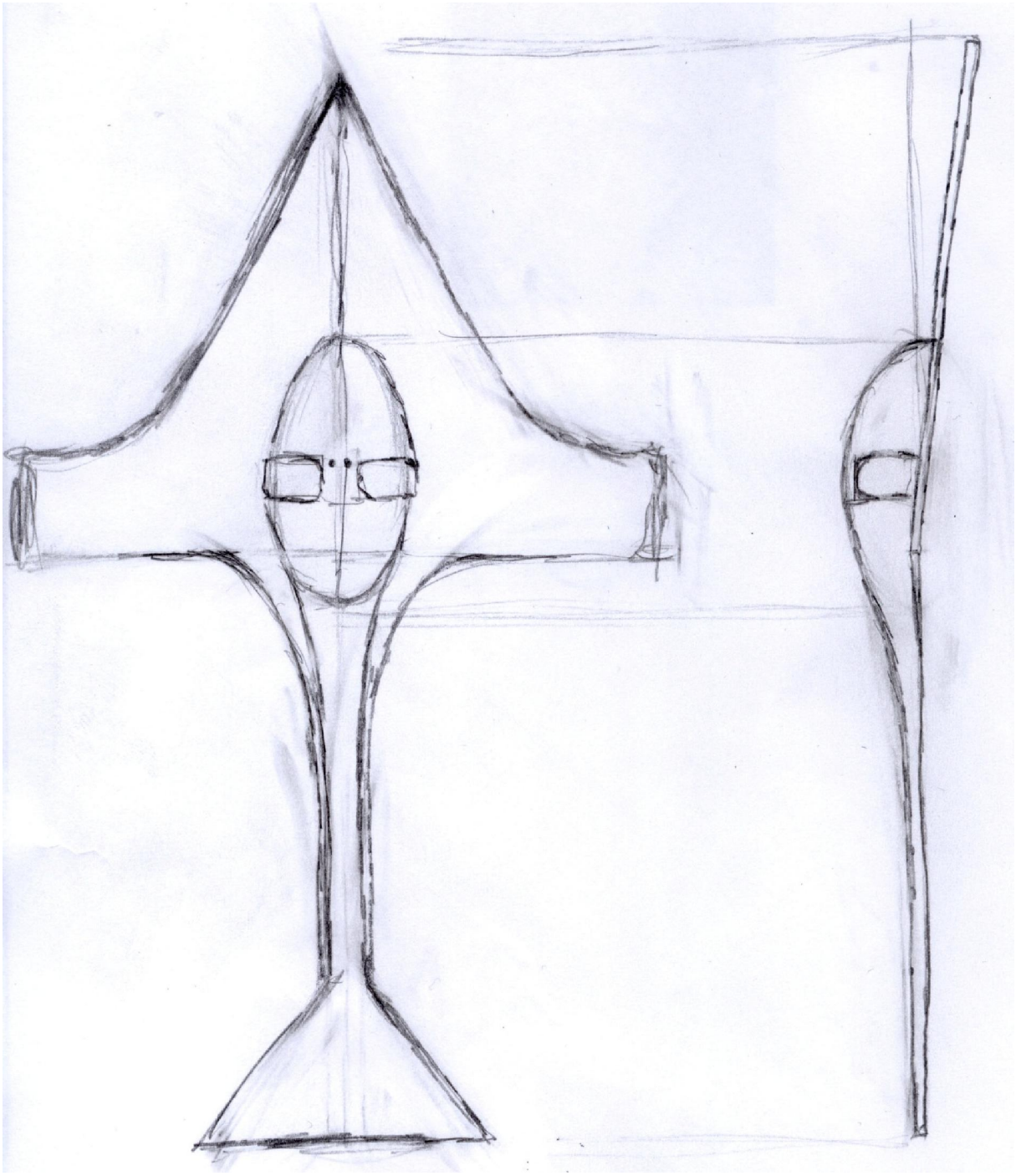
Andra alternativ skulle kunna vara att använda en bensinmotor, men projektets miljöprofil anses då vara skadad och ses inte som ett alternativ värt att satsa på. Följaktligen kan även extra elmotor tänkas användas. Antingen genom att använda två identiska propellrar eller synka motorerna med en växel likt nedan. Dock skulle detta innebära lite ökat motstånd eftersom vi då måste ha två motorer som släpas i vattnet.



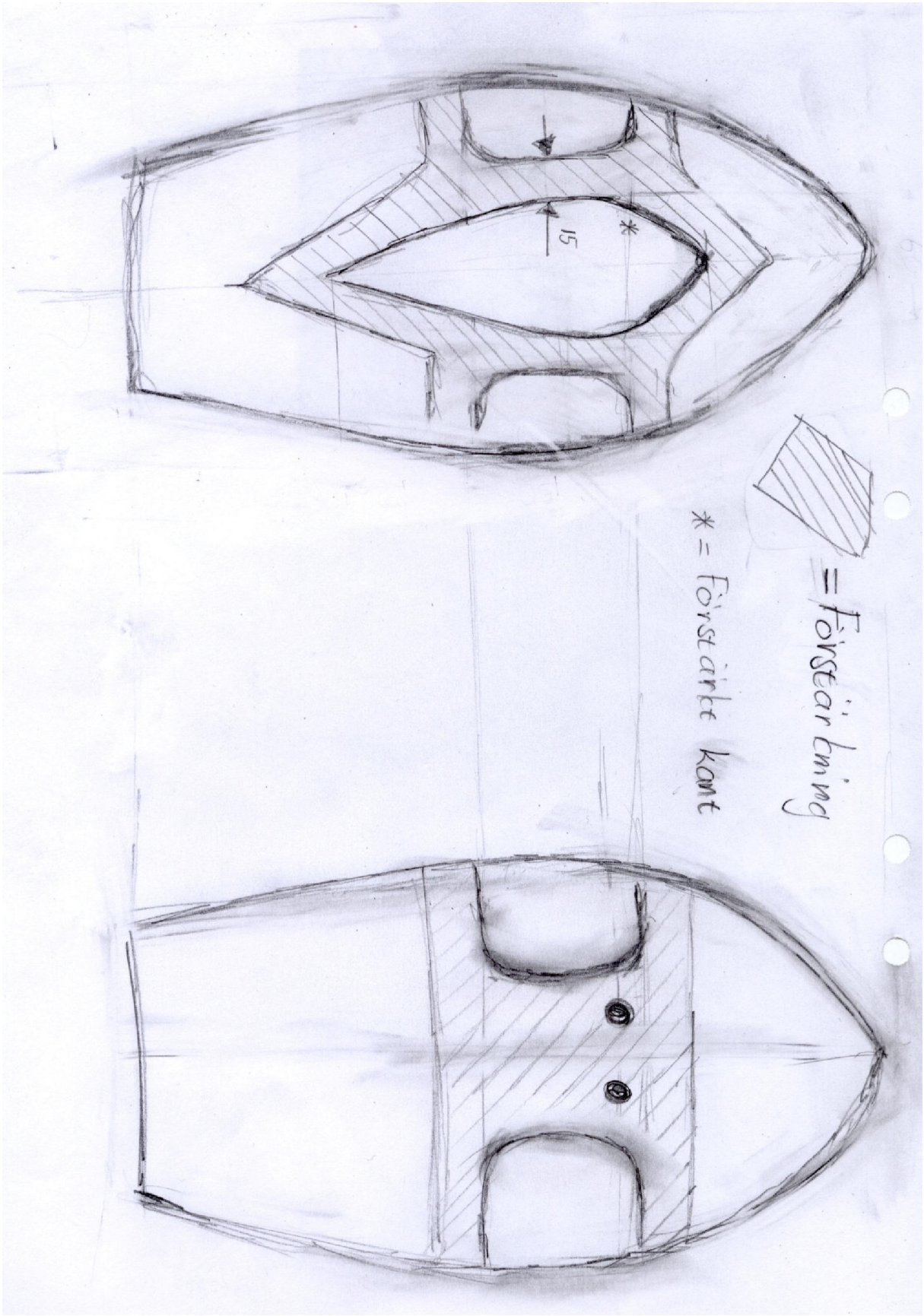
Bilaga 1 – Underdelen av undervattenskroppen samt förstoring kring motorbulb



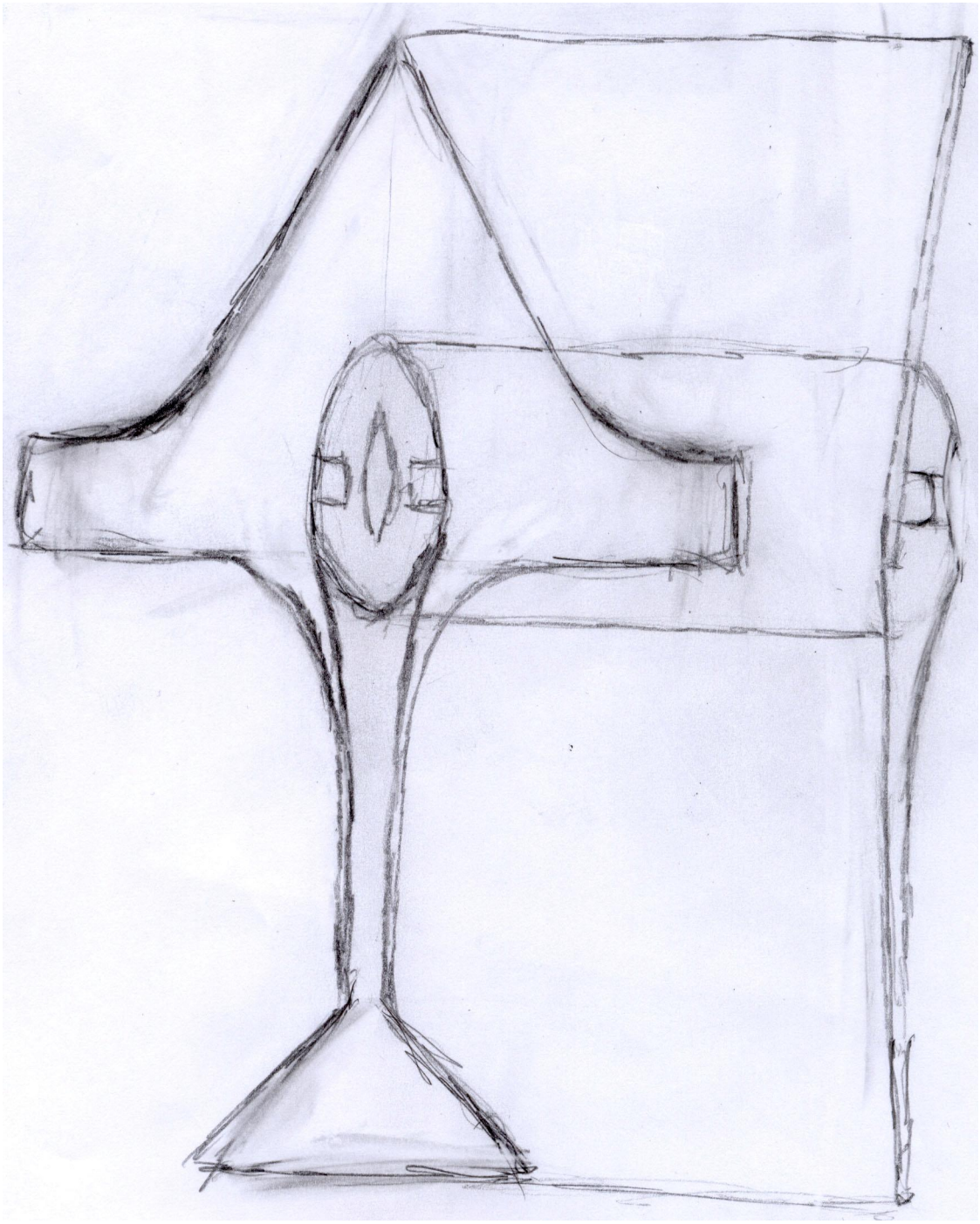
Bilaga 2 – Underdelen av undervattenskroppen



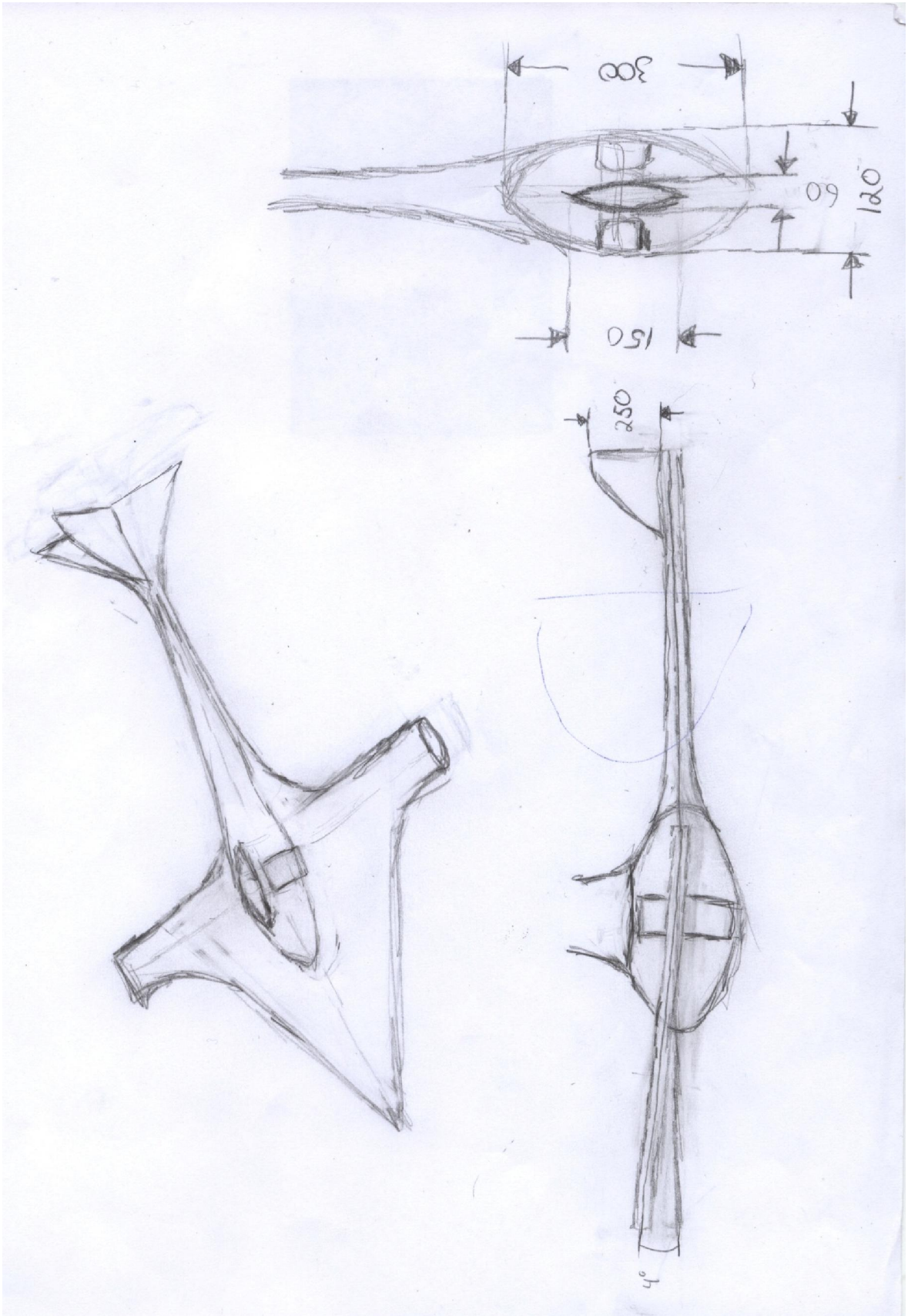
Bilaga 3 – Förstärkning kring infästning runt stöttan



Bilaga 4 – Ovandelen av undervattenskroppen



Bilaga 5 – Sidovy samt 3D-vy



1

Referenser

39. A14 - Effektbehov.doc www.bilda.kth.se / Analys
40. A101 - Propellerval.doc www.bilda.kth.se / Analys /

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
251. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
252. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
253. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
254. Uppnås syftet?	Ja	Ja
255. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
256. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
257. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
258. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
259. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
260. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
261. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
262. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
263. Finns en realistisk verifieringsplan för arbetet i rapporten?		
264. Finns en godtagbar uppföljning av verifieringsplanen?		
Presentation		
265. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
266. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
267. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	Ja	Ja
268. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
269. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
270. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
271. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
272. Har rapporten skrivits av dig enskilt?		

273. Arbetet har utförts i samarbete med : _____		-
274. Rapporten är korrekturläst av : _____		-
275. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)		
276. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

TB105 – Bärplan, stag och axel

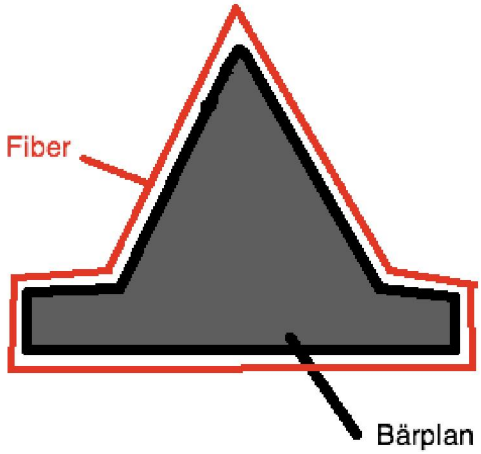
MIKAEL RAZOLA
razola@kth.se
0707-104074

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*2009-04-13*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*6 tim*
Granskad av:	

Tillverkningsplan främre bärplan

Det främre bärplanet tillverkas enligt ritning (forward_foil.dft) som finns på bilda. Mått på bärplan från TB105 – Bärplan och stab av D. Carlsson, P. Delin och J. Westin [1].

1. Såga ut planformen ur 10 mm divynicellskiva av H180. Avvakta med att såga ut hästskoformen för motorn tills vi har bekräftelse på exakta mått på denna
2. Slipa kanter enligt ritning
3. Lägg upp kolfiber $[0\ 90\ -45\ 45]_S$, det blir alltså fyra lager fiber på varje sida divynicellen
4. Fibrerna ska sticka ut på alla kanter enligt figur 1 och samma upplägg används på båda sidor om kärnan



Figur 30. Illustration av fiber och bärplan.

5. Ovan fibrerna läggs peel-ply, bleeder och sedan en breahter för att fördela matrisen.
6. Hör med Nisse för att hitta det lämpligaste sättet att placera in- och utlopp
7. Såga sedan till kanterna, nästan ända in till kärnan
8. Slipa kanter och ojämnheter på ytan
9. Lägg på ett lager matris
10. Slipa
11. Upprepa tills önskad finish har uppnåtts

Aktre bärplan

Tillverkas enligt ritning (aft_foil.dft) som ligger på bilda även här kommer mått från TB105 – Bärplan och stag. Det aktre bärplanet och den vertikala styrvingen tillverkas av solida laminat alltså inget kärnmaterial. Fiber upplägget är samma som för det främre bärplanet, det vill säga $[0\ 90\ -45\ 45]_S$.

Dimensionering av axel

Axeln mellan motor och propeller har längden L=0.75 m, denna axel måste styrke- och styvhetsdimensioneras för Torqueedo 4.0 R [2]. Motorn ger enligt tillverkaren ett vridmoment på 15 Nm. Detta är beräknat från axeleffekten som är 2200 W och varvtalet som är 1500 varv/min. Axeln tillverkas i rostfritt stål med approximativa mekaniska egenskaper enligt tabell 1.

Tabell 6. Materialdata.

E-modul	208 GPa
G-modul	80 GPa

τ_{MAX}	180 MPa
σ_{MAX}	280 MPa

Axeln dimensioneras mot vridning och skjuvning, det vill säga styvhet och styrka. Maximal tillåten vridning ansätts till 2° och maximal skjuvspänning enligt tabell 1. Vridning och skjuvspänning kan, för ett homogent cirkulärt tvärsnitt beräknas enligt

$$\theta = \frac{M_v L}{GK},\ \tau_{\max} = \frac{M_v}{W} \quad (1),$$

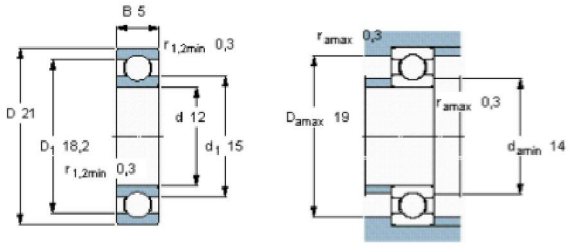
där W och K tecknas som

$$W = \frac{\pi \cdot r^3}{2},\ K = \frac{\pi \cdot r^4}{2} \quad (2).$$

Detta ger följande minimidiametrar på propelleraxeln, för styvhet är 12 mm dimensionerande och för styrka 7.5 mm. Således rekommenderas en rostfri stålaxel på 12 mm. Detta ger en total vikt för axeln på 0.66 kg.

Lagerval till propelleraxel

Ett lämpligt lager till propelleraxeln kan vara ett rostfritt rullager från SKF W61801 för axeldimension 12 mm (figur 2). Detta lager har en totalvikt på 6.3 gram. Detta lager tillåter upp till 3 graders vinkelavvikelse på axeln för optimalt arbetskondition [3].



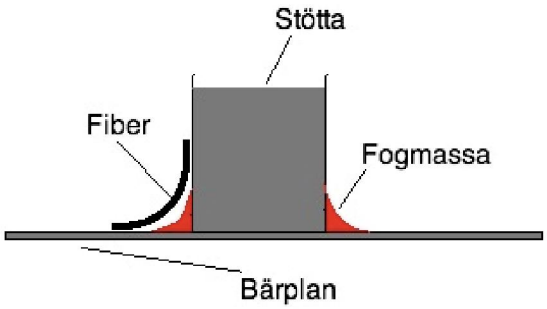
Figur 31. Lager till propelleraxel.

Infästning av främre bärplan

Två varianter av infästning mellan främre bärplan och stötta presenteras, då det är osäkert om Evolo kommer att bygge med eller utan motor.

Utan motor

Om ingen motor levereras till Evolo så rekommenderas det att laminera fast stöttan i det främre bärplanet med hjälp av en så kallad hålkälsfog (figur 3), för ytterligare information om denna typ av infästning hänvisas det till [4].



Figur 32. Infästning bärplan och stötta utan motor.

Använd följande procedur.

1. Detta kan göras genom att såga till en rak yta på ena sidan av stöttan och sedan rigga stöttan mot bärplanet. Den sågade ytan ska ha en vinkel på 4 grader mot horisontalplanets så att det främre bärplanet får rätt anfallsvinkel.
2. Limma fast stöttan mot bärplanet med hjälp av ett lämpligt lim, till exempel Araldit.
3. Spackla sedan upp en fog med vinylester och fyllnadsmedel runtom hela anliggningsytan.
4. Laminera $[0\ +45\ -45]_S$ fiber från stötta över fogen, det vill säga sex lager, och ner på bärplanen med hjälp av handuppläggning

Med motor

Infästningen av det främre bärplanet och stöttan med motor görs genom att bulta bärplanet mot flänsen som finns på motor poden. Vinkeln mellan horisontalplanet och det främre bärplanet ska vara 4 grader och en kil måste tillverkas för att åstadkomma detta.

Stag mellan bärplan

Staget mellan främre bärplan och aktre bärplan kan tillverkas som ett cirkulärt rör i kolfiber. Det är kritiskt för propelleraxel och lager att detta rör inte böjer ut mer än den tillåtna gränsen. Längden på röret är 750 mm och det antages att den maximala tillåtna utböjningen är 2 % av längden. Detta ger en utböjning på 15 mm. Detta resulterar i en maximal vinkel mellan stag och horisontalplan på 1.15 grader, vilket ligger inom de gränser som lagret klarar.

Den maximala utböjningen, δ, för ett cirkulärt tvärsnitt beräknas som

$$\delta = \frac{PL^4}{3EI}, \text{ där } I = \pi r^3 t \qquad (3),$$

där P är den yttre pålagda lasten, r, medelradien för tvärsnittet och t tvärsnittets väggtjocklek. Det antagna lastfallet på den aktre vingen är 400 N. Då stabilisatorvingens area är en femtedel av den främre bärplansvingen som levererar 1700 N lyftkraft vid flygning antas lyftkraften från den mindre vingen vara en femtedel av detta, det vill säga 340 N. För att få lite säkerhetsmarginal ansätts kraften till 400 N. Ett kolfiberlaminat med riktade fibrer och en E-modul på 70 GPa med en tjocklek på 3 mm ger en minsta radie på 16.2 mm. Det rekommenderas att tillverka röret med en diameter på 40 mm för att bygga in en säkerhetsfaktor.

En kontroll av styrkan i rörets kan göras genom att beräkna maximal spänning enligt

$$\sigma_{MAX} = \frac{PL}{I} r \qquad (4).$$

Med det antagna lastfallet blir den största spänningen i röret 80 MPa, vilket är under laminatets brottgräns på cirka 900 MPa.

Referenser

1. TB105 – Bärplan och stag, D. Carlsson, P. Delin och J. Westin.
2. Torqueedo - http://www.torqeedo.com/en/hn/products/cruise-r/technical-data-measures.html
3. SKF, Interactive engineering catalogue - http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&newlink=first&lang=en
4. TB 102 – Infästningar, Jerilgård, E
5. A13 – Pitchstabilitet, Bender, F

Bilaga 35 TB106 Tillverkningsplan stötta

TB106 – Strukturell design av stötta

MIKAEL RAZOLA
razola@kth.se
0707-104074

Kurs:	*Marindesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*29/01-2009*
Versionsnummer:	*1.0*
Handlett av:	
Nedlagd arbetstid:	*20*
Granskad av:	*Mirijam Fürth*

Sammanfattning

Strukturarrangemanget med en bärande stålaxel och kompositprofil uppfyller de krav som ställts i inledningen av denna rapport, bland annat på demonterbarhet, kablageutrymme och modul konstruktion. Det är av största vikt att passningen på dessa delar är god, för att minimera glapp i systemet vilket kommer göra Evolo svårkontrollerad. Den totala vikten på **2.95 kg** bedöms ligga inom ett rimligt intervall. Ett potentiellt problem kan vara förlängningen av den existerande stålaxeln, en undersökning om detta är möjligt med antingen svets eller ett rörmuff arrangemang bör genomföras. De exakta dimensionerna och laminatupplägget för profilen är ännu inte bestämt, rekommendationen är att använda ett $[+45\ -45]_s$ laminat i lämplig tjocklek för att hantera både böj- och vridmoment. För fullständiga konstruktionsritningar hänvisas till *Evolo final draft stötta.dft* som hittas under TB106 på bilda.

1. Problemformulering

Denna rapports syfte är att beskriva konstruktionen för Evolos stötta. Rapporten ämnar motivera utseendet på denna konstruktion och beskriva dess funktion. I detta arbete ingår även fullständiga konstruktionsritningar som kan hittas på www.bilda.kth.se.

Stöttan som sammanlänkar bärplanen med flytkroppen har till syfte att dels överföra de moment och laster som produceras av förare respektive bärplan och dels ge Evolo kurstabilitet.

2. Metod

2.1 Strukturella krav

Den strukturella designen av stöttan dikteras dels av hållfasthets- och styvhetskrav enligt [1] och dels de praktiska kraven på stöttan som att stöttan ska

- skydda motorn från vatteninträngning
- vara demonterbar från flytkropp för att underlätta transport
- byggas i moduler för en kortare produktionstid
- ha låg vikt
- få plats med reglage- och strömkablar
- vara kompatibel med aktuell Torqeedo-motor.

Det är av stor vikt att stöttans design inte påverkar motorn mer än nödvändigt, det vill säga att minsta möjliga modifikation på motorns struktur ska göras.

2.2 Design

Den befintliga motorkonstruktionen består av motorenheten som är sammanlänkad med styrningen med hjälp av en 750 mm lång stålaxel med en ytterdiameter på 35 mm, genom denna axel går reglagekablar och strömkablar. Genom att utnyttja denna axel modifieras konstruktionen för att passa Evolos syfte, i detta fall måste axeln förlängas för att ge Evolo önskat djupgående på 830 mm [2].

2.2.1 Vingprofil

En vingprofil med samma dimensioner som på Torqeedo motorn används för att ge Evolo kursstabilitet i surge-led (figur 1). Denna profil kan med fördel tillverkas i kolfiber och epoxi eller vinylester med en lätt skumkärna. Notera de tre hålen för pop-nitar, som möjliggör fixering av profilen till flytkroppen.



Figur 12. Vingprofil till stöttan.

2.2.2 Stålaxel

Enligt de beräkningar gjorda i [1] räcker inte den existerade axeln för att ge önska styrka och styvhet. För att komma till rätta med det problemet används profilen som bärande struktur tillsammans med stålaxeln. Då motorn inte kan tas loss från axeln måste profilen samt eventuellt andra delar föras på axeln ovanifrån. Detta betyder att diametern på axeln behålls till 35 mm och övriga delar konstrueras runt denna (figur 2).

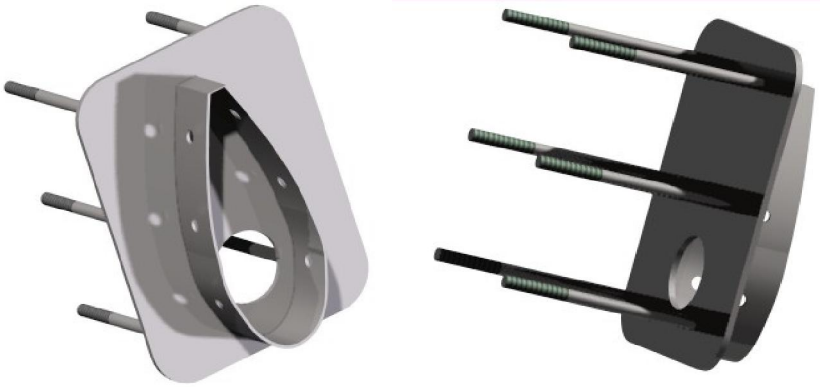


Figur 2. Stålaxel från motor.

I denna figur representera motor av den kvadratiska plattan. Notera hål för uttag av kablage akterut mot batteriboxarna [3], samt den gängade övre delen av axeln.

2.2.3 Basplatta

Basplattans funktion är att överföra den krafter och moment som tas upp av både axel och profil till flytkroppen. Denna design tillåter dels att profil, stötta och basplatta kan produceras parallellt och dels kan profilen träs på axeln innan basplattan monteras. Notera de motsvarande pop-nit hålen som observeras på profilen (figur 3).

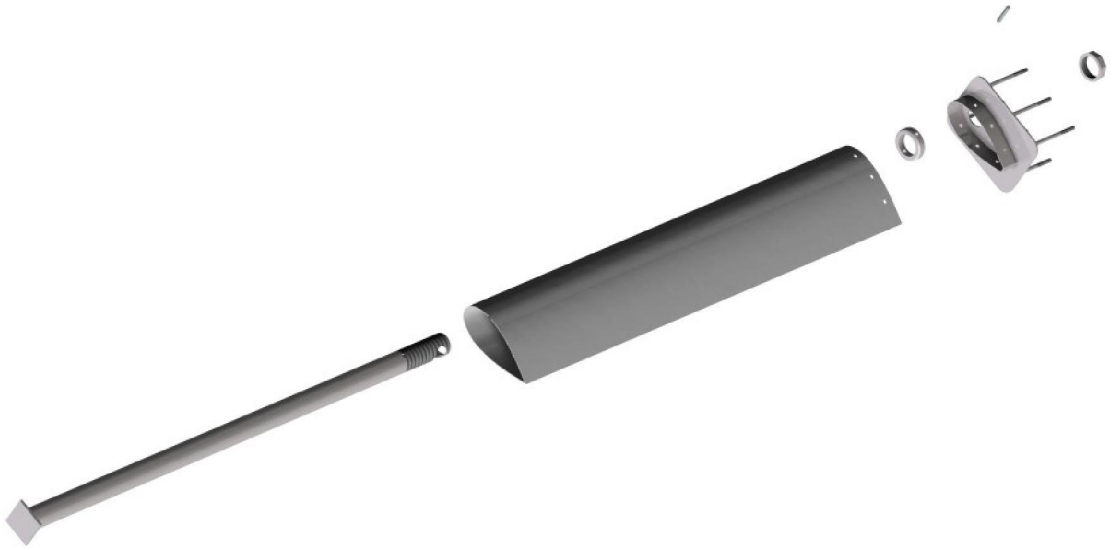


Figur 3. Basplatta för sammanfogning av stötta och flykropp.

De längre bultarna sammanfogar basplattan med flytkroppen och är något kortare än flytkroppens tjocklek vilket gör att muttrar kan försänkas i flytroppen.

2.2.4 Sammanfogning

Sammanfogningen av basplatta och stålaxel görs med hjälp av en stoppbricka som fixeras av en genomgående bult. Profilen fogas sedan samman med basplattan med hjälp av 7 stycket 6.5 mm pop-nit (figur 4).



Figur 4. Sammanfogning av stöttans delar.

Den totala vikten för detta strukturarrangemang uppgår till 2.95 kg (figur 5).



Figur 5. Strukturarrangemanget för stöttan.

Sammanfattning

Strukturarrangemanget med en bärande stålaxel och kompositprofil uppfyller de krav som ställts i inledningen av denna rapport, bland annat på demonterbarhet, kablageutrymme och modul konstruktion. Det är av största vikt att passningen på dessa delar är god, för att minimera glapp i systemet vilket kommer göra Evolo svårkontrollerad. Den totala vikten på **2.95 kg** bedöms ligga inom ett rimligt intervall. Ett potentiellt problem kan vara förlängningen av den existerande stålaxeln, en undersökning om detta är möjligt med antingen svets eller ett rörmuff arrangemang bör genomföras. De exakta dimensionerna och laminatupplägget för profilen är ännu inte bestämt, rekommendationen är att använda ett $[+45\ -45]_s$ laminat i lämplig tjocklek för att hantera både böj- och vridmoment. För fullständiga konstruktionsritningar hänvisas till *Evolo final draft stötta.dft* som hittas under TB106 på bilda.

Referenser

41. N, Wolter & J, Westin *Hållfasthetsberäkningar för stöttorna.* KTH 2008
42. M, Fürth, *D4 Beskrivning av generalarrangemang Evolo.* KTH 2008

Bilaga 1 – Checklista för Kvalitetssäkring

Listans syfte är att fungera som strukturerande stöd vid planering, skrivande och korrekturläsning av rapporter samt som stöd för självreflektion. Listan skall användas vid återkoppling från korrekturläsare. Värdera varje punkt med ja/nej och ibland med betyg u,3,4,5. *Notera att ifylld checklista skall bifogas varje rapport!*

Generellt intryck	**Författare Ja/Nej**	**Granskare Ja/Nej**
277. Är samtliga moment i problemställningen behandlade?	Ja	Ja
278. Har syfte och förutsättningar redovisats?	Ja	Ja
279. Har relevanta slutsatser till gagn för projektet dragits, redovisats och relaterats till målsättningen?	Ja	Ja
280. Uppnås syftet?	Ja	Ja
281. Är rapporten läsbar utan tillgång till uppgiftsformulering, projektinstruktioner, mm som du fått från lärare och handledare?	Ja	Ja
Tekniskt innehåll		
282. Har förenklingar och antaganden tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
283. Har val av lösningsmetoder tydligt redovisats och motiverats?	Ja	Ja
284. Är beräkningar kontrollräknade och rimlighetsbedömda?	-	-
285. Är alla använda termer, variabler, beteckningar, förkortningar mm, tydligt definierade och förklarade första gången de används i texten?	Ja	Ja
286. Är ekvationer skrivna som en del av den löpande texten, presenterade på separata rader och numrerade?	-	-
287. Går det att följa det tekniska resonemangen?	Ja	Ja
288. Görs skillnad på fakta, påståenden samt författarens åsikt?	Ja	Ja
Presentation		
289. Är rapporten väl strukturerad med avseende på avsnitts- och kapitelindelning, röd tråd och logisk följ samt balans mellan olika avsnitt	Ja	Ja
290. Är rapporten försedd med: lämplig titel, datum, författarnamn, e-post, eventuell handledare, sammanfattning/abstract, innehållsförteckning, referenslista och sidnumrering	Ja	Ja
291. Är rapporten skriven i tredje person passiv form? Är experiment omskrivna i imperfekt, t.ex. "Släpförsök utfördes för att verifiera…" medan beskrivningar av analysmetodik och beräkningar är omskrivna i presens, t.ex. "Beräkningar visar att egenfrekvensen…"?	Ja	Ja
292. Är figurer och tabeller tydliga och informativa, försedda med figur-/tabelltext och tydlig numrering? Har alla figurer storheter inskrivna på alla axlar? Kan man tolka figurer även efter utskrift i svart-vitt, och gärna efter svart-vit kopiering?	Ja	Ja
293. Görs lämpliga hänvisningar till figur-, tabell- och ekvationsnummer i texten?	Ja	Ja
294. Görs lämpliga hänvisningar till referenser i referenslistan?	Ja	Ja
295. Är språket vårdat, fritt från stavfel, meningsbyggnadsfel, särskrivningar etc?	Ja	Ja
Övrigt		
296. Har rapporten skrivits av dig enskilt?	Ja	
297. Arbetet har utförts i samarbete med : _____	-	-
298. Rapporten är korrekturläst av : _____	-	-

299. Jag anser att denna rapport totalt sätt är värd betyg (u,3-5)	-	
300. Här följer en reflektion över hur jag anser att arbetet med denna rapport och tillhörande projekt relaterar till uppställda lärandemål (arbetets relevans, vilka mål som uppfyllts etc):		-

Bilaga 36 Konstruktionsplan flytkropp

TB107 – Flytkropp
Konstruktionsplan



JOACIM WESTLUND
joacimwe@kth.se
0709-309106

Kurs:	*Marindesign/Lättviktsdesign*
Projekt:	*Evolo*
Datum:	*3/3 2009*
Versionsnummer:	*2*
Handlett av:	*Per Wennhage*
Nedlagd arbetstid:	*30*

Inledning

En ritning av Evolos flytkropp har modellerats tredimensionellt och har därefter analyserats med avseende på vikt, tyngdpunkt och konstruktionsmetoder. En motiverad vikt- och tyngdpunktsuppskattning samt en konstruktionsplan som beskriver hur flytkroppen ska byggas presenteras.

De krav som ställs på flytkroppen är att den ska ha mått enligt generalarrangemanget vilket innebär en total längd L = 2,3 m och en bredd på max B = 0,7 m. Enligt kravspecifikationen får hela farkosten inte väga mer än 70 kg och flytkroppen ska därför ha en lyftkraft på ca 170 liter.

Viktuppskattning

I uppskattningen av vikt och tyngdpunkt i Tabell 7 mäts ytor och volymer ur CAD-modellen vartefter densiteter uppskattas och införs i modellen. Ur modellen mäts sedan de olika delarnas tyngdpunkt i förhållande till den främre perpendikeln.

Tabell 7: Vikt och tyngdpunktsberäkningar

Del	**Material**	**Densitet [kg/m^3]**	**Volym [m^3]**	**Vikt [kg]**	**Tyngdpunkt [m]**
Flytkropp - *kolfiberlaminat*	4 lager kolfiber á 0,25 mm	1350	3,16 m^2 * 1 mm = 0,00316	4,26	1,25
- kärnmaterial	Divinycell	50	0,1572	7.86	1,25
Flytkropp överdel	4 lager kolfiber á 0,25 mm	1350	0,60 m^2 * 1 mm = 602*10^{-6}	0,81	0,44
Handtag	Aluminium	2700	-	1,51	0,6
Batterier	-	-	-	27,0	1,54
Stötta - *rör*	Rostfritt stål	7750	0,00027	2,7	1,7
- profil	6 lager kolfiber á 0,25 mm	1350	0,28 m^2 * 1,5 mm = 0,00042	0,57	1,7
Motor	-	-	-	10	1,7
Axel	Rostfritt stål	7750	0,00024	1,8	2,1
Bärplan & motorhus	Kolfiber & divinycell	500	0,005	2.5	1,8
Propeller	Kolfiber, Aluminium	-	-	1,3	2,5
				60,3	**1,53**

Störst osäkerhet ligger i skrivande stund i vikt på bärplanen och motorn. Farkostens tyngdpunkt beräknas som synes ligga 1,53 m bakom den främre perpendikeln. Till denna beräkning tillkommer dock förarens vikt som har stor betydelse för den totala tyngdpunkten. Enligt ergonomistudien ska förarens tyngdpunkt ligga 45 cm bakom handtagen, och om personen väger 70 kg flyttas då den totala tyngdpunkten fram till att ligga 1,25 m bakom den

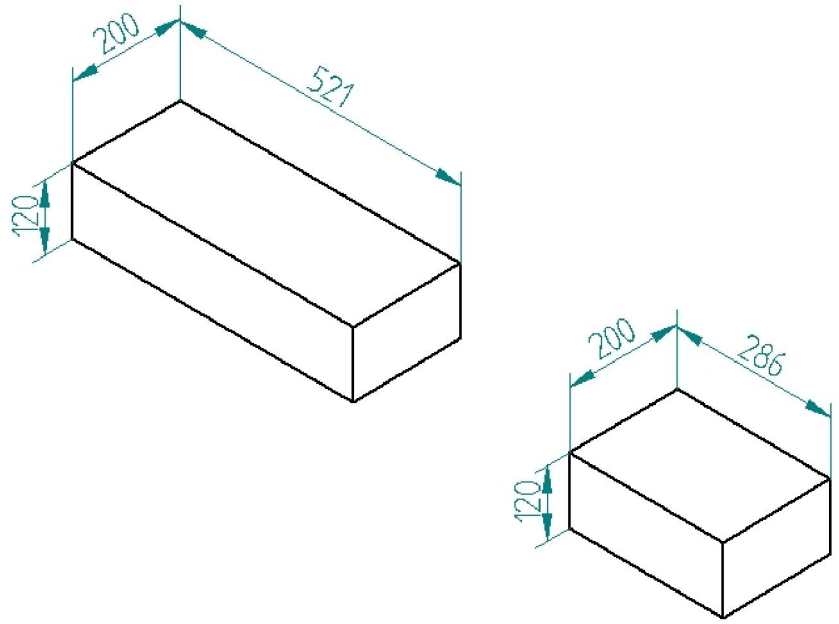
främre perpendikeln. Den totala tyngdpunkten ska ligga en bit (ca 2 dm baserat på experiment 4) framför bärplanets lyftcentrum. Exakt var bärplanets lyftcentrum sitter är svårt att säga men kan approximeras till att ligga en tredjedel av bärplanets maxkorda framför bärplanets aktre ände. De mått som definierar ritningen är baserade på att (hålet för) stöttan sitter 1,7 m bak. Detta innebär (och bygger på) att batterierna delas upp i två lådor, en aktre låda som innehåller sex celler och en främre som innehåller elva. Den totala tyngdpunkten hamnar då 0.22 m framför bärplanets lyftcentrum.

Konstruktionsplan

Konstruera batterilådor

Lådorna till batterierna bör konstrueras först för att försäkra sig om att flytkroppens akterskepp blir tillräckligt stort så att lådorna får plats. Lådorna är två stycken och bör hållas så små som möjligt. Mindre yttermått på lådorna innebär slankare akterskepp och mindre motstånd. Innermåtten är dock mycket viktiga att inte underskrida.

Enligt tidigare ska två lådor byggas, en aktre innehållande sex celler och en främre med elva. Måttet på en battericell är HxBxD = 193*115*46 mm. Förslaget på lådornas innermått redovisas i Figur 33. Det bör kontrolleras att marginalerna räcker; 8 mm på bredden, 5 mm på höjden samt 15 respektive 10 mm på längden. Mest kritiskt är bredden, eftersom sladdarna ska få plats.



Figur 33: Batterilådornas innermått.

Lådorna ska byggas av ett mycket lätt divinycell som täcks av kolfiber på alla sidor utom ovansidan. Anledningen till att det ska vara lätt kärnmaterial i lådorna är att det enkelt ska gå och gröpa ur detta material. Man skulle kunna bygga kärnan i frigolit också, men då kan man inte använda vinylester som plast vid laminering av själva flytkroppen, eftersom frigoliten då smälter.

Test av vakuuminjicering på underkropp

Ett test måste genomföras för att se om det går att injicera plast längst hela flytkroppens bredd. Detta bör ske genom att bygga upp en mittsektion av flytkroppen där den är som bredast. Denna sektion bör vara i princip kvadratisk sedd uppifrån och ha ett tvärsnitt som liknar flytkroppens. Sektionen ska täckas av kolfiber och vakuuminjicering (från en sida till den andra) av vinylester ska ske för att se om plasten lyckas nå fram hela bredden. Det är