

# Seglande containerfartyg

## Ett miljövänligt alternativ till konventionella fraktfartyg

Författare, klass: Nils Patriksson, TE3b  
Handledare: Carina Svensson  
Medbedömare: Åke Lundgren  
Läsåret 2015/16

## **Abstract**

This report will deal with the possibility of building container-ships driven primarily by sail-power. The carbon-dioxide emissions, but also other emissions, are crucial to cut and the global goal is to totally cease them by 2050. Some scientists even express a will to stop the emissions before 2050. In the shipping industry the seafaring is a major contributor to the carbon-dioxide emissions. A total of 70 percent of the world's transports are carried out by water. There is a need for a solution in this matter.

Two models have been built and the constructions of those are described in this report. The first of the models is a CAD-model built in 3Dmax design and the other a real world model at a scale of 1:500. Also simplified velocity calculations have been carried out for a full size version of the ship that the models are of. The ship has been designed considering basic naval architecture principles and environmental issues.

Basic materials such as ekoprim, wood, putty and plastic from plastic bags have been used to build the scaled model. The main design-aspects considered when designing the CAD-model where the bulb in bow, the stern and the sails. In the conclusion environmental-friendly engines are discussed and what could be done if the speed of the ship needs to be increased by machine. Using the velocity predictions for different wind-speeds some predictions for the time of trips are obtained also using meteorological data. The conclusion is that it is possible to build a container-ship driven primarily by sail-power.

# Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.1.1	Tidigare forskning .....	1
1.2	Syfte.....	2
2	Material och metod.....	2
2.1	Material och verktyg.....	2
2.2	Genomförande/Metod.....	2
2.2.1	Metod .....	2
2.2.2	CAD-modell .....	3
2.2.3	Modellen.....	4
2.2.4	Hastighetsberäkning .....	5
2.2.5	Vikt på fartyget.....	6
2.2.6	Tid för transporter .....	6
3	Resultat.....	7
3.2	Dator-modell.....	7
3.3	Modell.....	7
3.4	Undersökning.....	7
	Tider för transporter är beräknade för februari .....	7
4	Diskussion och Slutsats .....	8
4.1	Dator-modell.....	8
4.2	Modell.....	9
4.3	Undersökning.....	9
4.3.1	Beräkningar .....	9
4.3.2	Alternativ framdrivning.....	10
4.4	Slutsatser.....	10
4.5	Fortsatt forskning och utveckling .....	10
5	Källförteckning.....	11
	Bilaga 1 .....	1
	Bilaga 2 .....	2
	Bilaga 3 .....	3
	Bilaga 4 .....	4
	Bilaga 5 .....	5

Bilaga 6 .....	6
Bilaga 7 .....	7
Bilaga 8 .....	8

# 1 Inledning

Enligt många forskare, däribland Johan Rockström, så måste det moderna samhället absolut senast 2050 vara helt fossilfritt. (Rockström, 2015) Om detta djärva mål inte nås kommer det att ge konsekvenser i form av naturkatastrofer, stigande havsnivåer och stigande temperaturer. Det är värt att stanna upp en stund och försöka förstå hur mycket som måste förändras, räknat från 2016, endast 34 år. Inga fler bensinbilar, kraftigt minskat köttätande och klimatsmart elförsörjning är bara några av alla förändringar som måste till för att rädda planeten.

I rederibranschen är redan miljöarbetet igång och det kommer hela tiden nya idéer om hur det skulle vara möjligt att minska utsläppen. 90 % av alla transporter på Jorden sker till sjöss och i framtiden kommer dessa transporter behöva bli fossilfria precis som allt annat. (International Maritime Organization)

## 1.1 Bakgrund

### 1.1.1 Tidigare forskning

Tidigare har det tittats på nya drivmedel till fartyg men att använda segel på containerfartyg är svårt att hitta information om. En marinarkitektfirma vid namn Dykstra Naval Architects har ritat ett fartyg som är gjord för att segla med containrar utan att använda några fossila bränslen. Fartygsdesignen har fått namnet *Ecoliner* men har inte blivit byggt ännu. Under slutet av år 2015 och början av 2016 så har intresset ökat snabbt. Fartyget ligger först på Clean Shipping Index som är ett sätt för att mäta fartygens klimat och miljöpåverkan. Den första *Ecoliner*-fartyget håller på att byggas och kommer att vara 138 meter långt, 18,2 meter brett och ha en segelyta på 4000 m<sup>2</sup>. Skeppet har en diesel-elektrisk motor, alltså en generator som genererar energi så att en elmotor i aktern sedan för fartyget framåt. (Baars)

Världens största seglande fartyg kommer att vara Andrey Igorevich Melnichenkos super-yacht vid namn *Sailing Yacht A*. Detta fartyg kommer att vara ungefär 147 meter långt, 91 meter högt och bermudariggat. Fartyget kommer att ha kostat cirka 260 miljoner Engelska pund och vara klart i juli 2016. Fartyget är ett bra exempel på att det går att bygga stora fartyg vars primära drivkraft är vinden även fast det fortfarande återstår att se hur fartyget kommer segla i praktiken. (Frank, 2015) (Huchinson, 2015)

Förutom arbetet med de fartyg som nämnts så sker det mycket tester på hur man kan minska utsläpp inom sjöfarten. Till exempel är färjan Ampere i Norge helt eldriven och går i reguljärtrafik över ett mindre vattendrag. (Ampere - Ship of the year) Ett annat exempel på en förändring som kan minska utsläppen är att anpassa bulbens höjd till den hastighet som fartyget kommer att ha mestadels. (Adjustments reduce emissions from containerships, 2015) All utveckling är bra men när det gäller att använda segel för att minska klimatpåverkan så är *Ecoliner* och *Sailing Yacht A* de mest konkreta projekten som har gjorts.

## **1.2 Syfte**

Det allmänna intresset är stort eftersom det handlar dels om att få klimatförändringarna att avstanna vilket är av väldigt stort allmänintresse. Dessutom är det för att få världshandeln att fungera på ett effektivt sätt även 2050. Arbetet tillför nytt på det sättet att använda segling som ett modernt färdssätt. Syftet med detta gymnasiearbete är att undersöka om det är möjligt att genom att sätta segel på fartyg i framtidens fraktsjöfart, kunna minska koldioxidutsläppen och hur ett sådant fartyg skulle kunna se ut.

## **2 Material och metod**

### **2.1 Material och verktyg**

Ekoprim är det material som byggs med mest. Materialet är lätt att forma och hantera vilket underlättar för de mjuka former som modellen har. Ekoprim finns tillgängligt lätt och är relativt billigt.

Blompinnar användes för master och rår. Blompinnar finns det många av och de är lätta att hantera och få tag på.

Vanlig snickerispik användes som barlast. Detta berodde på att den dels är billig, dels att det är lätt att reglera vikten eftersom det endast är att ta bort eller lägga till en spik och då ändra massan.

Snickerispackel användes för att få en hårdare yta på modellens skrov. Snickerispackel är relativt billigt och går att inhandla i många olika affärer.

Ståltråd användes till att förstärka bulben som finns längst fram på modellen. Bulben behövde förstärkas på grund av att den under flera tillfällen gick av under arbetets gång.

Sprayfärg användes för att måla de svarta delarna av modellen. Färgen införskaffades på Biltema och kostar 69:90 kronor.

Andra färger såsom hobbyfärg och färg för snickerier användes.

Plast från plastpåse användes till segel på modellen. Plast finns mycket lätt att få tag på, är lätt att hantera och är relativt tåligt.

Limpistol användes för all limning på modellen. Exempel på sådant som limmades var rårna på masterna och seglen på dessa.

En såg användes till att få fram den mycket grova formen på modellen. Efter det användes en rasp för att grovt skapa formen. En fil användes sedan ihop med sandpapper för att på en fin yta.

### **2.2 Genomförande/Metod**

#### **2.2.1 Metod**

Arbetet utfördes fyra steg. I steg ett så samlades fakta in, tidigare forskning identifieras och bakgrundsinformation insamlas. För att modellen skulle vara så snabb som möjligt tittades det

på några designer som gör skeppet snabbare. Dock gjordes inga matematiska jämförelser av olika designer och hur de påverkar hastighet och prestanda. Enligt planeringen skulle denna del vara klar innan vecka 43, 2015.

I ett andra steg har en 3D-modell i 3Ds max design gjorts. Den ursprungliga idéen var att först skapa en modell i programmet Alias Speedform för att sedan kunna exportera en modell till 3Ds max design. Detta har visat sig mycket krävande eftersom programmen inte hade samma sätt att göra en 3D-kropp. Därför har skrovet byggts direkt i 3Ds max design. Detta skulle vara klart innan vecka 46, 2015.

I ett tredje steg så har en fysisk modell byggts. Skalan är 1:500 och enkla material används eftersom budgeten är begränsad och viss byggerfarenhet fanns i dessa material. Ekoprim är det material som ska användas mest och formas med enkla verktyg. Detta område ska vara klart innan vecka ett, 2016.

I steg nummer fyra har rapporten skrivits och kompletteringar på de tidigare områdena gjorts där det finns ytterligare arbete att göras.

### 2.2.2 CAD-modell

CAD-modellen är byggd i programmet Autodesk 3DS max design. Skrovet tillverkades först genom att börja med ett rätblock och allt eftersom lägga till fler vertexes. Bulben gjordes genom att ett klot lades ihop med resten av kroppen.

Bulben förbättrar hastigheten på fartyget genom att skapa ett extra vågsystem. Om det inte skulle finnas någon bulb på fartyget och det skulle röra sig genom vattnet så skulle vågorna bli i ett vågsystem med egna vågdalar och vågtoppar. Om man la till en bulb framför början på det första vågsystemet (alltså bogen) så skulle det skapas ett till vågsystem. I detta nya vågsystem så skulle det på samma sätt som i det första skapas vågdalar och vågtoppar. Om det ena vågsystemet skulle interferera med det andra vågsystemet så skulle en vågtopp i det ena systemet kunna vara på samma plats som en vågdal i det andra systemet. Eftersom dessa är vågrörelser så skulle vågorna kunna ta ut varandra. Lägre vågor betyder att det finns mindre energi i vågorna, den energin kan finnas kvar i fartygets fart. (Lars Larsson, 2014)

En annan design som förbättrar fartygets fart är att aktern inte är rent avkapad och nersänkt i vattnet. När vattnet närmar sig aktern så är skrovet längre upp än innan och akterspegeln är ovanför vattenytan överallt. Den ”lyftning” som finns akterut finns för att undvika turbulens av vattnet när det lämnar aktern. När vattnet kan lämna skrovet innan det kommer till akterspegeln så bildas inte samma turbulens som om akterspegeln är nersänkt i vattnet. Vattnet ”vill” fylla ut det utrymme som finns bakom akterspegeln. När det är mindre vatten precis bakom akterspegeln så blir det ett undertryck bakom akterspegeln. Undertryck skapar en dragkraft akterut som bromsar. Därför är det fördelaktigt att ha en sådan utformning på aktern som finns i CAD-modellen och i illustration 1. (Lars Larsson, 2014)

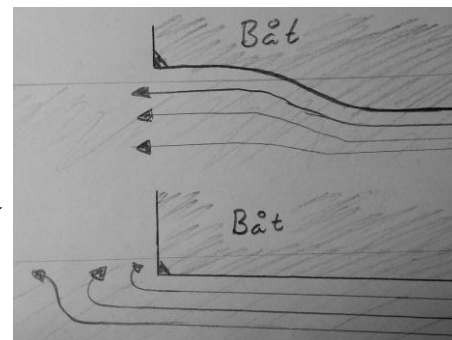


Illustration 1

De flesta konstruktionspreferenser är undantagna i CAD-modellen och den verkliga modellen. Några av de utelämnade problemen är stabiliteten i sidled, mer exakta viktberäkningar och hållfasthet. Genom att efterlikna formen på moderna fartyg så kan dessa aspekter undvikas i en så pass förenklad modell.

### 2.2.3 Modellen

Arbetet började med att en skiss gjordes som var skalenlig mot den 3D-modell som redan fanns i datorn. Tanken var från början att exportera en ritning från den *3D max-fil* som fanns färdig på datorn men detta fungerade inte på grund av att det inte gick att exportera *.max*-filen till Autodesk Inventor. Om detta hade fungerat så hade det varit möjligt att skriva ut en ritning i skala som skulle gjort det möjligt att skapa mallar. När detta inte var fallet så blev det nödvändigt att mäta upp fartygets mått och sedan ändra måtten manuellt.

Tillverkningen av mallar har därför gjorts på fri hand vilket gör att en perfekt avbildning av 3D-modellen inte blivit möjligt. Tre mått har dock mätts ut exakt. Dessa mått var från för till akter(längd), från sida till sida(bredd) och från botten på fartyget till däcket(höjd). Med hjälp av dessa mått och bilder av modellen var det möjligt att tillverka en modell.

Mått	Längd i CAD-fil	Längd i modell
Längd	150 meter	0,3 meter
Bredd	29 meter	0,058 meter
Höjd	19 meter	0,38 meter

Efter att ett räbblock med måtten ovan hade sågats ut så har blocket filats tills det liknat CAD-filen. Här användes först rasp, sedan fil och sist sandpapper med finare och finare yta för att skapa en så fin yta som möjligt som grund för spacklet.

Det skulle behövas en vikt i botten av modellen för att få modellen att ligga på ett bra sätt i vattnet. Hur många kilogram som skulle behövas för att få modellen att ha vattenlinjen på ett speciellt ställe användes formeln för lyftkraft.

$$L = \rho V g$$

Volymen för den nersänkta delen av modellen räknades ut genom att sänka ner modellen i en vattenbehållare och mäta det undanträngda vattnets volym. Eftersom det är enklare att beräkna volymen av en kub (formen på vattenbehållaren) än ett oregelbundet objekt såsom modellen så blev volymberäkningen mycket lättare. Densiteten för sötvatten är cirka 998 kg/m<sup>3</sup>. Sedan användes Newtons andra lag för att bestämma massan.

$$F = mg$$

Eftersom  $L$  måste vara lika  $F$  när modellen är i jämvikt så kan man säga att  $m = \rho V$ . Att iaktta här är att i  $m$  ingår även modellens massa utan extra vikt. På detta vis beräknades massan av de spikar som användes som vikt i botten av båten. Dessa vikter las in i ett urgröpt hålrum underifrån för att sedan bli spacklade.



Spacklet lades på med en spackelskrapa över hela modellen. Det läts torka och sedan slipades ytan. Denna procedur upprepades två gånger. Bulben längst fram på modellen bröts av två gånger under detta arbete. Bulben var ömtålig eftersom det var en så liten yta som satt ihop med resten av modellen. Detta ordnades med att två ståltrådar stacks in i bulben för att sedan sättas fast på modellen. Detta spacklades och slipades och det blev då en fin yta och en förstärkt bulb.

Efter att hela skrovet var klart så återstod att måla detta. Hela modellen målades röd en gång. Modellen tejpades med maskeringstejp vid den beräknade vattenlinjen för att sedan spraymålas. Maskeringstejpen satt inte tillräckligt tätt överallt vilket medförde att det rann ner färg och vattenlinjen inte blev perfekt runt hela modellen.

En liten bit ekoprim utformades till överbyggnaden i aktern. Denna målades med hobbyfärg och för att fästa den i skrovet sattes blompinnar in i modellen. Två blompinnar trycktes fast i två borrarade hål i däck. Efter det var det endast att trycka fast överbyggnaden på blompinnarna. Denna lösning gjorde att överbyggnaden kan tas av utan att behöva ta bort lim som skulle varit nödvändigt om överbyggnaden limmats fast vid däck på modellen.

Masterna tillverkades av blompinnar i olika tjocklek. Rårna är tunnare än masterna. Rårna och masterna limmades ihop med limpistol. Några lossnade endast dagar efter limningen och limmades igen och bättre denna gång.

För att skapa en visualisering av hur containrarna skulle kunna se ut lastade på fartyget gjordes ett ekoprim-block att efterlikna ett antal containrar. Dessa containrar avbildades i skala mot en ISO-container med de ungefärliga måtten 20x8x8 fot (20-fotscontainer). Målarfärgen som användes var hobbyfärg. [källa]

## 2.2.4 Hastighetsberäkning

En mycket förenklad hastighetsberäkning utförs med hjälp av formler på hydrodynamik och aerodynamik. Endast två krafter räknas med, nämligen det viskösa motståndet, alltså friktionen mellan vattnet och den våta ytan, och den drivande kraften från seglen. I denna situation så antas att skeppet seglar plattläns och att seglen inte stör varandras vind. Den motståndskraft som kommer från till exempel vågor och lutning. Två krafter behandlas, dels vattnet och skrovets friktion men också den drivande kraften som uppstår med seglen. När krafterna är i jämvikt har fartyget en konstant hastighet så som illustreras i bild 2.

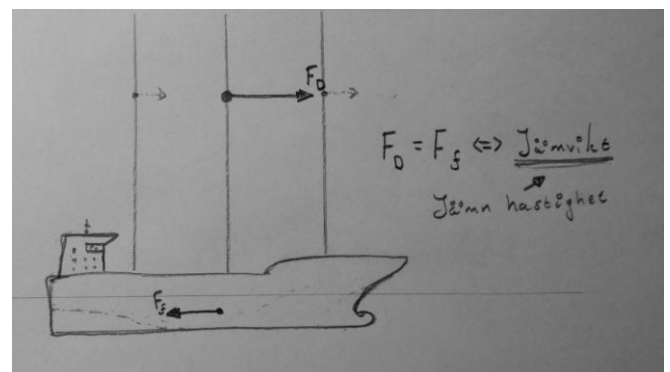


Illustration 2

$$F_D = \frac{1}{2} \rho u^2 C_D A$$

Detta är formeln för kraften genererad av ett föremål som påverkas av någon vätska eller gas så som ett segel. (Drag equation, 2015)

$p$  = densiteten av vattnet

$u = \Delta$ vindhastighet = skillnaden i hastighet mellan seglen och vinden

$C_D$  = motståndskonstanten (som är beroende av formen på föremålet)

$A$  = arean vinkelrätt mot vindriktningen

Dessa enheter stoppades in i ett Excel-ark där deras värden även lades in. Variabeln blev  $u$  eftersom hastigheten på skeppet förändras och gör att  $\Delta$ vindhastighet förändras.

Motståndskonstanten hämtas från NASA:s hemsida där konstanten för en platta i ett tredimensionellt rum. Denna form liknar seglens form. (Shape Effects on Drag, 2015) Arean sätts till 20x30 meter för ett segel i genomsnitt vilket ger en total yta av 20x30m multiplicerat med nio. Densiteten på saltvatten vid 20°C är ungefär 1025 kg/m<sup>3</sup>.

$$F_f = \frac{0,075}{\left(\log\left(\frac{V \cdot L}{\nu}\right) - 2\right)^2} \cdot 0,5 \cdot p \cdot V^2 \cdot S_w$$

$V$  = skeppets hastighet

$L = 0,7 \cdot L_{WL} = 70\%$  av hela skeppets längd

$\nu$  = vattnets viskositet

$p$  = densiteten av vattnet

$S_w$  = blöt yta

$F_f$  är ungefär en del av den friktionskraft som uppkommer från fartyget i vattnet. (Lars Larsson, 2014)

Dessa enheter stoppades även de in i ett Excel-ark och i en ny ruta räknades  $F_f$  ut.  $V$  är variabeln i denna formel.  $L$  erhölls med en mätning av längden i 3Ds max design. Vattnets viskositet vid 20°C är ungefär  $1,0 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s. Densiteten på vattnet sattes till samma värde som i formeln för  $F_D$ .  $S_w$  räknades ut genom att del av skeppet som är under vattenytan skars bort i 3D-programmet och ytan räknades ut av programmet.

I Excel finns ett ekvationslösningsverktyg vilket man kan använda till att lösa svåra ekvationer. I detta fallet så skulle  $F_f$  och  $F_D$  vara lika för att skeppet skulle hålla en jämn hastighet. Två funktioner erhölls,  $F_f(V)$  och  $F_D(V)$  och dessa sattes att vara lika med varandra. Då blev  $V$  det värde i m/s som skeppets hastighet hade.

### 2.2.5 Vikt på fartyget

I och med att hastigheten beräknades med hjälp av en extra 3Dmax-fil så kunde även den beräknade vikten vattnet som pressats undan av fartyget beräknas. Vid den lastning som hastighetsberäkningarna avser så är vikten på vattnet; volymen av kroppen nersänkt i vattnet multiplicerat med vattnets densitet. Detta kan ge en uppfattning om hur mycket fartyget kan tänkas väga.

$$m = p \cdot V_{\text{olym}}$$

### 2.2.6 Tid för transporter

När en hastighet på skeppet går att få så är det möjligt att räkna grovt på hur lång tid det tar att ta sig från olika platser. För att få fram tiden så multipliceras hastigheten med sträckan. Till

detta används kartor för att mäta avstånd. Eniros kartor används för att mäta avstånden. En karta med medelvindhastigheter per månad används för att uppskatta en medelvindhastighet under resans gång. Färdvägarna bestäms så att vindriktningen är så mycket som möjligt i samma riktning som färdvägen. Hastigheten bestäms med hjälp av Excel-dokumentet för hastighetsuträkningen som tagits upp i **2.2.4 Hastighetsberäkning**.

Färdvägar över Atlanten eller Stilla Havet som går väster ut seglas vid ekvatorn. Här blåser vindar som kallas passadvindar. Dessa vindar blåser alltid åt samma riktning nämligen västerut. Detta för med sig att resor västerut går snabbare än de österut då passadvindarna är relativt starka. (International Research Institute for Climate and Society)

## 3 Resultat

### 3.2 Dator-modell

Datormodellen gjordes som en *.max*-fil. I bilaga 1, 2, 3 och 4 finns renderingar av utseendet på modellen.

### 3.3 Modell

I bilaga 5, 6, 7 och 8 finns fotografier på den verkliga modellen.

### 3.4 Undersökning

Tider för transporter är beräknade för februari	Avstånd [meter]	Medelhastighet [meter/sekund]	Tid [dagar]
Gibraltar till Florida	8850000	6,63	15,5
Florida till England	6910000	4,92	16,3
Panama till Taiwan	17250000	6,63	30,1
Japan till Kalifornien	9206000	4,08	26,1

Jämfört med konventionella containerfartyg så är detta långsamt. Dock har många rederier börjat skeppa i lägre och lägre hastigheter. Maersk som är världens största rederi hade 2010 sina skepp seglandes i hastigheter på 12 knop. 12 knop motsvarar en hastighet av 6,17 m/s vilket är lägre än den hastighet som enligt tabellen ovan det seglande containerfartyget kan uppnå. [källa]

Vindhastighet [m/s]	Hastighet på fartyg [knop]	Hastighet på fartyg [m/s]
3	3,3	1,7

6	8,0	4,1
9	12,9	6,6
12	18,0	9,3
15	23,2	11,9

I 2.2.5 Tid för transporter så visas det hur en vikt på fartyget kan uppskattas. Denna vikten blir ungefär 18812 ton. Detta kan jämföras med bulkfartyg som har en maximivikt mellan 15000 och 35000 ton. Denna fartygsklass är den vanligaste bland bulkfartygen. (Maritime Connector)

## 4 Diskussion och Slutsats

### 4.1 Dator-modell

3Ds max design är ett program som egentligen är gjort för att visualisera och animera. Detta har lett till flera problem. För det första så har det varit svårt att exportera filen till ett annat program för att skapa en ritning. Detta kan förstås bero på okunskap på 3DS max design men också på att det inte finns någon funktion inbyggd i programmet där man kan göra en ritning. Att en ritning inte skrevs ut gjorde att inga mallar till den verkliga modellen kunde göras vilket i sin tur ledde till en modell som är mindre lik dator-modellen.

En andra begränsning som programmet innebar var att beräkningar av längder, ytor och volymer blir svårare. Det finns funktioner för att mäta avstånd, ytor och volymer men detta sker oftast endast på fri hand vilket ger oexakta mätvärden. Dessutom behövs det i det sätt som tillämpats för volymeräkning och ytoberäkning skapas ett nytt objekt att mäta på. Detta betyder i praktiken att det var nödvändigt att skapa en ny fil där volymen och ytan på skrovet kunde mätas. Detta skulle kunna skett mer smidigt i ett annat program.

Många delar av designen har såklart blivit försummade. De två som står om tidigare två ganska viktiga annars har som tidigare nämnts detta fartyg försökts göras likt tidigare containerfartyg. Exempel på icke utförda designmoment är innandömet på fartyget, hållfasthet och rätande moment (stabilitet i sidled). Dessa har försökts att verka verkliga genom att fartyget gjorts likt konventionella containerfartyg i dess aspekter. Hållfastheten på masterna skulle förmodligen vara det största problemet med fartyget. Det har inte i modern tid byggts särskilt många segelmaster som står så högs och dessutom ska tåla så mycket krafter som vinden innehåller. Som jämförelse kan man titta på den kraft som en vindhastighet på 6 m/s skulle generera enligt hastighetsmodellen. Kraften blir ungefär 15000 Newton vilket ungefär skulle motsvara vikten av ett föremål med massan 1500 kg som hela tiden tryckte masterna framåt. Om det istället skulle blåsa 15 m/s så skulle kraften istället motsvara en vikt på 50 ton. Andrey Igorevich Melnichenko, som är en rysk miljardär, har låtit bygga en 468 fot lång segelbåt till sig själv och masterna är 300 fot höga (~91 m). Eftersom det fartyget faktiskt

klaras av påfrestningarna så borde även detta seglande containerfartyg kunna ha master som klarade av påfrestningarna. (Frank, 2015)

## 4.2 Modell

Modellen blev inte så lik dator-modellen som det var meningen. Eftersom de problem som har nämnts tidigare fanns så var det inte möjligt att tillräckligt tidseffektivt skriva ut ritningar som skulle kunna användas till att tillverka mallar. Att ha kunnat göra mallar skulle underlätta arbetet med att bygga en modell som liknade dator-modellen.

Materialen som användes till att bygga modellen var lätta att hantera och gjorde att formgivningen blev enkel. Ett alternativ till dessa material skulle ha varit att skriva ut en 3D-modell med hjälp av en 3D-skrivare och sedan slipat till den för att få en fin yta. Denna metod hade kunnat göra att resultatet blev bättre. Just nu ser modellen inte ut som datormodellen särskilt mycket vilket mestadels beror på avsaknaden av mallar.

## 4.3 Undersökning

### 4.3.1 Beräkningar

I de beräkningar som utfördes för fartygets hastighet och tid för att segla mellan olika platser finns många försummade delar som därmed skapar felaktigheter i resultatet. En första kraft som kommer att finnas i verkligheten är friktionen som uppkommer med vågorna. När vattnet trycks undan där fartyget flyter fram så försvinner energi till att vågor skapas. Bulben minskar påverkan från vågsystemet på farten men det är fortfarande en stor del av friktionen. Detta gör alltså att en lägre fart skulle utvecklas än vad som modellen säger.

En annan parameter som spelar in när hastigheten ska bestämmas är lutningen på fartyget. Om fartyget lutar något så kommer  $S_w$  (den våta ytan) att påverkas vilket antingen kan göra friktionen större eller mindre. Därför antas att fartyget inte lutar i uträkningarna.

En annan kraft som skulle kunnat ha ett annat värde är  $F_s$  (kraften på seglen) som driver fartyget framåt. En osäkerhet är  $C_D$  (motståndskonstanten). Konstanten är hämtad från en helt plan skiva men seglen är bättre än så på att "fånga upp" det luftflöde som är vinden än skivan. Seglen är till exempel något buktade föröver. Detta ger en högre  $C_D$  vilket leder till en högre fart. En annan osäkerhet är att seglen "skymmer" varandras vind. Seglen längst akterut får vind utan turbulens medan de två andra seglen inte får lika givande vind. Detta gör att fartygets fart blir lägre än i beräkningarna.

Fartyget är en fullriggare vilket betyder att den har minst tre master och att seglen på dessa mestadels är råsegel. Råseglen gör att fartyget seglar bäst på läns eller slör. Alternativet skulle kunna varit att ha en bermudarigg istället. Den är optimerad för segling i alla segelsätten men kryssar framför allt bättre än råseglet. Andrey Igorevich Melnichenkos superyacht är bermudarigg vilket tyder på att det skulle vara möjligt att rigga även stora fartyg på det sättet. Dock ger råsegel-riggningen en stabilare båt på undanvind vilket är det vanligaste segelsättet till havs om man seglar österut. Om man lägger segelrutterna så att seglingen sker så mycket som möjligt för läns så skulle råseglet vara fördelaktigt.

### 4.3.2 Alternativ framdrivning

En annan fråga som man kan ställa sig när man ser de uträkningar som beskriver hastigheten och tiden för seglatserna är att det ibland skulle behövas en motor. Det skulle också behövas en motor för att föra skeppet enklare in i hamn. Så som tekniken ser ut idag så finns det inga fartygsmotorer som dels är byggda för så stora fartyg och samtidigt går helt på elektricitet. Dessutom skulle de batterier som behövs vara väldigt stora och tunga vilket skulle påverka farten betydligt och göra mindre plats för last. Det skulle möjligtvis fungera att ha ett stort antal solpaneler på skeppet som kunde ladda upp ett batteri som i sin tur kunde driva en elmotor. General Atomics har till exempel utvecklat en elmotor till Amerikanska Armén (General Atomics, 2005) och elmotorer används redan i civil sjöfart. Då använder man dock en generator som går på fossila bränslen för att driva en elmotor. Detta kan vara positivt då till exempel den tunga dieselgeneratoren inte behöver byggas i aktern på fartyget utan lättare elmotorer kan monteras där och generatoren var som helst i fartyget.

En intressant motor som skulle kunna användas i framtidens fartyg är en LNG-motor. Akronymen LNG står för *liquid natural gas* som betyder flytande naturgas. Om man tillverkar biogas på sopstationer eller i jordbruket så kan man använda det till att driva en LNG-motor. Det finns dock svagheter med denna typ av motorer. En är att bränslet måste kylas till närmare  $-160^{\circ}\text{C}$ . Dessutom kan det om det uppkommer en läcka bli stora verkningar på klimatet. (Marine LNG Engine, 2015) Metangas är en växthusgas 20 till 25 gånger starkare än koldioxid vilket gör att ett sådant utsläpp skulle vara mycket illa för miljön. (BiogASFakta, 2011) (Olofsson, 2009) Om man däremot antar att dessa läckor är tillräckligt mycket mindre än de totala utsläppen från förbränning av fossila bränslen så blir det ett bättre alternativ för miljön. Ett problem med denna typ av motor är att bränslet om från biogas är relativt dyrt, i alla fall än så länge, jämfört med naturgas. Enligt gaspriser.se så är biogas i dagsläget 25 % dyrare än naturgas. (Pris Biogas)

## 4.4 Slutsatser

Frågeställningen är om man skulle kunna, genom att sätta segel på fartyg i framtidens fraktsjöfart, kunna minska koldioxidutsläppen och hur ett sådant fartyg skulle kunna se ut. Svaret på frågeställningens första del är de modeller som har byggts och deras utseende. Som tidigare nämnts skulle en möjlighet också kunna varit att inte ha råsegel. Om detta inte hade varit fallet skulle fartyget se mycket annorlunda ut. Frågan om man skulle kunna minska koldioxidutsläppen så är svaret ja. Det finns så många olika sätt att minska det på och endast några har tagits upp i den här rapporten. En följdfråga är om det skulle vara möjligt att konstruera ett fartyg utan någon klimatpåverkan. Efter vad som kommit fram i form av förslag på motorer så skulle det kanske vara möjligt. Svårigheten är att även biogas påverkar klimatet och att utbudet är relativt litet i nuläget. Annars så finns det möjligheter till helt ”grön” sjöfart.

## 4.5 Fortsatt forskning och utveckling

Fortsatt forskning skulle kunna handla om hållfasthet för master. Seglingstekniskt finns lite kunskap på hur man bygger så stora segelfartyg. Hur påverkas till exempel bulbens effekt då fartyget lutar? Hur kan man göra seglen lätta att hala och hissa? Ett annat problem är kunskapen om hur man hanterar stora segelfartyg. Besättningen måste vara kompetent i de områden som är viktiga. Kan man kanske med dagens IT-tekniska utveckling skapa

rutförslag som maximerar hastighet genom att processa stora mängder meteorologiska data. Ett annat utvecklingsområde är motorernas effekt och bränsle. Bränsletillverkningen måste vara miljömässig om biogas används till exempel. Kanske masterna användas som lastkranar när man ligger i hamn vilket gör stora kranar på land överflödiga.

## 5 Källförteckning

*Adjustments reduce emissions from containerships.* (den 6 03 2015). Hämtat från Green4Sea: <http://www.green4sea.com/adjustments-reduce-emissions-from-containerships/> den 28 02 2016

*Ampere - Ship of the year.* (u.d.). Hämtat från Maritime Montering: <http://www.maritimemontering.no/references/ampere/> den 28 02 2016

Baars, L. (u.d.). *Pitchbook Ecoliner*. Hämtat från Ecoliner: <http://www.nsrail.eu/wp-content/uploads/2013/11/pitchbook-Ecoliner-2013-07-01-EN.pdf> den 28 02 2016

*Biogasfakta.* (den 25 11 2011). Hämtat från Götene Gårdsgas: <http://www.gardsgas.se/index.php/biogasfakta> den 29 02 2016

*Drag equation.* (den 13 11 2015). Hämtat från Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Drag\\_equation](https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_equation) den 28 02 2016

Frank, R. (den 29 07 2015). *Russian billionaire builds largest sailing yacht in world*. Hämtat från CNBC: <http://www.cnn.com/2015/06/29/russian-billionaire-builds-largest-sailing-yacht-in-world-.html> den 28 02 2016

General Atomics. (den 28 02 2005). *General Atomics to Design and Fabricate Advanced Propulsion Motor for US Navy*. Hämtat från General Atomics: <http://www.ga.com/general-atomics-to-design-and-fabricate-advanced-propulsion-motor-for-us-navy> den 29 02 2016

Huchinson, J. (den 21 09 2015). *That's what you call an upgrade!* Hämtat från MailOnline: [http://www.dailymail.co.uk/travel/travel\\_news/article-3243137/The-world-s-LARGEST-super-yacht-revealed-Russian-billionaire-s-260m-mega-yacht-300ft-high-eight-floors-underwater-observation-room.html](http://www.dailymail.co.uk/travel/travel_news/article-3243137/The-world-s-LARGEST-super-yacht-revealed-Russian-billionaire-s-260m-mega-yacht-300ft-high-eight-floors-underwater-observation-room.html) den 28 02 2016

International Maritime Organization. (u.d.). *IMO (International Maritime Organization)*. Hämtat från UN Business: <https://business.un.org/en/entities/13> den 08 02 2015

International Research Institute for Climate and Society. (u.d.). *Monthly Wind Climatology*. Hämtat från IRI Climate Data Library: [http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Climatologies/Vector\\_Winds.html?T=May](http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Climatologies/Vector_Winds.html?T=May) den 23 02 2015



Kempe, C. (2010). *Ciscobibeln*. Stockholm: Norstedts Förlag.

Lars Larsson, R. E. (2014). *Principles of Yacht*. London: Adlard Coles Nautical.

*Marine LNG Engine*. (den 30 09 2015). Hämtat från Wikipedia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Marine\\_LNG\\_Engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_LNG_Engine) den 29 02 2016

Maritime Connector. (u.d.). *Handysize*. Hämtat från Maritime Connector: <http://maritime-connector.com/wiki/handysize/> den 23 02 2015

Olofsson, M. (den 30 10 2009). *Metangas starkare än beräknat*. Hämtat från Sveriges Radio: <https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=406&artikel=3203049> den 29 02 2016

*Pris Biogas*. (u.d.). Hämtat från Gaspriser: <http://gaspriser.se/pris-biogas/> den 29 02 2016

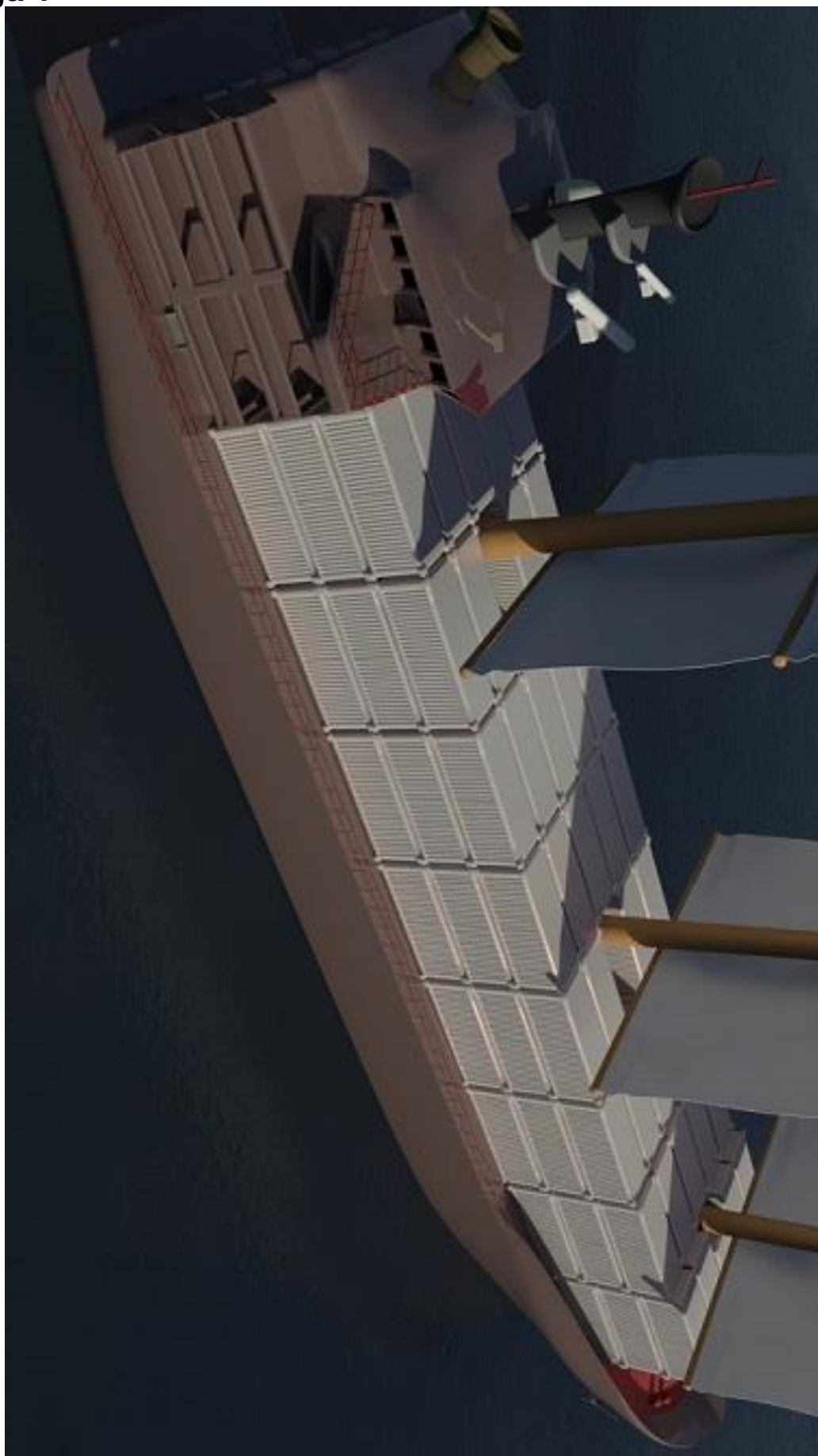
Rockström, J. (den 12 07 2015). *Johan Rockström ENGLISH VERSION*. Hämtat från Sveriges Radio: <http://sverigesradio.se/sida/avsnitt/595082?programid=2071> den 07 03 2016

*Shape Effects on Drag*. (den 05 05 2015). Hämtat från NASA:

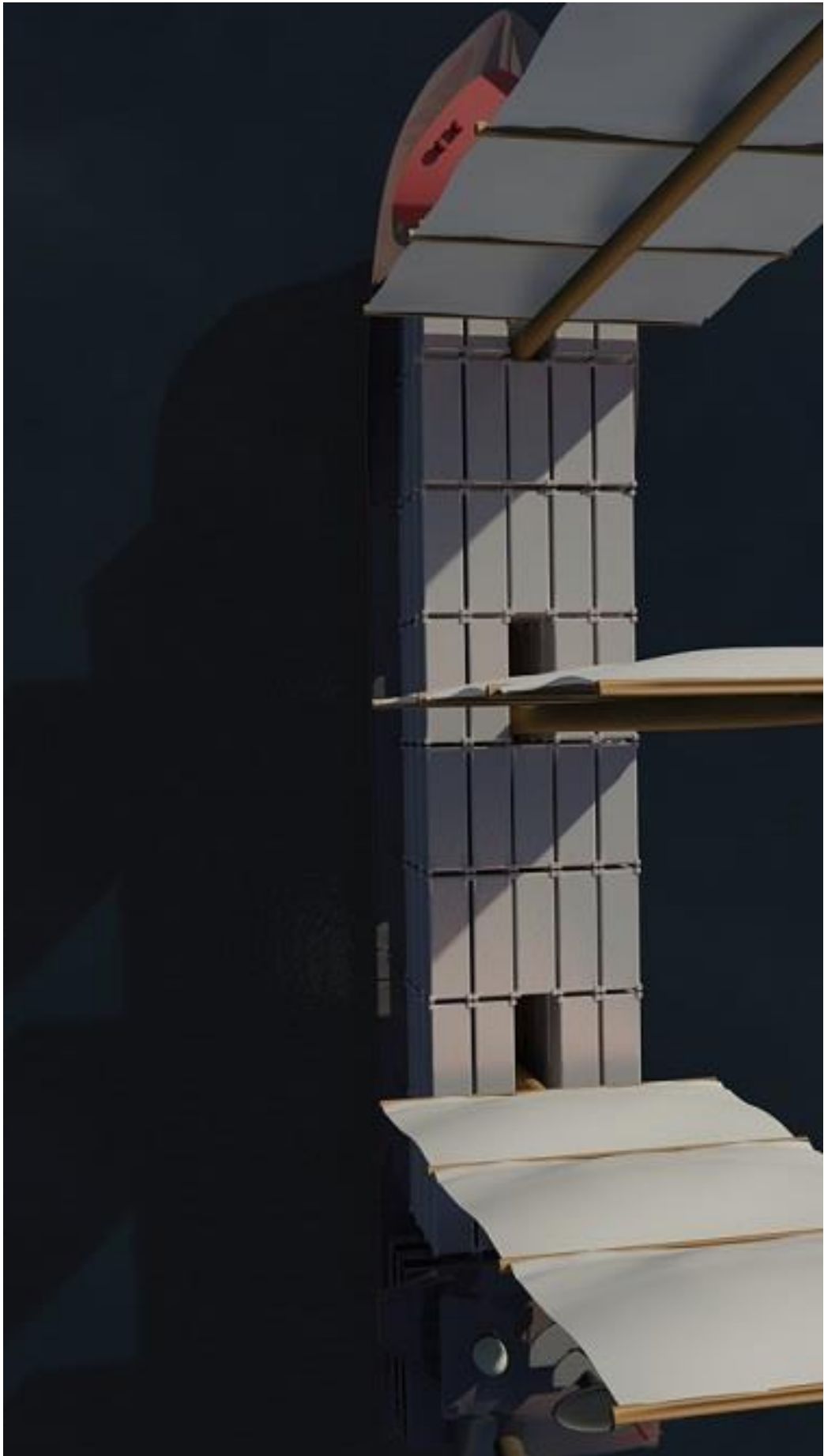
<http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/shaped.html> den 23 02 2016



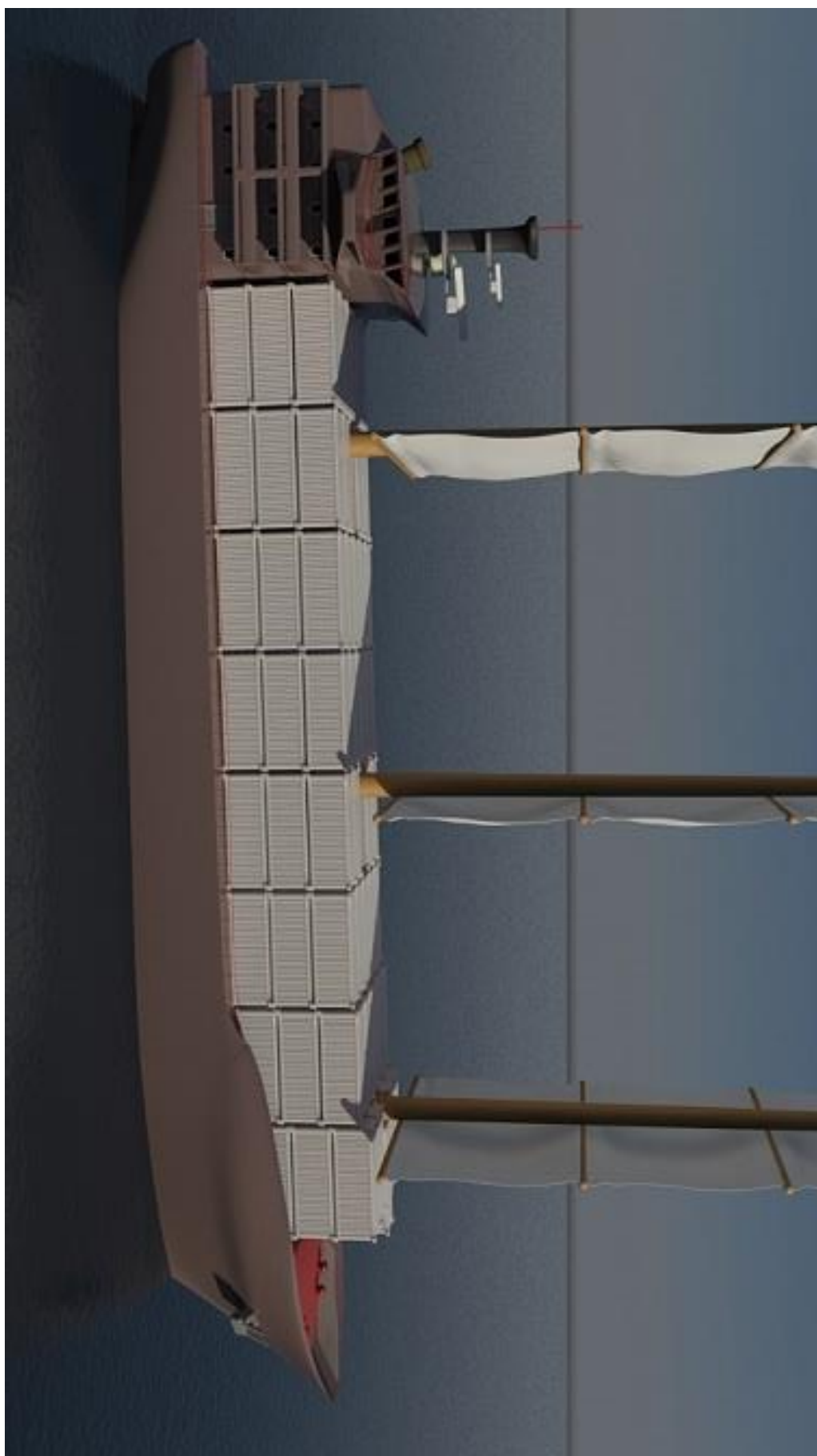
## Bilaga 1



## Bilaga 2



## Bilaga 3



## Bilaga 4

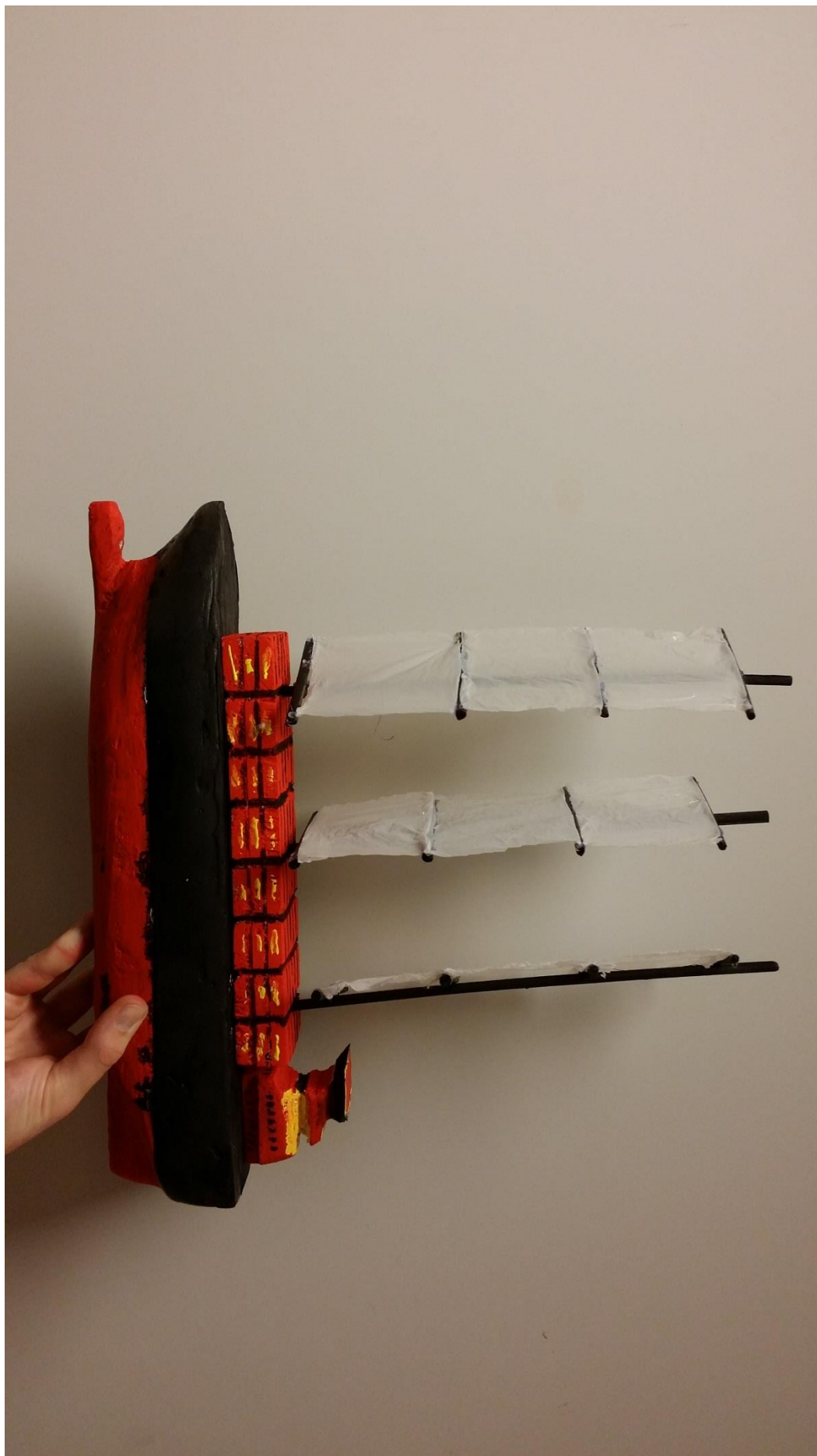


## Bilaga 5





## Bilaga 6



## Bilaga 7



## Bilaga 8

