



Preliminärdesign design

Rapport i 4E1402 Marindesign och 4E1132 Lättviktsdesign
Stockholm 2/12-2005



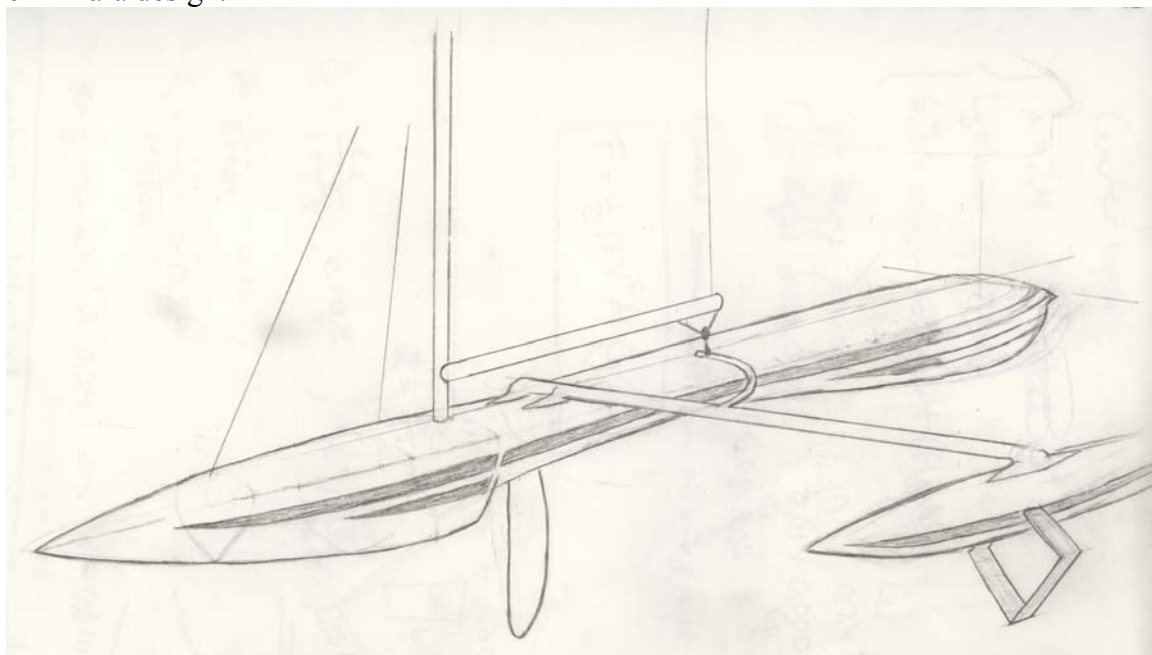
ventum@lws.ave.kth.se
Farkost & Flyg

Datum: 2005-12-15	Ref: Preliminärdesign_2.doc	Sidan 2 av 36
Författare: Projektgruppen Ventum		
Titel: Preliminärdesign_v2		

Sammanfattning

Projektgruppen Ventum arbetar med att ta fram en snabbseglande farkost. Farkosten som avses byggas är baserad på principen, ett planande huvudskrov med en uttriggare i lä. Detta är en relativt enkel konstruktion som samtidigt kan segla fort. Båten är 2,3 m lång och kommer att väga 7,5 kg.

Figuren nedan är en illustration av farkosten och dokument beskriver dess Preliminära design.



Innehållsförteckning

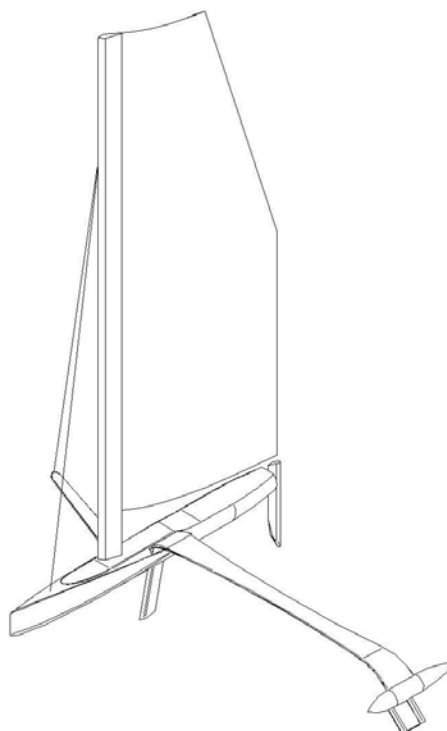
SAMMANFATTNING	2
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	3
2 KONCEPT	5
2.1 ÖVERGRIPANDE KONCEPT	5
2.2 STABILITET	5
3 KONSTRUKTION	7
3.1 SEGEL	7
3.1.1 KRAV PÅ RIGG STRUKTUR	7
3.1.2 REGLERING AV SEGEL	10
3.1.3 TILLVERKNING	11
3.2 SKROV	11
3.2.1 ANALYS	12
3.2.2 BERÄKNING AV SKROVMOTSTÅND	12
3.2.3 JÄMVIKTSEKVATIONER	13
3.2.4 UPPSKATTNING AV SKROVMOTSTÅND	14
3.2.5 RESULTAT	14
3.2.6 TILLVERKNING	15
3.2.7 DESIGN	15
3.3 UTRIGGARE	16
3.3.1 BÄRPLAN	16
3.3.2 UTRIGGARARM	17
3.3.3 FLYTPONTON	20
3.3.4 SAMMANSÄTTNING AV DELARNA	21
3.3.5 TILLVERKNING	21
3.4 CENTERBORD/RODER	22
3.4.1 PROFIL	22
3.4.2 STRUKTUR	23
3.4.3 REGLERING AV RODER OCH CENTERBORD	23
4 PRESTANDA/VPP	24

Datum: 2005-12-15	Ref: Preliminärdesign_2.doc	Sidan 4 av 36
Författare: Projektgruppen Ventum		
Titel: Preliminärdesign_v2		

4.1 BEGRÄNSNINGAR I MODELLEN	25
4.2 SKOTVINKEL OCH KURS	25
4.3 KRAFTER FRÅN SEGEL	27
4.3.1 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	27
4.3.2 ANTAGANDEN	28
4.3.3 RESULTAT	28
5 PRODUKTBUDESKAP	28
6 FRAMTIDA ARBETE	29
7 REFERENSER	29
8 BILAGOR	30
8.1 VINGPROFILER	31
8.2 MÅTT DEFINITIONER	33
8.3 SKOTVINKLAR	36

1 Inledning

Dokumentet beskriver en preliminär design för en snabbseglande båt. Projektgruppen Ventum, ansvarig för design och konstruktion, deltar i en tävling ordnad av kurserna 4E1132 Lättviktsdesign och 4E1402 Marindesign vid Kungliga Tekniska Högskolan. Uppdaterad information om projektet och tävlingen finns på: <http://flygmac7.flyg.kth.se/~ventum/> Projektgruppens grundtanke under utvecklingen har varit enkelhet och att få fram en farkost som seglar som snabbast i vindhastigheter upp till 7m/s. Designen har ramar som ges av tävlingsreglerna[1]. Predikteringar för just nu ger att farkosten kommer att segla i 7 m/s i 6 m/s sann vind hastighet.



2 Koncept

2.1 Övergripande koncept

(MPE)

Fiaur 1 farkosten från sidan

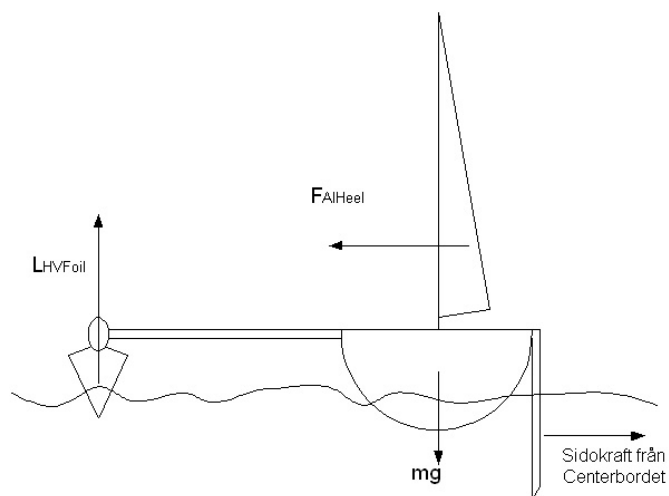
Ventums koncept bygger på ett planande huvudskrov som har en utriggare i lä (se figur 1). Framdrivande kraften skapas av ett konventionellt segel som placeras på huvudskrovet. Seglet kommer att vara uppbyggt av en stagad styv mast och ett mjukt segel av mylar. Utriggaren består av en flytponton och ett ytskärande bärplan. Dessa är till för att skapa ett rätande moment för att motverka seglets krängande kraft. När farkosten gör fart genom vattnet skapar bärplanet en lyftande kraft.

Utformningen med bärplanet i lä gör att dess lyftande kraft även lyfter huvudskrovet och flytpontonen ur vattnet, vilket medför ett mindre hydrodynamiskt motstånd. På Huvudskrovet kommer även ett centerbord och roder att fästas för att göra farkosten kursstabil.

2.2 Stabilitet

(JKN)

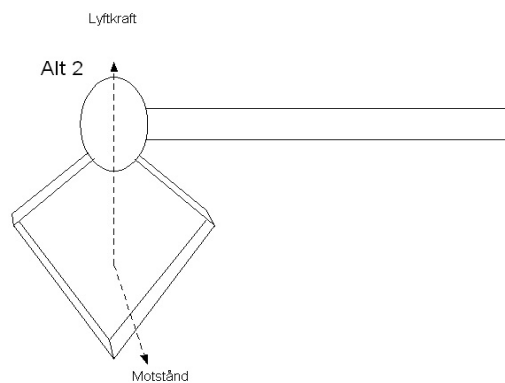
Farkostens jämvikt kring roll-axeln (se figur 2), bestäms främst av seglets krängande kraftkomponent (F_{AIHeel}) och bärplanets lyftkomponent (L_{HVFoil}). Jämvikt i vertikalled ger att bärplanets lyftkomponent (L_{HVFoil}) inte får vara större än båtens tyngdkraft (mg). Detta medför att det enda sättet att öka det rätande momentet är att förlänga utriggar-armen.



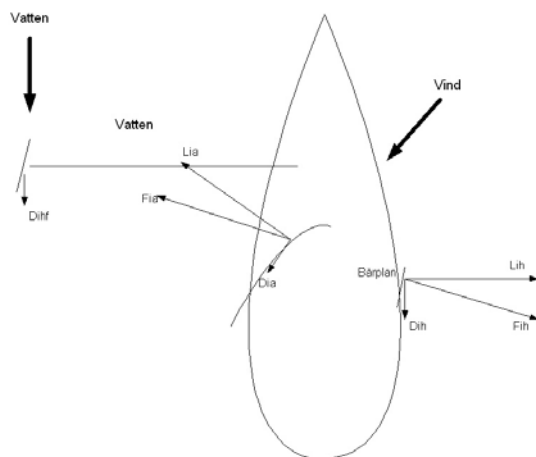
Figur 2. Vy bakifrån

Då båten inte kommer att vara bemannad utan endast kontrollerad från land kan det uppkomma problem med "känslan" för hur farkosten beter sig som i sin tur gör att det blir svårt att kontrollera farkosten. En analys har utförts för att se om farkosten är stabil. För att få farkosten så stabil som möjligt har ett V-format bärplan enligt (se figur 3) tagits fram.

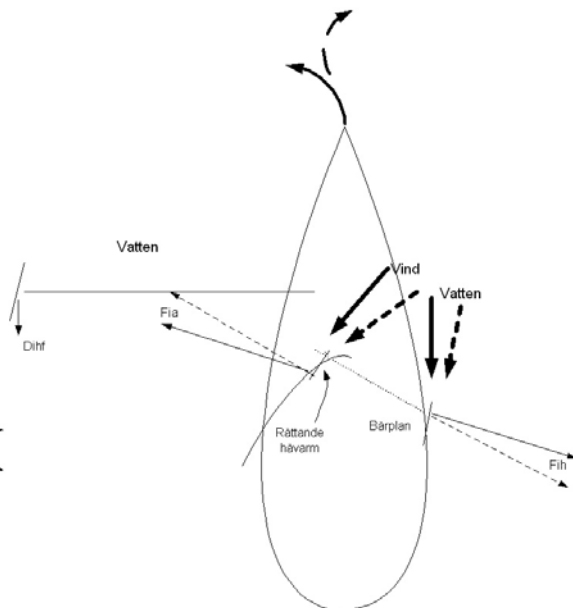
Detta gjorde att de sidokrafterna från respektive bärplan tog ut varandra och kvar blev en lyftkraft och en motståndskraft. Det är dock nödvändigt att ha en sidokraft som tar upp de krafter som vinden trycker båten i sidled och för att farkosten ska kunna segla framåt och inte i sidled. För att ta upp sidokrafter monteras ett centerbord på lovartsidan av farkosten, detta för att få en större hävarm när båten börjar att gira (mer om detta under rubriken Centerbord/roder).



Figur 3. Utriggarens V formade bärplan.



Figur 4. Farkost med V-format bärplan och centerbord på huvudskrovet i jämvikt



Figur 5. Farkost med V-format bärplan och centerbord på huvudskrovet vid en störning.

Denna konfiguration medför att om farkosten kommer ur kurs skapar de resulterande krafterna från seglet och centerbordet ett hävande moment. Det hävande momentet får farkosten att gira tillbaka mot tidigare kurs. Jämviktsläget är alltså stabilt vilket man vill åstadkomma då man har en fjärrstyrd farkost

3 Konstruktion

3.1 Segel

Framdrivningen kommer att lösas med ett mjukt segel och vara ett så kallat full-latte segel(lattorna spänner över hela seglets korda). Fördelen med detta är att seglet kommer att vara enkelt att förändra formen på d.v.s. trimma in seglet. Seglet kommer även p.g.a. den mjuka strukturen inte vara så känsligt för slag och stötar.

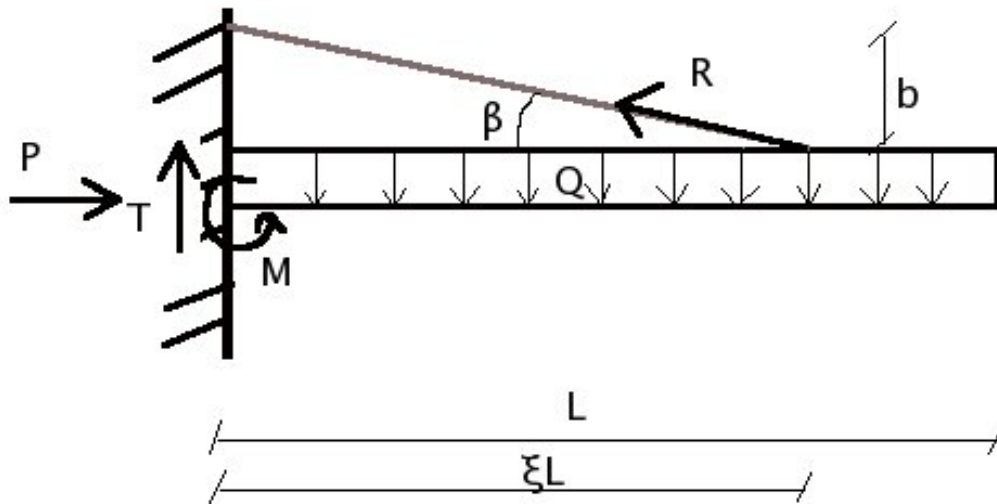
3.1.1 Krav på rigg struktur

(SHG)

Antaganden

För att underlätta beräkningarna antas masten vara en fast inspänd balk (se Figur 6) med en utbredd last Q , och för att få dit stagets inverkan kommer man inte tillåta att balken böjer sig där staget är infäst på masten.

Bommen kommer ej behandlas då de dimensionerande krafterna kommer att finnas i masten. Mast och bom kommer att byggas av samma sorts rör.



Figur 6 Hur masten har generaliserats

Beräkningar och resultat

Med utgångspunkt från Figur 6 har en kraftjämviktsekvation, en momentjämviktsekvation och en nedböjningsekvation (med hjälp av elementarfall i Hållfasthetssamlingen [2]) ställts upp:

$$y\text{-led} : -Q + T + F = 0 \quad (1)$$

$$\text{moment} : M + F\xi L - \frac{QL}{2} = 0 \quad (2)$$

$$\text{nedböjning} : \frac{QL^3}{24EI} ((1-\xi)^4 - 4(1-\xi) + 3) = \frac{FL^3}{3EI} \xi^3 \quad (3)$$

Där $F = R \cdot \sin(\beta)$ vilket ger att $P = R \cdot \cos(\beta)$, β beräknas med hjälp av ξ och b .

I ekvationerna (1) till (3) är det M , R och T som är okända, så det är dessa som skall lösas ut. Detta utförs lättast i Maple och ger resultaten:

$$M = \frac{-1}{8} QL(2 - 4\xi + \xi^2) \quad (4)$$

$$R = \frac{1}{8b} \sqrt{\left(\frac{\xi^2 L^2 + b^2}{\xi^2 L^2}\right)} QL(6 - 4\xi + \xi^2) \quad (5)$$

$$T = -Q \frac{-12\xi + 6 + \xi^2}{8\xi} \quad (6)$$

Masten är 3 meter lång och har en godstjocklek på 2mm samt en radie på 1 cm, staget sitter på avståndet $b = 1.5$ m och höjden 2 m ($\xi = 2/3$), den utbredda lasten Q beräknades till 60 N, detta är då en approximation av den kraft som seglet ger upphov till.

Med dessa indata blir momentet vid väggen 5 Nm, tvärkraften 17,5 N och hela R blir 70.83 N. R delas i sin tur upp i en kraft (F) som håller tillbaka masten och en (P) som trycker masten ner i båten.

Knäckning

Kraften P dimensionerar masten för knäckning. Det finns två sätt masten kan knäcka på om man har ett stag. Det två olika fallen är Eulerknäckning 1 och Eulerknäckning 3, (se figur 7).

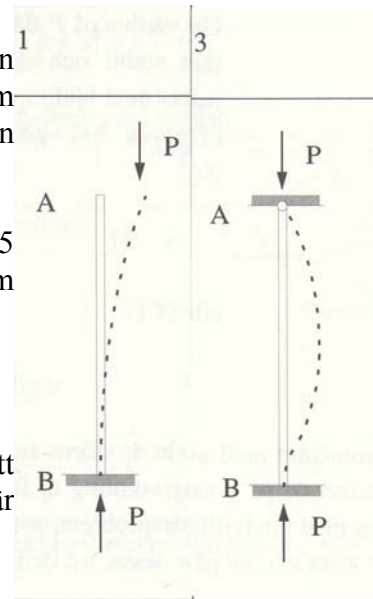
Bilderna samt formlerna är hämtade ur Hållfasthetssamlingen [2].

$$P_{k1} = \pi^2 \frac{EI}{4L^2} \quad (7)$$

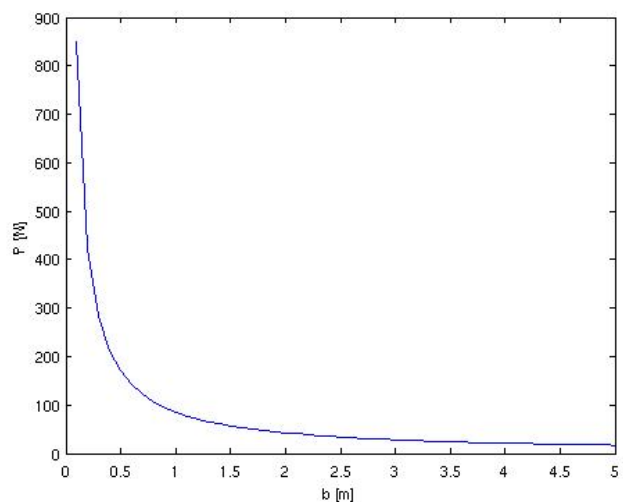
$$P_{k3} = 2,05 \pi^2 \frac{EI}{L^2} \quad (8)$$

För att finna den minsta E-modul som krävs för masten har P_k approximerats till den kraft P som trycker ner masten i båten. Då Euler 1 ger det största kravet på E-modulen kommer masten att stagas upp med två stag, det ena till fören och det andra i lovart.

För knäckning enligt Euler 1 fanns att E-modulen måste minst vara 14 GPa, och enligt Euler 3 minst 1.7 GPa, om knäckkraften är lika med P . Det märks tydligt på värdena att ett stag fram och ett i sidan är att föredra.



Figur 7 Eulerknäckning



Figur 8 Knäckkraft i förhållande till utstagning

Då båten är smalare än stagets läge i lovart ska ett peke ut på den sidan för att fästa staget. Att 1.5 m valts baseras på grafen i figur 8, där man ser att optimalt skulle staget sitta oändligt långt bort, då kraften längs staget är som minst då. Då detta inte är möjligt väljs 1.5 m.

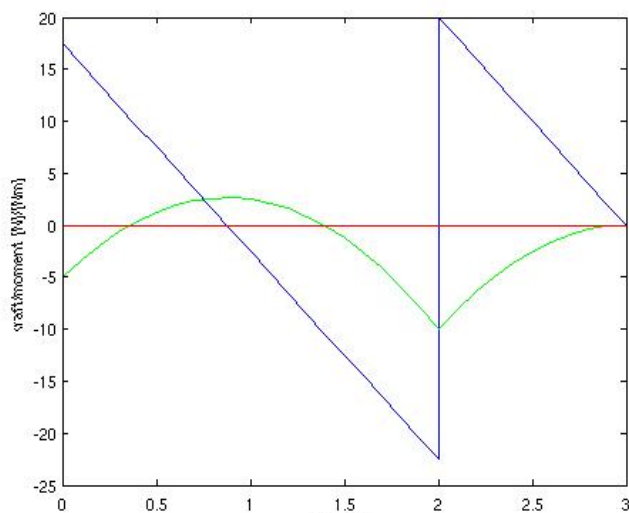
Böjning

Genom att titta på moment och tvärkraftsdiagram i figur 9 (momentet är grönt, tvärkraften är blå, masten är röd) inser man att den största utböjningen kommer att ligga mellan infästningen i båten och staget. För att få denna att befinna sig inom en rimlig gräns får inte vinkeln på utböjningen vid staget överstiga 17 grader. detta värde kommer ifrån att man inte vill ha en utböjning mer än 10 % av masten längd. 10 % är en uppskattning av hur mycket andra båtars master böjer.

Enligt Hållfasthetsamlingen [2] sid 347 är nedböjningsvinkeln vid staginfästningen beroende av lasten som :

$$\frac{QL^2}{48EI} = \theta$$

θ har satts till 17 grader, det vill säga 0.29 radianer och detta ger en E-modul på 4.11 GPa. Detta är den största E som denna struktur kräver och detta är då det värde som strukturen skall dimensioneras efter.



Figur 9 Moment- och tvärkraftsdiagram

Vikt

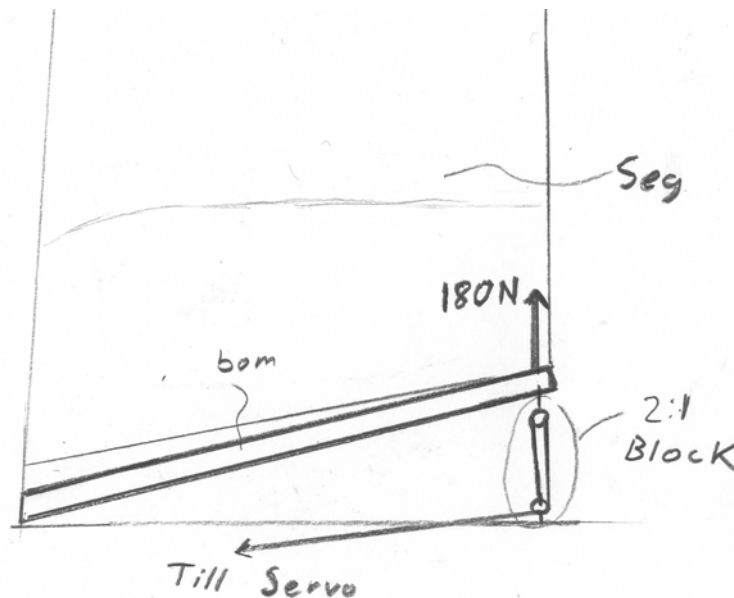
Ett kolfiberlaminat håller för de krafter som masten utsätts för. Med en densitet på 1700kg/m³ får mast och bom en vikt på 0.8 kg.

3.1.2 Reglering av segel

(MPE)

Seglet kommer att behöva regleras för att ställa in anfallsvinkel och tvist på seglet. Kraften som seglet kommer att belasta skotet med har beräknats m.h.a. Harken Sweden AB[3] som har stor erfarenhet att dimensionera skotsystem på båtar. Detta ger att seglet kommer i 7 m/s vindstyrka att belasta skotet med 180 N. För att kunna reglera detta kommer farkosten utrustas med ett blocksystem med utväxlingen 2:1 (Se figur 10). Skotet från blocken kommer sedan att regleras av ett vinschservo för att kunna ha tillräcklig kraft och möjlighet till stora

justeringar. Modell på servo är idag inte fastställt, en kommande utredning kommer att undersöka detta.



Figur 10 Skotsystem för farkosten

3.1.3 Tillverkning

(MPE)

Samtal förs just nu med segelmakare. Seglet kommer att tillverkas i mylarsegelduk och sys hos en segelmakare. Lattor till seglet kommer att göras i prepreg kolfiber.

Mast och bom kommer att bestå av kolfiberrör, som kommer att köpas in. Även block och lina till skot kommer att inhandlas.

3.2 Skrov

(JFN/MDW)

Under hösten har projektgruppen resonerat kring skrovet, detta har kretsat kring ett koncept som bygger på att skrovet skall plana. Krav ställs på lågt motstånd och en skrovdesign som genererar mycket lyftkraft.

Grundtanken har varit att skrovet skall vara långt och smalt vid deplacerande tillstånd för att minimera motståndet och utnyttja den långa vattenlinjen. Detta för att motståndet från den våta frontarean är större än friktionsmotståndet hos ett deplacerande skrov.

Ett lågt motstånd ger högre acceleration upp till den gräns där motståndet är lika stort som den framtådrivande kraft seglet kan generera.

Vid planande tillstånd är ett mindre längd / bredd förhållande gynnsamt för att det ger högre lyftkraft / våtyta. Reducerad våtyta minskar motståndet.

För att kunna uppfylla i huvudsak de två kraven så konstrueras skrovet med ett steg. Detta ska inte ses som ett för motorbåtar traditionellt steg, utan ett sätt att reducera vattenlinjen när

skrovet planar. Inspiration har hämtats från Sailrocket. Konstruktionerna skiljer sig nämnvärt från varandra men det har varit till hjälp att studera de bilder som finns på Sailrockets hemsida. [4].

Analysen har främst fokuserats på att med Savitskys metod, [5], ta fram motståndsberäkningar och försöka optimera skrovformen i planing.

Ett långt skrov utan steg har en lång vattenlinje i förhållande till sin bredd. Det begränsar möjligheten att använda Savitskys modell för motståndsberäkningar. Det ger även försämrad stabilitet i pitch-led eftersom lyftkraften blir utbredd över hela skrovet istället för samlad kraft i för och akter. Ett sätt att reducera våtyta vid planing och ge skrovet en lång vattenlinje vid deplacerande tillstånd är att använda ett stort steg. Detta ska generera lyftkraft vid för och akter på skrovet för att ge stabilitet i pitch-led och för att minska skrovets våta yta vid planing. Detta ger möjlighet till ett lågt längd/bredd förhållande, som genererar mer lyftkraft. Med dessa villkor kan Savitskys metod vara till viss hjälp vid motståndsberäkningar. Stegets placering har uppskattats fram ifrån bildstudier av Sailrocket. Stegets höjd är inte möjligt att beräkna, detta kommer estimeras för att senare testas i modellförsök. En stor höjd på steget kommer att försämma skrovets egenskaper betydligt vid låga farter så att en moderat till liten höjd har approximerats som utgångspunkt.

3.2.1 Analys

Arbetet med analysen har koncentrerats på de beräkningar som i nuläge är möjliga att genomföra. Ett släptest med en modell av skrovet kommer att utföras inom kort men resultatet av denna hinner inte presenteras i denna rapport.

3.2.2 Beräkning av skrovmotstånd

En metod för att beskriva skrovets hydrodynamiska karaktär vid planing är att använda Savitskys modell.

Då skrovet har designats med ett steg blir problematiken kring analysen betydligt mer komplicerad. Det krävs att de två delarna i skrovet som genererar lyftkraften evalueras separat, för att sedan analyseras tillsammans i ett jämviktssystem för att få lutningen på båten vid olika hastigheter. Savitskys modell kan alltså vara till hjälp vid beräkningar för motstånd och normalkraft för främre- respektive bakre-våta ytan som uppkommer vid planing. I iterationsarbetet kommer flera variabler sättas till konstanter för att möjliggöra analysen. Dessa kommer att ändras mellan iterationerna om så krävs, för att erhålla bättre resultat. På detta sätt kan segel, bärplan osv. placeras så att skrovet ligger optimalt i vattnet. Problematiken kretsar kring att skrovet inte är isolerat ifrån de andra delarna i farkosten. Detta

bidrar till att resultaten i denna analys inte kommer bli exakta. Det krävs att en jämviktsanalys av alla delar av farkosten utförs.

3.2.3 Jämviktsekvationer

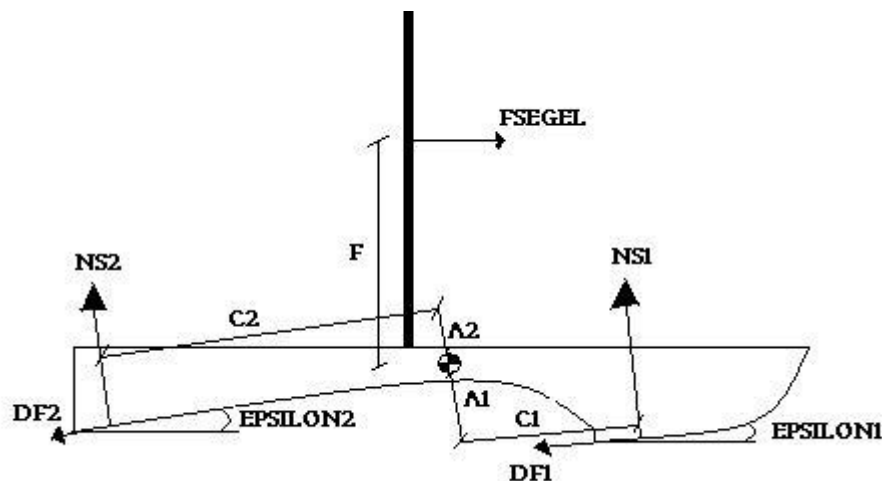
Dessa jämviktsekvationer används istället för Savitskys jämviktsekvationer som bygger på ett skrov med propellerdrift.

$$\uparrow: 0 = N_{s1} \cos(\epsilon_1 + \tau) + N_{s2} \cos(\epsilon_2 + \tau) + F_{\text{segel}} \sin(\tau + \Phi) + D_{f1} \cos(\epsilon_1 + \tau) + D_{f2} \cos(\epsilon_2 + \tau) - mg + F_{\text{blyft}}$$

$$\Rightarrow: 0 = N_{s1} \sin(\epsilon_1 + \tau) + N_{s2} \sin(\epsilon_2 + \tau) - F_{\text{segel}} \cos(\tau + \Phi) + D_{f1} \cos(\epsilon_1 + \tau) + D_{f2} \cos(\epsilon_2 + \tau) + F_r + F_f + F_b$$

Momentjämvikt kring CG:

$$0 = N_{s1} c_1 + N_{s2} c_2 + D_{f1} a_1 + D_{f2} a_2 + F_{\text{segel}} f$$



Figur 11 Krafter och moment hävvarm

N_1, N_2 –lyftkraft från respektive skrov

F_{segel} –framdrivande kraft från segel

F_f – motstånd fena

F_b – motstånd utriggare

ϵ -vinkel för respektive skrov relativt vattenlinjen då $\tau=0$

D_{f1}, D_{f2} –motstånd från respektive skrov

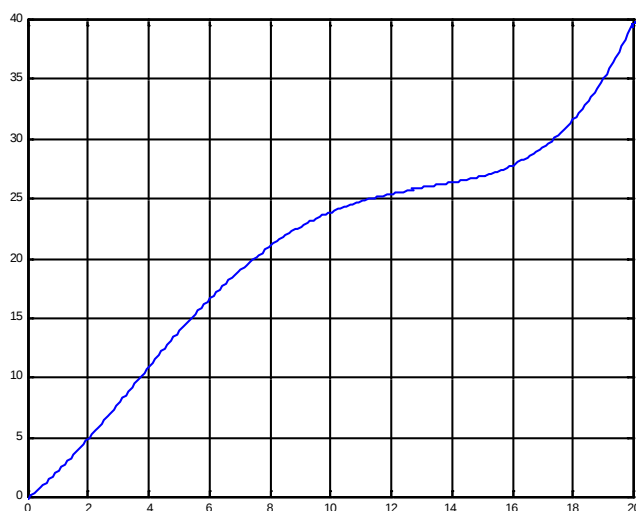
a_1, a_2, c_1, c_2 – momenthävarmar

F_R – motstånd roder

τ -vinkel för hela skrovet relativt vattenlinjen

3.2.4 Uppskattning av skrovmotstånd

En enkel matematisk modell, baserad på föregående års projekt Tachus släpförsök, ger en motståndskurva. Denna ger en bild av hur motståndet kan se ut.



Figur 22 Uppskattat motstånd (y-axeln) vid olika hastigheter i knop (x-axeln)

3.2.5 Resultat

Implementeringen av analysen kräver mer tid och arbete för att komma fram till pålitliga resultat.

Savitskys modell baseras dock på att skrovet planar, medan motståndskurvan approximerar motståndet i alla fartområden.

Osäkerheten i Savitskys metod är stor innan alla parametrar ifrån farkostens samtliga delar har samkörts och bättre indata kan erhållas, men Savitskys metod har varit till hjälp att modellera fram de två våta ytorna på skrovet, vid planing. Se figur 13 för förklaring av de olika beteckningarna.

$$Lk1 = 0,55 \text{ m}$$

$$Lk2 = 0,35 \text{ m}$$

$$Lc1 = 0,39 \text{ m}$$

$$Lc2 = 0,19 \text{ m}$$

$$\text{Våt bredd främre våt yta} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Våt bredd bakre våt yta} = 0,2 \text{ m}$$

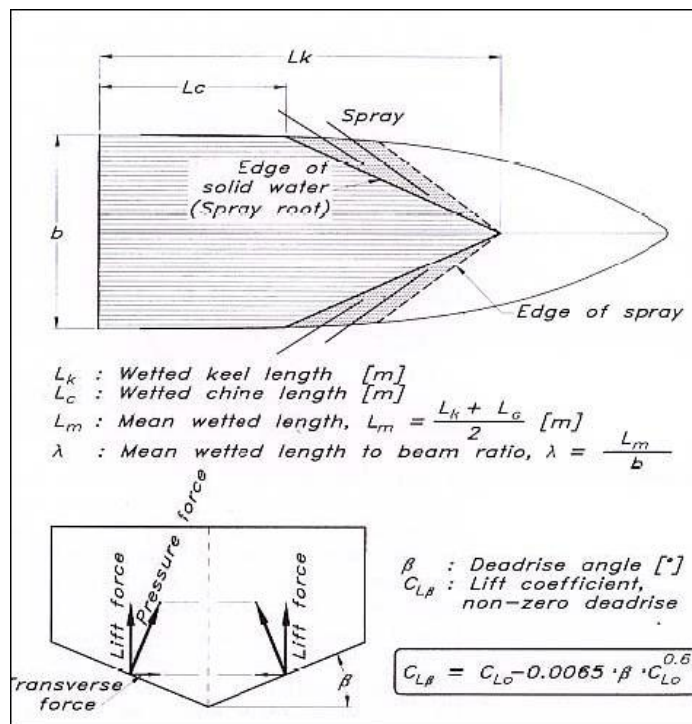
Dessa resultat baseras på några av följande indata;

$$\text{Båthastighet} = 10 \text{ knop}$$

$$\text{Avstånd från akter till tyngdpunkt} = 1,15 \text{ m}$$

$$\beta = 10^0$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 4^0$$



Figur13, Påverkan av deadrise på spray och lyftkraft.
Figur hämtad från Principles of Yacht Design

3.2.6 Tillverkning

En skalenlig modell av skrovet byggs i cellplast. Pluggen till skrovet byggs i prepeg som en honform utifrån skrovmodellen. Honformen förstyvas genom att placera den i en skumfylld låda innan tillverkning av skrovet. Skrovet och däck kommer att tillverkas i prepeg. Två lager, 200 gram väv, i $\pm 45^\circ$ riktning ska användas. Detta delvis för att det ska vara lätt att forma efter pluggen som tillverkas för att skrovet ska tillverkas i denna. Skrovet kommer att spantas med UD riktad prepeg. Små bitar av kraftigare väv, ca 600 gram kommer att lamineras in vid infästningar på skrovet.

3.2.7 Design

Målet är att under implementerings perioden arbeta parallellt med estetik och formspråk kring skrovet. Att senarelägga stora förändringar kan förändra skrovets prestanda. Ett bra öga ger ofta en god uppskattning av utformning av skrovet och dess egenskaper. Från det utgångsläget kan matematiska analyser i Matlab och hållfasthetsberäkningar ta vid.

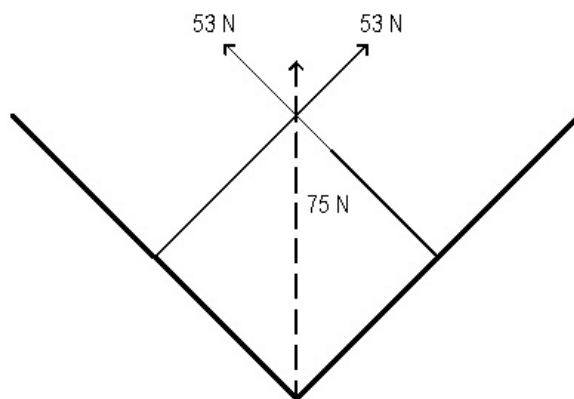
3.3 Utriggare

(MNY,RJN)

Utriggaren består av tre delar: utriggararm, flytponton och bärplan. Delarna beskrivs var för sig nedan.

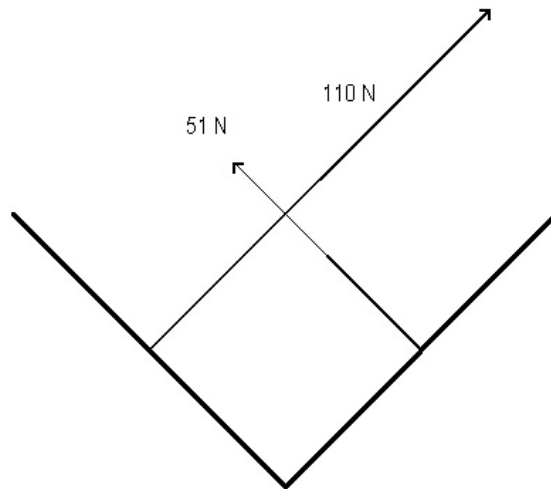
3.3.1 Bärplan

Bärplanet tillverkas V-format med samma profil, tjocklek och bredd som centerbordet. Centerbordet tillverkas med en bredd om 5 cm. Bärplanets effektiva, våta area ska vara $0,0115 \text{ m}^2$, [8] vilket ger en effektiv bärplanslängd på 11,5 cm per bärplanssida och en tillverkningslängd på 17,25 cm per sida. Effektiva längden multipliceras med 1,5 då viss längd ej kommer att ligga i vattnet utan kommer att utgöra ytor ovanför vattenytan för infästning i flytponton. Montering av bärplan görs med 45° vinkel mot vertikalplanet.



Figur 14 Kraftresultanter på bärplanen

Det dimensionerande lastfallet är dock inte driftfallet. Om utriggararmens ände roterar ändras bärplanens anfallsvinkel vilket ger en ökning i lyftkraft för det ena bärplanet och en minskning på det andra. Om samtidigt hela bärplanens area befinner sig under vatten, t ex översköld av en våg, ökar lyftkraften ytterligare. Kraftfördelning visas i figur 15.



Figur 15 V-bärplan med största lastfallet.

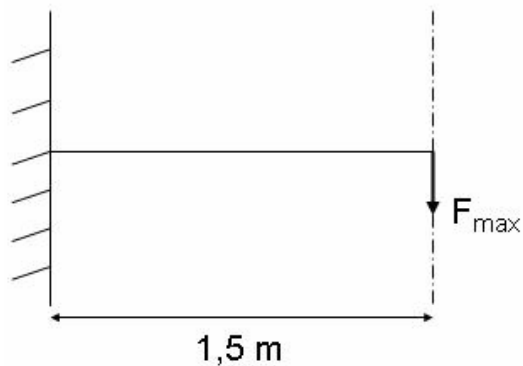
Denna största kraft, 110 N på ett bärplan är den kraft bärplanen dimensioneras för. Detta gav att materialet som bärplanen tillverkas av måste ha en minsta E-modul på 2,82 GPa.

3.3.2 Utriggararm

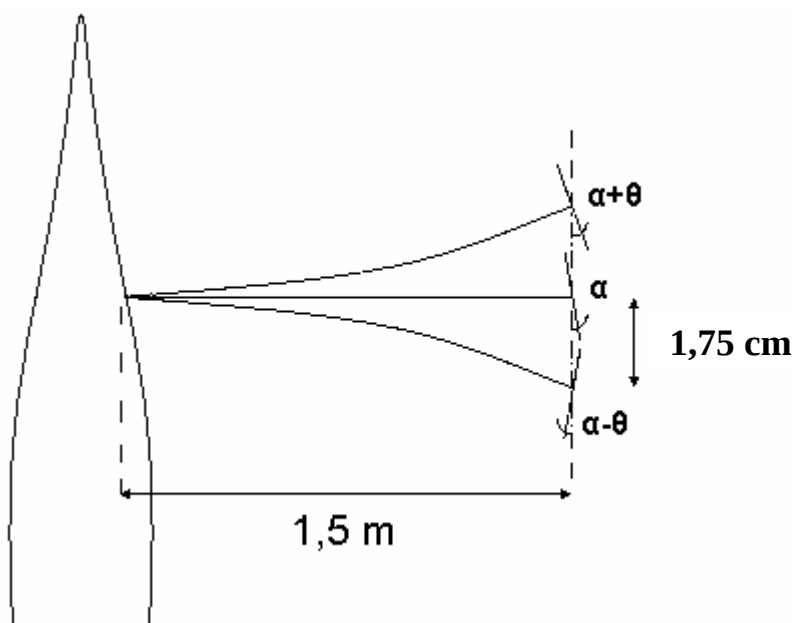
Dimensionering har gjorts mot olika typer av lastfall, horisontella laster och vertikala laster. För mer utförlig beräkningsgång se [9].

Horisontalled

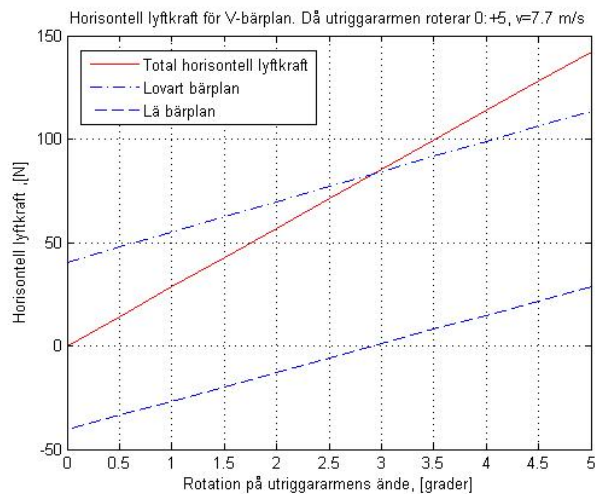
I horisontalplanet kommer utriggararmen att utsättas för en kraft motsvarande pontonens och bärplanens motstånd i vattnet, se figur 16. Dimensionerande är att pontonens rotation θ inte får bli större än 1° . Skulle rotationen, se figur 17, bli större skulle ändringen på bärplanens anfallsvinkel α göra att en horisontalkraft skulle uppkomma, se figur 18, som ger ökat motstånd samt ge ett girande moment. Den totala generade lyftkraften från bärplanen påverkades försumbart trots att lyftkoefficienten ändrades en aning. Utböjningen för det lastfallet blev då 1,75 cm längst ut på armen.



Figur 16: Krafter i horisontalplan



Figur 17: Rotation i horisontalplanet



Figur 18: Horisontell lyftkraft för V-bärplan vid 7,7 m/s då utriggararmen roterar.

Utriggarmen är 1,5 m lång och approximeras vid beräkningar som en balk med randvillkoren: fast inspänd – fri.

En styvhet för att klara rotationskraven i horisontalplanet för detta fall togs fram, ekvation 3.3.1. Rotation horisontalplanet:

$$\theta = \frac{PL^2}{2EI}, \Rightarrow \{P = D\} \Rightarrow EI = \frac{DL^2}{2\theta} \quad (3.3.1)$$

där kraften P motsvarar motståndet D som bärplanet genererar, dvs

$D = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_D$ vilket med $v = 7,7$ m/s, $A = 0,0115$ m², $\rho = 1000$ kg/m³, $C_D = 0.01$ ger tillsammans med $L = 1,5$ m att $D = 3,41$ N.

Extremfall

Ett extremfall av belastning som kan uppkomma är om pontonen skulle bli översköld av en våg eller doppad i vattnet. Om detta sker i hög fart medför det en stor kraftpåkänning längst ut på armen. Ett överslag ger att pontonen har en frontarea på 1 dm², denna multiplicerad med det dynamiska trycket $q = \frac{1}{2} \rho v^2$ ger en ökning i motstånd med 100 gånger (motståndet från bärplanet är ca 3 N. Doppas pontonen ger enbart detta ett motstånd på 300 N).

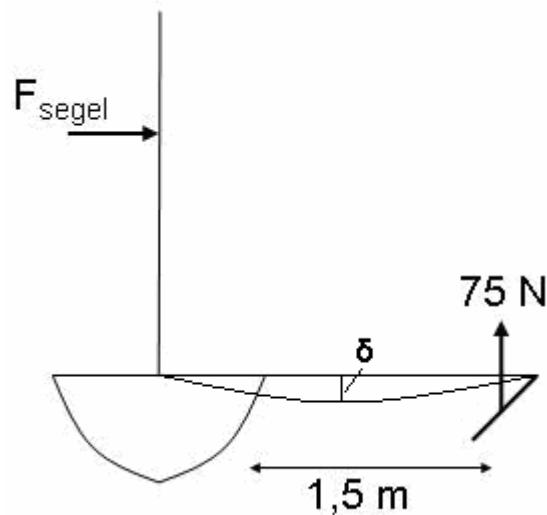
Dimensionering - Horisontalplanet

Det dimensionerande fallet är i horisontalplanet med en doppad ponton. Där krävs en minimal styvhet EI på 19667 Nm².

Vertikalplanet

Armen kommer att bli utsatt för böjande moment från seglet via skrovet, (se figur 19). För dimensionering sattes att den maximala utböjningen δ inte får bli större än i horisontalplanet.

Randvillkoren här sattes till fast inspänd – fritt upplagd, med en kraft på 75 N som ansätts i yttre änden av armen.



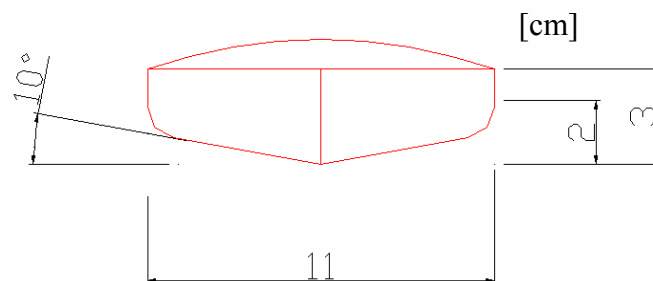
Figur 19: Krafter i vertikalplanet

Dimensionering – Vertikalled

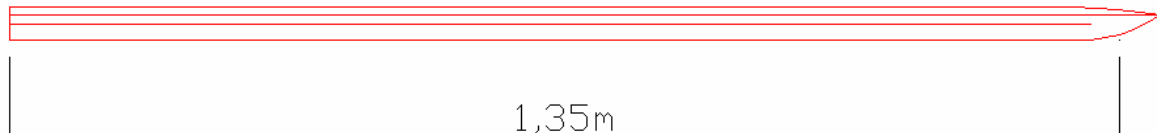
Det krävs en minimal styvhet EI på 1207 Nm².

3.3.3 Flytponton

En utredning angående flytpontonens utformning [10] resulterade i en design enligt figur 20 och figur 21.

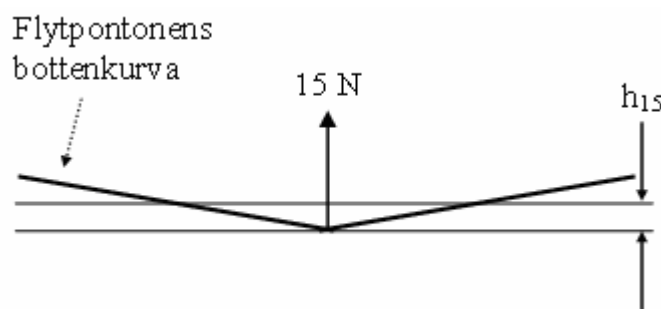


Figur 20: Flytponton framifrån.



Figur 21: Flytponton från sidan.

Pontonen utformas som ett planande skrov och för att lyfta upp en vertikal last på 15 N, se figur 22. 15 N är den last pontonen måste bära upp då farkosten är stillastående. Pontonen är då obelastad och behöver bara bära upp sin egen tyngd, vilken har en total massa av max 1,5 kg. Bottenresningsvinkeln för pontonen är 10° då detta medför att pontonen lätt uppnår planing vid låga hastigheter. Pontonen kommer i stillastående tillstånd att ligga 2 cm djupt, h_{15} .



Figur 22: Belastningsfall för flytponton,

Volymen som pontonen måste tränga undan för att klara lastfallet är $1,53 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Detta ger ett dimensionerande samband för pontonens längd-, breddförhållande. Längd och bredd på pontonen är bestämt ur ett estetiskt perspektiv då det kommer att överensstämma med huvudskrovets proportioner.

3.3.4 Sammansättning av delarna

Är under utredning.

3.3.5 Tillverkning

För att förenkla och göra besparingar vid tillverkning kommer bärplanet att tillverkas på samma sätt som centerbordet, se rubrik 3.5.2 Struktur. Bärplanets längd kommer att justeras för att uppnå behövd effektiv area. Utriggarmarna utgörs av kolfiberrör, vilka kommer att köpas färdiga och kapas till rätt längd. Flytpontonen tillverkas på samma sätt som huvudskrovet, se rubrik 3.2.5 Tillverkning, men med en fullskalig modell som utgörs av pontonen. Förstärkningar kommer att utföras där infästningar till utriggararmen ska sitta.

3.4 Centerbord/roder

(JKN)

kraften som i seglet trycker båten i sidled måste balanseras med en motriktad kraft för att båten ska segla rakt fram. Till detta används ett centerbord. Ett centerbord är förenklat en vinge under vattnet som genererar en kraft åt sidan. På vanliga segelbåtar måste detta centerbord fungera likadant då båten seglar åt båda hållen och då vara symmetriskt. Men för att kunna utnyttja centerbordet bättre så kommer det att sitta placerat på ena sidan av skrovet dvs krafternas angreppspunkt ligger längre ifrån varandra. Detta är för att vid en störning från jämvikt få en snabbare ökad längd på momentarmen vilket i sin tur bidrar med ett större tillbakagående moment. Efter centerbordet bildas en virvel i vattnet, denna kommer att störa rodret och försämra roderverkan, även detta förhindrar man genom att sätta centerbordet på sidan. De krafter som centerbordet måste kunna ta upp är motsvarande kraft från seglet som är c:a 80 N vid maximal fart. För att kunna ta upp dessa krafter har en area på centerbordet på beräknats till c:a 0,4m*0,04m, och således en area på c:a 0,015 m². För mer information se [15].

För att kunna styra farkosten kommer den att vara utrustad med ett roder. Rodret har till uppgift att rubba jämvikten på ett kontrollerat sett och skapa ett girande moment så att farkosten girar. Rodret har till skillnad från centerbordet ett symetriskt tvärsnitt då båten måste kunna svänga lika mycket åt båda hållen. Om farkosten är stabil behövs bara små korrigeringar göras med rodret för att få önskad respons.

3.4.1 Profil

För att uppskatta hur stort centerbordet behöver vara, används en av de profiler som togs fram i utredningen om bärplan [11],(Profil: Seligs 8036),(Se 8.1 vingprofiler)

Profil har valts då den har en nästan konstant motståndskoefficient då infallsvinkeln är mellan -2° och 5° vilket är att föredra då man inte har någon ändring att ta hänsyn till. Den är också fylligare vilket kommer att vara till fördel vid tillverkningen.

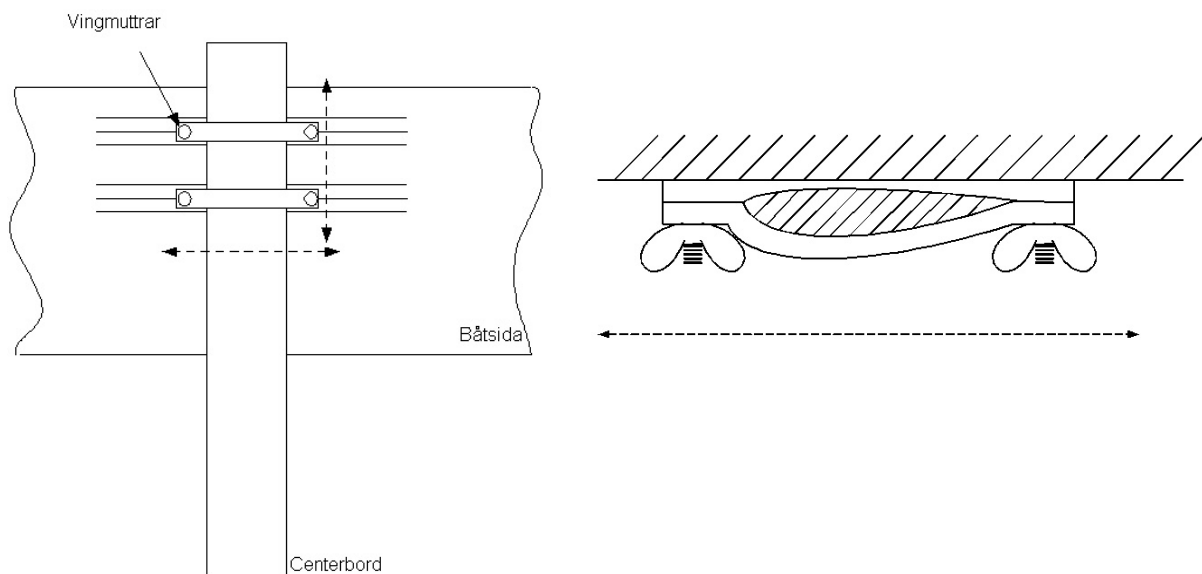
Till rodret används en symetrisk profil från NACA. NACA 0012(Se 8.1 vingprofiler). Denna tappar lyftkraft, ”stallar”, vid ~16°. För att inte få för mycket motstånd så kommer rodret dock inte vridas mer än 5°. Vid denna vinkel kan man få en sidkraft som är i storleksordning med den från centerbordet och då få en god girande effekt.

3.4.2 Struktur

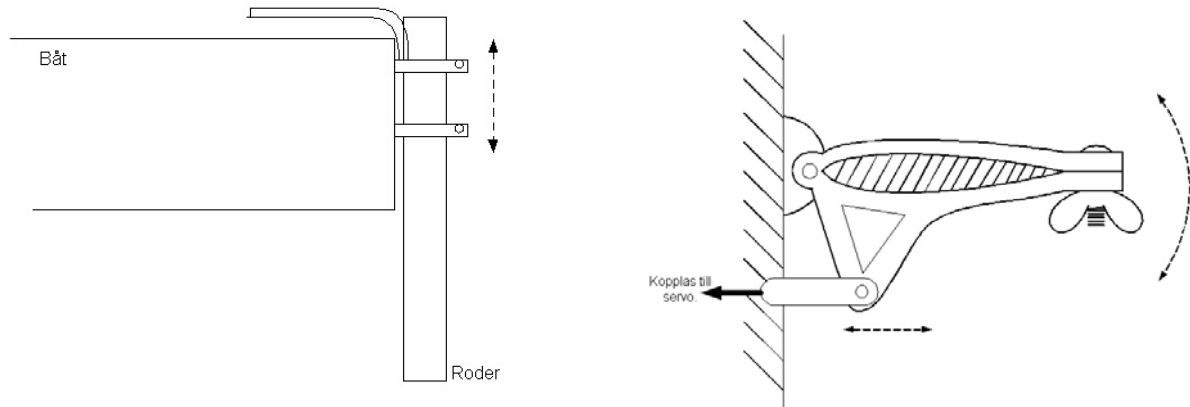
För att förenkla tillverkningen av centerbordet kommer en redan tillverkad form i aluminium användas. Denna form är inte exakt enligt de mått och profiler som har tagits fram men tillräckligt nära för att användas. I denna form kommer pre-preg kolfiber att läggas upp, pressas samman och uppvärmas. Båda ytorna kommer att bli fina vilket reducerar efterarbetet. Då laminatet blir c:a 5mm tjockt och lasterna är relativt små kommer fiberriktningen inte vara avgörande, emellertid kommer kolfiberna att läggas huvudsakligen i längsled för att ta upp de böjande krafterna. Denna aluminiumform kommer även att användas till bärplanen på utriggaren då de kommer att vara i samma storlek som centerbordet.

3.4.3 Reglering av roder och centerbord

För att lätt kunna finjustera centerbordet kommer det att finnas en viss mån för ändringar i höjdlid, för att få mer/mindre sidokraft. Eller i längsled för att hindra/motverka ett girande moment. Även anfallsvinkeln kommer att vara justerbar. Centerbordet kommer dock inte att vara justerbar under färd utan kommer att ändras vid behov mellan testseglingarna.



Figur 23. Centerbordet sett från sidan och uppifrån, pilarna visar hur centerbordet kommer att kunna justeras



Figur 24. Rodret sett från sidan och uppifrån, de streckade pilarna visar hur rodret kommer att kunna justeras samt hur det vrids.

Även rodret kommer att vara justerbart i höjdlid för att kunna ändra roderverkan. Både centerbordet och rodret kommer att vara lutade något bakåt för att inte få vibrationer under färden vilket skulle försämra dess egenskaper. För att kunna styra farkosten under gång så kommer det att användas ett servo som styrs via radiostyrning från land.

4 Prestanda/VPP

(HLT)

Vid designen av en segelbåt är det av stor vikt att kunna prediktera hur höga hastigheter båten är kapabel att nå, vilka parametrar som är avgörande för hastigheten samt hur segelbåten drivs från stillastående till maximal fart. Med detta som målbild har en hastighetspredikterande modell arbetats fram.

Utgångspunkt för modellen är kraftjämvikt i två riktningar;

- (i) I farkostens färdriktning d.v.s. framdrivande kraften från seglet är lika stor som och motriktad summan av alla delkomponenternas motstånd.
- (ii) Vinkelrätt båtens färdriktning är summan av krafterna noll, d.v.s. farkosten har ingen avdrift.

Primärt beräknar modellen optimal båthastighet och kurs, givet vindens styrka och riktning. Modellen kan också användas vid design av en farkost för att beräkna och optimera.

- skotning
- vinkel på centerbord
- motståndet på riggens stagning
- krav på lyftkraft från bärplanet
- moment verkande i längsled på skrovet
- kritiska delar för motståndet

Datum: 2005-12-15	Ref: Preliminärdesign_2.doc	Sidan 25 av 36
Författare: Projektgruppen Ventum		
Titel: Preliminärdesign_v2		

- påverkan från olika profiler på centerbord och segel
- area på roder
- laster på strukturer och infästningar

(för ytterligare läsning rekommenderas Hastighetsprediktering_v1[12])

4.1 Begränsningar i Modellen

Det är viktigt att vid användandet av en beräkningsmodell vara väl medveten om dess brister och begränsningar. Modellen, ovan beskriven, tar inte hänsyn till;

- Vågmotstånd.
- Villkoret att lyftkraften från bärplanet inte får överstiga farkostens vikt, detta skulle medföra att farkosten blir okontrollerbar. Villkoret kontrolleras inte i modellen utan måste manuellt undersökas.
- Att en segelbåt sannolikt inte under accelerationsfasen kan förändra vinkeln mellan farkost och centerbord såsom sker i modellen, detta faktum leder till avdrift.

4.2 Skotvinkel och kurs

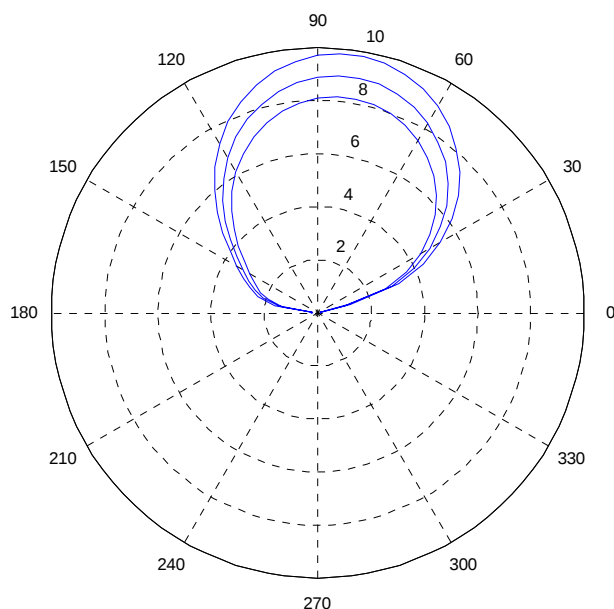
Våran farkost uppskattade maxhastighet begränsas av två faktorer;

- (i) Motståndet, när farkostens motstånd vuxit sig lika stor som den framdrivande kraften från seglet kan båten inte längre accelerera.
- (ii) Bärplanets lyftkraft, lyftkraften begränsas av farkostens vikt. Lyftkraften är avgörande för det rätandemomentet. Det rätandemomentet måste vara lika stort som det krängandemomentet.

Dessa två faktorer gör sökandet efter optimal skotvinkel och kurs komplext.

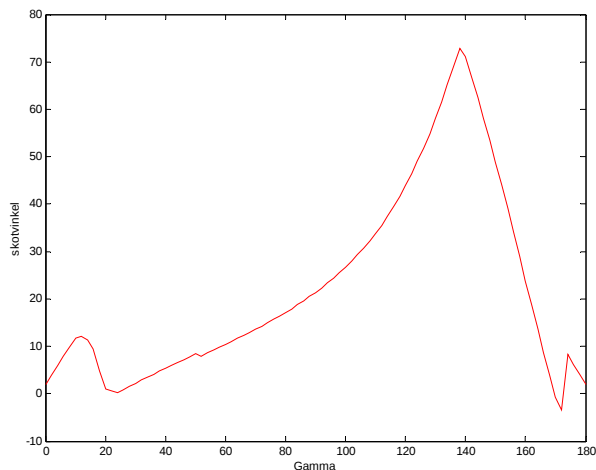
Polardiagrammet(Figur 26) visar att maximal båthastighet uppnås då vinden inkommer från

knappt 90 grader.



Figur 26, visar båthastigheten uttryckt i m/s i radiell led beroende på vindens infallsvinkel uttryckt i grader. Tre olika vindstyrkorna (5, 5.5, 6) m/s

Diagrammet tar inte hänsyn till den alstrade lyftkraften från bärplanet. Med hänvisning till Tabell 1, i Bilaga (skotvinkel), hävdas att optimal infallsvinkel för vinden ökar med ökande vindstyrka. Figur 27 visar hur skotvinkeln varierar med vindens infallsvinkel (γ). Figuren illustrerar att små förändringar av γ , vid γ över ca 110 grader, resulterar i stora förändringar för den optimala skotvinkeln. För okomplicerad trimning av seglet bör vinden infalla med vinkel mindre än 110 grader.



Figur 27, visar optimal skotvinke i grader som funktion av gamma. Vindstyrka 6m/s

Båthastigheten ökar med ökande vindstyrkor, begränsningen på lyftkraft från bärplanet gör att också vindens infallsvinkel då måste ökas. Ökad infallsvinkel innebär mer komplicerad trimning av seglet, i kombination med den ökade vindhastigheten gör detta farkosten svårkontrollerbar. Optimal skotvinkel och kurs är en avvägning mellan hastighet och stabilitet. Med 106 grader mellan farkosten och vinden(6m/s) skall bommen vara skotad 31 grader från båtens centrumlinje, farkosten uppskattas då vara kapabel att segla i 7 m/s.

4.3 Krafter från segel

(SHG)

Ett antal förenklingar och antaganden har gjorts för att underlätta beräkningarna.

4.3.1 Tillvägagångssätt

Seglet har delats upp i n st paneler. Panelerna har behandlats som 2 dimensionella plattor. Formen är mycket schematisk och ingen hänsyn till avrundningar av segelkanter har tagits. Seglet får en form som i Figur 28.

I de olika höjdlägena längs seglet blåser det olika mycket på grund av närheten till vattnet(hastigheten vid ytan är ca 40 % mindre än i toppen av seglet). I en tidigare utredning [13] har en funktion (se Bilaga 3) tagits fram för att avgöra just denna



Figur 28 Schematisk bild av seglet

ändring. Genom att dela upp seglet i olika delar och använda olika vindstyrka på varje panel kan hänsyn tas till vindändringen i höjddled.

In i programmet matas båtens hastighet, vindens verkliga styrka samt vindens verkliga vinkel mot båten. Programmet skall leverera var tryckcentrum ligger samt resulterande lyftkraft och motstånd vid olika anfallsvinklar.

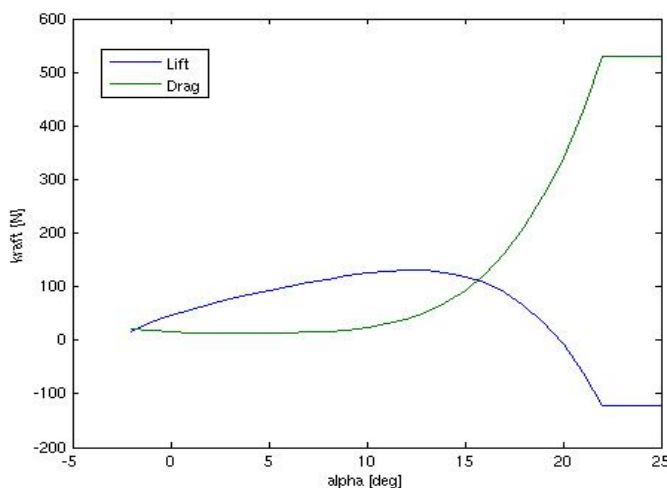
4.3.2 Antaganden

Seglet har höjden 3m, botten-bredden 0.75 m, topp-bredden 0.5m och brytningen däremellan ligger på 1 meters höjd. Till en början har 6 paneler använts. Båtfarten gissas till 10 m/s, sanna vindhastigheten till 8 m/s och den sanna vindvinkeln mot båten gissas till 5 grader. Dessa värden kommer i senares skede optimeras med hjälp från program som ger prestanda för andra delar av båten.

Seglet antas också ha en BW-3 profil [14] (Se 8.1 vingprofiler), och utifrån denna har motstånds- och lyftkoefficienter beräknats.

4.3.3 Resultat

Med de antagna värdena kommer seglet ge mest lyftkraft och minst motstånd vid anfallsvinkeln 10 grader. Då är lyftkraften på 125 N och motståndet på 27 N. Tryckcentrum ligger då på 1.47 meters höjd, vilket är strax under mitten av seglet. Vid denna höjd är den skenbara vindvinkeln ungefär 2.12 grader. I Figur 29 är motstånd och lyftkraft plottade mot anfallsvinkeln, och man ser att seglet stallar vid 13 grader där derivatan av lyftkraften är noll.



Figur 29 Lyft och motstånd mot anfallsvinkeln

5 Produktbudskap

(JKN)

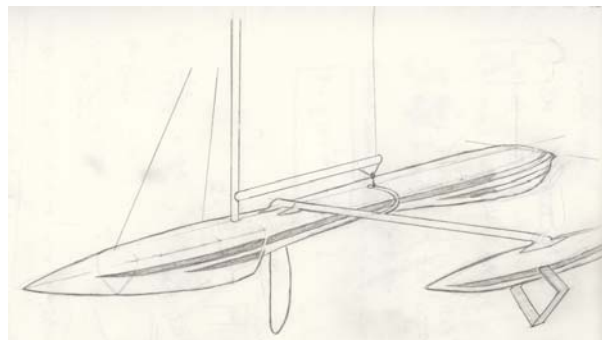
Med produktbudskap menas vad en person får för intryck när han ser farkosten. Produktbudskapet har inte någon direkt inverkan på farkostens prestanda utan är snarare någonting man upplever då man tittar på den. För att få folk intresserade av farkosten, behöver den inte bara vara snabb utan den måste också se ut som den är det och/eller ha andra

Datum: 2005-12-15	Ref: Preliminärdesign_2.doc	Sidan 29 av 36
Författare: Projektgruppen Ventum		
Titel: Preliminärdesign_v2		

visuella egenskaper som tilltalar folk. Eftersom farkosten kommer att byggas av studenter på KTH så kan det tänkas att det finns en viss förväntan från folk som ser farkosten, förväntningar på att saker ska vara avancerade, nyskapande och genomtänkta. Tre grupper av adjektiv har tagits fram om vad som ska försöka förmedlas och hur detta ska utföras.

High Tech, Avancerad

För att få farkosten att upplevas som detta ska vi använda oss av bl.a. synlig kolfiber och modern mylarsegelduk. För att vidare förstärka intrycket av en avancerad farkost ska klistermärken med sponsorers företagsnamn klistras på sidorna eller annan lämplig plats. Detta kommer också att ge ett intryck av att farkosten är påkostad.



Figur 30 Skiss av farkosten

Exklusiv, Dyr, Bra kvalitet, Genomtänkt

Detta kan kommuniceras till betraktaren via god detaljfinish, blanka och släta ytor. Det kan också vara bra att försöka dölja de delar som av praktiska skäl inte behöver synas, detta kommer att göra farkosten ”renare”.

Snabb, Modern, Nyskapande

För att kommunicera snabb ska det jobbas med linjer i vertikalled, detta kommer att göra att farkosten ser smalare och smidigare ut och då i sin tur snabbare. Detta kan också uppnås med linjer som gör att det ser ut som om farkosten har lågt fribord. Formen bidrar till att förstärka budskapet, om man gör på rätt sätt. Formen på Ventums skrov är ovanlig och i sig nyskapande.

6 Framtida arbete

(MPE)

Gruppen ämnar bygga en modell av skrovet i skala 1:2 för att testa dragmotstånd och gång under riktiga förhållanden. Det ska även utföras djupare analyser av tillverkning, optimering av farkosten och dom olika infästningarna. Dessa förbättringar kommer att föras in i den slutgiltiga designen. Efter årsskiftet hoppas gruppen även att tillverkningen av segel kommit igång. Kommande period har även ett avbrott i sig för jul och nyår som förhoppningsvis inte innebär något hinder för det framtida arbetet.

7 Referenser

Alla referenser som skapats av Ventum finns som kopia på Ventums hemsida, <http://flygmac7.flyg.kth.se/~ventum/>.

Datum: 2005-12-15	Ref: Preliminärdesign_2.doc	Sidan 30 av 36
Författare: Projektgruppen Ventum		
Titel: Preliminärdesign_v2		

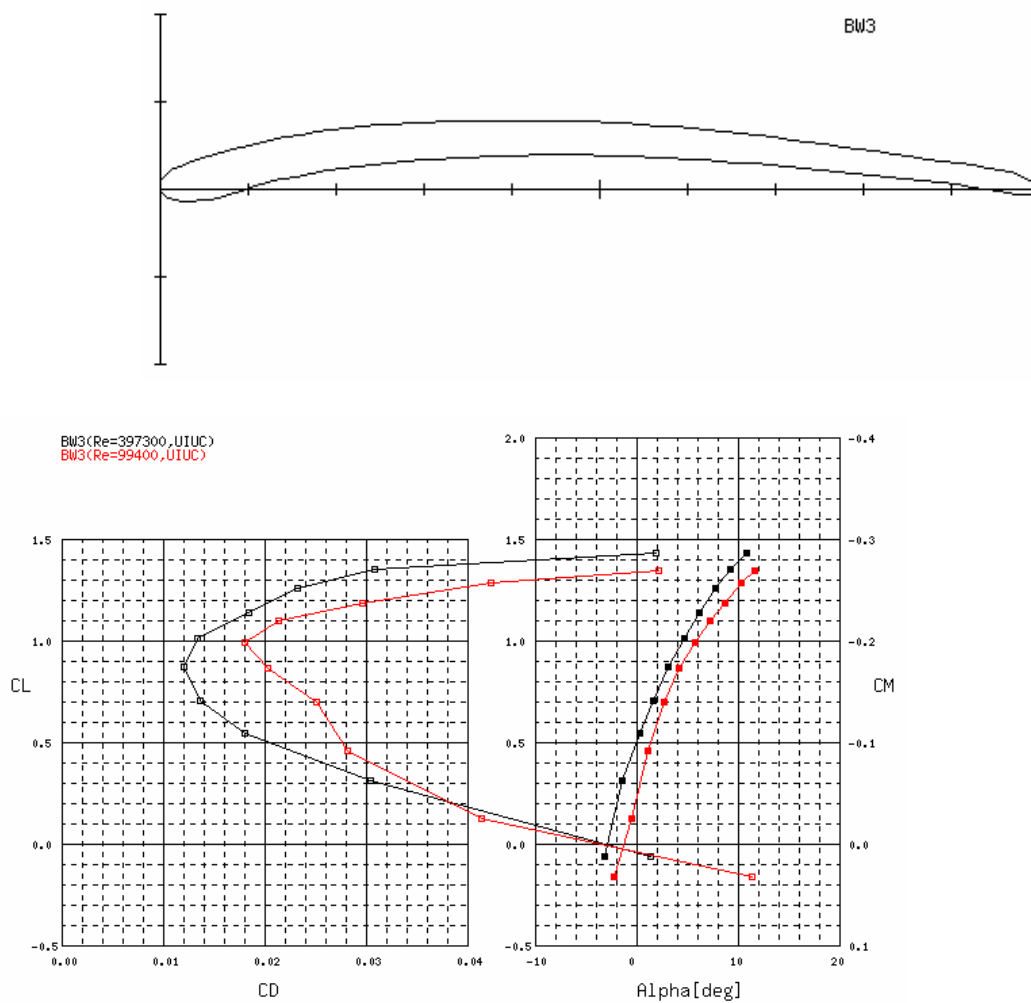
- [1] Tävlingsregler <http://flygmac7.flyg.kth.se/cdio/regler.pdf>
- [2] Handbok och formelsamling i hållfasthetslära, Bengt Sundström, 1998
- [3] Harken Sweden AB <http://www.harken.se/>
- [4] www.sailrocket.com
- [5] Hydrodynamic Design of Planning Hull, Daniel Savitsky 1964
- [6] Fartygsmotstånd Föreläsningsanteckningar i 4E1401 Marinteknik, Kalle Garne
- [7] Principles of Yacht Design, Lars Larsson Rolf E Eliasson
- [8] Hllf_brplan_v1.doc, RJN MNY, 2005
- [9] Hllf_utriggararm_v1.doc, RJN MNY, 2005
- [10] ponton_v3.doc, RJN MNY, 2005
- [11] Vingprofil_v1.doc, MNY, 2005
- [12] Hastighetsprediktering_v1, HLT, 2005
- [13] Turbulenta gränsskikt nära vatten, MPE, 2005.
- [14] NASG (*Nihon univ. Aero Student Group*) hemsida. <http://www.nasg.com/afdb/show-polar-e.phtml?id=759>
- [15] Roder och centerbord.doc, JKN, 2005

8 Bilagor

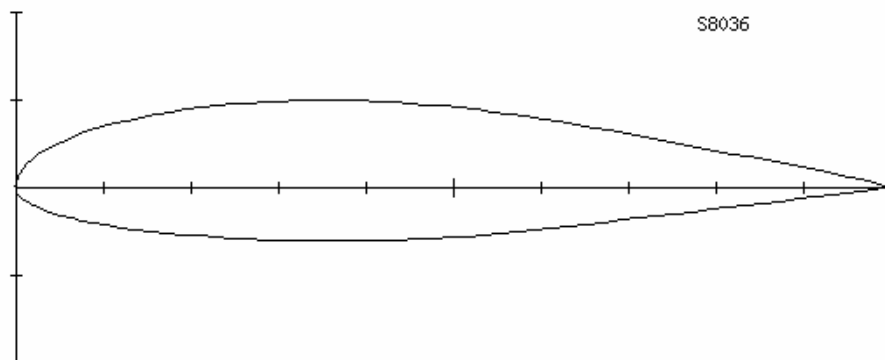
- 8.1 Vingprofiler
- 8.2 Mått definitioner
- 8.3 Skotvinklar

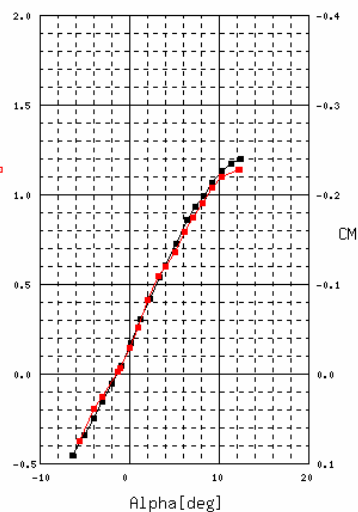
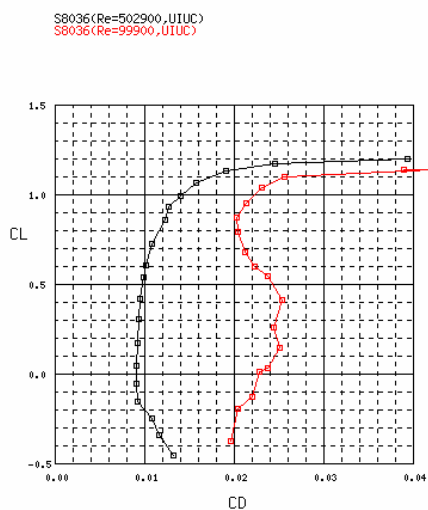
8.1 Vingprofiler

Profil: BW-3

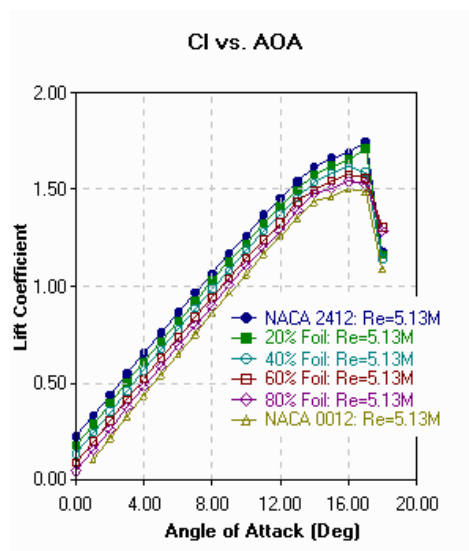
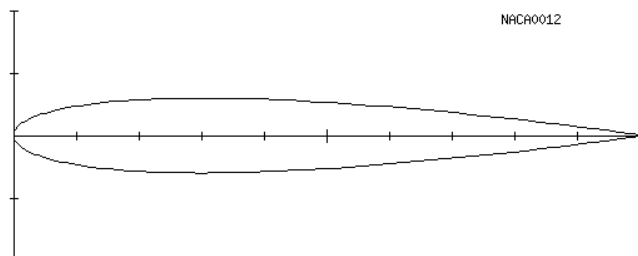


Profil: Seligs 8036





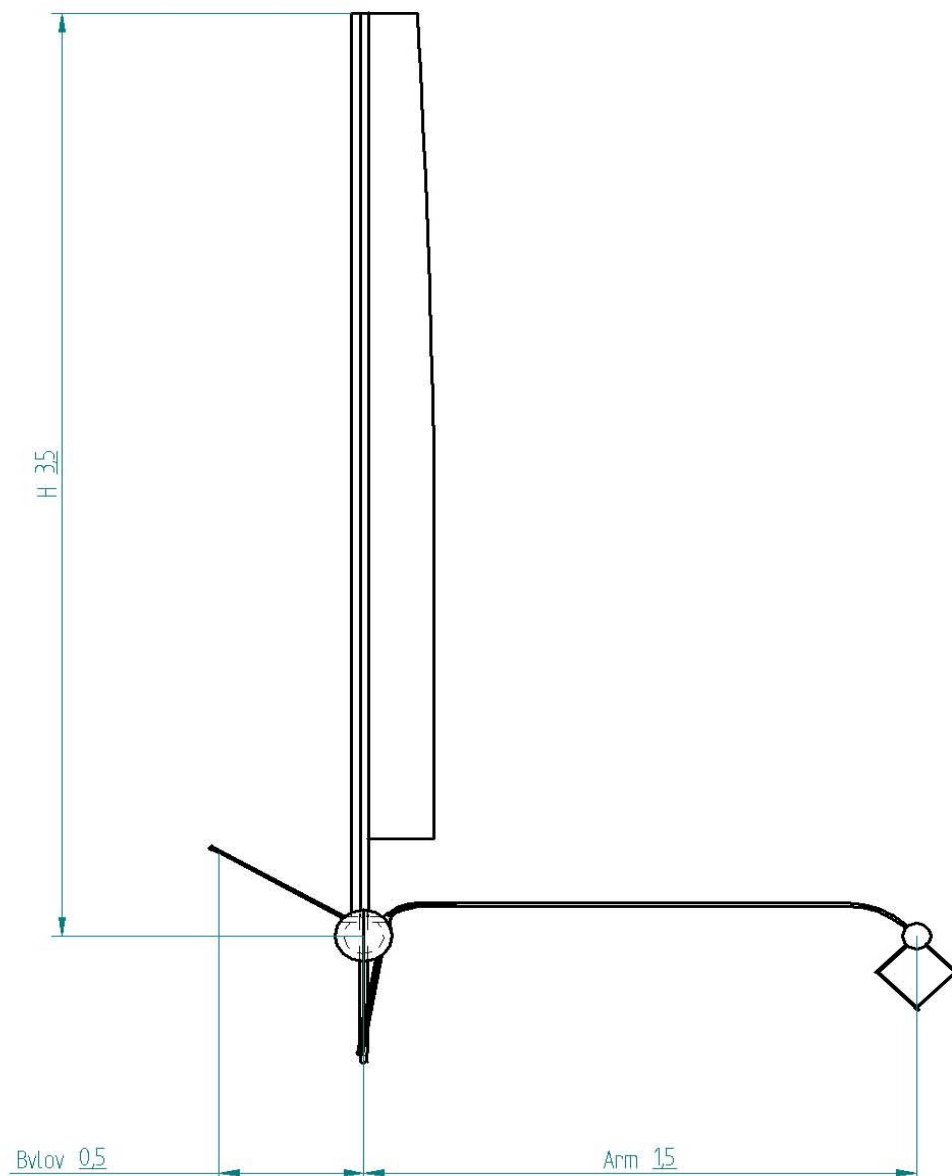
NACA 0012



8.2 Mått definitioner

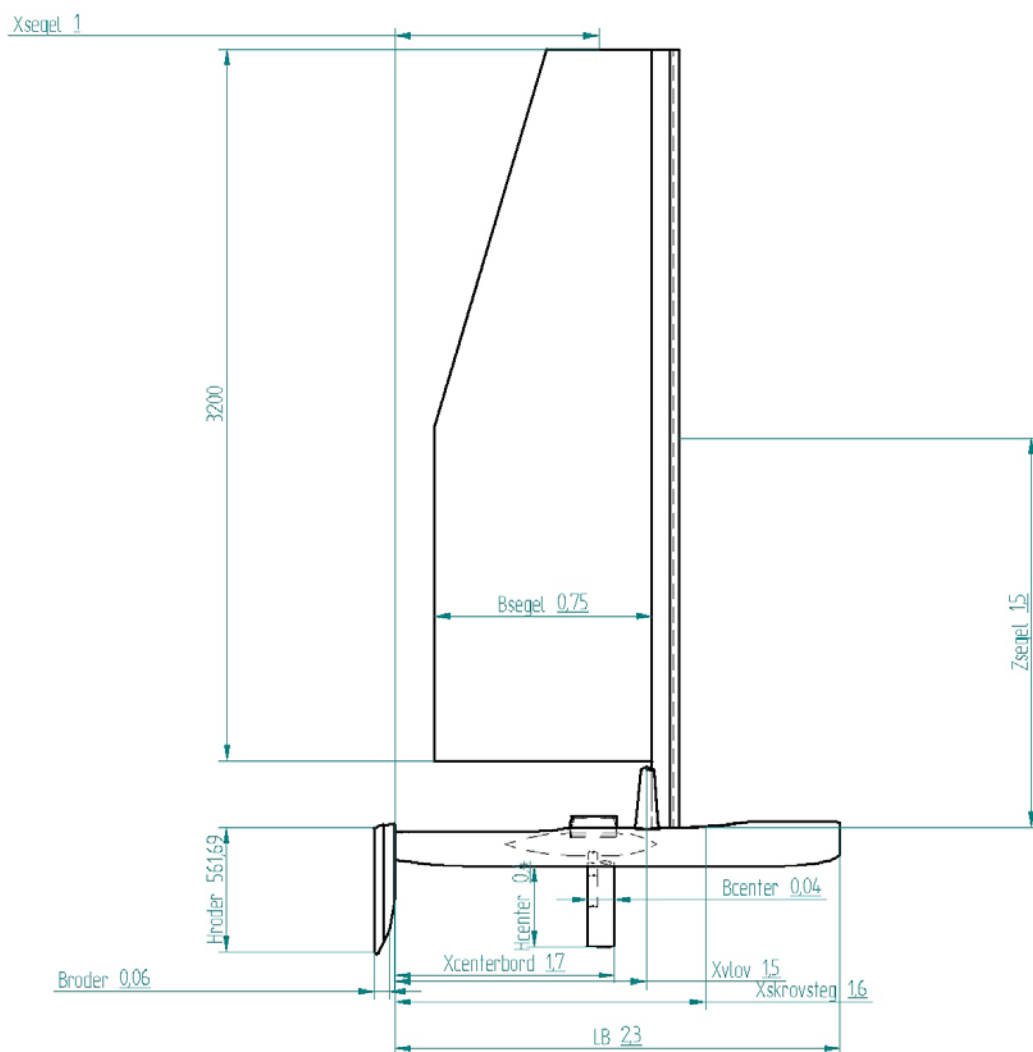
Storlek	Mått[m]
H	3
Bvlov	1,5
Arm	1,5
Bsegel	0,75
Hroder	0,3
Broder	0,05
LB	2,3
Bskrov	0,3
Lponton	1
Bponton	0,4
Hcenter	0,4
Bcenter	0,04

Kordinat	[m]
Xsegel	1
Zsegel	1,5
Xbär	1,5
Xcenterbord	1,6
Xstag	1,5
Skotvinkel [°]	31
Yskot	0,38
Xvlov	1,3
Xskrovsteg	1,6



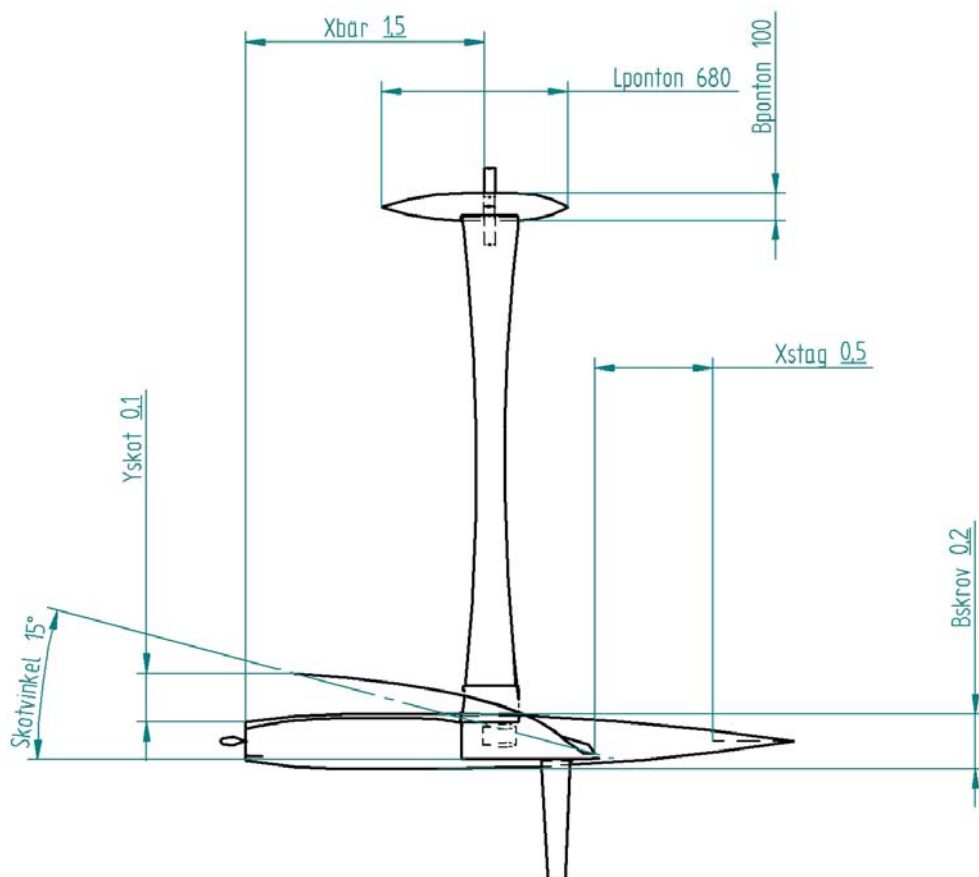
Storlek	Mått[m]
H	3
Bvlov	1,5
Arm	1,5
Bsegel	0,75
Hroder	0,3
Broder	0,05
LB	2,3
Bskrov	0,3
Lponton	1
Bponton	0,4
Hcenter	0,4
Bcenter	0,04

Kordinat	[m]
Xsegel	1
Zsegel	1,5
Xbär	1,5
Xcenterbord	1,6
Xstag	1,5
Skotvinkel	31
Yskot	0,38
Xvlov	1,3
Xskrovsteg	1,6



Storlek	Mått[m]
H	3
Bvlov	1,5
Arm	1,5
Bsegel	0,75
Hroder	0,3
Broder	0,05
LB	2,3
Bskrov	0,3
Lponton	1
Bponton	0,4
Hcenter	0,4
Bcenter	0,04

Kordinat	[m]
Xsegel	1
Zsegel	1,5
Xbär	1,5
Xcenterbord	1,6
Xstag	1,5
Skotvinkel	31
Yskot	0,38
Xvlov	0
Xskrovsteg	1,6



8.3 Skotvinklar

V_t = vindens sanna styrka [m/s].

V_s = båthastighet [m/s].

Gamma = vindens infallsvinkel [grader].

Skot = optimal skotvinkel [grader].

Lbärplan = lyftkraft från bärplan [N].

[V_t	V_s	gamma	skot	Lbärplan]
3.0000	3.9486	80.0000	17.1762	36.9109
4.0000	5.2648	80.0000	17.1762	65.6195
5.0000	6.2845	96.0000	24.4112	71.8417
6.0000	7.0021	106.0000	30.6961	73.4892
7.0000	7.5009	114.0000	37.4095	70.0623
8.0000	8.1453	118.0000	41.5494	74.1963
9.0000	8.6626	122.0000	46.3319	74.3925