

Bacheloroppgave

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for havromsoperasjoner og byggingsteknikk

Kandidatnummer: 10011
Kandidatnummer: 10006

Prosjektering av Brønnbåt

Bacheloroppgave i Skipsdesign
Veileder: Håvard Vollset Lien
Mai 2020

Innholdsfortegnelse

Figurliste.....	3
Sammendrag.....	4
Abstract	4
Forkortelser	5
Kapittel 1 – Innledning.....	6
1.1 <i>Bakgrunn.....</i>	<i>6</i>
1.2 <i>Intensjon</i>	<i>7</i>
1.3 <i>Planlegging.....</i>	<i>9</i>
1.3.1 Januar.....	9
1.3.2 Februar.....	9
1.3.3 Mars.....	9
1.3.4 April.....	9
1.3.5 Mai.....	9
1.4 <i>Dataverktøy.....</i>	<i>10</i>
1.5 <i>Selskaper vi har vært i kontakt med.....</i>	<i>12</i>
1.6 <i>Oppgave spesifikasjoner</i>	<i>13</i>
Kapittel 2 – Informasjon	14
2.1 <i>Generell informasjon om Brønnbåt</i>	<i>14</i>
2.1.1 En allsidig Skipstype.....	14
2.1.2 Kvalitet.....	14
2.1.3 Hygiene.....	15
2.1.4 Brønnes utforming.....	16
2.1.5 Avlusning og sykdomsbehandling	17
2.1.6 Brønnbåtens rolle i oppdrettsnæringen	17
2.2 <i>Systembasert skipsdesign</i>	<i>19</i>
2.2.1 Designspiralen.....	21
2.2.3 Verdiskaping.....	23
2.2.4 Trade-Off's	23
2.2.5 Epoch Analyse	24
Kapittel 3 – Designfaser.....	26
3.1 <i>Designfase 1</i>	<i>26</i>
3.1.1 Idéfasen.....	26
3.1.2 Sammenligning av brønnbåter	27
3.1.3 Hoveddimensjoner	28
3.1.4 Breakdown Structure.....	28
3.2 <i>Designfase 2</i>	<i>30</i>
3.2.1 Blokkmodell.....	30
3.2.2 Generelt Arrangement og Vektestimater.....	32
3.2.3 Fremdrift	33

3.2.4 Fiskehåndteringsutstyr	34
3.2.5 Re-evaluering av GA	35
3.2.6 Linjer i Maxsurf Modeler.....	35
3.2.7 Økning av areal	36
3.2.8 Endringer på anbefaling fra SSD	36
3.2.9 Fire brønner i motsetning til to brønner	37
3.2.10 Sirkulasjon i brønnene	37
3.2.11 Endring av linjer og blokk-koeffisient	38
3.2.12 Ferdigstilling av vektestimater	38
3.2.13 Maxsurf Stability	39
3.2.14 Modellforsøk og Maxsurf Resistance	40
3.2.15 Nauticus Hull; Section Scantling	41
3.2.16 3D-Beam.....	42
3.3 Designfase 3	44
3.3.1 Stabilitet	44
3.3.2 General Arrangement.....	44
3.3.3 Vektestimater	45
3.3.4 Section Scantling	45
3.3.5 Klassetegninger.....	45
Kapittel 4 – Resultater.....	47
4.1 Hoveddimensjoner	47
4.2 Linjer	48
4.3 Vektestimater	48
4.4 General Arrangement	49
4.4.1 Boareal Main deck	49
4.4.2 Dekksareal Main dekk	49
4.4.3 Maskin- og systemrom Main deck	50
4.4.4 Boareal Shelter deck	51
4.4.5 Dekksareal Shelter Deck.....	51
4.4.5 Motor- og systemrom Shelter Deck	51
4.4.6 Brodekket.....	52
4.4.4 Below Main deck	52
4.5 Maxsurf Stability	53
4.5.1 Trim	53
4.5.2 Lastkondisjoner.....	54
4.5.3 Stabilitet	55
4.6 Maxsurf Resistance	58
4.7 Section Scantling.....	60
4.8 3D-Beam	61
4.9 Klassetegninger.....	61
Kapittel 5 – Konklusjon.....	62
Kilder.....	63
Vedlegg	66

Figurliste

Figur 1 - Brønnbåter ved fiskemerder foto: iLaks 2017	6
Figur 2 - Vasking av fiskebrønner, Foto Veso 2006.....	15
Figur 3 - Laks med laskelus, foto: Pål Mugaas Jensen	17
Figur 4 - Lakserogn, foto: Osland Settefisk.....	17
Figur 5 - Pumping av fisk ut av merden, foto: Vasco Pinhol	19
Figur 6 - Top-Down foto: navla-architecture.....	19
Figur 7 - Bottom-up, foto: naval-architecture.....	20
Figur 8 - Designspiral, foto: naval-architecture	21
Figur 9 -Verdiskaping i et prosjekt	23
Figur 10 - Epoch analyse	24
Figur 11 - Skip med runde fiskebrønner, foto: Skipsteknisk	26
Figur 12 - Ronja Storm ved fiskemerde, foto: Havyard	27
Figur 13 - Ronja Storm, foto: Skipsrevyen	27
Figur 14 - brønnbåt, med en lastekapasitet på 7500 m ³ , foto: Møre Maritime AS/Frøy Rederi AS	27
Figur 15 - brønnbåt, med en lastekapasitet på 7500 m ³ , Foto iLaks	27
Figur 16 - Breakdown Structure	29
Figur 17 - Blokkmodell av brønnbåt.....	31
Figur 18 - Wärtsilä 8L20DF, foto: Wärtsilä	33
Figur 19 - Brønnbåt, foto: Salt Ship Design	37
Figur 20 - Slinger på knekkarm, foto: Salt Ship design	37
Figur 21 - Design av bulb 1	38
Figur 22 - Design av bulb 2	38
Figur 23 - Modellforsøk, foto: SINTEF.....	40
Figur 24 - Utklipp 1 av 3D-Beam	42
Figur 25 -Utklipp 2 3D-Beam.....	43
Figur 26 - Utklipp 3 3D-Beam.....	43
Figur 27 - Tabell over hoveddimensjoner.....	47
Figur 28 - Skrogform ved DWL med bulb 1	48
Figur 29 -Lastkondisjon med fullastet skip	54
Figur 30 - Lastkondisjon ballast med tomme brønner	54
Figur 31 - Lastkondisjon uten ballast eller last i brønnene	54
Figur 32 - GZ-kurve lastkondisjon fulle brønner og ballast	55
Figur 33 - GZ-kurve lastkondisjon uten last i brønnen, med ballast	56
Figur 34 - GZ-kurve lastkondisjon uten last i brønnen, uten ballast	56
Figur 35 - Figur metasenterhøyde, foto: Marfag	57
Figur 36 - Utklipp av hydrostatisk data	57
Figur 37 - Resultat motstand bulb 1	58
Figur 38 - Resultat effekt bulb 1	58
Figur 39 - Resultat motstand Bulb 2	59
Figur 40 - Resultat effekt bulb 2	59
Figur 41 - Utklipp resultater 3D - Beam	61

Sammendrag

Hensikten med denne avsluttende bacheloroppgave er å prosjektere et fartøy av typen brønnbåt. Vi har sett på hvordan man kan tilpasse et stort tankvolum, til en brønnbåt med en lengdebegrensning på under 85-meter lengde mellom perpendikulærene. Oppgaven består i alt av to hoveddeler. Den første delen omhandler generell informasjon om brønnbåter, dens rolle i oppdrettsnæringen, samt innsamling av data fra lignende fartøy.

Den andre delen av oppgaven består av selve designprosessen av et slikt fartøy. Her går vi igjennom det prinsipielle bak systembasert skipsdesign, samt metoder for å designe et fartøy basert på dens systemer. Vi har i denne oppgaven fokusert på å tilpasse alt av brønnbåtens sine systemer på en god og funksjonell måte, med gitte rammebetingelser.

Abstract

The purpose of this final assignment is to research and design a live fish carrier. We have investigated how to adjust and integrate a tank area with a large volume, while restricting the length of the ship to not exceed 85-length metres between the perpendiculars. The assignment is divided into two main parts. The first part deals with general information regarding live fish carriers, its role in the Norwegian fish farming industry, and data collected from similar vessels.

The second part of the assignment consist of the design-process of a live fish carrier. Here we look into the principle behind system-based ship design, as well as the methods used for designing a vessel based on its systems. The main focus of this final assignment is to adapt the live fish carrier's systems in a satisfactory and functional way, within the given constraints.

Forkortelser

LFC	-	Live Fish Carrier / Brønnbåt
DNV GL	-	Det Norske Veritas Germanischer Lloyd
SSD	-	Salt Ship Design
LNG	-	Flytende naturgass
RSW	-	Engelsk: Refrigerated Sea Water, Kjølesystem som bruker sjøvann for å holde fangsten kald ombord fartøyet til det blir levert på land.
GA	-	General arrangement
m	-	meter
GT	-	Gross Tonnage
DWT	-	Dead Weight
L.O.A	-	Lenght overall, Største lengden
LPP	-	Lengde mellom perpendikulærene
IMO	-	International Maritime Organization
SBSD	-	System Based Ship Design (Systembasert Skipsdesign)

Kapittel 1 – Innledning

1.1 Bakgrunn

I denne oppgaven skal vi prosjektere et fartøy av typen brønnbåt for designfirmaet Salt Ship Design. En brønnbåt eller Live Fish Carrier (LFC) er et fartøy som er designet for å transportere smolt fra et produksjonsanlegg på land til et oppdrettsanlegg til sjøs for oppdrett. Videre skal fartøyet transportere ferdig utviklet fisk tilbake til fabrikkianlegg på land til slakting. Illustrasjonen viser hvordan brønnbåtene opererer med fiskemerdene.

Ved valg av oppgave var det klart at vi ville fokusere på LFC eller brønnbåter, da dette er en «relativt» ny fartøystype og det er en markant økning i etterspørsel de siste årene. Ifølge tall fra 2017 ble det solgt oppdrettslaks fra Norge for 61 milliarder norske kroner. Salget har med en fordoblet seg de siste fem årene (Statistisk Sentralbyrå, 2018).



Figur 1 - Brønnbåter ved fiskemerder foto: iLaks 2017

Ut fra denne statistikken, har veksten og etterspørselen på brønnbåter vokst i samme tempo. I ett dypdykk i flåten av brønnbåter i Norge, har vi kommet frem til at den minste brønnbåten som opererer i Norge heter «Reflex», bygget i 1989, har en lengde på 21 meter og har en bruttotonnasje på 103 GT.

I andre enden av skalaen har vi «Ronja Storm». Dette er et fartøy som er bygget i 2019, har en lengde på 116 meter og har en bruttotonnasje på 5600 GT. Som vist på bildet ser man et design fra SSD ved fiskemerdene.

Ut fra samtaler med SSD, er det ønskelig å holde seg under 85 meter. Dette er for å unngå et krav om livbåt som tilhørende redningsredskap jf. Forskrift om redningsredskaper på skip, Avsnitt III – Lasteskip, Regel 31 Redningsfarkoster og mann-over-bord-båter, §1.3 (Lovdata, 2014). Ut fra data på lignende fartøy innenfor 85-meterregelen finner vi en lastekapasitet på mellom 3200 m³ til 3900 m³. Med at fartøyet vi skal prosjektere skal ha en lastekapasitet på 6000 m³, dobler vi nesten kapasiteten i forhold til de løsningene som allerede eksisterer på markedet.

Vi valgte å skrive en oppgave for Salt Ship Design fordi de er et anerkjent designfirma som har en betydningsfull og bemerkelsesverdig kompetanse innenfor fartøystypen LFC, men også innenfor andre fartøyskategorier. SSD sier selv at; «Salt designs purpose made sea harvesting vessels, live fish carriers and various services vessels for the aquaculture segment. Shaping your new designs with Salt, you may expect a vessel that combines new technologies and purpose made design solutions to significantly enhance fish welfare, hygiene, quality and environmental aspects» (Salt Ship Design, 2013).

1.2 Intensjon

Intensjonen bak denne oppgaven var å prosjektere et nytt design på et fartøy av typen brønnbåt. Fokuset var å designe skipet med en lastekapasitet nesten dobbelt så stor som normalen på fartøy under 85-meter lengde. Igjennom hele oppgaven har det være et stort fokus på sikkerhet og velbehag for mannskapet ombord. Dette klarte vi med å gjøre lugarstørrelsen større enn på lignende fartøy samt at vi fokuserte på en planløsning som bedrer arbeidsforholdet ombord. Løsningen med fiskehåndteringen var å gjøre den så smertefri for fisken som mulig under transportoperasjonen. Bærekraft og miljø har vært faktorer som har vært viktig igjennom hele løpet av oppgaven, og det har preget alt fra utformingen på skroget til hvordan vi har fordelt de ulike seksjonene av fartøyet.

Vi har lært i løpet av oppgaven at et skip av typen brønnbåt, er mer kompleks enn man først ville antatt. Vi har i samtale med fagkyndige personer lært at selv erfarne skipsdesignere ikke får til alle aspektene ved å designe et slikt fartøy, og at det er derfor vanlig praksis og tildele noen aspekter, som for eksempel fiskehåndteringsdelen, til eksterne aktører for så og flette alt dette inn i et ferdig design. Det er derfor rart at vi skulle fått dette til på første forsøk, men vi har gitt det et forsøk og fått et resultat vi er fornøyde med, med tanke på forutsetningen vi hadde.

Vi delte inn oppgaven på en slik måte at det ble en naturlig fremvisning igjennom livsløpet til prosjektet. Der i hovedsak det teoretiske om fartøystypen og hvordan designmetode som ble bruk forklares i kapittel en og to. Her går vi igjennom litt hva en brønnbåt er, hva er formålet med en brønnbåt og hvordan veksten i markedet har vært. Vi er også raskt innom hvordan oppdrettsnæringen fungerer og hvordan rolle fartøystypen brønnbåt har i denne næringen.

Videre så forteller neste del om selve designprosessen. Der vi detaljert og stegvis forteller om hvert aspekt av designet. For eksempel; skroglinjer, skrogstruktur og generell utforming. Vi har valgt å dele det inn i tre forskjellige designfaser. Dette illustrerer hvordan vi har gått igjennom designspiralen tre ganger, og sitter igjen med et ferdig fartøy.

1.3 Planlegging

I starten av oppgaven var det klart etter erfaring og kunnskap fra tidligere emner, at vi måtte sette opp en detaljert plan. Dette er for å ha et tydelig tidsskjema å følge, men også for å følge med på at tidsbruken på et punkt på planen ikke gikk over tilegnet tid.

1.3.1 Januar

I denne måneden var fokuset å sette oss inn i fartøytypen brønnbåt. Videre fra der satt vi oss inn i spesifikke regler som omhandler brønnbåter. Deretter definerte vi de viktigste funksjonene, lagde en breakdown struktur, og lagde en enkel utforming av fartøyet.

1.3.2 Februar

Her jobbet vi mer mot selve utformingen av fartøyet, og begynte med design fase 1. Her ble en konsept GA laget, samt vi begynte utformingen av linjer.

1.3.3 Mars

Denne måneden ble brukt til å fullføre utformingen av skroglinjer, samt at vi begynte og ferdigstilte tankarrangementet for fiskehåndteringstankene. Vi var også så heldig å få komme på besøk hos SSD, der vi fikk gått igjennom oppgaven vår detaljert, og fikk mange nyttige tips til vektestimater og tankarrangement.

1.3.4 April

Her ble formen av skroglinjer og tankarrangementet jobbet med. Det ble jevnlig oppdatert gjennom denne måneden og starten av mai. Samtidig jobbet vi mye med dimensjonering av skrog.

1.3.5 Mai

I denne måneden ble tiden brukt til å ferdigstille alt. Dette inkluderer å skrive ferdig teksten, samt strukturere rapporten. Tegningen av General Arrangement ble ferdig, og tegningen av klassetegninger ble laget og ferdigstilt.

1.3.5 COVID-19

Vi visste fra start at dette kom til å bli en utfordrende oppgave, med høgt arbeidsnivå for å få et godt resultat. Brønnbåten var et mer komplekst fartøy å sette seg inn i enn først forventet, men med interesse for interessante skip og pågangsmot satte vi i gang. Det vi likevel ikke forutså var at vi måtte skrive halve oppgaven under en pandemi, noe som virket svært uvirkelig for et par måneder siden. Dette medførte at all kommunikasjon mellom oss og veileder ble gjennom Teams, og at alt arbeid ble gjennomført over denne plattformen. Selv om denne digitale plattformen fungerte godt til vanlig skriving, ble det noen utfordringer med tanke på opplæring av ulike programmer, som Nauticus Hull og 3D-Beam.

1.4 Dataverktøy

Microsoft Excel

Dette er et leddene regnearkprogram som lar deg opererer i ulike celler fordelt på rader og koloner. Programmet er også et sterkt verktøy innenfor datavisualisering og analyse.

Microsoft Teams

Dette er en digital samlingsplass designet for samarbeid mellom flere aktører innenfor Office 365, enten mellom en bedrift eller prosjekt. Programmet tillater samarbeid på tekstdokumenter, Excel, PowerPoint o.l. Det er også mulig å kontakte personer direkte igjennom en direkte chat, eller via videosamtaler.

Microsoft Planner

Dette er et program for å lett kunne organisere et prosjektsamarbeid. Programmet lar deg lett kunne visualiserer tidsfrister, milepæler og aktiviteter/hendelser som trenger ekstra oppmerksomhet.

Maxsurf Stability

Et program innenfor programpakken Maxsurf Naval Architecture Software (MNAS). Programmet gir deg muligheten til å påføre ulike kondisjoner, og det framvises rask grafiske framstillinger av resultatet. Programmet kan også tilby interaktive kalkulasjoner innenfor stabilitet, lastkondisjoner, skadestabilitet og styrkekrav.

Maxsurf Modeler

Et program i programpakken MNAS. Programmet lar deg flate-modellere et stort utvalg av maritime fartøy. Programmet gir deg muligheten til å hurtig beregne hydrostatiske data på modellen din.

Maxsurf Resistance

Et program i programpakken MNAS. Programmet lar deg ta modellen din videre fra Maxsurf Modeler og stability til et stort utvalg av beregningsmetoder for kraft og motstands krav til fartøyet.

SimensNX

Et avansert CAD/Modelleringsprogram for fleksible, kraftige og innovative produkter innenfor industriapplikasjoner.

Nauticus Hulls

Et program designet for å kunne estimere styrkekravene på skrogprofiler. Det tilbyr alle nødvendige funksjoner som trengs for å gjennomføre et effektiv skrogdesign, og verifiserer dette opp mot DNV GL sine regler. Programmet er laget av DNV GL.

3D Beam

Et program verktøy designet for effektiv modellering og analyse av bjelkestrukturer. Programmet kan brukes som et frittstående program, eller integrert i Nauticus Hull sin programvare.

1.5 Selskaper vi har vært i kontakt med

Salt Ship Design AS

Et velkjent skipsdesignfirma som leverer alt fra fiskeri til oppdrett og offshore. Firmaet har et godt omdømme og brenner for å optimalisere ytelsen til skip. Firmaet kombinerer erfaring og kunnskap med kreativitet og dedikasjon. De designer brønnbåtene sine ved å forene ny teknologi og designløsninger, slik at en får riktig skip til riktig oppdrag. Akvakultur skipene til Salt har på denne måten en forbedret fiskevelferd, hygiene, kvalitet og miljø. (Salt Ship Design, 2013b, 2013a; Sætre, 2019)

Intership AS

Intership AS er et globalt opererende brønnbåtselskap som tar seg av fiskevelferd, transport av smolt og slaktefisk, sortering og behandling. Intership har en ung og moderne flåte og ivaretar verdier gjennom fiskevelferd. Høyest mulig kvalitet på behandling og transport av levende fisk sikres gjennom avanserte fartøy med moderne systemer. Transporten skal være sikker, miljøvennlig og utføres på en bærekraftig måte. Bak Intership er det et lag av mennesker med høy kompetanse, som har flere tiår med industriledende erfaring innenfor maritime industrier. (Intership AS, no date)

Cflow Fish Handling AS

Cflow Fish Handling AS er et firma med mer enn 30 års erfaring med god kompetanse innenfor fiskehånderingsutstyr. Cflow, utvikler, designer og produserer komplette fiskehånderingssystemer, og deres løsninger er en av de mest brukte innenfor fiskeri- og akvakulturindustrien. Målet er å øke vekst, kvalitet og fiskevelferd, gjennom hele verdikjeden ved hjelp av fem hovedpunkter. (CFlow, no date)

- Kontroll - Styling, overvåking og dokumentasjon er viktige for å ha god kontroll.
- Kontinuitet - Høykapasitetssystemer blir brukt til å effektivt transportere og håndtere levende fisk.
- Nedkjøling - Riktig kjøling, samt optimal vannkvalitet skaper god fiskevelferd og kvalitet.
- Skånsom - Forsiktig håndtering av fisken.
- Renhold - God kvalitet videreføres via redusert smittespredning og økt matsikkerhet.

1.6 Oppgave spesifikasjoner

Spesifikasjonen som har blitt stilt til prosjekteringsoppgaven fra Salt Ship Design AS er som følgende:

- Designe fartøyet for internasjonal fart, men ikke i forhold til hospital.
- I utgangspunktet skal skipet operere nasjonalt (liten kystfart), men skal kunne operere internasjonalt. Vil med dette trenge både nasjonalt og internasjonalt dypgangsmerke.
- Skal ha en brutto lastekapasitet på 6000 m³. Med dette skal skipet kunne fylle en ventemerd på to turer, og tømme en merd med en diameter på 160 meter.
- Skal ha alternativ drivstoff i form av flytende naturgass, LNG. Dette med en tankkapasitet på 250 m³.
- Skipet skal ha en dypgangsbegrensning på 7,5 meter fullastet.
- Skipet skal ha en Air draught på maks 25 meter.
- Skal ha et RSW anlegg med kompressorstørrelse som gir 1 grad reduksjon i timen.
- Fartøyet skal ha muligheten for avsiling på dekk for mekanisk behandling.
- Skal ha muligheten for å laste med en hastighet på 800 tonn per time.
- Det skal være en kapasitet for et mannskap på 15 personer. Hvorav en av lugarene skal være dobbellugar.
- Skal være utstyret med muligheten for ferskvannsbehandling av fisken.
- Det skal være fokus på vinterisering. Det vil si at skipet skal være klargjort på en slik måte at det kan operere med vanlig drift også i områder med et strengt vinterklima.
- Det skal være et overordnet fokus over hele designet på hygiene. Dette gjelder både håndtering og last av fisk eller smolt. Men også for mannskapet ombord.

Kapittel 2 – Informasjon

2.1 Generell informasjon om Brønnbåt

Brønnbåt eller LFC er et fartøy som blir brukt til å transportere fisk, hovedsakelig laks eller ørret, over lengre avstander. Hovedoppgaven til en brønnbåt er å frakte fisk til og fra oppdrettsanlegg. Brønnbåter frakter smolt fra landanlegg og ut til merder i sjøen, og videre fraktes ferdig utvokst fisk til fiskeforedlingsbedrifter. Brønnbåter brukes også til frakt mellom anlegg, og en rekke andre oppgaver innenfor fiskehåndtering. Brønnbåter er derfor en essensiell del av norsk lakseoppdrett. (Johnsen, 2018)

2.1.1 En allsidig Skipstype

Brønnbåt er en relativ ny type fartøy i forhold til andre typer skip, men har hatt en kraftig vekst de siste 20 årene. Fartøyene øker ikke bare i størrelse, men også i antall funksjoner, kompleksitet og bruksområder. Arbeidsoppgavene innenfor akvakulturproduksjon øker stadig for denne flerfunksjonelle skipstypen og brønnbåter deltar i en rekke ulike arbeidsoperasjoner. Eksempel på slike operasjoner kan være levering av fisk, avlusning, sortering/splitting av fisk, lossing og lasting, og håndtering av not. Dette er kompliserte operasjoner preget av risiko og krever samarbeidsevner. Samtidig stilles det større krav til fiskevelferd enn før. Alternativet til brønnbåt vil ha vært en tankbil, men blir oftest brukt til frakt av mindre mengder smolt eller yngel. (Mattilsynet, no date; Kvile, 2019)

2.1.2 Kvalitet

Brønnbåtene har som sagt hatt stor vekst de siste årene, og en av de største grunnene til den store suksessen er den gode kvaliteten på det ferdige fiskeproduktet. Forurensing av fisken eller andre komplikasjoner som kommer på grunn av feil lagring av fisken vil ikke lenger være et problem dersom brønnbåter er i bruk. Brønnene ombord i fartøyet lar fisken svømme naturlig og fisken trives derfor helt fram til slakteriet.

Ved å frakte fisken levende får man også så fersk fisk som mulig, noe som er høyt etterspurt. Kvaliteten på sløyninga vil også få en høyere standard, da det blir gjort på profesjonelle fiskeforedlingsbedrifter. Likevel kan brønnbåtoperasjonene føre til stress for fisken, og dette kan igjen i verste fall føre til død.

Dette skjer ikke utelukkende på brønnbåter, men kan også forekomme i fiskemerden. Samtidig utvikles det stadig ny teknologi for å forminske graden av stress. (Mehnazd, 2016; Johansen, 2018).

2.1.3 Hygiene

Hygiene er en svært viktig del av brønnbåtoperasjonen og fiskevelferden. God hygiene er kritisk for å unngå spredning av sykdommer mellom lokaliteter. For å forebygge og hindre smittespredning er det viktig med riktig vask og desinfisering, som vist på bildet, og dette er spesielt viktig etter transport av syk fisk. God hygiene er også viktig mellom ulike typer oppdrag, slik som frakt av smolt i forhold til frakt av slaktefisk. For å opprettholde god hygiene er det viktig at vannet til fisken blir ofte byttet ut og renset. Fisken må også ha tilgang på rikelig med oksygen i vannet og tanken må holde riktig temperatur. (Labora, no date; Mehnazd, 2016)



Figur 2 - Vasking av fiskebrønner, Foto Veso 2006

2.1.4 Brønnenes utforming

Fiskevelferden blir videre opprettholdt med tanke på riktig utforming av brønnene. For at minst mulig fisk skal gå tapt er det viktig at en unngår skarpe kanter, og andre utstikkende objekter. Her kan det være fordelmessig å bruke runde tanker, da fisken naturlig svømmer i sirkler. Brønnene er utformet på ulik vis fra brønnbåt til brønnbåt, og en kan velge mellom lukkede eller åpne brønner. Åpne brønner får friskt sjøvann inn gjennom ventiler i fremre del av brønnen, noe som gir god sirkulasjon og oksygentilførsel. Et lukket system er fordelmessig med tanke på spredning av sykdom. I et lukket system sirkulerer man ikke med nytt sjøvann, men tilfører oksygen ved hjelp av et pumpesystem. Ofte har en brønnbåt både et åpent og lukket system, som igjen er et eksempel på denne skipstypens versatilitet. (Skaar and Stovner, 2016; Astrup AS, 2018)

2.1.5 Avlusning og sykdomsbehandling

Avlusning og sykdomsbehandling er to tidskrevende operasjoner som brønnbåten ofte utfører. Lakselusen er et av de største utfordringene innfor oppdrettsnæringa, og det finnes ulike metoder for å bekjempe lakselusen. Metodene som brukes er enten ved bruk av et avlusningsmiddel, eller ved bruk av Rognkjeks som spiser lakselusen i merden. Likevel er ingen av disse metoden brukt ombord i en brønnbåt som fungerer optimalt. Avlusning ombord i brønnbåten utføres ved å eksponere fisken for ferskvann vanligvis mellom fire til åtte timer. Deretter avluses fisken og føres tilbake til merdene. Merdene kan inneholde mer fisk enn brønnbåten har lastekapasitet, i slike tilfeller må operasjonen gjøres i to omganger, noe som vil øke operasjonstiden betraktelig.

Sykdomsbehandling ombord i brønnbåten kan være fordelsmessig, da en unngår utslipp av medikamenter i havet. Mange av de medikamentene kan være til skade havmiljøet. (Emil Ellefsen, 2014; Berg, 2017; Rein, 2018)



Figur 3 - Laks med lakselus, foto: Pål Mugaas Jensen

2.1.6 Brønnbåtens rolle i oppdrettsnæringa

Brønnbåtene er en viktig del av den norske oppdrettsnæring. All norsk oppdrettsfisk er innoen en brønnbåt to til tre ganger i løpet av livssyklusen sin. Livssyklusen til fisken omfatter tre faser. Første fase er stamfiskproduksjon. Stamfisk er fisk som fanges før den er gytemoden, fra stamfisken samler man rogn fra hunnfisk og melke fra hanfisk, referer til illustrasjonene. Melke og rogn blandes slik at eggene befruktes. Dette er starten på norsk oppdrettsfisk. Etter klekking går fisken over i neste fase som yngel. Yngelen blir holdt i ferskvannstanker på land til de er omtrent 60-100 gram. Denne fasen kalles settefiskproduksjon og er over etter at fisken gradvis har blitt overført til saltvann. Denne saltvannstilvenningen kalles smoltifisering og settefisk av laks kalles smolt.



Figur 4 - Lakserogn, foto: Osland Settefisk

Nå er laksen klar for den tredje fasen som er matfiskproduksjon. Laksen skal nå fraktes fra et landbasert anlegg og ut til åpne merder i sjøen. Det er her brønnbåtene kommer inn i bildet for å ta seg av transporten. Brønnbåten flytter oppdrettsfisken i vekstperioden og tar seg nå av avlusning og sykdomsbehandling. Det å flytte fisken på denne måten påfører stress på fisken, noe som kan påvirke vekstraten. Likevel er brønnbåt den mest effektive og mest stressfrie måten å transportere fisken på.

Fisken blir overført til store merder lokalisert på anlegg rundt norskekysten. Her lever fisken fram til den blir rundt 4,5 til 5,5 kg. Etter dette er fisken igjen klar til å bli fraktet videre med brønnbåt. Før brønnbåten ankommer forberedes merden, slik at flytteoperasjonen skal gå mest mulig effektivt. Forarbeidet inkluderer å fjerne fuglenettingen over merden, stoppe føring, og å heve bunnringen. Det å heve bunnringen er en trinnvis prosess som utføres av en arbeidsbåt. Arbeidsbåten hever hver kjetting under merden litt og litt for å få en jevn oppløfting, noe som tar rundt to til tre timer. Uten jevn oppløfting er det fare for å skade både fisk eller utstyr.

Når alle forberedninger er gjort, ankommer brønnbåten anlegget. På anlegget er det flere merder, og det kan derfor være problematisk for brønnbåten å manøvrere seg fram til riktig merd. Hvordan brønnbåten plasseres kommer an på strømming. Dette gjøres for å unngå klemming av fisk senere i prosessen. Brønnbåten fortøyer seg direkte til merden, selv om få merder er godkjent for fortøyning blir det allikevel gjort i mangel på et bedre alternativ.

Når fisken skal pumpes opp fra merdene og ombord i brønnene i brønnbåten, må området til fisken begrenses, slik at en effektivt får fisken ut av merden. Området til fisken i merden blir snurpet sammen enten ved hjelp av en orkastnot/snurpenot eller en kulelenke om hele merden skal tømmes. En av brønnbåtens flere kraner hjelper til med ekstra avtrenging ved å heve en line festet i bunnen av notposen. Avtrengingen stresser fisken og reduserer mengden oksygen, samtidig er det fare for at fisken klemmes i hjel da den av instinkt vil svømme nedover. Det er flere deler av denne prosessen som stresser fisken, det gjøres derfor tiltak for å minske stressmoment. Et av tiltakene er at brønnbåten ligger «fortøyd» til merden uten framdrift av propellen. Dette er for at strømmingen som blir dannet av disse påfører et ekstra stressmoment for laksen (Lekang, 1997; Emil Ellefsen, 2014; Skaar and Stovner, 2016; Rein, 2018; Labora, 2019; Misund, 2019).

Pumpingen av fisk skjer ved hjelp av pumper og rør, og her brukes enten vakuumpump eller hevert. Figur 5 viser hvordan rørene fra brønnbåten suger fisken opp fra merdene. Vel ombord kan fisken behandles for lus eller sykdom, samtidig som den fraktes til en fiskeforedlingsbedrift. Brønnbåtene leverer tilslutt fisken til sitt siste levested, en ventemerd utenfor fiskeforedlingsbedriften (Skaar and Stovner, 2016).



Figur 5 - Pumping av fisk ut av merden, foto: Vasco Pinhol

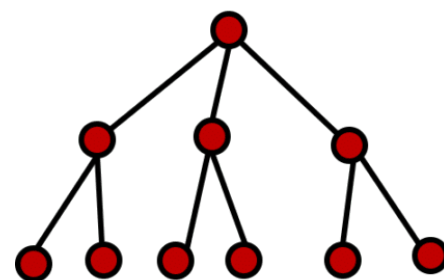
2.2 Systembasert skipsdesign

Ved en prosjekteringsoppgave av et fartøy deler man de ulike aspektene av et skip inn i systemer. Ved å definere hvert system og spesifikasjonene til hvert system, kan vi estimere rammeverket for skipet vi skal designe.

Denne måten å designe på heter, «System Based Ship Design», eller systembasert skipsdesign (Levander, 2012).

Systembasert skipsdesign (SBSD) som framgangsmåte bunnner i to deler. Den første delen består av å danne en database der spesifikasjonen til tidligere prosjekter eller fartøy samles. Her kan man for eksempel se at skip innenfor samme fartøystype har ulike lengde/bredde forhold, tankvolum, deplasement og operasjonsområde. Dette forteller også om forskjellig nøkkeltall som blokk-koeffisient, kostnadsestimat og operasjonsfart. Denne

framgangsmetoden kalles også for «Top-Down approach». Ved å bruke denne framgangsmåten lar vi designere ta grove estimat av de ulike komponentene som bygger sammen skipet. Disse estimatene er i form av vekt og volum. Designeren sitter igjen med «klosser» som symboliserer de ulike systemene på fartøyet, som motorrom, broen, tanker o.l... Med bruk av disse «klossene» kan designere plassere de rundt og skape forskjellige skisser over hvordan fartøyet kan bygges opp. Dette er et nyttig verktøy for å danne et overblikk over hvor mye de forskjellige systemene trenger av plass (Investopedia, 2019).

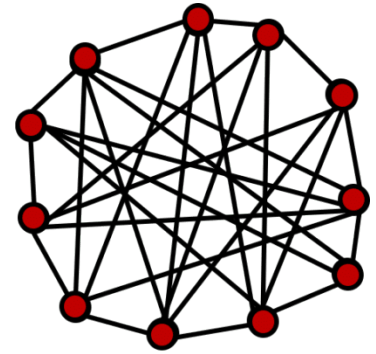


“Top-down”

Figur 6 - Top-Down foto: navla-architecture

Figuren illustrerer hvordan man begynner på topp kriteriene til skipet og følger stegende nedover til man står ferdig med et endelig fartøy.

Det motsatte av «Top-Down approach» er «Bottom-Up approach». Her bygger man fartøyet kun på kjerne kravene, og ikke på tidligere design. Med å gjøre dette blir fartøyet skreddersydd for kravene, men selve design prosessen vil ta lengre tid. Dette medfører også at hele prosjektet mest sannsynligvis vil komme til å bli dyrere.



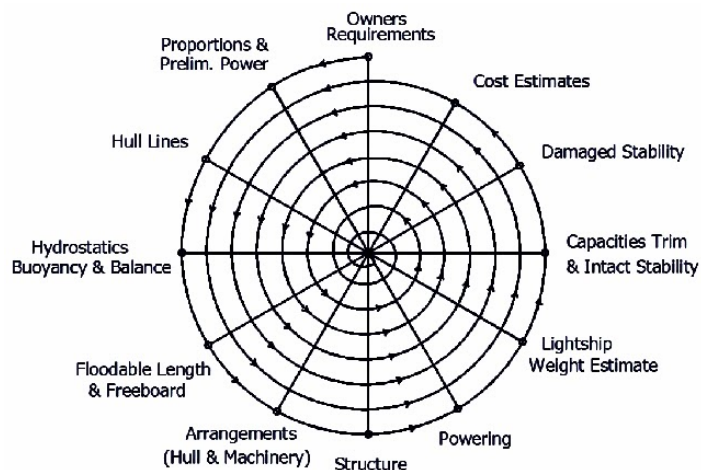
“Bottom-up”

Figur 7 - Bottom-up, foto: naval-architecture

«Bottom-up approach», bygger på hvordan gjør designet til «sitt». Dette er hvor man legger til sine egne tanker og stiler, men at det også bygger på informasjonen fra den første delen. Dette er også den delen av prosjektet der visdommen og erfaringer fra tidligere design kan bli brukt til å avgjøre noen faktorer. Ved å gjøre dette kan en hoppe over noen steg på «designspiralen». Ved å frigi tid som tidligere hadde blitt tildelt andre steg på spiralen, kan tiden brukes til å fremme hovedfunksjonen til fartøyet (Vestbøstad, 2011). Illustrasjonen viser hvordan man begynner på bunnen og henter informasjon tidligere data og basere designet på dette, og deretter tilpasser dette til det endelige fartøyet.

2.2.1 Designspiralen

Dette er et av de viktigste verktøyene eller teknisk fremgangsmåte en skipsdesigner kan bruke. Å designe et fartøy er kanskje en av de mest utfordrende gjenstander innenfor konstruksjoner. Det kreves teknisk ekspertise, ofte over flere fagfelt, for å designe og prosjektere et skip. Ved å bruke designspiralen kan en systematisk perfektionere designet gjennom flere steg, helt til at man står igjen med det ferdige produktet, som vist i figuren til høyre side. Som oftest deles et designprosjekt inn i fire forskjellige faser, og designspiralen er det viktige verktøyet gjennom alle disse fasene: (naval-architecture, 2014)



Figur 8 - Designspiralen, foto: naval-architecture

- Konsept design
- Innledende design
- Kontrakt design
- Detaljert design

Konsept design

På dette stadiet av designet inngår tolkningen av kjerne-oppdragskravene. Her inngår også foreløpige valg av hoveddimensjoner samt kraftbehov og forskjellige sammensetninger av designet. For eksempel at broen er plassert over baugen, og ikke lokalisert nært hekken. Men alt dette må fortsatt møte de satte kravene fra kunden, innenfor fart, rekkevidde, dødvekt og ønsket lastekapasitet. Det er også innfor dette stadiet at vektestimater og volumestimeringer blir gjort.

Innledende design

I dette steget bygger man videre, eller forbedrer designet som kom ut av konseptstadiet. Dette er i utgangspunktet endring av hoveddimensjonen som lengde, bredde, dybde o.l., men det kan ikke overstige begrensningene satt av kunden. Det er ikke vanlig at disse dimensjonen blir endret etter dette stadiet.

Kontrakt design

I dette steget av designprosessen beskrives detaljene av designet mer presist. Her blir kraftbehovet hentet fra modellforsøk, manøvreringskarakteristikken og seakeeping samt skrogformen satt. Ved siden av selve designet blir vektene satt og plasseringen av dette. Her blir det regnet på de hydrostatiske verdiene, samt de hydrodynamiske. Plasseringen og volumet av tanker, maskineri, cargo og hoteldelen blir satt, og alt dette skal være innenfor kravene satt av et valgt klaseselskap, som for eksempel DNV GL.

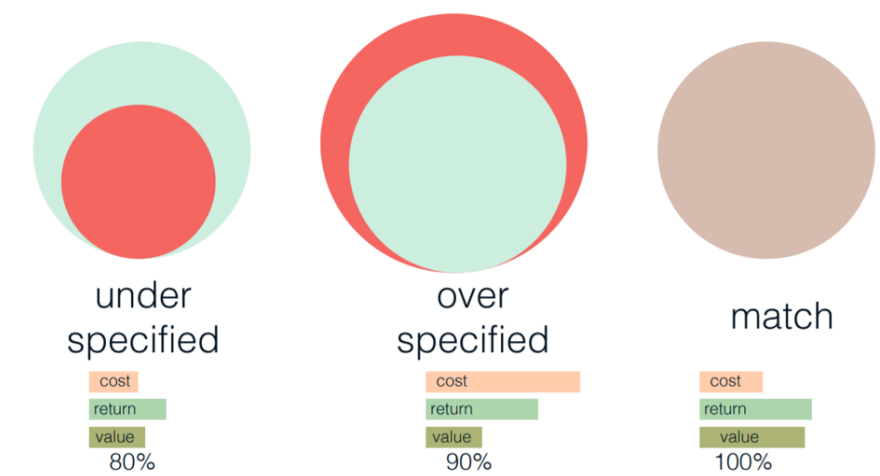
Detaljert design

Ved dette steget blir detaljerte tekniske planer lagt for installasjon og konstruksjons instruksjoner. Dette blir laget for sveisere, outfitters, rør og maskineri. Fra og med dette steget er designet ikke lenger åpent for tolkning, endringer eller justeringer av andre designere.

2.2.3 Verdiskaping

Å finne verdien til et «produkt» eller her, et skip, handler om å produsere akkurat det kunden trenger. Skipet har en verdi når kundens krav blir oppfylt best mulig. Om en presenterer et skip som enten er for avansert eller for enkelt, altså ikke oppfylder kundens krav, vil ikke skipet ha noen verdi for kunden. Og om det ikke har noen verdi for kunden/kjøperen, vil i praksis skipet være verdiløst, selv om det er bygget på en fantastisk idé (Kanbanize.com, 2020).

Det betyr at når en designer et skip, er det viktig å designe noe som klarer å utføre akkurat det oppdraget den er tildelt. Skipet må derfor ikke være underkvalifisert til oppgaven, ei må det være overkvalifisert, som vist i figuren under. Om man designer et skip eller et produkt som kan gjøre mindre eller mer enn det som er nødvendig, vil man altså ikke få en like høy avkastning i verdi.



Figur 9 -Verdiskaping i et prosjekt

2.2.4 Trade-Off's

Når man utvikler et skip vil en komme opp med mange ulike løsninger i forhold til design. Og man vil fort oppdage at man ikke kan få med alle de ønskelige funksjonene i et design. Det er da design trade-offs kommer inn i bildet. En trade-off er en beslutning som involverer å forverre eller miste en funksjon av designet, til fordel for andre forbedringer. Man kan ofte

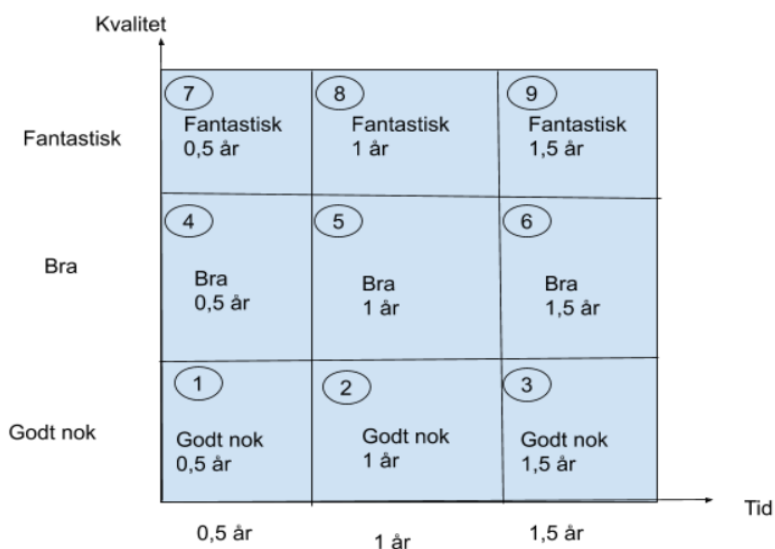
ikke ta hver eneste funksjon eller ønsket detalj med i et design, da det ofte kan føre til store kostnader som overskrider budsjett og betalingsvilje, her kommer da trade-offs inn.

Masse høyteknologisk utstyr og marmorbelagte dekk kan høres fint ut, men de fleste ville nok ha sagt nei takk etter å ha hørt prisen. Ønsket om å skape noe nytt eller luksuriøst vil som oftest måtte vike for kundens krav, for til syvende og sist er det kunden som bestemmer.

Så hvilke trade-offs skal man bruke? Det er viktig at man velger ut ifra markedsrelevans og brukbarhet. Designet man velger bør være et design som gir en god avkastning i forhold til prisen. Her bør man ofte gå for et design som bare blir sett på som godt nok. Det må innfri kravene til kunden, men fortsatt ha en kostnads pris som gir en god avkastning. Velg de aspektene av designet som er viktigst for å få et salgbart produkt (Bill's Blog, no date).

2.2.5 Epoch Analyse

Er en måte å visualisere ulike designmuligheter på en enkel og forståelig måte. Analysen viser ulike scenario utviklet med hensyn på markedsanalyse, personlig preferanse og statistikk.



Figur 10 - Epoch analyse

På illustrasjonen over ser man en epoch matrise som viser ulike scenario man kan ta i en designprosess. Horisontalt mot høyre er det vist en representasjon av tidsbruken på prosjektet. Vertikalt er det en indikasjon på hvor godt arbeid som blir utført. I illustrasjonen over er det 9 ulike design alternativer, der design 1, design 5 og design 9 er de designene med høyest ROI (Return on Investment).

Design 1 har en god nok kvalitet, og en tilsvarende tidsbruk på et halvt år. Dette vil gi et billig resultat som er godt nok, men imponerer på ingen måte og bidrar ikke til mersalg.

Design 2 og design 3 vil også ende opp med bare et godt nok resultat. Her vil man ikke få like mye avkastning på antall timer brukt, og kunden vil dermed betale for unødvendig ekstraarbeid og dårlig utnyttelse av tid. Dette er som sagt tidligere ikke noe kunden er særlig interessert i, og skipet vil ikke selge like godt.

Design 4 og design 7 vil begge gi gode produkt, men vil også øke betraktelig i pris med hensyn på kvalitet. For å få en bra eller fantastisk kvalitet på bare et halvt år, er det enorm arbeidskraft som trengs, noe som vil føre til stive priser.

Design 5 er det mest ønskelige valget. Her får du et godt skip, med akkurat riktig tidsbruk. Dette designet passer til dagens marked og gir kunden det den vil ha.

Design 6 vil gi dårligere avkastning på grunn av tidsbruk, mens design 8 vil kreve et høyere budsjett.

Design 9 vil som design 1 og 5, gi god avkastning, men vil være overkvalifisert for dagens behov. Likevel kan det hende at dette er et godt valg, då markedet fort endrer seg. Det er derfor viktig å gjøre en analyse for fremtiden, hvor man prøver å forutse hva som trengs av skip om et par år.

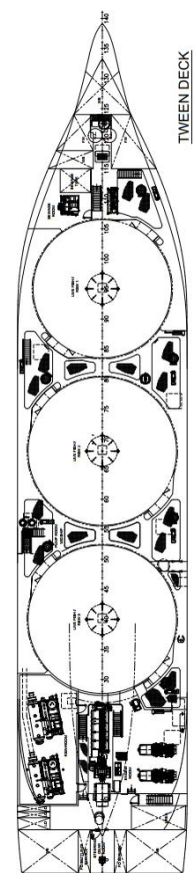
Kapittel 3 – Designfaser

3.1 Designfase 1

3.1.1 Idéfasen

Idéfasen begynte med å skissere ulike tankarrangement, siden brønnene er en av de viktigste delene av brønnbåten. Vi tenkte tidlig i prosessen at et alternativ kunne være runde tanker, da de var, som tidligere nevnt, kjent for å øke fiskevelferden. Utklippet til høyre viser en brønnbåt med runde tanker. Dette er grunnet i at fisken vokser opp i runde tanker, og svømmer naturlig i sirkler. Fisken trenger da aldri å stoppe opp eller snu seg, noe som gir enn illusjon av evig hav. De runde tankene viste seg å være problematisk, da tiltenkt tankareal ble for dårlig utnyttet. Siden lastekapasitet skal være på 6000 kubikk, og ønsket lengde var under 85-meter, ble tanken om runde tanker slik at lengdekravet ikke lot seg gjennomføre. Med slike forutsetninger ville vi endt opp med et svært bredt skip, noe som var lite ønskelig.

Etter samtaler med Intership AS 17. Februar 2020, frarådet de oss å fortsette med ideen om runde tanker. De mente at ideen var god, men at fortjenesten for å designe et lengre eller bredere skip ikke ville gå opp i forhold til gevinsten med å designe et mindre fartøy med rektangulære tanker. Vi ble også fortalt at det er problematisk og tilpasse pumperom til dette tankarrangementet, samt plassering av rør (Stensvold, 2015; Astrup AS, 2018).



Figur 11 - Skip med runde fiskebrønner, foto: Skipsteknisk

3.1.2 Sammenligning av brønnbåter

I oppgavebeskrivelsen var det ikke satt en lengde begrensning fra start, og vi brukte mye tid i på og finne et passende lengde/bredde forhold. På grunn av store variasjoner innenfor denne fartøysgruppen, var dataen som ble dannet ved å sammenligne disse tidligere brønnbåtene veldig varierende. Resultatene av datainnhenting ga ingen klare korrelasjoner mellom lengde- og breddeforholdene på de opererende fartøyene. Det er per skrivende stund ikke en brønnbåt i operasjon som har en lastekapasitet på rundt 6000 m³.

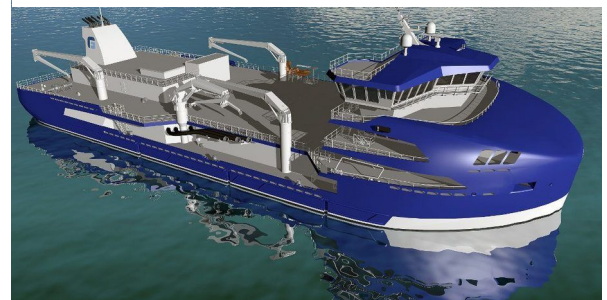
Siden brønnbåter er en fartøyskategori som er i ekstrem utvikling, er det store variasjoner i form og fasong. «Ronja Storm» (figur 12 og 113) var i 2019 den eneste brønnbåten som hadde et tilnærmet likt tankvolum som oppgaven vår etterlyser. Hun er per skrivende stund den største brønnbåten i operasjon og har en lastekapasitet 7450 m³, men med en lengde på 116 meter og en bredde på 23 meter. «Ronja storm» er gjennomsnittlig 52 m lengre enn de fleste brønnbåter i drift, og slår de med stor margin med tanke på størrelse og dødvekt.



Figur 12 - Ronja Storm ved fiskemerde, foto: HAVYARD



Figur 13 - Ronja Storm, foto: Skipsrevyen



Figur 14 - brønnbåt, med en lastekapasitet på 7500 m³, foto: Møre Maritime AS/Frøy Rederi AS



Figur 15 - brønnbåt, med en lastekapasitet på 7500 m³, Foto iLaks

I 2021 er det planlagt levering av en større brønnbåt, med en lastekapasitet på 7500 m³(figur 14 og 15). Det er Frøy rederi som har ansvaret for denne nye rekorden. Det som kan virke sjokkerende er proporsjonene på dette skipet. Med en lengde på 83,2 m, er det helt tydelig at bredden må være større enn Ronja Storms 23 m. For å få plass til en tankkapasitet på 7500 m³, er bredden strukket ut til hele 30,9 m. Disse to båtene er et bevis på hvor stor variasjon det kan være mellom brønnbåter. Vi gikk likevel ikke vekk fra Salts ønske om en noe smalere og kortere brønnbåt. (Olsen, 2019)

3.1.3 Hoveddimensjoner

Etter å ha gått bort fra tanken på et tankarrangement basert på runde tanker, bestemt vi oss for rektangulære tanker. Dette gjorde slik at vi fikk utnytte arealet rundt og ved tankene bedre enn ved runde tanker. Vi satt en lengdebegrensning på 85-lengde meter mellom perpendikulærene. For å unngå krav om livbåt, noe som senere ble bekreftet av Salt Ship design at dette var ønskelig fra kunden. Det var viktig for oss at skipet ikke ble for langt for å oppfylle dette kravet. Vi ønsket god manøvreringsevne mellom merdene, noe som et lengre fartøy ikke ville oppnådd like tilfredsstillende. Vi satte en foreløpig bredde på 20m, men vi var innforstått med at bredden kunne komme til å øke lengre ut i prosjektet.

3.1.4 Breakdown Structure

Brønnbåten er komplekse fartøy, med lite erfaring kan det bli vanskelig å få en god oversikt over alle systemene og komponentene. En metode for å danne oversikt er ved bruk av «Breakdown Structure». Denne metoden bryter ned komponentene og systemene til skipet og tilegner dem forskjellige kategorier, som vist på figuren. Når man bruker denne metoden er det to forskjellige tilnærminger en kan bruke. Man kan starte med å begynne med enkeltkomponentene og jobbe seg mot et ferdig skip, eller begynne med skipet og bryte dette ned til forskjellige systemer. Den sistnevnte modellen er det vi kalte for en «Top-Down approach» som vi tidligere har nevnt. Vi valgte denne metoden siden den ikke krever tidligere kunnskap om brønnbåter.

I utgangspunktet var nedbrytningen svært generell, men den utviklet seg til en mer detaljert struktur ettersom vi fikk mer oversikt over alle de sammensatte systemene ombord i skipet. For å få et fullstendig skip, som er optimalisert for tenkt funksjon er det viktig at man ikke bare tenker på de strukturelle elementene, altså form, men også vurderer skipets funksjoner. Form og funksjon må henge sammen, og det var med denne tankegangen grunne til at vi brukte metoden, «Breakdown Structure». Vi vurderte hvilke funksjoner skipet måtte ha, og på den måten dannet vi grunnlaget for hvilken systemer fartøyet må ha for å gjennomføre den planlagte funksjonen.



Figur 16 - Breakdown Structure

Som illustrasjonen viser ble skipet delt opp i to kategorier, systemer som tilhører skip generelt, altså ship systems, og systemer som trengs til dette skipet, payload systems. Deretter ble begge disse kategoriene igjen delt opp, for så å bli delt opp enda en gang. Her endte vi opp med en brukbar oppdeling, og valgte derfor å ikke dele opp systemene videre.

3.2 Designfase 2

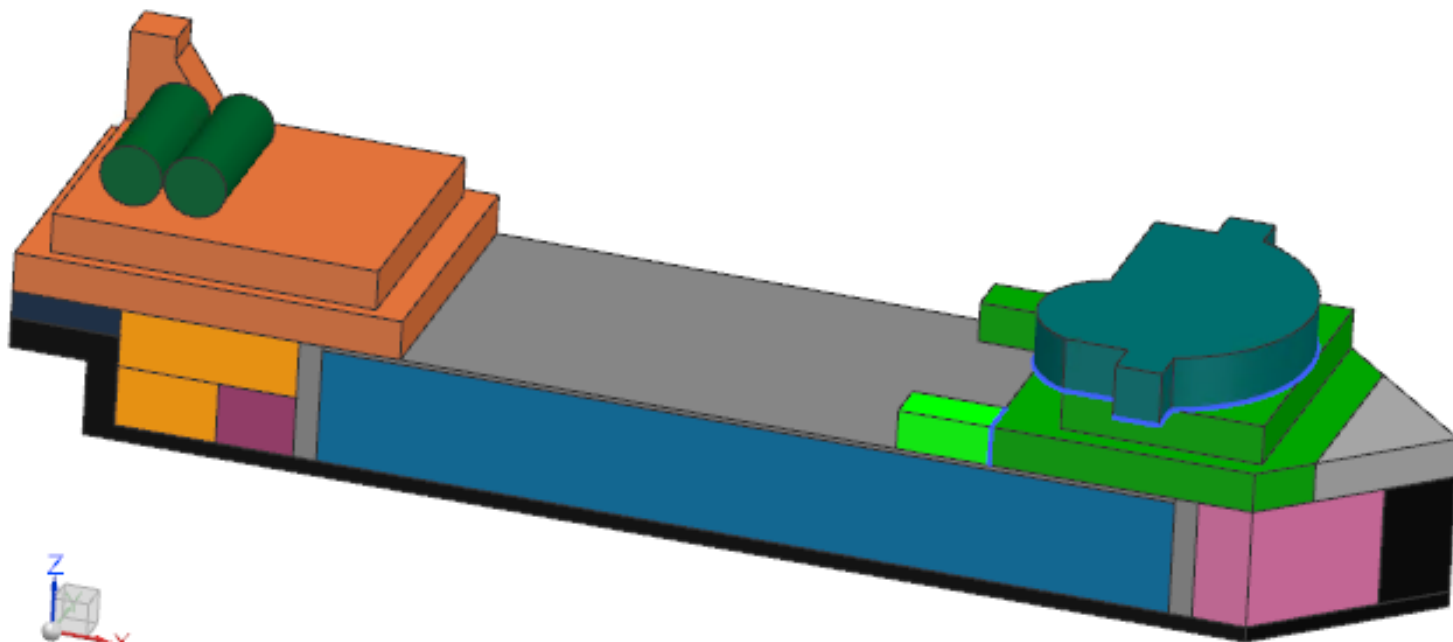
3.2.1 Blokkmodell

En blokkmodell er en relativt simpel modell av skipets utforming, og ble brukt for å få en bedre oversikt over skipet. Designmetoden lar deg plassere de forskjellige «blokkene» og lar deg danne en modell der du visualiserer enkelt hvordan utformingen og arrangementet av skipet kan se ut. Blokkmodellen gjorde at vi fikk et bedre perspektiv over cirka størrelsen på de forskjellige systemene som ble etablert ved «Breakdown Structure».

På grunn av usikkerhet med tanke på romstørrelse, ble blokkmodellen noe unøyaktig, men fungerte godt som et startpunkt for videre design. Utformingen av de forskjellige «blokkene» gjør at designet ikke er låst til nåværende arbeidsoppgaver, men har dekksplass tilgjengelig for øvrig utstyr i fremtiden. Dette er grunnet den store veksten denne fartøyskategorien har hatt de siste årene, og vil mest sannsynlig ha i årene som kommer. Utstyr som kan etterinstalleres kan være alt fra installasjon av en slaktecontainer, containere til frakt av utstyr til/fra fiskemerdene o.l... Som nevnt i kapittel 2.2.3, er det viktig at en ikke går for langt unna kundens krav om funksjon og ønskede tilpasninger. Man må ha i tankene at avkastingen på skipet kan minke ved uønskede installasjoner.

Blokkmodellen fikk et mer nøyaktig utgangspunkt etter en kombinasjon av «Top-Down tilnærming» og bruke data fra lignende fartøy. Ved å bruke denne modellen fikk vi på dette stadiet følgende hoveddimensjoner:

- L.O.A – 90 meter
- Bredde – 20 meter
- Dypgang – 7,5 meter
- Dybde – 10 meter



Figur 17 - Blokkmodell av brønnbåt

Farge	Område
Blå	Brønnområdet
Petroleums blå	Bro
Mørk blå	Ballast tank
Rosa	Pumperom
Gul	Maskinrom
Oransje	Fiskehåndteringsareal
Mørk grønn	LNG tanker
Grønn	Hoteldelen
Svart	Dobbeltbunn og forpigg
Lys grå	Ankerareal
Mørk Grå	Rør/tomrom

3.2.2 Generelt Arrangement og Vektestimater

Med informasjonen hentet fra blokkmodellen gikk vi så videre i arbeidet med å lage en GA, samt å begynne på vektestimater. På dette stadige hadde vi ikke utviklet linjene til fartøyet så GA-en ble utviklet på grunnlaget vi etablerte fra blokkmodellen. Uten linjer og nøyaktige volum av rom, vil vi ikke kunne regne ut stålvekten av skipet, noe som gjør vektestimater ufullstendig. Samtidig viste det seg å være utfordrende å finne produktinformasjonen til de ulike systemene og komponentene, så vekten og størrelsen var ikke helt nøyaktige. For å kunne gå videre til neste steg i «designspiralen», ble vektene estimert på bakgrunn av lignende fartøyer. Siden dette var et estimat ble dette oppdatert i den andre designfasen av prosjektet.

Grunnlaget til GA-en ble som sagt basert på blokkmodellen, der vi hentet hoveddimensjonene. Siden et fartøy av typen brønnbåt har en «relativt» enkel skrogutforming, tegnet vi lengde breddeforholdet i et rektangel, og spisset den inn i baugen for å simulere en realistisk utforming. Dette ble senere i designfase 2 erstattet med konkrete linjer hentet fra Maxsurf Modeller. Vi begynte med å tegne inn tenkt tankarrangement, et estimat av motorrommet, samt systemer og komponenter tilknyttet fiskehåndteringsanlegget.

Ut fra blokkmodellen hadde vi etablert «hotell» delen av skipet i baugen på main- og shelter deck. Det ble i første omgang designet både innvendige og utvendige lugarer, men dette ble senere endret grunnet krav om utvendige lugarer for mannskap med tilgang til dagslys, jf. Konvensjon om mannskapets oppholdsrom ombord på skip – ILO nr.92. Tredje del. Krav til lugarer m.v. for besetning. Art. 6. (Lovdata, 1949). Etter nøye vurdering kom vi frem til at det var gunstig å ha et konsollrom knyttet til broen på main deck. Dette var grunnet i plassbesparelse på broen, men også for lett tilgang for utbytte av komponenter i senere tid. Dette rommet tok areal fra tilegnet lagerrom, men besparelsen av plass på broen overgikk dette.

3.2.3 Fremdrift

Ut fra data samlet inn fra tidligere brønnbåter, var vi fra starten sikker på hvilket fremdriftssystem vi skulle gå for. Siden oppgaven spesifiserer at skipet skal operere med en kombinasjon av naturgass (LNG), samt marine fuel oil. Vi visste med dette at motoren måtte være i kategorien dual-fuel. Valget av motor endte i første omgang på en stor dual-fuel motor fra Wärtsilä. Vi ønsket å bruke et diesel-elektrisk fremdriftssystem da man kan forvente en drivstoffbesparelse på opptil 40 % i motsetning til vanlig tradisjonell diesel framdrift. Med å bruke diesel-elektrisk fremdriftssystem trenger man ikke en stor diesel motor til å drive fram skipet, men man kan bruke et sammensatt system bestående av flere mindre motorer. Skipet vi har designet har forskjellige operasjonsprofiler, som alle har forskjellige effekt behov. Siden skipet sjeldent trenger all tilgjengelig effekt, kan man for eksempel kjøre to motorer i stede for tre. Dette medfører mindre vedlikehold, og man er ikke like sårbar om en motor skulle havarert (Olstad, 1997).



Figur 18 - Wärtsilä 8L20DF, foto: Wärtsilä

Etter nøye vurderinger fant vi ut at den beste kombinasjonen av motor være tre stykk av typen Wärtsilä 8L20DF, vist på bildet, som hver har en effekt på 1480 kilowatt. Ut fra operasjonsprofilen til Salt Ship Design estimerte de et behov på 3000 kilowatt, men rådet oss til å ha en total motorkapasitet nærmere 4000 kilowatt.

Etter valget av motor valget vi propell. Siden skipet skal har en driftsoperasjon på 9 knop, valgte vi en enkel propell med en diameter på 3,4 meter. Propellen skal er også av typen vridbar propell. Det vil si at propellbladene kan vris under operasjon, slik at propellbladenes stigning blir optimalisert til forskjellige hastigheter. Selv med relativ små hastigheter vil skyvekraften og virkningsgraden av propellen øke, i motsetning til en ikke vridbar propell. En annen fordel med denne propellen er at den enkelt kan konfigureres på en slik måte at den utnyttes til å gi fart akterover. Videre valgte vi å sette en dyse rundt propellen. Denne er

hovedsakelig designet for å skape et løft som skaper en kraft i skyveretningen, og øker den totale effektiviteten til det sammensatte propellsystemet med opptil 10%. Siden fartøyet vårt operer på en relativ lav hastighet, vil vi ikke få utnyttet egenskapene til en dyse like effektivt (Holm, 2011). Blandt andre fordeler med dysepropell bærer denne egenskaper som å forhindre fremmedlegemer fra å komme inn i propellen, dette fikk vi bekreftet etter samtale med Intership AS den 17. Februar 2020.

3.2.4 Fiskehåndteringsutstyr

Når fremdriftssystemet var valgt, var det neste steget og integrere fiskebrønnen samt medfølgende fiskehåndteringsutstyr til designet vårt. Brønnbåter inneholder mange flere systemer enn et tradisjonelt lastefartøy. Sammensettingen av disse systemene kan være utfordrende å sette seg inn i uten forliggende kunnskaper. Vi oppsøkte Cflow for å få en bedre innsikt i hvilken systemer vi trengte til designet vårt. Under besøket skjønnte vi at sammensettingen av de forskjellige systemene var så komplekse at det ikke lot seg utdype i vår oppgave. Etter veiledning og anbefalinger fra Cflow AS, så vi oss nødt til å utelukke sirkulasjonen i tilhørende rør til tankene samt føringen av nevnt rør, da dette ikke lar seg gjøre på grunn av kompleksiteten og tidsrammen rundt oppgaven. Vi har måtte begrense fokuset til vekt og plassering av fiskebrønnene. Etter besøket fikk vi informasjon at et tankarrangement med tilhørende systemer vil ha en samlet vekt rundt 300 tonn. Vi ble også anbefalt å tillate en rørstørrelse på Ø600 mm over tanktopp.

Vi ble anbefalt å ha fire pumper per brønn da dette ville effektivt kunne fylle/tømme fisketankene innenfor kravet på 800 tonn per time. Vi kunne ha valgt å gå for større og færre pumper, men ut fra erfaringa anbefalte ikke Cflow dette. En større pumpestørrelse ville ha gjort det vanskeligere å regulere lasting og lossing. Cflow mente det også kunne være gunstig å integrere et nødslakteri ombord i skipet, da ikke all fisk overlever frakten fra fiskemerder til slakteriet. Dette vil ha en størrelse på en 20-fots kontainer og kan plasseres på dekk.

Videre ble vi anbefalte å legge til et ekstra pumperom i mellom fisketankene, samt øke tiltenkt størrelse på de to eksisterende rommene. Med å gjennomføre disse utvidelsene, ble vi nødt til å utvide skipet i bredden fra 20 meter til 25,2 meter. Lengden forble den samme for å ikke overstige reglelengden på 85-meter lengde.

3.2.5 Re-evaluering av GA

Breddeøkningen av skipet førte til at vi måtte tegne en ny GA. For å få plass til det midtre pumperommet, måtte vi gjøre fisketankene kortere og bredere. I kommunikasjon med Cflow ble det regnet med at skyveskottet i hver av de fire brønnene ville ha en lengde på 2,4 meter. Siden vi skal ha en brutto lastekapasitet på 6000 m³, fikk hver av de fire brønnene 1500 m³. Dimensjonene på brønnen var på dette stadiet:

- Lengde tank: 23.1 m
- Bredde tank: 10.0 m
- Høyde tank: 6.5 m

Dette ga oss et brutto volum av hver tank på 1501, 5 m³.

3.2.6 Linjer i Maxsurf Modeler

Samtidig som vi etablerte den nye GA-en, begynte vi på skrogutformingen, samt linjene til skipet. Linjene beskriver skipets form, og avgjør hvor god stabilitet skipet vil ha.

En av de store utfordringene var selve utformingen av bulben til skipet. Vi valgte på dette tidspunktet å designe to forskjellige skrogutforminger, med forskjellige bulber. Den ene skrogformen hadde en stor vannlinjeforlengende bulb, mens den andre hadde en tradisjonell «gooseneck».

Det var viktig at begge versjonene av skroget ikke oversteg regellengden på 85-meters lengde. Vi endte til slutt på en lengde mellom hver perpendikulær (L_{pp}) på 83,89 meter som er innenfor kravet.

3.2.7 Økning av areal

Etter å ha oppdatert tidligere evner i Maxsurf programmene fikk vi lagt inn tankene i Maxsurf Stability. Der oppdaget vi at tankene ikke passet til skroget, akter og spesielt i baugen. Vi endret derfor igjen størrelsen på hver enkelt tankene til:

- Lengde tank: 20,3 m
- Bredde tank: 11.4 m
- Høyde tank: 6,5 m

Dette ga oss en brutto tankkapasitet på 1504,23 m³.

Vi ble nødt til å skape mer volum i forskipet for å tilpasse de nye tankene, samt et pumperom i mellom dem. Samtidig ble fremre og bakre tank flyttet nærmere hverandre, slik at midtre pumperom fikk en endret størrelse fra 4 til 2 meter. Vi oppdaget her at vi hadde mye dårligere plass akter enn først antatt. På dette tidspunktet var det fortsatt utfordringer med å tilpasse tankarrangementet med skrogformen, så vi valgte å endre høydene på tankene fra 6,5 meter til 7 meter, samt å redusere høydene slik at vi fortsatt opprettholdt 1500 m³ i hver av de fire brønnene.

3.2.8 Endringer på anbefaling fra SSD

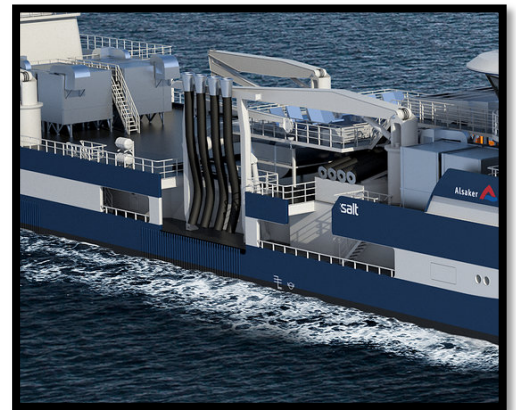
Vi besøkte Salt Ship design den 10. mars 2020. Her fikk vi en god innføring i hvordan de arbeider samt hvordan deres tidligere brønnbåtdesign har blitt løst. Vi presenterte den daværende GA-en og forklarte hvordan vi skulle løse tankarrangementet til dem. Vi hadde estimert et tomrom mellom tankene og skipshuden til 1000 mm. SSD estimerte, basert på sine erfaringer, at det ville være tilstrekkelig med et tomrom på 800 mm. Vi fikk også beskjed om at estimatet vårt på høyden over tank topp var i meste laget, så vi endret dette fra 1,4 m til 1,2 meter. På dette stadige hadde vi satt inn en symbolsk dobbeltbunn i designet vårt, men etter møte med SSD, ble vi informert at den måtte inneha en høyde på B/20, altså i hvert tilfelle 1,25 m.

3.2.9 Fire brønner i motsetning til to brønner

Å designe et fartøy med fire tanker gjør ting adskillig vanskeligere enn om vi bare hadde hatt to. Når man har fire tanker må man ha dobbelt opp med pumperom, RSW, pumper, rør o.l... Dette tar mer plass totalt enn ved to, og på et mindre skip ville det vært vanskelig å tilpasse dette. Det har vært flere som har foreslått at vi burde gå ned til to brønner; her Cflow, Intership, men fire brønner var et krav fra kunden. Samtidig har designet vår en bruttokapasitet større enn den gjennomsnittlige brønnbåten, og fire tanker vil derfor ikke være ugunstig. Fire tanker skaper også en utfordring med tanke på at man må ha fire slanger som pumper opp fisken fra merden. Problemet med dette er at det tar mye plass, samtidig som det er vanskelig å håndtere fire slanger. SSD foreslå en løsning; slangene står i en vertikal posisjon når de ikke er i bruk, og blir senket ned horisontalt ved hjelp av en A-ramme som vist i figurene på siden. Valgte derfor å endre antall kraner fra 4 stykk til 3 stykk, her 2 på styrbord side og 1 på babord side.



Figur 20 - Brønnbåt, foto: Salt Ship Design



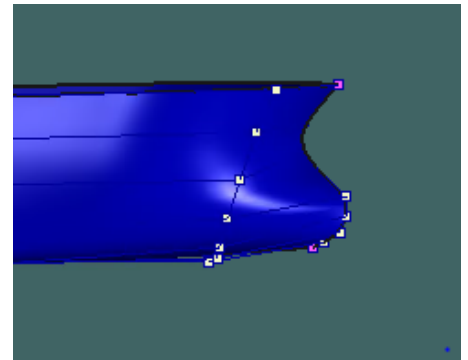
Figur 19 - Slangene på A-ramme, foto: Salt Ship design

3.2.10 Sirkulasjon i brønnene

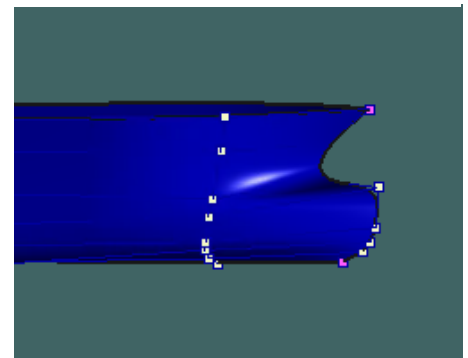
Hvordan skal vannet sirkulere igjennom tankene er et spørsmål vi har blitt spurt mye, og et spørsmål vi har valgt å enkelt svare at vi går for tverrskipssirkulasjon der en får vann inn fra utsiden av tanken og som blir sugd ut på innsiden. Grunnen til at vi gikk for tverrskipssirkulasjon, er fordi at det gir mindre strømninger for fisken, og dermed bedre fiskevelferd. Langskipssirkulasjon blir ofte sett på som en enklere løsning, men med fire brønner måtte vi trukket rør langs hele siden av tankene, noe som hadde tatt for mye plass. Samtidig krever langskipssirkulasjon vesentlig høyere vannhastighet for lik vannutskifting enn tverrskipssirkulasjon gjør. Ved høy vannhastighet må fisken jobbe mer enn nødvendig, samtidig vil en få et større oksygen behov og en vil skille ut mer CO₂ og andre avfallsstoff. (Sølvtrans AS, no date)

3.2.11 Endring av linjer og blokk-koeffisient

Etter å ha endret såpass mye på plassering og størrelser rundt tankene, måtte vi se oss nødt til å endre på de eksisterende linjene. Vi endret akter utformingen, slik at det ble bedre plass til motorrommet, samt økte volumet forut. Gjorde «bilge radiusen» mindre, i tillegg til å øke volumet, slik at en fikk en høyere blokk-koeffisient. SSD har ofte en C_b på minimum 0,8. Vi økte vår C_b fra 0,769 til 0,798. Sjekket nå om det var plass til tankene i Maxsurf Stability, og tankene passet nå fint i skroget. Vi valgte å gå for skrogformen med vannlinjeforlengende bulb i Maxsurf Stability, men formen på begge skrogene er lik sett bort fra bulbutformingen.



Figur 21 - Design av bulb 1



Figur 22 - Design av bulb 2

3.2.12 Ferdigstilling av vektestimater

Etter å ha etablert linjer var det viktig å få ferdigstilt vektestimater. SSD ga oss noen estimater på ulike vekter under besøket. Cflow estimerte 300 tonn på fiskehåndteringsutstyr. SSD estimerte at det ville gå 350 tonn totalt på pumper, filter osv, i tillegg til at sirkulasjonsrørene ville ha en vekt på 150 tonn. Samtidig ble det nevnt at maskineri ville veie 300 tonn, og de anslå stålvekten til å være 2600 tonn. Vi valgte å regne ut stålvekten ved hjelp av spesifikk ståltetthet; her $0,11 \text{ t/m}^3$ for midtskipet, $0,15 \text{ t/m}^3$ i for- og akterskipet, og $0,065$ for overbygg.

Vi fikk en total stålvekt på rundt 2300 tonn, men valgte å gange med en prosentmargin for å redusere feilmarginen. Den tenkte feilmarginen lå på rundt 25%, på grunn av at brønnbåter har en del ekstra vekt rundt tankene. Utstyrlisten var heller ikke helt komplett, og fikk derfor et mer detaljert estimat fra SSD på fiskehånderingsutstyr. Vi så at brønnbåten vår hadde svært mye akterlig trim, men vi manglet fortsatt drivstoff tanker og ballast. Vi var usikker på hvor mye akterlig trim skipet vil ende opp med, og om det blir nødvendig å flytte vekt framover. Om vekten måtte flyttes, kunne dette bli et problem, da mye av utstyret hadde en «naturlig» plassering i forhold til tankene.

Vi estimerte et oppdatert vektestimater ved å regne ut «Accommodation» på nytt, og la til elektrisk, maling og rørsystemer til skipet. Tidligere hadde vi gitt de ulike komponentene en cirka utstrekning langskips, men valgte nå å plassere det mer nøyaktig i Maxsurf Stability. Vektestimateret var fortsatt ikke så detaljert og nøyaktig som vi ønsket det, men det var viktig at vi kom oss videre i designspiralen.

3.2.13 Maxsurf Stability

I Maxsurf Stability fikk vi lagt inn brønnene, ballast og drivstofftanker. Ut fra operasjonsprofilen fikk vi vite at skipet skal kunne gå 3600 nm mellom hver tanking. Med en transithastighet på 9 knop, vil skipet kunne operere i transitt i 402 timer. Motoren vi valgte av typen Wärtsilä 8L20DF har et spesifikt forbruk på 196,3 g/kWh for diesel, og 3,6 g/kWh. Ut fra dette regnet vi en tankkapasitet på 361 m³ marine fuel oil, inkludert 10% reserve.

Kapasiteten på naturgassen var spesifisert i oppgaveteksten på 250 m³.

Etter vi la inn skrogmodellen inn i Maxsurf Stability med lettskipsvekten, fant vi fort ut at fartøyet aldri kan operere uten last i brønnen. Dette var grunnet, som tidligere nevnt, stor akterlig trim, samt at propellen ikke neddykket. Vi innså at vi måtte legge ballast i store deler av dobbeltbunnen for å oppnå at både propellen og bulben er i vannlinjen. Det er ikke optimalt å senke skipet ned med ballast, men momentet vårt ser naturlig ut, og vi valgte derfor å gå videre med å dimensjonere skroget.

3.2.14 Modelforsøk og Maxsurf Resistance

For å finne motstanden til et skip blir det ofte benyttet modelforsøk. Modelforsøk med oppskalering er den metoden man får det beste estimatet på skipets motstand. Modelforsøk utføres vanligvis i tanker på 200 til 300 meters lengde, med en modell i lengde 2 til 8 meter. Det er viktig at modellen er en nøyaktig kopi av det planlagte skipet, slik at en får et mest mulig riktig resultat. Modelforsøket gjennomføres ved at modellen festes til en



Figur 23 - Modelforsøk, foto: SINTEF

slepevogn, som drar skipet gjennom vannet, som vist på figuren. Det er en kraftmåler som måler motstanden som virker på modellen. Det er viktig at det er så lite motstand som mulig, samtidig som stabilitet, sjødyktighet og manøvrerbarheten blir opprettholdt. Om et skip har lite motstand, vil det bli billigere i drift og mer miljøvennlig, da en får lavere drivstofforbruk. (Holm, 2011a)

Planen var å utføre et modelforsøk i NTNU Ålesund sin vanntank, men på grunn av COVID-19 ble skolen stengt ned, og vi fikk ikke mulighet til å gjennomføre forsøket ved tilegnet tid. Det finnes likevel andre måter å finne motstanden på, vi har valgt å bruke programmet Maxsurf Resistance.

En har opp gjennom tidene målt motstanden på mange skip gjennom modelforsøk og fullskalaforsøk. Resultatene fra disse forsøkene er blitt brukt til å lage formler som estimerer motstanden på lignende konstruksjoner. Disse formelsettene er laget for ulike typer skip, men det formelsettet som kanskje er mest brukt er laget av Holtrop og brukes for konvensjonelle skip. Holtrops metode er basert på en stor samling av empiriske data fra eksisterende skip, og gir et godt resultat på motstand uten å måtte gjennomføre modelforsøk. (Holm and Steen, no date)

Vi valgte å kjøre begge skrogene med ulik bulb i Maxsurf Resistance og brukte Holtrops metode. Holtrops skal vanligvis passe for «vanlige skip», men det viste seg at lengde/bredde-forholdet vårt ikke passet inn i Holtrops formelsett. Dette var likevel den metoden som ga oss minst «feilvarsler», og vi valgte derfor å ikke gå vekk fra denne metoden. Det at vi er utenfor det vanlige lengde/bredde-forholdet skaper noe usikkerhet, og er usikre på om vi kan stole 100% på de verdiene vi har fått. Det er en sjanse at vi ender opp med lavere verdier enn det som er realiteten.

Etter å ha kjørt begge bulbene gjennom Maxsurf Resistance, fant vi ut at skroget med vannlinjeforlengende bulb hadde mest motstand. Resultatet virket noe lavt i det anslaget SSD hadde gitt i operasjonsprofilen. Vi antar derfor at resultater er noe «urealistisk», et modellforsøk ville dobbeltsjekket dette, men grunnet COVID-19 ble dette vanskelig å la seg gjøre.

3.2.15 Nauticus Hull; Section Scantling

For å dimensjonere skroget brukte vi programmet Nauticus Hull og Section Scantling. I Nauticus Hull begynte vi med å legge inn hoveddimensjonen fra skrogmodellen. Etter dette la vi inn de forskjellige bøyemomentene, som vi hentet fra Maxsurf Stability. Med disse momentene fant vi de største verdiene for hogging og sagging. Vi så at momentet var under regelmoment, og vi brukte derfor momentet fra regelverket til DNV GL.

I Section Scantling kan man velge ulike regelverk, og det ville her ha vært best og valgt dagens regelverk for å få et realistisk resultat. Det er derimot gjort en del endringer med programmet, og for at vi skulle kunne få verifisert dimensjonene i en rapport måtte vi bruke DNV reglene fra 2012. Vi valgte å tegne tre snitt der vi har de største momentene, et midtskips, et ved 12 meter fra AP og et 66 meter fra AP.

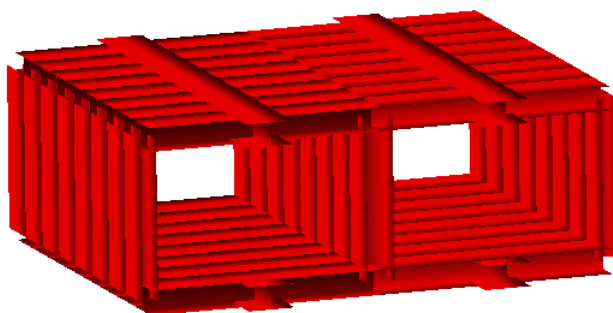
Vi hadde en del utfordringer med å få tegnet det bakre snittet, samt å få lagt tankene riktig inn i programvaren. Her registrerte ikke programmet tanktrykket, og dimensjonene ble derfor mindre enn nødvendig. Programvaren hadde sine «Bugs» tidvis, som gjorde at tanktrykket ikke alltid ble definert. Det virket her som at Nauticus Hull ikke kommuniserte ordentlig med underprogrammet Section Scantling. For å løse utfordringene med tanktrykket, fant vi ut at vi skulle prøve å bruke en annen metode.

Vi åpnet Section Scantling via Rule Check Analyses og la inn definisjoner av rom rett på tegningen, mens den nye metoden går inn via Cross Sections og legger inn tegninger og skott/rom hver for seg. Da vi fikk problemer med å legge inn rom og tanker, prøvde vi den nye metoden, men fant til slutt ut at det var enklest å holde på den gamle metoden. Det viste seg nemlig etter litt prøving, at vi måtte inn i programvaren på «compartments loads», og legge inn verdier for tankene for at programmet skulle registrere vanntrykket i tanken.

Vi hadde som nevnt tidligere også en del utfordringer med å få tegnet bakre snitt, da dette snittet hadde en noe vanskeligere geometri enn de to fremre snittene. Vi prøvde som nevnt tidligere, å importere geometrien fra skrogformen via «hull geometry», men det viste seg å bli vanskeligere enn først antatt. Det ble derfor enklest å tegne det bakre snittet ved hjelp av å flytte på noder, til en cirka korrekt form. Vi var noe usikre på trykk fra overbygget, men vi kalkulerte oss fra til det ved å ta vekten av overbygget og endre dette til t/m^3 . Vi var også usikre her om vi burde ha tegnet overbygget, men fant ut at skroget var den viktigste delen, og at vi hadde behov for å komme oss raskt videre i designspiralen.

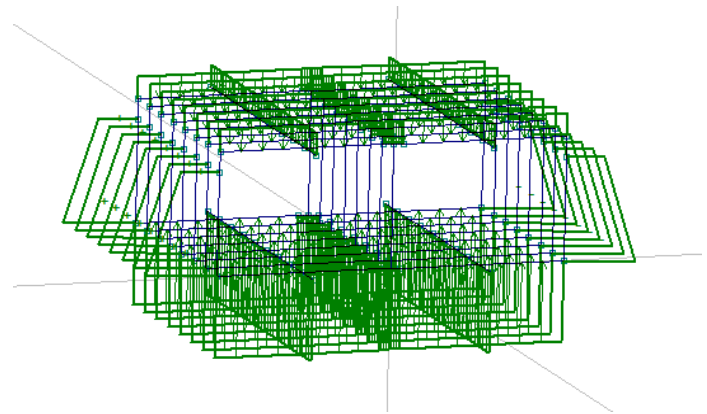
3.2.16 3D-Beam

I programmet 3D-Beam dimensjonerer vi kun bjelkene, og dette er det eneste aspektet programmet tar hensyn til. Her er det ikke mulig å få lagt inn plater slik som i Section Scantling, men for å lage en realistisk figur bruker man I-bjelker i stedet for en T-bjelker. På den måten kan man simulere platene med tykkelse, og få en riktig figur som vil ha det samme motstandsmomentet som i virkeligheten.



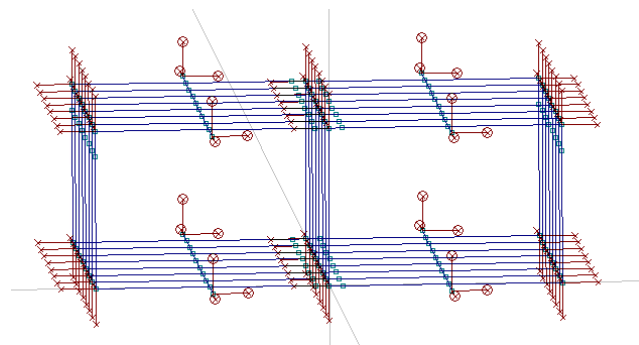
Figur 24 – Utklipp av solid framstilling av figur fra 3D-Beam

Den største utfordringen var likevel hvordan vi skulle få tegnet brønnområdet på en realistisk måte, da vi ikke bare har en dobbeltbunn her, men også dobbelhud og et dobbeltdekk. Spørsmålet ble her om man skulle tegne skuteside og dekk på samme måte som man skal tegne dobbeltbunnen, altså som en bjelke. Svaret på dette var ja, altså måtte vi tegne alle linjene slik at de var plassert midt i dobbeltbunnen, midt i dobbel huden, og midt i dobbeldekket.



Figur 25 - Utklipp av figur fra 3D-Beam med laster

På denne måten ville figuren bli riktig når vi fikk lagt på profiler. Lastene ble nå ikke like vanskelig å få på plass, og både sjøtrykk og brønntrykk ble hentet fra Nauticus Hull. Etter noe fram og tilbake og god hjelp fra faglærer i Skipsdesign II, fikk vi til slutt en realistisk figur, som fint representerte to av de fire brønnene. Grunnen til at vi valgte å kun tegne brønnområdet, er at det ville blitt alt for avansert å tegne hele brønnbåten. Figur 25 viser sjøtrykket på tomme tanker. Dette er det verst tenkelige scenarioet, grunnet sterk påkjenning på skroget. Med fulle fiskebrønner vil sjø- og tanktrykk delvis utligne hverandre.



Figur 26 – Utklipp av figur fra 3D-Beam med randbetingelser

Siden vi ikke viste randbetingelsen i starten valgte vi i første omgang å sette alle ende nodene og senterlinjen fast i translasjonene. På hver side av brønnen finnes det et skott, og det bør her låses også mot rotasjon. Det skal likevel ikke låses mot rotasjon om man ikke har symmetri i lastene, altså om man på et tidspunkt har en full- og en tom tank. Dette ser vi på som lite sannsynlig, da brønnbåten vil ligge svært skjevt i en slik situasjon.

3.3 Designfase 3

3.3.1 Stabilitet

Etter designfase en og to måtte stabiliteten til skroget utbedres. Som nevnt i designfase to kan ikke fartøyet operere uten fulle fiskebrønner. Vi bestemte raskt at arealet i dobbeltbunnen skulle brukes til ballasttanker, sett bort fra plasseringen av marine fuel oil. Selve formen på skroget gjør at det skapes veldig mye oppdrift uten en form for ballasttanker, og med mye vekt akter i skipet gjør at store deler av baugen er over vannflaten. I lastkondisjonen med tomme ballasttanker og tomme fiskebrønner, har skipets GZ-kurve en maksverdi på 22,7 grader, som er under kravet på 25 grader. Dette står det mer om i resultatene, da også med utklipp av GZ-kurven.

En av utfordringene med stabiliteten, og skrogformen før ballast var at propellen ikke var fullt neddykket i vannet. Derfor var det essensielt for å sikre full virkningsgrad av propellen ved tomme fiskebrønner, at vi etablerte ballast i dobbeltbunnen.

3.3.2 General Arrangement

GA-en har blitt oppdatert jevnlig under hele prosessen. Man finner stadig feil eller ting som kan forbedres, og GA-en er på den måten nesten blitt til et evig varende prosjekt som aldri blir helt ferdig.

Vi oppdaget en feil mellom de tre forskjellige snittene på GA-en. Dette skjedde samtidig som klassetegningen ble etablert. Andre endelige oppdateringer var etablering av et skegg, plassering av akterthruster i skegget, samt plassering av et treningsrom og ureatank.

3.3.3 Vektestimater

Vi brukte som nevnt tidligere mye tid på vektestimater i designfase 2, men vi mener at det selv nå er noe mangelfullt. Tiden strakk seg ikke til, for et helt nøyaktig resultat, men vi mener at resultatet er representativt nok. Mangel på et ordentlig bibliotek over utstyr med vekter og størrelser, er en av grunnene til at vektestimater er ikke like nøyaktig som vi hadde ønsket.

3.3.4 Section Scantling

I designfase 3 ble det gjort nye endringer på akter snittet i Section Scantling. Her var spennet i nedre motorrom alt for stort, og det ble derfor lagt inn tre bunnstokker. Samtidig oppdaget vi at det var langt fra ideelt å ha forskjellige stivere på et platefelt. Det vil for eksempel bli tungvint under bygging, samt under innkjøp av materiale. Vi valgte likevel å beholde designet vårt av stivere, dette grunnet knapp tid, samtidig som vi får vektoptimalisering.

Vi bestemte oss tidlig for langskipsavstivning på designet for store deler av fartøyet. Vi valgte dette isteden for tversskipsavstivning, da vi har store spenn i tankområdet når skipet går i en lastkondisjon uten last. Vi kontrollerte dimensjonen fra 3D-Beam mot dimensjonen fra Section Scantling, og langskipstyrken til designet vårt var innenfor kravet.

3.3.5 Klasetegninger

Klasetegninger er en endelig tegning av skipet, med stivere og bjelker tegnet inn. Vi valgte å tegne de tre snittene våre fra Section Scantling. Vi tegnet også to dekk, tanktopp samt dekket over brønnene. I tillegg tegnet vi midtskipsprofilen til fartøyet.

Disse tegningene kan til tider være svært detaljerte, og vi har derfor så nøyaktige dimensjoner som mulig. Dette skapte et problem da vi skulle tegne inn alle de ulike stiverne våre, da det ble en stor jobb å tegne og plassere hver enkelt størrelse. Samtidig skapte den en del utfordringer da dimensjonene ikke var samstemte i forhold til Section Scantling. Her var spesielt fremre snitt (frame #110) veldig forskjellig fra det vi hadde tenkt tidligere.

Dette gjorde at vi hadde for mange stivere i forhold til plass, og vi måtte derfor gjøre noe om på konstruksjonen i dette snittet. Det ble ikke gjort endringer i Section Scantling. Bakre snitt ble også noe unøyaktig da det var vanskelig å beregne nøyaktig hvor dekkene skulle være.

Klassetegningene kan som sagt være svært detaljerte, men dette kan variere fra skipsdesigner til skipsdesigner. Vi var derfor litt i tvil på hvor detaljert vi skulle tegne klassetegningene, og hvordan vi skulle tegne de. Her slet vi mest med de to dekkene og profilen, da det var vanskelig å se for seg hvordan det skulle se ut. Samtidig hadde vi kun dimensjonert bjelkene rundt brønnene i 3D-Beam, det ble derfor tegnet inn bjelker i profilen som vi ikke har dimensjonert, da de kun er til for å vise plassering.

Klassetegningene avdekte som nevnt tidligere en del feil, den største var at tankene fortsatt gikk gjennom skroget i bakre kant. Dette var ikke mulig å se i Maxsurf Stability, og det var derfor svært uventet. Vi valgte derfor å endre skrogformen akter, slik at en fikk mindre avrunding og dermed større tilgjengelig plass. Dette resulterte i at linjene så penere ut akter. Endringen av linjene førte til en hel del andre ting; det ble nødvendig å endre klassetegningene, men også GA-en. Dette medførte at vi måtte oppdatere Maxsurf Stability.

Skjulte feil i linjene har også gitt oss utfordringer ved utregning av areal, og dette medførte til et unøyaktig estimat av stålvekten. Med et større areal vil vi få større vekt, som igjen fører til større neddykking. Dette er i vårt tilfelle en positiv hendelse, da skipet flyter høyt uten last i brønnene. Samtidig fikk vi delt opp dobbeltbunnen systematisk. Her ble de delt opp med tanke på en avstand med 2400 mm mellom hvert skott. Etter en skikkelig oppdeling måtte vi endre på de foreløpige ballasttankene vi hadde lagt inn i Maxsurf Stability.

Det viste seg at vi hadde eksportert feil linjer fra Maxsurf Modeler til GA-en, og klassetegningene. Dette ble gjort grunnet mangler i Maxsurf programvaren, for eskortering av nøyaktige linjer til snittet. Det ble derfor tatt en cirka beregning på hvor det var. Linjene som er brukt er tatt fra et snitt nærmere fremre perpendikulær, og har derfor en helt annen form i tillegg til å være smalere over dobbeltbunnen. Da vi til slutt klarte å få ut cirka de riktige linjene, viste det seg at Section Scantling kanskje ikke var så langt unna realiteten likevel. Dette oppdaget vi ganske sent, men vi fikk fortsatt tid til å tegne et nytt snitt. Det var fortsatt noe forskjell mellom klassetegningene og Section Scantling, men dette er på stiverplassering.

Kapittel 4 – Resultater

4.1 Hoveddimensjoner

L.O.A	90 m
L _{PP}	83,89 m
Bredde	25,2 m
DWL	7 m
Blokk-koeffisient [C_b]	0,803
Dybde til Main Deck	9,45 m
Dybde til Shelter Deck	12,52 m
Dybde til Bridge Deck	15,12 m
Spanteavstand	600 mm

Figur 27 - Tabell over hoveddimensjoner

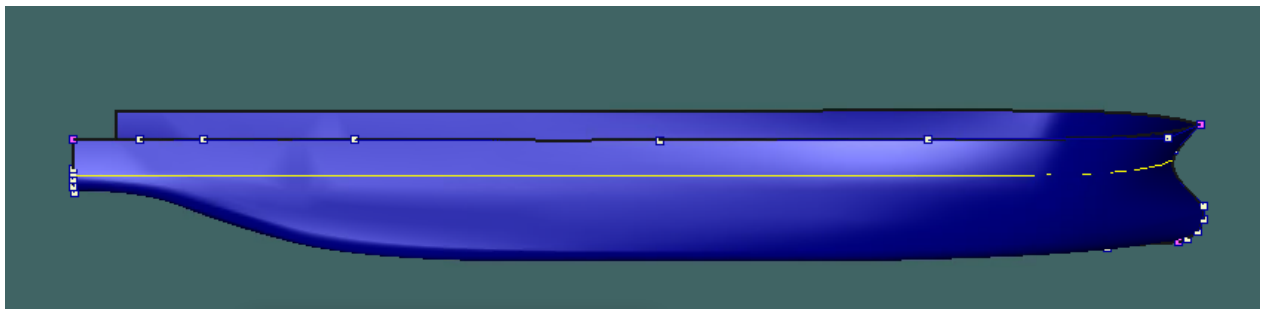
På hoveddimensjonene, som vist i tabell over, holdt vi oss innenfor den ønskede begrensning fra Salt Ship Design. Kravet deres var å holde oss under 85-meter lengde mellom perpendikulærene, og dette er noe vi har oppnådd. Bredden var for SSD ikke like viktig, det eneste kriteriet var at det ikke skulle ende opp som et «balje»-design, men et noenlunde «slankt» fartøy. Vi er derfor fornøyde med en bredde på 25,2 meter i forhold til en lengde på 90 meter L.O.A.

Vi hadde også et krav til dypgangsbergensing, her på 7,5 meter. Vi har gitt brønnbåten vår en designdypgang på 7 meter, grunnet usikkerheten til vekestimatet. Vi har estimert at vi vil klare å holde oss under kravet på maks dypgang, da vi har mange ballasttanker som kan manipuleres etter behov. Vi hadde i tillegg et krav på «Air draught» på 25 m over vannlinjen, dette kravet er godt opprettholdt med tanke på at hele skipet har en total høyde på 24,6 meter. Med designet på skrogformen oppfyller vi kravet for internasjonal fart når det gjelder lastelinje og fribord, jf. Forskrift om bygging av skip Kapittel 5. Lastelinje og fribord. §43. Lastelinje og krav til fastsettelse av fribord på skip i utenriksfart (Lovdata, 2015).

4.2 Linjer

Vi endte opp med glatte linjer vi var fornøyde med. Skroget fikk til slutt en realistisk blokk-koeffisient på 0,803, som er det SSD estimerte som normalt. Lastekapasiteten var det viktigste kravet vi fikk fra SSD, og vi har klart og designe en skrogform tilpasset dette.

Fra start var vi usikker på hvilken bulbform som ville være mest effektiv. Vi syntes den vannlinjeforlengede bulb 1 (figur 21) var estetisk finest, og valgte å bruke dette skroget videre. Skrogformen er vist på figuren under. Det viste seg i etterkant at bulb 2 (figur 22) ga skroget mindre motstand, dette er videre forklart i delkapittel 4.6 Maxsurf Resistance.



Figur 28 - Skrogform ved DWL med bulb 1

4.3 Vektestimater

Vektestimateret var som sagt, noe vi brukte mye tid på, men det endte likevel som noe upresist. SSD og Cflow delte sine vekter på fiskehåndteringsutstyret med oss, dette medførte til et mer nøyaktig resultat, da SSD har bibliotek over produkter og har mer erfaring på fartøyskategorien. Vektestimateret ble ikke oppdatert mer etter disse endringene.

4.4 General Arrangement

Fartøyet vårt er delt opp i tre deler. Der akterdelen av skipet inneholder motorrom, utstyr tilknyttet fiskebrønnen, samt LNG tanken. Den midtre delen av skipet er kun dekkareal, i tillegg til rom og utstyr som har tilhørighet til arbeidet på dekk. Det er også i denne delen av skipet at de fire fiskebrønnen er lokalisert. I fremre del av fartøyet finner vi boareal, bysse og oppholdsrom samt broen.

4.4.1 Boareal Main deck

Boarealet ble plassert på hoveddekket i den fremre delen av skipet. Som nevnt tidligere, ble alle lugarene plassert på en slik måte at alle har tilgang til naturlig dagslys. Dette klarte vi med å plassere alle de 13 enkelt lugarene, samt den ene dobbeltlugaren, langs skutesiden på styrbord og babord. Lugarene ble plassert her for å unngå unødig støy og vibrasjoner fra motorrommet. Vi har også plassert et mannskapskontor, medisinsk behandlingsrom, konferanserom, vaskerom, treningsrom, lagerrom, samt konsollrommet som nevnt tidligere i teksten. Dette ble plassert her fordi, dette er den delen av boarealet som er nærmest vannlinjen og derfor utsatt for mindre bevegelse fra sjø.

4.4.2 Dekksareal Main dekk

Dekksarealet er lokalisert i den midtre delen av skipet. Mesteparten av denne delen er rent dekkareal. Dette er grunnet plass til eventuelle etterinstallasjoner i fremtiden. Dette kan som nevnt tidligere, være for eksempel en slaktekontainer. Vi designet dekkarealet på en åpen og ryddig måte, slik at faren for ulykker minker, spesielt ved stor sjø.

Det resterende dekkarealet er hovedsakelig delt opp i lagerrom, og rom til mannskapet. Når det gjelder lagerrom på dekk finner vi kjemikalierom, malingslagerrom og lagring til dekkutstyr. Dette er plassert på dekk grunnet tilgjengelighet, men også på grunn av eventuelle avgasser disse produktene kan avgi.

Rommene tilhørende mannskapet på dekk er en garderobe og et pause rom. Årsaken til at vi har plassert et pauserom for mannskapet på dekk er grunnet gunstig tilgjengelighet. Hvis det er lange operasjoner ved fiskemerden, eller tidvis dårlig vær, kan man gå rett inn i et pauserom og ta seg en kopp kaffe eller få varmen tilbake i kroppen uten og ta av seg arbeidstøyet. Dette medfører at hvis noe skulle skje på dekk, og man befinner seg i pauserommet, så er distansen kortere og man stiller seg mer tilgjengelig om det skulle oppstå noe. Dekket er også skjermet fra vind, på grunn av plasseringen av hovedbygget. Dette gjør at operasjonen også kan foregå i kaldere klima. Årsaken til at vi plasserte en garderobe på dekket er fordi denne skal fungere som en sluse inn til boarealet. Det vil si at når man er ferdig på dekk tar man av seg arbeidstøy i garderoben og holder innsiden av boarealene rene.

På babord side har vi også plassert en innskjermet MOB-båt. Grunnen til at vi valgte å ha denne innendørs i motsetning til å ha den på dekk, er også grunnet tilgjengelighet. Hvis det skulle oppstå en situasjon der den skulle trenge, så heises den rett ut av dekkrommet og ned i vannet. Med at den er innendørs skjermer vi den for omgivelsene. Dette medfører at levetiden på båten øker, samt at det er lettere å gjennomføre vedlikeholdsarbeid innendørs.

4.4.3 Maskin- og systemrom Main deck

Vi har som nevnt tidligere alt av maskineri og systemer lokalisert akter i skipet. Grunnen til dette er at det er mange systemer og komponenter i denne fartøyskategorien, og det er bedre og ha dem samlet på et sted for bedre tilgjengelighet. Akter på main deck finner man RSW rom akter, vakuumpumper og systemer knyttet til dette, reverse osmosis system, to filter rom, kontrollrom for motor og tavlerom. Systemene knyttet til fiskebrønnene er plassert her grunnet nærheten til selve brønnene.

4.4.4 Boareal Shelter deck

Boarealet på shelterdekk har mange av de samme baktankene som ved plassering av boarealet på hoveddekket; unngå støy fra maskinrom, skilt arbeidsareal og boareal. På shelterdekket holder kapteinen og maskinsjefen til i sine litt større lugarer.

Arealmessig sett var det nødvendig at disse lugarene måtte plasseres på shelterdekket, en årsak er at lugarene må ha plass til et kontor eller annet ekstra rom. Fordelen med at lugarene er på shelterdekket er at kapteinen har kort avstand til broen og til maskinsjefen. Her er det samtidig godt utsyn over dekk, og man har på den måten god oversikt over de fleste områder av fartøyet. Resten av mannskapet er fortsatt lett tilgjengelig, bare en etasje ned.

På shelterdekket har vi også kjøkken, spiserom og lagringsrom for mat. Lagringsrommet er plassert slik at det skal være lett å frakte mat rett opp ved hjelp av kraner. Det er også plassert lett tilgjengelig for kjøkkenet.

4.4.5 Dekksareal Shelter Deck

Det er ikke like mye dekkareal på shelter dekk som ved main dekk. Det lille dekkarealet er lokalisert hovedsakelig vedsiden av boarealet på shelter dekk. Av utstyr som er lokalisert her, har vi skipets tre kraner. Kranene er plassert her for å dekke hele operasjonen ved fiskemerden, men også andre operasjoner om det skulle være nødvendig. Som vist på GA-en, dekker de tre kranene hele dekkarealet.

4.4.5 Motor- og systemrom Shelter Deck

På akterdelen av shelter dekk har vi lokalisert CO₂ stripperen, ureatank, samt havnegeneratoren. Dette er plassert her fordi det er lokalisert i direkte nærhet til motorrom og fiskehånderingsutstyret. CO₂ stripperen er et system som tar veldig mye plass i forhold til andre systemer, derfor har vi plassert dette her, da systemrommet rommer nesten 250 m².

4.4.6 Brodekket

Broen er lokalisert på toppen av boarealet og er plassert på en sånn måte at man har god utsikt over hele fartøyet. Man har utsikt over hele dekket, samt kan se LNG tanken på taket av shelter dekk. Broen er bygget opp med en styrekonsoll i midten av fremre del. Dette for at styrmannen skal ha god oversikt når skipet er i transitt. Vi har også plassert en styrekonsoll i den bakre delen av broen på styrbord side. Her har broformen en sirkulærform, som gjør at styrmannen har god utsikt når skipet manøvrer seg inn til merdene. I tillegg har vi plassert en styrekonsoll på babord brovinge, for lettere oversikt ved fortøyning på babord side. Det er også mulig å entre broen fra Shelter dekk, via en trapp som fører direkte inn i styrhuset.

4.4.4 Below Main deck

I fremre delen av dette dekket finner vi det andre RSW rommet. Dette er tilhørende det fremre pumperommet, og er plassert slik for å minske avstanden fra de to fremre fiskebrønnene. Pumperommet er plassert akter for fremre RSW anlegg. Dette er plassert så tett inntil tanken som mulig for å forminske rørføringen. Rommet er skilt fra brønnene med et vanntett skott.

Fiskebrønnene er fordelt på fire brønner som hver rommer 1500 m^3 . De er plassert så godt som mulig i midten av skipet grunnet jevn neddykking ved full last. De er avskilt fra hverandre med to vanntette skott samt et pumperom i mellom dem. De fire fiskebrønnene har følgende dimensjoner:

- Lengde: 19,5 meter
- Bredde: 11,0 meter
- Høyde: 7,0 meter

Volumet blir da som nevnt tidligere 1500 m^3 , som oppfyller kravet i oppgaven på en bruttolastapasitet på 6000 m^3 .

Tankene har som nevnt tidligere tverrskips sirkulasjon. Dette skyldes i at en ikke trenger like mye rørføring langs sidene på tankene. Det er også et skyveskott i hver tank, for å «hjelp» fisken og finne veien ut av tanken. Vi har valgt å sette totalt fire vanntette skott rundt tankene. Grunnen til dette er at ved et eventuelt uhell, vil ikke stabiliteten bli påvirket i like stor grad som om de ikke var der. Vi har ikke kalkulert oss frem til skadestabiliteten til skipet, men ved å sikre skipet med totalt seks vanntetteskott below main deck, mener vi at stabiliteten er sikret ved en eventuell ulykke.

Bak de akterlige fiskebrønnene finner vi «det akterlige» pumperommet. Disse er delt i to for å skape en passasje inn til tankområdet. Pumperommene akter er likt utstyrt som det i baugen, og dette har også direkte tilhørighet til RSW rommet ovenfor på Shelter deck. Bak pumperommet finner vi motorrommet. Det er her de tre Wärtsilä 8L20DF motorene befinner seg, samt gir, generator, steering gear, akterthruster og propellaksling. Motorene er spredt jevnt utover bredden av motorrommet for best stabilitet.

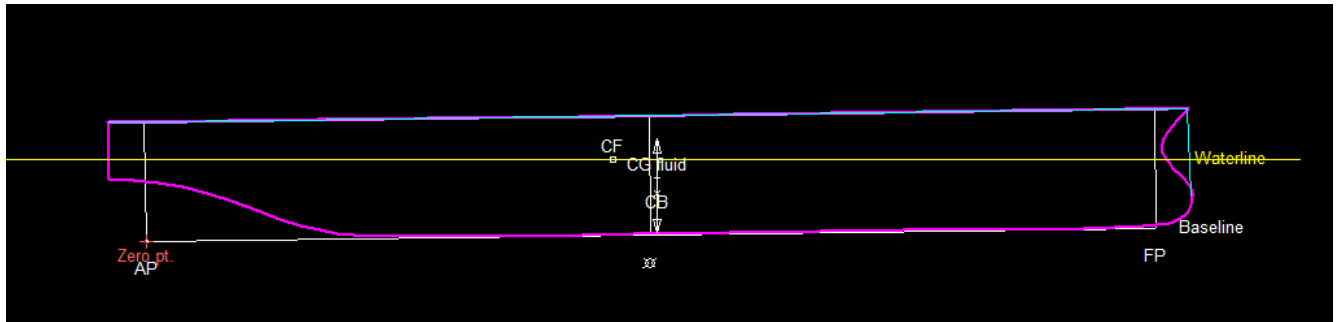
4.5 Maxsurf Stability

4.5.1 Trim

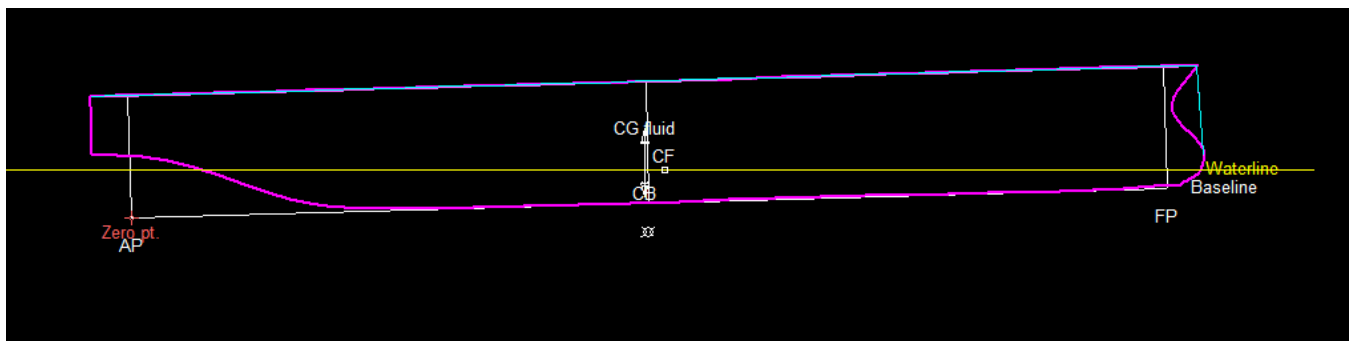
Resultatet av Maxsurf Stability endte opp med å bli noenlunde slik vi så for oss. Her har vi et skip med noe akterlig trim, noe som er vanlig for brønnbåter. Likevel er det nødvendig å beholde dypgangen med bruk av en del ballast når brønnene er tomme for å få propellen neddykket. Dette er som nevnt tidligere ikke ideelt, men da vektestimater er uferdig, kan realiteten være en annen.

4.5.2 Lastkondisjoner

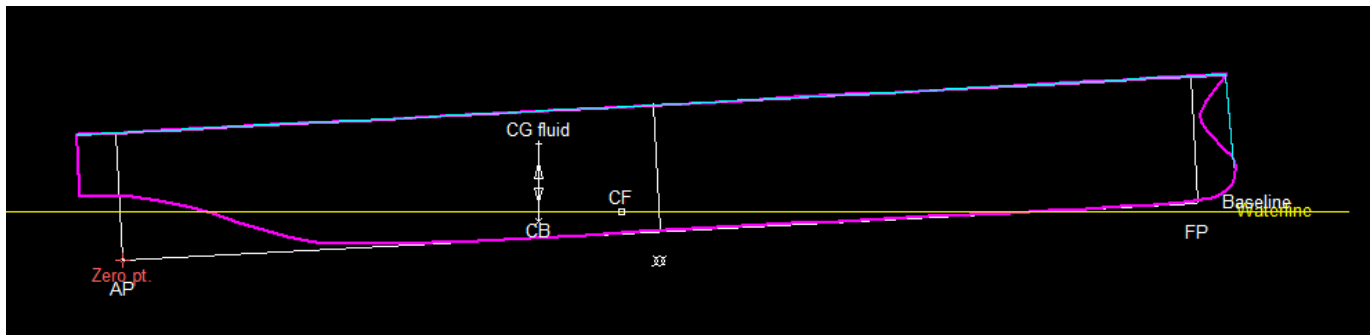
I Maxsurf Stability endte vi opp med tre lastkondisjoner; et hvor brønnbåten er fullastet (figur 29), et hvor det er neddykket ved hjelp av ballast med tomme brønner (figur 30), og en kondisjon hvor skipet er helt tomt foruten om noe drivstoff (figur 31). Dette er de lastkondisjonene vi tror skipet mest sannsynlige kommer til å ha, her foruten den helt tomme, men det er en interessant kondisjon å ha med likevel.



Figur 29 - Lastkondisjon med fullastet skip



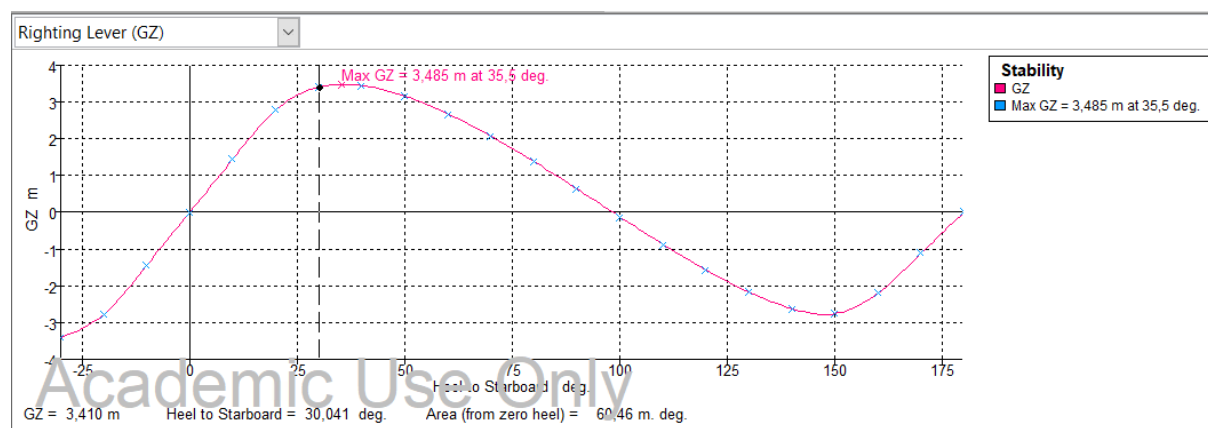
Figur 30 - Lastkondisjon ballast med tomme brønner



Figur 31 - Lastkondisjon uten ballast eller last i brønnene

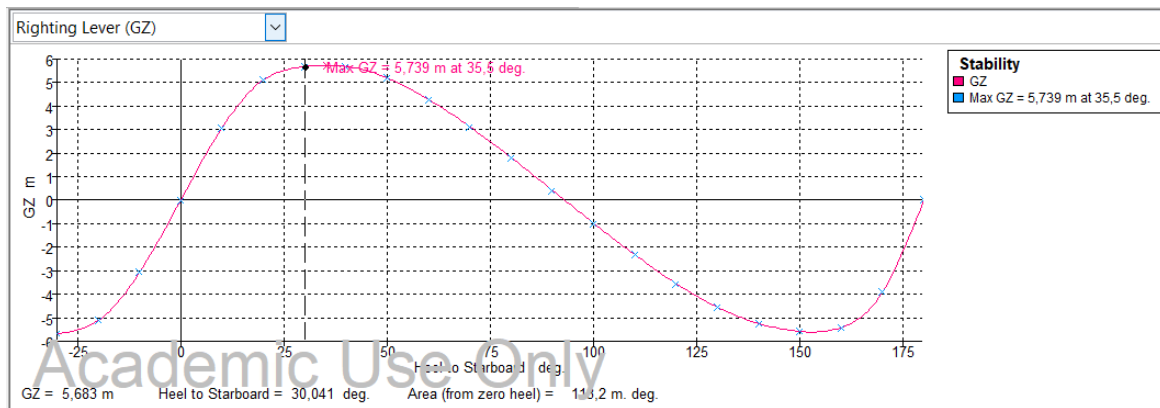
4.5.3 Stabilitet

En GZ-kurve er avhengig av skipets form, og gir oss et bilde over brønnbåtens statiske stabilitet. GZ-kurven blir kalt skipets rettende arm, og man kan beregne hvor stor denne rettende armen er for ulike krengevinkler. GZ må være større enn null for å rette seg opp, men ifølge Forskrift om endring i forskrift om bygging av passasjer-, lasteskip og leker. §14 Intakt stabilitet for skip med bruttotonnasje på 50, kapittel b, skal man ha en rettende arm (GZ) på minst 0,2 m ved krengevinkel lik eller større enn 30 grader (Lovdata, 2003). Samtidig bør krengevinkelen hvor rettende arm har størst verdi (GZ maks), være større enn 30 grader, og skal aldri være mindre enn 25 grader. Det er også et krav at initialmetasenterhøyden (GM) skal være minst 0,15m. (*Righting arm GZ*, no date; Holm, 2011b; Johanesen, Grønseth and Bøe, 2019)



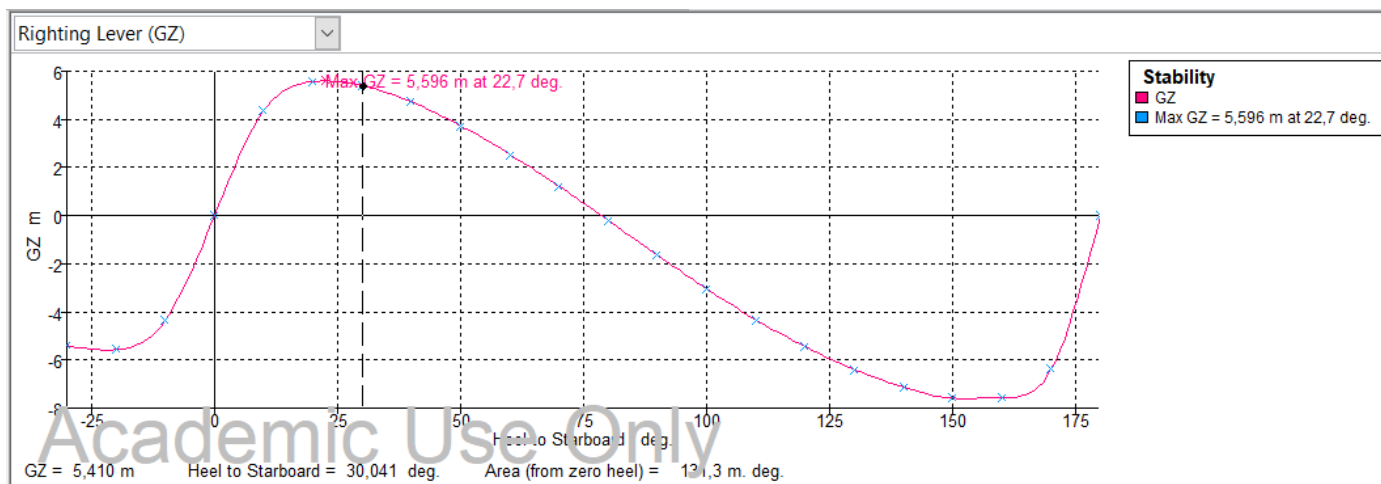
Figur 32 - GZ-kurve lastkondisjon fulle brønner og ballast

Figur 32 er GZ-kurven til lastkondisjonen med fulle brønner og full ballast. Som figuren viser har vi en GZ maks på 35,5 grader, som da er over ønsket krengevinkel på 30 grader. Samtidig ser vi at GZ er godt over kravet på 0,2 m ved 30 grader; vi har her 3,41m ved 30 grader.



Figur 33 - GZ-kurve lastkondisjon uten last i brønnen, med ballast

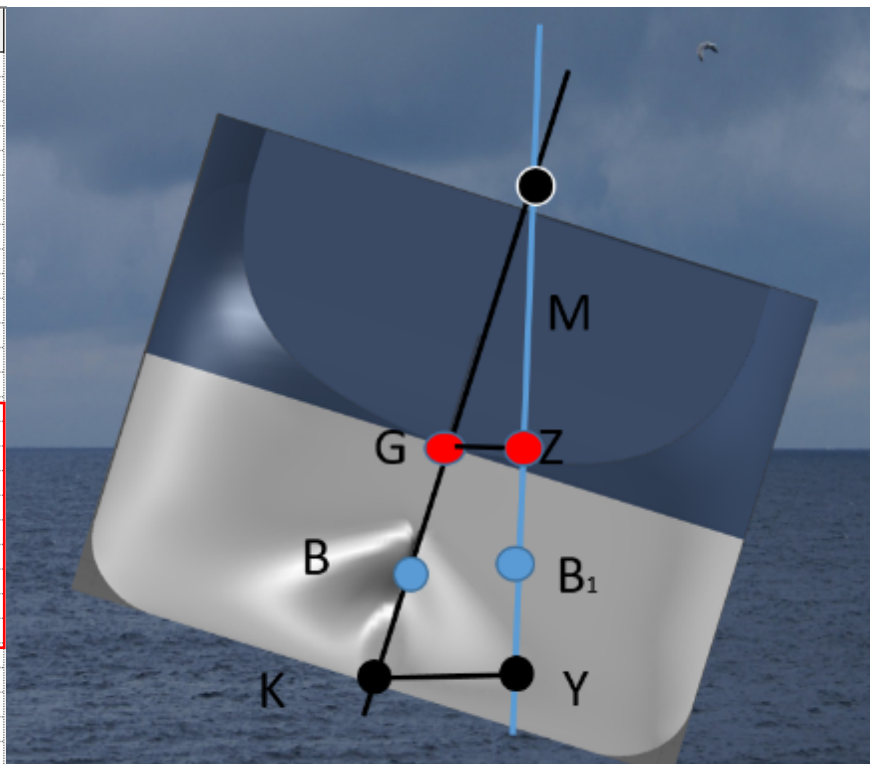
Figur 33 er GZ-kurven til lastkondisjonen med tomme brønner, men med ballast. Her ser vi at vi har en enda større rettende arm ved 30 grader, her på 5,68m. Skipet har i denne lastkondisjonen et større fribordsareal.



Figur 34 - GZ-kurve lastkondisjon uten last i brønnen, uten ballast

Figur 34 er GZ-kurven til lastkondisjonen med tomme brønner og helt uten ballast. Her ser vi at GZ maks ligger på 22,7 grader, dette er under kravet på minimum 25 grader. Dette er en av grunnene til at skipet ikke fungerer uten ballast, og vil aldri operere i denne kondisjonen.

	Draft Amidships m	7,000
1	Displacement t	12750
2	Heel deg	0,0
3	Draft at FP m	7,000
4	Draft at AP m	7,000
5	Draft at LCF m	7,000
6	Trim (+ve by stern)	0,000
7	WL Length m	87,506
8	Beam max extents	25,188
9	Wetted Area m ²	2999,8
10	Waterpl. Area m ²	2101,3
11	Prismatic coeff. (Cp)	0,825
12	Block coeff. (Cb)	0,797
13	Max Sect. area coe	0,973
14	Waterpl. area coeff.	0,953
15	LCB from zero pt. (43,327
16	LCF from zero pt. (39,080
17	KB m	3,796
18	KG m	7,000
19	BMT m	8,524
20	BML m	99,991
21	GMt m	5,320
22	GML m	96,786
23	KMt m	12,320
24	KML m	103,78
25	Immersion (IPC) to	21,539
26	MTC tonne.m	147,09
27	RM at 1deg = GMt.	1183,7
28	Max deck inclinatio	0,0000
29	Trim angle (+ve by	0,0000



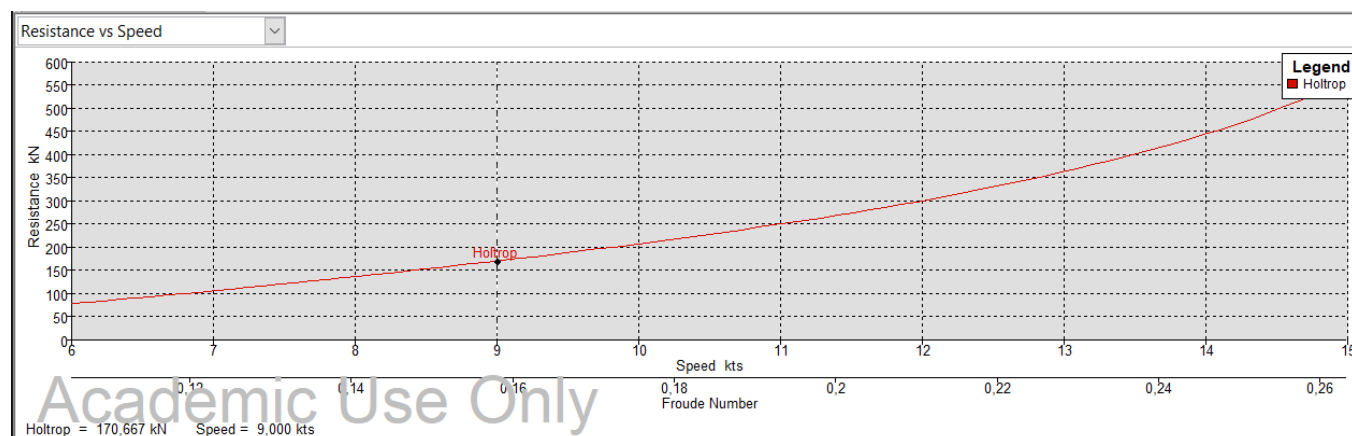
Figur 35 - Utklipp av hydrostatisk data

Figur 36 - Figur metasenterhøyden, foto: Marfag

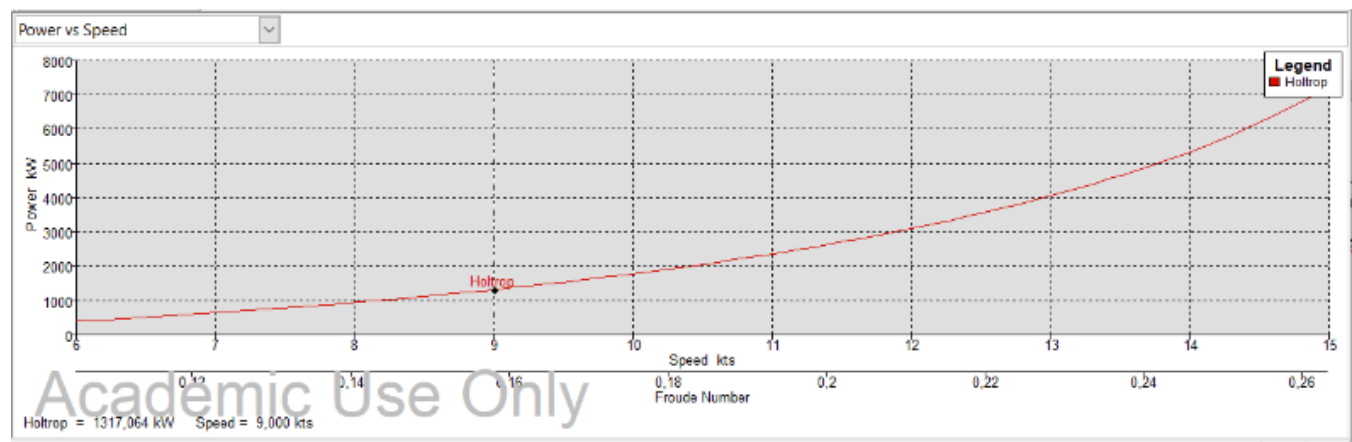
På figur 36 ser vi at metasenterhøyden GMt er på godt over minstekravet på 0,15 m, vi har her en GMt på 5,32 m. Samtidig ser vi at både LCB og LCF ligger akterlig for midtskipet, dette er ønskelig, da akterligtrim hjelper med å tømme fiskebrønnene. Figuren over viser også teorien på hvordan forholdet er mellom GM og GZ.

4.6 Maxsurf Resistance

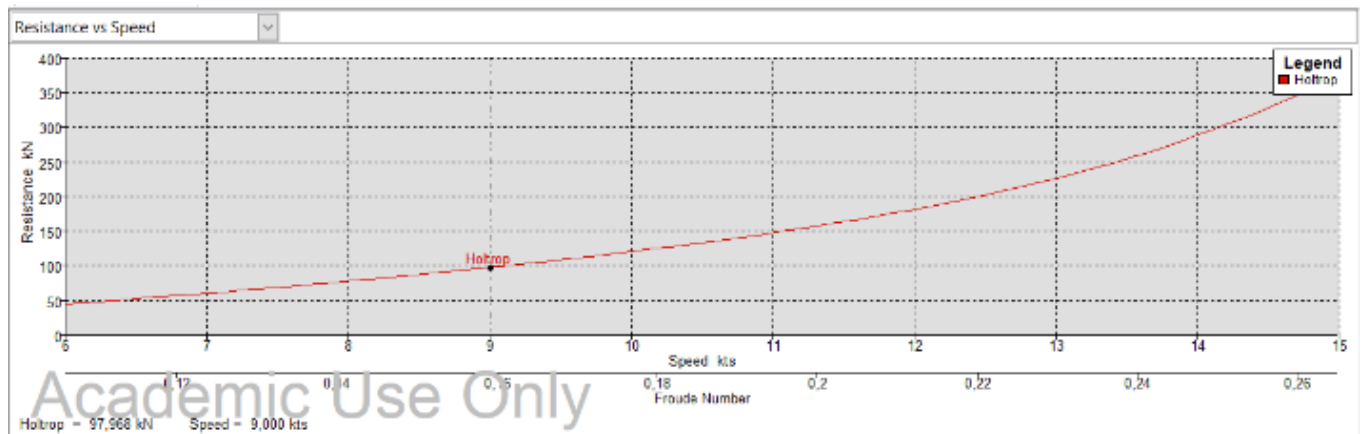
Da vi ikke fikk gjennomført modellforsøk ble det nest beste alternativet Maxsurf Resistance. Vi har gjort mye av utregningene på skroget med bulb 1, dette inkluderer endring av linjer. Vi var derfor noe «skuffet» da vi fant ut at det var bulb 1 som viste seg å gi mest motstand. Resultatet kan være noe påvirket av de endrede linjene, men antar det største utslaget kommer av bulbformen. Så selv om bulb 2 ga best resultat i Maxsurf Resistance, har vi valgt å se vekk i fra dette, grunnet at dette skroget har mindre volum i akterskipet, og ikke vil ha plass til brønnene. I en ideell verden hadde vi testet Maxsurf Resistance tidligere og endret skroglinjene til bulb 2 og brukt de linjene i utregningene og tegningene.



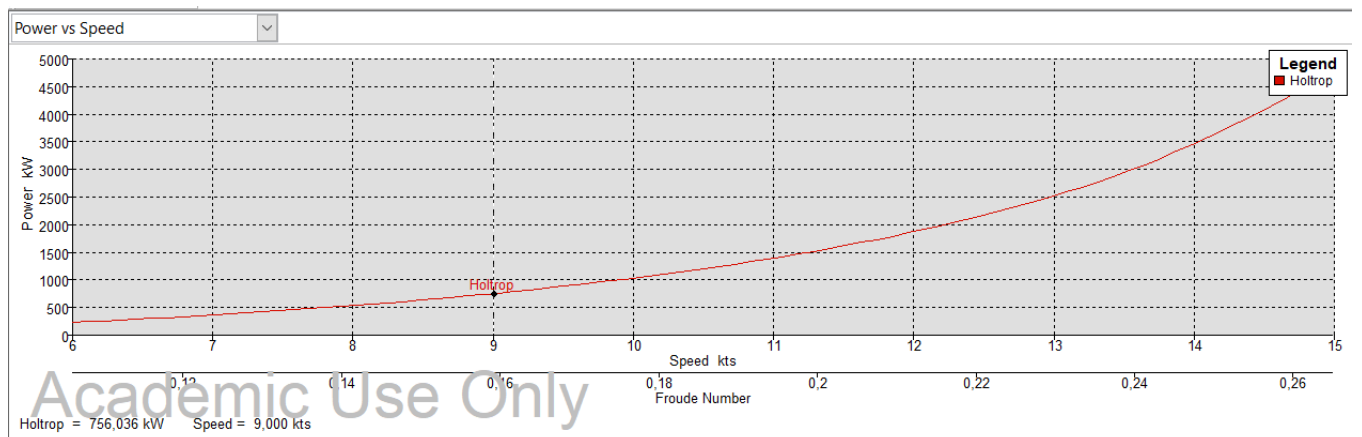
Figur 37 - Resultat motstand bulb 1



Figur 38 - Resultat effekt bulb 1



Figur 39 - Resultat motstand Bulb 2



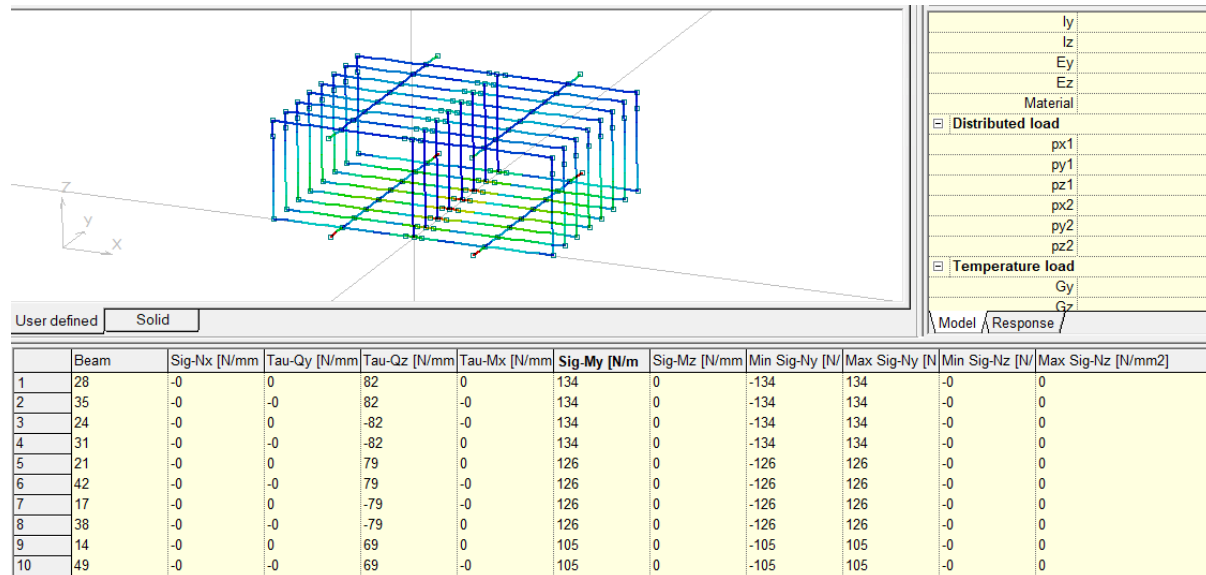
Figur 40 - Resultat effekt bulb 2

Figur 37 og 38 er resultatene fra vannlinjeforlengende bulb (bulb 1). Figur 37 viser motstanden i forhold til farten. Farten er her satt mellom 6 og 15 knop, men ved designhastigheten vår på 9 knopp ser vi at vi har en motstand på 170,7 kN, og en nødvendig kraft på 1317,1 kW. Propelleffektiviteten er her satt til 60%. Resultatene fra gooseneck bulb (bulb 2) er vist i figur 39 og 40. Her ser vi at motstanden og nødvendig kraft er noe lavere på henholdsvis 97.97 kN og 756 kW. Dette virker troverdig basert på erfaring fra tidligere fartøy.

4.7 Section Scantling

I Section Scantling endte vi opp med tre snitt, tatt der vi hadde størst moment. Samtidig var de tre snittene en god representasjon for hvordan hele skipet så ut. Som nevnt tidligere hadde vi en del utfordringer underveis i Section Scantling, vi slet med riktig geometri, å få definert de ulike rommene, og å få inn tanktrykket i brønnene. Selv om alle disse utfordringene tok mer tid en antatt, endte vi opp med resultater som vi anser som gode. Når alt kom til alt var de tre snittene riktig tegnet, og dimensjonene virket realistiske. Det vi ikke var helt fornøyd med, var at vi har ulike stivere på et platefelt. Selv om dette er den mest vektoptimale løsningen, vil det skape en del utfordringer ved bygging av brønnbåten og ved innkjøp av materiale. Dette er derfor noe vi ville endret på om tiden hadde strukket til.

4.8 3D-Beam



Figur 41 - Utklipp resultater 3D - Beam

Etter en del strev fikk vi også ok resultater i 3D-Beam. På grunn av utformingen av brønnene, virket denne enkle konstruksjonen seg å være mer komplisert enn først antatt. Samtidig var det ikke mye slingringsmonn på dimensjonene, da «weben» hadde en fast høyde. Det viste seg at vi hadde noen utfordringer med skjærspenningene, vi løste dette ved å øke tykkelsen på «weben» betraktelig. Resultatene skal derfor nå være innenfor kravet til DNV GL Rules (2012) for Classification of Ships, Part 3, Ch. 2, Hull Structural Design, Ships with Length Less than 100 metres (DNV, 2012).

4.9 Klasetegninger

Klasetegningene gjorde at vi fant mange uforutsette feil og mangler, som vi måtte endre på. Vi fikk fikset opp i feilene ved å gjøre endringer i, Section Scantling, GA-en, Maxsurf Modeler og Maxsurf Stability.

Kapittel 5 – Konklusjon

Det er per dags dato ingen operative brønnbåter under 85-meter mellom perpendikulærene med en lastekapasitet på 6000m³ fordelt på fire brønner, langs Norges kyst. Vår oppgave gjennom de siste månedene har vært å prosjektere en brønnbåt innenfor restriksjonene satt av Salt Ship Design.

Kravet om fire brønner kompliserer designet av brønnbåten og gjør plassering av utstyr nokså utfordrende. Vi forstår kravet, da det er et naturlig valg ved et ønske om stor lastekapasitet. Brønnene og tilhørende utstyr har, tross utfordringene, fått en gunstig plassering. Skroget har fått glatte linjer, med et stort volum som et resultat av lastekapasiteten, og krever en del ballast for å opprettholde god stabilitet når skipet ikke går med last.

Fartøystypen brønnbåt er av en relativt ny gruppe fartøy. Det har vært en markant økning i etterspørsel etter brønnbåter de siste årene, og med økende etterspørsel har ønskene om større fartøy med mer lastekapasitet og utbedrede systemer også økt. Som et resultat av dette er disse fartøyene i en konstant utvikling, og vi mener at vårt endelige design er representativt og nytenkende.

Det endelige designet har et integrert lukket system. Ved besøk hos Intership AS 17 februar 2020 fikk vi informasjon om slike lukkede systemer da stadig flere land setter krav til slike. Vi har designet et fartøy med stort dekkareal, vi har etterlatt noe dekkareal tilgjengelig for fremtidige forbedringer eller etter-installering av komponenter, utstyr eller systemer.

Bærekraft, miljø og sikkerhet har vært et stort fokus gjennom hele oppgaven. Dette har preget designet vårt med eksempelvis valget av effektive og driftssikre motorer som også benytter naturgass som energikilde. Vi har også hatt mye fokus på miljøet ombord. Mye tid har gått til å finne arealeffektive løsninger for å sikre at alt mannskap disponerer romslige lugarer, gode fellesarealer og oppholdsrom, og tilpasset dette livet ombord.

Denne oppgaven har gitt oss et godt innblikk i fartøyskategorien brønnbåt, samt prosjektering av skip. Designet vi har jobbet oss frem til oppfyller kravene stilt i oppgaven, og vi mener vi har kommet frem til en tidsriktig designløsning. Designet har potensiale til å styrke denne fartøygruppen, samt å bidra til utviklingen av den.

Kilder

- Astrup AS (2018) *Brønnbåter med innovativ utforming - Astrup AS*. Available at: <https://astrup.no/Aktuelt/Astrup-Generelt/Broennbaater-med-innovativ-utforming> (Accessed: 20 March 2020).
- Berg, T. (2017) *Slik fungerer avlusninga - og så mye koster den å utføre, iLaks*. Available at: <https://ilaks.no/slik-fungerer-avlusninga-og-sa-mye-koster-den-a-utfore/> (Accessed: 20 March 2020).
- Bill's Blog (no date) *8- Trade Offs in Design | Bill's Blog*. Available at: <https://sites.psu.edu/wbm5039/blogs/design-topics/8-trade-offs-in-design/> (Accessed: 22 January 2020).
- CFlow (no date) *Om oss*. Available at: <https://www.cflow.com/om-oss> (Accessed: 23 March 2020).
- DNV (2012) *RULES FOR CLASSIFICATION OF DET NORSKE VERITAS HULL STRUCTURAL DESIGN SHIPS WITH LENGTH LESS THAN 100 METRES*. Available at: <http://www.dnv.com> (Accessed: 18 May 2020).
- Emil Ellefsen, K. S. (2014) *Prinsipper for overføring av fisk mellom brønnbåt og oppdrettsmerder*.
- Holm, H. (2011a) *Motstand og framdrift Havromsteknologier Foreløpig utgave*.
- Holm, H. (2011b) *Oppdrift og stabilitet Havromsteknologier Foreløpig utgave*.
- Holm, H. and Steen, S. (no date) *Motstand og framdrift*.
- Intership AS (no date) *Om oss - Intership*. Available at: <https://intership.no/om-oss/> (Accessed: 20 March 2020).
- INVESTOPEDIA (2019) 'Top-Down vs. Bottom-Up: What's the Difference?', *Investopedia*. Available at: <https://www.investopedia.com/articles/investing/030116/topdown-vs-bottomup.asp> (Accessed: 18 March 2020).
- Johanesen, J., Grønseth, K. and Bøe, H. (2019) *2. Tverrskipsstabilitet — K12 Lærebok i lastbehandling*. Available at: <https://www.marfag.no/k12/2-tverrskipsstabilitet> (Accessed: 16 May 2020).
- Johansen, J. P. (2018) *brønnbåt – Store norske leksikon, Store norske leksikon*. Available at: <https://snl.no/brønnbåt> (Accessed: 5 May 2020).
- Johnsen, J. P. (2018) *brønnbåt – Store norske leksikon*. Available at: <https://snl.no/brønnbåt> (Accessed: 23 January 2020).

- Kanbanize.com (2020) *What Is Value in Lean?* Available at: <https://kanbanize.com/lean-management/value-waste/what-is-value-lean/> (Accessed: 22 January 2020).
- Kvile, K. (2019) *Ingen kunne sett for seg veksten brønnbåtene har hatt - Tekfisk, Tekfisk*. Available at: <https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=65995> (Accessed: 20 March 2020).
- Labora (2019) *Stamfisk, settefisk eller matfisk?* • Labora. Available at: <https://labora.no/aktuelt/stamfisk-settefisk-eller-matfisk/> (Accessed: 20 March 2020).
- Labora (no date) *Brønnbåtkontroll* • Labora. Available at: <https://labora.no/fiskehelse/bronnbatkontroll/> (Accessed: 20 March 2020).
- Lekang, O.-I. (1997) *Teknologi for akvakultur*. Lansbruksforlaget.
- Levander, K. (2012) 'System Based Ship Design', pp. 172, [45] s. : ill.
- Lovdata (2003) 'Forskrift om endring i forskrift om morsmelkerstatning og tilskuddsblandinger'. Available at: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2003-06-02-904> (Accessed: 18 May 2020).
- Lovdata (2014) *Forskrift om redningsredskaper på skip - Regel 8 Alarminstruks og nødinstruks* - Lovdata. Norge: 23.10.2019 (SOLAS 74 kapittel III del B regel 6 nr. 2.1.1 og 5.1). Available at: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-01-1019/KAPITTEL_1-1-2-1-3#KAPITTEL_1-1-2-1-3 (Accessed: 3 May 2020).
- Lovdata (2015) *Forskrift om bygging av skip - Kapittel 5. Lastelinje og fribord* - Lovdata. Available at: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-01-1072/KAPITTEL_5#KAPITTEL_5 (Accessed: 18 May 2020).
- Mattilsynet (no date) *Fakta om brønnbåter og annen transport av levende fisk | Mattilsynet, 2013*. Available at: https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/bronnbat/fakta_om_bronnbaater_og_annen_transport_av_levende_fisk.5742 (Accessed: 20 March 2020).
- Mehnazd (2016) *What are Wellboats?, Types of Ships*. Available at: <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-wellboats/> (Accessed: 20 March 2020).
- Misund, B. (2019) *fiskeoppdrett – Store norske leksikon, Store norske leksikon*. Available at: <https://snl.no/fiskeoppdrett> (Accessed: 20 March 2020).
- naval-architecture (2014) *Naval Architecture: The Design Spiral, Naval Architecture*. Available at: <http://naval-architecture.blogspot.com/2014/04/the-design-spiral.html> (Accessed: 19 March 2020).
- Olsen, S. (2019) *Frøy skal bygge verdens største brønnbåt, iLaks*. Available at: <https://ilaks.no/froy-skal-bygge-verdens-storste-bronnbat/> (Accessed: 20 March 2020).

Olstad, L. (1997) 'Universitetsavisa Nr.7 - Millioner å spare med diesel-elektrisk framdrift', 27 February. Available at: <https://www.ntnu.no/universitetsavisa/nr7/ny3.html> (Accessed: 15 May 2020).

Rein, M. (2018) *Trafikken mellom merdene - BarentsWatch, Barentswatch*. Available at: <https://www.barentswatch.no/artikler/trafikken-mellom-merdene/> (Accessed: 20 March 2020).

Righting arm GZ (no date). Available at: <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/righting-arm> (Accessed: 16 May 2020).

Sætre, J. (2019) *Knalltall frå Salt Ship Design, Sysla*. Available at: <https://sysla.no/maritim/a/GGemkq/knalltall-fra-salt-ship-design> (Accessed: 20 March 2020).

Salt Ship Design (2013a) *Salt Ship Design - About*. Available at: <https://saltship.com/about> (Accessed: 7 February 2020).

Salt Ship Design (2013b) *Salt Ship Design - Aquaculture*. Available at: <https://saltship.com/aquaculture-vessels> (Accessed: 7 February 2020).

Skaar, M. and Stovner, S. F. (2016) *The Norwegian Live Fish Carrier Fleet*. Norwegian School of Economics.

Sølvtrans AS (no date) *Sølvtrans Passion for live fish handling*.

Statistisk Sentralbyrå (2018) *Rekordomsetning av oppdrettslaks - SSB*. Available at: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/rekordomsetning-av-oppdrettslaks> (Accessed: 31 January 2020).

Stensvold, T. (2015) *Havyard leverer brønnbåt med runde tanker - Tu.no, Teknisk ukeblad*. Available at: <https://www.tu.no/artikler/havyard-leverer-bronnbat-med-runde-tanker/276209> (Accessed: 20 March 2020).

Vestbøstad, Ø. (2011) *System Based Ship Design for Offshore Vessels*.

Vedlegg

- GA
- Klassesetninger
- Rapport fra Section Scantling
- Vektestimater
- Sammenligning av forskjellige brønnbåter
- Utklipp fra 3D-Beam
- Utklipp fra Maxsurf Stability
- Utklipp fra Maxsurf Modeler

