

Infernus

Konceptuell design



Version: 2
Datum: 26 oktober 2003
Författare: Infernusprojektet

Detta dokument presenterar den konceptuella designen av subskimmern Infernus och är sammanställt av flera rapporter.

Innehåll

1. Inledning.....	3
1.1 Skrov	3
1.2 Manövrering och nivåreglering djupare än marvatten	3
1.3 Framdrift.....	3
1.4 Vision för genomförande	4
1.5 Referenser.....	4
2. Stabilitet	5
2.1 Problemformulering	5
2.2 Analys av flytlägen.....	5
2.3 Övergångar	8
2.4 Beräkningar av adderade volymer.....	9
2.5 Resultat.....	12
3. Framdrivning.....	13
3.0 Sammanfattning	13
3.1 Inledning.....	13
3.2 Framdrivning Y-läge	13
3.3 Framdrivning U-läge	14
3.3 Energikälla	15
3.4 Ekonomi	16
4. Manövrering	17
4.1 Inledning.....	17
4.2 Erforderligt tippmoment.....	18
4.3 Erforderligt girmoment	19
4.4 Slutsatser	20
5. Budget	21
6. Vikt och tyngdpunkt.....	22
6.1 Inledning.....	22
6.2 Vikt.....	22
6.3 Tyngdpunkter	22
7. Bilaga	23
Bilaga 1:Kravspecifikation.....	23

1. Inledning

Version: 3
Datum: 24 oktober 2003

För att beskriva den farkost som skall byggas under projektkursen presenteras i detta dokument det koncept projektet ämnar utgå ifrån. Detta koncept har utvecklats under ett antal arbetsmöten/workshops och i arbetsgrupperna. Resultaten från dessa möten presenteras i separata dokument [1]-[4].

1.1 Skrov

Skrovet skall utformas enligt följande:

- V-botten.
- Planande i hög hastighet.
- Överbyggnad, vars utformning bidrar till stabilitet vid övergång mellan Y-läge, marvattenläge och U-läge.
- Farkosten sjunker till marvattenläge då farkostens hastighet är låg.
- Farkosten stiger till Y-läge genom att köra framåt och farkosten börjar plana. Eventuella vattenfyllda utrymmen skall vara självlänsande.

1.2 Manövrering och nivåreglering djupare än marvatten.

Farkosten manövreras enligt följande:

- Farkosten manövreras i U-läge med hjälp av roder/fenor
- Farkosten trycks ner och hålls under ytan genom att fenor/roder alstrar nedåtriktad kraft då farkosten gör fart framåt i vattnet.
- Fenorna skall kunna vridas så att de hjälper till att lyfta farkosten till ytan från marvatten.

1.3 Framdrift

Farkostens framdrivning arrangeras enligt följande:

- I Y-läge drivs farkosten av en förbränningsmotor och ett VSD-aggregat.
- Y-lägesframdrivningen skall kunna köras i marvattenläge så länge att farkosten kan ta sig upp till ytan.
- I U-läge drivs farkosten av batterier, en elmotor och en propeller.

1.4 Vision för genomförande

Som plattform för byggnation av farkosten inhandlas en begagnad vattenskoter till projektet. Fördelen med detta är att ett stort antal erforderliga komponenter levereras mer eller mindre färdiga. Projektmedlemmarna erhåller därigenom mer tid att lösa uppgiften kring de ovanliga driftsituationerna: nedsänkning, marvatten och U-läge.

1.5 Referenser

- [1] [http://www.t.kth.se/t00_als/dokument/Övrigt/ Huvudkoncept och idéer på subskimmer.doc](http://www.t.kth.se/t00_als/dokument/Övrigt/Huvudkoncept%20och%20idéer%20på%20subskimmer.doc)
- [2] http://www.t.kth.se/t00_als/dokument/rapporter/Manörering
- [3] [http://www.t.kth.se/t00_als/dokument/rapporter/031015 framdrivningskoncept](http://www.t.kth.se/t00_als/dokument/rapporter/031015%20framdrivningskoncept)
- [4] http://www.t.kth.se/t00_als/dokument/rapporter/Skrovko

2. Stabilitet

Version: 3
Datum: 27 oktober 2003

2.1 Problemformulering

Målet med den här rapporten är att utreda stabiliteten i samtliga lägen för Infernus. De lägen som har beaktats är planande läge, marvattenläge och undervattensläge samt övergångarna mellan dessa. Det förutsätts här att farkosten går direkt från planande läge till marvattenläge.

I det planande läget måste dynamisk stabilitet uppnås. Eftersom den konceptuella designen bygger på ett befintligt skrov från en vattenskoter kan detta antas gälla.

I marvattenläget ska bara förarens huvud och eventuella flytkroppar sticka upp över ytan. Här måste statisk stabilitet råda, dvs. att farkosten varken välter i roll eller pitch-led på grund av små störningar.

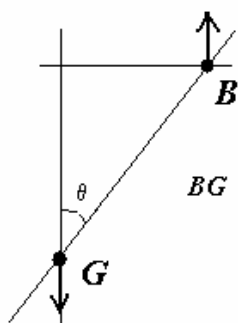
I U-läget (undervattensläget) är hela farkosten samt föraren under vattenytan. Föraren antas här vara avvägd, dvs. han eller hon är tyngdlös. Men även i detta läge krävs att farkosten är statiskt stabil.

Övergångarna, dvs. mellan planande läge och marvattenläge samt mellan marvattenläge och U-läge, måste också beaktas så att de är stabila och kontrollerade.

2.2 Analys av flytlägen

Antag att tyngdpunkten, G , har koordinaterna (x_G, y_G, z_G) och flytcentrum, B , (x_B, y_B, z_B) , där koordinatsystemet definieras i **figur 2** och **3**.

För att farkosten skall vara stabil i alla lägen måste det skapas ett rätande moment, M_r , vid en störning av jämviktsläget, se **figur 1**.



Figur 1. Rätande moment

$$M_r \geq \text{störande moment.} \quad (1)$$

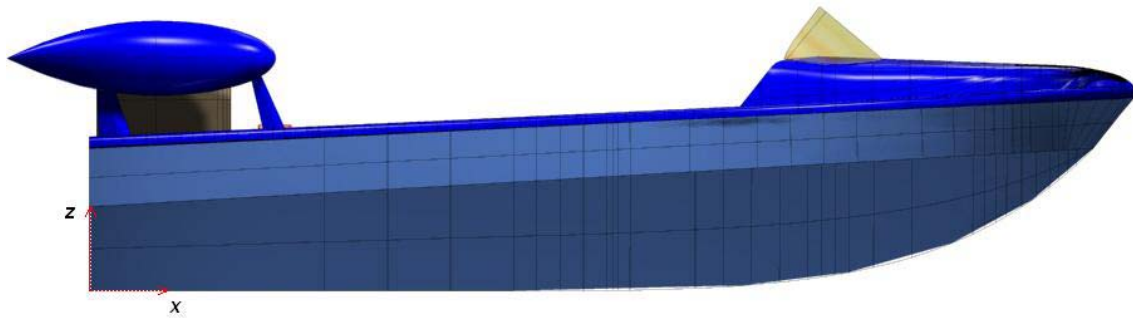
Det rätande momentet enligt **figur 1**:

$$M_r = \Delta BG \sin \theta, \quad \text{där } \theta \text{ störningsvinkeln i roll eller pitch} \quad (2)$$

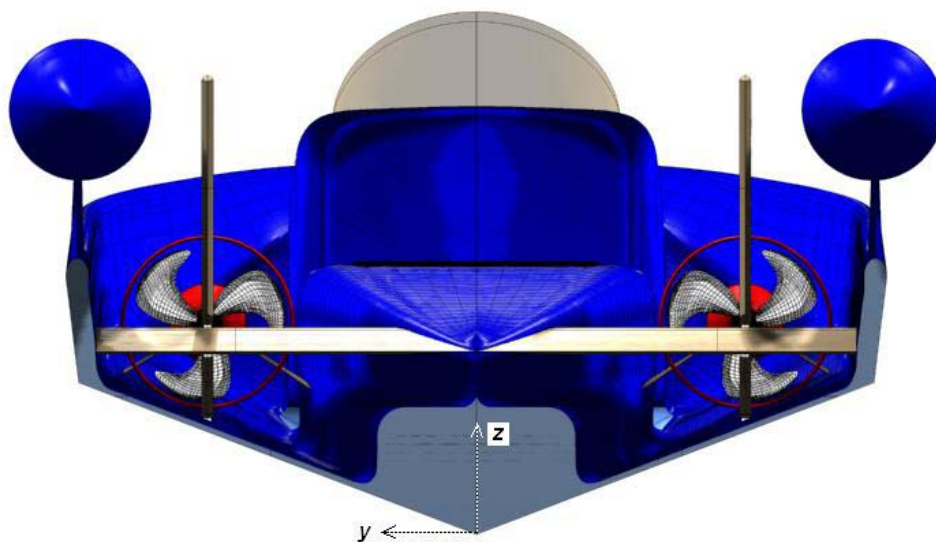
Δ är displacementet och beräknas enligt:

$$\Delta = \Sigma \cdot g = \nabla \rho g, \quad (3)$$

där Σ är massdisplacement, ∇ volymsdisplacement, ρ vattnets densitet och g gravitationskonstanten.



Figur 2. Definition av koordinatsystem; x och z-planet.



Figur 3. Definition av koordinatsystem; y, z-planet.

För att beräkna tyngdpunktens och flytcentrums lägen används jämviktsekvationerna nedan:

$$x_G = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i} \quad (4)$$

$$x_B = \frac{\sum_i V_i x_i}{\sum_i V_i} \quad (5)$$

2.2.1 Planande läge

I det planande läget måste dynamisk stabilitet uppnås. Eftersom den konceptuella designen bygger på ett befintligt skrov från en vattenskoter kan detta antas gälla.

2.2.2 U-läge

I U-läge är det viktigt att B ligger rakt ovanför G eftersom B då är fixt i farkostens koordinatsystem (se **figur 2** och **3**). Om så inte skulle vara fallet kommer farkosten utsättas för moment i pitch-led vilket leder till att Infernus börjar rotera runt G. Samband (1) måste gälla. Avståndet mellan B och G, BG, blir alltså

$$BG = z_B - z_G \quad (6)$$

Krängning

Det rätande momentet i roll-led (kring x-axeln) i U-läge, vid krängningsvinkeln θ_x , blir enligt (2) och (6):

$$M_{xr} = \Delta_u (z_B - z_G) \sin \theta_x \quad (7)$$

Trim

I pitch-led fås motsvarande momentet:

$$M_{yr} = \Delta_u BG \sin \theta_y \quad (8)$$

2.2.3 Marvattenläge

För farkoster som flyter på ytan, t.ex. roddbåt, uppstår det rätande momentet genom att flytcentrum, B, flyttas och bildar därför ett kraftpar med G (se **figur 1**).

I detta fall när nästan hela Infernus är under ytan så flyttas B inte nämnvärt, i ett koordinatsystem fixt i farkosten, vid en störning. Detta beror på att ingen eller endast en liten volym pressas upp över ytan och att det inte finns så mycket mer volym att dränka på motstående sida.

För att Infernus ska flyta krävs ytskärande volymer. Med relativt små volymer ovanför ytan i jämviktsläget fås ett litet rätande moment. För att en störning ska bidra till ett ökat rätande

momentet ska volymerna placeras i Infernus periferi. Detta leder till att en liten störning bidrar med en relativt stor förändring av flytkraftscentrums placering. Volymerna skulle kunna vara torpedliknande pontoner monterade i aktern och en upphöjning av fören, se **figur 5**.

Om en ponton med volymen V_i placeras på avståndet y_i från mitten, så bildar den i roll-led (vid total nedsänkning och utan hänsyn tagen till förflyttningen av B) det rätande momentet:

$$M_{xr,i} = V_i \rho g y_i, \quad (9)$$

där ρ är vattnets densitet och g är gravitationskonstanten.

Med fler flyttankar:

$$M_{xr} = \sum_i V_i \rho g y_i \quad (10)$$

I pitch-led blir det rätande momentet (vid total nedsänkning och utan hänsyn tagen till förflyttningen av B):

$$M_{yr,i} = V_i \rho g (x_i - x_G) \quad (11)$$

eller

$$M_{yr} = \sum_i V_i \rho g (x_i - x_G), \quad (12)$$

där x_i är positionen i x-led.

2.3 Övergångar

Enligt kravspecifikationen ska övergångar mellan U- och Y-läge ske stabilt och kontrollerat.

2.3.1 Mellan planande och marvatten

När kraften för att driva Infernus i planande hastighet stängs av initieras nedsänkningen till marvatten. Marvattenläget måste intas för att jämvikt ska råda. Stabilitet erhålls både med hjälp av de dynamiska krafter som uppkommer när Infernus gör fart genom vattnet och att rätande moment uppstår vid störning. Under nedsänkingsförloppet kan Infernus tillfälligt inta ett stort jämviktsläge (slagsida), men rätar upp sig i marvattenläget.

Från marvattenläge ska en förbränningsmotor (med snorkel) pressa upp Infernus till planing. Vattnet som omsluter Infernus rinner av när hon lyfts upp av tryckkrafter orsakade av strömningen på skrovets undersida. Även här uppnås stabilitet med dynamiska krafter.

2.3.2 Mellan marvatten och U-läge

För att Infernus ska lyckas ta sig från marvatten till U-läge behövs kraften från två elmotorer och fenor riktade i rätt vinkel för att övervinna flytkraften i de volymer som i marvattenläget

ligger ovanför ytan. Stabiliteten fås genom att B ligger ovanför G och att ett rätande moment skapas vid störningar.

Den motsatta situationen, det vill säga att ta sig från U-läge till marvatten, sker i princip på samma sätt. Rikta fenor och kraft så att Infernus rör sig uppåt för att sedan hamna i jämviktsläget i marvattnet. Om inga åtgärder vidtas i U-läge kommer Infernus att flyta upp i marvattenläge på grund av den positiva flytkraft som är inbyggd. Även här uppstår rätande moment på grund av hävarmen mellan B och G.

2.4 Beräkningar av adderade volymer

$$\begin{array}{l} \text{Tyngdpunkts- och flytcentrumläge utan flyttankar i U-läge} \\ \left\{ \begin{array}{l} z_G = 0,26 \\ x_G = 1,15 \\ z_B = 0,24 \\ x_B = 1,12 \end{array} \right. \quad [\text{m}] \end{array}$$

Massor och volymer

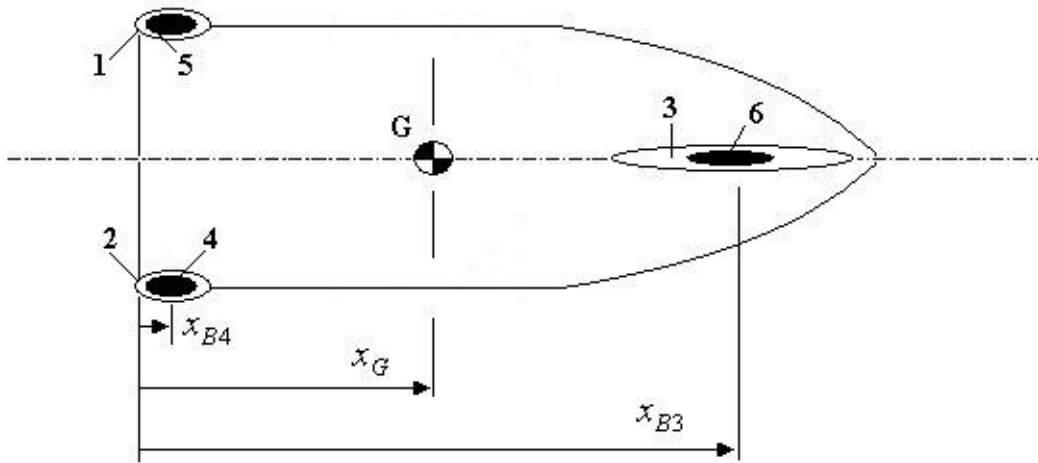
$$\begin{array}{ll} \text{Torrvikt:} & m = 355 \text{ kg} \\ \text{Volymdisplacement:} & \nabla = 240 \text{ liter} \end{array}$$

2.4.1 Dimensionering och positionering av flyttankar i U-läge

Massan hos det undanträngda vattnet är mindre än massan av hela farkosten, vilket gör att den kommer att sjunka om inte volym adderas. Volymen av de adderade tankarna måste vara skillnaden mellan displacementet och torrvikten, dvs.

$$V = \frac{m}{\rho} - \nabla = \{\rho = 1 \text{ kg/l}\} = 355 - 240 = 115 \text{ l} \quad (13)$$

I U-läge skall G och B ha samma x-position annars uppstår ett moment som då måste motverkas. För att placera ut den återstående volymen så att B och G hamnar rätt utförs en momentjämvikt i pitch-led. Antag att två tankar placeras i aktern och en tank i fören, enligt **figur 4**. Dessa tankar har volymerna V_1 , V_2 resp. V_3 .



Figur 4. Placering av tankar.

Väljer volymerna till:

$$V_1 = V_2 = 30\text{ l}$$

och

$$V_3 = 55\text{ l}$$

Den större flyttanken på 55 liter placeras på avståndet

$$x_{b3} = 2,35\text{ m}$$

från aktern på grund av Infernus geometri.

V_1 och V_2 hamnar då på avståndet

$$x_{b4} = 0,17\text{ m}$$

från aktern om B och G ska ha samma x-läge.

För att bestämma var tankarna skall sitta i höjddled måste man ha ett krav på stabiliteten. Antag att föraren tar av sig blybälte och dyktub och placerar det på avståndet 0,5 m från mitten.

Antag att påverkar Infernus med 20 kg. Sätt kravet att farkosten då inte får kränga mer än

$\theta_x = 20^\circ$. Det krängande momentet blir

$$M_{kräng} = 20 \cdot 0,5 \cdot g = 98,1\text{ Nm}$$

Det rätande momentet måste vara minst lika stort, dvs.

$$\begin{aligned}
M_r &= M_{kräng} \\
\Rightarrow M_{kräng} &= \Delta BG \sin \theta_x = mg BG \sin \theta_x \\
\Rightarrow BG &= \frac{M_{kräng}}{mg \sin \theta_x} = 0,082 \text{ m}
\end{aligned} \tag{14}$$

Det nya läget för flytcentrum, B, i z-led är:

$$z_{Bny} = z_G + BG = 0,26 + 0,082 = 0,342 \text{ m}$$

Inferius form ger höjdläget för den främre tanken. Omskrivning av ekvation (5) ger ekvation (15) och ur den kan den akte höjdläget beräknas.

$$\text{Geometri} \Rightarrow z_3 = 0,5 \text{ m}$$

$$z_{Bny} = \frac{z_B \nabla + V_1 z_{12} + V_2 z_{12} + V_3 z_3}{\nabla + V} \Rightarrow z_{12} = 0,6 \text{ m} \tag{15}$$

2.4.2 Dimensionering och positionering av flyttankar i marvattenläge

I marvatten räcker inte volymen från tankarna angivna ovan. Här behövs mer flytkraft för att kunna bära de delarna som befinner sig ovanför ytan, t.ex. förarens huvud och flytkropparna. För att hålla dessa delar över ytan behövs en volymökning av de tre tankarna. Storleken på dessa extra volymer bestäms både av massan på delarna ovanför ytan samt av stabilitetskravet i marvatten.

Antag att delarna ovanför ytan har massan 10 kg och att de är placerade rakt ovanför tyngdpunkten, G. Om de adderade volymerna endast ska hålla 10 kg ovanför ytan krävs ett volymstillägg på 10 liter, utplacerat på plats 4, 5 och 6 enligt **figur 4**.

$$V_4 + V_5 + V_6 = 10 \text{ liter}$$

För att behålla läget på B i U-läge bör hänsyn tas till tankarnas volym och placering. Ett stabilitetskrav i marvatten kan vara att de ytskärande delarna befinner sig med sina 10 kg mitt på aktern med avståndet x_{B4} (se **figur 4**). Då måste volymen i tank 4 och 5 ökas med ytterligare 10 liter.

Den sammanlagda volymen i tank 4 och 5 blir då

$$V_4 + V_5 = 15 \text{ liter.}$$

Eftersom tankarna skall vara lika stora:

$$V_4 = V_5 = 7,5 \text{ liter}$$

På grund av att V_6 placeras på samma x-koordinat som V_3 och att B inte ska flyttas beräknas volymen med hjälp av momentjämvikt runt B till:

$$V_6 \approx 13 \text{ liter}$$

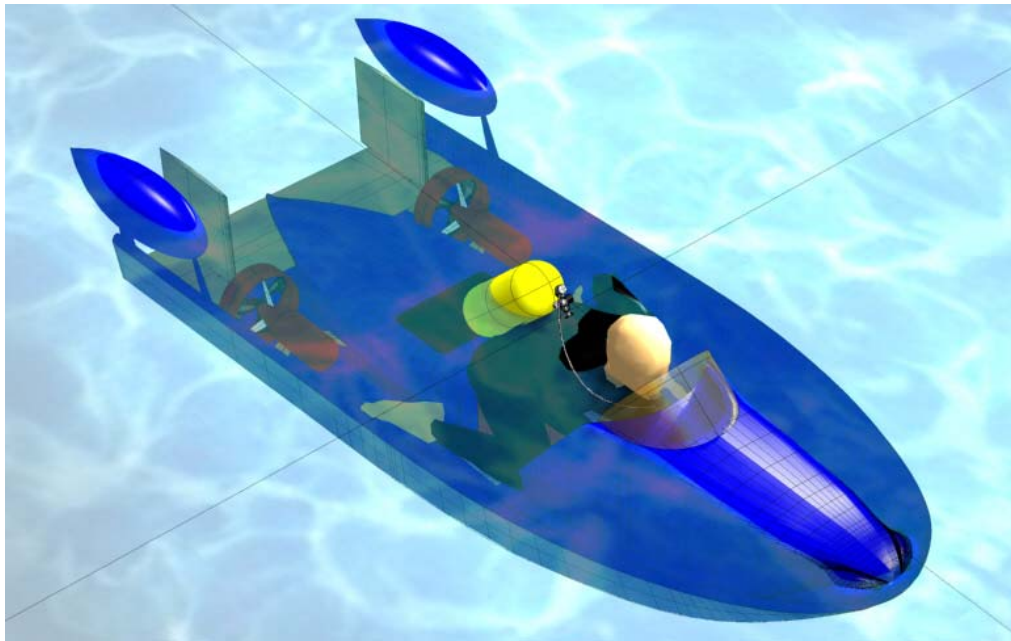
Slutligen kan det konstateras att den sammanlagda volymen (de svarta i **figur 4**) som har adderats till marvattenläget blir:

$$V_{add} = V_4 + V_5 + V_6 \approx 28 \text{ liter} \quad (16)$$

Dessa 28 liter motsvarar en extra flytkraft på knappt 300 N i U-läget. Det innebär att farkosten inte kommer att ligga statiskt stilla i U-läge, utan kommer att röra sig upp mot ytan. Att Infernus har en positiv flytkraft i U-läge bidrar till ökad säkerhet och ingår i den konceptuella designen.

2.5 Resultat

Svårigheten att konstruera en farkost som ska färdas snabbt på ytan och långsamt under ytan ligger till stor del i att hantera stabiliteten i de olika lägen som uppstår. Resultatet är ett slimmat V-skrov med ett antal nödvändiga och högt placerade flytkroppar, se **figur 5**.



Figur 5.Infernus i marvattenläge

3. Framdrivning

Version: 6
Datum: 27 oktober 2003

3.0 Sammanfattning

För framdrivning i Y-läge används vattenskoterns motor och vattenstråldrift, VSD. I U-läge drivs Infernus av två elmotorer av typen Minnkota Endura 55 på sammanlagt 1080W. Som energikälla används ett Optima Yellow Top batteri på 55Ah, 12V. Detta alternativ som drivkälla kommer med god marginal uppfylla kravspecifikationen.

3.1 Inledning

Ett stort antal olika framdrivningskoncept har undersökts och värderats utefter uppställda krav. Dessa finns redovisade på hemsidan. Detta dokument redovisar det koncept som ansågs vara lämpligast för teknikdemonstratorn Infernus.

3.2 Framdrivning Y-läge

Infernus skrov och framdrivning i Y-läge tas från en vattenskoter. En vattenskoter drivs med en tvåtaktsmotor på 75-120Hk försedd med ett VSD-aggregat vilket ger en topphastighet av ca 40 knop med tre personers belastning. Vikten av elmotorer, batterier och dylikt anses motsvara de två passagerarna. Slutsatsen är att Infernus kommer gå lika fort som den vattenskoter vi utgår ifrån. Detta innebär att hastighetskraven för Y-läge kommer att uppfyllas med god marginal.

3.2.1 Tätningar

Motorn byggs in i en vattentät låda. Bensinen förvaras i en säck som har kontakt med vattnet utanför, detta för att inte påverka flytkraften i U-läge. Placeringar av framdrivningskomponenter se figur 4. Som tätning av avgasrör samt luftintag används kulventiler. Avgaser och kylvatten hålls i separata system då tätningarna för U-läge blir alltför komplicerade i annat fall. Kylningen för avgaslimpan sker med en vattenfylld kylmantel. Tillförseln av luft till motorn sker via en snorkel för att möjliggöra start från marvatten. Även avgaserna kommer att släppas ut via en snorkel. Elektriska genomföringar tätas med lämplig tätmassa. Rörliga genomföringar som gaswire tätas med fett. Samtliga tätningar skall vara dimensionerade att klara ett övertryck på 1 bar, motsvarande 10 meters djup.

3.3 Framdrivning U-läge

3.3.1 Beräkning av nödvändig effekt

Formen på Infernus är inte slutgiltigt fastställd varför en bestämning av motståndet i U-läge blir approximativt. Effektbehovet har därför beräknats för en motståndskoefficient (C_D) mellan 0.2 och 1.4 vilket innebär att Infernus form approximeras från en strömlinjeformad kropp ($C_D=0.2$) till en kantig låda ($C_D=1.4$). Motståndet beräknas enligt (1) och effektbehovet enligt (2).

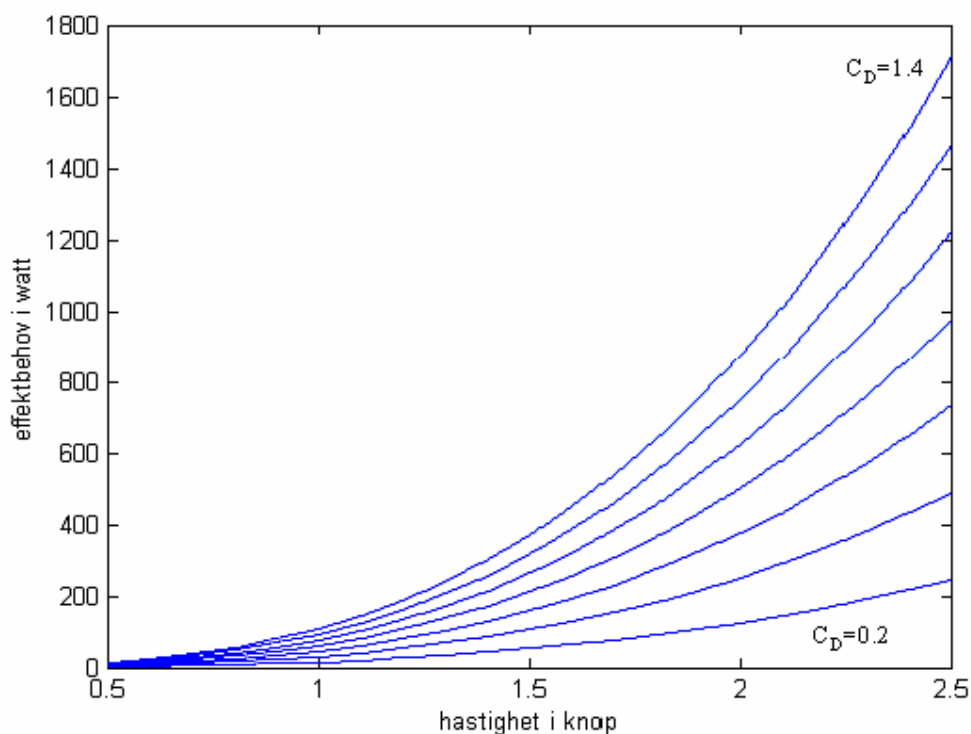
$$D = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C_D \quad (1)$$

där C_D är motståndskoefficienten, ρ vattnets densitet 1000kg/m^3 . v är hastigheten och S är farkostens frontyta 1.15 m^2 .

I figur 1 visas effektbehovet som funktion av hastigheten för olika värden på C_D . Det visar sig att oavsett C_D krävs väldigt lite effekt för att klara kravet på en knop. Det är snarare acceleration och manöveregenskaper som bör beaktas vid valet av motoreffekt.

$$P = v \cdot D \quad (2)$$

där P är effekten i watt.



Figur 1. Effektbehov som funktion av hastighet

3.3.2 Val av motorer

Efterforskningar på den civila marknaden visar att två elmotorer av typen Minnkota Endura 55 (figur 2) uppfyller ställda krav. Dessa ger en effekt av $12V \cdot 45A = 540W$ per styck och har en statisk dragkraft på 220 Newton. Detta ger totalt 1080W. Med en uppskattad verkningsgrad på $0.80 \cdot 0.80 = 0.64$ (motor respektive propeller) fås $0.64 \cdot 1080W = 691W$ för att driva farkosten framåt. Denna effekt räcker med god marginal för att uppfylla hastighetskravet på 1 knop, även om ett högt C_D värde antas. Valet av motorer och effekt motiveras även med att bättre manöveregenskaper erhålls. Motorerna är försedda med elektroniska hastighetsreglage. Dessa kapslas in i en vattentät box och används för motorstyrningen.



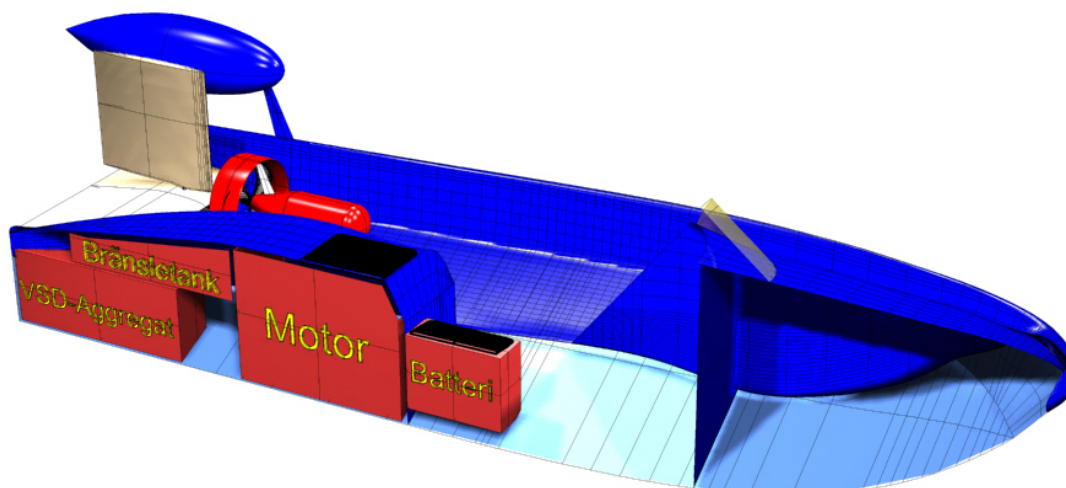
Figur 2. Minnkota Endura 55

3.3 Energikälla

Kravspecen specificerar inte krav på drifttid eller körsträcka. Vi har satt drifttiden till minst 30 minuter. Vilket vi anser tillräckligt för att kunna demonstrera undervattenssegenskaperna. För att uppnå denna drifttid behövs $0.5h \cdot (2 \cdot 45)A = 45Ah$. Ett lämpligt batteri är Optima "Yellow Top" (figur 3) eller "Blue Top" med en kapacitet på 55AH. Fördelen med dessa batterier är att de är gastäta och kan monteras i vilken vinkel som helst. De tål även höga strömmar och oöm hantering.



Figur 3. Optima Yellow Top



Figur 4. Placering av framdrivningsdetaljer

3.4 Ekonomi

	pris
Minnkota Endura 55	2*5000kr=10000kr
Optima Yellow Top	1600kr
tätningar	1500kr
Kablage, infästningar mm	2000kr
Övriga kostnader	3500kr
totalt	18600kr

Tabell 1. Ekonomi

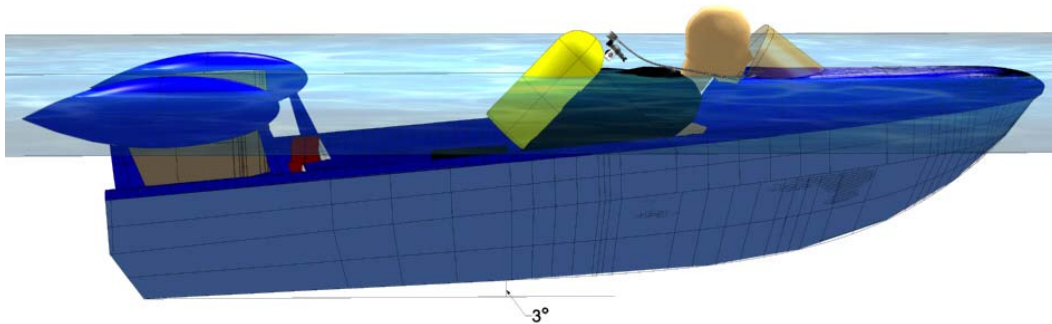
4. Manövrering

Version: 1.4

Datum: 24 oktober 2003

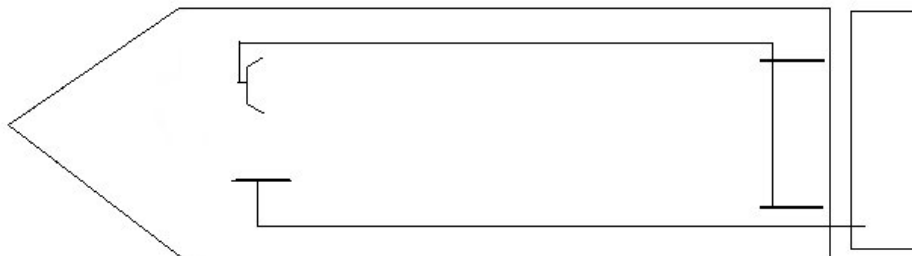
4.1 Inledning

Subskimmern Infernus ska kunna manövreras bra i alla lägen. I övervattensläge används VSD-styrningen. I undervattensläge manövreras den med roder, ett horisontellt och två vertikala. Dessa är placerade direkt bakom elmotorerna för att utnyttja propellerströmmen. Från marvattenläge pressas farkosten ner med hjälp av det horisontella rodret. För placeringarna och marvattenläge se Figur 1.



Figur 1. Båten i marvattenläge

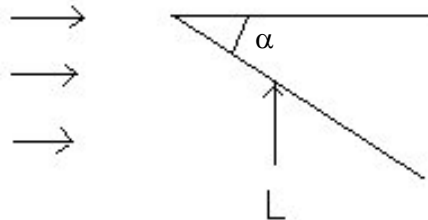
Roderna manövreras genom att mekaniskt vrida dem.



Figur 2. Mekanisk skiss över rodermanövrering

4.2 Erforderligt tippmoment

Det dimensionerande maximala tippmomentet antages ges av fallet då Infernus skall lämna marvattenläge för att dyka, se Figur 1. Infernus ligger då statiskt stabilt med stort akterligt trim (ca 4° grader) och skall tvingas ur detta läge med roderverkan. Här antages att dykningen inleds med full fart, u_{max} i eldrift varvid fullt dykroder ansetts. Det maximala tippmomentet M_{max} som måste övervinnas ges av statiska stabilitetsberäkningar. För resultat se Figur 4.



Figur 3. Rodervinkeln α

Den resulterande lyftkraften på rodret L vid rodervinkeln α , se Figur 3, och friströmshastigheten u ges av:

$$L = \frac{1}{2} * \rho * u^2 * C_{L\alpha} * \alpha * S \quad (1)$$

där:

$$\rho = 1000 [kg / m^3] = \text{vattendensitet}$$

$$u = \text{båthastighet} [m / s]$$

$$C_{L\alpha} \approx 2\pi [rad^{-1}] = \text{lyftkraftkoefficient}$$

$$\alpha = \text{rodervinkel} [rad] \text{ motfriström}$$

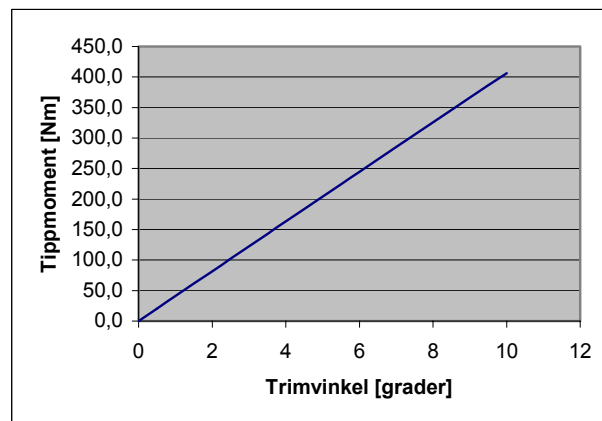
$$S = \text{roderyta} [m^2]$$

Resulterande tippmomentet M_t momentet ges vidare av:

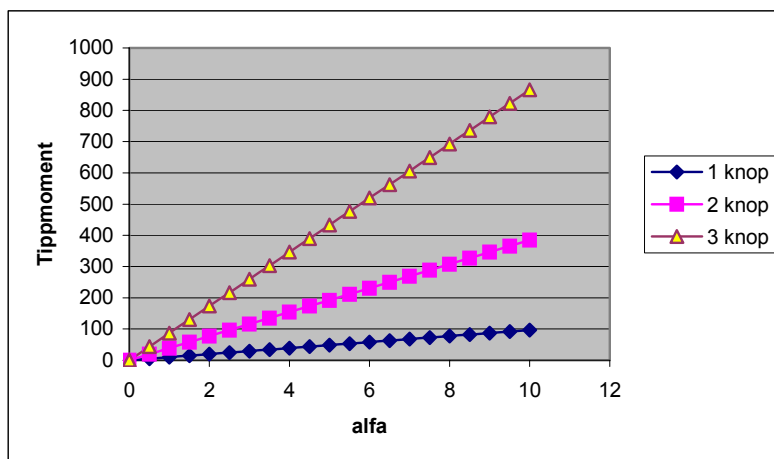
$$M_t = L * l \quad (2)$$

där l = hävarmen mellan rodret och båtens tyngdpunkt. Denna är satt till 1 m.

I Figur 5 åskådliggörs resulterande tippmoment som funktion av alfa för olika båtfart.



Figur 4. Tippmoment som funktion av båtens vinkel i vattnet



Figur 5. Erforderligt tippmomentet som funktion av alfa för olika båthastigheter med roderyta $0,5 \text{ m}^2$.

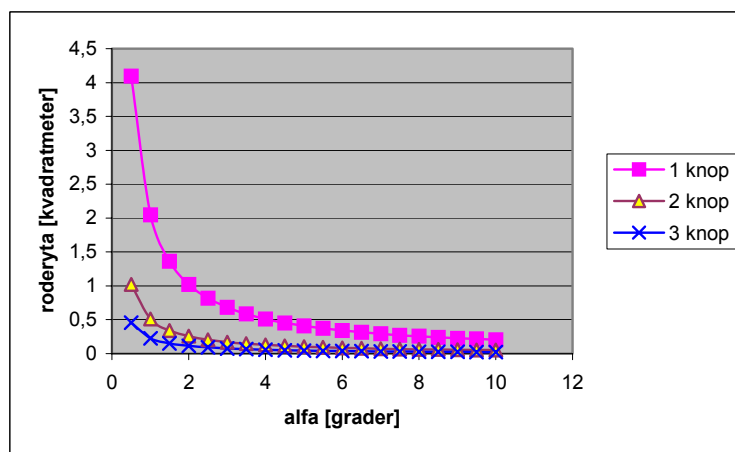
En trimvinkel på 4 grader medför ett tippmoment på 165 Nm. För att uppnå detta krävs att propellerströmmen utnyttjas och en roderarea på max $0,75 \text{ m}^2$.

För att kunna dyka krävs då ett tippmoment som överstiger 165 Nm. En överslagsberäkning med hjälp av formel (2) visar att vid 5 graders rodervinkel fås ett tippmomentet på 192 Nm.

4.3 Erforderligt girmoment

Det dimensionerande maximala girmomentet ges av att båten antas ska giras 10 grader på 2 sekunder. Girmomentet har beräknats till 40 Nm.

Sambandet mellan roderytan och rodervinkeln beräknas med samma ekvationer och invärden som för erforderligt tippmoment. För resultat se Figur 6.



Figur 6. Roderytan som funktion av alfa för olika båthastigheter.

En vridning på 5 grader/sek ger ett girmoment på 40 Nm som ger samband enligt Figur 6 mellan roderyta, alfa och hastighet. Till exempel ger en roderyta på $0,25 \text{ m}^2$ och hastigheten 1 knop en rodervinkel på 8,5 grader vilket är helt rimligt.

4.4 Slutsatser

Med roderytor motsvarande $0,5 \text{ m}^2$ i horisontell ledd och $0,25 \text{ m}^2$ i vertikal ledd kan båten styras på ett tillfredställande sätt. Beräkningarna är baserade på båtens hastighet och att rodren placeras precis bakom motorerna så att propellerströmmen, som är högre än båtens hastighet, används.

De uppkomna krafterna på roderinfästningarna anses ligga inom rimliga gränser för konstruktionen. T.ex. blir lyftkraften på rodret för dykning, vid en fart av 3 knop ca 1000 N.

Roder räcker för att manövrera Infernus, men dörren lämnas öppen för vridbara trustrar.

5. Budget

Version: 1
Datum: 24 oktober 2003
Författare: Magnus Althin

Efter inhämtning av priser och undersökning av marknaden för V-skrov med framdrivningspaket (förbränningsmotor) hamnar den totala budgeten på 74 696 kronor. Ovan nämnda utgör ungefär halva budgeten, men tack vare det kan arbetstiden fokuseras på den speciella problematiken som uppkommer vid dykning.

Manövrering		Skrov		Framdrivning	
Styrkabel	2000	Plast	3800	Elmotorer (2 st.)	10000
Fästen	400	Glasfiber	3500	Batteri	1600
Ekolod och logg	3996	Härdare	100	Kablage m.m.	2000
Övriga kostnader	1000	Aceton	300	Tätning	1500
		Plexiglas	1000	Övriga kostnader	3500
		Släppmedel	500		
		Pluggmaterial	500		
		Övriga kostnader	2000		
Summa delgrupp:	<u>7396</u>		<u>11700</u>		<u>18600</u>
Totala delgruppskostnader			37696		
Skrov, framdrivningsp. (förbränning)			30000		
Diverse omkostnader			7000		
Totala summa:			<u><u>74696</u></u>		

Inköp av V-skrov med framdrivningspaket (förbränningsmotor) kan komma att överstiga budget. Orsak till överskridande skulle i så fall vara att begagnatmarknaden inte erbjuder tillräckligt lågt inköpspris.

6. Vikt och tyngdpunkt

Version: 4
Datum: 24 oktober 2003
Författare: Per Blomberg

6.1 Inledning

För att hålla reda på farkostens vikt och tyngdpunktsläge har ett koordinatsystem införts där alla detaljer fixerats. Koordinatsystemet definieras enligt följande:
Origo i akterspegelns lägsta punkt. x-framåt, y-babord(vänster), z-uppåt. X-axeln parallell med köllinjen riktning vid akterspegeln.
Ett enkelt MatLabprogram beräknar totalvikt och tyngdpunktens position

6.2 Vikt

<i>Detalj</i>	<i>vikt</i>
Förbränningsmotor	75kg
VSD-aggregat	30kg
bränsle	15kg
Elmotor 1	10kg
Elmotor 2	10kg
Batteri	20kg
Skrov	100kg
Överbyggnad	75kg
Styrfenor	6kg
Styre och styrdon	3kg
Totalvikt	344kg

Tabell 1. Vikt

6.3 Tyngdpunkter

Tyngdpunksberäkningarna baserar sig på att skrovet är 2.8m långt, 1.15m brett och 0.35m högt mellan köl och reling.

<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
1.17	0.00	0.26

Tabell 2 Tyngdpunkten

7. Bilaga

Bilaga 1: Kravspecifikation

Ytfartyg

TrV

Erik Eklund

08-782 40 00, Fax: 08-782 6510

Kravspecifikation v4

2003-09-19

Krav specifikation för uppdrag till KTH 2003/04, ver 4

Denna kravspecifikation skall ligga som grund i uppdraget till KTH, Marinasystem/Lättkonstruktioner. Kraven nedan är modifierade efter förutsättningar för projektet som KTH har visat och är efter dialog med FMV överenskommen 0309019 och gäller FMV uppdrag med KTH 2003-04.

Krav och egenskaper:

Farkosten skall uppfylla de krav samt inneha de egenskaper som specificeras nedan.

- 1) Hastighet Y-läge: Motsvarande Froudes tal, $F_{nL} > 1.5$ vid platt vatten samt $F_{nL} > 1.1$ vid innerskärgårdssjö vid en vindstyrka 5-6m/s
- 2) Hastighet U-läge: Minst 1 knop
- 3) Lastkapacitet: En förare inklusive sportdykarutrustning, totalt max 130 kg i Y-läge. Denna last skall i U-läget vara neutralt avvägd
- 4) Djupintervall: Farkosten skall kunna operera inom djupintervallet 0 - 10 m
- 5) Farkostens vikt: max 500 kg, torrvikt avses
- 6) Huvuddimensioner: max 3.5 x 1.5 x 1.5 m, (L x B x H)
- 7) Marvatten: Farkosten skall vara så avvägd att föraren i sittande läge kan ha huvudet över ytan. Härutöver kommer delar av farkosten, t.ex. snorkel, att bryta ytan
- 8) U-läge: Farkosten skall vara statiskt stabil
- 9) Farkosten skall kunna gå från max hastighet på ytan till marvattenläge på max 2 minuter
- 10) Föraren skall snabbt och säkert kunna lämna farkosten
- 11) Övergång U-läge till Y-läge respektive Y-läge till U-läge skall ske stabilt och kontrollerat

Övrigt

FMV önskar härmed KTH lycka till med uppdraget och ser fram emot en dialog när konceptet börjar ta form. Sträcksatserna nedan kvarstår som viktiga egenskaper "att tänka på" under arbetets gång, numera som bonus/önskemål. Vi önskar en kort kommentar i "dagboken" om hur ni har tänkt på dessa eller varför ni förkastade etc.

Egenskaper som om möjlighet finns kan beaktas:

- Djuphållning + djupet skall kunna varieras med +/- 10m utan bubblenspår
- Kurshållning i U & Y-läge
- Stighastighet, kontrollerad
- Signaturer. Buller, magnetism, etc.
- Sjöegenskaper
- Olika salthalter
- Manövreringsegenskaper i U resp. Y läge skall vara goda

- Miljö
- Säkerhet för operatörer
- Få ner maskin i båten
- Övergång förbränningsmotor - elmotor (luftförsörjning)

Ytfartyg

TrV

Erik Eklund

08-782 40 00, Fax: 08-782 6510

- Samtliga ombord måste kunna frigöra sig från farkosten ögonblickligen oberoende av andra personer/utr. vid behov (U-läge)
- tåla fritt fall från 10m, fällning från helikopter i vatten

Mål

- Teknikdemonstrator (Prototyp)
- Rapport / "Dagbok" – innehållande beskrivning av varje vägval som gjorts och varför idéer förkastas.

Erik Eklund
C KE Ytfartyg