

Kandidatnr: 10001

# Brønnbåt offshore

Bacheloroppgave i Skipsdesign

Veileder: Håvard Vollset Lien

Desember 2021



Kandidatnr: 10001

# **Brønnbåt offshore**

Bacheloroppgave i Skipsdesign  
Veileder: Håvard Vollset Lien  
Desember 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden



## Innhold

Sammendrag .....	3
Summary .....	3
1. Oppgaven .....	4
1.1 Ukesrapport.....	5
1.2 Programvarer.....	6
1.3 Bedrifter som har vært involvert.....	6
2. Prosjekteringen av fartøyet.....	7
2.1 Verdiskapning .....	7
2.2 Epoch analyse .....	8
2.3 SFI Group system.....	8
2.4 Designfase.....	9
2.2.1 Kundekrav.....	9
2.2.1 Hoveddimensjoner .....	10
2.2.2 Fremdrift og maskineri .....	14
2.2.3 Skrogform .....	15
2.2.4 General Arrangement.....	16
2.2.5 Vektestimater .....	17
2.2.6 Stabilitet .....	18
2.2.7 Struktur / Konstruksjon .....	20
2.2.8 Motstand .....	21
3. Laste og losseløsning .....	21
4. Resultat og konklusjon .....	22
Referanser .....	23
Vedlegg.....	23

Figur 1: Designspiralen (Architecture 2014).....	7
Figur 2: hentet fra undervisningspresentasjon (IP300416 2021).....	7
Figur 3: Epoch analyse, dødvekt plassert horisontalt og fart plassert vertikalt.....	8
Figur 4: Forholdet mellom TEU vs. deplasement (Levander 2012) s. 242.....	10
Figur 5: Grafen viser forholdet mellom TEU og Lengde[m] (Levander 2012) s.245.....	11
Figur 6: WBS for brønnbåt.....	12
Figur 7: Thinkercad, med bakgrunn i WBS.....	13
Figur 8: Elegance pod fra Kongsberg (Thruster u.d.).....	14
Figur 9: Første skrogutkast.....	15
Figur 10: Sac-kurve fra første skrogutkast.....	15
Figur 11: Andre skrogutkast.....	15
Figur 12: Sac-kurve, andre skrogutkast.....	16
Figur 13: Utklipp fra Microsoft Excel.....	17
Figur 14: GZ-kurve Avgang ballast, ballast og fuel tanker er fylt.....	18
Figur 15: Ankomst ballast, ballast og gråvann er fylt og fueltanker og ferskvann er 10% rest.....	18
Figur 16: Avgang lastet, fuel tank og ferskvann fylt, gråvann og ballast tom.....	18
Figur 17: Lettskip, denne er under grensa på 30 grader, og bør av den grunn ikke gå uten noe ballast eller last i brønner.....	19
Figur 18: Ankomst lastet, brønner og gråvann er fylt, ferskvann og fuel er 10%.....	19
Figur 19: Hydrostatiske data fra maxsurf stability.....	19
Figur 20: Hydrostatisk figur av et skipskrog.....	19
Figur 21: Snitt i #60 fra section scantling i Nauticus hull.....	20
Figur 22: Snitt i #52 fra section scantling i Nauticus hull.....	20
Figur 23: motstand vs farts graf fra maxsurf resistance.....	21
Figur 24: Laste og losse arm i baug.....	21

#### Forkortelser

LFC	Live fish carrier
BRT	Bruttotonn
LOA	Length over all
LPP	Length between perpendikular
LCF	Length center of flotation
LCG	Length center of gravitation
TCG	Transvers center of gravitation
DNV	Det Norske Veritas
m	meter
nm	Nautisk mil
TEU	twenty-foot equivalent
WBS	Work breakdown structure

## Sammendrag

Jeg skal i denne oppgaven prosjektere en brønnbåt for offshore, oppgaven er kommet frem i lys av det er planlagt offshore merder 200nm ut fra kysten, det er veldig mye idemyldring rundt dette temaet så jeg skal ikke gå dypt inn på utforming av disse siden jeg har funnet veldig lite informasjon om disse merdene, og bedrifter som jobber med utvikling av merder ikke har villet svare på noen spørsmål som er planlagt offshore. Litt tvetydig årsak til at merder ønskes så langt fra land, og det er nok ikke til å legge skjul på at det er utenfor norsk økonomisk sone. Det spekuleres også i om fiskevelferden vil bli bedre siden det er større sirkulasjon av sjøvann i området.

Opgaven er bygget på tre hovedkapitler, 1 introduksjon til oppgaven, 2 designfasen, går igjennom hele designspiralen punkt for punkt, 3 Laste og losseløsning og 4 konklusjon og ting jeg kunne tenkt og gjort annerledes.

## Summary

In this thesis i will design a wellboat for offshore, the thesis has emerged since it is planned offshore cages 200nm form the coast, there is a lot of brainstorming around this theme, so i don't want to go deep into the design of these since i have found very little information about these cages online, and companies that work with the development of cages have not wanted to answer any questions. Slightly ambiguous reason why cages are wanted so far from land, and it is probably no secret that it is outside the Norwegian economic zone. There is also speculation that maybe whether fish welfare will improve since there is greater circulation of seawater in the area.

The thesis is built on three main chapters, 1 introduction to the thesis, 2 design phase, goes through the whole design spiral point by point, 3 loading an offloading solution and 4 conclusion and things i see i could have done differently.

## 1. Oppgaven

Årsaken til at valget av oppgave falt på denne, altså en prosjekteringsoppgave på brønnbåt er at brønnbåter fortsatt er ett forholdsvis nytt segment og stadig vekk i utvikling, første brønnbåt som var bygget for formålet å frakte levende fisk var bestilt av Sølvrans AS og ble bygget i 1996, hos Aas mekaniske verksted på Vestnes. «Ronja Fisk» ble levert med en lastekapasitet på hele 337m<sup>3</sup> (Sølvrans u.d.), dette viser at brønnbåter har hatt en voldsom utvikling og vokst seg over 20 ganger større til dagens ferskeste brønnbåt «Gåsø Høvding» på 7500m<sup>2</sup> (Frøy u.d.).

Oppgaven er gitt av Kongsberg Maritime som er en verdensleder på marine teknologi, med en lang portefølje av innovative og integrerte både produkt og systemer leverer Kongsberg effektivitet, pålitelighet, fleksibilitet og miljømessig bærekraftige løsninger for å forbedre virksomheten til sine kunder, de sier selv at deres tilnærming til produktdesign maksimerer ytelsen ved å gi hele bildet (Kongsberg u.d.). Kongsberg har i dag 7000 ansatte fordelt på 117 kontor i 34 land og hadde en omsetning på 16 000MNOK i 2020 (Maritime u.d.)

Hovedoppgavene til en brønnbåt er å frakte levende fisk fra A til B, det kan være smolt eller ungfisk som det også kalles fra smoltanlegg og ut til oppdrettsmerder. Plassert ute i merder i sjøen skal smolten vokse seg slakteklar, for laks er den slakteklar ved rundt 5kg. Da er det brønnbåter som står for frakten av fisken inn igjen til landbaserte fabrikker for slakting og eventuell videre behandling.



## 1.1 Ukesrapport

### *Uke 37*

Brukt mye tid på å prøve å sette meg inn i typen fartøy for å forstå helheten.

Jobba mye med å prøve å finne en god løsning på plassering av brønner og hvor fiskehåndtering og behandlingsutstyr jeg ønsker å gå videre med, har så vidt startet på skroglinjer i Maxsurf. Prøvde også de første ukene av prosjektet å få til ett møte med forskjellige rederi uten hell.

### *Uke 38*

Satt opp work breakdown structure og satt sammen fartøyets komponenter i Thinkercad. Starta med første utkast av skroglinjer. Tatt en del tid å sette seg inn igjen i maxsurf.

### *Uke 39*

Andre utkast av skrog, tankarrangement og startet på GA.

### *Uke 40*

Tredje utkast av skrog og motstandsberginger i maxsurf resistance av skrog, fremdriftsløsning og maskinromsareal, kommet godt i gang med GA, startet på Excel ark for vekt og prøvd meg på Nauticus hull.

### *Uke 41*

Uken er brukt på GA og vektsberging, funnet en estimert vekt av skrogbjelken, to metoder er brukt som treffer utrolig likt og skrogbjelken er estimert til 2760tonn.

### *Uke 42*

GA og vektsestimat.

### *Uke 43*

Andre runde i designspiralen, justert hoveddimensjone. GA, vektsestimat og stabilitet

### *Uke 44*

Denne uka ble brukt på Endringer i GA etter møtet med Robert Vorren som er representant fra Kongsberg i forbindelsen med oppgaven.

### *Uke 45*

Jobbet med styrkeberging i to snitt av skrogbjelken denne uka, har opplevd en del plage med Nauticus hull og fått uvurderlig god hjelp av Stian Rørvik i Vard.

### *Uke 46*

Uken er benytte på skrogvekt, forsøk på å finne en mer nøyaktig skrogvekt nå som jeg vet hvilken struktur skroget får

### *Uke 47*

GA og rapport

### *Uke 48 og 49*

Rapport

## 1.2 Programvarer

### *Maxsurf modeler advanced*

Det er modelleringsprogrammet i en pakke med programmer for skipsdesign levert av Bentley engineering. Modelleringsprogrammet er programmet hvor man modellerer skrog.

### *Maxsurf sability advanced*

Det er stabilitetsprogrammet i en pakke med programmer for skipsdesign levert av Bentley engineering. I stability programmet plasserer man tankarrangement i skroget, legger inn vektorer, definerer lastkondisjoner og sjekker stabiliteten opp mot gjeldende regelverk.

### *Maxsurf resistanse*

Det er resistance programmet i en pakke med programmer for skipsdesign levert av Bentley engineering. I Resistance kan man gjøre motstandsberregninger på flere kjente metoder og få ganske gode resultat.

### *Nauticus Hull*

Nauticus hull er DNV (Det Norske Veritas) sitt program for beregning av snitt i skrogbjelker.

### *Microsoft teams*

Teams er ett program i office-pakken. Teams er en kommunikasjons- og samarbeidsplattform og er integrert med de fleste programmer i office-pakken.

### *Microsoft Word*

Word er ett tekstbehandlingsprogram i office-pakken, brukes i større grad til skriving.

### *Microsoft Excel*

Excel er ett regneprogram i office-pakken. Programmet er satt opp som regneark der man kan gjøre beregninger, eller analysere informasjonsdata.

### *Thinkercad*

Thinkercad er ett webprogram der man kan 3D modellere med konstruktiv og solid geometri.

## 1.3 Bedrifter som har vært involvert

Tusen takk til alle som har bidratt i oppgaven!

Kongsberg ved Robert Vorren. Kongsberg har levert oppgaven og bistått ved spørsmål.

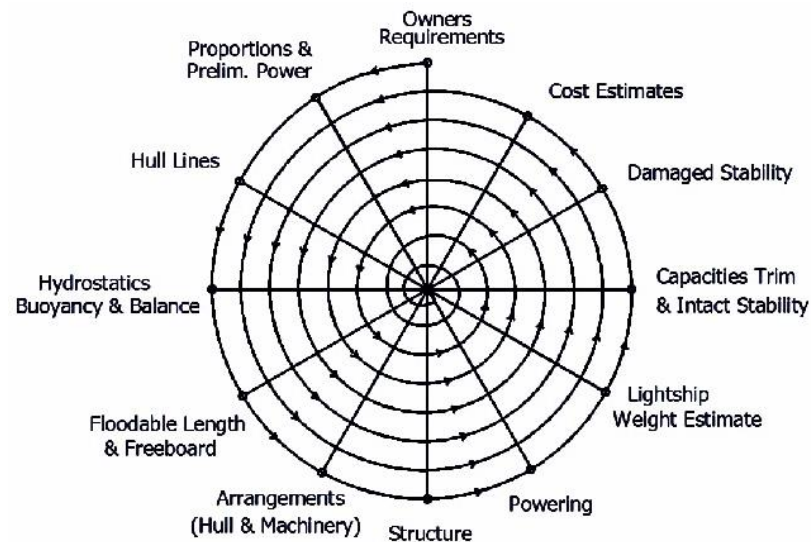
Cflow ved Morgan Segafredo. Har gitt en utrolig god innføring i systemer med fiskehåndtering.

Vard ved Stian Rørvik. Har bistått når jeg fikk problemer med Nauticus Hull.

NTNU ved Håvard Vollset Lien. Som har vært en utrolig god veileder igjennom oppgaven.

## 2. Prosjekteringen av fartøyet

Under prosjektet har jeg benyttet designspiralen som en ledeveg igjennom prosjektet. Å designe og prosjektere skip er noe av det mest kompliserte prosessene av byggverk som kan gjennomføres. En slik prosess krever gjerne teknisk spisskompetanse på flere fagfelt og har



Figur 1: Designspiralen (Architecture 2014)

behov for en god struktur for å gjennomføre prosessen i riktig rekkefølge.

(Architecture 2014) Da er designspiralen ett godt verktøy, den definerer prosjektet steg for steg og gjør det lettere og følge oppgave etter oppgave i prosessen.

### 2.1 Verdiskapning

Å bygge noe som skal være en verdiskapning for en kunde er å levere akkurat det kunden trenger for å utføre sin jobb, i dette tilfellet er det brønnbåt som skal gå i stor kystfart og frakte smolt ut til merder og senere frakte slakteklar fisk inn igjen når fisken er ferdigvokst.

Også er det slik at det perfekte skip har det perfekte kompromiss, og da gjerne for kun den ene kunden. For å beskrive en verdiskapning så kan man se på figur 2, om fartøyet for eksempel er utstyrt med en lugar mindre enn det som er behovet så har rederiet betalt mye



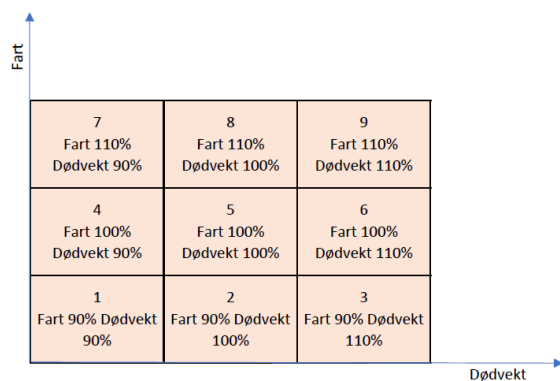
Figur 2: hentet fra undervisningspresentasjon (IP300416 2021)

for noe som ikke fungerer gunstig, om fartøyet er utstyrt med 1 lugar mer en behovet så er har rederiet betalt mer for noe som fortsatt ikke er optimalt, er der tilstrekkelig med lugarer på fartøyet så har rederiet betalt akkurat passe for å få levert akkurat det de ønsker. (IP300416 2021)

## 2.2 Epoch analyse

For å analysere flere resultat av design er epoch analyse en mulighet for å visualisere resultatene.

Den beste verdiskapningen for kunden er selvsagt rute nr. 5 der fart og dødvekt er oppnådd



med 100% i henhold til kravspekk, det kan derimot være andre kriterier som gjør at kunden kan akseptere noen av de andre alternativene på bekostning av noe. Dette visualiserer med ganske enkelt med epoch matrise.

Figur 3: Epoch analyse, dødvekt plassert horisontalt og fart plassert vertikalt

## 2.3 SFI Group system

SFI group system er ett system som grupperer alle komponenter, systemet er mye brukt i maritim industri helt fra skip er i designfasen og det brukes også videre etter at fartøy er tatt i bruk, og om bord på fartøy kan man finne merker som forteller hvilket SFI-nr. en komponent er tilhører SFI kan benyttes i 3 sifre og mer detaljerte 6 sifre.

Eksempelvis er gruppe 600 000 maskineri og mer detaljert så er 625 001 hoveddieselaggregat og 625 002 fremdriftsmaskineri med el-motor.

## 2.4 Designsfase

### 2.2.1 Kundekrav

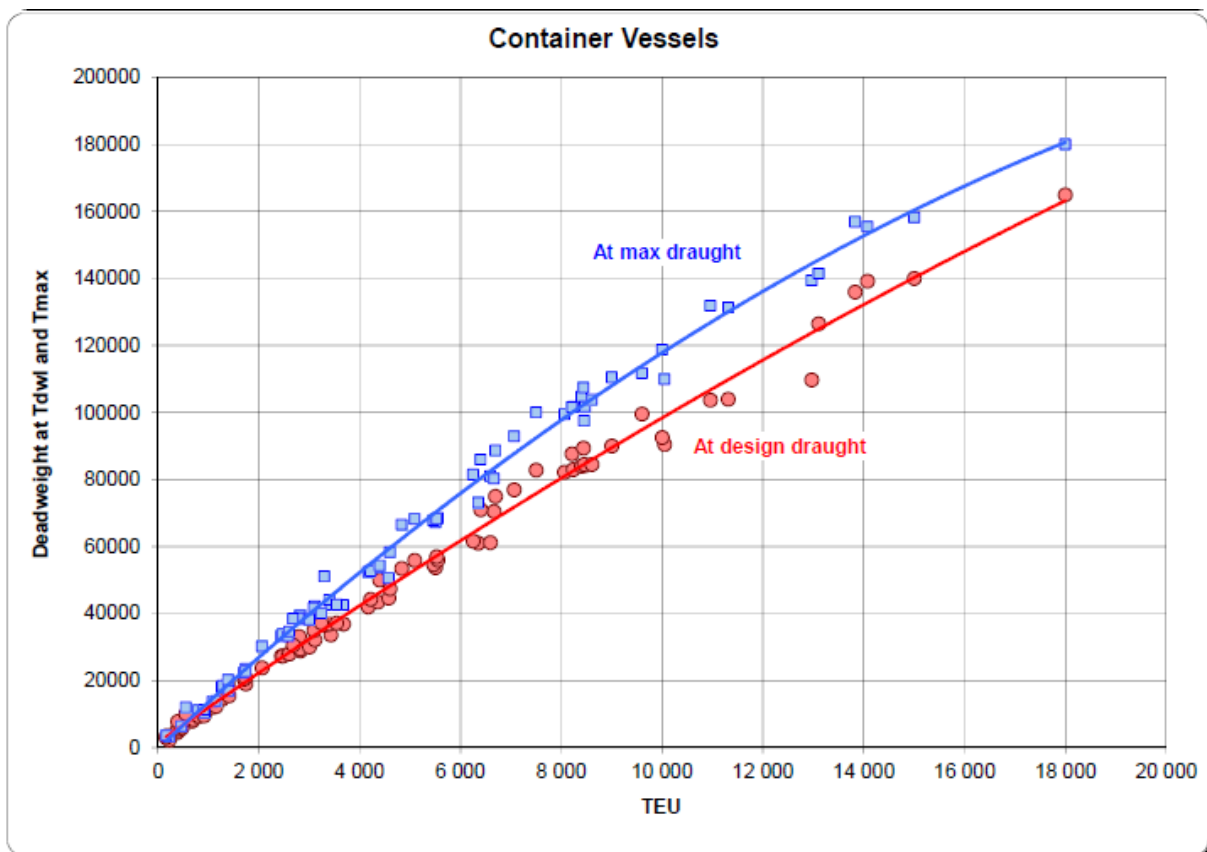
Capacity	6000m <sup>3</sup> Cargo well gross volume.  Divided in four holds
Hull main particulars	Designers feasibility study
Accommodation	12 persons, two double cabins
Class	DNV 1A1 E0
Authority	NOR flag, NMA
Operation Area	Worldwide within GMDSS sea area A1/A2 and A3.
Intended for offshore operation.	
Stauritory	SOLAS
Propulsion	Diesel electric or diesel mechanical
Service speed loaded	12 knots
Fish handling	<ul style="list-style-type: none"><li>• RSW coolingsystem 1°C/hour</li><li>• Pump/suction of fish from offshore pen/tanks by vauum pumps</li><li>• UVplant</li><li>• Dry siphoning loading</li><li>• Ozone cleaning</li><li>• Automatic wash system</li><li>• Ø500mm fish hose</li><li>• Fish counting system</li><li>• Grading system</li><li>• Displacement system in cargo holds for offloading</li><li>• Possible to keep the fish alive in the vessel for 24 hours</li></ul>

### Special considerations

Loading an offloading solutions between offshore fish pen(s) to vessel.

### 2.2.1 Hoveddimensjoner

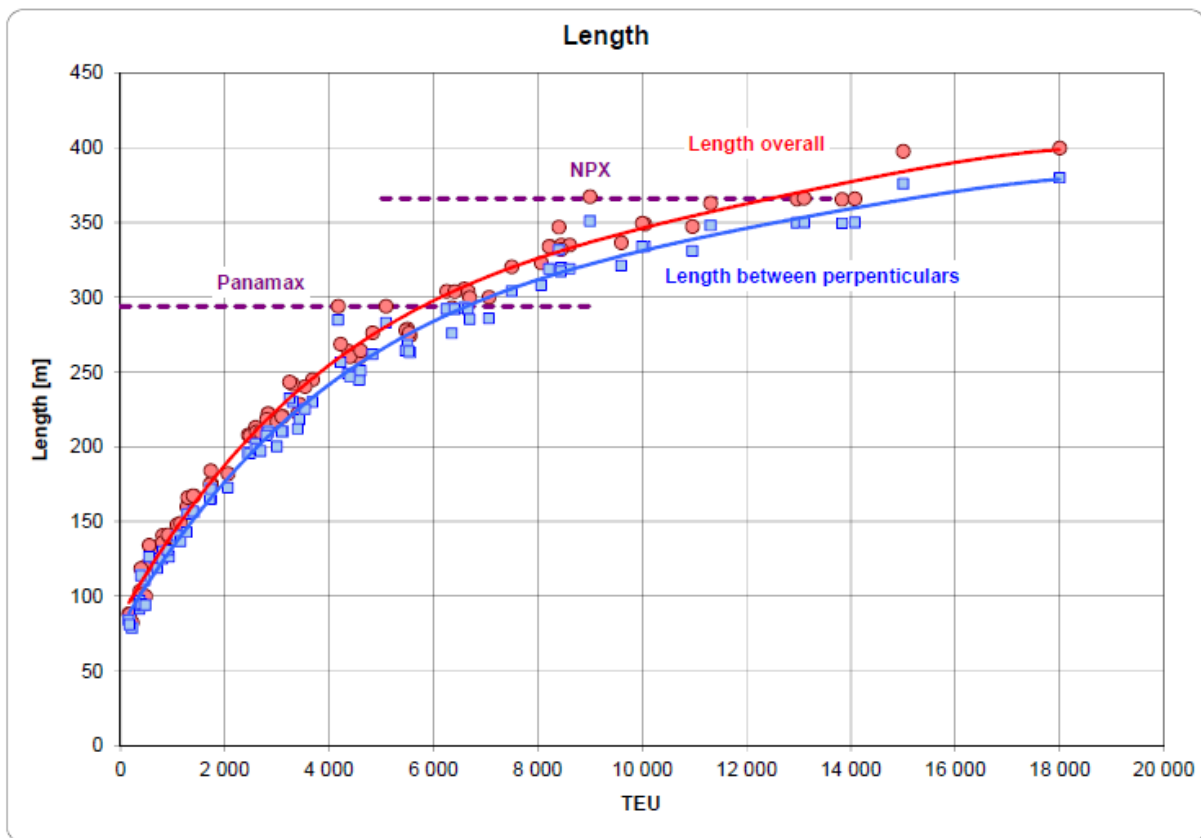
Det er to kjente metoder for å bestemme hoveddimensjoner til nytt fartøy, det er Top Down og Bottom Up. Top down er en metode som brukes når det finnes flere lignende fartøy i samme kategori og man kan hente statistiske data i for eksempel Kai Levander sin «System based ship design» utgitt i 2012, alternativt kan man også benytte RINA eller andre databaser for å finne relevant informasjon å sammenligne data med. Siden brønnbåt ikke er ett alternativ i denne statistikken benyttes containerskip som eksempel for top down, i Kai Levander kan man finne grafer som viser forholdet mellom dødvekt ved design dypgang og max dypgang kontra TEU, TEU står for «twenty-foot equivalent» og er basert på volumet til en 20fots container, i mål så er denne 20 fot lang, 8 fot bred og 8 fot høy. I sjøtraport er begrepet benyttet for å illustrere lastekapasiteten til containerskip. (Spurkeland 2020)



Figur 4: Forholdet mellom TEU vs. deplasement (Levander 2012) s. 242

Det varierer fra skip til skip hvilke grafer som er relevant for fartøyene siden bruksområdene varierer fra fartøy til fartøy. I grafene plotter man for eksempel krav fra en kundespesifikasjon hvor det for eksempel er definert en TEU på 10 000, dette gir da ved en dødvekt ved maksimal dypgang til 120 000tonn. Ved neste graf kan man for eksempel finne lengde. er ser man at for et containerfartøy med TEU 10 000 ligger de på 350m statistisk sett.

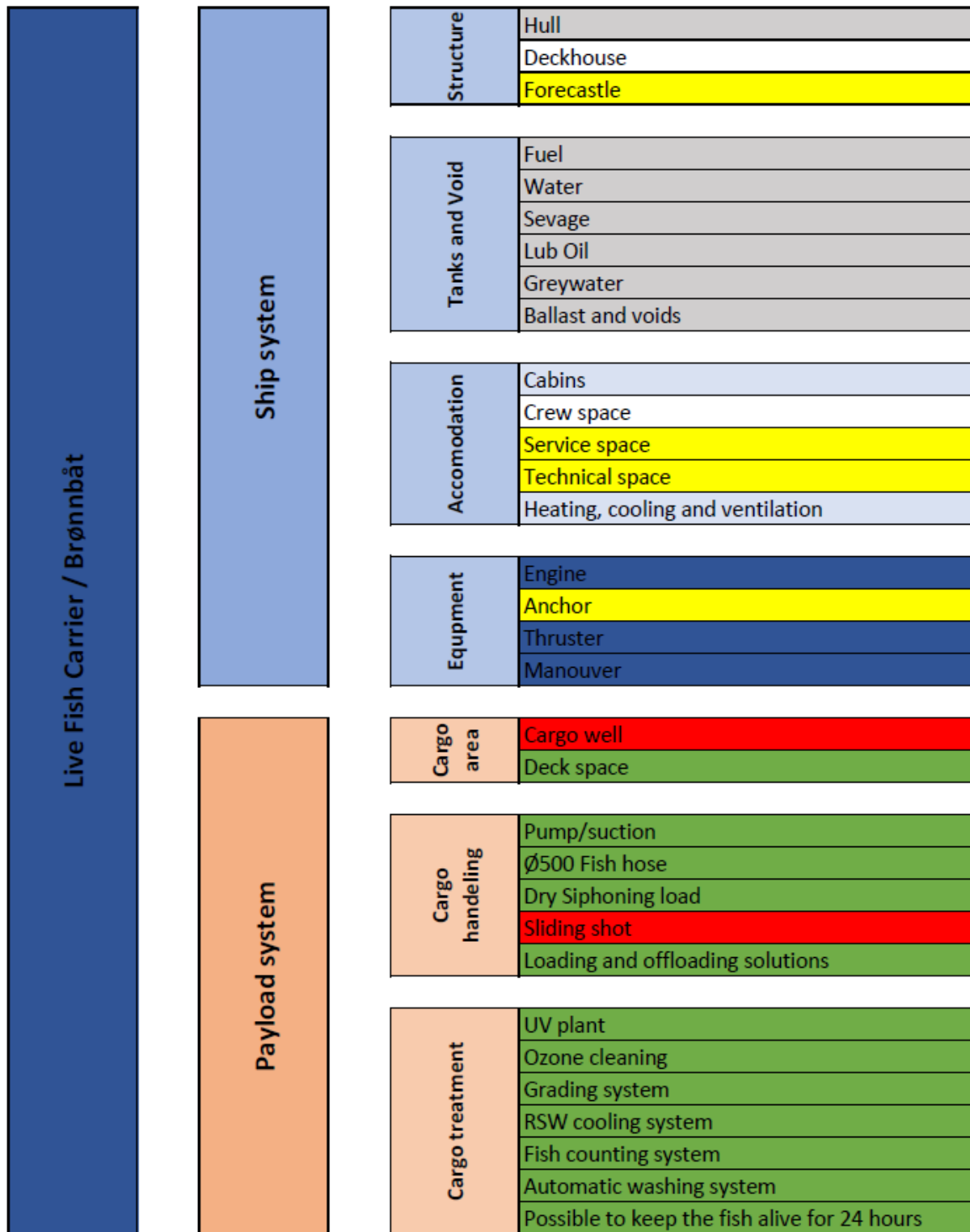
På denne måten henter man frem mest mulig av statistiske data før man setter hoveddimensjonene på eget fartøy.



Figur 5: Grafen viser forholdet mellom TEU og Lengde[m] (Levander 2012) s.245

Jeg har valgt å benytte bottom up metoden for mitt fartøy, siden der finnes svært få eller ingen som er bygget for offshore.

Bottom up er en metode der man først setter opp mye av det største og mest dominerende utstyret i et fartøy i en WBS(work breakdown structure)



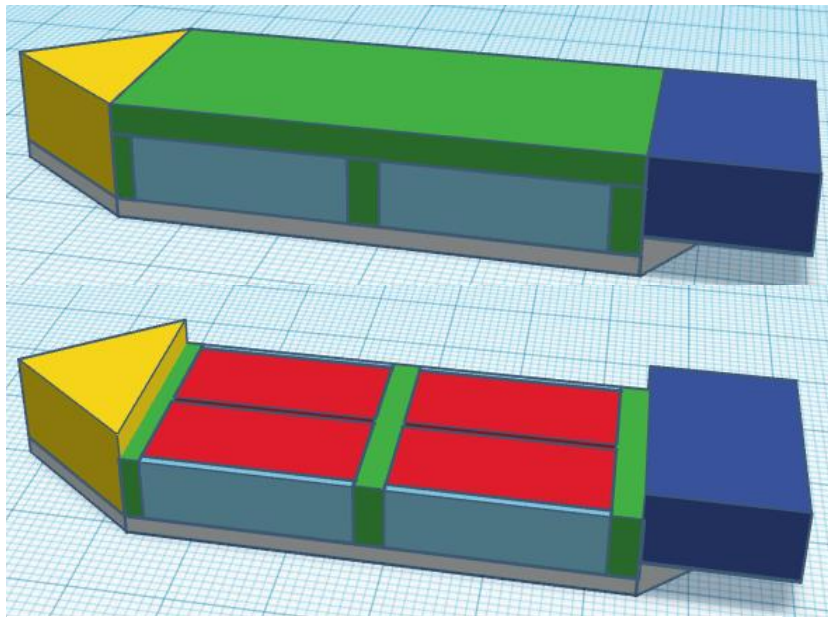
Figur 6: WBS for brønnbåt

I en work breakdown structure fordeles så fordeles forskjellige komponenter om bord i 2 kategorier i første omgang, det ship system og payload system. Under disse kategoriene fordeles systemer i nye og mindre kategorier, som for eksempel Ship system er systemer som skrog, innredningsom og tekniske systemer som kreves for å drifte fartøyet. Payload



system som er det systemet som må innstilles for at fartøyet skal være interessant for kundene å hyre, for dette tilfellet er det systemer som behandler og tar vare på kundene sine varer og eiendeler.

På bakgrunn av work breakdow structure så har jeg plassert forskjellige system i ett program som heter Thinkercad hvor jeg kan plassere alle komponenter med byggeklosser som vist i bildet under, her velger man farge for forskjellige kategorier, jeg har valgt:

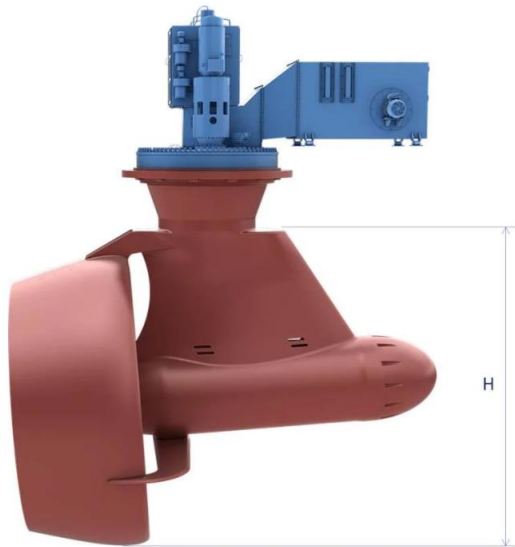


- grønn for fiskebehandling
- lyublå for sidetanker
- mørkeblått for maskinareal
- rød for brønner
- gul for baugparti
- grå for dobbelbunn

Figur 7: Thinkercad, med bakgrunn i WBS

### 2.2.2 Fremdrift og maskineri

I kravspekken er det beskrevet diesel eller dieselelektrisk fremdrift, for fartøyet har jeg valgt dieselelektrisk fremdrift. Jeg har vurdert strak aksel og, da er det behov for større avstand fra propellen og frem til hoved motorer, og i fartøyet som ser for meg ville hovedmotorene gjerne stått i bakre brønner så brønnene hadde måttet blitt flyttet lengre fremover. Fordelen med dieselelektrisk fremdrift er også at generatorsett stor sett kan plasseres hvor som helst,



Figur 8: Elegance pod fra Kongsberg (Thruster u.d.)

men helt klart en fordel når dem plasseres i nærheten av fremdriftssystem for å unngå effekttap i kabler og lignende.

En av hovedgrunnene til at valget fart på dieselelektrisk fremdrift er manøvreringsevne, jeg ser ikke for meg at det vil være muligheter for å fortøye inntil merder på samme måte som det gjøres inne ved kysten. Senere i oppgaven finner jeg også ut at det muligens er lasting og lossing i baugen som er mest hensiktsmessig og da vil

manøvreringsevne være en nødvendig faktor for den operasjonelle fasen av brønnbåten sitt arbeid.

Fremdriftsløsningen jeg har sett meg ut er Kongsberg sin elegance ducted pod som vist i figur 8. Og Hoved motorer er 2stk Wartsila 8L26 på 2495kW hver, ifølge beregninger gjort i maxsurf resistance med Holtorp sine beregningsmetoder, krever skroget 2829kW for å holde fartøyet i 12knop. Siden der er en del pumper som konstant går for å holde sirkulasjon i brønnene i gang er her noe ekstra kapasitet. Skulle begge motorene gå for fullt vil fartøyet ha en rekkevidde på 5760 nautiske mil. Jeg har også satt inn 3 mindre Wartsila 4L20 på 700kW i frykt for lite kapasitet til fiskebehandlingsdriften, eller om dette muligens skulle gått på egne generatorer.

Jeg ser også for meg at når havmerder kommer i drift, så tar det ikke lang tid før brønnbåtene nærmer seg like sikkerhetskrav som er brukt i oljebransjen. I oljebransjen er det for de fleste fartøy krav til for eksempel DP II eller eventuelt DP III og redundans for flere av de mest sårbare systemene, som gjør at fartøyet kan havne i drift ved blackout.

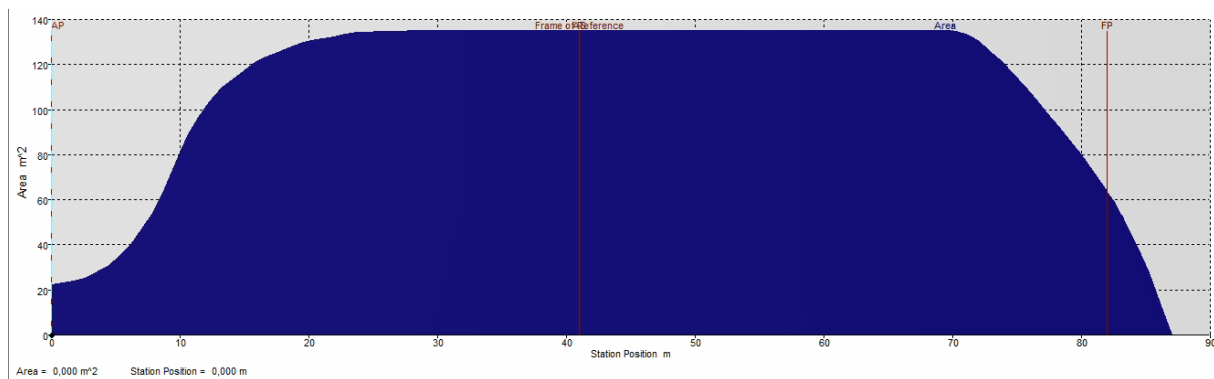
### 2.2.3 Skrogform

Med bakgrunn i den informasjon jeg satt igjen med fra work breakdown structure og videre klossebyggingen i thinkercad ble første skrogformen utarbeidet i maxsurf modeller. Jeg startet med de hoveddimensjoner som jeg endte med etter å ha gjort en work breakdown structure og deretter stablet mange av de største og tyngste kategoriene i thinkercad. Hoveddimensjonene jeg startet med herfra var 82m lengde, 22m bredde og 12m dybde i riss, og ett grovt estimat på 10 000tonn deplasement og trekke fra litt blokkoeffisient så prøvde jeg i første omgang en dypgang på 6.5m.

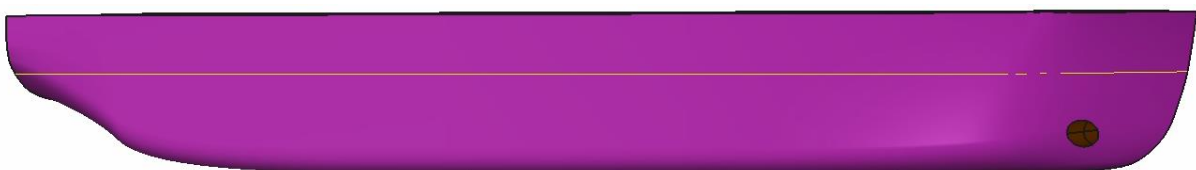


Figur 9: Første skrogutkast

Første skrogutkast som vist over er absolutt ikke det beste, ser man for eksempel på sac-kurven til skroget, har det mye forbedringspotensialer, veldig mye skarpe hjørner og dårlig avløsning i hekken. Skroget i figur 9 får også såpass stort forudetall med det fartskravet som står i kravspekken at bulb ikkje er hensiktsmessig.



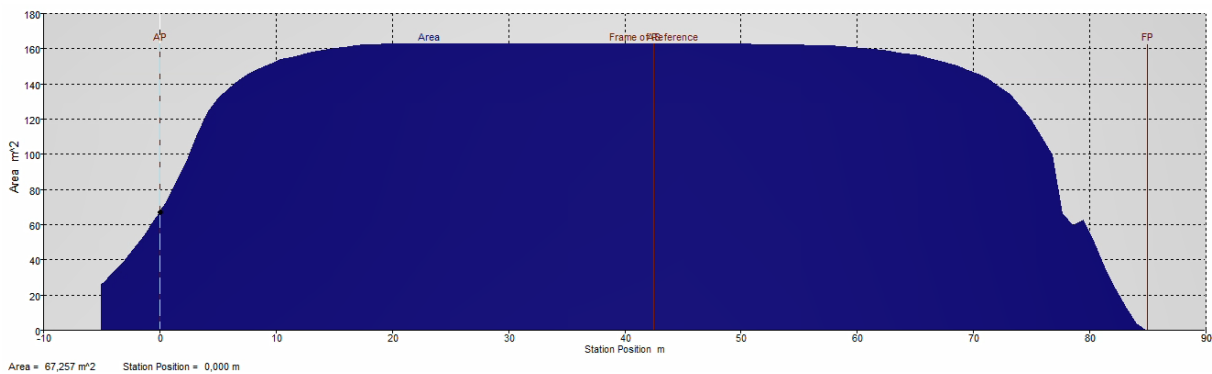
Figur 11: Sac-kurve fra første skrogutkast



Figur 10: Andre skrogutkast

Det ble ganske raskt etterpå lagt en del arbeid i å «glatte» på skroget for å prøve å få til noe bedre sac-kurve for skroget. Etter anbefaling fra veileder og Konsberg ble det anbefalt å holde blokkoeffisient på rundt 0,83.

Jeg prøvde flere varianter av skroget og tok gradvis vekk mer og mer av bulben før jeg endte på det som er vist i figur 11. Froude tallet på skroget i figur 11 er riktignok på 0,208 så her kunne kanskje buld vært utprøvd, dette gav hverfall minst motstand, etter dette begynte jeg i hekken for å få en bedre avløsning der, prøvde flere varianter her også som ikke gav så alt for mye utslag på motstanden til skroget, tapte også raskt nødvendig oppdrift i hekken og



Figur 12: Sac-kurve, andre skrogutkast

jeg valgte derfor å gi meg der det står og gå videre på oppgaven. Andre utkast av skrog er også økt deplasement med 2 000 tonn så totalt 12 000 siden jeg såg tidlig at 10 000 ble for knapt, etter å ha gjennomført en bedre beregning av vekt på skrogbjelken er det kanskje for mye igjen, jeg har likevel latt det stå siden jeg fant det ut så sent i oppgaven.

Som figur 12 viser, har det andre skrogutkast en langt bedre sac-kurve, den har riktignok fortsatt forbedringspotensialer.

#### 2.2.4 General Arrangement

GA er blitt til underveis gjennom nesten hele prosjektet og linjetegninger er satt inn i GA etter kvart som det er blitt til fra maxsurf, hver gong jeg åpner GA så ser jeg ting som kunne vært endret på og gjort forbedringer på, den har blitt helt endeløs i prosjektet og blir aldri ferdig.

Innredningen som er tegnet i GA er tegnet i henhold til regelverket «Forskrift om innredning og om forpleiningstjenesten på skip». For dette fartøyet er det krav til lugarer for 12 personer fordelt på 2 doble lugarer og 8 enkle lugarer dette innebærer også offiser lugarer. Jeg er usikker på hvor mange offiserer det er på brønnbåt, ikke funnet noe regelverk på det og har lagt til rette for to stk.

Dobbeltlugarene har 7,58m<sup>2</sup>, kravet er 3,75 m<sup>2</sup> pr. person på lasteskip over 10 000 BRT.

Enkelt lugarene er 6.5 m<sup>2</sup>, kravet er 4,75 m<sup>2</sup> i enkeltlugar for lasteskip over 10 000 BRT.

Offiser lugarer er 10,4 m<sup>2</sup>, kravet er 6,5 m<sup>2</sup> hvor det ikke er privat salong eller dagrom på skip med bruttotonnasje på 200 eller mer (Lovdata, Forskrift om innredning og om forpleining på skip 2014).

Den ferdige GA som ligger under vedlegg inneholder også snitt av klassetegning for å vise hvordan strukturen er tenkt. GA viser også tank arrangement i dobbeltbunn, jeg har satt tanktopp på 2m på grunn av at det er tenkt plassert fuel tanker og ballasttanker.

Over maskinrom i akterskipet er det plassert veksted og serviceplass og keising fra maskinrom på babord side. Bak broen er det tenkt teknisk rom og eventuelt skipperkontor over forpleiningen.

### 2.2.5 Vektestimat

Til beregning av vektestimat har jeg benyttet Microsoft Excel.

Brønnbåt offshore												
SFI		Type / Bemerkning	Stk/m2	vekt	Tot vekt		LCG AP	WxA (LCG)	VCG BL	WxA (VCG)	TCG BL (+SB/-BB)	WxA (TCG)
200	Skrog				1696,05							
	Skrogbjelken	Estimert	1	1503	1503,0		45,00	67635	4,50	6764	0,00	0
	Overbygg	Estimert	1	193,05	193,1		48,00	9266	13,00	2510	0,00	0
	Margin	25 %	0,25	424,0	424,0		42,27	17921	4,50	1908	0,00	0
	Innredning		1	122,00	122,0		69,00	8418	10,00	1220	0,00	0
625	Fremdrift	Kongsberg Elegance POD	2	120,00	240,0		0,00	0	4,00	960	0,00	0
625	HVM	Wartsila 8L26 2495kW	2	45,0	90,0		5,00	450	7,20	648	0,00	0
651	Havmegenerator	Wartsila 4L20 700kW	1	14,0	14,0		6,00	84	8,20	115	0,00	0
	Thruster	Kongsberg	1	20,0	20,0		79,00	1580	3,00	60	0,00	0
	Fiskebehandlingsutstyr	Cflow	1	300,00	300,0		40,00	12000	9,50	2850	0,00	0
	Kabler	Nexans	1	100,00	100,0		42,00	4200	5,00	500	0,00	0
	Rørsystemer	Rørtek	1	300,00	300,0		42,00	12600	4,00	1200	0,00	0
	Ventilasjon	Gunnar Karlsaen	1	25,00	25,0		65,00	1625	12,00	300	0,00	0
	Dekkskran	Fassi (Nord-kran)	1	30,00	30,0		47,00	1410	15,20	456	0,00	0
	Laste/losse arm		1	60,00	60,0		82,00	4920	12,00	720	0,00	0
	Inventar		1	88,00	88,0		49,00	4312	13,00	1144	1,00	88
	Lett skip				3509,1		40,50	142109,71	5,76	20210,01	0,00	0,00
					<b>Vekt</b>		<b>LCG</b>		<b>VCG</b>		<b>TCG</b>	
	Lett skip				3509,1		45,08	134638,77	6,08	18152,12	0,00	0,00

Figur 13: Utklipp fra Microsoft Excel

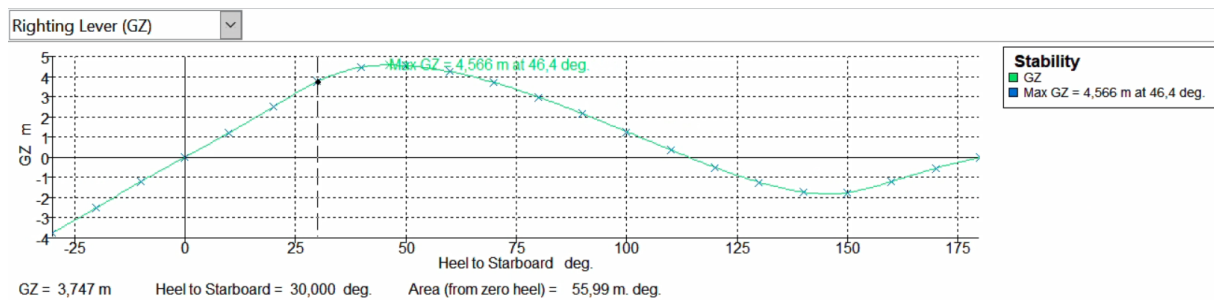
For skrogbjelken brukte jeg tidlig i oppgaven faktorer for overbygg, forskip, midtskip og akterskip, det gav det dobbelte av vekten som står der nå, etter at jeg har sjekket snitt i Nautiscus hull og vet hvor mye struktur det blir så har jeg funnet egne faktorer for alle plater med som har struktur. Ellers har jeg funnet noen og forhåpentligvis de tyngste og mest dominerende vekter om bord. Så har jeg funnet noen forskjellige vekter å satt inn, har prøvd å hvertfall finne det største og tyngste.

### 2.2.6 Stabilitet

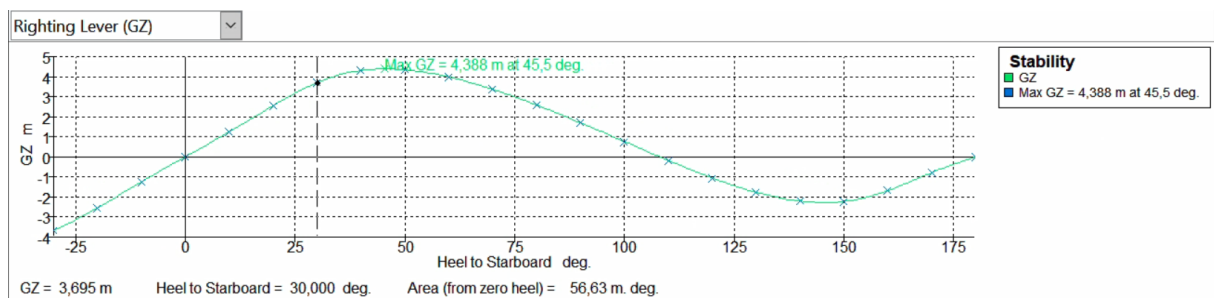
Stabiliteten er utarbeidet i maxsurf stability hvor det er definert tanker og lastkondisjoner.

Ut ifra GZ-kurven som vi henter ut ifra maxsurf stability gir den et bilde av skipets statiske stabilitet. I forskrift om bygging av passasjer-, lasteskip og lektere § 14 a og b står det skrevet følgende krav til stabilitet. GZ som er den rettende armen skal være mins 0.2m ved en krengevinkel lik eller større en 30grader, Krengevinkelen hvor rettende arm har størst verdi, altså  $GZ_{maks}$  bør være større en 30 grander, og skal aldri være mindre enn 25 grader. Initial metasenterhøyde altså GM skal være minst 0,15m. (Lovdata, Forskrift om bygging av skip 2016)

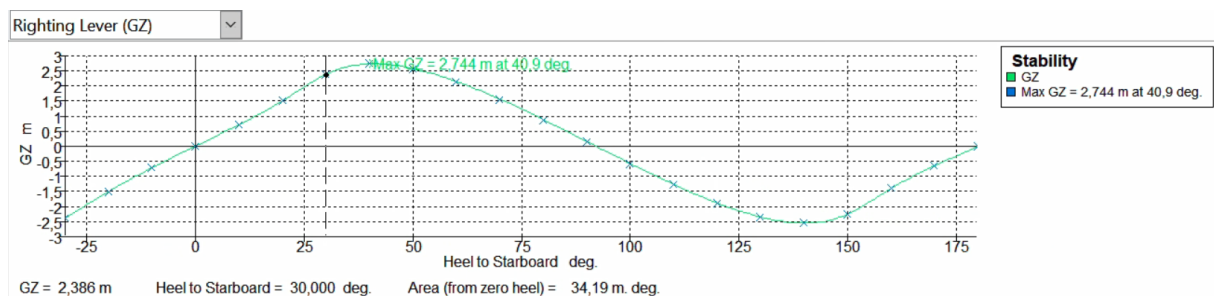
I maxsurf stability har jeg lagt inn 4 lastkondisjoner, det er avgang ballast, ankomst ballast, avgang lastet og ankomst lastet.



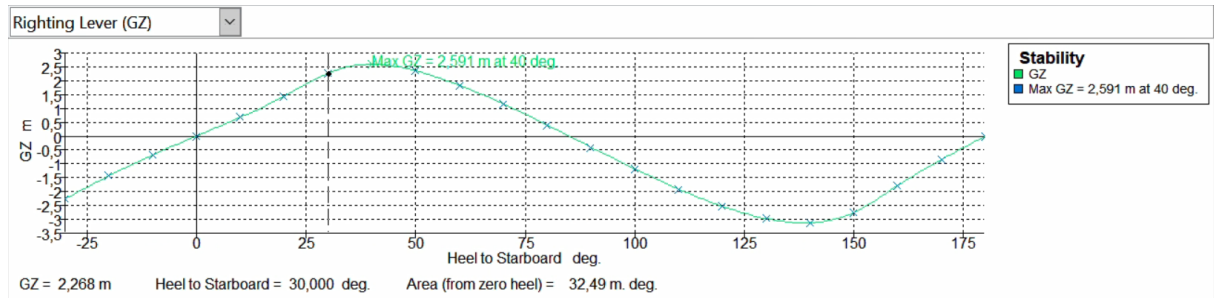
Figur 14: GZ-kurve Avgang ballast, ballast og fuel tanker er fylt



Figur 15: Ankomst ballast, ballast og gråvann er fylt og fueltanker og ferskvann er 10% rest



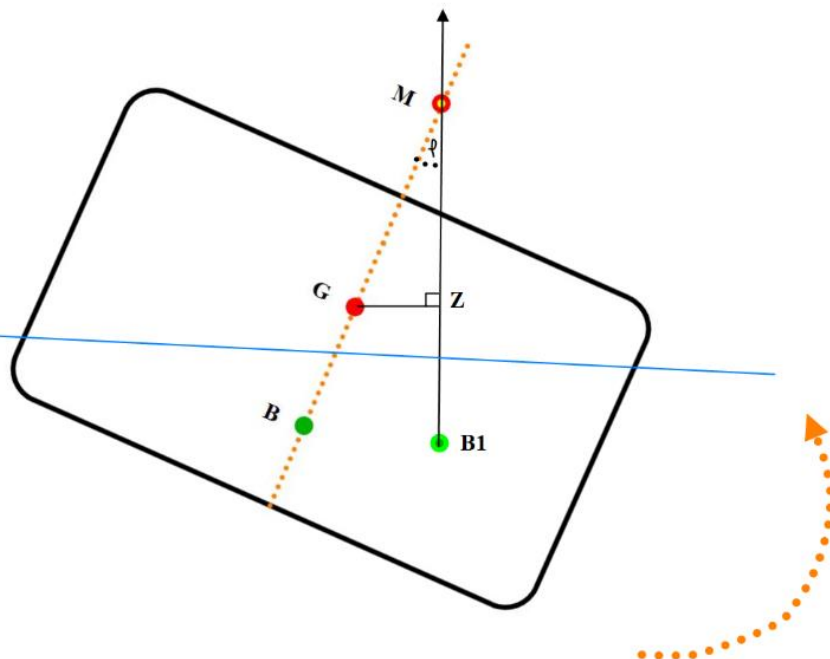
Figur 16: Avgang lastet, fuel tank og ferskvann fylt, gråvann og ballast tom



Figur 18: Ankomst lastet, brønner og gråvann er fylt, ferskvann og fuel er 10%

1	Draft Amidships m	5,746
2	Displacement t	9564
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	4,602
5	Draft at AP m	6,889
6	Draft at LCF m	5,894
7	Trim (+ve by stern) m	2,287
8	WL Length m	89,092
9	Beam max extents on	22,000
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	2562,23
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1818,45
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,758
13	Block coeff. (Cb)	0,747
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,986
15	Waterpl. area coeff. (Cw)	0,928
16	LCB from zero pt. (+ve)	36,588
17	LCF from zero pt. (+ve)	36,948
18	KB m	3,165
19	KG fluid m	6,767
20	BMT m	7,404
21	BML m	113,121
22	GMT corrected m	3,800
23	GML m	109,518
24	KMT m	10,566
25	KML m	116,245
26	Immersion (TPC) tonne/	18,639
27	MTc tonne.m	123,335
28	RM at 1deg = GMT Disp.	634,328
29	Max deck inclination de	1,5425
30	Trim angle (+ve by ster	1,5425

Figur 19: Hydrostatiske data fra maxsurf stability

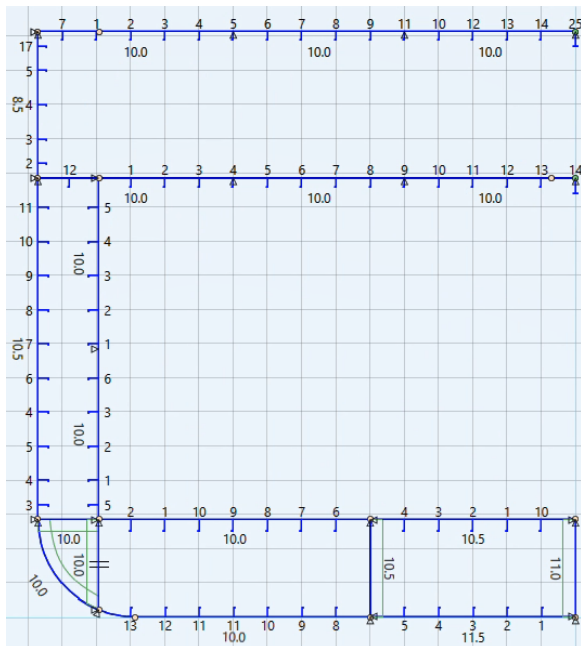


Figur 20: Hydrostatisk figur av et skipskrog (marfag u.d.)

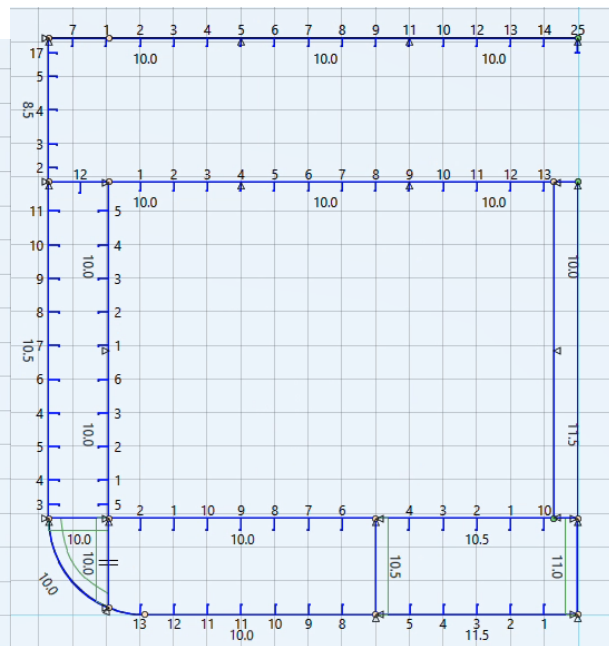
Resultatet av stabiliteten er at skipet er stabilt nok i alle lastkondisjoner utenom lettskip. Høgste KG som blir minste GM fant jeg i ankomst lastet kondisjonen i tabellen leser vi fra  $GM_t$  at den er 3,8m som er innenfor minstekravet på 0,15m i henhold til regelverk beskrevet i lovdata. (Lovdata, Forskrift om bygging av skip 2016)

### 2.2.7 Struktur / Konstruksjon

Til struktur og konstruksjon har jeg brukt Nauticus Hull, jeg har beregnet 2 snitt som jeg anser som kritisk og det er Frame #52 og #60. #52 er plassert mellom brønner og # er i fremre brønnsnitt.



Figur 21: Snitt i #52 fra section scantling i Nauticus hull



Figur 22: Snitt i #60 fra section scantling i Nauticus hull

Spantavstanden er 700mm både på lang og tvers. Snittene fra Nauticus hull som vises i figur 18 og 19 viser også platetykkelse, stiverene som er brukt står ikke skervet men i dekk er det brukt HP bulb 180x10, i sidetankene i skutesiden og mellom brønnene er det brukt HP bulb 220x10, på tanktop er det HP bulb 240x10 og i skutebunn er det 200x10. og er likt hele veien og likt for begge de snittene jeg har beregnet, for enkelhets skyld.

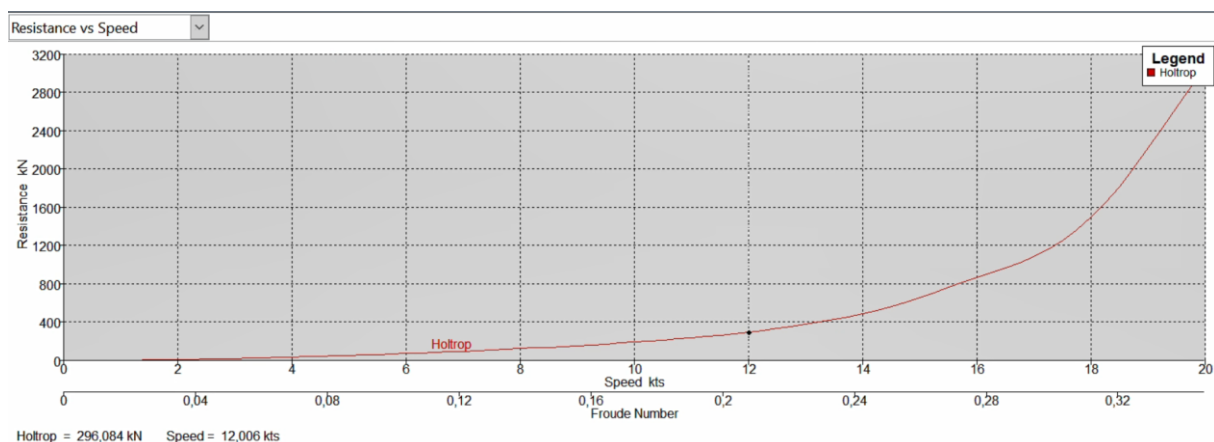
Tverrskips stivere er riktig nok ikkje definert i Nauticus hull, dette fant jeg ikkje ut hvordan jeg gjorde, de vil naturlig nok være noe større og plassert på hver 4 spant med en avstand på 2800mm.



### 2.2.8 Motstand

Til denne prosjektoppgaven hadde jeg sett for meg å få testet det endelige skroget i modelltanken på NTNU, dette lot seg dessverre ikke gjøre på grunn av Covid-19, og jeg måtte klare meg med å gjøre beregningene i maxsurf resistance.

I maxsurf resistance kan man velge forskjellige beregningsmetoder for skrog, alle metodene er bygget på kjente formler som er bygget på erfaringer fra tidligere tester, selv velger jeg å benytte Holtrop sin metode med holtrop sin formfaktor. I programmet settes også en effektivitet på 65% på grunn av at propelldrift har ett visst effekttap. Legger også inn ett cirka areal på overbygg og appendix motstand under vannoverflata.



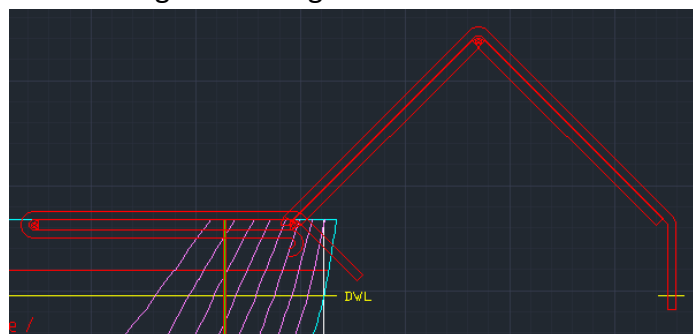
Figur 23: motstand vs farts graf fra maxsurf resistance

## 3. Laste og losseløsning

Laste og losseløsningen ser jeg for meg kan være greit plasser i baugen på fartøyet. Fordelen med å plassere løsningen i baugen er at da kan fartøyet ligge med baugen i været, og foreta lasting og lossing ute på merder på en enkel måte uten å være i kontakt med merdene i det hele tatt. Dette er også årsaken til at diesel elektrisk fremdrift er foretrukket. Det kan også være at det for enkelhets skyld skulle vært ei løsning for laste og losse inne med land burde vært ei løsning på ei av sidene også.

Jeg har forsøkt å illustrere løsningen i GA for å vis hva jeg tenker, det kan nok være dette ikke er den beste løsningen for laste losse armen siden

der går trossalt rundt  $6\text{m}^2$  i hver slange så totalt 18tonn på denne arma som rekker 15m foran baugen.



Figur 24: Laste og losse arm i baug

#### 4. Resultat og konklusjon

<u>LOA</u>	<u>90m</u>	<u>KM<sub>Lettskip</sub></u>	<u>18.847m</u>
<u>LPP</u>	<u>85m</u>	<u>GM<sub>Lettskip</sub></u>	<u>12.745m</u>
<u>Bredde</u>	<u>22m</u>	<u>KG<sub>Lettskip</sub></u>	<u>6.093m</u>
<u>Dybde i riss</u>	<u>12m</u>	<u>KB<sub>Lettskip</sub></u>	<u>1.298m</u>
<u>C<sub>b</sub></u>	<u>0.83</u>	<u>BM<sub>Lettskip</sub></u>	<u>17.549m</u>
<u>T</u>	<u>7.5m</u>		
<u>Deplasement</u>	<u>12 300tonn</u>	<u>Lastekapasitet</u>	<u>6 000m<sup>3</sup></u>
<u>Rekkevidde</u>	<u>5760nm</u>	<u>Lettskipsvekt</u>	<u>3537.05tonn</u>

Jeg har et stort og ledig dekkareal som er tiltenkt containere i tilfelle det kan komme mer utstyr som ikke får plass mellom brønner og maindeck

I løpet av arbeidet med dette prosjektet har læringskurven vært bratt, det er mange aspekt å ta hensyn til ved et slikt fartøy og det er mye som skal legges til rette for, det skal godt gjøres å få med alt, jeg føler jeg har fått berørt mange, og har inntrykk av at det er langt i fra alle.

Jeg endte til slutt opp med et fartøy som kan fungere i drift, det er derimot noen ting jeg ville gjort annerledes om jeg hadde hatt mer tid. Blant annet funnet mer vekt om bord, laga ett bedre skrog med mykere linjer og mindre motstand. Senket tanktop i dobbelbunn til 1.8m, da hadde brønnene kommet 20 cm lavere, jeg hadde gjort brønnene noe bredere utover mot skuldrene og sannsynligvis forsøkt å strekke brønnene i lengderetning så kanskje brønnene kom lavere ned mot om ikke under havnivå i maks dypgang med maks last, dette sparer ufattelig mye energi så man slipper å pumpe store mengder vann i konstant sirkulasjon. Det hadde riktig nok gitt en del lavere tyngdepunktet, og fartøyet kunne blitt altfor stabilt.

## Referanser

- Architecture, Naval. <https://naval-architecture.blogspot.com/>. 16 04 2014. <https://naval-architecture.blogspot.com/2014/04/the-design-spiral.html> (funnet 12 03, 2021).
- Frøy. <https://froygruppen.no>. u.d. <https://froygruppen.no/portfolio/gaso-hovding/> (funnet 12 03, 2021).
- IP300416, Industri 4.0. «Undervisning.» 2021.
- Kongsberg. *Kongsberg.com*. u.d. <https://www.kongsberg.com/maritime/> (funnet 11 22, 2021).
- Levander, Kai. «System based ship design.» Av Kai Levander, 290. 2012.
- Lovdata. «Forskrift om innredning og om forpleining på skip.» *FOR-1992-09-15-707*, 07 01 2014: 19.  
—. «Forskrift om bygging av skip.» *FOR-2014-07-01-1072*, 27 12 2016: 89.
- Maritime, Kongsberg. *Kongsberg.com*. u.d. <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/kongsberg-maritime-fast-facts/> (funnet 11 22, 2021).
- maritime, Kongsberg. *www.kongsberg.com*. u.d. <https://www.kongsberg.com/maritime/products/propulsors-and-propulsion-systems/thrusters/azimuth-thrusters/podded-azimuth-propulsors/elegance-pod-system/> (funnet 12 03, 2021).
- Spurkeland, Einar. *Store Norske Leksikon*. 2 okt 2020. <https://snl.no/TEU> (funnet 11 22, 2021).
- Sølvtrans. *Solvtrans.no*. u.d. <https://www.solvtrans.no/historie/> (funnet 11 22, 2021).
- Thruster, Kongsberg. *Kongsberg.com*. u.d. <https://www.kongsberg.com/maritime/products/propulsors-and-propulsion-systems/thrusters/azimuth-thrusters/podded-azimuth-propulsors/elegance-pod-system/> (funnet 12 03, 2021).

## Vedlegg

GA og Klassesetgning DWG og pdf

Report maxsurf Stability

Report prescriptive\_#52 fra Nauticus hull

Report prescriptive\_#60 fra Nauticus hull

Vektestimater PDF

