



Kunnskap for en bedre verden

DEPARTMENT OF MARINE TECHNOLOGY

BACHELOR OPPGAVE I SKIPSDESIGN

VEILEDER: HÅVARD VOLLSET LIEN

MEDVEILEDER: KJETIL LEIF NYVOLL

Prosjektering av klimavennlig frysetråler

OSCAR GJERDE

REA VICKOVIC

Mai, 2022

Sammendrag

I denne oppgaven blir det utviklet et konsept for en moderne klimavennlig frysetråler basert på kravspesifikasjoner fra Skipsteknisk AS. I tillegg er det et spesielt fokus på løsninger for å redusere CO₂-utslippene med 50% i forhold til dagens state-of-the-art trålerdesign.

Konseptutviklingens leveranse består av tankplan, general arrangement, konseptbeskrivelse, forenklet Main Single Line Diagram, stabilitetsdokumentasjon, 3D-bilde av fartøyet og spesifisering.

Summary

In this thesis, a concept design is developed for a modern climate-friendly freezer trawler based on requirements from Skipsteknisk AS. In addition, there is a special focus on solutions to reduce CO₂ emissions by 50 % compared to today's state-of-the-art trawler design.

The delivery of the concept development consists of tank plan, a general arrangement, concept description, simplified Main Single Line Diagram, stability documentation, 3D image of the vessel and specifications.

Forord

Vi ønsker å takke alle som har hjulpet oss underveis. Først og fremst ønsker vi å takke våre veiledere, Håvard Vollset Lien ved NTNU og Kjetil Leif Nyvoll ved Skipsteknisk AS. De har bidratt med god hjelp og oppfølging gjennom hele oppgaven.

Takk til Dirk Folchert, ved Wartsila, som tok seg tid til å svare på spørsmål om fremdriftssystem innen grøn skipsfart. Takk til Karl Henning Halse som har svart på spørsmål om hydrodynamikk og propellanalyse. Takk til Ann Rigmor ved NTNU som har bidratt til å svare på spørsmål om LNG, Ammoniakk og ulike energisystem.

Prosjekteringsoppgave

Innledning

Vi er inne i en periode med stor utvikling når det gjelder kraftproduksjon og energi-utnyttelse på skip. Det finnes mange tekniske muligheter og løsninger, men for et rederi er det ikke alltid like enkelt å vite hva som er fornuftig, hva som vil fungere best for deres spesifikke formål og hva som vil lønne seg på sikt.

Målet med denne oppgaven er å hjelpe en reder til å gjøre de mest riktige valgene i prosessen med anskaffelse av ett nytt fartøy.

Beskrivelse av fartøy og operasjon

Rederiet er ett privateid rederi som driver to hvitfisk trålere.

Hjemmehavn er Ålesund, men de fleste leveringer blir gjort i Tromsø, Båtsfjord eller Kirkenes.

Fartøyene opererer med dobbeltrål det meste av tiden. De har en Wärtsilä 9L32 hovedmotor på 4500 kW og to hjelpemotorer på 1500 kW. På grunn av at mye utstyr har blitt etter-montert med tiden, så har akselgeneratoren blitt for liten, slik at hjelpemotorene blir kjørt når lasten blir høy. Anslagsvis er hjelpemotorene i drift ca. 30% av driftsdøgnene. Vinsjene er i dag hydrauliske, og en stor energiforbruker pga. at hydraulikkaggregatet er stort og må gå med høy belastning hele tiden.

Fartøyene rederiet opererer i dag er fullstrukturerte for trål med følgende kvoter på hver:

Torsk	Nord for 62. breddegrad	3 800 tonn
Hyse	Nord for 62. breddegrad	2 500 tonn
Sei	Nord for 62. breddegrad	1 500 tonn
Sei	Sør for 62. breddegrad	1 500 tonn

I tillegg blir det i snitt pr. år fanget ca. 700 tonn tilleggskvoter eller lovlig bifangst som blåkkeite, uer, steinbit etc. Det betyr at totalt fangstvolum pr. år er ca. 10 000 tonn.

Dagens regelverk tillater ikke sammenslåing (strukturering) slik at begge kvotesett kan fiskes på en kjøll (av ett fartøy). Rederiet må derfor drifte to fartøy for å beholde kvotene, hvilket betyr at en evt. reduksjon i CO₂ utslipp ikke kan gjøres ved å redusere antall fartøy i drift.

Dagens fartøy ble bygd som søsterskip i 1995 og har følgende hoveddimensjoner:

LOA: 69.9 m, LPP: 60.0 m, B: 15.0 m.

Hvert fartøy opererer med ett totalt forbruk av MDO på 4800 tonn pr. år. Dette er fordelt på 345 driftsdøgn til havs, hvorav 45 døgn er transitt til og fra fiskefeltet. Fartøyene klarer å laste 700 tonn fisk, hvilket betyr at fartøyet i praksis må ha minimum 15 turer til land for å levere last. Det betyr at det definitivt er et potensiale for å spare tid i transitt ved å kunne ta med mer last pr. tur.

Transittfart har for fartøyene i snitt vært 14.5 knop, noe som er relativt høyt, men nødvendig for å klare å fiske alle kvotene innenfor ett år.

Operasjonområdet er 60% i Barentshavet, 20% i Nordsjøen og 20% i Norskehavet.

Fartøyene har i dag norsk flagg og DNV klasse. Det skal erstatningsfartøyene også ha.

Fartøyene har isklasse ICE (1B) i dag. Ønsker å beholde det samme.

Innholdsbeskrivelse for nytt fartøy

- Lugarplass til 30 fast mannskap (min. 10 enkeltlugarer)
- Messe med spiseplass for 20 personer samtidig
- Bysse tilpasset for tilbereding av mat til antall pers. ombord
- Proviantlager for min. fem uker inkl. kjøll og frys (min. 40 m² totalt)
- Arrangert for enkel ombordtaking av proviant (minst mulig bæring)
- Drivstoff nok til min. fem uker.
- Emballasjerom (min. 100 m³)
- Lasterom, frys (min. 1000 tonn på palle). Pallestørrelse 1070x1070mm x 1750 høyde.
- H/G fabrikk med 100 tonn pr. døgn innfrysing. Min. 10 vertikal frysere
- Mottaksbinger (2 x 40 m³)
- 3x Trålvinsjer 3500m x Ø32mm vaier
- Skal kun fiske med dobbeltrål.
- 8x Sveipevinsjer (4 trålbaner)
- 2x Gilsevinsjer (skal ha gilsemast)
- 3x kraner (5 tonn @ 12m) plassert forut, akter og midtskips
- Uthaler vinsjer, tømmevinsjer, hjelpevinsjer som normalt for tråler av denne typen
- Egne garderober for dekksmannskap og fabrikkmannskap.
- Workshop i maskinrom, på fabrikkdekk og på tråldekk
- Stores på tråldekk for sveisegasser, NH₃, kjemikalier etc.
- Lagerrom (naust) på arbeidsdekk på 40 m²
- Incinerator i eget rom
- Mob. Båt med egen davit (helst i hangar)
- Sonar, i tillegg til normalt bunnutstyr
- Plass til reserve tråldører
- Eget rom for fabrikk elektronikk
- Eget rom for vinsj elektronikk
- Eget rom for bro elektronikk
- Tavlerom til hovedtavler og drives
- Separat ECR
- 2 stk. vaskerom med lintøy lager fordelt på innredningsdekkene
- Ventilasjonsrom
- Hydraulikkrom
- «Take me home» mulighet
- Tier III
- Min. 500kW bow thruster
- Min. 16m² ror
- Stor propell (Dagens er Ø 3.6m)

Oppgaven

Rederiet ønsker å få utviklet ett konsept man kan gå videre med til ett eller flere verft. Konseptet skal utarbeides med mål om å dekke de beskrevne behovene, med minst mulig total kostnadsramme.

Rederiet håper at fartøyet ikke trenger å være lengre enn 75m. Konsulenten må rådgi hvorvidt dette er realistisk eller ikke.

Det er ønskelig at konsulenten redegjør for hvilken energibærer eller kombinasjon av energibærere som vil være passende for dette fartøyet, samt hvilke tiltak som kan gjøres for å spare energi. Det skal legges vekt på sikkerhet, logistikk, kostnad og anvendelighet. Rederiet ønsker å benytte seg av kjente og fungerende løsninger, men ønsker samtidig å satse på løsninger som bidrar til redusert karbonavtrykk. Således er det bestemt at man skal ha som mål å redusere CO₂ utslippene med 50% sammenlignet med dagens fartøy. Konsulenten må rådgi hvorvidt dette er realistisk eller ikke.

Rederiet er klar over at en slik satsing vil koste vesentlig mer enn et konvensjonelt fartøy. Man ser naturligvis på dette som en utfordring og vil ønske å benytte seg av de støtteinstanser som finnes for å avlaste risiko og kostnad. Samtidig er rederiet også villige til å ta en vesentlig merkostnad selv for å være i front av utviklingen.

Konseptutviklingens leveranse skal bestå av følgende:

- Konseptbeskrivelse
- GA
- Tankplan
- Forenklet MSLD (Main Single Line Diagram)
- Stabilitetsdokumentasjon
- 3D bilde av fartøyet
- Kort-spesifikasjon

Det forutsettes at gjeldende regelverk blir undersøkt og fulgt. Det er fra rederiets side ikke ønskelig å måtte opprettholde flere klassenotasjoner enn nødvendig.

Forkortelser

UIWL Upper ice water line (øvre isvannlinje)
LIWL Lower ice water line (laveste isvannlinje)
GT Gross tonnage
LOA Lengde over alt
LPP Lengde mellom perpendikulær
AP Aktre perpendikulær
FP Forre Perpendikulær
LCB Langsskips oppdriftstyngdepunkt
LCG Langskips vektstyngdepunkt
VCG Vertikal vekt tyngdepunkt
TCG Tverrskips vektstyngdepunkt
GM Metasenter høyden
CM Midtskipskoeffisient
Cb Blokkoeffisient
LNG Flytende naturgass
NH3 Ammoniakk
MDO Marin dieselolje
MSLD Main Single line Diagram
SOLAS Safety of Life at sea

DNV Det norske Veritas
IMO Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen
ISO Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen
PTO/PTI Power take out/Power take in

Innholdsliste

Figurer	v
Tabeller	viii
1 Introduksjon	1
1.1 Prosjekteringsfasen	1
1.2 Prosess	1
2 Regler og lovverk	2
2.1 IMO - International Maritime Organization	2
3 Oversikt over fartøyet	3
3.1 Driftsprofil	3
3.2 Operasjonsområdet	3
4 Fremdrift	4
4.1 Energibærer	4
4.2 Alternative drivstoff	4
4.2.1 LNG	4
4.2.2 Biogass	5
4.2.3 BioDiesel	5
4.2.4 Hydrogen	5
4.2.5 Ammoniakk	5
4.2.6 Metanol	6
4.2.7 Batteri	6
4.2.8 Kjernekraft	6
4.3 Sammenligning av energibærere	7
4.4 Fremdrift og propulsjonskonsept	8
4.5 Valg av endelig energibærer	8

5	Valg av hoveddimensjoner	9
5.1	Parametrisering	9
5.2	L/B - forhold	9
5.3	Cb - Blokkoeffisient	9
5.4	B/D - forhold	10
5.5	B/T - forhold	10
5.6	L/D - forhold	10
5.7	Endring av hoveddimensjoner	11
6	Linjeutforming	12
6.1	Skrogvalg	12
6.2	Akterskipet	12
6.3	Tverrsnitt	13
6.4	Forskipet	14
6.5	Vannlinjer	14
6.6	Styrlast	15
7	Motstand og Propulsjonsanalyse	16
7.1	Tidlig estimering	16
7.2	Propell	18
8	General Arrangement	20
8.1	Tank top	20
8.2	Hoveddekk	21
8.3	Shelter dekk (trål dekk)	21
8.4	Fore castle dekk	21
8.5	Båt dekk	22
8.6	Trunk	22
9	Dekksutstyr	23

9.1	Tråleutstyr	23
9.2	Kraner	24
9.3	Anker og fortøyningsutstyr	24
9.4	Sammendrag av dekksutstyr	25
10	Tankekapasitet	26
10.1	Ferskvann	26
10.2	Gråvann og svartvann	26
10.3	Diesel	26
10.4	Ammoniakk	27
10.5	Trykktank dimensjoner	28
10.6	LNG	28
11	Struktur	29
11.1	Topologi	29
11.2	Isklasse (ICE 1B DNV)	29
11.3	Bøyemoment	31
11.4	Resultat av dimensjoner	31
12	Vekttestimat	33
12.0.1	Skrog	33
12.0.2	Skipsutstyr	33
12.0.3	Laste utstyr	34
12.0.4	Mannskap og innredning	34
12.0.5	System for hovedkomponenter	34
12.0.6	Maskin komponenter	34
12.0.7	Skipssystem	34
12.1	Usikkerheter	35
12.2	Vekt sammendrag	35

13 Stabilitet	36
13.1 Overbelastning av last	36
13.2 Tråling	36
13.3 Lastkondisjoner	37
13.3.1 Avgang havn - Ballast	38
13.3.2 Avgang fra fiskefeltet - full fangst	38
13.3.3 Avgang fra fiskefeltet - uten last	39
13.3.4 Avgang fra fiskefeltet - full fangst og uten ballast	39
13.4 Ankomst havn - full fangst	40
13.5 Ankomst havn - 20% av full fangst	40
13.6 Ankomst havn - full fangst og uten ballast	41
13.7 Kriterier	41
13.8 utfordringer	41
14 3D-modell	42
14.1 Visualisering	42
14.2 Teamcenter	43
15 Diskusjon	44
16 Videre arbeid	46
17 Konklusjon	47
Vedlegg	48
A Lignende fartøy	48
B Regresjonslinjer for hoveddimensjoner	49
C Operasjonsprofil	53
D Motstand	55
E Propella	56
F Tonnasjeberegning	57

G	Struktur	58
G.1	Langskipsstyrke	63
H	Vekstberegning	65
H.1	Lettskipsvekt	65
H.2	Akterskipet	66
H.3	Midtskipet	66
H.4	Forskipet	68
H.5	Overbygg	68
I	Stabilitet	70
I.1	Lastkondisjoner - Maxsurf	70
I.2	Kriterier	76
J	Spesifikasjon	79
K	En-linjeskjema	5
L	Linjetegning	7
M	General Arrangement	9
N	Klassetegning	11
O	Tankplan	13

Figurer

1	Caption	1
2	Driftsprofil	3
3	Operasjonsområde	3
4	Kilde: DNV	4
5	Akter	12
6	Tverrsnitt	13
7	Profil	14
8	Vannlinjer	14
9	Motstand med forskjellige metoder	16

10	Motstand med forskjellige metoder	17
11	Motstand	17
12	Motstand	17
13	Propell regning 1	18
14	Propell regning 2	19
15	Profil AutoCAD	20
16	Visualisering av kraner	24
17	Kilde: DNV (Ammonia as a marine fuel)	27
18	3D av struktur	30
19	DNV: Nauticus Hull (Isbeltet)	30
20	Bøyemomenter	31
21	Resultat struktur #-3 til #80	31
22	Resultat struktur spant #80 og fremmover	32
23	Avgang havn - Ballast	38
24	Avgang fra fiskefeltet med full fangst	38
25	Avgang fra fiskefeltet - uten last	39
26	Avgang fra fiskefeltet - uten last	39
27	Ankomst havn med full fangst	40
28	Ankomst havn med 20% av full fangst	40
29	Ankomst havn uten Ballast	41
30	3D-modell	42
31	3D fram og bak	42
32	3D visualisering	43
33	3D profil	43
34	Referanseskip	48
35	Regresjonlinje for hoveddimensjoner (I)	49
36	Regresjonlinje for hoveddimensjoner (II)	50
37	Regresjonlinje for hoveddimensjoner (III)	51

38	Regresjonlinje for hoveddimensjoner (IIII)	52
39	Operasjonsprofil	53
40	Operasjonsprofil	53
41	Operasjonsprofil	54
42	Motstand beregning	55
43	Motstand beregning	55
44	Motstand beregning	56
45	Tonnasje beregning	57
46	Plater midtspant #60	58
47	Buling midtspant #60	59
48	Plater baug #80	60
49	Buling baug #80	61
50	Bølgemoment Nauticus Hull	62
51	Langskipsstyrke	63
52	Langskipsstyrke	64
53	Langskipsstyrke	65
54	Lettskipsvekthovedtabell - 1	66
55	Lettskipsvekt hovedtabell-2	67
56	Lettskipsvekt hovedtabell - 3	68
57	Lettskips vekt; Akterskipet	68
58	Lettskips vekt; Midtskipet	68
59	Lettskips vekt; Forskipet	69
60	Lettskips vekt;Overbygg	69
61	tank avgang havn - ballast	70
62	GZ avgang havn - ballast	70
63	Tank ankomst havn full fangst 10% fuel	71
64	GZ ankomst havn full fangst 10% fuel	71
65	tank ankomst havn - lastet - 20% av last	72

66	GZ ankomst havn - lastet - 20% av last	72
67	tank avgang fiskefelt m last 30 fuel	73
68	GZ avgang fiskefelt m last 30 fuel	73
69	tank avgang fiskefelt uten last 30	74
70	GZ avgang fiskefelt uten last 30 fuel	74
71	tank uten ballast ankomst havn full fangst 10 fuel	75
72	GZ uten ballast ankomst havn full fangst 10 fuel	75
73	Stabilitet kriterier	76
74	Stabilitet kriterier	76
75	Stabilitet kriterier	77
76	Stabilitet kriterier	77
77	Stabilitet kriterier	77
78	Stabilitet kriterier	78
79	Stabilitet kriterier	78
80	Caption	1

Tabeller

1	Hoveddimensjoner	9
2	Sammendrag av parametrene	10
3	Nye hoveddimensjoner	11
4	Sammendrag av nye parametrene	11
5	Sammendrag av dekksutstyr	25

1 Introduksjon

Trålere har mangen utfordringer når det gjelder krav til nye energisystem. Grunnen til det er fordi operasjonsprofilen deres er bred og operasjonene de utfører bruker mye energi. Ved tråling blir det brukt mest energi som kan skape problemer for nye løsninger, ettersom mange ikke har blitt utforsket mye på.

Målet med denne oppgaven er å assistere en reder med avgjørelser under prosjekteringen av et nytt fartøy som skal bidra til grønnere skipsfart, samt redusere CO2 forbruket med 50%. I dag er det stadig strengere krav til utslipp og man må finne av ulike løsninger som kan bidra til å nå to-graders målet i Parisavtalen.

For å klare dette målet har vi sett på ulike energiløsninger som kan bidra til grønnere skipsfart. En viktig ting å etablere er å finne operasjonsområdene, hvilket utstyr som skal ombord samt hvor mye energi som blir brukt i løpet av tråletiden.

1.1 Prosjekteringsfasen

Når man designer et skrog er det en iterativ prosess. Verdier vil bli satt, men det kommer til å bli endret i løpet av prosjekteringen og derfor blir designspiralen fulgt gjennom denne prosessen. I figur 1, viser det gjennomgang av kundekrav, hoveddimensjoner, skrogform, general arrangement, motstand og propulsjon, stabilitet, struktur, vekttestimat og pris estimat. General arrangementet vil bli oppdatert underveis med nye revisjoner.

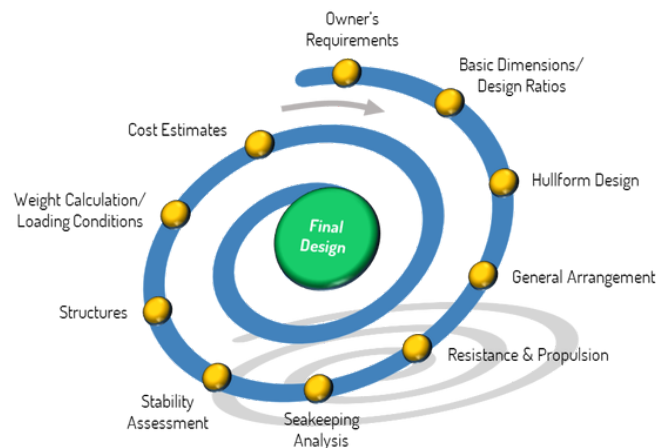


Figure 1: Caption

1.2 Prosess

Å designe et skip er svært tidkrevende prosess og derfor vil det bli avgrensinger på hva som blir gjort. Grunnen til det er fordi vi står ovenfor tidsbegrensing i denne oppgaven og en kommer ikke til å gå inn grundig i alle deler av fartøyet, men heller anta og gi et grunnlag for videre arbeid.

2 Regler og lovverk

I dette prosjektet vil følgende regler og lovverk følges og undersøkes.

2.1 IMO - International Maritime Organization

Hovedmålet til IMO er opprettholde og utvikle regelverk som gjelder skipsfart og spesielt ansvarsområdene rundt sikkerhet til sjøs, juridiske forhold, miljø, og forberedelse av effektivitet til sjøs. De to viktigste konvensjonene er MARPOL og SOLAS.

MARPOL står for "International Convention for the Prevention of Pollution from Ships", som er en internasjonal konvensjon til forhindring av marin forurensing fra skip. I tillegg så dekker ikke bare MARPOL ulykker og operasjonelle oljeutlipp, men også forurensing av kjemikalier, kloakk, søppel og luftforurensing.

SOLAS - "The Safety Of Life At Sea Convention", har som hovedmål å spesifisere minimumsstandarder for konstruksjon, drift av skip og utstyr.

3 Oversikt over fartøyet

3.1 Driftsprofil

Driftsprofil				
	Havn	Tråling	Transitt fra land	Transitt til land
Timer [h]	480	7200	540	540
Hovedmotor [kW]	4500	4500	4500	4500
Hjelpemotor [kW]		3000		
kWh	0	23 814 000	1 458 000	1 701 000

Figure 2: Driftsprofil

Tabellen over viser oss hvordan driftsprofilen for følgende søsterskip er og hvordan driftsprofilen for vårt skip vil se ut. I tillegg er det viktig å nevne at noe av tallene er gjort en antagelse for at driftsprofilen skulle gå opp for gitt drivstofforbruk på 4800 tonn i året, med gjeldende maskinerisystem på 4500 kW hovedmotor og 2 stykk hjelpemotorer på 1500kW. Hjelpemotorene var bare i bruk 30% av driftsdøgnet.

Fordelen ved å sette opp en driftsprofil er for å få et overordnet bilde, av hvor mye skipet bruker til en hver tid i transitt. Etter undersøkelsen vart det observert at forbruket hovedsaklig var ute på feltet under tråling.

Grunnen at vi lager en driftsprofil er for å kunne regne hvor mye CO2 utslipp som blir slippet ut og hvor mye vi må redusere for å oppnå 50%. Dette skulle bli gjort for å kunne beregne også hvilken av alternative drivstoffer som kunne egne seg best for et slikt skip.

3.2 Operasjonsområdet

Operasjonsområde er 60% i Barentshavet, 20% i Norskehavet og 20% i Nordsjøen. Ettersom vi skal ha et alternativ drivstoff er operasjonsområdene viktig å definere.



Figure 3: Operasjonsområde

4 Fremdrift

4.1 Energibærere

Det blir stadig mer fokus på grønnere skipsfart og hvilke andre alternativ som kan erstatte konvensjonell drivstoff. I denne oppgaven er fokuset på hvordan vi kan redusere CO₂ utslippet med 50% og derfor har vi valgt å se på ulike alternativ som kan bidra til dette. I tillegg er det viktig å se på hvilke av alternative drivstoff som kan gjennomføre operasjoner som en fisketråler har og om det er en mulighet for det. Norge har som mål å kutte CO₂ utslippene med 50% innen 2030, og strengere regler og avgifter vil komme kontinuerlig etter 2030 for å presse overgangen ytterligere. Det må være lønnsomt for en reder å gå over til en dyrere løsning.

4.2 Alternative drivstoff

I denne oppgaven har vi sett på følgende alternative drivstoffene: LNG, Biogass, BioDiesel, hydrogen, ammoniakk, metanol og elektrisitet. Det er viktig å nevne at det finnes andre alternativ også, men for å avgrense oppgaven har vi dermed valgt følgende. I tabellen under ser man densiteten og forholdet mellom vekt og volum for de aktuelle drivstofftypene.

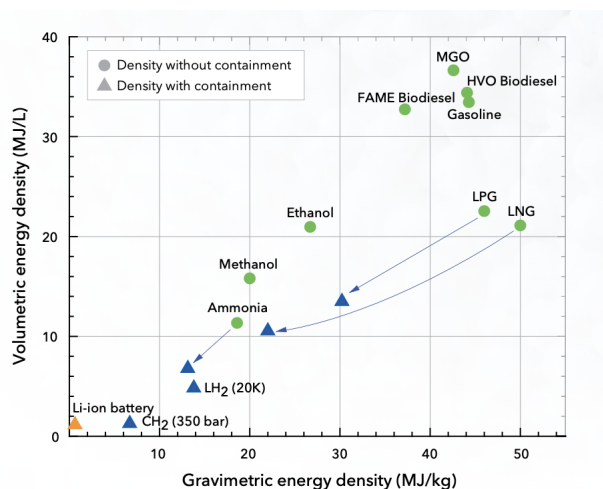


Figure 4: Kilde: DNV

4.2.1 LNG

Metan CH₄ er hovedkomponenten i flytende naturgass (LNG). LNG må bli lagret i isolerte tanker ettersom kokepunktet er rundt - 163°C ved 1 bar. I tillegg når man bruker naturgass så fører det til 80-90% reduksjon av NO_x, som gir en renere og bedre forbrenning, reduserte utslipp av partikler som følge av et renere drivstoff og reduserte utslipp av CO₂ og SO_x. Selv om EU vil godkjenne LNG som grønt drivstoff har den ett par ulemper. Metan utslippene i LNG må elimineres, ettersom metan regnes som en verre drivhusgass enn

CO₂. I tillegg så tar LNG stor plass ombord, har strengere krav og den er blitt dyrere på markedet.

4.2.2 Biogass

Biogass består hovedsaklig av metan og når den forbrennes dannes det CO₂ og vann. Etersom råstoffet kommer fra biologisk materiale så regnes forbrenningen som CO₂ nøytral. I tillegg så er biogass nokså lik som naturgass (LNG) og det er fullt mulig å bruke de i kombinasjon med hverandre.

4.2.3 BioDiesel

Dette er en vanlige konvensjonell diesel som er innblandet med biologisk olje, fra plater eller dyr. Denne innblandingen gjør at det blir renere forbrenning.

4.2.4 Hydrogen

Hydrogen har ingen miljøskadelige utslipp under bruk og den blir sett på som fremtidens energibærer. Problemet med hydrogen er at den tar mye større plass enn for eksempel ammoniakk, og plass er kritisk ombord i en fisketråler.

Grønn og blå hydrogen

For å opprettholde bærekraftsmålet om å stoppe klimaendringene, er det viktig at hydrogenet blir produsert på en grønn og bærekraftig måte. Det finnes to typer hydrogen som gir klimabidrag. Det reneste er grønn hydrogen som blir produsert gjennom fornybar kraft og elektrisitet. Blått hydrogen produseres av fossilenergi, der det ikke fører til ekstra utslipp siden CO₂-gassen blir lagret for eksempel under havbunnen. Spørsmålet er hvilket av de to typene hydrogen som er mest bærekraftig, der grønn hydrogen trenger store utbygginger av vind og solkraft for å kunne dekke energibehovet for produksjon. Denne utbyggingen vil også føre med seg store utslipp. **nrkHydrogen**.

4.2.5 Ammoniakk

Ammoniakk er billigere å produsere i forhold til annet alternativt. Det er også enklere å lagre og transportere. Det er en gass som har innhold av hydrogen og nitrogen (NH₃) og dersom den blir produsert av fornybare energikilder er den et godt alternativ for en klimavennlig energibærer. Etersom det er 90% rener en diesel, ved forbrenning. Energitettheten er høyere i flytende form i forhold til ren komprimert hydrogen som gjør at den kan bli lagret i lettere tanker. Ved - 33 grader er den i flytende form, mens hydrogen må kjøles ned helt til -253 °C. Ulempen med ammoniakk er at den er giftig og etsende og det

er derfor viktig med gode krav for prosedyrer og ventilasjon, og hvordan en skal håndere dette.

4.2.6 Metanol

Metanol er ganske lik som naturgass. Det er oppbygget på nesten samme struktur. Det blir produsert av treverk og andre biomasser, eller det kan bli produsert av CO₂ og vann, og ved fornybar kilde, oppnår man absorpsjon av CO₂ fra atmosfæren.

4.2.7 Batteri

Batteri er massive volumkrevende energibærere som egner seg mest for korte distanser. Batteri treng store mengder kjøling og har strenge krav til plassering. Fullelektrisk tråler er ikke et tema, vertfall idag. Det fine med batteri er at det kan levere full og ønskelig effekt i de tidspunktene man ønsker. Det er derfor en fordel å ha en batteripakke ombord som kan "peakshave" effektbehov i tider når lasten blir for høy for motor. Batteri kan også lades ved lite effektbehov for å så bli tatt i bruk når det er et større behov igjen. Dette er et fint ekstrautstyr for å kunne utnytte mer av energiproduksjonen.

4.2.8 Kjernekraft

Kjernekraft har i lang tid vært sett på som et skummelt energikilde. Det er stor utvikling av nyere løsninger rundt om i verden idag. Blant annet holder hans selskap TerraPower å utvikle en smeltedreaktor som skal gå på thorium. Dette er et enda tryggere grunnstoff enn uran som mange kjenner til. Thoriumsreaktoren kan bygges i mye mindre skal, og kan i fremtiden sjå ut til å kunne bli små kraftverk rundt om. Når en slik teknologi kan skaleres ned til en liten motor ombord i et skip, begynner visjonen om nullutslippsfartøy å se enkel ut. Det blir sagt at ved en klump som er like stor som en rubikskube kan gi strømproduksjon og drifte båten i 20 år. Dette er absurde tall, som mange rundt om i verda presenterer og kan vise til.

4.3 Sammenligning av energibærere

Kostnad		
Alternativt drivstoff	Positivt	Negativt
BioDiesel	Kan spare ved utslippsavgifter	Dyrere en vanlig MDO
Biogass	..	
LNG	...	Dyrt
Hydrogen	Kan fort spare på avgifter ettersom det gir null utslipp	Fortsatt dyr teknologi og drivstoff
Ammoniakk	Skal være det mest konkurransedyktige	Vedlikeholdskrevende
Metanol	...	...
Batteri	Enkelt, og kan lades mot en dyrere energibærer	Høy innkjøpspris

Logistikk		
Alternativt drivstoff	Positivt	Negativt
BioDiesel	AF	AFG
Biogass	..	
LNG	Utbredt og stort marked	Stor etterspørsel
Hydrogen	Lett å frakte	Vanskelig å fremstille grønt, må kjøles ned ganske mye
Ammoniakk	Allerede mye brukt i industrien	
Metanol	...	...
Batteri	Enkelt å ta i bruk	Avfallsproblematisk

4.4 Fremdrift og propulsjonskonsept

Å velge løsning i tidlig fase er svært viktig for videre arbeid. For oss har det vært utfordringer med hvilket alternativt drivstoff som kan passe for en fisketråler. Det er mange alternative på markedet og alle vil fremheve sitt drivstoff som den mest grønne og gunstige alternativet. Dette gjorde at en må sette seg dypt inn i de forskjellige og lære hvordan de oppfører seg i miljøet, hvilket forbrenning de har og hvordan de kan passe inn for det valgte skipet. Fisketrålere har mye utstyr ombord, lite plass, mye vekt og last, som videre kan skape utfordringer for noen drivstoff, som for eksempel hydrogen.

Ved oppdaging av ammoniakkens egenskaper, bestemte vi oss at det var det rette energibæreren skipet skulle drifte på. Etttersom det cirka er halvparten så plasskrevende som hydrogen vart valget enkelt. Spesielt i denne overgangsfasen til alternative drivstoff, var oppdagingen av dualfuelmotoren en viktig del av konseptet. Wärtsilä som produserer denne typen motor har blitt kontaktet for ytterlige data og informasjon. Det var anbefalt ett blandingsforhold på 30% diesel og 70% ammoniakk for å oppnå 50% reduksjon i CO₂.

Det vart bestemt å gå for et konvensjonelt system med aksel direkte på propell for å ha størst mulig virkningsgrad. I tillegg bør det være en batteripakke for å holde jevn belastning for å ikke brenne for mye ammoniakk, og redusere totalutslippet.

4.5 Valg av endelig energibærer

Senere når vi hadde valgt fremdriftssystem og ammoniakk, møtte vi på flere utfordringer. Her ville reder satse på noe som er på markedet helst i dag, men det var i orden om det ikke var det. Derfor ble det bestemt at skipet skulle bli bredert for å gå på ammoniakk når drivstoffet begynner å bli mer attraktivt på markedet. I mellomtiden ble det sett på andre alternativer som kan erstatte ammoniakk, men ikke at det ble vesentlig høyere kostnad å få den over på ammoniakk i etterkant.

Med kontakt fra Wartsila så nevnte de at dual-fuel motoren kunne gå på LNG og ammoniakk. I tillegg så var det fullt mulig å bruke LNG tanker til ammoniakken også. Dette var et attraktivt forslag som ble sett mer på. Dersom skipet går på LNG i første omgang så vil det ikke oppnå 50% CO₂ reduksjon, men det var fortsatt bedre enn vanlig konvensjonelt drivstoff. Også, ombyggingen fra LNG til ammoniakk ville ikke være så stor. Grunnen til dette er som nevnt over; ettersom skipet har blitt designet med prepareringsrom i forkant så vil det spare for store ombyggingskostnadene.

Skipet skal derimot gå LNG og diesel med dual-fuel motor. Det finnes to typer LNG motorer, ren gassmotor og dual fuel. Dual-fuel er valgt fordi skipet skal klargjøres for ammoniakk i senere tid. I tillegg gir dual-fuel fleksibilitet når både diesel og gass kan bli brukt. LNG tankene ble designet for ammoniakk bruk, som gav oss stort volumtilgang med LNG som i teorien kunnet gått på ren gassdrift.

5 Valg av hoveddimensjoner

I kravspesifikasjonene har reder nevnt at de håper ikke fartøyet er lengre enn 75 meter og at konsulenten må rådgi hvorvidt dette er realistisk eller ikke. Det ble valgt å legge seg i øverste grense med 75m i startfasen. Grunnen til det er ettersom karbonavtrykket skal reduseres med 50% er det ofte plasskrevende, men rederen var villig til å satse på det.

I begynnelsen ble regresjon brukt for å finne startverdier. Her ble informasjon fra lignende skip hentet ut og lagt inn i Microsoft Excel for å sette opp tabeller. Regresjon samt innsamlede data, kan en finne i Vedlegg "A". Dette er kun startverdier som skal justeres etterhvert, men i førsteomgang ble følgende funnet ut fra regresjon:

L	75 m
B	16 m
T	7 m
D	9,4 m
GT	3800 t

Table 1: Hoveddimensjoner

5.1 Parametrisering

I begynnelsen av prosjektet er det ønskelig at start verdier for hoveddimensjoner skal være best mulig. Grunnen til det er når man først setter verdier og går videre i beregninger, kan det bli tung vindt i etterkant. Parametrisering gir da en mulighet for å vise forhold mellom dimensjonene og i følgende avsnitt skal vi se nærmere på hva som skjer i praksis.

5.2 L/B - forhold

Den viktigste parameteren er forholdet mellom lengden og bredden til skipet. L/B forholdet kan variere fra ulike skipstyper og de viser hvilken betydning det er mellom sjøegenskaper og motstand. Dersom hastigheten har en stor betydning for skipet så vil man ha et stort L/B forhold, men da kan det ikke bli gunstig for stabiliteten og manøvreringen. I startfasen for skipet ble forholdet mellom lengden = 75m og bredden = 16m på 4,7.

5.3 C_b - Blokkoeffisient

Denne bestemmes fra ønsket fart og deplasement. Dersom en ønsker å øke farten så senker man C_b, men da må lengden økes for å opprettholde deplasementet. Et skip med lav C_b vil ha mindre motstand, men da kan dette gå ut over lastekapasitet, stabilitet og dypgangen.

5.4 B/D - forhold

B/D forholdet gir oss en indikasjon på stabilitets kriteriene, hvor stort behov en har for innvendig volum, samt ønsker deplasement. Forholdet for skipet mellom bredden og dybden ble på 1,7.

5.5 B/T - forhold

Forholdet mellom bredden og dypgangen bestemmer den våte overflaten til skipet og den gir oss en betydning for egenskapene til stabilitet. Ved $T=7$ og $B=16$ gav dette oss et forhold på 2,3.

5.6 L/D - forhold

L/D forhold gir oss en betydning for langsskipsstyrke og stålmengde. Et lavt L/D forhold krever mye mer stål i dekk og bunn, og kan dermed øke vekten uforholdsmessig uten at det gir god langsskipsstyrke. Medan et høyt L/D forhold gir en god langsskipsstyrke, men kan også gi unødvendig mye stål dersom forholdet er så høyt at minimumstykkelsen blir dimensjonerende.

L/B	4,7 m
B/D	1,7 m
B/T	2,3m
L/D	7,9 m

Table 2: Sammendrag av parametrene

5.7 Endring av hoveddimensjoner

Gjennomgangen i første runde med vekt, stabilitet og motstand viste at det måtte bli gjort endringer på noen av hoveddimensjonene. Med diskusjon fra veileder, fikk vi høre at dypgangen virket veldig høyt og det var lurest å redusere den. I tillegg med en dypgang på 7m fikk vi en høyere motstand i forhold til nødvendig motoreffekt, som gjorde at vi måtte redusere dypgangen med 0,6m. Lengden og bredden på skipet ble værandes, mens dypgangen ble dermed redusert ned til hoveddekket på 6,4m.

En annen ting var også tonnasjeberegning. Her ble det brukt regresjon for å finne brutto tonnasje i første omgang, men etter beregningene ble ferdig så ble den redusert. Se vedlegg for utregninger av tonnasje. I tabell 3 og 4 er det ett sammendrag av de nye dimensjonene.

Nye hoveddimensjoner og parametrene

L	75 m
B	16 m
T	6,4 m
D	9,4 m
GT	3111,74 t

Table 3: Nye hoveddimensjoner

L/B	4,7 m
B/D	1,7 m
B/T	2,5m
L/D	7,9 m

Table 4: Sammendrag av nye parametrene

6 Linjeutforming

Ettersom hoveddimensjoner ble satt, kunne vi gå videre til å designe et skrog. Her ble det brukt Maxsurf Modeler for å utforme skroget.

6.1 Skrogvalg

Trålere har som oftest nokså lik utforming på skroget ettersom det er det mest optimale for operasjonene de gjennomfører. Monohull er den mest brukte for slike fartøy og alle referanseskipene har bulbous-baug, vart det normalt å velge dette. For denne oppgaven ble et tradisjonelt monohull valgt. Hovedgrunnen er plassbehov ombord, samt at vi skal ha energibærere som krever stor plass. Monohull blir dermed det mest optimale skrogvalget for en fabrikktråler.

6.2 Akterskipet

I akterskipet ble det bestemt å ha en skeg fordi den bidrar til retningsstabilitet og forhindrer at skipet drifter av under tråling. En annen viktig ting å nevne er at en skeg skal være med på å skape lettere innstrømning til propelle og gi en så høy mulig virkningsgrad. Forhåpentligvis vil den redusere kavitasjon og avløysing rundt propellbladene. Målet er å styre mest mulig vannstrømming inn på propell.

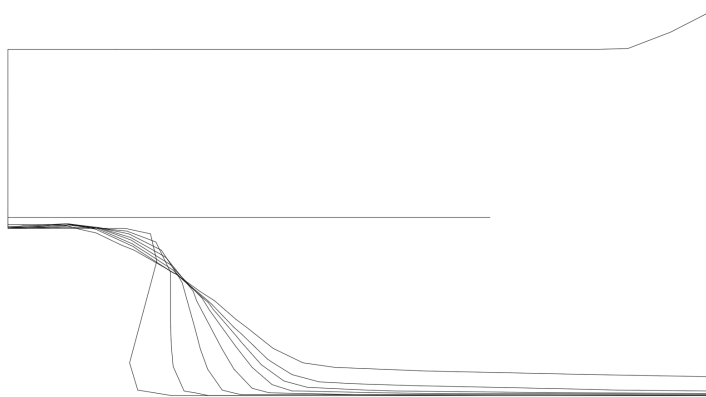


Figure 5: Akter

Etter en stund med diskutering hadde vi dermed bestemt å ha en skeg for det gav mer plass for giret, motoren, akslingen og propellen fordi det ble forskyvd bakover. Å designe akterskipet var utfordrende ettersom det ble gjort flere forandringer. Den største utfordringen vi møtte på var at forholdet mellom propell og ror skulle passe, samtidig som det ikke skal være for mye strømming som går over propellen, og skaper dårligere virkning. Akterskipet vart forlenga i høyden for at det skulle bli plass til ett 16 kvadratmeter stort ror. Etter at vi hadde forlenget akterskipet så ble det ganske flatt over propellen som kan

føre til ”slamming”, der vannet og bølgene slår opp mot skroget som fører til vibrasjoner og støy. Dette var en vanskelig prosess i MaxSurf Modeler, ettersom det er mange punkt som må holdes styr på.

6.3 Tverrsnitt

På figur 6 ser vi tverrsnittet akterut og forrut. Hovedmålet for skroget var å få det bredt slik at det var både plass til fiskelasten samt tankarrangementet. Ettersom det var snakk om LNG tanker og med operasjonsprofilen skipet gjennomfører, trengte vi stor plass. CM for skroget ligger på rundt 0,96 og dermed er det nesten ingen radius. En liten CM vil gi dermed større radiuser, men det gir også en økning for rulling av skipet.

Når man ser på figur 6 er bunnreisen for dette skipet liten og den ligger på 3° . Til vanlig pleier fisketrålere å ha litt bunnreis. I tillegg ligger slagradiusen på 1500 mm.

I tillegg skal de vertikale sidene være parallelle heilt ned til tank topp før slagradiusen begynner. dette er på grunn av den nødvendig plass i lasterommet, spesielt i forkant av skipet, der det begynner å smalne inn.

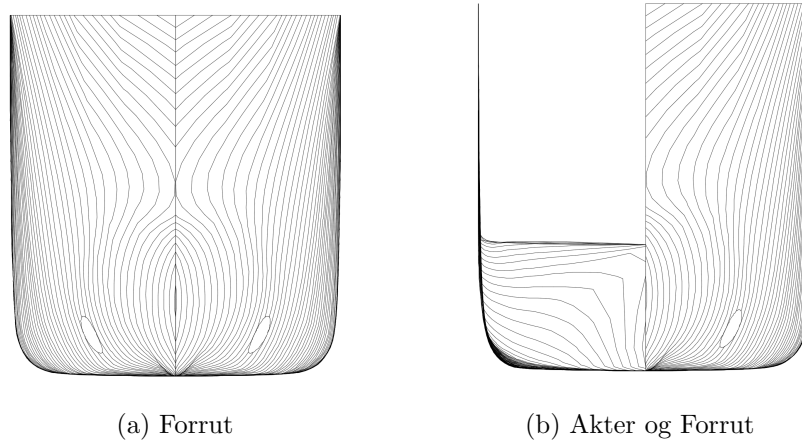


Figure 6: Tverrsnitt

6.4 Forskipet

Forskipet er designet med en bulb, fordi det kan være en effektiv løsning for reduksjon av totalmotstanden. Ettersom skipet ble designet med nokså stor bredde og vi hadde problem med hekken, førte det til en konklusjon av å ha bulb. En bulb kan i tillegg redusere drivstofforbruket og forbedre stabiliteten, som er en viktig faktor for dette prosjektet.

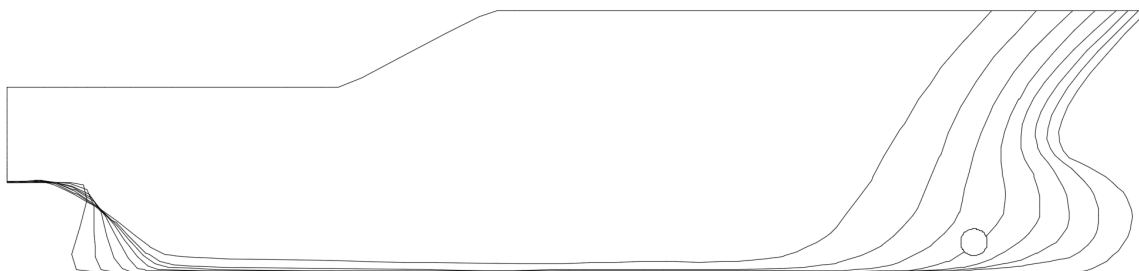


Figure 7: Profil

6.5 Vannlinjer

I starten av prosjektet hadde vi problemer med vannlinjene. Hovedformålet var å få de som en dråpe og ha mest mulig areal, men med begrensninga på 75 meter var det utfordrende. Plass var kritisk, spesielt for 2 meter tanktopp linjen. Grunnen til dette var fordi vi måtte strekke linjen helt ut til kanten av skroget, men dette førte til at C_b 'en hoppet opp til 0,96, som ble alt for høyt, med tanke på motstanden den ville ha brakt med seg. Senere var det nødvendig å finne en måte å redusere C_b på, men ta vare på lengden. Da fant vi ut at skroget var svært lekterformet og måtte øke slagradiusen. Etter at slagradiusen ble økt, gikk C_b ned til 0,75 som de fleste trålerene ligger på. Motstanden gikk ned til nivåer i henhold til søsterskipet, som beregningene støtter seg til.



Figure 8: Vannlinjer

6.6 Styrlast

Styrlast er den vinkelen som fartøybunnen danner med basislinja. Hovedformålet er å få akterskipet, samt propellen dypt ned i sjøen. Da vil også baugen komme mer opp som vil gjøre at skipet er lettere å manøvrere. De fleste fiskefartøyene er utstyrt med styrlast i dag, fordi de blir bygd ofte med større dypgang akter enn forrun. I tillegg når fartøyet ligger uten trim, da vil styrlasten gi forskjell i dypgang akter og forrut. Ettersom skroget har blitt moddelert ganske flatt i bunnen, er ikke skroget utformet med styrlast, selv om det hadde vært fornuftig for dette skroget. Dette vil ikke gi den oprinnelige stabiliteten. Grunnen til det er fordi styrlasten vil gi bedre innstrømning til propellen samt senke den og redusere støy og kavitasjon. Dette gir også en mer behagelig opplevelse ombord for mannskapet.

7 Motstand og Propulsjonsanalyse

7.1 Tidlig estimering

For å estimere motstanden i stille vann ved hjelp av empiriske formler, ble Maxsurf Resistance brukt. De forskjellige metodene som ble brukt for å estimere motstanden var følgende:

- Holtrop
- Compton
- Van Oortmerssen
- Fung

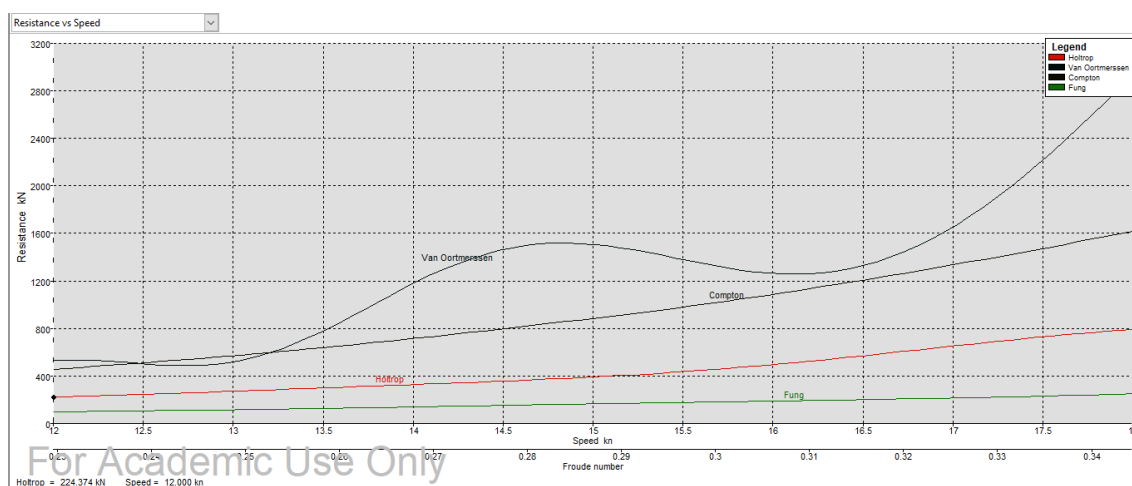


Figure 9: Motstand med forskjellige metoder

I grafen kan en se hvordan de forskjellige metodene gir ulik motstand ved samme hastighetene.

I denne prosjektoppgaven har vi brukt Holtrop sin metode ettersom den er mest vanlig å bruke. Under tidlig estimering var det viktig å finne ren skrogmotstand, for å sjå sammenheng mellom fart, motstand og effekt. Etter at ren skrogmotstand hadde blitt funnet, var det viktig å se på hva den totale motstanden ville være for skroget. For en tråler vil det være forskjellige motstander man må tenke på ettersom den opererer i annerledes operasjonsområder samt har varierende krefter på trålen.

I følge Ship Resistance and propulsion ligger skrogruheten og andre drag krefter mellom 2-5% og siden det var usikkert til å begynne hva de ville bli, satt vi dem på maks 5%. Når det gjelder drag koeffisienten er den forskjellig for hvilket type skip man har og hvordan overbygget er bygd. Dersom overbygget har mjukere kanter og ikke er så firkantet er drag koeffisienten ikke så stor. Overbygget på tråleren vår ble nokså firkantet i alle hjørnene som gjorde at drag koeffisienten låg mellom 0,8-0,9 og derfor satt vi den på 0,85. (**ShipPR**)

Skrogrmotstand i følge Molland i %			
Info	Verdi	Referanse	Valgt
Hull roughness	2% - 5%	Referanse fra Molland	5 %
Total appendage drag	2% - 5%	Referanse fra Molland	5 %
Drag koeffisient	0,85	Referanse fra Molland	0,85
Luftmotstand	$R_A = \frac{1}{2} \rho_A C_D V_A^2 A_P$	Referanse fra Molland	

Figure 10: Motstand med forskjellige metoder

Fart [knop]	Ren skrogrmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			Total motstand [kN]		PE[kW]	
	Holtrop	Fung	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	25% margin	25% margin		
12	224	455,5	11,2	5,9	11,2	315,4		2431	
12,5	245,7	510,1	12,3	6,4	12,3	345,8		2777	
13	270,9	569	13,5	6,9	13,5	381,1		3182	
13,5	284,6	638,5	14,2	7,4	14,2	400,6		3474	
14	327,2	714,6	16,4	8,0	16,4	460,0		4136	
14,5	356,3	796,5	17,8	8,6	17,8	500,6		4663	
15	390,5	884,4	19,5	9,2	19,5	548,4		5284	
15,50	435,5	978,6	21,8	9,8	21,8	611,1		6085	

Figure 11: Motstand

Tråler			
Mål	Symbol	Verdi	Eining
Total Lengde	Loa	75	m
Bredde	b	16	m
Dypgang	t	6,4	m
Våt overflate	S _s	1042,3	
Deplasement		5832	t
fra AP	LCB	34,439	m
Vannlinje	LwL	73,73	m
Blokkoeffisient	C _b	0,754	m
Viskositet	v _s	$1,19 \cdot 10^{-6}$	m ² /s
Tetthet til vann	rho	1025	kg/m ³
Ruhet	k	$1,50 \cdot 10^{-4}$	m
Prosjektert Areal	A _{vs}	297	m ²
Luftdensitet	p _a	1,225	kg/m ³

Figure 12: Motstand

Tabellene viser oss total motstanden for skroget med marginer som er hentet fra [1]. Disse gav oss en indikator på hva den totale motstanden for skroget ville være. I vedlegg D kan vi se på hva den totale motstanden under trålingen vil være i tillegg. Dette er viktig å få undersøkt ettersom skipet kjører på to forskjellige hastigheter og da må man finne en bra propell som passer til skroget.

7.2 Propell

Mange fiskefartøy tar i bruk store propell. I startfasen satt vi diameteren på propellen til 4 meter og en propellklaring på 25%. Det ble valgt en fast propell for dette sipet og grunnen er fordi det gir mindre støy. Antall blad for propellen er 4 stykk. Det er ønskelig at propellen er fri for kavitasjon ettersom farten til skipet er på 14,5 knop og rundt 3 knop under tråling. I tabellen under har vi brukt kellers sin formel for å finne minimum blad areal. Denne ble da på 0,593.

Ettersom giret for skipet vårt er en 2 stroke engine gear, kan den gå på turtall. Her var det da ikke nødvendig for å prøve seg frem med turtall for å få ut dimensjoner som kan bli brukt i Open water diagram for å finne propell størrelse. Ved største hastigheten gav giret ett turtal på $n = 128$ RPM og ved lavest hastighet på 102 RPM.

Skipet i transit - 14,5 kn				
Teknisk data	Symbol	Verdi	Eining	Kommentar
Max hastighet	Vs	14,5	knop	
		7,46	m/s	
Motstand	R_T	500,6	kN	
Sjøvann densitet	rho	1,025	t/m ³	
Thrust reduksjon	t	0,31061		Empirisk formel
Wake faktor	w	0,33061		Empirisk formel

Propell	Symbol	Verdi	Eining	Kommentar
Propell diameter	D	4	m	
Neddykking	h	3,9	m	
Innløpshastighet	V_A	4,99	m/s	Inn på propell
Nødvendig propell thrust	T_nødv	726,1	kN	
		726149	N	
Atmosfærisk trykk	P_atm	101,325	Pa	Konstant
Vapour trykk	P_v	1,7	Pa	Konstant
statisk trykk	P_0	140,540	Pa	
	P_0-P_v	138,840		

Kellers kriterie	Symbol	Verdi	Eining	Kommentar
Keller konstant	K	0,2		For single screw
Antall propell blad	Z	4		
Minimum bladareal	A_e/A_0	0,593		

Figure 13: Propell regning 1

Skipet i tråle kondisjon - 3 kn og 40 tonn				
Teknisk data	Symbol	Verdi	Eining	Kommentar
Max hastighet	Vs	3	knop	
		1,54	m/s	
Motstand	R_T	460	kN	
Sjøvann densitet	rho	1025	kg/m ³	
Thrust redusjon	t	0,31061		Empirisk formel
Wake faktor	w	0,33061		Empirisk formel
Propell	Symbol	Verdi	Eining	Kommentar
Propell diameter	D	4	m	
Neddykking	h	3,9	m	
Innløpshastighet	V_A	1,03	m/s	Inn på propell
Nødvendig propell thrust	T_nødv	667,3	kN	
		667257	N	
Atmosfærisk trykk	P_atm	101325	Pa	Konstant
Vapour trykk	P_v	1700	Pa	Konstant
statisk trykk	P_0	140540	Pa	
Kellers kriterie	Symbol	Verdi	Eining	Kommentar
Keller konstant	K	0,2		For single screw
Antall propell blad	Z	4		
Minimum bladareal	A_e/A_0	0,5610		

Figure 14: Propell regning 2

8 General Arrangement

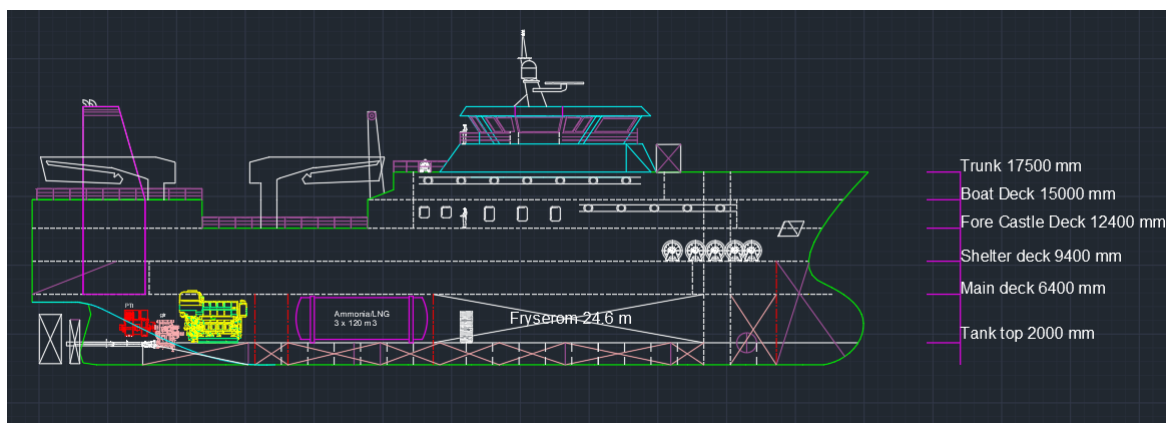


Figure 15: Profil AutoCAD

8.1 Tank top

Maskinrom

Maskinrommet inneholder primert en Wartsila 8V31DF dualfuel motor, som kan gå på LNG i første periode, og kan senere bli omgjort til å gå på ammoniakk drift med diesel. Det blir også plassert et tavlerom på dette dekket, og en workshop etter kravspesifikasjonen fra reder. Et nedkjølingsrom for fryserommet er også nødvendig å ha her.

Gassrom

Midtareralet i tanktopp blir det arrangert et prepareringsrom for ammoniakkdirift, og ett 13.2 meter langt rom for trykktankene. Dette rommet tar mye plass og skaper de største utfordringene for arrangementet på den begrensede lengden på 75 meter lang båt.

Lasterom/fryserom

Det vart presisert at fartøyet skulle ha en lastekapasitet på 1000 tonn frossen fisk. Gjennom veileder fekk vi informasjonen om hvor mye antall tonn fisk per kubikk det var på den type last. Det vart sagt at for kvitfisk ligger den rundt 0.55 t/m³. Pallestørrelsen var 1070 mm i bredden, 1070 mm i lengden og 1750 mm i høyden. Dette gav et antall på minimum 486 paller. Ved videre dialog med veileder vart det oppmerksomt på isolasjonenmengden som måtte til, ettersom stålet leder lett den kalde temperaturen vekk fra det ønskelige området, og i tillegg kan skape skader i strukturen. Dette gav ei lengde på nesten 25 meter. Det vart ekstra langt på grunn av at linjene begynner å gå innover ganske tidlig, og blir fremskyvet på grunn av trykktank området.

8.2 Hoveddekk

Fabrikk

Fabrikken skulle kunne ta for seg en mengde på 100 tonn innfrysning i døgnet, med 10 vertikal fryser. Etter å ha kontaktet Skipsteknisk AS for informasjon av fabrikk, fikk vi tilsendt en tegning fra leverandøren Optimar, som er en lokal produsent av fabrikk spesielt til trålere. Dette gjorde organiseringen ombord på dette dekk enklere å forholde seg, og det ble enklere å trekke kanaler som ventilasjon der det kunne gjøre seg.

Emballasjerom

Emballasjerommet skulle etter kravspesifikasjonen være minimum 100 kvadrat. Dette vart plassert i forkant av fabrikk ettersom fisken videre skal på paller, og lastes i lasterommet i dekket under.

8.3 Shelter dekk (trål dekk)

Dette er sjølve arbeidsdekket for arbeidsmannskapet. Her er det hovedsaklig 4 trålbaner som strekker seg fra aktre ende til omtrent hel frem som det let seg gjøre. Det var krav om 8 sveipevinsjer, som er plassert fremme i enden av trålbannen. Videre har det blitt gjort plass til et naust for lagring av trålsekker og annen form for liner, det hadde et minimumskrav på 40 kvadrat. Egen workshop for dette dekke, samt ett oppbevarings sted for ekstra trål dører. Det var spesifisert at det skulle være et eget rom for vinsj elektronikk som da vart plassert i nærrområde av de 8 vinsjene. like ved vinsjerommet kommer heisen opp fra fabrikk og lasterommet på styrbord side. Det var krav om incienator, og ble plassert like ved casingen. Dette er en ovn som brenner avfall. Itillegg til garderobe og skifterom for både dekksmannskap og fabrikkmannskap, er det laget plass for et NH3 rom og ett hydraulisk pumperom.

8.4 Fore castle dekk

Proviant

Rommet for oppbevaring av matvarer i både fryserom, kjølerom og tørrom skal ha en størrelse for oppbevaring av proviant for minimum 5 uker. Dette vart presentert i kravspesifikasjonen fra oppdragsgiver. Det ble presisert minimum 40 kvadrat, og at det skulle være arrangert for enkel ombordtaking. Det vart da plassert i bakdel av innredningsområde på fore castle dekk. Slik at lasten enkelt kan lastes ombord på værdekk og ved direkte adkomst til proviantrommet, gjør det bæreveien kortest mulig. En annen løysing vart oppservert når vi var i dialog med veileder fra Skipstekniske AS. Det ble informert om at det ofte er en luke framme på trunken, øvre værdekk, for lossing av last. Ettersom det ofte er ønskelig med en alternativ lossemetode i tilfelle heissystemet blir ute av drift. Det vart da observert at luken framme kunne hatt tilkobling til proviantrommet, og blitt laste

inn direkte gjennom den. Dette er et forslag fra vår side, og som reder må ta en avgjørelse på hvordan han tenker er best.

Messe og bysse

Det skal være plass til 20 personer samtidig i messa. Messa er område hvor mannskapet spiser måltidene sine. Etter litt vansker med å finne størrelsen for bysse, fekk vi svar med oppdragsgiver Skipsteknisk AS at en bysse på 20 kvadratmeter er en romslig størrelse.

Lugarer

Det skal være krav til 30 mannskap ombord. Etter erfaring og spørrerunde, er det flesteparten som ønsker enkellugar. Det vart da bestemt at det måtte tilpasse for 30 egne lugarer. Dette er noe reder også må være med på å bestemme, ettersom det kan være med på å spare innkjøpskostnader og rørsystem. Lugarene er på 9 kvadrat, mens minimumskravet er på ca. 6 kvadrat, dette for å gi arbeiderene mest mulige glede tiden de tilberinger på lugaren. På fore castle dekket er det lagt opp til 15 lugarer, og ett felles vaskerom for dette dekket.

Uteområdet (fore castle)

Ute på værdekket er det plassert 3 trålvinsjer og en kran. Itillegg til en trommel for oppbevaring av tråsekk eller annen not. En hangar til mob-båt er også tilrettelagt for her, med en davit kran på babord side.

8.5 Båt dekk

Her er det ytterligere 15 lugarer, der noen er større for mannskap i høyere stilling. Det er også krav til hospital til et slikt mannskap og størrelse båt. Adkomst til ankerrommet i forkant, og en gilsemast på utedekk ved innredning. En kran er også plassert på dekket helt bake sammen med en tømmevinsj og hjelpevinsj.

8.6 Trunk

På toppen av det øverste dekk ligger den forrute kranen som kan komme til hjel til lossing og lasting av proviant gjennom luken. Bak overbygget ligger 2 gilsevinsjer der vaier går gjennom gilsemasten og ned til tråldekket.

9 Dekksutstyr

Trålere har svært mye utstyr og det er rederen som setter krav for hva som skal ombord. Ettersom mye av utstyret har forskjellig vekt, ble det brukt mye tid på å finne fra leverandører hva hver komponent veier. Noen komponenter ble det antatt vekt som for eksempel gilsevinsjer, medan andre fikk vi utlevert. Det ble gjort flere iterasjoner for å se hvilke komponenter samsvarde på de forskjellige områdene ombord i skipet.

9.1 Tråleutstyr

Krav fra rederen var å ha ombord 3 x trålvinsjer med dimensjoner på 3500 m x Ø32 mm vaier, der fartøyet skal fiske med dobbeltrål. Det ble valgt å montere to trålvinsjer på babord og en på styrbordsiden på forecastle dekket. I første omgang var det to på styrbord siden, men dette gav oss for mye krenning som gjorde at vi måtte bytte side.

I tillegg skulle fartøyet være utstyrt med uthaler vinsj, tømmevinsj og hjelpevinsjer som er normalt for denne tråltypen. Tømmevinsjen ble plassert midt på forecastle dekket mellom trålvinsjene. Uthaler vinsj og hjelpevinsj ligger bak i hekken og i tillegg er fartøyet utstyrt med to vinsjer bak i trålslippen.

Et annet krav fra rederen var å ha 8 x sveipevinsjer, der det skulle være fire trålbaner. Sveipevinsjene ble montert helt fremme i trålbanen på tråldekket. Grunnen var fordi sveipevinsjene skal kunne dra trålsekken opp på trålbanen og deretter sende fisken ned i mottaksbingen(?). Det var også krav om gilsemast på fartøyet som skulle ha 2 x gilsevinsjer og disse ble montert på båt dekket. I tillegg var det krav om reserve tråldører, som ble plassert akterut på tråldekket.

9.2 Kraner

Fartøyet er utstyrt med 3 x kraner der det var krav fra rederen å ha en forrut, en akter og en midtskips. I akterenden på spant 16 ligger det en knuckle boom kran og midtskips på forecastle dekket er det også en knuckle boom kran, mens forrut på båt dekket har vi en stiff boom kran. Etersom plass er begrenset og det var krav om tre kraner, var det naturlig å montere de i denne rekkefølgen. Kranen midtskips som er på forecastle dekket, ble plassert her ettersom dette er arbeidsdekket til mannskapet. Denne muligheten gir da mannskapet for minst mulig bæring ombord og den er lett tilgjengelig på arbeidsdekket.

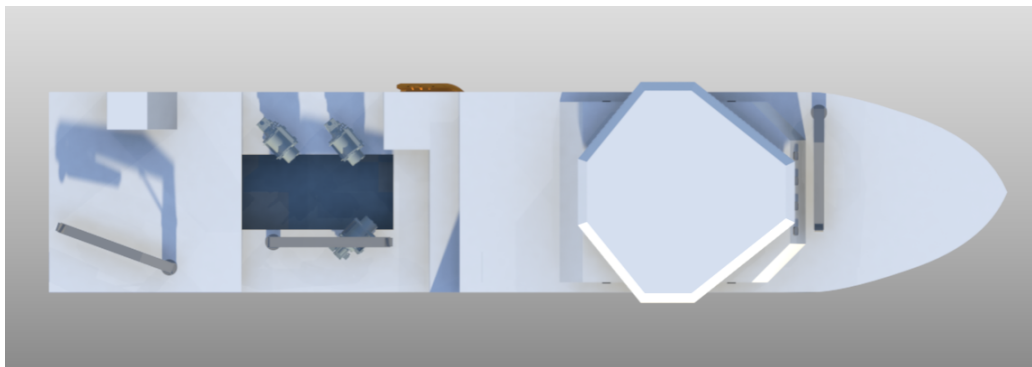


Figure 16: Visualisering av kraner

9.3 Anker og fortøyningsutstyr

Etersom dette er ett nytt fartøy bestemmes anker og fortøyningsutstyr ut i fra ett utrustningsnummer (EN). For å finne nummeret må en finne det i formler og tabeller i DNV-GL reglene (KILDE). Følgende formel ble brukt:

$$EN = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 \cdot B \cdot H + 0,1A$$

hvor:

- EN = utrustningsnummer
- H = effektiv høyde i [m] fra vannlinje og opp til øverste dekkshuset

$$H = a + \sum hi$$

- a = distanse fra vannlinjen midtskips til øvre dekk sett fra siden
- hi = høyde i [m] på senterlinjen fra øverste dekk
- A = areal i [m²] til profilenbilde av skroget

Denne formelen gav oss ett utrustningsnummer på $EN = 923,241$.

Fra tabellen i DNV-GL ser vi at utrustningsnummeret 923,241 gir utrustningsbokstaven "v". Her får man da oppgitt ett behov for 2 anker på 2850 KG og kjetting på 495 meter. I tillegg oppgir tabellen fortøyningstrosser på 4 x 170 meter og slepetrosser på 190 m.

9.4 Sammendrag av dekkstutstyr

Dekkstutstyr	
Trålstutstyr	3 x Trålvinsjer 3500 m x 32 mm 8 x Sveipevinsjer 2 x Gilsevinsjer 1 x uthalervinsj 1 x Tømmeevinsj 1 x Hjelpevinsj 2 x Vinsj bak i trålslippen 2 x Reserve tråldører 2 x Tråldører i hekk
Kraner	3 x kraner 5t @ 12m, akter, midtskips og forrut
Anker og fortøyningssystem	2 x anker 2850 KG med kjetting på 495 m (48 mm kvalitet) 2 x Ankervinsj 5000 KG Fortøyningstrosser 4 x 170 m Slepetrosse 190 m 559 kN

Table 5: Sammendrag av dekkstutstyr

10 Tankkapasitet

Det er utfordrende å kunne si eksakt hvor mye en frysetråler bruker til tider. Forbruket er avhengig av mange faktorer. Blant de største variablene er det hvor mye fisk de klarer å få per dag. Er skipet hyppig til kais, får den muligheten for oftere bunkring. Da kan CO2 forurensningen gå ytterligere ned ettersom det blir kortere tid mellom hver gang, og det kan forbrennes mer ammoniakk enn Diesel. Det kan slå andre veien også, hvor det hender seg at det er dårlig fiske, og tidsbruken på feltet øker, vil ammoniakken bli brent opp.

10.1 Ferskvann

Ferskvannstankene er viktig å ikke plassere i nærheten av oljer eller drivstoff ettersom dette kan gi en forurensing av vannet. Ombord på skipet skal det være 30 mannskap og i følge — er det gjennomsnittlige vannforbruket til en person rundt 150-200 liter per døgn. Ettersom fisketråleren skal være på havet en stund har vi anslått at hver person bruker 200 liter per døgn for å ha litt margin, men dette kan justeres dersom det er nødvendig.

Ferskvannsbehov for 30 fast mannskap og de lengste toktene på 30 dager er som følgende:

$$200 \cdot 30 \cdot 30 \cdot 1,05 = 189.000 dm^3 \quad (1)$$

Dette tilsvarer

$$189 m^3 \quad (2)$$

Grunnen for at vi ganger med 1,05 er fordi vi skal ha 5% margin. I tillegg siden mannskapet er ute nokså lenge om gangen tenkte vi det var lurt å ha ekstra kapasitet i ferskvannstankene.

10.2 Gråvann og svartvann

Størrelsene for gråvann og svartvannstankene ble estimert av ferskvannstankene. For gråvann ble det satt på 60% av ferskvannskapasiteten og volumet ble 113,4 m³. Svartvannstankene ble satt rundt 30% av ferskvannskapasiteten og disse kom på 56,7 m³.

10.3 Diesel

Gjennom driftsprofilen og det årlige forbruket på 4800 tonn, har det blitt arrangert dieselkapasitet for fem veker i tilfelle det ikke er mulig å drifte på LNG eller ammoniakk. Her vart det regnet med søsterskipets maskinerisystem. Skipet hadde en hovedmotor på 4500 kWh og to stykk hjelpemotorer på 1500kW, dette regnestykke blir i overkant mye for vårt

skip, ettersom hjelpemotorene mest sannsynlig aldri gjekk på så høy effekt. Regnestykke ser slik ut:

$$24 \cdot 30 \cdot (4500 \cdot 0,8 + 3000 \cdot 0,8 \cdot 0,3) \quad (3)$$

Dette gir et total forbruk på:

$$3.110.400 kWh \quad (4)$$

Den spesifikke forbruksverdien er funnet fra motorleverandør Wärtsilä og har en verdi på 0,178 kg/kWh. Dette gir:

$$\frac{3.110.400}{0,178} = 553651,2 kg \quad (5)$$

Videre bruker man densiteten til marin diesel olje på 0,87 kg/liter og får kapasiteten:

$$\frac{553651,2}{0,87} = 636380,7 liter \quad (6)$$

Dette gir et krav på:

$$637 m^3 \quad (7)$$

10.4 Ammoniakk

Beregninger av kapasitet av trykktank baserer seg på data av ammoniakken sin egenskap. Verdier tatt fra DNV sitt kompendie "Ammonia as a marine fuel" fant vi verdiene vist i figur under.

	MGO	LPG	H ₂ 350 bar	H ₂ liquid	Ammonia
Density (t/m ³)	0.835	0.49	0.023	0.071	0.61
LHV (GJ/t)	42.7	46	120	120	18.6
GJ/m ³	35.7	22.6	2.80	8.52	11.4
Volume (m ³ /GJ) normalized	1	1.58	12.75	4.18	3.14

Figure 17: Kilde: DNV (Ammonia as a marine fuel)

Gjennom beregningene av total kWh forbruk gjennom ett år, ble ett gjennomsnitt av 10 og 15 turer i året anslått. Dette gav ett nødvendig energibehov på 2.250.000 kWh. I følge energy.org inneholder ammoniakk ved -33°C 4,32 kWh per liter. Dette gir et behov på:

$$\frac{2.250.000}{4,32} = 520833 liter \quad (8)$$

Dette gir et volum på:

$$521 m^3 \quad (9)$$

Siden det skal kuttes med 50% og ammoniakk er 90% rent trenger vi en innblanding med 70% ammoniakk sammen med diesel. Dette tallet blir brukt for å legge til litt margin Nødvendig volum trykktank:

$$521 \cdot 0,7 = 364m^3 \quad (10)$$

10.5 Trykktank dimensjoner

Siden høyden fra tanktopp til hoveddekk er 4,4 meter ble diameteren fastsatt. Dette gav da en variabel i lengderetning. Diameter vart fastsett til 3,8 meter slik det vart 300 mm klaring i topp og bunn for tanken. For å minimere at tankene skulle ta all plass av lengderetning, vart det sagt at vi kunne ha 3 tanker i bredden. Dette gav en lengde på 11 m ved en diameter på 3,8 m.

10.6 LNG

Siden LNG bare reduserer CO2 utslippene med 20-30% er ikke tankkapasiteten regnet for LNG men ved ammoniakk. Med volumet $364 m^3$ og densitet på $450 kg/m^3$ for LNG, gir dette en masse på $164063 kg$. Energi per kg for LNG er i området $13,6 kWh/kg$. Dette er en total effekt på:

$$164063 \cdot 13,6 = 2.231.250kWh < 2.250.000kWh \quad (11)$$

Dette er nesten den nødvendige energimengden i gjennomsnitt per tur. Altså skipet kan i bunn å grunn gå på 100% LNG drift

11 Struktur

Strukturen er noe av det mest sentrale for et vellykket skipsbyggeprosjekt. For en reder er det viktig at prisen ikke blir for høy i forhold til den forventede returen av investeringen. Det beste skipe vinner sjeldent, viss prosjektet blir for dyrt for rederen. Det er derfor viktig å optimalisere konstruksjonen mest mulig, for å spare stål og byggetimer.

Her ble det brukt Nauticus Hull for tidsmessige årsaker. Ved å kunne sette opp ett kritisk snitt i Nauticus Hull, kan man raskt finne dimensjoner og plater som endres opp i mot regelverk og styrkemessige årsaker. Programmet sjekker for alt i henhold til regelverke, buling og påkjennelser av momenter. Det blir da gitt ett minimumskrav utifra hva slags topologi man har valgt.

11.1 Topologi

Dette er oppbyggingen og sammensetningen av stivere, bærere og plater. Lengden på skroget har mye å si om hva slags retning man burde avstive. For konstruksjoner over 100 meter kan det bli fordelaktig å avstive i langskips retning. Dette for å kunne ta opp det lange spennene fra ende til annen. I dette tilfellet vart det avstivet langskips på et relativt kort skip. Dette var mest på grunn av at det var en enklere og mer visuell forståelse av oppsettet i Nauticus Hull. Det vart i senere tid avklart at fiskebåter som oftest er avstivet tverrskips på grunn av den relativ korte lengden. Det ble gjort en analyse ved å prøve en utradisjonell oppbygging, for å se forskjeller. Det vart bestemt at stiveravstanden skulle være 600 mm og bærer avstand 2400 mm, altså et rammeverk kvart fjerde spant. [DNV 2]

11.2 Isklasse (ICE 1B DNV)

Fartøyet skal også ha isklasse. Dette gir strengere krav til tykkelser og styrke. Spesielt i området hvor vannlinjen holder til, og det er bestemte regler som sier det skal være ekstra tykkelse på hudplatene en hvis avstand over og under høyeste og laveste djupgang. Dette blir kalt "isbeltet", Det er et arealområde som gir krav til tykkere og sterkere struktur i et viss område over og under høyeste og laveste djupgang. Kravet sier også at avstanden skal være større i området framfor hvor de parallelle skutesidene i x-posisjon slutter å være parallelle, altså i baug området. Etter hvert som snittet vart definert, vart det lagt inn tverrskipsstivere i sidene for å tilfredstille iskravene. Dette gav også redusert platetykkelser i isbeltet. Det er også krav til at styrken i disse områdene skal være sterkere, derfor ble stiverene satt til halvspant, en avstand på 300 mm.

DNV sine notasjon for isklasse 1B, tilsier at det kan operere i en istykkelse på 0,6 meter, og kunne tåle denne påkjenningen styrkemessig. Designbasis for klassen er å kunne operere i moderat istykkelse, og kunne få hjelp av isbryter om nødvendig. ICE(1B) gir en maksimum

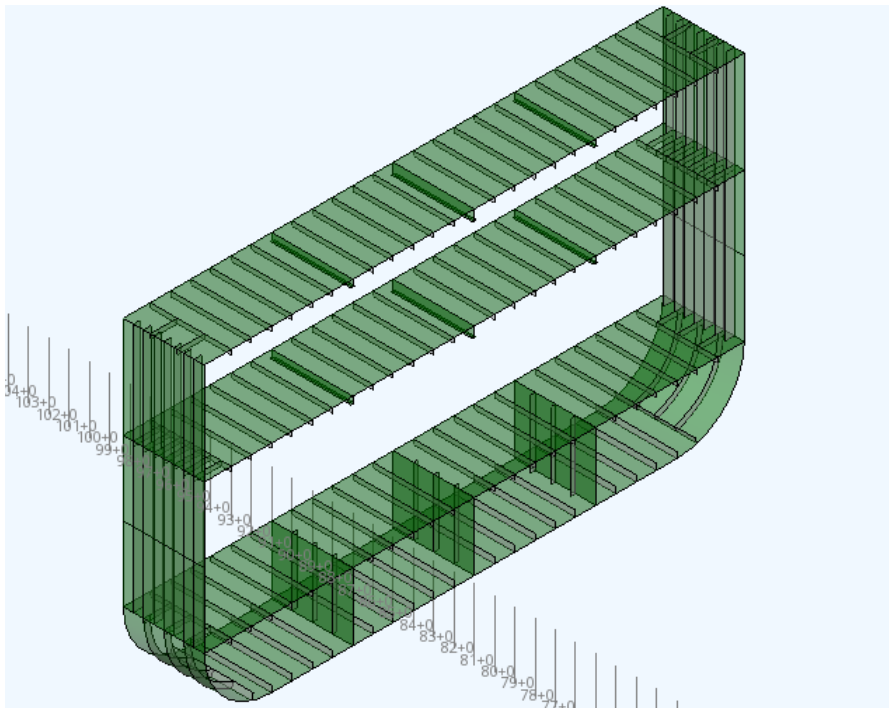


Figure 18: 3D av struktur

operativhastighet på 16 knop.

Table 11 Vertical extension of ice strengthening of the framing

<i>Ice class</i>	<i>Region</i>	<i>Above UIWL (m)</i>	<i>Below LIWL (m)</i>
Ice(1A*F), Ice(1A*)	Bow	1.2	to double bottom or below top of floors
	Midbody		2.0
	Stern		1.6
Ice(1A), (1B), (1C)	Bow	1.0	1.6
	midship		1.3
	Stern		1.0

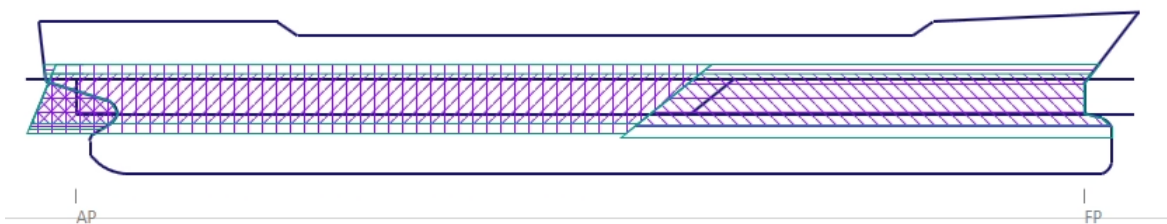


Figure 19: DNV: Nauticus Hull (Isbeltet)

Tabellen viser hvor mange meter under den laveste isdjupgangen (LIWL) og hvor høyt over øvre isdjupgang (UIWL) som skal ha ekstra platetykkelse. Det vart også definert 3 forskjellige tverrsnitt for å finne de varierende platetykkelsene og dimensjonene for de ulike områdene i isbeltet. Gjennom regelverke til DNV var det også krav om tykkere plater ved trålslippen og akterspeilet. Ved utregning gav det minimum tykkelse 14,5 mm

11.3 Bøyemoment

Bøyemomentene viser til hvordan ”skrogbjelken” blir påvirket i vannet, ved ulike laster. Ved å definere de ulike lastkondisjonene, får man frem ulike momentene bjelken får. Strukturen må dimensjoneres etter hva som blir størst av regel-momentet fra DNV eller det designa resultatet. Programmet Maxsurf, hvor skroget ble modellert, kan det hentes ut stille vannsmoment gjennom hogging og sagging kondisjoner. Det ble sjekke i alle tilstandene og tatt i bruk det høyeste sagging og hogging momentet. Tabelle under viser det at hogging og sagging i Maxsurf er større enn fra regelmomentet fra DNV sitt krav.

Bøyemoment				
	Hogging	kNm	Sagging	kNm
MAXSurf	Stille vann design	51826,23	Stille vann design	-86602,7
Nauticus	Stille vann regel/min	50639	Stille vann regel/min	-36740
	Bølgemoment Min	70510	Bølgemoment Min	-77926
Total		122336,2		-164529

Figure 20: Bøyemomenter

11.4 Resultat av dimensjoner

Etter å ha definert de ulike lastene og fått rett moment i Nauticus Hull, vart geometrien oppdatert etter de nye påkjenningene. Gjennom programmet får man ut alt av utregninger Maxsurf gav et større moment en det DNV-reglene gav. Det ble da lagt inn i Nauticus Hull i runde 2, og vart korrigert etter det nye momentet.

Resultat struktur			Spant #31
Komponent	Type	Dimensjon [mm]	
Dobbelbunn	Bunn	Plate	10
	Innside (TT)	Plate	10
	Bilge	Plate	10
	Senter bærer	Plate	10
	Side bærer	Plate	10
	Stiver bunn	HP Bulb	180 x 10
	Stiver innside	HP Bulb	180 x 10
	Stiver bilge	HP Bulb	160 x 11
	Stiver senterbærer	HP Bulb	140 x 10
	Stiver Sidebærer	HP Bulb	160 x 11
	Kjøll	Plate	12

Parallele linje kritisk snitt			Spant #31
Komponent	Type	Dimensjon [mm]	
Skutside og dekk	Plate(fra TT 2000mm - 3400mm)	Plate	10
	Plate(3400mm - 6400mm)	Plate	10
	Plate(6400mm - 7500mm)	Plate	11,5
	Plate(7500mm - 9400mm)	Plate	10
	Hoveddekk (HD)	Plate	10
	Stiver side TT-HD Tverskips	HP Bulb	220 x 9
	Stiver dekk Langskips	HP Bulb	140 x 10
	Shelter dekk (SD)	Plate	10
	Stiver side HD Tverskips	HP Bulb	180 x 10
Bærer i dekkene	Steg		200 x 10
	flens		100 x 10

Figure 21: Resultat struktur #-3 til #80

Tabellen under viser dimensjonene til skroget der linjene begynner å gå innover mot senter. Her er det krav til mye tykkere hudplate i isbeltet og høyere krav til styrke. Platetykkelsen er i overkant 50% tykkere, og man kan se at side stiverne er mye kraftigere.

Fremfor parallellt Snitt (baug området)			Spant #80
	Komponent	Type	Dimensjon [mm]
Skutside og dekk	Plate(fra TT 2000mm - 3100mm)	Plate	10
	Plate(3400mm - 6400mm)	Plate	16
	Plate(6400mm - 7500mm)	Plate	16
	Plate(7500mm - 9400mm)	Plate	10
	Hoveddekk (HD)	Plate	10
	Stiver side TT-HD Tverskips	HP Bulb	280 x 11
	Stiver dekk Langskips	HP Bulb	140 x 10
	Shelter dekk (SD)	Plate	10
	Stiver side HD Tverskips	HP Bulb	260 x 11
	Bærer i dekkene	Steg	200 x 10
		flens	100 x 10

Figure 22: Resultat struktur spant #80 og fremmover

12 Vektestimater

For en fabrikk tråler er det en del utstyr som skal ombord og det er nødvendig å finne vekten for de forskjellige komponentene. Vektberegning kan bli en utfordrende prosess ettersom man må finne informasjon for de forskjellige vektene som skal ombord på skipet. Ofte kan det være begrenset med informasjon og man må samarbeide med veileder og bedrifter for å finne ut av informasjon man trenger.

I denne oppgaven har vi beregnet lettskipsvekten ved å finne tyngdepunktet og vekten fra bunnen av til de forskjellige komponentene. Denne metoden blir kallet for Bottom up og det er den vi tar i bruk i denne oppgaven. I tillegg er det mulig å estimere vekt ved å sammenligne beregningene fra eksisterende skip som er Top Down metoden. Top Down er mer nøyaktig metode å bruke, men det som kan være utfordrende er at en må ha informasjon om vekten og komponentene til lignende skip. Som nevnt over bruker vi Bottom up metoden for vårt skip.

12.0.1 Skrog

Stålvekten til skroget består av struktur slik som stivere, bærere og plater. En kan regne ut vekten av alle platene og deretter gange med en strukturfaktor. I tillegg kan en legge til en strukturmargin som man kan bruke i beregningene. En slik tilnærming vil gi en mer realistisk VCG, TCG og LCG og det var denne metoden som ble valgt for å bruke i denne oppgaven. Tyngdepunktet og skrogarealet ble hentet ut i fra hydrostatikken til skroget som ble designet i Maxsur Modeller og platetykkelsen fra strukturdesignet.

12.0.2 Skipsutstyr

For komponentene der vektinformasjon ikke var tilgjengelig, var veileder og andre bedrifter til hjelp for vektsestimat.

- Kraner
- Anker og fortøyning
- Tråleutstyr
- Vinsjer
- Fabrikk

Når det gjelder anker og fortøyningsutstyr ble det regnet ut et ut-rustningsnummer ved hjelp av DNV-GL. Videre ble vektene til utstyret hentet fra tabellene som ligger i DNV-GL.

12.0.3 Laste utstyr

Dette er utstyr som blir brukt til last, slik som kraner.

12.0.4 Mannskap og innredning

For innredning fikk vi hjelp av Skipsteknisk AS, for hvilke størrelser som er normalt å bruke. Når det gjelder byssen og messen ble det brukt et areal på 20m², ettersom det er mye utstyr som skal i rommet og for at det skal være mer romslig.

12.0.5 System for hovedkomponenter

Her innebærer det system som hoved tavle, elektriske kabler, rørsystem.

12.0.6 Maskin komponenter

Mange av vektene for maskin komponentene ble hentet hos ulike leverandører samt hjelp fra veileder.

12.0.7 Skipssystem

Innebærer skipets system som ventilasjon, rør, vann og drivstoff. For å finne vekten av disse ble det brukt informasjon fra lignende skip samt antagelse. Grunnen til dette er fordi det ikke er mye informasjon til å finne når det gjelder tråler og derfor var det nødvendig med antagelse.

12.1 Usikkerheter

I tillegg er det viktig å nevne at det ikke har blitt gjort grundig undersøkelse når det gjelder lettskipsvekten for følgende rom:

- Incinerator i eget rom
- Eget rom for fabrikk elektronikk
- Eget rom for bro elektronikk
- Eget rom for vinsj elektronikk
- Ventilasjonsrom
- Hydraulikkrom og NH₃ rom
- Proviantlager, inkl kjøøl og frys
- Workshop for maskinrom/fabrikkdekk/tråldekk
- Tavlerom til hovedtavler og drives

Grunnen til dette er fordi det ikke er mye informasjon på eksisterende skip når det gjelder vekter for slike rom. Når man skal finne vekten for slike skip så bruker en skaleringsskip der en skalerer ett basis-skip på volum. Mange av basis-skipene inneholder da vekten for de følgende rommene.

Dersom en ikke har tilgang til eksisterende skip, er man nødt til å bygge lettskipsvekten fra bunnen av. Da må en finne vekt av isolasjon og kledning, rør, ventilasjon, kabler, lysarmatur og til slutt utstyret som skal stå i rommet, samt fundamenteringen. Når det gjelder vekt av isolasjon og kledning så vil det være en stor del av vekten i det rommet for utenom stålet. For å oppsummere så vil denne prosessen være svært tidkrevende og tid er en viktig faktor for denne oppgaven. Derfor har vi bedt veilederen om å prøve å gi oss ett anslag på vekten for de følgende rommene og det var de tallene som ble brukt for videre beregninger.

12.2 Vekt sammendrag

Under estimeringen av vektene har det vært en del usikkerheter av de forskjellige komponentene, og derfor har det blitt lagt til marginer for lettskipsvekten. Følgende marginer ble brukt:

- Designmargin 15%
- Konstruksjonsmargin 5%
- Margin for fremtidig vekst 5%

13 Stabilitet

Maxsurf Stability ble brukt for stabilitetsberegninger. Først ble skroget modellert i Maxsurf Modeler og deretter eksportert til stability. Det er viktig å sjekke opp mot kriteriene slik at man treffer best mulig stabilitetskravene og kan få redusert vannlinjen best mulig. Dersom man har for høy stabilitet kan krengeingen føles ubehagelig og problemet kan løses ved at en installerer rulledempingstank som reduserer GM også gir en våt overflateeffekt som reduserer rullingen til skipet. I tillegg så er det nokså vanlig for fisketrålere å ha en kjøplate som er sveist under skroget dersom en sliter med å få godkjent stabiliteten. Denne kan enten være fylt med sand eller bare være en stål plate.

I følgende avsnitt skal vi se på hva fiskebåter generelt må passe på når det gjelder stabilitet.

13.1 Overbelastning av last

Dersom en overbelaster skipet kan det føre til to farlige stabilitetsfarer :

- Jo tyngre last en har i lasterommet så vil fribordet på fartøyet bli lavere, som videre fører til at vannivået er nærmere dekkskanten og stabilitetsområdet blir mer begrenset.
- Dersom man laster fisk høyere opp på dekk så blir fribordet senket, men det løfter også tyngdepunktet farligere. Dette begrenser stabilitetsområdet og bringer båten mye nærmere en veltende tilstand.

Når man laster for mye fangst i lasterommet, kommer fartøyet lavere i vannet og den ekstra vekten tærer på oppdriftsreservene. Videre kan dette føre til at når båtten ruller så er dekkskanten nærmere vannet og stabilitetssikkerheten reduseres og de sterke opprettingskreftene tapes mye tidligere. Da vil fartøyet kante raskere ved lavere rullevinkler.

For å oppsummere, å laste for mye fangst på dekk har to betydelige negative effekter. For det første overbelaster man båten som nevnt over og man reduserer fribordet og stabilitetsområdet. For det andre løfter den gjennomsnittet av all vekten om bord (altså man løfter tyngdepunktet) og gjør fartøyet mer topptungt. Denne kombinerte effekten er viktig å huske, da den kan være farlig og må beskyttes mot.

13.2 Tråling

En annen viktig ting å tenke på når det gjelder stabilitet er nemlig at spenningen i linene under tråling har en betydelig negativ innvirkning på fartøyets stabilitet.

- Spenningen til trekklinen vil trekke hekken lavere i vannet og redusere fribordet akterover.

-
- Den nedadgående vekten av lasten bringer fartøyet lavere i vannet.
 - Spenningen i linene som blir overført gjennom slepeblokkene eller punktet, øke fartøyets tyngdepunkt dramatisk.

Alle disse faktorene som er nevnt over reduserer fartøyets stabilitet. I tillegg dersom sjøtilstanden er røff, eller hvis fartøyet allerede er belastet tungt så kan den kombinerte effekten være farlig. En kraftig rulling under tauing kan også føre til at fartøyet snur og ruller til spenningen til linene. Retningen til dønningen og fartøyets generelle stabilitet er avgjørende for sikkerheten under denne operasjonen.

13.3 Lastkondisjoner

Fra DNVGL 2019 Pt.3 Ch.15. og Lovdata er det et krav å få godkjent stabilitetskriteriene ved forskjellige lastkondisjonene. Når det gjelder stabilitet angående fiskebåter/trålere var det opplyst i DNVGL 2019 Pt.3 Ch.15. at en måtte bruke DNVGL 2017 Pt.5 Ch.12. for "Fishing vessels". Denne ble brukt for å beregne stabiliteten samt lover fra Lovdata og følgende lastkondisjoner måtte bli testet:

- Avgang havn - Ballast
 - Avgang til fiskefeltene med fullt drivstoff, ferskvann m.m
- Avgang fra fiskefeltet
 - Avgang fra fiskefeltene med full fangst, med maksimal dypgang og ikke mer enn 30% drivstoff, ferskvann og proviant.
 - Avgang fra fiskefeltene uten last og ikke mer enn 30% drivstoffer.
 - Avgang fra fiskefeltene med full fangst, uten ballast og ikke mer enn 30% drivstoffer.
- Ankomst havn - Lastet
 - Ankomst til hjemmehavn med full fangst og 10% drivstoff, ferskvann, proviant.
 - Ankomst til hjemmehavn med 20% av full fangst og 10% drivstoff, ferskvann og proviant.
 - Ankomst til hjemmehavn med full fangst, uten ballast og 10% drivstoffer.

13.3.1 Avgang havn - Ballast

For denne lastkondisjonen har skipet fulle drivstofftanker og ballast for å opprettholde "even keel".

Avgang havn - Ballast					
Lastkondisjon	Masse [tonn]	TCG [m]	LCG [m]	VCG [m]	Total FSM [tonn m]
Lettskip	3462,357	0,011	35,016	7,748	0
Tank	2058,388	-0,025	34,162	4,274	3317,459
SUM	5520,745	-0,007	34,589	6,011	3317,459

Tank-fyllingsgrad [%]				
LNG	98 %		Svartvann	0 %
Diesel	98 %		Gråvann	0 %
Vann Ballast	98%		Ferskvann	98 %

Figure 23: Avgang havn - Ballast

13.3.2 Avgang fra fiskefeltet - full fangst

For denne lastkondisjonen har skipet full fangst og 30% drivstofftanker. Full fangst ligger på 1000 tonn med VCG på 3,85 meter.

Avgang fra fiskefeltet - med full fangst					
Lastkondisjon	Masse [tonn]	TCG [m]	LCG [m]	VCG [m]	Total FSM [tonn m]
Lettskip	3462,357	0,011	35,016	7,748	0
Last	1000	0	47,1	3,85	0
Tank	1324,888	-0,002	23,898	6,675	980,826
SUM	5787,245	0,003	35,338	6,091	980,826

Tank-fyllingsgrad [%]				
LNG	30 %		Svartvann	98 %
Diesel	30 %		Gråvann	98 %
Vann Ballast	85 %		Ferskvann	80 %

Figure 24: Avgang fra fiskefeltet med full fangst

13.3.3 Avgang fra fiskefeltet - uten last

Denne lastkondisjonen har ingen last og drivstofftankene har en fyllingsgrad på 30%.

Avgang fra fiskefeltet - uten last					
Lastkondisjon	Masse [tonn]	TCG [m]	LCG [m]	VCG [m]	Total FSM [tonn m]
Lettskip	3462,357	0,011	35,016	7,748	0
Tank	1599,938	-0,017	34,388	5,19	251,852
SUM	5062,295	-0,003	34,702	6,469	251,852

Tank-fyllingsgrad [%]				
LNG	30 %		Svartvann	98 %
Diesel	30 %		Gråvann	98 %
Vann Ballast	98 %		Ferskvann	78%

Figure 25: Avgang fra fiskefeltet - uten last

13.3.4 Avgang fra fiskefeltet - full fangst og uten ballast

For denne lastkondisjonen ligger drivstofftankene på rundt 30% også, med full fangst og ingen ballast.

Avgang fra fiskefeltet - uten Ballast med full fangst					
Lastkondisjon	Masse [tonn]	TCG [m]	LCG [m]	VCG [m]	Total FSM [tonn m]
Lettskip	3462,357	0,011	35,016	7,748	0
Last	1000	0	47,1	3,85	0
Tank	484,787	0,01	28,998	7,362	234,713
SUM	4947,144	0,007	37,038	6,32	234,713

Tank-fyllingsgrad [%]				
LNG	30 %		Svartvann	98 %
Diesel	30 %		Gråvann	98 %
Vann Ballast	0 %		Ferskvann	26 %

Figure 26: Avgang fra fiskefeltet - uten last

13.4 Ankomst havn - full fangst

Lastkondisjonen for å ankomme havn innebærer å ha full fangst og tomme 10% drivstofftanker.

Ankomst havn - med full fangst					
Lastkondisjon	Masse [tonn]	TCG [m]	LCG [m]	VCG [m]	Total FSM [tonn m]
Lettskip	3462,357	0,011	35,016	7,748	0
Last	1000	0	47,1	3,85	0
Tank	1079,919	0,01	22,608	7,452	234,13
SUM	5542,276	0,007	34,908	6,35	234,13

Tank-fyllingsgrad [%]				
LNG	10 %		Svartvann	98 %
Diesel	10 %		Gråvann	98 %
Vann Ballast	98 %		Ferskvann	26 %

Figure 27: Ankomst havn med full fangst

13.5 Ankomst havn - 20% av full fangst

For denne lastkondisjonen var det krav om å ha 20% av full fangst og 10% drivstofftanker.

Ankomst havn - med 20% av full fangst					
Lastkondisjon	Masse [tonn]	TCG [m]	LCG [m]	VCG [m]	Total FSM [tonn m]
Lettskip	3462,357	0,011	35,016	7,748	0
Last	200	0	40,9	3,85	0
Tank	1474,539	-0,008	27,722	7,833	263,224
SUM	5136,896	0,001	34,546	6,477	263,224

Tank-fyllingsgrad [%]				
LNG	10 %		Svartvann	98 %
Diesel	10 %		Gråvann	98 %
Vann Ballast	98 %		Ferskvann	26 %

Figure 28: Ankomst havn med 20% av full fangst

13.6 Ankomst havn - full fangst og uten ballast

For den siste lastkondisjonen er det krav med full fangst og ingen ballast ombord, sammen med 10% drivstofftanker.

Ankomst havn - uten Ballast med full fangst					
Lastkondisjon	Masse [tonn]	TCG [m]	LCG [m]	VCG [m]	Total FSM [tonn m]
Lettskip	3462,357	0,011	35,016	7,748	0
Last	1000	0	47,1	3,85	0
Tank	334,396	0,013	28,185	7,818	234,713
SUM	4796,753	0,008	36,767	6,472	234,713

Tank-fyllingsgrad [%]				
LNG	10 %		Svartvann	98 %
Diesel	10 %		Gråvann	98 %
Vann Ballast	0 %		Ferskvann	26 %

Figure 29: Ankomst havn uten Ballast

13.7 Kriterier

Stabilitetskriteriene som ble brukt for dette skroget er IMO A 749(18) Code on Intact Stability og A 749(18) Ch 4 - Special criteria for certain types of ships; 4.2 - Fishing vessel. I Maxsurf Stability ble lastkondisjonene kjørt for de valgte kriteriene og i begynnelsen ble ikke kriteriene godkjent, men etter par iterasjoner for skroget, ble de godkjent til slutt. I tabellen kan vi se hva kriteriene for de forskjellige lastkondisjonene ble og hvilke verdier som ble utløst.

13.8 utfordringer

De største utfordringene for stabilitet var i hovedsak organisering av tankarrangement, og den tverrskipelige tyngdekraften. Det vart gjort mange runder av ulike forslag av tankarrangementet for å kunne ha kontroll på trim, tillegg til å tilfredstille tankkapasitet-skravene. Første rundene var det mye problemer med krengeing. Problemet vart registrert og det var for mye vekt på styrbord side. Det vart da flyttet en trålvinsj og den forre kranen, over på babord side. Trålvinsjene vart også flytta mer inn mot senter, for å minimere effekten på tyngden i sideretning.

14 3D-modell

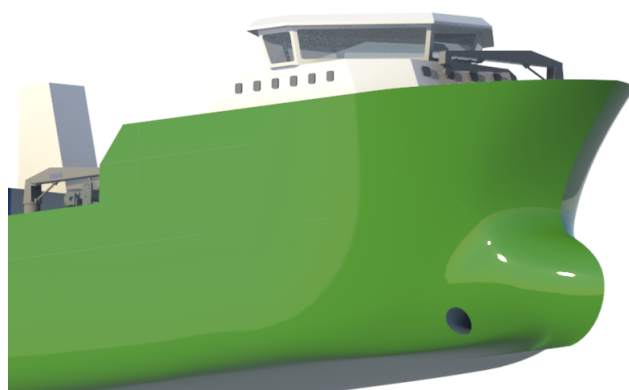
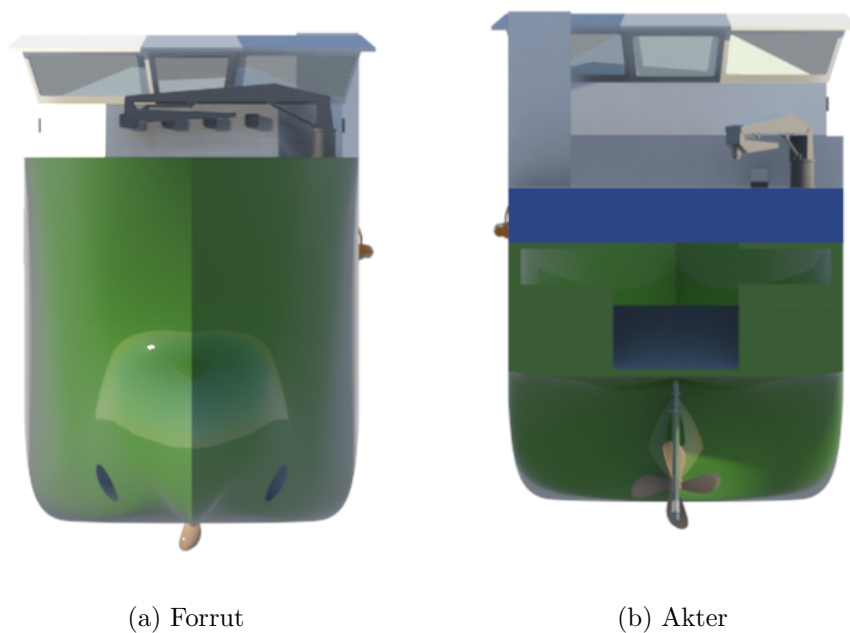


Figure 30: 3D-modell

14.1 Visualisering

En 3D-modell er med på å kunne visualisere totalproduktet i en tidligere fase. Dette er et svært nyttig verktøy for å kunne presentere et potensielt konsept, eller ønskelig produkt for en reder. Det gjør det enklere å se hvordan ting, rom og system heng sammen i et komplekst produkt. Å ha en modell i tidlig designfase, kan være med på å avdekke kundekravet raskere å gjøre designprosessen enklere. Det kan bli observert forbedringer eller nye ideer av reder tidligere, isteden for i sen fase der det kanskje ikke hadde vært mulig for forbedring eller nye ønsker.



(a) Forrut

(b) Akter

Figure 31: 3D fram og bak

Modellen vart modellert i Maxsurf Modeler, der skroget senere vart importert inn i Siemens NX. Dekkene vart modellert i MaxSurf tidlig i designfasen, det gjorde at vi hadde en mer komplett modell. Her vart modellen tatt vidare ved hjelp av nettbaserte delbibliotek, der mesteparten av utstyr vart lastet ned fra internett og tatt inn i modellen. Linjene av overbygget ble eksportert ut av AutoCAD for enkel og rask modellering. overbygget ble modellert som en egen fil. Til slutt vart den totale modellen bygd opp i en "Assembly", der delene vart hentet inn og plassert som Legoklosser.

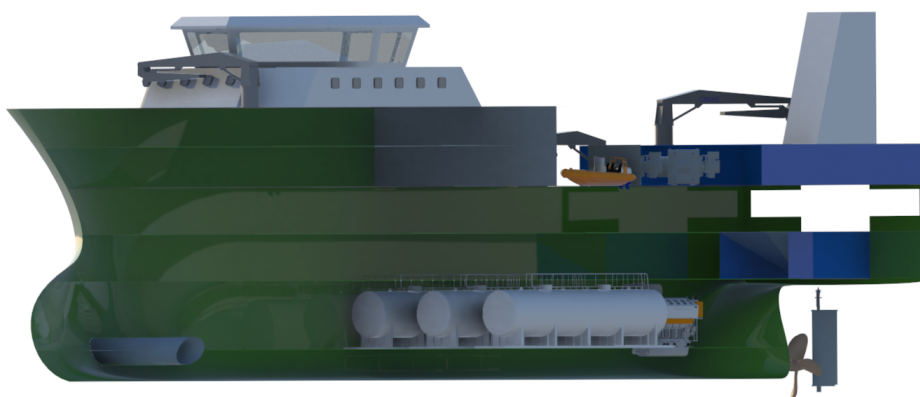


Figure 32: 3D visualisering

14.2 Teamcenter

Modelleringsprosessen ble gjennomført gjennom Siemens NX sitt Teamcenter program. Denne plattformen gav muligheter for jobbing i felleskap, der deler vart lastet opp til Teamsenter sin database, der alle som er med i Teamet kan ta i bruk og endre modellen og deler. Dette gav raskere ferdigstilling av ulike deler, og sammenstillingen gjekk raskt.



Figure 33: 3D profil

15 Diskusjon

Selve skroget har en veldig fin bau, men hekken kunne bli enda bedre. Ettersom vi har en skegg så var det vanskelig å designe den fint i MaxSurf Modeller og dette skapte oss problemer. Først var hekken alt for langt nede så det var lite propellklaring og vi måtte øke den. Selv om vi økte den var hekken fortsatt ganske lite neddykket som gjør at den er utsatt for slamming. I tillegg ble den ganske flat som også kan føre til slamming. Fiskebåter har nokså store propeller fra før av, så reduisering av propell diameteren

Når det gjelder stabilitet så har det vært utfordringer med den gjennom de forskjellige iterasjonene. Det største problemet var med estimering av vekt. Etter at vi hadde fått godkjent stabilitet, fant vi ut at noen ting manglet gjennom vektestimeringen og måtte legge til ekstra. Dette skapte da problem for stabiliteten ettersom det er nokså tunge komponenter ombord. Vind kriteriet var det vanskeligste og skipet krenget mye så her måtte vi prøve å tømme og legge til tanker for at den ikke skulle krenge. Etter at vi hadde oppdatert vekta så måtte general arrangementet også bli oppdatert, men det gikk fint.

Hjelpemidler for å unngå rulling kunne vært en løsning å sett på for å redusere den aktive rulling, blant anna rulledempingstank, slingrekjø, eller aktive finner. Rulledempningstank må sees vekk fra blant anna fordi GM forholdet.

For en tråler er det lastekapasiteten per tonnasje som sier om båten er et godt produkt. jo mer last man får med seg i en midre båt, jo billigere kan du bygge båten samtidig som inntjeningen vil være høy. Samtidig er drivstoffkapasiteten svært viktig, for å unngå mange unødvendige transitter. Ettersom rederen ønsket å finne ut av hvilken energibærer eller kombinasjon av energibære som ville være passende for dette fartøyet, og hvilke tiltak som kunne gjøres, var det en stor oppgave å finne ut av hva som skulle gjøres. Her ble det brukt mye tid på undersøking av ulike energibærere og hvilke egenskaper de har. Først var vi litt i stuss på hva som kunne fungere, men i etterkant landet vi på ammoniakk og diesel. Grunnen var fordi ammoniakken var den som kunne redusere CO2 mest mulig enn alle andre energibærere, samt fungere på en tråler.

Det som er negativt med ammoniakk er at det ikke har blitt konvensjonelt og testa i større skala. Noen motorer er i test fasen for å finne mer ut om egenskapene til ammoniakk og en prøver å finne en løsning som kan fungere på skip. I denne tiden begynner mange å vurdere ammoniakk som drivstoff og det foretrekker heller ammoniakk enn hydrogen.

Ettersom rederen ønsker å legge vekt på sikkerhet, logistikk, anvendelighet og kostnad er ammoniakk ikke så tiltrekkende. Den er kan være svært energikrevende og dyr. Å redusere CO2 med 50% på en fisketråler er en utfordring i seg selv. Grunnen til dette er fordi rederen ønsker å bruke kjente og fungerende løsninger, men samtidig satse på løsninger som bidrar til redusert karbonavtrykk. Med dagens fartøy er det kun noen få som klarer å redusere CO2 i større mengder, og for fiskefartøy som har lang operasjonsdrift kan dette bli utfordrende.

Kostnad, er også en viktig faktor. Å bygge et skip som skal gå på ammoniakk kommer til å bli en vesentlig dyrere løsning, istedenfor ett konvensjonelt drivstoff. Etter det som har blitt hørt og lest, kan det bli en fremtidig god investering for en reder å bygge en båt med en renere drift, ettersom de vil kunne spare mange millioner i årlig CO₂-avgift. Ammoniakk reglene har ikke kommet så langt enda i DNV, men som nevnt over er det i utforskningsfasen. Det som er allerede satt er om ett skip skal gå på ammoniakk er det nødt å være separat rom mellom maksinrommet og ammoniakk tanken. Her er det nødvendig å ha et prepareringsrom i mellom. Dersom skipet allerede blir bygd med ett prepareringsrom så er det ikke store ombyggingskostnader.

En annen viktig ting for at vi valgte ammoniakk som alternativt drivstoff var å se på logistikk. Som nevnt over i Kapittel 3.2 er operasjonsområde viktig å definere for å se hvilke muligheter vi kan ha. Det ble oppdaget at en ammoniakkfabrikk skal vær ferdigstilt i 2025 i Hammerfest, noe som gjør operasjonsområdet i Barentshavet er svært gunstig for bunkring av ammoniakk i fremtiden. Den grønne operasjonen er avhenging av bunkringsmuligheter langs kysten. Da det er viktig at det blir satset på dette fremover, for å kunne skape de grønne mulighetene, for maritimsektor langs norskekysten.

Under beregningene på ammoniakk og tank var det ikke lett å få plass til en tank i gassrommet på grunn av lasterommet og preparasjonsrommet. Preparasjonsrommet er bare 3 meter og det kunne gjerne vært mellom 4-5. I tillegg var det en beregningsfeil i tankarrangementet som gjorde at det var for lite tankkapasitet for den valgte driftsprofilen. Fra 2 store tanker måtte vi øke til 3 x tanker, men dette viste seg å ikke være noe problem ettersom vi økte diameteren og lengden. Det optimale for skroget hadde vært å øke lengden for å få mer plass til både maskinrommet, preparasjonsrommet og gassrommet. Lasterommet hadde mer paller enn nødvendig men dette var fordi vi gav oss et lite margin i tilfelle vi måtte korte ned rommet, som var bra for det måtte vi i etterkant.

I tillegg ble det brukt en del på motstand og propulsjon ettersom dette er viktig tema. Her var det brukt alt for mye tid for det var mangel ting som ble uklare jo mer en jobbet med det. Propellen her er bare blitt antatt at en med diameter på 4 meter vil være god nok så dette kunne så absolutt blitt mer forsket på. Og klassenotasjonene kunne også blitt mer undersøkt, men det var veldig tidsbegrensing på hva vi fikk gjennomgå.

16 Videre arbeid

Videre arbeid hadde i hovedsakt godt til utbedring og iterasjon av styrkeberegningene, ettersom det ikke ble definert laster på dekkene 100% korrekt. Dette i samspill med lettskipsvekten. Bygge lettskipet enda mer grundig opp, for å kunne være trygg på stabiliteten, og eventuelle endringer. Linjeutformingene spesielt i hekk og sider burder blitt optimalisert, og sett videre på styrlast for å bedre virkningsgrad til propell. Undersøking av ny teknologi propeller av selskapet Finnøy proppellers som produserer vridbare propeller som kan ligne på en azimuth løsning, men har innebygd ror i dyse, som gir direkte kraft hvor man ønsker det. Som er svært gunstig for en tråler som skal holde en bestemt heading under tråling. Det kan være med på ytterligere energibesparelser for en grønnere drift.

Ammoniakkberegningene bør tas en ny runde på, ettersom vi har oppdaget flere ulike verdier for de samme egenskapene. Vurdere om skipet bør forlenges med tanke på hele tanksystemet sammen med prepareringsystemet, for å få et renere design. Det ble aldri funnet ut hvor stort dette prepareringsrommet måtte være, og om det er noen krav til avstand til trykktankene. Dette er en trang løysing som kan virke litt urealistisk. Lasterommet kommer ganske langt forrut, og det har ikke blitt tatt hensyn til støtter og struktur i rommet, noe som mest trulig vil gå utover lastekapasiteten på 1000 tonn fisk.

Det er mange lover og regler som må fastsettes og dokumenteres, for eksempel redningststyr for mannskapet. Krav om livbåter til mannskap og andre sikkerhetsregler.

17 Konklusjon

I denne oppgaven har det blitt prosjektert en klimavennlig frysetråler som var basert på kravspesifikasjonene fra Skipsteknisk AS. Hovedformålet med oppgaven var å finne en form for alternative energibærere og være med på å prosjektere et grønnere fartøy. For at skipet skal klare 50% er det svært krevende for en tråler og dette skipet klarer ikke å gjennomføre det med LNG. Konklusjonen vår er derimot at med ammoniakk så kan det være en mulighet for å klare å redusere en god mengde med CO₂, men da må ammoniakken forskes mer på. Operasjonene til denne tråleren er omfattende som kan gjøre at mengden ammoniakk kan gå fortere tapt. Tanken rundt å ha ett batteri kan være med på at skipet delvis bruker det, slik at det ikke blir stor belastning på motoren også.

Denne oppgaven var veldig omfattende og stor som gjorde at det ble tatt noen antagelser som kanskje ikke helt stemmer. I tillegg med mye beregning er det fort gjort å gjøre feil. Derfor er det viktig å nevne at mange av løsningene ikke er optimale. Dette gjelder for eksempel propellanalysen eller ammoniakk beregningene. I tillegg så er mangelen av komponentene gjort en antagelse for og som trenger mer grundig undersøkelse underveis.

Driftsprofilen ble laget ut i fra informasjonen vi fikk oppgitt. Her var det også mangelen av antagelsene på energi og effektivitet på søsterskrogene ettersom det ikke var gitt dypere informasjon anngående hotell lasten eller andre energi brukere ombord.

Selv om prosjektet var omfattende var det svært spennende å prosjektere en fisketråler, spesielt en som skal gå mot grønnere skipsfart. Muligheten av å undersøke alternative energibærere gjorde at en fikk grundigere forståelse for hver enkelt.

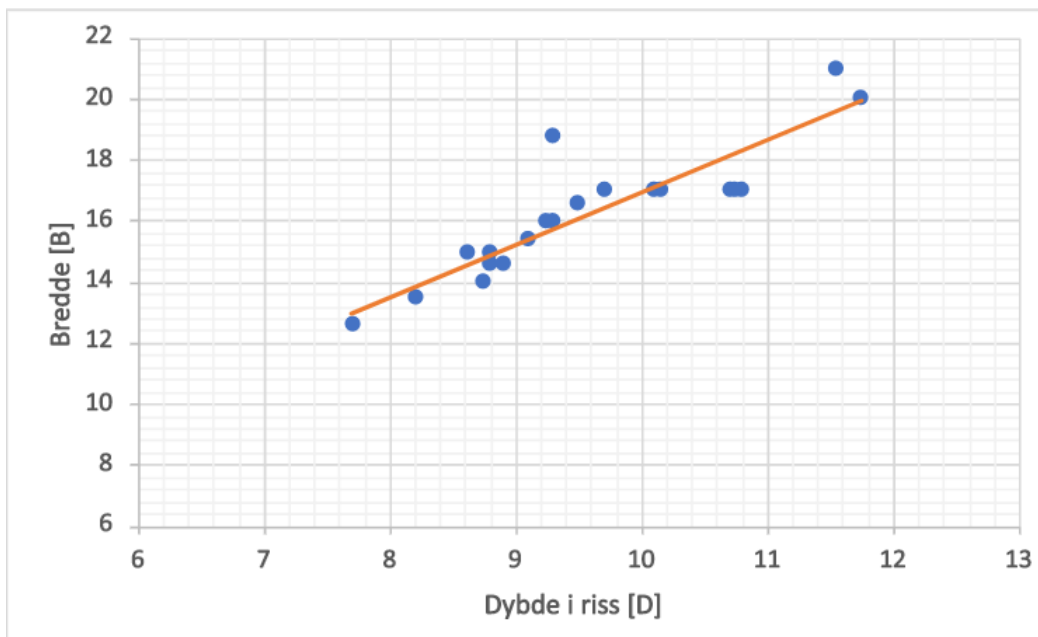
Vedlegg

A Lignende fartøy

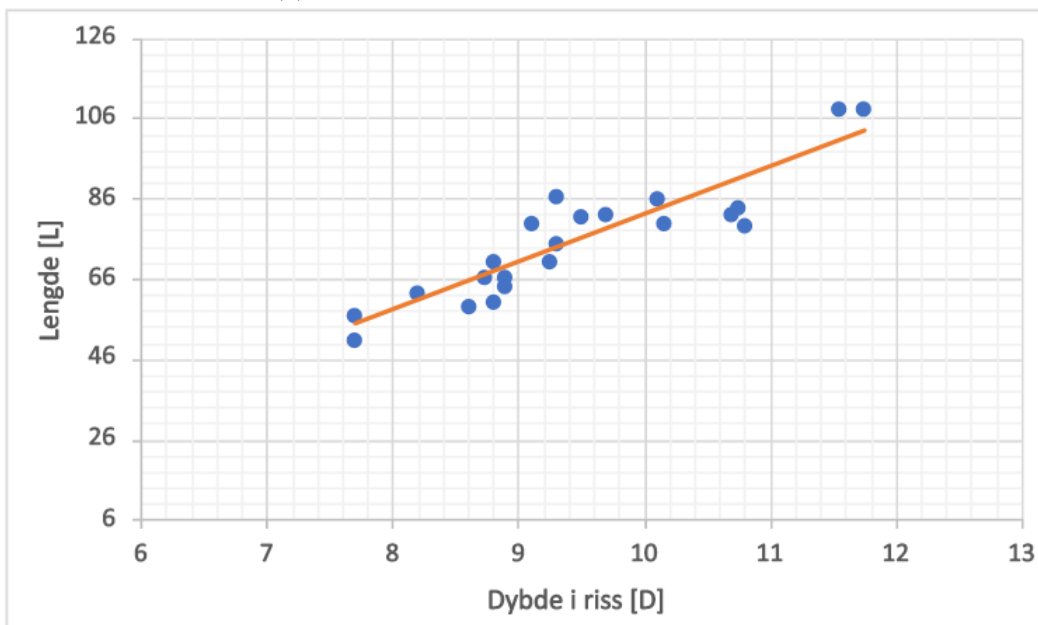
Navn	DWT	Lengde LOA	Bredde	GT	hovedmotor	Fart	T - dypgang	Accommodation	Dybde i riss
olympic prawn		69,91	16	3400	5400	17,89	6,7	29	9,25
Libas	3500	86,5	18,8	4514	6000	16,5	7,1	16	9,3
Drangey SK 2	2074	62,54	13,5	2081	1620	12	4,7	17	8,2
Hardhaus	3500	74,5	16	3200	4880	17	6,9	14	9,3
sisimiut	2350	82,05	17	5041	6000	15	7,45	43	10,7
Northern Osprey III	1800	79,05	17	4925	6000	15	7,55	38	10,8
Tønsnes	753	50,8	12,6	1194	2880	13,5	4	18	7,7
Nordøytrål	750	56,8	12,6	1495		15	4	20	7,7
Araho	1300	59,13	14,94	2448		14,5	7,7		8,61
Pechora	1110	59,9	15	2552	4080	12	6	28	8,8
Hvilvtenni	1100	66	14	1780		15	5,75	25	8,74
Hopen	1246	66,4	14,6	2652	7400	14,5	6,06	24	8,9
Americas Finest	1800	79,89	15,4	3640	4800	13,8		49	9,1
Solber OF 1	1550	79,8	15,4	3719			7,9	38	9,1
Georgiy Meshcheryakov	5889	108,2	20	8318	8120	16,5	7,3	150	11,75
Barentsevo More	2857	86	17	5098	6000	15	8,5	49	10,1
Tokatu	2600	81,75	17	4706	5400	16	7,6	50	9,7
Granit	2100	81,2	16,6	4427	6960	15	8,4	40	9,5
Vesttind		70	14,6	2243	6000	16,4	8,2	27	8,8
Arctic Swan	1100	64	14,6	2574	6000	15	8,2	20	8,9
Vladimir Limanov	6368	108,2	21	9200	8120	16	8,4	139	11,55
Svend C	3000	83,5	17	4916	5100	15	7,8	32	10,75
North star	1751	79,9	17	4412	4800	17,2	4,5	60	10,15
Norwegian Sea		86	17			15		49	10,1

Figure 34: Referanseskip

B Regresjonslinjer for hoveddimensjoner

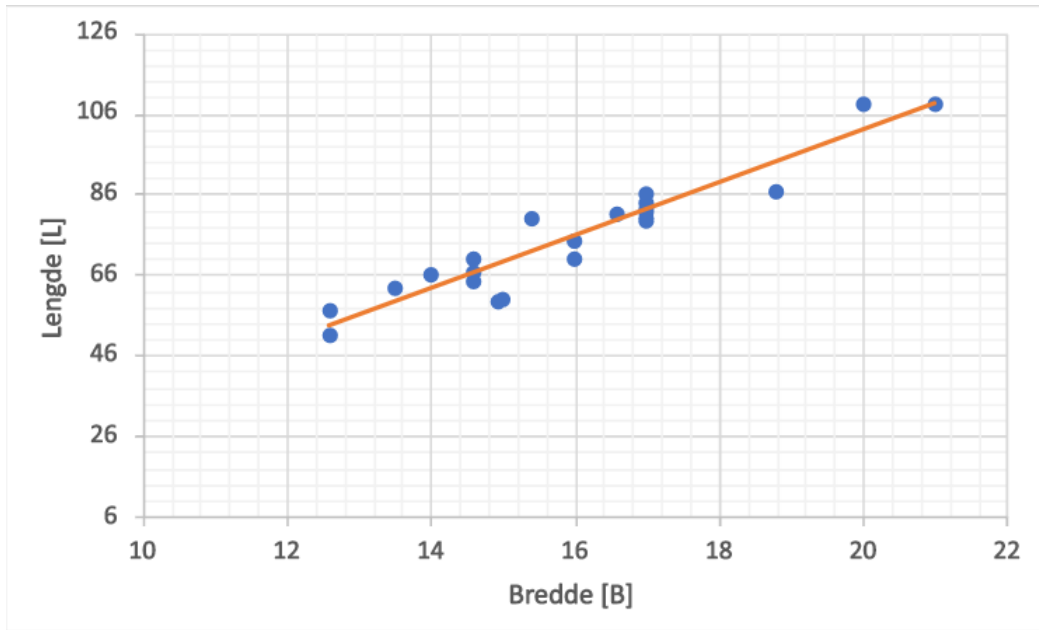


(a) Forholdet mellom bredde og dybde i riss

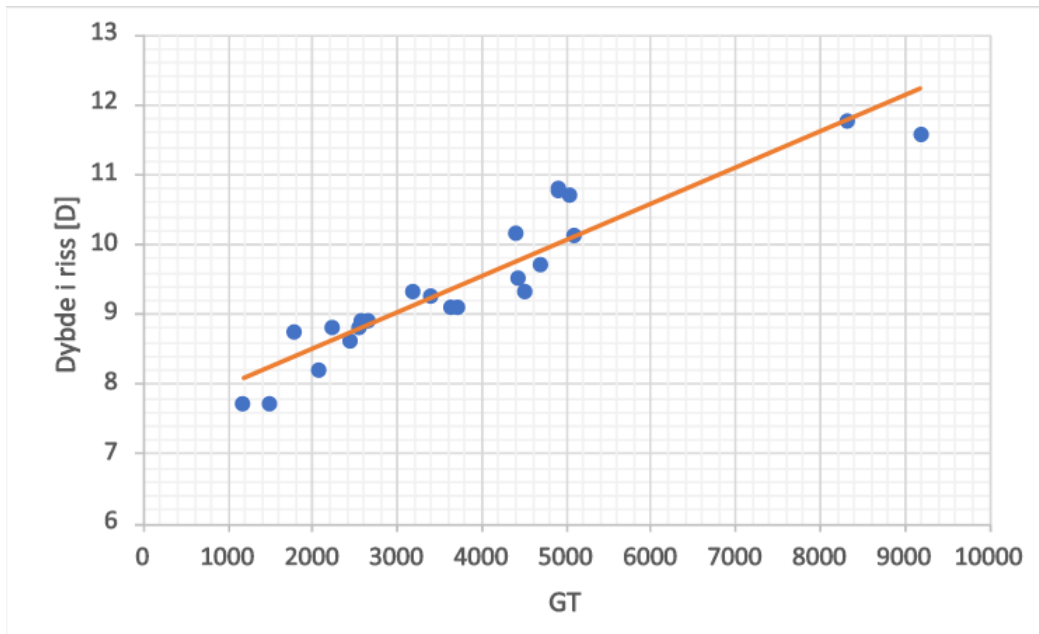


(b) Forholdet mellom lengde og dybde i riss

Figure 35: Regresjonlinje for hoveddimensjoner (I)

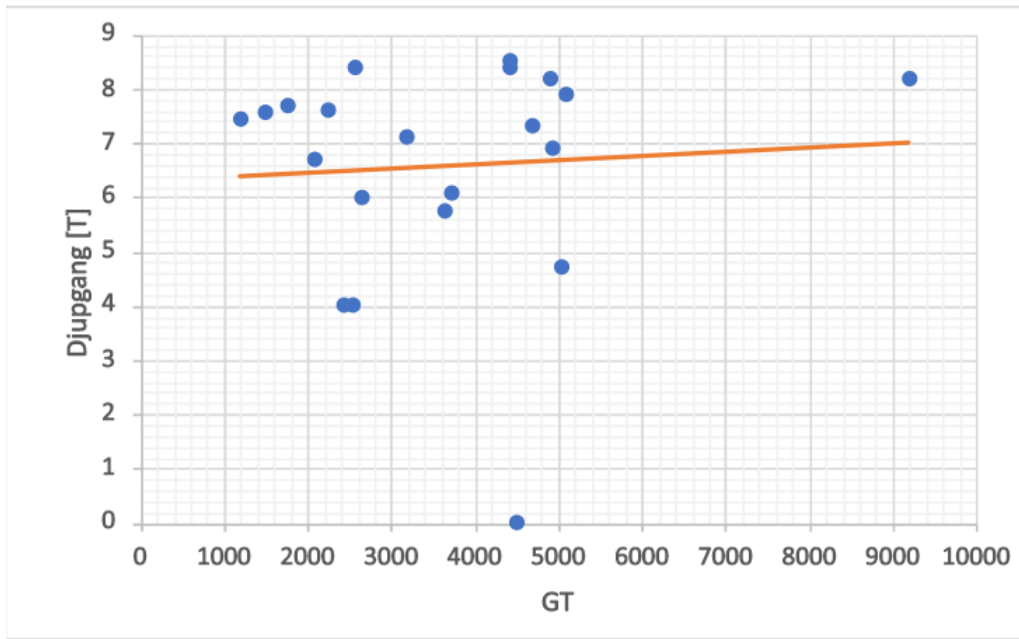


(a) Forholdet mellom lengde og bredde

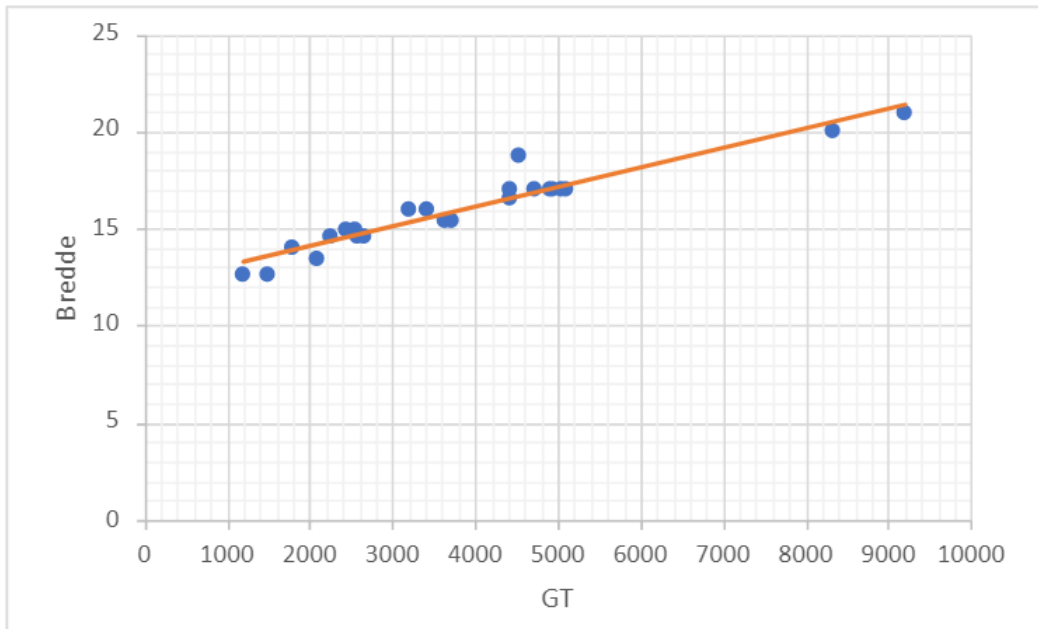


(b) Forholdet mellom dybde i riss og GT

Figure 36: Regresjonlinje for hoveddimensjoner (II)

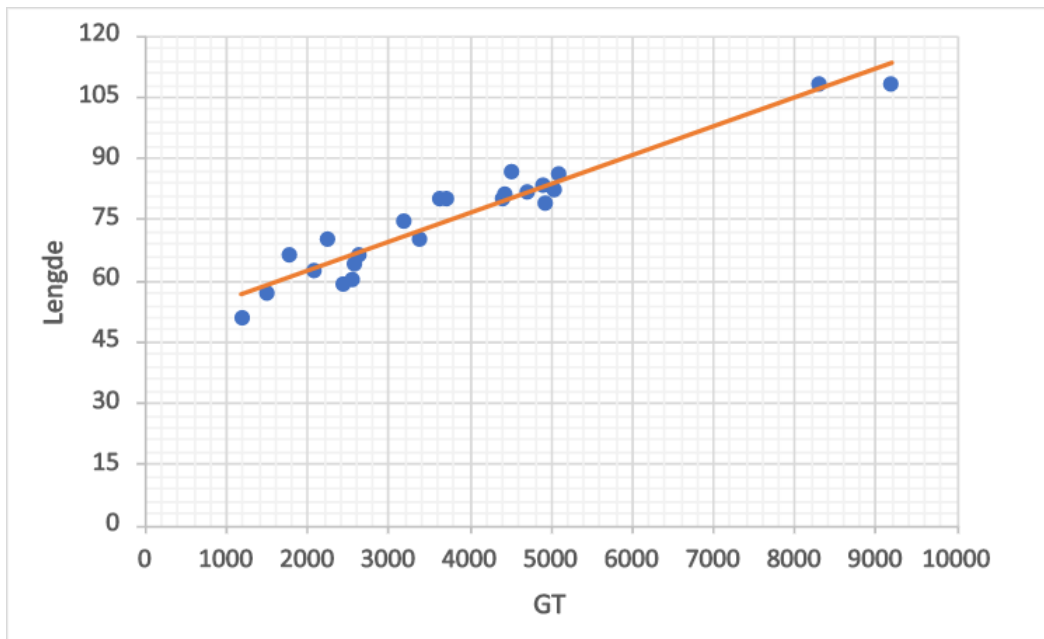


(a) Forholdet mellom djupgang og GT

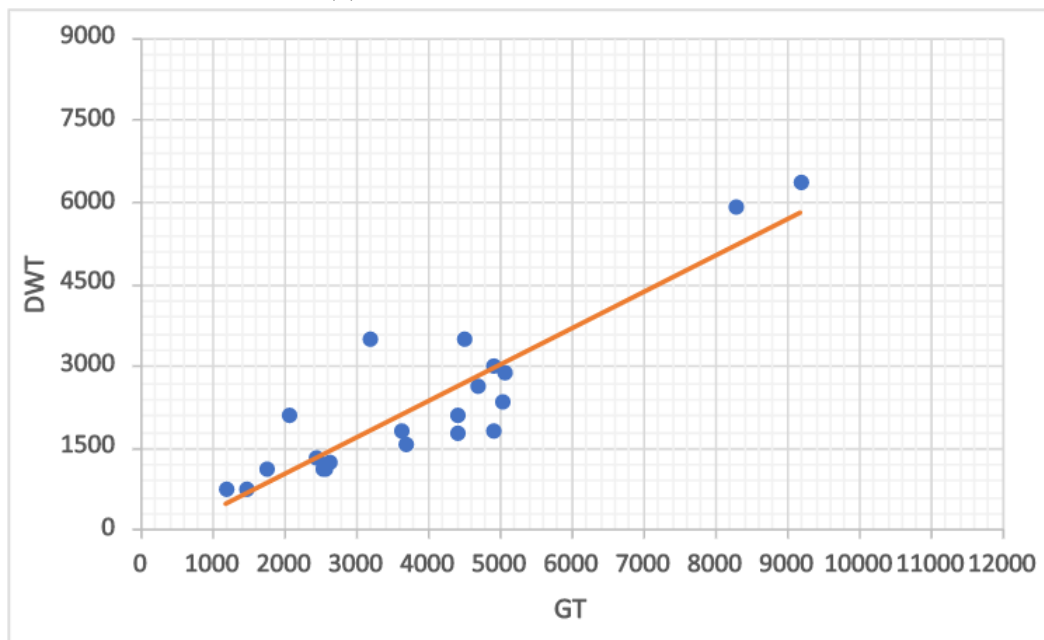


(b) Forholdet mellom bredde og GT

Figure 37: Regresjonlinje for hoveddimensjoner (III)



(a) Forholdet mellom lengde og GT



(b) Forholdet mellom dødvekt og GT

Figure 38: Regresjonlinje for hoveddimensjoner (III)

C Operasjonsprofil

Tabell for ulike verdier	
Diesel [t]	4 800
Diesel [kg]	4 800 000
1 kg diesel tilsvarer [liter]	1,163
Diesel [liter]	5 582 400
kg CO2 per liter diesel [kg]	2,68
Wartsila 9L32- SFOC [kg/kWh]	0,178
kg CO2 1 år [kg]	14 960 832
Energi for heile systemet generelt [kWh]	26 966 292

Figure 39: Operasjonsprofil

Driftsprofil				
	Havn	Tråling	Transitt fra land	Transitt til land
Timer [h]	480	7200	540	540
Hovedmotor [kW]	4500	4500	4500	4500
Hjelpemotor [kW]		3000		
kWh	0	23 814 000	1 458 000	1 701 000

Spesifikt drivstoff forbruk for hovedmotoren					
	Tråling		Transitt fra land	Transitt til land	SUM
Belastning [%]	80 %	65 %	60 %	70 %	
Motor effekt [kW]	3600	2925	2700	3150	
SFOC [kg/kWh]	0,182	0,185	0,187	0,183	
SUM kWh	7 776 000	14 742 000	1 458 000	1 701 000	25 677 000
SUM kg diesel	1 415 232	2 727 270	272 646	311 283	4 726 431

Figure 40: Operasjonsprofil

Energi [kWh]				
	Tråling	Transitt fra land	Transitt til land	SUM
Hjelpemotor [kWh]	1 296 000	0	0	1 296 000
Hovedmotor [kWh]	22 518 000	1 458 000	1 701 000	25 677 000
SUM total energi [kWh]				26 973 000
Tilsvarende Diesel [kg]				4 801 194

Ulike utslipp fra hovedmotoren				
	Tråling	Transitt fra land	Transitt til land	SUM
Diesel [kg]	4 142 502	272 646	311 283	4 726 431
Diesel [liter]	4 817 730	317 087	362 022	5 496 839
CO2 utslipp [kg]	12 911 516	849 794	970 219	14 731 529

Sammenheng			
	Total på 1 år	Fra hovedmotor	Fra Hjelpemotorene
Diesel [kg]	4 800 000	4 726 431	73 569
Diesel [liter]	5 582 400	5 496 839	85 561
CO2 utslipp [kg]	14 960 832	14 731 529	229 303

Figure 41: Operasjonsprofil

D Motstand

Tråle kondisjon av 15 t ved 2 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			Total motstand [kN]
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	25% margin
2	6	147,15	0,3	0,16	0,3	192
Tråle kondisjon av 15 t ved 2,5 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			Total motstand [kN]
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	25% margin
2,5	9,8	147,15	0,49	0,26	0,49	198
Tråle kondisjon av 15 t ved 3 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			Total motstand [kN]
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	25% margin
3	14,6	147,15	0,73	0,37	0,73	204
Tråle kondisjon av 15 t ved 3,5 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			Total motstand [kN]
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	25% margin
3,5	20,3	147,15	1,015	0,50	1,015	212
Tråle kondisjon av 15 t ved 4 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			Total motstand [kN]
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	25% margin
4	27	147,15	1,35	0,65	1,35	222

Figure 42: Motstand beregning

Tråle kondisjon av 20 t ved 2 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	
2	6	196,2	0,3	0,16	0,3	
Tråle kondisjon av 20 t ved 2,5 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	
2,5	9,8	196,2	0,49	0,26	0,49	
Tråle kondisjon av 20 t ved 3 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	
3	14,6	196,2	0,73	0,37	0,73	
Tråle kondisjon av 20 t ved 3,5 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	
3,5	20,3	196,2	1,015	0,50	1,015	
Tråle kondisjon av 20 t ved 4 knop						
Fart [knop]	Ren skrogmotstand [kN]		Estimert motstand [kN]			
	Holtrop	Tråling	Ruhet	Luftmotstand	Appendix	
4	27	196,2	1,35	0,65	1,35	

Figure 43: Motstand beregning

E Propella

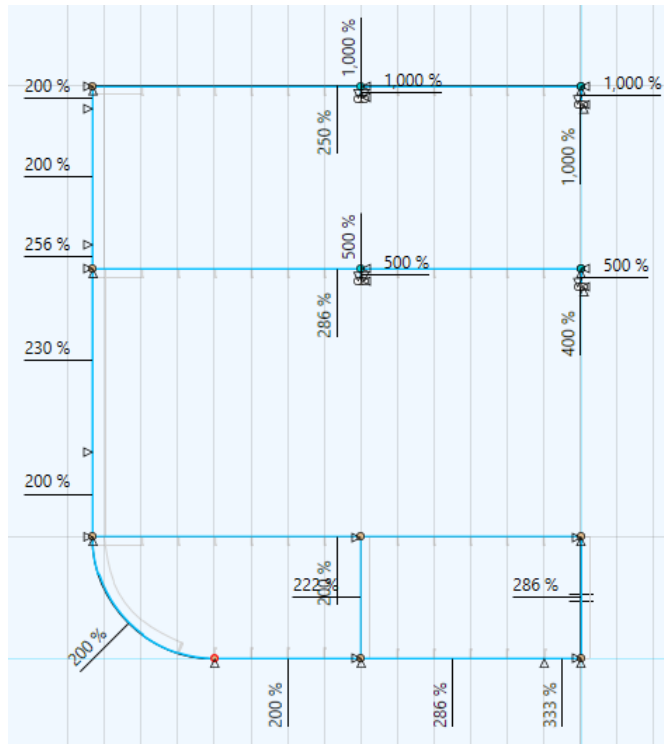
Propell				
Propell diameter	D	4	m	
Antall propell blad	Z	4		
Antar omdreiningstallet	n	128	RPM	
		2,13333333	rps	
Omkrets tip		12,56		
Hastighet på tuppen		26,7946667	negativt	
Blad areal	A_0	12,56	m ²	disc area
Neddykking	h	3,9	m	
Innløpshastighet	V_A	4,99	m/s	
Nødvendig propell thrust	T_nødv	726,1	kN	
		726149	N	
Atmosfærisk trykk	P_atm	101325	N/m ²	Pa
Vapour trykk	P_v	1700	N/m ²	Pa
statisk trykk	P_0	101364	N/m ²	Pa
	K_T	0,6		
	J	0,59		
	P/D	1,2	avlest	
	n_0 =	0,6	avlest	

Figure 44: Motstand beregning

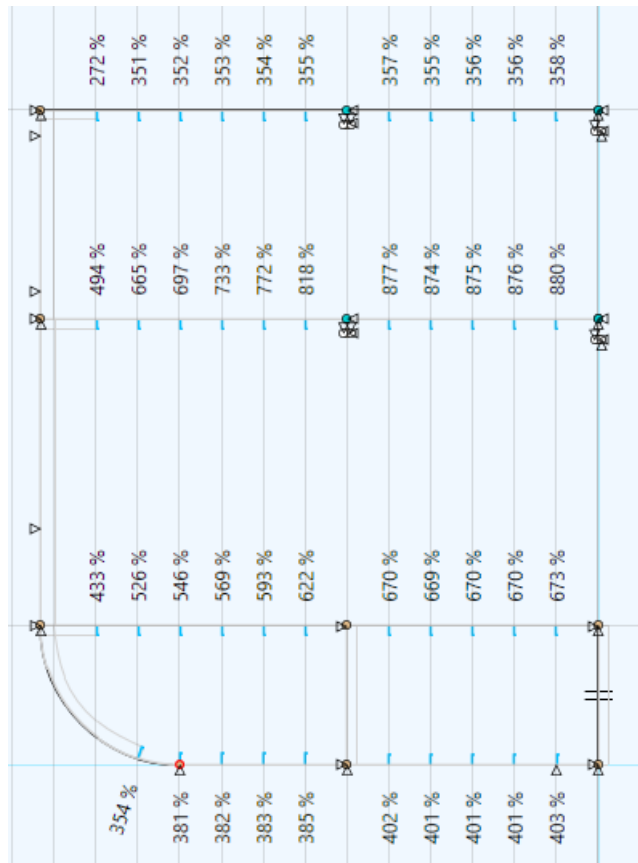
F Tonnasjeberegning

Tonnasjeberegninger	Volum [m3]
Tanktop til Main dekk	4148,16
Main deck til Shelter dekk	3124,579
Fore Castle til båtdekk	1434,42
Båtdekk til Trunk	910,25
Trunk til bru	803,25
Taket til brua på bru	657,5
Sum Volum :	11 078
K 2	0,28
K 3	1,639
Krav 1 - Ikke større enn 1	0,82
Krav 2 - Ikke mindre enn 0,25GT	2564,4
Krav 3 - Ikke mindre enn 0,3GT	2618,48
Bruttotonn GT	3111,74
Nettotonn NT	2618,48

Figure 45: Tonnasje beregning

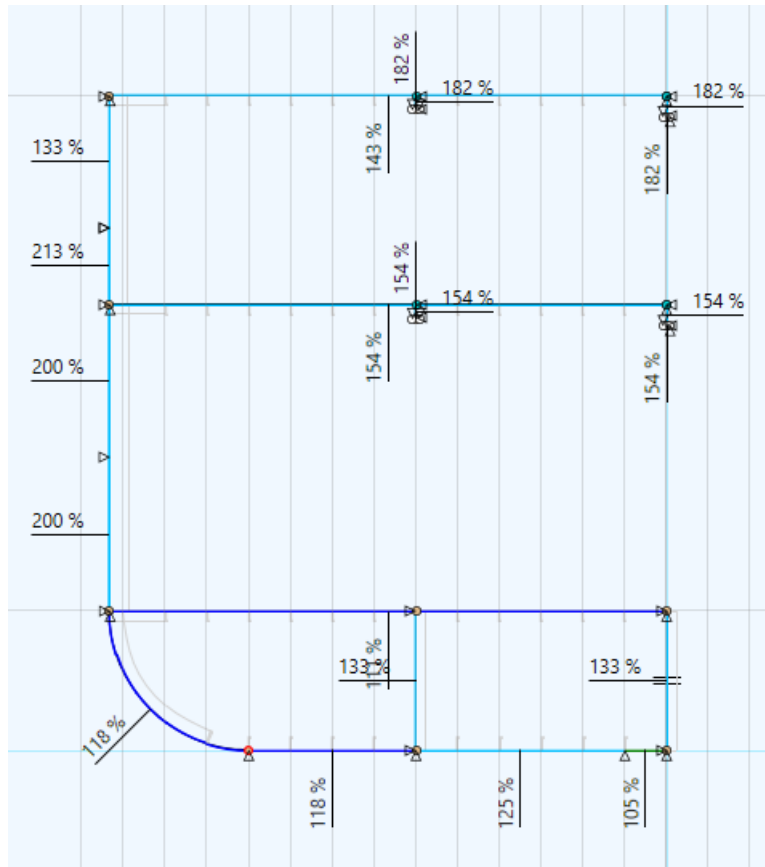


(a) Buling plater

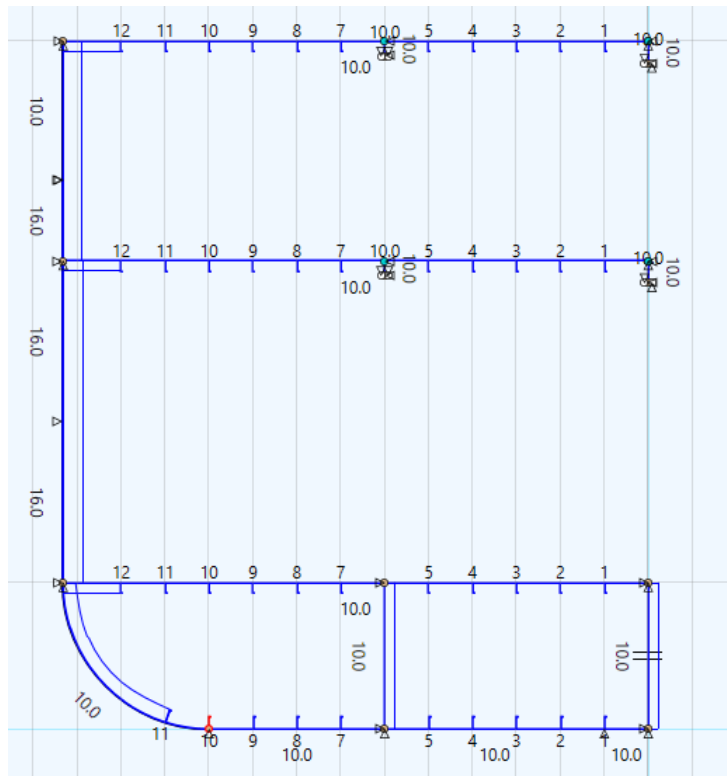


(b) Buling stivere

Figure 47: Buling midtspant #60

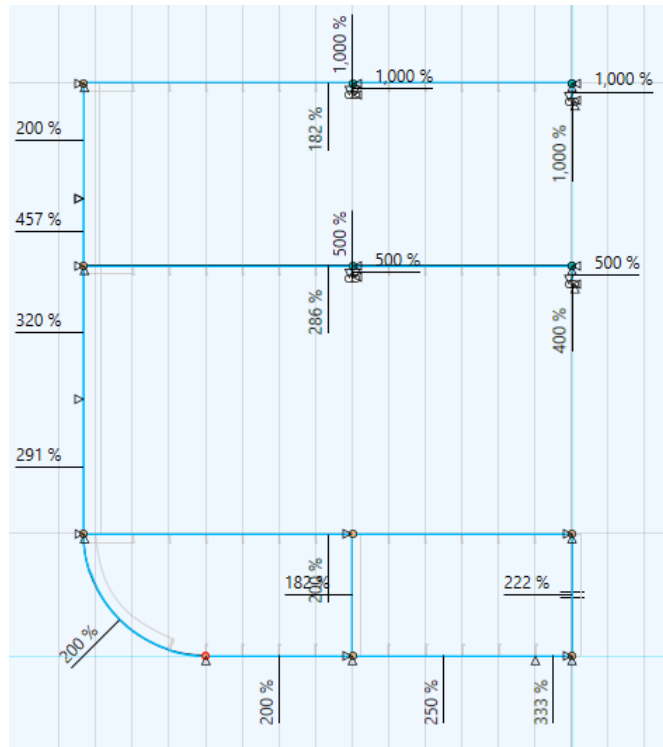


(a) Minimum platetykkelse

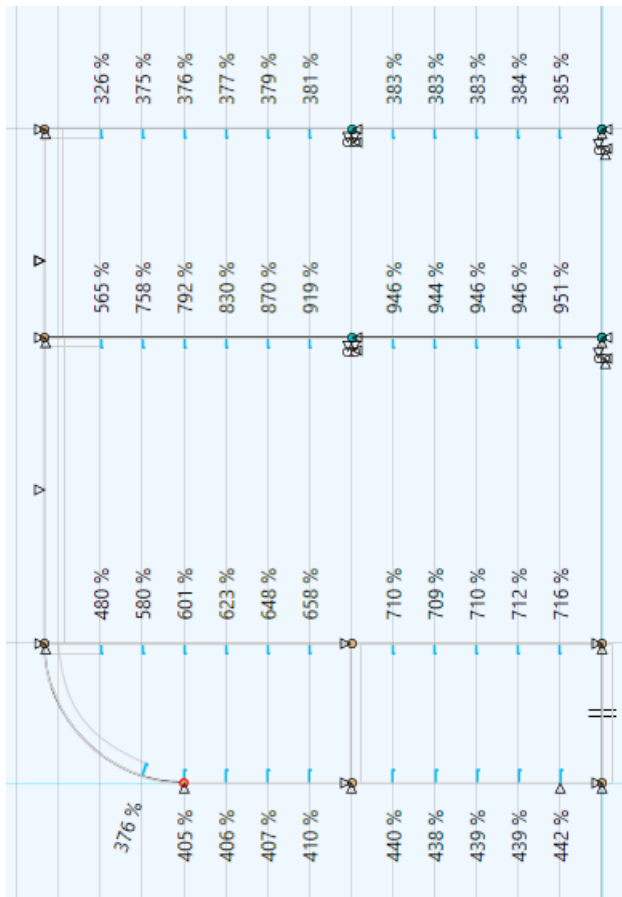


(b) Platetykkelser

Figure 48: Plater baug #80

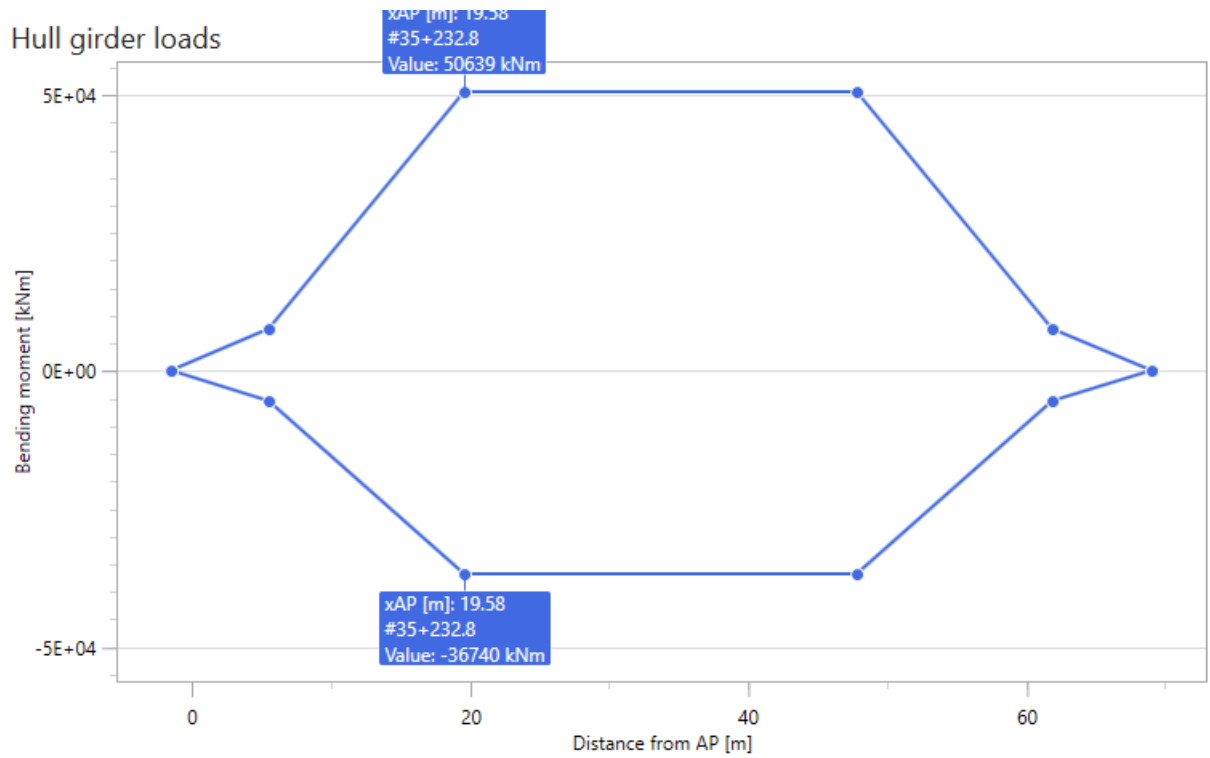


(a) Buling plater

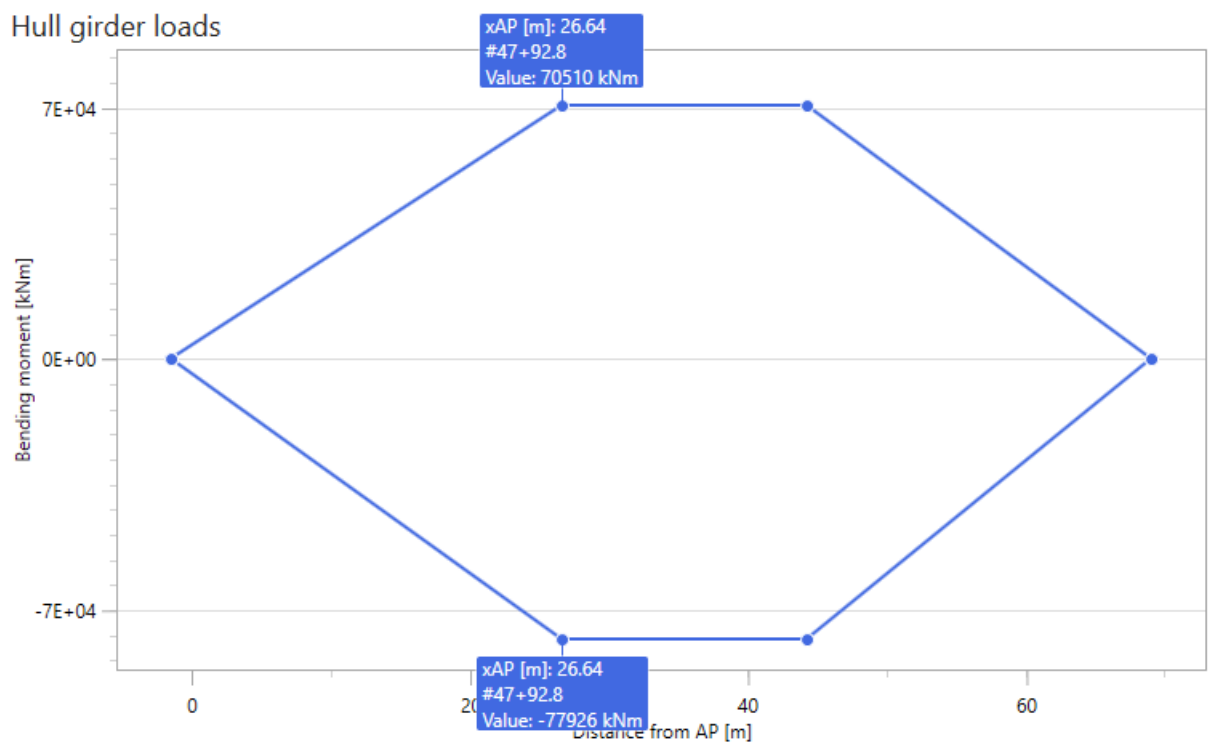


(b) Buling stivere

Figure 49: Buling baug #80



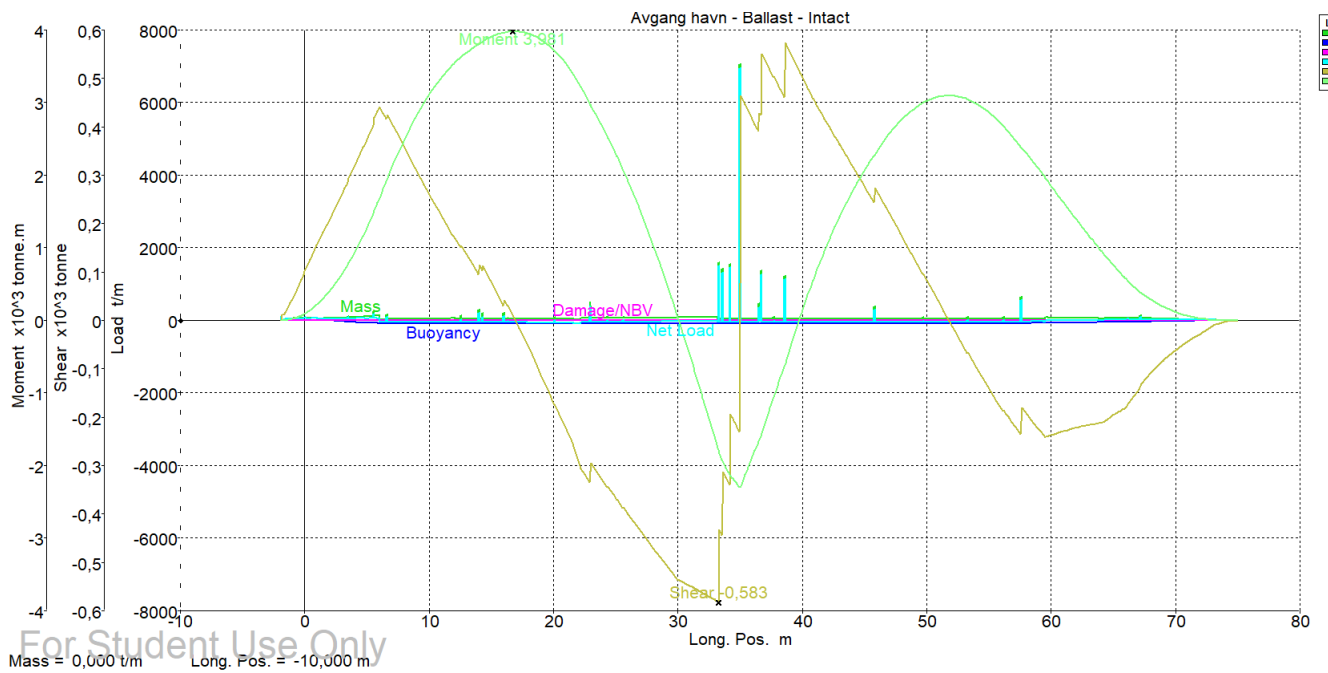
(a) Stille vannsmoment



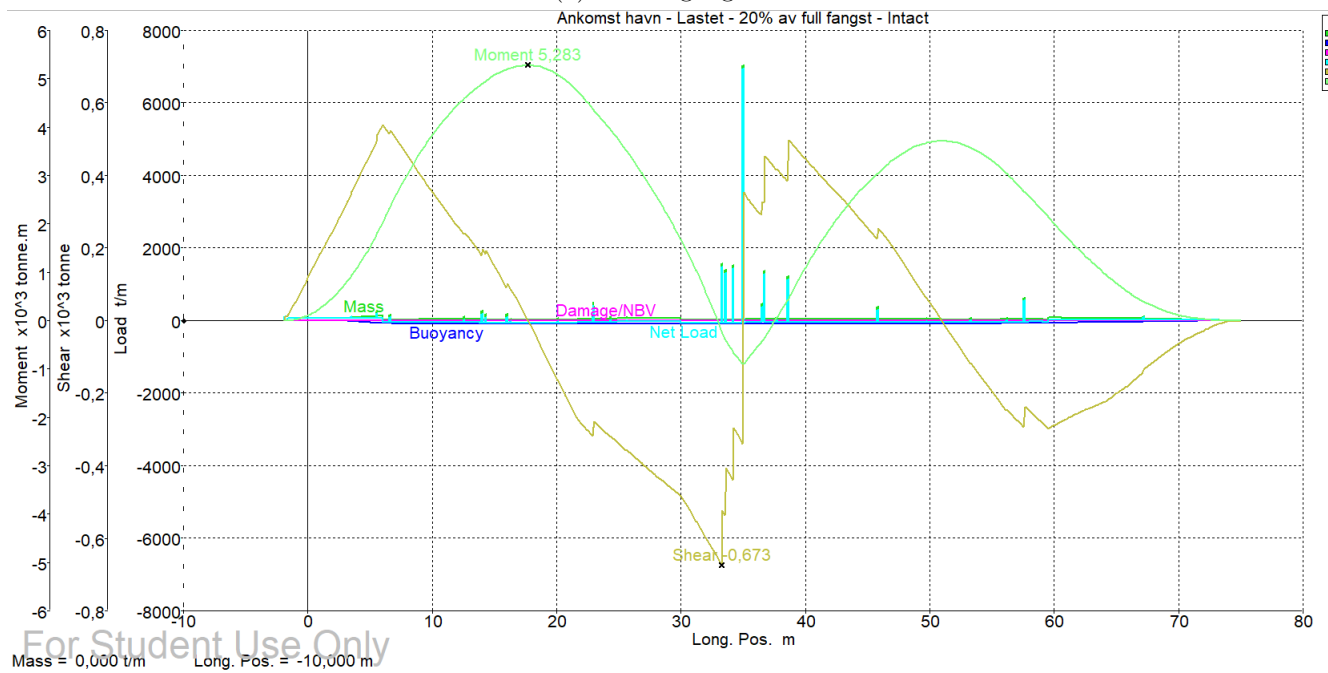
(b) Bølgemoment

Figure 50: Bølgemoment Nauticus Hull

G.1 Langskipsstyrke

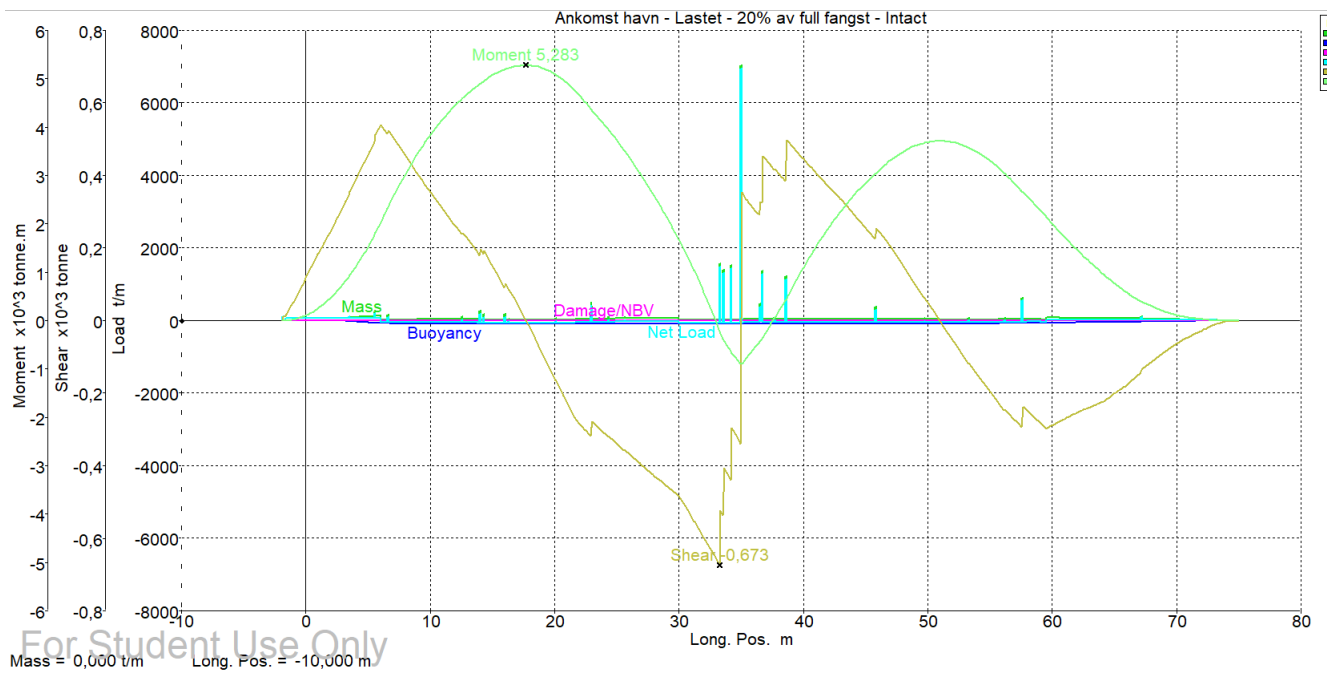


(a) LTS avgang havn ballast

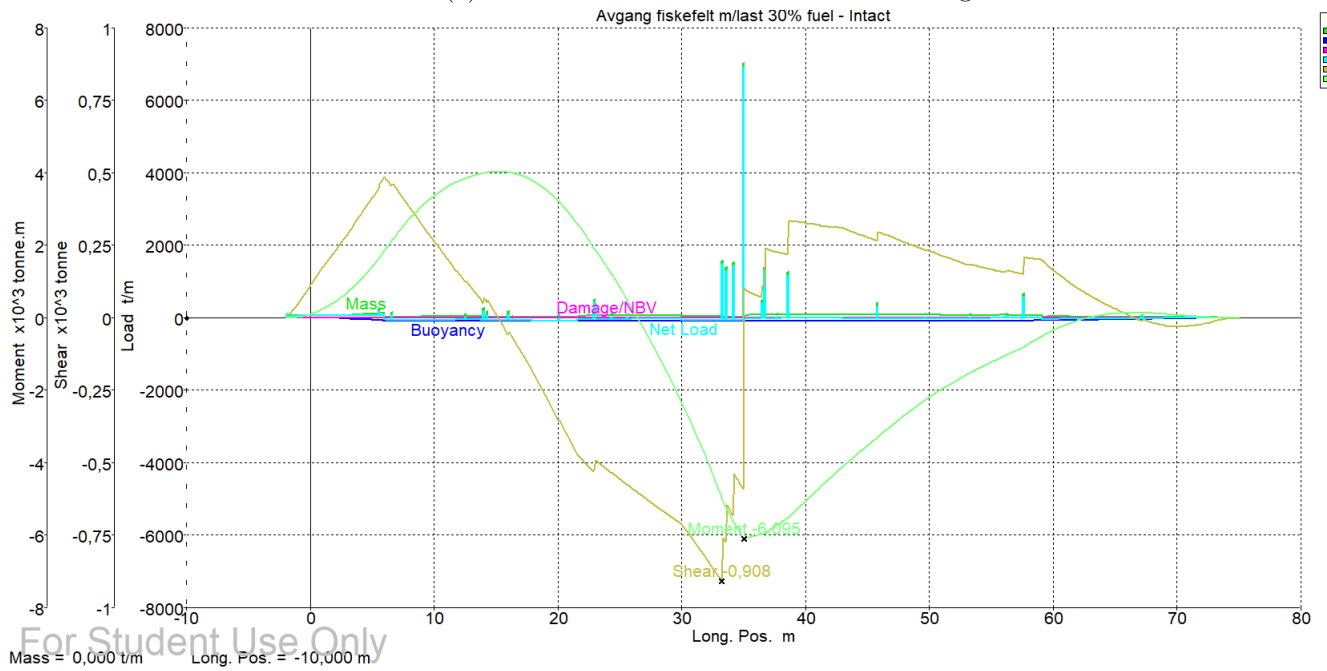


(b) LTS ankomst havn - lastet 20 av full fangst

Figure 51: Langskipsstyrke

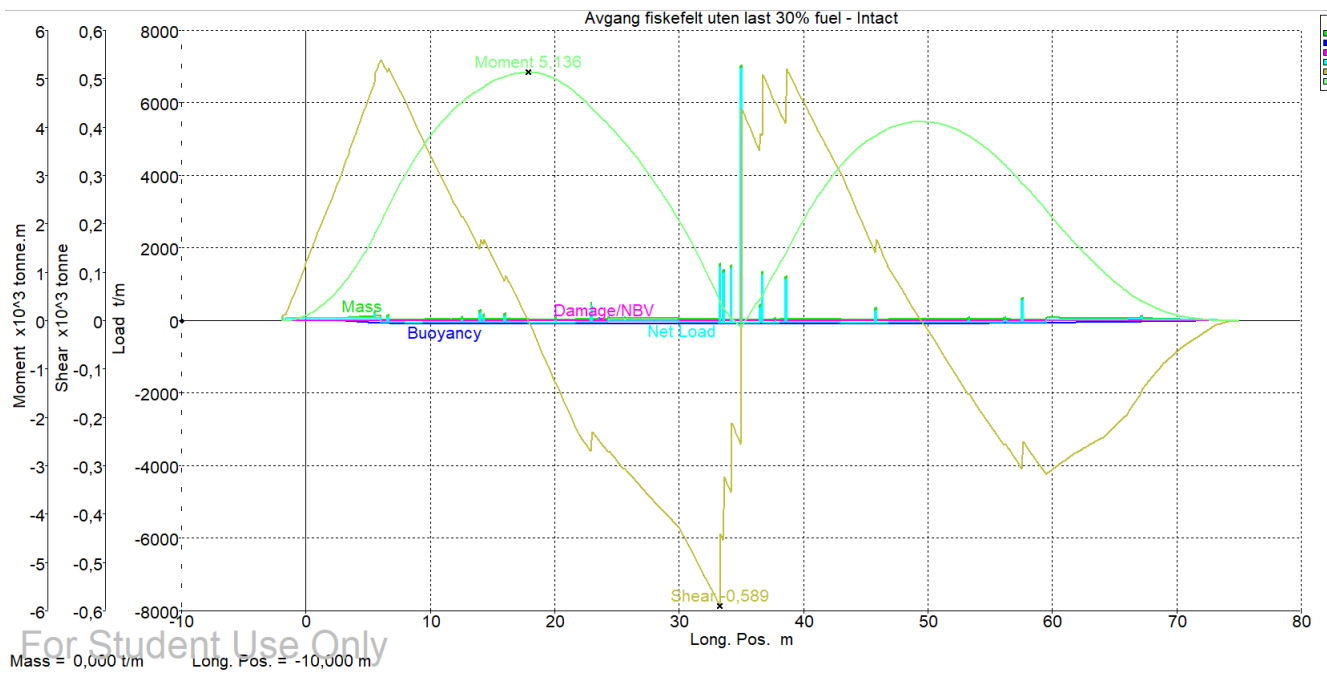


(a) LTS ankomst havn - lastet 20 av full fangst

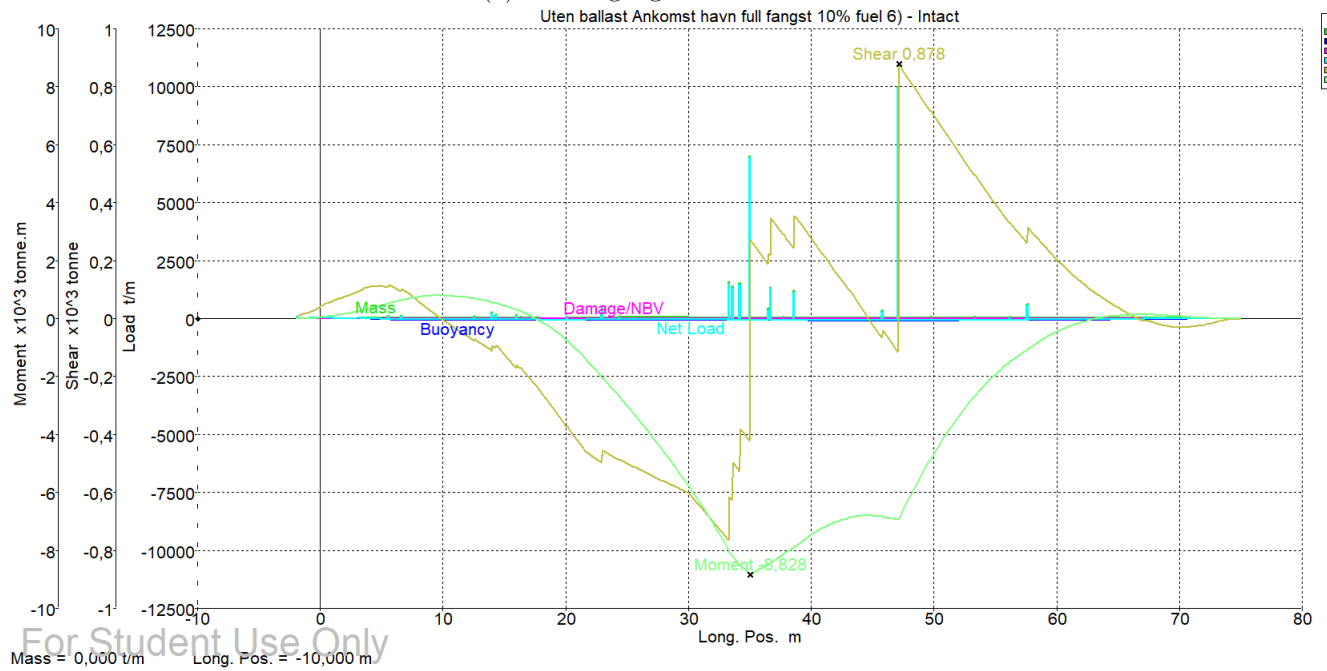


(b) LTS avgang fiskefelt m last 30 fuel

Figure 52: Langkipsstyrke



(a) LTS avgang fiskefelt uten last 30 fuel



(b) LTS uten ballast ankomst havn full fangst 10 fuel

Figure 53: Langskipsstyrke

H Vekstberegning

H.1 Lettskipsvekt

Item	Antall	Enhet vekt [t]	Total vekt [t]	LCG [m]	Akre [m]	Forre [m]	TCG[m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]	Areal [m²]	Platetykkelse [mm]	Faktor	Egenvekt til stål [t/m³]
Steel hull														
Dobbel bunn inkludert tank topp	1	383	383	38,5	3,0	73,9	0	1,0	14745,5	383,0	1024	10	2,5	8
Hud-plate														
fra tank topp til hoveddekk	1	100	100	36,1	-1,7	73,9	0	4,2	3610,0	420,0	778	11	1,4	8
ekstra tykkelse (ICE 1B) is-belte	1	41	41	36,5	1,0	72,0	0	5,5	1760,0	222,8	675	5	1,5	8
fra hoveddekk til tråledekk	1	55	55	35,5	-1,7	72,6	0	7,9	1949,3	434,1	446	11	1,4	8
fra tråledekk til forecastle dekk	1	40	40	48,4	25,9	70,9	0	10,9	1934,1	435,6	446	8	1,4	8
fra fore castle til båt dekk	1	23	23	52,6	31,9	73,3	0	13,7	1221,0	317,9	259	8	1,4	8
fra båt dekk til trunk dekk	1	26	26	49	23	75,0	0	16,25	1295,2	429,5	236	10	1,4	8
Afterskip - Blikkds n decks - 3# 23#	1		148,6	6,4	-1,65	13,8	0	9,75	951,0	1448,9				
Midship - Blikkds n decks 23# 48#	1		101,0	23,5	13,8	28,8	0	8,2	2373,5	828,2				
Foreship - Blikkds n decks 48#122#	1		399,0	47,9	28,8	73,2	0	11,2	19112,1	4468,8				
Overbygg	1		57,6	52,9	41,78	63,55	0	20,0	3047,0	1152,0				

(a) Steel hull

Item	Antall	Enhet vekt [t]	Total vekt [t]	LCG [m]	Akre [m]	Forre [m]	TCG[m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]	Kommentar
Propulsjon og manøvreringsutstyr											
Hoved motor	1	62,7	62,7	14,8	11,7	17,9	0	4,3	927,96	269,6	Wartsila 8V31DF
Gir	1	14,5	14,5	10,8	9,5	12,1	0	2,82	156,6	40,9	Wartsila
Aksling	1	1,8	1,8	5,8	1,9	9,6	0	1,87	10,44	3,4	Antatt
Propell	1	3	3	2,4	1,8	3,0	0	2,56	7,2	7,7	Antatt
PTI	1	10	10	7,9	6,3	9,5	0	2,6	79	26,0	Wartsila
Bow thruster	1	4,54	4,54	64,2	63,2	65,1	0	2,2	291,468	10,0	Wartsila
Ror	1	13	13	0,0	-1,0	1,0	0	2,57	0	33,4	Antatt

(b) Propulsjon og manøvreringsutstyr

Figure 54: Lettskipsvekthovedtabell - 1

H.2 Akterskipet

H.3 Midtskipet

Item	Antall	Enhet vekt [t]	Total vekt [t]	LCG [m]	Akre [m]	Forre [m]	TCG[m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]
Utstyr										
Gilsevinsj	2	1,8	3,6	34,1	...	...	0	18,2	122,688	65,5
Trålvinsj babord (oppe)	1	15,9	15,9	23,0	23,0	23,0	-6,1	12,9	366,528	205,6
Trålvinsj styrbord(nede) 1	1	15,9	15,9	23,0	23,0	23,0	4,9	12,9	366,528	205,6
Trålvinsj styrbord(nede) 2	1	15,9	15,9	16,0	16,0	16,0	-6,1	12,9	254,976	205,6
Sveipevinsj 1	2	2,5	5,0	56,5	55,6	57,4	0	10,3	282,5	51,5
Sveipevinsj 2	2	2,5	5,0	58,6	57,7	59,5	0	10,3	293	51,5
Sveipevinsj 3	2	2,5	5,0	60,4	59,5	61,3	0	10,3	302	51,5
Sveipevinsj 4	1	2,5	2,5	62,2	61,3	63,1	0,89	10,3	155,5	25,8
Sveipevinsj 5	1	2,5	2,5	63,7	62,8	64,6	-0,89	10,3	159,25	25,8
Uthaler vinsjer	1	1,758	1,758	0	0	0	0	16	0	28,1
Tømmevinsjer midt på	1	1,758	1,758	30,0	28,0	32,0	0	12,4	52,74	21,8
Hjelpevinsjer	1	1,527	1,527	0	0	0	0	0	0	0,0
Vinsj bak i trålslippen	2	1,527	3,054	2,62	0,472	4,777	0	0	8,00148	0,0
Kran 1 - akter (Knuckle boom)	1	13,1	13,1	6,6	6,6	6,6	6,02	17,43	86,46	228,3
Kran 2 - midten (Knuckle boom)	1	13,1	13,1	22,94	22,94	22,94	3	14,84	300,514	194,4
Kran 3 forut (Stiff boom)	1	4,1	4,1	56,19	56,19	56,19	-6,38	18,7	230,379	76,7
Tråldører res	2	6	12	9,14	6,74	11,54	5,59	10,5	109,68	126,0
Tråldører hekk	2	6	12	-1,85	-1,85	-1,85	0	10,3	-22,2	123,6
Anker	2	2,85	5,7	67,2	67,2	67,2	0	13	383,04	74,1
Anker kjetting	2	24,75	49,5	57,6	57,6	57,6	0	15	2851,2	742,5
Anker vinsj	2	5	10	57,6	57,6	57,6	0	15,5	576	155,0
Mob båt m/ davit	1	8	8	27,8	24,8	30,8	-5,73	13,7	222,4	109,6
Fabrikk	1	90	90	30,1	9,3	50,9			2709,315	0,0

(a) Utstyr

Item	Antall	Enhet vekt [t]	Total vekt [t]	LCG [m]	Akre [m]	Forre [m]	TCG[m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]	Areal [m²]	Platetykkelse [mm]	Faktor	Egenvekt til stål [t/m³]
Systemer														
LNG/Ammoniakk tank SB	1	3,14	3,14	27,7	22,2	33,2		4,2	86,88288112	13,2	163,362818	2	1,2	8
LNG/Ammoniakk tank MD	1	3,14	3,14	27,7	22,2	33,2		4,2	86,88288112	13,2	163,362818	2	1,2	8
LNG/Ammoniakk tank PS	1	3,14	3,14	27,7	22,2	33,2		4,2	86,88288112	13,2	163,362818	2	1,2	8
Elektriske kabler	1	37,3	37,3	38	-1,7	75	0	9,12	1417,4	340,2		t per 1000 GT		
Rørsystem	1	93,4	93,4	38,0	-1,7	75	0	9,12	3549,2	851,8	12	t per 1000 GT		
Ventilasjon system	1	15,6	15,6	42,0	6,0	70,2	0	9,5	655,2	148,2	30	t per 1000 GT		
Kjøøl	1	300,0	300,0	35	35	35	0	-0,5	10500	-150,0	5	t per 1000 GT		
Incinerator	1	7,0	7	12,56	12,56	12,56	-5,8	10	87,92	70,0				
El. Distr. Factory	1	3,0	3,0	25,6	25,6	25,6	-6,4	8	76,8	24,0	15	15 t per 1000 GT		
refc. maskineri	1	25,0	25,0	14	14	14	5	2,8	350	70,0	8	8 t per 1000 GT		
Hydraulikk NH3	1	5,0	5,0	24,35	24,35	24,35	-5,7	9,8	121,75	49,0	3	3 t per 1000 GT		
Tavlerom	1	15,0	15,0	14,3	14,3	14,3	4,7	3	214,5	45,0				
Vinsje elektronikk	1	4,0	4,0	53,3	53,3	53,3	5,52	9,8	213,2	39,2	3	3 t per 1000 GT		
Amoniakk prepareringsrom	1	5,0	5,0	20,1	20,1	20,1	0	4	100,5	20,0				
workshop fabrikk	1	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	5,3	7,9	10,5	23,7				
workshop maskin	1	3,0	3,0	16,3	16,3	16,3	-3,56	2,5	48,9	7,5				
workshop tråldekk	1	3,0	3,0	49,7	49,7	49,7	-5,56	10	149,1	30,0				
Proviant med kjøøl	1	2,0	2,0	36,6	36,6	36,6	0	13,5	73,2	27,0				
Construction Margin 5%	1	110,0	110,0	35	35	35	0	9,3	3850	1023,0				
Design Margin 15%	1	180,0	180,0	35	35	35	0	9,3	6300	1674,0				
Future growth 5%	1	110,0	110,0	35	35	35	0	9,3	3850	1023,0				
Casing	1	12	12	5,56	5,56	5,56	-6,5	14,24	66,72	170,9				

(b) Systemer

Figure 55: Lettskipsvekt hovedtabell-2

Item	Antall	Enhet vekt [t]	Total vekt [t]	LCG [m]	Aktre [m]	Forre [m]	TCG[m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]	Areal [m ²]	Platetykkelse [mm]	Faktor	Egenvekt til stål [t/m ³]
Accommodation														
TankTop	1	132	132	36,7	36,7	36,7	0	2	4844,4	264,0	880			
Main deck [m2]	1	155,55	155,55	33,3	33,3	33,3	0	6,4	5179,815	995,5	1037			Annta150 kg/m2
Shelter [m2]	1	150,45	150,45	34,2	34,2	34,2	0	9,4	5145,39	1414,2	1003			Annta 150 kg/m3
Fore Castle [m2]	1	136,05	136,05	33,6	33,6	33,6	0	12,4	4571,28	1687,0	907			Annta150 kg/m4
Boat deck	1	117,6	117,6	38,6	38,6	38,6	0	15	4539,36	1764,0	784			Annta 150 kg/m5
bridge	1	33,15	33,15	45,8	45,8	45,8	0	20	1518,27	663,0	221			
Sum lettskip			725	35,59397765				9,365024834	25798,5	6787,8				

Figure 56: Lettskipsvekt hovedtabell - 3

Item	Quantity	Unit weight [t]	Total weight [t]	LCG [m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]	Area [m ²]	Plating [mm]	Factor	Eigenvalue steel [t/m ³]
DECKS											
aft boat deck #23	1	29,664	29,664	7,7	15	228,4128	444,96	247,2	10	1,5	8
forecastle deck #23	1	16,632	16,632	7,7	12,4	128,0664	206,2368	138,6	10	1,5	8
shelter deck #23	1	26,3976	26,3976	10	9,4	263,976	248,13744	194,1	10	1,7	8
main deck #23	1	27,324	27,324	7,6	6,4	207,6624	174,8736	227,7	10	1,5	8
akterspeil	1	14,6624	14,6624	-1,65	9,4	-24,19296	137,82656	63,2	14,5	2	8
ramp	1	10,48176	10,48176	2,17	7,9	22,7454192	82,805904	45,2	14,5	2	8
Side ramp	1	5,336	5,336	0	8,5	0	45,356	23,0	14,5	2	8
Aft peak bulkhead	1	13,47584	13,47584	6	4,7	80,85504	63,336448	150,4	8	1,4	8
Sum without margins			143,9736	6,303413259	9,748542455	907,5250992	1403,532752				

Figure 57: Lettskips vekt; Akterskipet

Item	Quantity	Unit weight [t]	Total weight [t]	LCG [m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]	Area [m ²]	Plating [mm]	Factor	Eigenvalue steel [t/m ³]
forecastle #3 - #23	1	26,4516	26,4516	24,65	12,4	652,03194	327,99984	220,43	10	1,5	8
shelter deck #23 - #48	1	28,092	28,092	21,3	9,4	598,3596	264,0648	234,10	10	1,5	8
main deck #23 - #48	1	28,092	28,092	21,3	6,4	598,3596	179,7888	234,10	10	1,5	8
Bulkhead 1 bak #31	1	9,17504	9,17504	18,60	3,2	170,655744	29,360128	102,4	8	1,4	8
Bulkhead 2 #36	1	9,17504	9,17504	21,6	3,2	198,180864	29,360128	102,4	8	1,4	8
Sum without margins			101,0	22,0	8,2	2217,6	830,6				

Figure 58: Lettskips vekt; Midtskipet

H.4 Forskipet

H.5 Overbygg

Item	Quantity	Unit weight [t]	Total weight [t]	LCG [m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]	Area [m^2]	Plating [mm]	Factor	Eigenvalue steel [t/m^3]	
trunk deck	1	66,5	66,5	46,35	17,5	3084,129	1164,45	554,5	10	1,5	8	
boat deck	1	74,3	74,3	48,93	15	3635,870868	1114,614	619,2	10	1,5	8	
fore castle deck	1	69,3	69,3	47,64	12,4	3300,30864	859,0224	577,3	10	1,5	8	
shelter deck	1	65,9	65,9	46,8	9,4	3085,4304	619,7232	549,4	10	1,5	8	
main deck	1	91,6	91,6	46,74	6,4	4279,5144	585,984	545	14	1,5	8	
bulkhead aft freezing hold #59	1	9,2	9,2	35,4	3,2	324,796416	29,360128	102,4	8	1,4	8	
bulkhead aft freezing hold #99	1	9,2	9,2	59,4	3,2	544,997376	29,360128	102,4	8	1,4	8	
collision bulkhead #115	1	13,5	13,5	69	4,7	929,83296	63,336448	150,4	8	1,4	8	
Sum without margins			399,4	48,02973957	11,18034756	19184,88006	4465,850304					

Figure 59: Lettskips vekt; Forskipet

Item	Quantity	Unit weight [t]	Total weight [t]	LCG [m]	VCG [m]	LMOM [tm]	VMOM [tm]	Area [m^2]	Plating [mm]	Factor	Eigenvalue steel [t/m^3]	
Wheelhouse deck	1	15,2	15,2	52,9	20,1	806,1	305,4	170,0	8	1,4	8	
Wheelhouse top/roof	1	15,2	15,2	52,9	22,6	806,1	344,2	170,0	8	1,4	8	
Front bulkhead	1	3,1	3,1	62,7	18,8	196,6	58,9	35,0	8	1,4	8	
Side bulkheads	1	4,5	4,5	52,7	18,8	238,3	85,0	50,5	8	1,4	8	
Aft bulkheads	1	3,1	3,1	42,9	18,8	134,5	58,9	35,0	8	1,4	8	
Wheelhouse bulkhead front	1	5,8	5,8	59,5	21,3	342,8	122,8	60,0	8	1,5	8	
Wheelhouse bulkhead aft	1	4,7	4,7	45,8	21,3	215,6	100,3	49,0	8	1,5	8	
Wheelhouse bulkhead side	1	2,1	2,1	52,7	21,3	111,2	45,0	22,0	8	1,5	8	
Sum without margins			53,8	52,95953734	20,81357164	2851,2	1120,6					

glass

Figure 60: Lettskips vekt; Overbygg

I Stabilitet

I.1 Lastkondisjoner - Maxsurf

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
1	Lightship	1	3462,357	3462,357			35,016	0,011	7,748	0,000
2	Fore Peak	98%	193,278	189,413	193,278	189,413	68,239	0,000	4,486	0,000
3	Void PS #99	98%	9,888	9,690	9,647	9,454	57,781	-4,502	1,158	0,000
4	Void SB #99	0%	9,888	0,000	9,647	0,000	58,937	2,400	0,048	0,000
5	Void MS #99	98%	43,650	42,777	42,585	41,733	57,908	0,000	0,995	0,000
6	Diesel #78-94 MS	98%	115,449	113,140	137,439	134,690	51,664	0,000	0,987	0,000
7	Void MS	98%	55,746	54,631	54,386	53,298	44,918	0,000	0,986	0,000
8	Ferskvann mindre	98%	71,565	70,133	71,565	70,133	40,527	0,000	0,986	0,000
9	Ferskvann større	98%	114,659	112,366	114,659	112,366	34,049	0,000	0,985	0,000
10	Diesel forre aktre MS-SB	98%	46,840	45,903	55,761	54,646	17,751	1,793	0,988	0,000
11	Gråvann MS PS	0%	61,701	0,000	60,196	0,000	29,952	0,018	0,000	0,000
12	Diesel #14-30 1) PS	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	-5,234	1,211	0,000
13	Diesel #14-30 4) SB	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	5,234	1,211	0,000
14	Diesel forre aktre MS-SB	98%	45,369	44,462	54,011	52,931	10,042	1,753	1,006	0,000
15	Diesel forre aktre #31-36 1) SB	98%	42,703	41,848	50,836	49,820	17,792	5,348	1,115	0,000
16	AltPeak	90%	492,062	442,856	480,061	432,055	2,945	0,000	6,486	2649,278
17	Diesel forre aktre #31-36 1) PS	98%	42,703	41,848	50,836	49,820	17,792	-5,348	1,115	0,000
18	Svart vann PS #36-43	0%	58,892	0,000	57,456	0,000	29,952	-2,401	0,027	0,000
19	WB PS 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	-2,401	0,025	0,000
20	WB SB 1	90%	38,644	34,779	37,701	33,931	32,748	5,402	1,005	30,404
21	WB PS 2	98%	37,699	36,945	36,779	36,044	38,119	-5,400	1,095	0,000
22	WB PS 3	98%	41,555	40,724	40,542	39,731	43,838	-5,387	1,098	0,000
23	Diesel #78-94 PS	98%	46,059	45,138	54,832	53,735	51,280	-5,135	1,102	0,000
24	Svartvann SB #36-50	0%	58,892	0,000	57,456	0,000	29,952	2,401	0,027	0,000
25	WB SB 2	0%	37,699	0,000	36,779	0,000	40,769	2,402	0,035	0,000
26	WB SB 3	90%	41,555	37,400	40,542	36,488	43,864	5,366	1,027	33,432
27	Diesel #78-94 SB	98%	46,059	45,138	54,832	53,735	51,280	5,135	1,102	0,000
28	LNG PS	98%	137,968	135,209	137,968	135,209	27,744	-5,000	3,962	0,000
29	LNG MS	98%	137,968	135,209	137,968	135,209	27,744	0,000	3,962	0,000
30	LNG SB	98%	137,968	135,209	137,968	135,209	27,744	5,000	3,962	0,000
31	Diesel forre aktre MS-PS	98%	46,840	45,903	55,761	54,646	17,751	-1,793	0,988	0,000
32	Gråvann MS SB	0%	61,701	0,000	60,196	0,000	29,952	-0,018	0,000	0,000
33	Diesel aktre aktre MS-PS	98%	45,369	44,462	54,011	52,931	10,042	-1,753	1,006	0,000
34	WB Framme	90%	305,702	275,132	298,246	268,421	62,588	0,000	3,305	588,031
35	Total Loadcase			5743,471	2795,506	2358,029	34,337	-0,006	5,932	3301,145
36	FS correction								0,575	
37	VCG fluid								6,507	

Figure 61: tank avgang havn - ballast

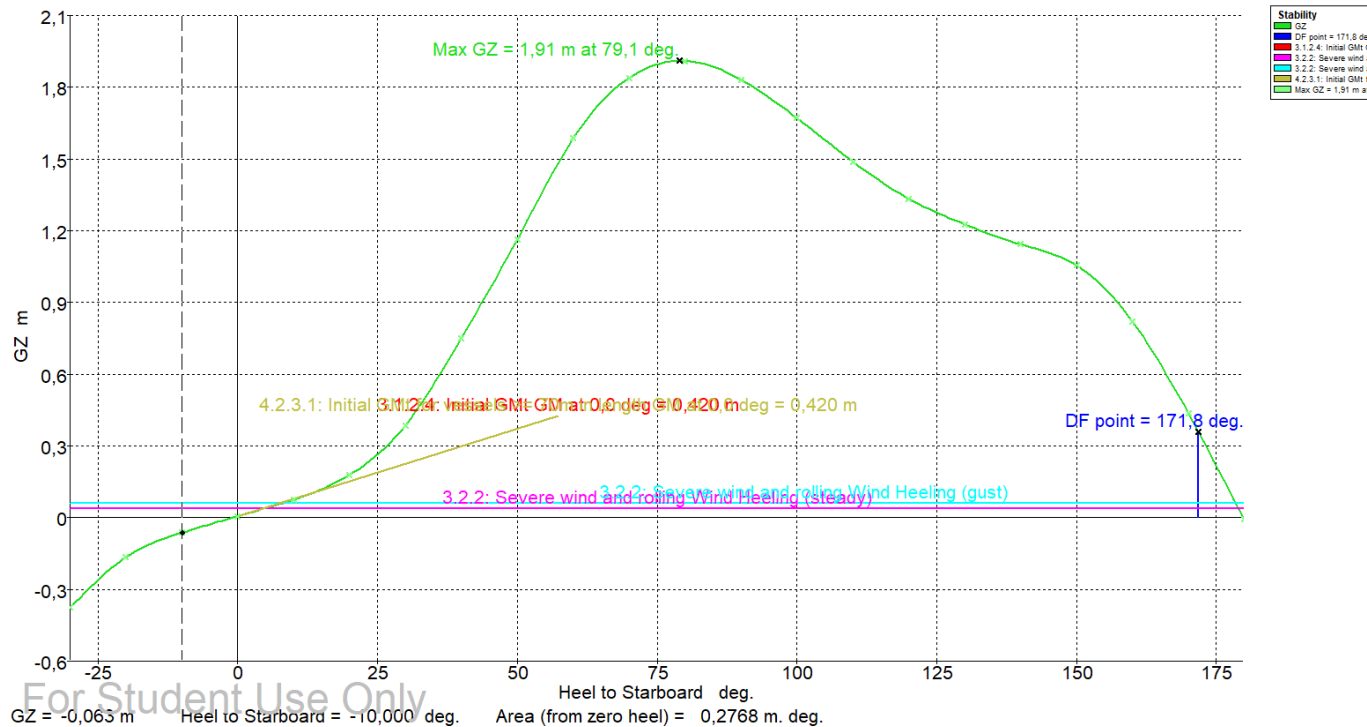


Figure 62: GZ avgang havn - ballast

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
1	Lightship	1	3462,357	3462,357			35,016	0,011	7,748	0,0
2	Fiske Last	1	1000,000	1000,000			47,100	0,000	3,850	0,0
3	Fore Peak	0%	193,278	0,000	193,278	0,000	69,801	0,000	0,000	0,0
4	Void PS #99	98%	9,888	9,690	9,647	9,454	57,781	-4,502	1,158	0,0
5	Void SB #99	0%	9,888	0,000	9,647	0,000	58,937	2,400	0,048	0,0
6	Void MS #99	0%	43,650	0,000	42,585	0,000	59,383	0,000	0,000	0,0
7	Diesel #78-94 MS	0%	115,449	0,000	137,439	0,000	56,181	0,000	0,000	0,0
8	Void MS	0%	55,746	0,000	54,386	0,000	46,778	0,000	0,000	0,0
9	Ferskvann mindre	26%	71,565	18,607	71,565	18,607	40,628	0,000	0,272	155,5
10	Ferskvann større	0%	114,659	0,000	114,659	0,000	37,787	0,000	0,000	0,0
11	Diesel forre aktre MS-SB	0%	46,840	0,000	55,761	0,000	21,556	0,014	0,000	0,0
12	Gråvann MS PS	100%	61,701	61,701	60,196	60,196	25,801	1,796	1,005	0,0
13	Diesel #14-30 1) PS	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	-5,234	1,211	0,0
14	Diesel #14-30 4) SB	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	5,234	1,211	0,0
15	Diesel forre aktre MS-SB	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756	0,010	0,000	0,0
16	Diesel forre aktre #31-36 1) SB	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556	2,401	0,037	0,0
17	AttPeak	100%	492,062	492,062	480,061	480,061	2,828	0,000	6,717	0,0
18	Diesel forre aktre #31-36 1) PS	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556	-2,401	0,037	0,0
19	Svart vann PS #36-43	100%	58,892	58,892	57,456	57,456	25,828	-5,398	1,104	0,0
20	WB PS 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	-2,401	0,025	0,0
21	WB SB 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	2,401	0,025	0,0
22	WB PS 2	98%	37,699	36,945	36,779	36,044	38,119	-5,400	1,095	0,0
23	WB PS 3	98%	41,555	40,724	40,542	39,731	43,838	-5,387	1,098	0,0
24	Diesel #78-94 PS	0%	46,059	0,000	54,832	0,000	56,181	-2,401	0,031	0,0
25	Svartvann SB #36-50	100%	58,892	58,892	57,456	57,456	25,828	5,398	1,104	0,0
26	WB SB 2	98%	37,699	36,945	36,779	36,044	38,119	5,400	1,095	0,0
27	WB SB 3	98%	41,555	40,724	40,542	39,731	43,838	5,387	1,098	0,0
28	Diesel #78-94 SB	0%	46,059	0,000	54,832	0,000	56,181	2,401	0,031	0,0
29	LNG PS	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	-5,000	2,384	58,4
30	LNG MS	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	0,000	2,384	58,4
31	LNG SB	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	5,000	2,384	58,4
32	Diesel forre aktre MS-PS	0%	46,840	0,000	55,761	0,000	21,556	-0,014	0,000	0,0
33	Gråvann MS SB	100%	61,701	61,701	60,196	60,196	25,801	-1,796	1,005	0,0
34	Diesel aktre aktre MS-PS	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756	-0,010	0,000	0,0
35	WB Framme	40%	305,702	122,281	298,246	119,298	62,450	0,000	1,714	481,5
36	Total Loadcase			5603,713	2795,506	1128,045	34,464	-0,001	6,211	812,4
37	FS correction								0,145	

Figure 63: Tank ankomst havn full fangst 10% fuel

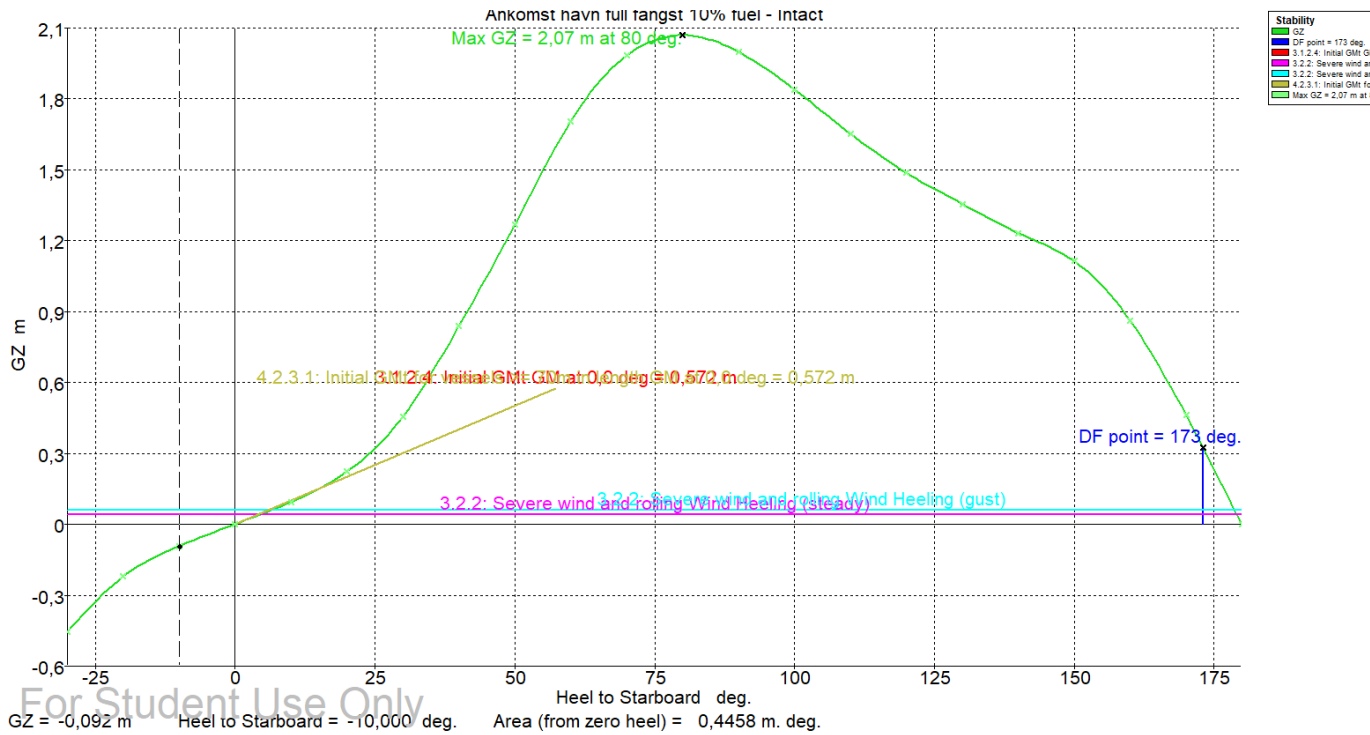


Figure 64: GZ ankomst havn full fangst 10% fuel

Lightship	1	3462,357	3462,357			35,016	0,011	7,748	0,000
Flute Last		200,000	200,000			47,100	0,000	3,850	0,000
Fore Peak	90%	193,278	173,950	193,278	173,950	68,339	0,000	4,143	168,484
Void PS #99	98%	9,888	9,690	9,647	9,454	57,781	-4,502	1,158	0,000
Void SB #99	0%	9,888	0,000	9,647	0,000	58,937	2,400	0,048	0,000
Void MS #99	0%	43,650	0,000	42,585	0,000	59,383	0,000	0,000	0,000
Diesel #78-94 MS	0%	115,449	0,000	137,439	0,000	56,181	0,000	0,000	0,000
Void MS	0%	55,746	0,000	54,386	0,000	46,778	0,000	0,000	0,000
Ferskvann mindre	26%	71,565	18,607	71,565	18,607	40,628	0,000	0,272	155,598
Ferskvann større	0%	114,059	0,000	114,059	0,000	37,787	0,000	0,000	0,000
Diesel forre aître MS-SB	10%	46,840	4,684	55,761	5,576	18,531	1,732	0,126	25,487
Gråvann MS PS	100%	61,701	61,701	60,196	60,196	25,801	1,796	1,005	0,000
Diesel #14-30 1) PS	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	-5,234	1,211	0,000
Diesel #14-30 4) SB	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	5,234	1,211	0,000
Diesel forre aître MS-SB	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756	0,010	0,000	0,000
Diesel forre aître #31-36 1) SB	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556	2,401	0,037	0,000
AFP/peak	98%	492,062	482,221	480,061	470,460	2,878	0,000	6,671	0,000
Diesel forre aître #31-36 1) PS	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556	-2,401	0,037	0,000
Svartvann PS #36-43	100%	58,892	58,892	57,456	57,456	25,828	-5,398	1,104	0,000
WB PS 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	-2,401	0,025	0,000
WB SB 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	2,401	0,025	0,000
WB PS 2	98%	37,699	36,945	36,779	36,044	38,119	-5,400	1,095	0,000
WB PS 3	98%	41,555	40,724	40,542	39,731	43,838	-5,387	1,098	0,000
Diesel #78-94 PS	0%	46,059	0,000	54,832	0,000	56,181	-2,401	0,031	0,000
Svartvann SB #36-50	100%	58,892	58,892	57,456	57,456	25,828	5,398	1,104	0,000
WB SB 2	98%	37,699	36,945	36,779	36,044	38,119	5,400	1,095	0,000
WB SB 3	98%	41,555	40,724	40,542	39,731	43,838	5,387	1,098	0,000
Diesel #78-94 SB	0%	46,059	0,000	54,832	0,000	56,181	2,401	0,031	0,000
LNG PS	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	-5,000	2,384	58,426
LNG MS	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	0,000	2,384	58,426
LNG SB	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	5,000	2,384	58,426
Diesel forre aître MS-PS	0%	46,840	0,000	55,761	0,000	21,556	-0,014	0,000	0,000
Gråvann MS SB	100%	61,701	61,701	60,196	60,196	25,801	-1,796	1,005	0,000
Diesel aître aître MS-PS	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756	-0,010	0,000	0,000
WB Framme	98%	305,702	299,588	298,246	292,281	62,594	0,000	3,532	0,000
Total Loadcase			5149,813	2795,506	1470,953	34,668	0,000	6,448	524,847
FS correction								0,102	
VCG fluid								6,550	

Figure 65: tank ankomst havn - lastet - 20% av last

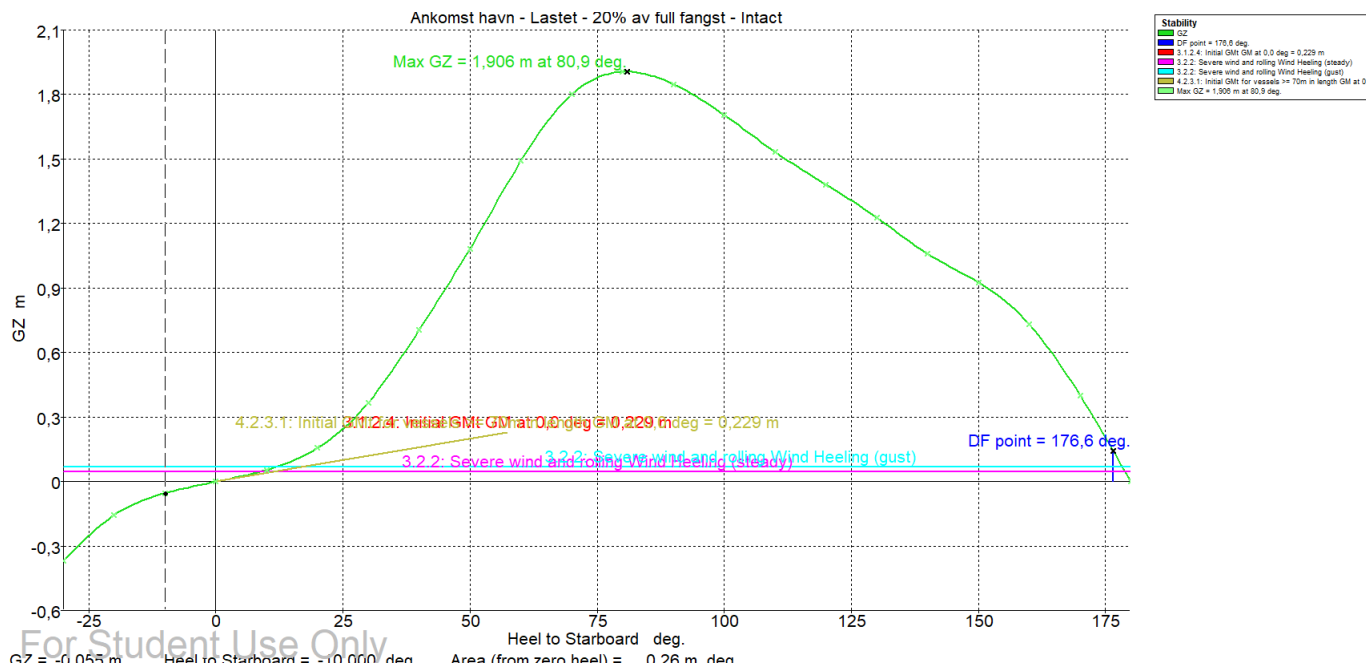


Figure 66: GZ ankomst havn - lastet - 20% av last

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
1	Lightship	1	3462,357	3462,357			35,016		0,011	7,748
2	Fiske Last	1	1000,000	1000,000			47,100		0,000	3,850
3	Fore Peak	0%	193,278	0,000	193,278	0,000	89,801		0,000	0,000
4	Void PS #99	98%	9,888	9,890	9,647	9,454	57,781		-4,502	1,158
5	Void SB #99	0%	9,888	0,000	9,647	0,000	58,937		2,400	0,048
6	Void MS #99	0%	43,650	0,000	42,585	0,000	59,383		0,000	0,000
7	Diesel #78-94 MS	98%	115,449	113,140	137,439	134,690	51,664		0,000	0,987
8	Void MS	0%	55,746	0,000	54,396	0,000	46,778		0,000	0,000
9	Ferskvann mindre	78%	71,565	55,820	71,565	55,820	40,543		0,000	0,788
10	Ferskvann større	0%	114,659	0,000	114,659	0,000	37,787		0,000	0,000
11	Diesel forre aktre MS-SB	0%	46,840	0,000	55,761	0,000	21,556		0,014	0,000
12	Gråvann MS PS	98%	61,701	60,467	60,196	58,992	25,855		1,796	0,985
13	Diesel #14-30 1) PS	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786		-5,234	1,211
14	Diesel #14-30 4) SB	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786		5,234	1,211
15	Diesel forre aktre MS-SB	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756		0,010	0,000
16	Diesel forre aktre #31-36 1) SB	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556		2,401	0,037
17	All Peak	98%	482,962	482,221	480,961	470,460	2,878		0,000	6,671
18	Diesel forre aktre #31-36 1) PS	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556		-2,401	0,037
19	Svart vann FS #36-43	98%	58,892	57,714	57,456	56,306	26,885		-5,393	1,087
20	WB PS 1	0%	38,844	0,000	37,701	0,000	35,369		-2,401	0,025
21	WB SB 1	0%	38,844	0,000	37,701	0,000	35,369		2,401	0,025
22	WB PS 2	98%	37,699	36,945	36,779	36,044	38,119		-5,400	1,095
23	WB PS 3	98%	41,555	40,724	40,542	39,731	43,838		-5,387	1,098
24	Diesel #78-94 PS	0%	46,059	0,000	54,832	0,000	56,181		-2,401	0,031
25	Svart vann SB #36-50	98%	58,892	57,714	57,456	56,306	26,885		-5,393	1,087
26	WB SB 2	98%	37,699	36,945	36,779	36,044	38,119		5,400	1,095
27	WB SB 3	98%	41,555	40,724	40,542	39,731	43,838		5,387	1,098
28	Diesel #78-94 SB	0%	46,059	0,000	54,832	0,000	56,181		2,401	0,031
29	LNG PS	30%	137,968	41,390	137,968	41,390	28,020		-5,000	2,802
30	LNG MS	30%	137,968	41,390	137,968	41,390	28,020		0,000	2,802
31	LNG SB	30%	137,968	41,390	137,968	41,390	28,020		5,000	2,802
32	Diesel forre aktre MS-PS	0%	46,840	0,000	55,761	0,000	21,556		-0,014	0,000
33	Gråvann MS SB	98%	61,701	60,467	60,196	58,992	25,855		-1,796	0,985
34	Diesel aktre aktre MS-PS	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756		-0,010	0,000
35	WB Framme	15%	305,702	45,855	296,246	44,737	62,327		0,000	0,688
36	Total Loadcase			5745,756	2795,506	1293,861	34,441		-0,001	6,079
37	FS correction									0,097
38	VCG fluid									6,176

Figure 67: tank avgang fiskefelt m last 30 fuel

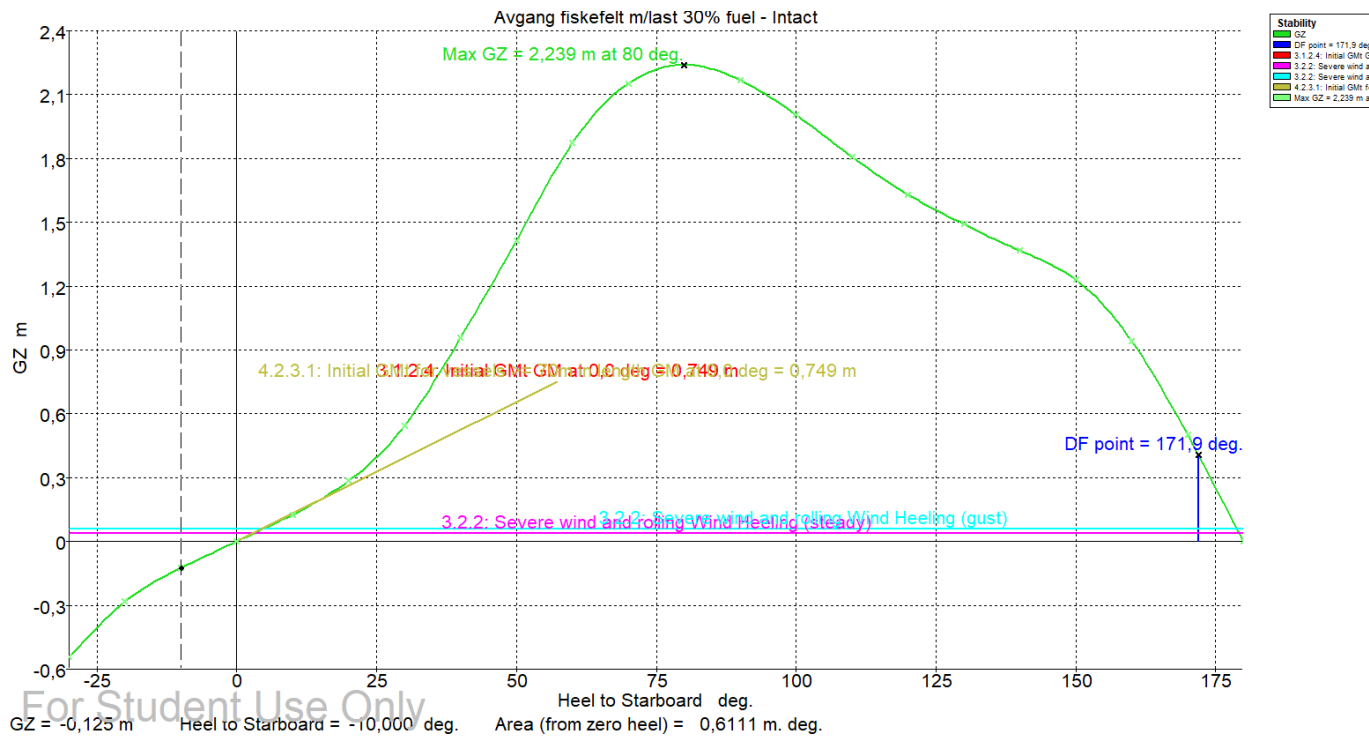


Figure 68: GZ avgang fiskefelt m last 30 fuel

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
1	Lightship	1	3462,357	3462,357			35,016	0,011	7,748	0,000
2	Fore Peak	98%	193,278	189,413	193,278	189,413	68,239	0,000	4,486	0,000
3	Void PS #99	98%	9,888	9,690	9,647	9,454	57,781	-4,502	1,158	0,000
4	Void SB #99	98%	9,888	9,690	9,647	9,454	57,781	4,502	1,158	0,000
5	Void MS #99	0%	43,650	0,000	42,585	0,000	59,383	0,000	0,000	0,000
6	Diesel #78-94 MS	98%	115,449	113,140	137,439	134,690	51,664	0,000	0,987	0,000
7	Void MS	0%	55,746	0,000	54,386	0,000	46,778	0,000	0,000	0,000
8	Ferstvann mindre	78%	71,565	55,820	71,565	55,820	40,543	0,000	0,788	155,598
9	Ferstvann større	0%	114,659	0,000	114,659	0,000	37,787	0,000	0,000	0,000
10	Diesel forre aitre MS-SB	0%	46,840	0,000	55,761	0,000	21,556	0,014	0,000	0,000
11	Diesel forre aitre MS-PS	98%	46,840	45,903	55,761	54,646	17,751	-1,793	0,988	0,000
12	Gråvann MS PS	98%	61,701	60,467	60,196	58,992	25,855	1,796	0,985	0,000
13	Gråvann MS SB	98%	61,701	60,467	60,196	58,992	25,855	-1,796	0,985	0,000
14	Diesel #14-30 1) PS	0%	31,021	0,000	36,930	0,000	13,756	-2,401	0,064	0,000
15	Diesel aitre aitre MS-PS	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756	-0,010	0,000	0,000
16	Diesel #14-30 4) SB	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	5,234	1,211	0,000
17	Diesel forre aitre MS-SB	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756	0,010	0,000	0,000
18	Diesel forre aitre #31-36 1) SB	98%	42,703	41,848	50,836	49,820	17,792	5,348	1,115	0,000
19	#4Peak	98%	492,062	482,221	480,061	470,460	2,878	0,000	6,871	0,000
20	Diesel forre aitre #31-36 1) PS	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556	-2,401	0,037	0,000
21	Svartvann PS #36-43	98%	58,892	57,714	57,456	56,306	25,885	-5,393	1,087	0,000
22	WB PS 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	-2,401	0,025	0,000
23	WB SB 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	2,401	0,025	0,000
24	WB PS 2	0%	37,699	0,000	36,779	0,000	40,769	-2,402	0,035	0,000
25	WB PS 3	0%	41,555	0,000	40,542	0,000	46,766	-2,402	0,038	0,000
26	Diesel #78-94 PS	98%	46,059	45,138	54,832	53,735	51,280	-5,135	1,102	0,000
27	Svartvann SB #36-50	0%	58,892	0,000	57,456	0,000	29,952	2,401	0,027	0,000
28	WB SB 2	30%	37,699	11,310	36,779	11,034	38,207	5,109	0,451	20,176
29	WB SB 3	30%	41,555	12,467	40,542	12,163	43,962	5,082	0,454	21,615
30	Diesel #78-94 SB	30%	46,059	13,818	54,832	16,450	51,589	4,833	0,457	18,062
31	LNG PS	0%	137,968	0,000	137,968	0,000	33,128	-3,333	2,000	0,000
32	LNG MS	98%	137,968	135,209	137,968	135,209	27,744	0,000	3,962	0,000
33	LNG SB	0%	137,968	0,000	137,968	0,000	33,128	3,333	2,000	0,000
34	WB Framme	98%	305,702	299,588	298,246	292,281	62,594	0,000	3,532	0,000
35	Total Loadcase			5136,660	2795,506	1705,110	34,613	-0,003	6,433	215,451
36	FS correction								0,042	
37	VCG fluid								6,475	

Figure 69: tank avgang fiskefelt uten last 30

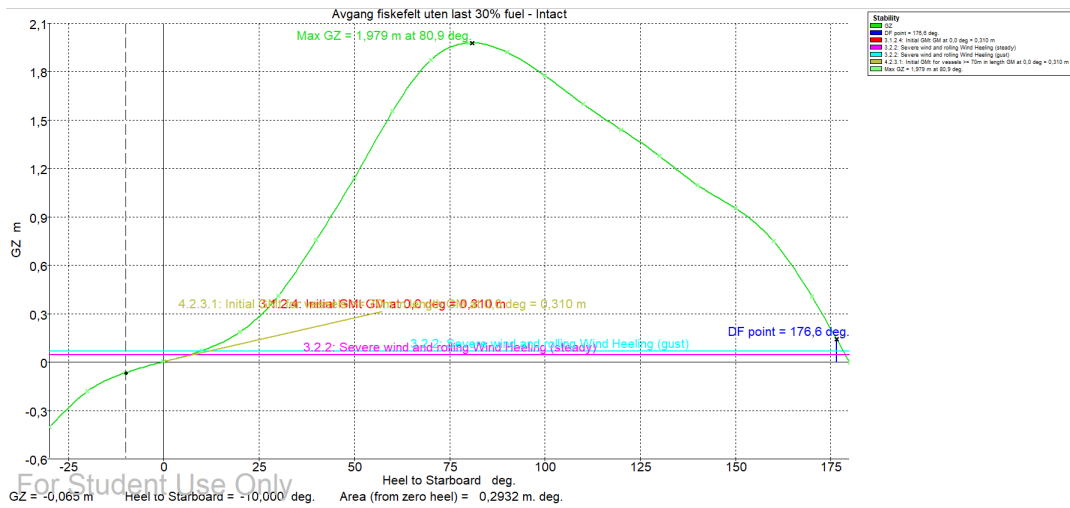


Figure 70: GZ avgang fiskefelt uten last 30 fuel

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
1	Lightship	1	3462.357	3462.357			35,016		0,011	7,748
2	Fiske last	1	1000,000	1000,000			47,100		0,000	3,850
3	Føre Peak	0%	193,278	0,000	193,278	0,000	59,801		0,000	0,000
4	WB Framme	0%	305,702	0,000	298,246	0,000	55,953		0,000	0,000
5	Void PS #99	0%	9,888	0,000	9,647	0,000	58,937	-2,400	0,000	0,048
6	Void SB #99	0%	9,888	0,000	9,647	0,000	58,937	2,400	0,000	0,048
7	Void MS #99	0%	43,650	0,000	42,585	0,000	59,383	0,000	0,000	0,000
8	Diesel #78-94 MS	0%	115,449	0,000	137,439	0,000	56,181	0,000	0,000	0,000
9	Void MS	0%	55,746	0,000	54,386	0,000	46,778	0,000	0,000	0,000
10	Ferskvann mindre	26%	71,565	18,607	71,565	18,607	40,628	0,000	0,000	155,598
11	Ferskvann større	0%	114,659	0,000	114,659	0,000	37,787	0,000	0,000	0,000
12	Diesel forre aitre MS-SB	0%	46,840	0,000	55,761	0,000	21,556	0,014	0,000	0,000
13	Diesel forre aitre MS-PS	0%	46,840	0,000	55,761	0,000	21,556	-0,014	0,000	0,000
14	Gråvann MS PS	98%	61,701	60,467	60,196	58,992	25,855	1,796	0,985	0,000
15	Gråvann MS SB	98%	61,701	60,467	60,196	58,992	25,855	-1,796	0,985	0,000
16	Diesel #14-30 1) PS	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	-5,234	1,211	0,000
17	Diesel aitre aitre MS-PS	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756	-0,010	0,000	0,000
18	Diesel #14-30 4) SB	98%	31,021	30,401	36,930	36,191	10,786	5,234	1,211	0,000
19	Diesel forre aitre MS-SB	0%	45,369	0,000	54,011	0,000	13,756	0,010	0,000	0,000
20	Diesel forre aitre #31-36 1) SB	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556	2,401	0,037	0,000
21	ABPeak	0%	492,062	0,000	480,061	0,000	5,980	0,000	0,000	0,000
22	Diesel forre aitre #31-36 1) PS	0%	42,703	0,000	50,836	0,000	21,556	-2,401	0,037	0,000
23	Svartvann PS #36-43	98%	58,892	57,714	57,456	56,306	25,885	-5,393	1,087	0,000
24	WB PS 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	-2,401	0,025	0,000
25	WB SB 1	0%	38,644	0,000	37,701	0,000	35,369	2,401	0,025	0,000
26	WB PS 2	0%	37,699	0,000	36,779	0,000	40,769	-2,402	0,035	0,000
27	WB PS 3	0%	41,555	0,000	40,542	0,000	46,766	-2,402	0,038	0,000
28	Diesel #78-94 PS	0%	46,059	0,000	54,832	0,000	56,181	-2,401	0,031	0,000
29	Svartvann SB #36-50	98%	58,892	57,714	57,456	56,306	25,885	5,393	1,087	0,000
30	WB SB 2	0%	37,699	0,000	36,779	0,000	40,769	2,402	0,035	0,000
31	WB SB 3	0%	41,555	0,000	40,542	0,000	46,766	2,402	0,038	0,000
32	Diesel #78-94 SB	0%	46,059	0,000	54,832	0,000	56,181	2,401	0,031	0,000
33	LNG PS	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	-5,000	2,384	58,426
34	LNG MS	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	0,000	2,384	58,426
35	LNG SB	10%	137,968	13,797	137,968	13,797	28,433	5,000	2,384	58,426
36	Total Loadcase			4819,518	2795,506	362,977	36,734	0,008	6,453	330,877
37	FS correction								0,069	
38	VCG fluid								6,521	

Figure 71: tank uten ballast ankomst havn full fangst 10 fuel

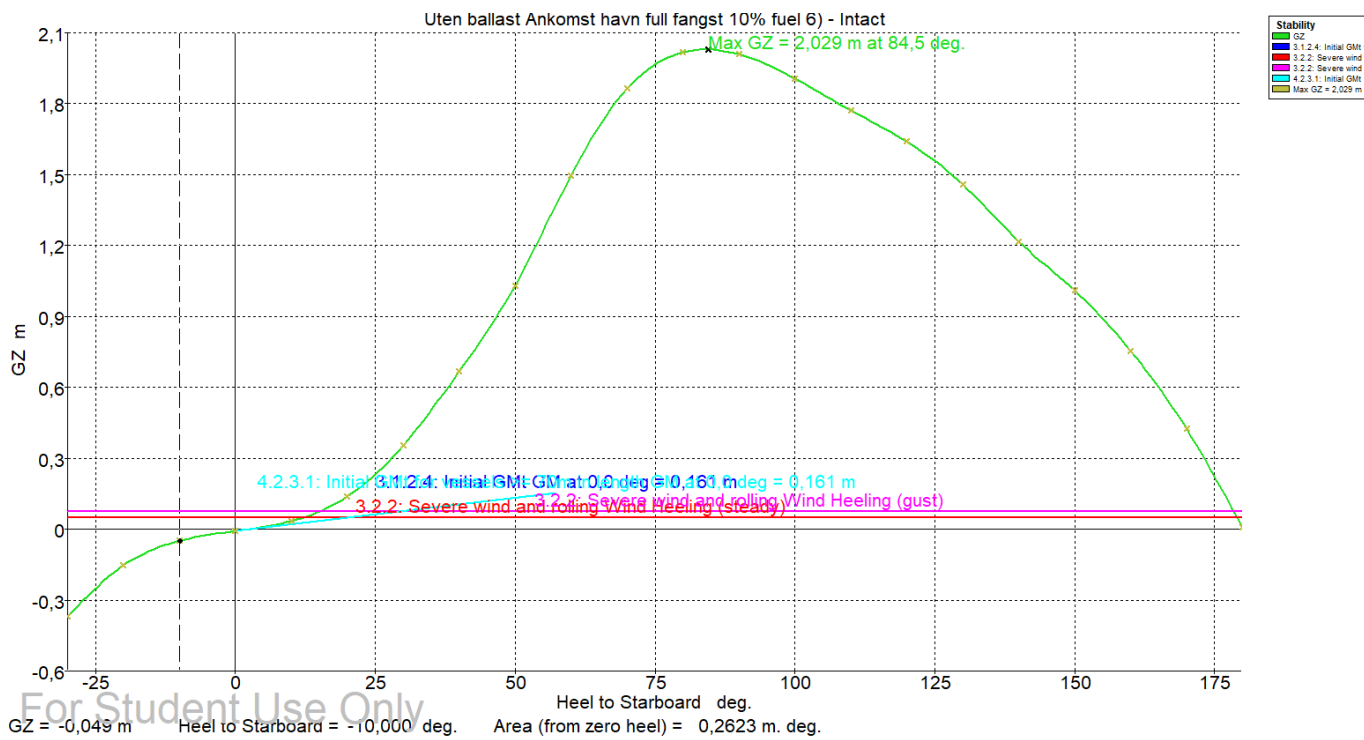


Figure 72: GZ uten ballast ankomst havn full fangst 10 fuel

I.2 Kriterier

IMO A 749(18) Code on Intact Stability	Kriterier	Eining	Avgang havn - Ballast
Area 0 to 30 shall not be less than	3,1513	m.deg	3,3981
Area 0 to 40 shall not be less than	5,1566	m.deg	8,335
Area 30 to 40 shall not be less than	1,7189	m.deg	4,9369
Maz GZ at 30 or greater shall not be less than	0,2	m	1,828
Angle of maximum GZ shall not be less than	25	deg	80
Initial GMt shall not be less than	0,15	m	0,241
Severe Wind and rolling :			
Angle of steady heel shall not be greater than	16	deg	7,9
Angle of steady heel/Deck edge immersion angle shall not be greater than	80	%	19,41
Area1/Area2 shall not be less than	100	%	709,4
IMO A 749(18) Ch 4 - Special criteria for certain types of ships			
Initial GMt for vessels shall not be less than	0,15	m	0,241

Figure 73: Stabilitet kriterier

IMO A 749(18) Code on Intact Stability	Kriterier	Eining	Ankomst havn - 20% av 100% fangst
Area 0 to 30 shall not be less than	3,1513	m.deg	3,9484
Area 0 to 40 shall not be less than	5,1566	m.deg	9,3940
Area 30 to 40 shall not be less than	1,7189	m.deg	5,4456
Maz GZ at 30 or greater shall not be less than	0,2	m	1,923
Angle of maximum GZ shall not be less than	25	deg	80,9
Initial GMt shall not be less than	0,15	m	0,242
Severe Wind and rolling :			
Angle of steady heel shall not be greater than	16	deg	8,2
Angle of steady heel/Deck edge immersion angle shall not be greater than	80	%	19,07
Area1/Area2 shall not be less than	100	%	620
IMO A 749(18) Ch 4 - Special criteria for certain types of ships			
Initial GMt for vessels shall not be less than	0,15	m	0,242

Figure 74: Stabilitet kriterier

IMO A 749(18) Code on Intact Stability	Kriterier	Eining	Ankomst havn full fangst
Area 0 to 30 shall not be less than	3,1513	m.deg	4,5698
Area 0 to 40 shall not be less than	5,1566	m.deg	10,5812
Area 30 to 40 shall not be less than	1,7189	m.deg	6,0114
Maz GZ at 30 or greater shall not be less than	0,2	m	2,055
Angle of maximum GZ shall not be less than	25	deg	80
Initial GMt shall not be less than	0,15	m	0,365
Severe Wind and rolling :			
Angle of steady heel shall not be greater than	16	deg	6,3
Angle of steady heel/Deck edge immersion angle shall not be greater than	80	%	15,25
Area1/Area2 shall not be less than	100	%	581,64
IMO A 749(18) Ch 4 - Special criteria for certain types of ships			
Initial GMt for vessels shall not be less than	0,15	m	0,365

Figure 75: Stabilitet kriterier

IMO A 749(18) Code on Intact Stability	Kriterier	Eining	Avgang fra fiskefeltet uten last
Area 0 to 30 shall not be less than	3,1513	m.deg	4,1111
Area 0 to 40 shall not be less than	5,1566	m.deg	9,6278
Area 30 to 40 shall not be less than	1,7189	m.deg	5,5168
Maz GZ at 30 or greater shall not be less than	0,2	m	1,942
Angle of maximum GZ shall not be less than	25	deg	80,9
Initial GMt shall not be less than	0,15	m	0,248
Severe Wind and rolling :			
Angle of steady heel shall not be greater than	16	deg	7,8
Angle of steady heel/Deck edge immersion angle shall not be greater than	80	%	17,89
Area1/Area2 shall not be less than	100	%	628,45
IMO A 749(18) Ch 4 - Special criteria for certain types of ships			
Initial GMt for vessels shall not be less than	0,15	m	0,248

Figure 76: Stabilitet kriterier

IMO A 749(18) Code on Intact Stability	Kriterier	Eining	Avgang fra fiskefeltet m/last
Area 0 to 30 shall not be less than	3,1513	m.deg	5,5516
Area 0 to 40 shall not be less than	5,1566	m.deg	12,2634
Area 30 to 40 shall not be less than	1,7189	m.deg	6,7118
Maz GZ at 30 or greater shall not be less than	0,2	m	2,189
Angle of maximum GZ shall not be less than	25	deg	80
Initial GMt shall not be less than	0,15	m	0,483
Severe Wind and rolling :			
Angle of steady heel shall not be greater than	16	deg	4,4
Angle of steady heel/Deck edge immersion angle shall not be greater than	80	%	10,93
Area1/Area2 shall not be less than	100	%	552,87
IMO A 749(18) Ch 4 - Special criteria for certain types of ships			
Initial GMt for vessels shall not be less than	0,15	m	0,483

Figure 77: Stabilitet kriterier

IMO A 749(18) Code on Intact Stability	Kriterier	Eining	Avgang fra fiskefeltet – m/fangst og u/ballast
Area 0 to 30 shall not be less than	3,1513	m.deg	4,2817
Area 0 to 40 shall not be less than	5,1566	m.deg	10,1322
Area 30 to 40 shall not be less than	1,7189	m.deg	5,8505
Maz GZ at 30 or greater shall not be less than	0,2	m	2,186
Angle of maximum GZ shall not be less than	25	deg	84,5
Initial GMt shall not be less than	0,15	m	0,305
Severe Wind and rolling :			
Angle of steady heel shall not be greater than	16	deg	8,8
Angle of steady heel/Deck edge immersion angle shall not be greater than	80	%	18,85
Area1/Area2 shall not be less than	100	%	612,64
IMO A 749(18) Ch 4 - Special criteria for certain types of ships			
Initial GMt for vessels shall not be less than	0,15	m	0,305

Figure 78: Stabilitet kriterier

IMO A 749(18) Code on Intact Stability	Kriterier	Eining	Ankomst havn – m/fangst og u/ballast
Area 0 to 30 shall not be less than	3,1513	m.deg	3,2729
Area 0 to 40 shall not be less than	5,1566	m.deg	8,3318
Area 30 to 40 shall not be less than	1,7189	m.deg	5,0589
Maz GZ at 30 or greater shall not be less than	0,2	m	2,032
Angle of maximum GZ shall not be less than	25	deg	84,5
Initial GMt shall not be less than	0,15	m	0,167
Severe Wind and rolling :			
Angle of steady heel shall not be greater than	16	deg	12,3
Angle of steady heel/Deck edge immersion angle shall not be greater than	80	%	25,95
Area1/Area2 shall not be less than	100	%	635,47
IMO A 749(18) Ch 4 - Special criteria for certain types of ships			
Initial GMt for vessels shall not be less than	0,15	m	0,167

Figure 79: Stabilitet kriterier

J Spesifikasjon

DEPARTMENT OF MARINE TECHNOLOGY

BACHELOR OPPGAVE I SKIPSDESIGN

Kort spesifikasjon for 75m x 16 m

OSCAR GJERDE

REA VICKOVIC

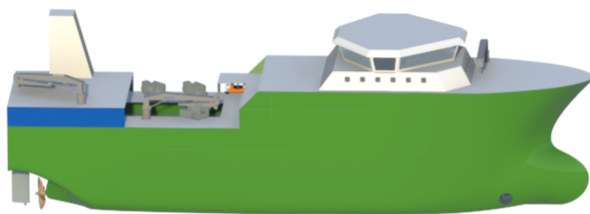


Figure 80: Caption

Klimavennlig frysetråler

Generelt om skipet

Spesifikasjonen beskriver en frysetråler som et klimavennlig fiskefartøy. Skipet er utstyrt for å kunne være miljøvennlig, der LNG blir brukt, samt for å kunne utføre oppgaver som; tråling.

Hoveddimensjoner

Lengde over alt: 75 m

Lengde mellom perpendikulære: 68,95 m

Bredde: 16 m

Dybde i riss til tråldekk: 9,4 m

Dypgang: 6,4 m

Spanteavstand : 600 mm

Transit : 14,5 knop

Tønnesje : 3112 t

Lastekapasitet: 1000t

Utholdenhet : 5 uker

Skipet er utstyrt til 30 personer som hver har enkelt mannslugarer. Alle lugarer har eget bad.

Kapasitet

Ferskvann : 189 m³

LNG/Ammoniakk : 364 m³

Diesel : 637 m³

Operasjonsområde og Klassenotasjon

Flagg : Norsk flagg

Klasse: DNV GL

Klassenotaasjon: Isklasse ICE (1B), Gas Fuelled

Dekksutstyr

3 x kraner, akter, midtskips og forrut: 5t @ 12meter

3 x Trålvinsjer: 3500 m x 32 mm

8 x Sveipevinsjer

2 x Gilsevinsjer

1 x uthalervinsj

1 x Tømmeevinsj

1 x Hjelpevinsj

2 x Vinsj bak i trålslippen

2 x Reserve tråldører

2 x Tråldører i hekk

Propulsjon og manøvrering

Hovedmotor : Wartsila 8V31DF 4500kW

Batteri : Corvus 950kWh

Bau thruster : 500 kW

Propell: 1 x FPP; 4 blad; 4 m i diameter

Anker og forøyningsutstyr

Utrustningsnummer 923 - med bokstav "v"

Ankervinsj monteres på båt dekk og to anker installeres i bauen i en kasse under.

Arrangement av dekk

Tanktop

1 Maskinrom

1 Tavlerom

1 Maskinkontrollrom (ECR)

1 Gasstankrom

1 Preparasjonrom

1 Bauthrusterrom

1 Workshop

1 Lasterom

1 Kjølerom

Main deck/Fabrikk dekk

- 1 fabrikk
- 2 mottaksbinger
- 1 workshop
- 1 emballasjerom
- 1 Eget rom for fabrikk elektronikk
- 1 losseheis

Shelter deck/Tråldekk

- 1 Hydraulikkrom
- 1 NH3 rom for kjemikalier, sveisergasser etc.
- 1 workshop
- 1 rom for incinerator
- 1 rom for vinsj elektronikk
- 1 naust
- 1 losseheis
- 1 garderobe for fabrikkmannskap
- 1 garderobe for dekksmannskap

Forecastle deck

- 14 Lugarer, med eget toalett
- 1 Lounge
- 1 Messe
- 1 Bysse
- 1 Store
- 2 Proviantlager, inkludert kjøøl og frys
- 1 Tørrproviant lager
- 1 vaskerom

Båt dekk

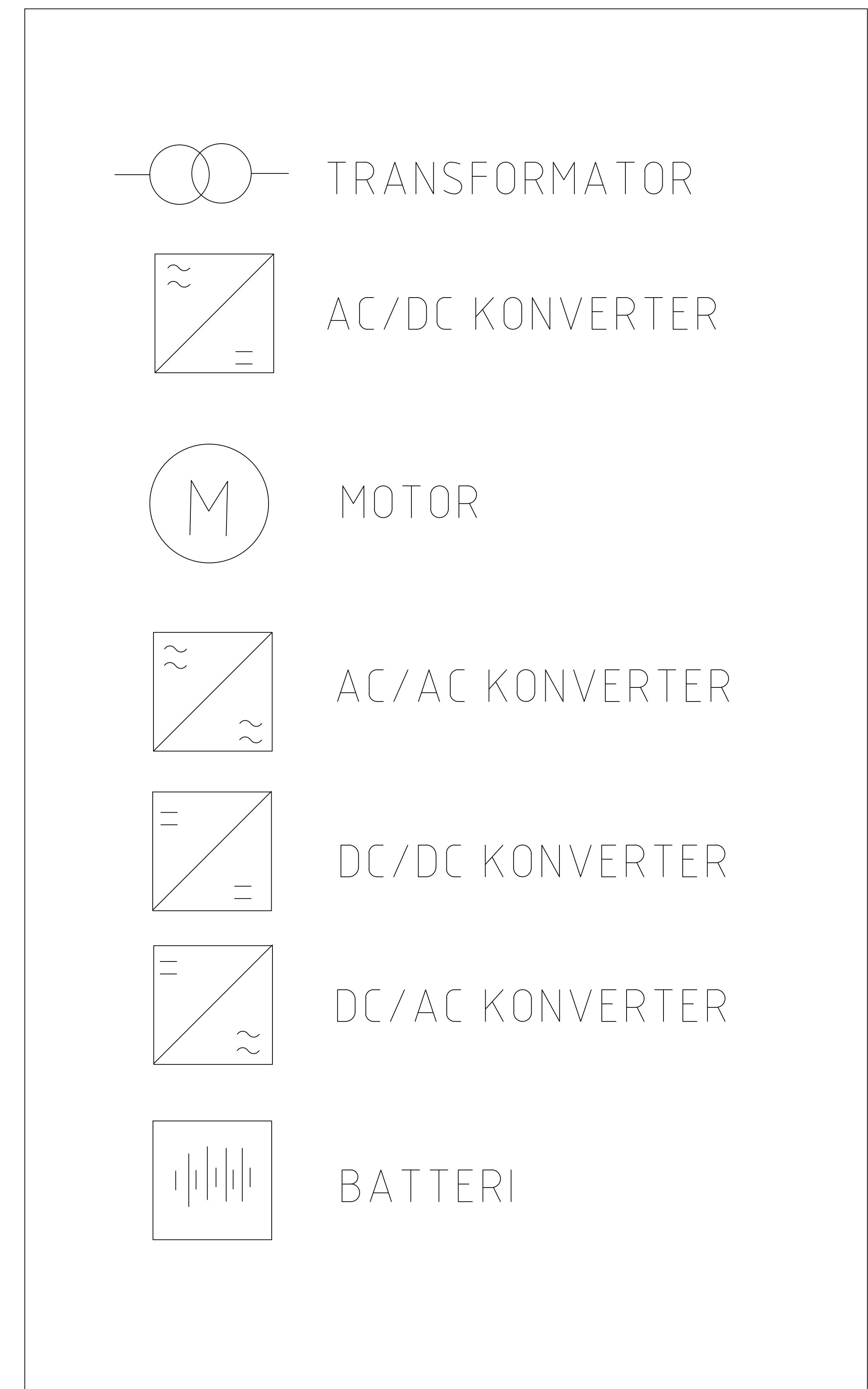
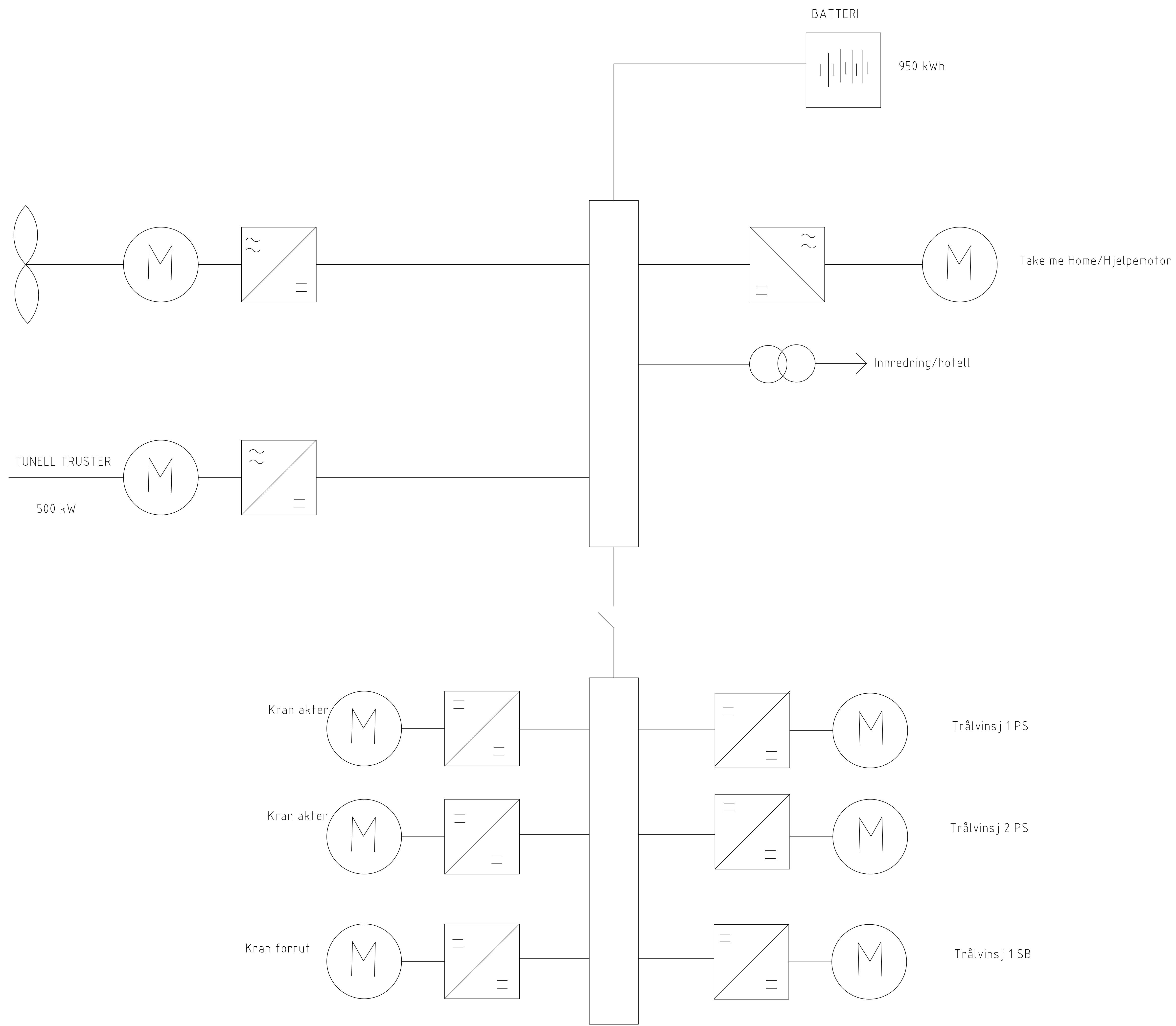
- 16 Lugarer, med eget toalett
- 1 sykehus
- 1 vaskerom
- 1 konferanserom

Brodekk

1 styrhus

K En-linjeskjema

En-linjeskjema



L Linjetegning

Linjetegning

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

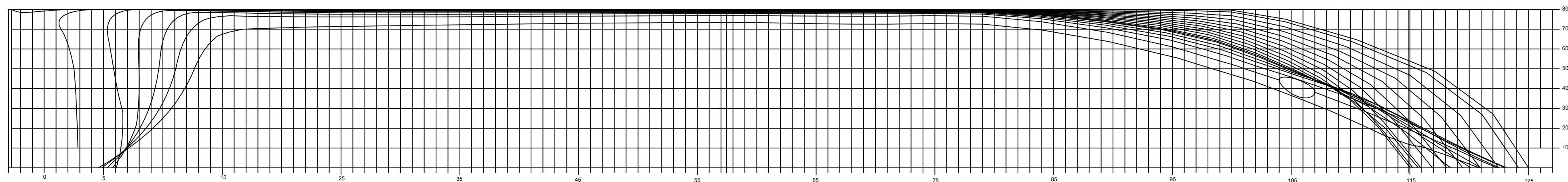
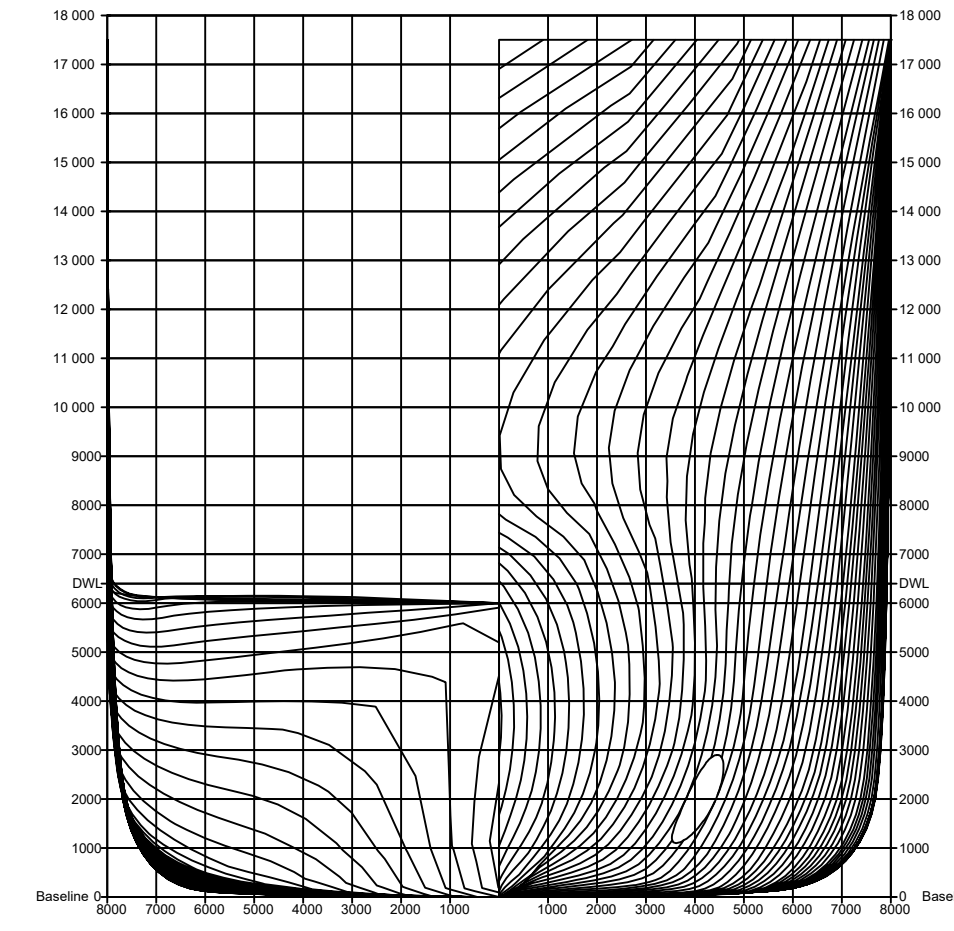
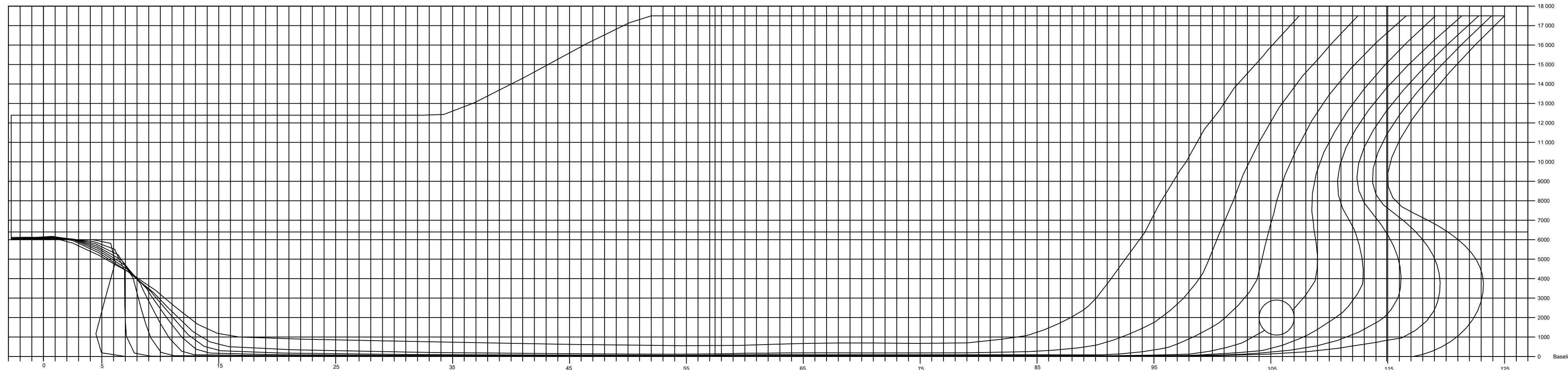
D

E

E

F

F



MAIN PARTICULARS:

Length o.a.	75,0	m
Length b.p.	68,9	m
Beam	16,0	m
Depth to Main Deck	6,4	m
Frame Spacing	600	mm

Date 15.05.2022	Designed by RV	Scale 1:150	Size A1	NTNU Skipsdesign
Freezer trawler Lines plan					Project number 000.000.000

1

2

3

4

5

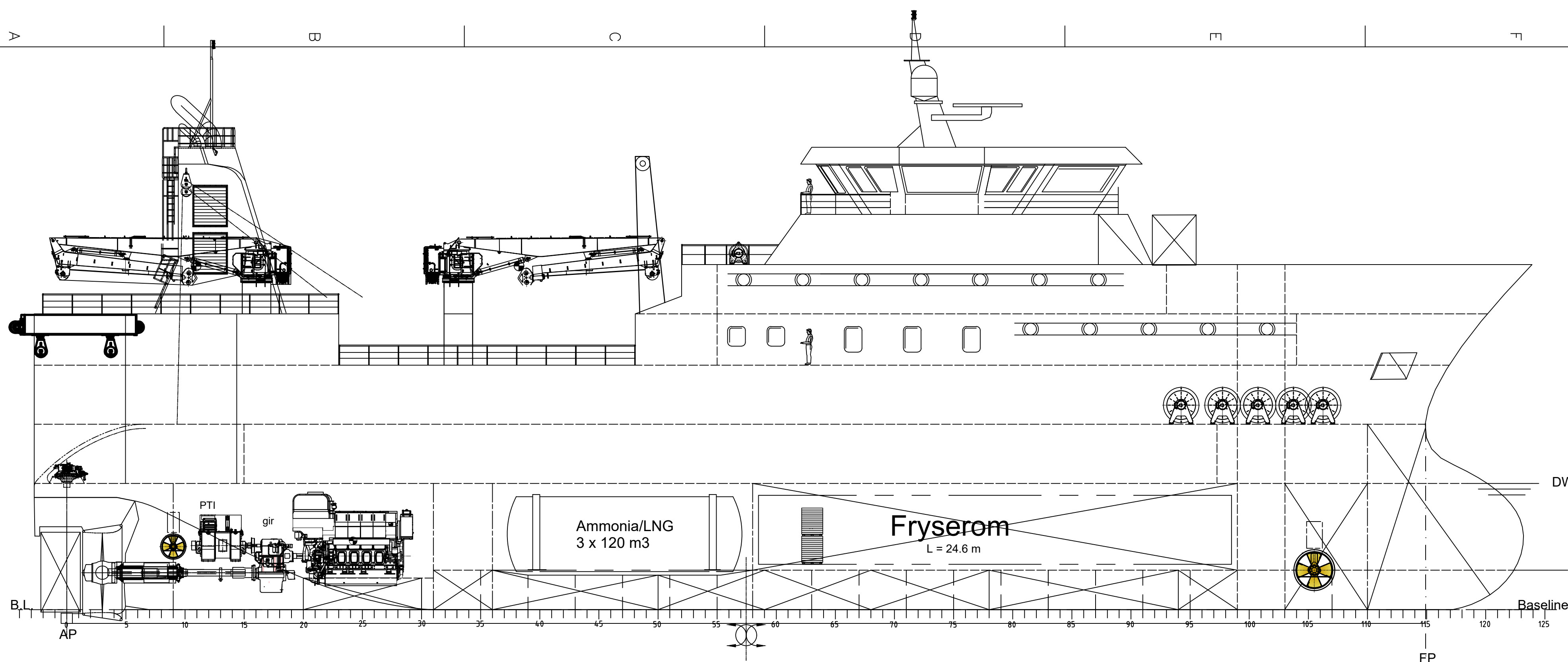
6

7

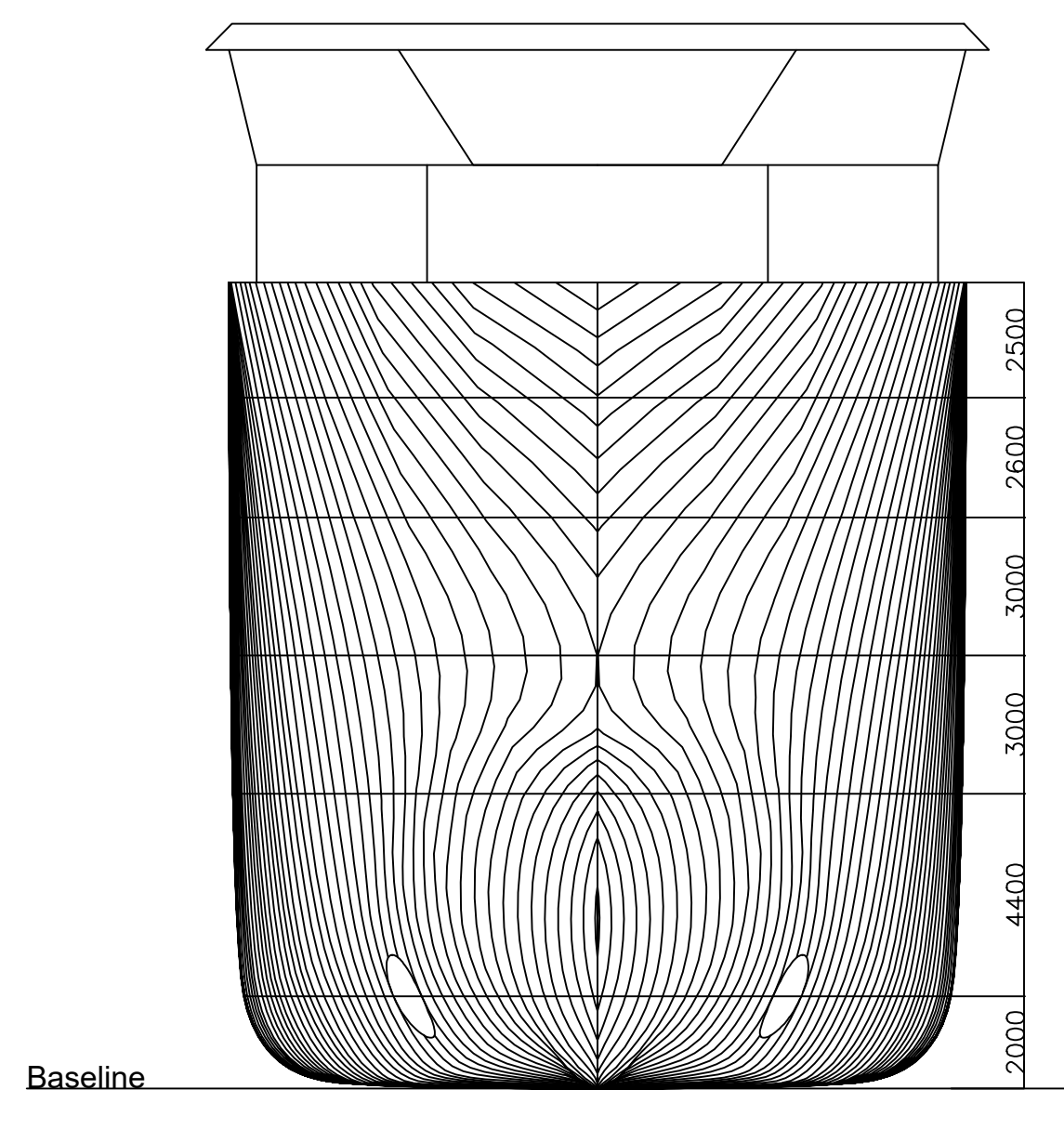
8

M General Arrangement

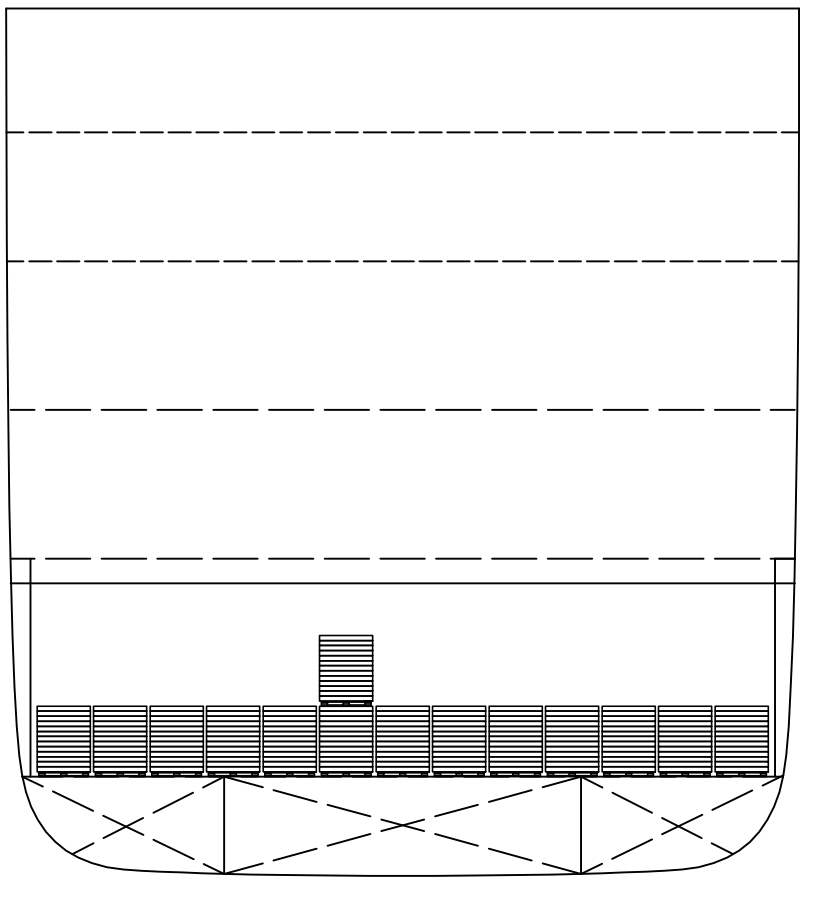
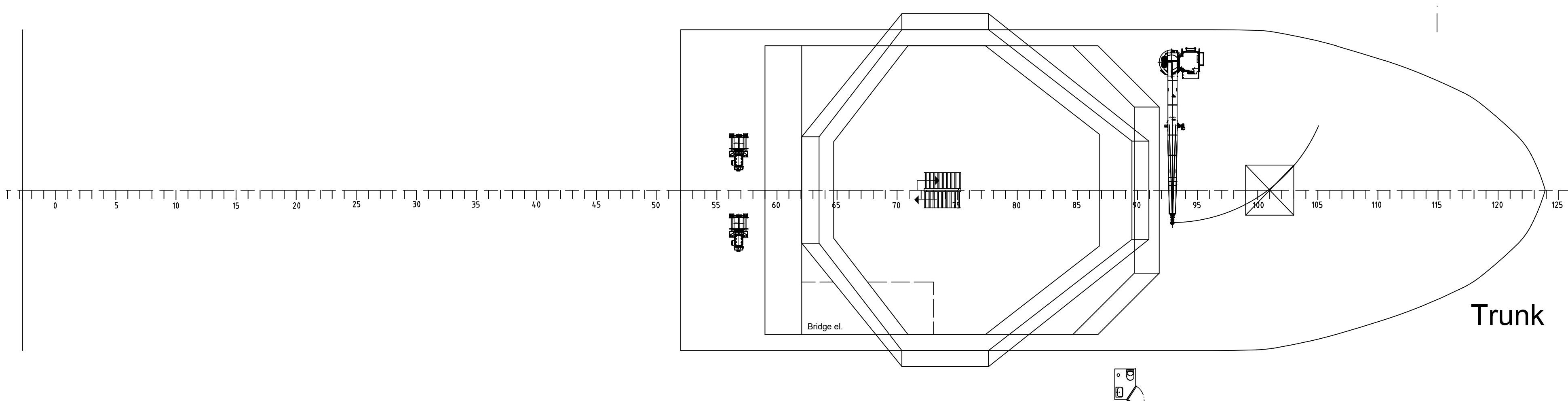
General Arrangement



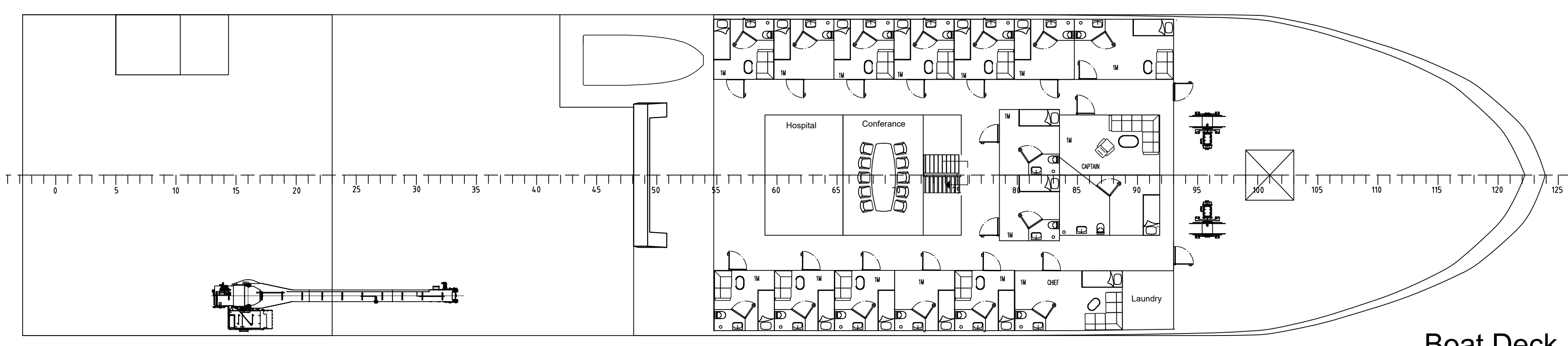
Trunk
Boat Deck
Fore Castle Deck
Shelter deck
Main deck
Tank top



Front view

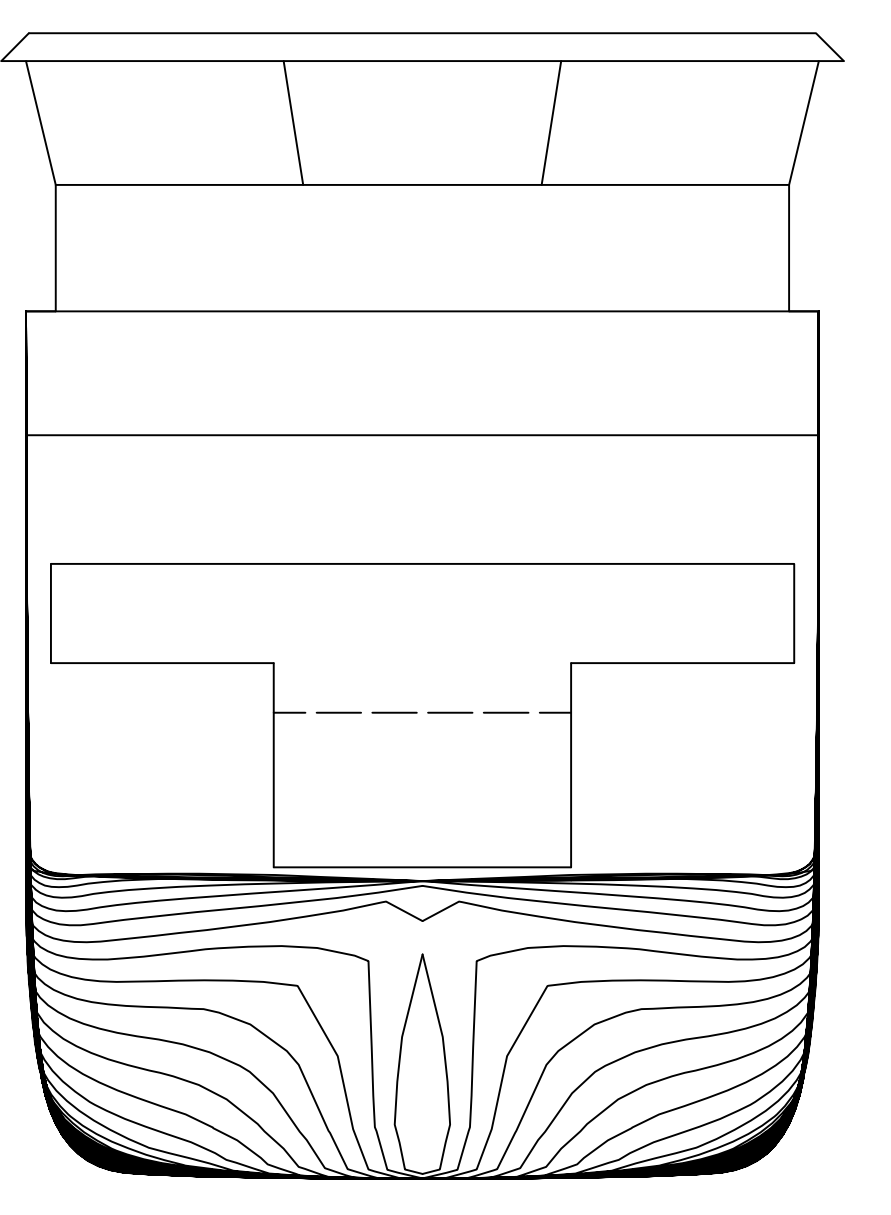


Transversal view

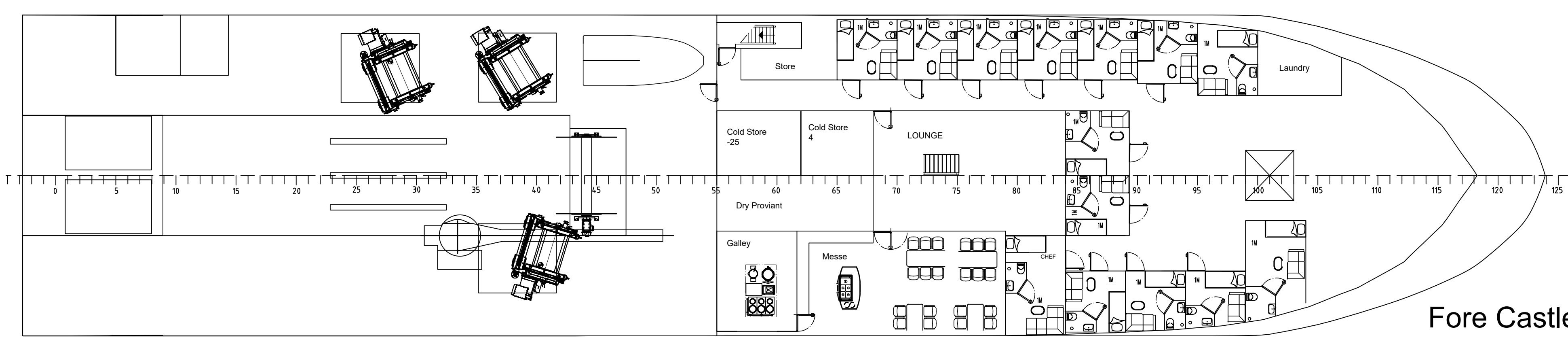


Boat Deck

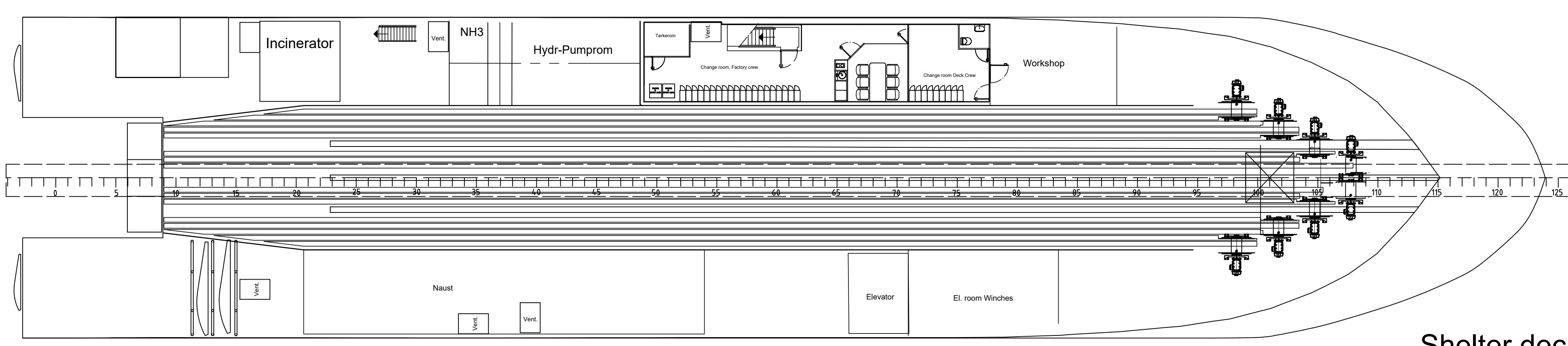
Trunk
Boat Deck
Fore Castle Deck
Shelter deck
Main deck
Tank top



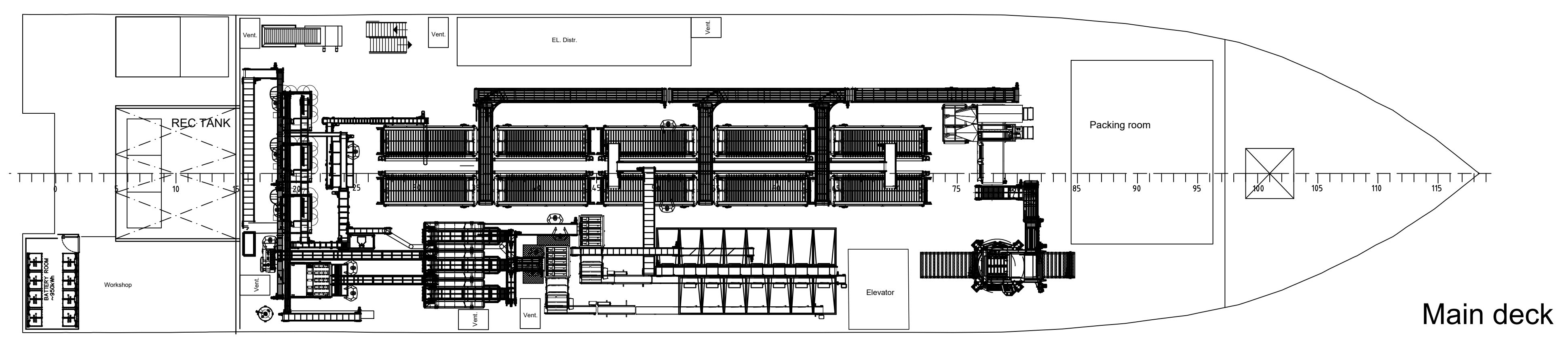
Aft view



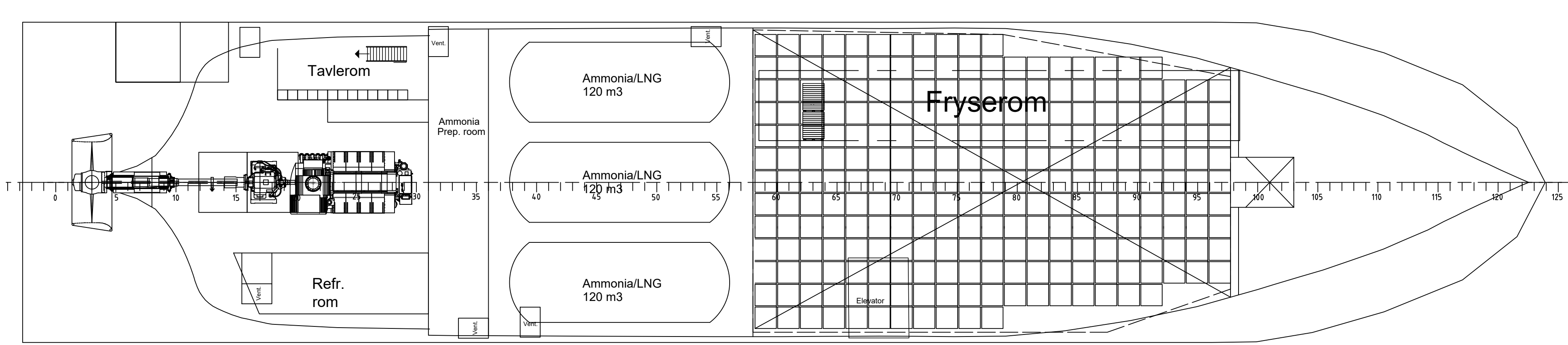
Fore Castle Deck



Shelter deck



Main deck



Tank top

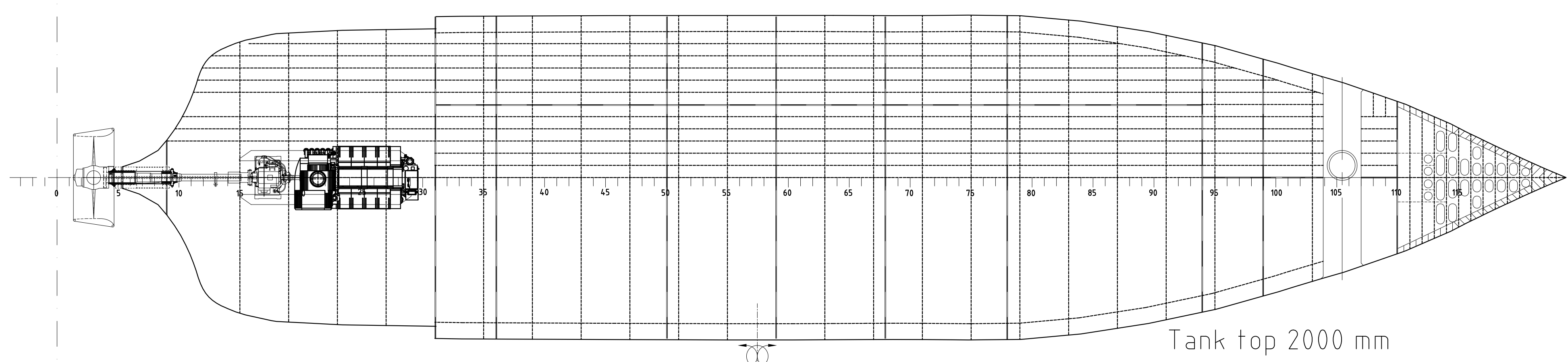
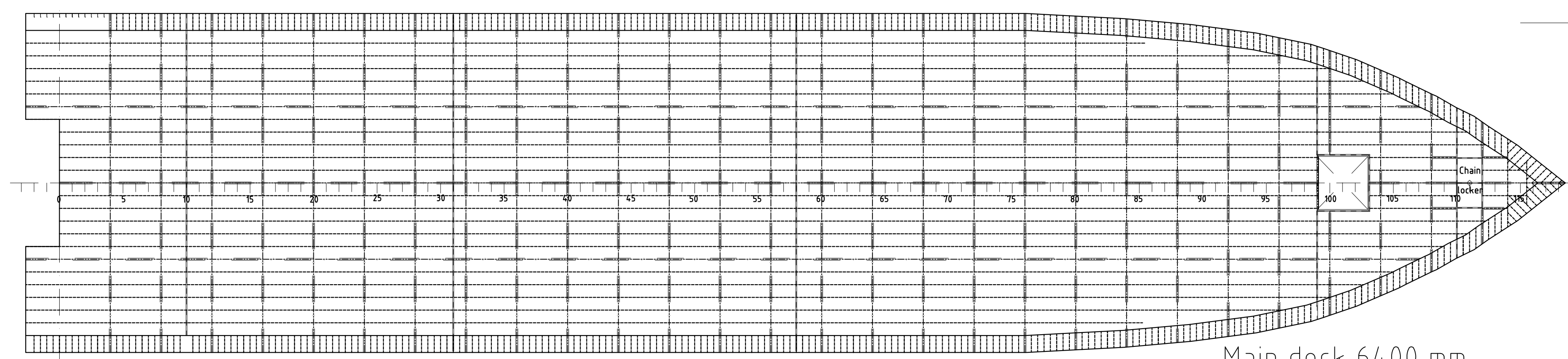
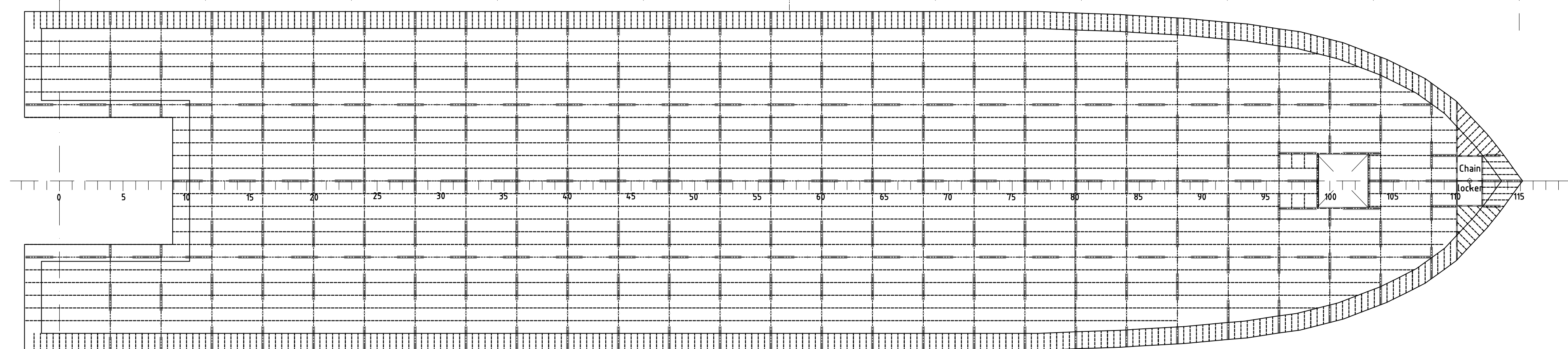
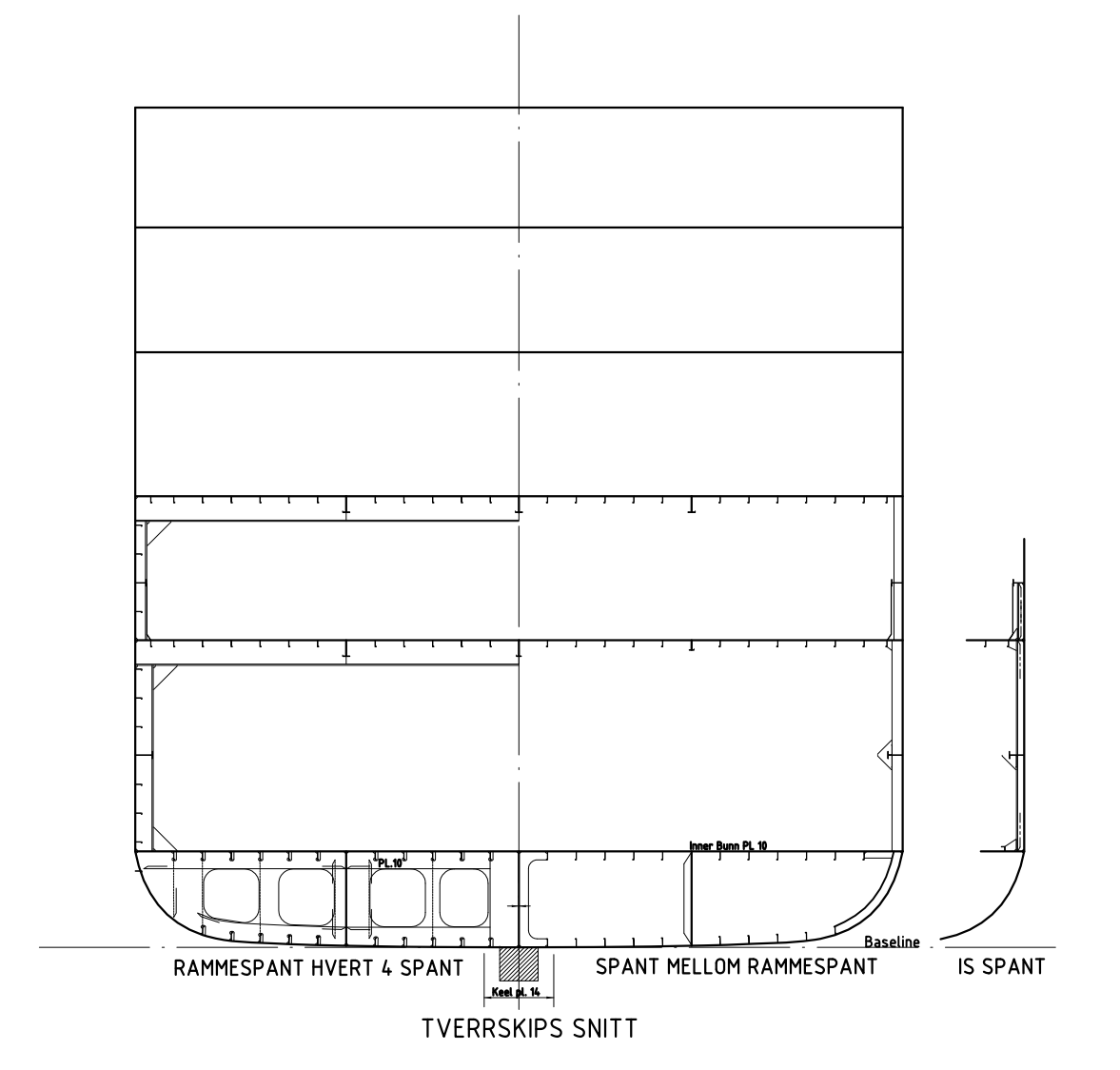
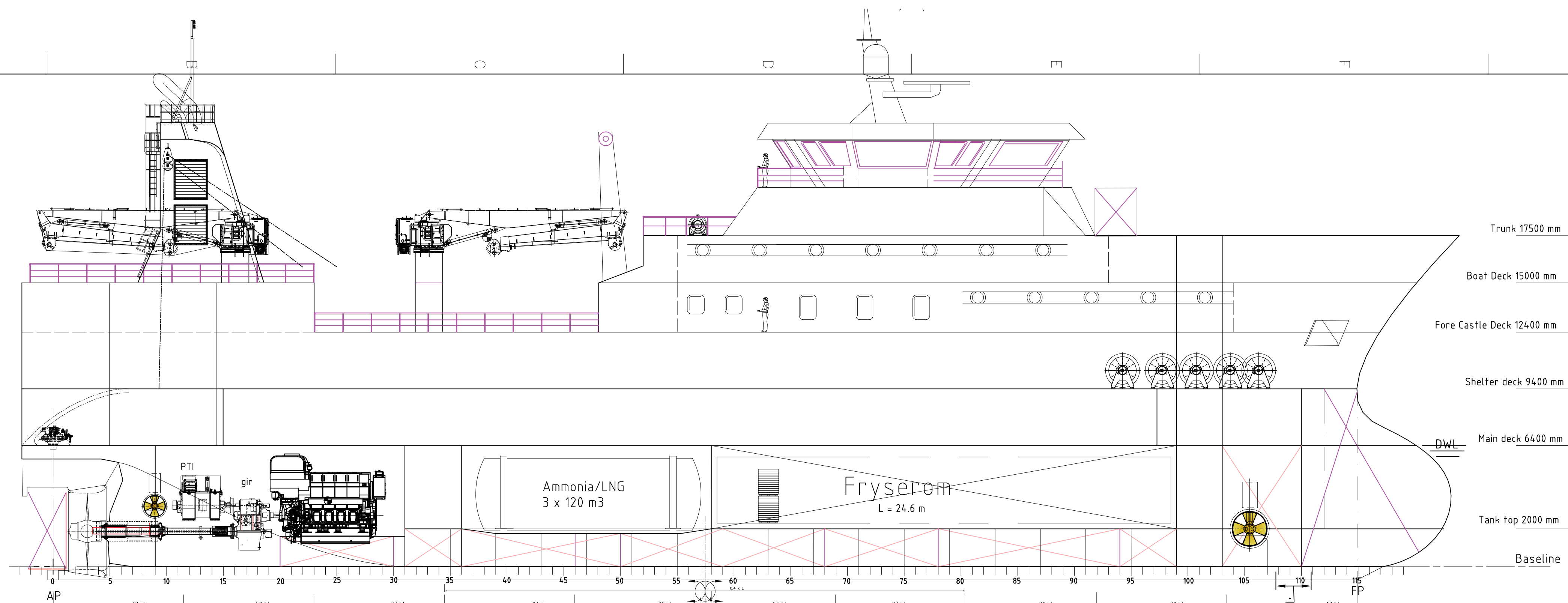
MAIN DIMENSIONS:	
Length o.a.:	75.00m
Length b.p.p.:	68.95m
Breadth:	16.00m
Depth Main deck:	6.40m
Depth Shelter deck:	9.40m
Frame spacing:	600mm
Cargo hold	Appr.: 1150m3
Accommodation for 30 persons 30xi men cabins	
GT:	3112 NT: 2618

Gen. set.:	2x1200ekW = ~2400ekW
Battery:	~950kWh
Main Engine/Propeller:	4800kW
Tunnel thruster Fwd:	1 x ~500kW
Aft:	1 x ~400kW

REV.	DATE/SIGN	REVISION TEXT
PROJECT: Freezing Trawler		
GENERAL ARRANGEMENT		
DATE:	28.01.2022	CHECKED:
DRAWN:	Rev&Color	PLOTTED:
SCALE:	1:150	CUSTOMER:
PROJECT No.:	XXXX-01	REVISION:
FORMAT:	AO	REVISION:
DRAWING No.: 101-060		

N **Klassetegning**

Klassetegning



MAIN DIMENSIONS:	
Length o.a.:	75,00m
Length b.p.p.:	68,95m
Breadth:	16,00m
Depth Main deck:	6,40m
Depth Shelter deck:	9,40m
Frame spacing:	600mm
F.W.:	190 m3
F.O.:	637 m3
Amonium / LNG:	364 m3
Cargo hold	Appr.: 1150m3
Accommodation for 30 persons	
30x1 men cabins	
GT:	---
NT:	---

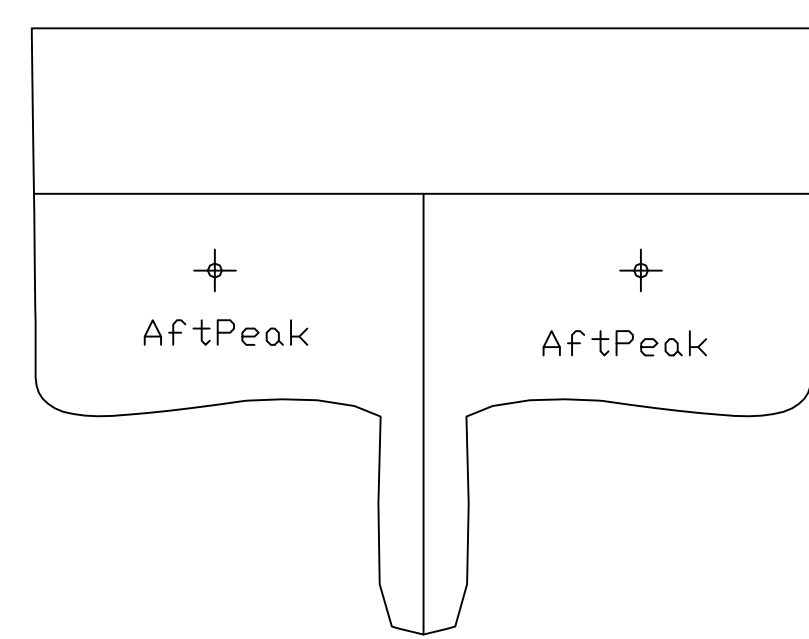
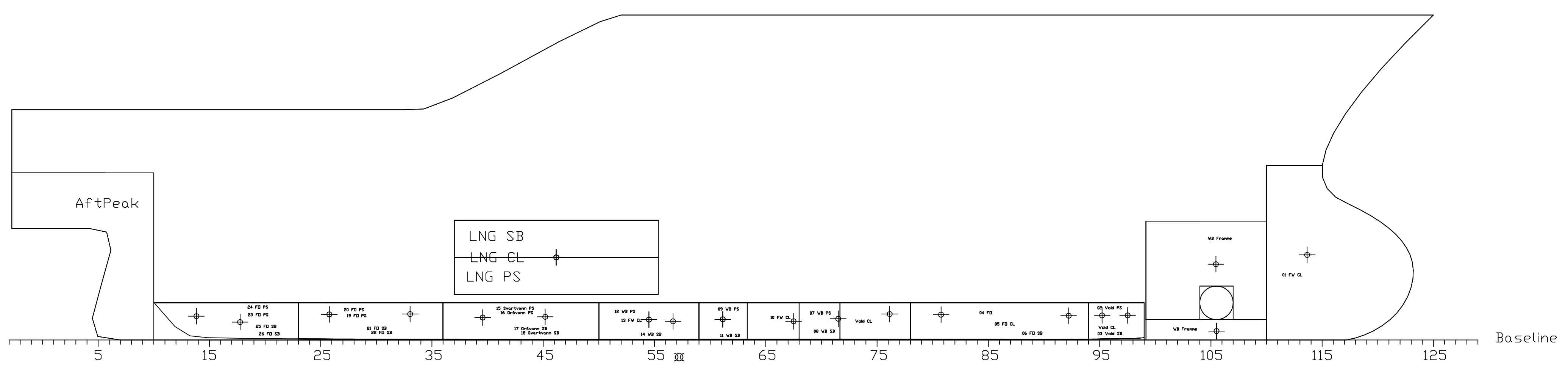
Gen. set.:	2x700ekW = ~1400ekW
Battery:	~950kWh
Main Engine/Propeller:	4800kW
Tunnel thruster Fwd:	1 x ~500kW
Aft:	1 x ~400kW

Clas: DnV #1A STERN TRAWLER, EO, ICE(1B). (Hull: ICE (1A*))

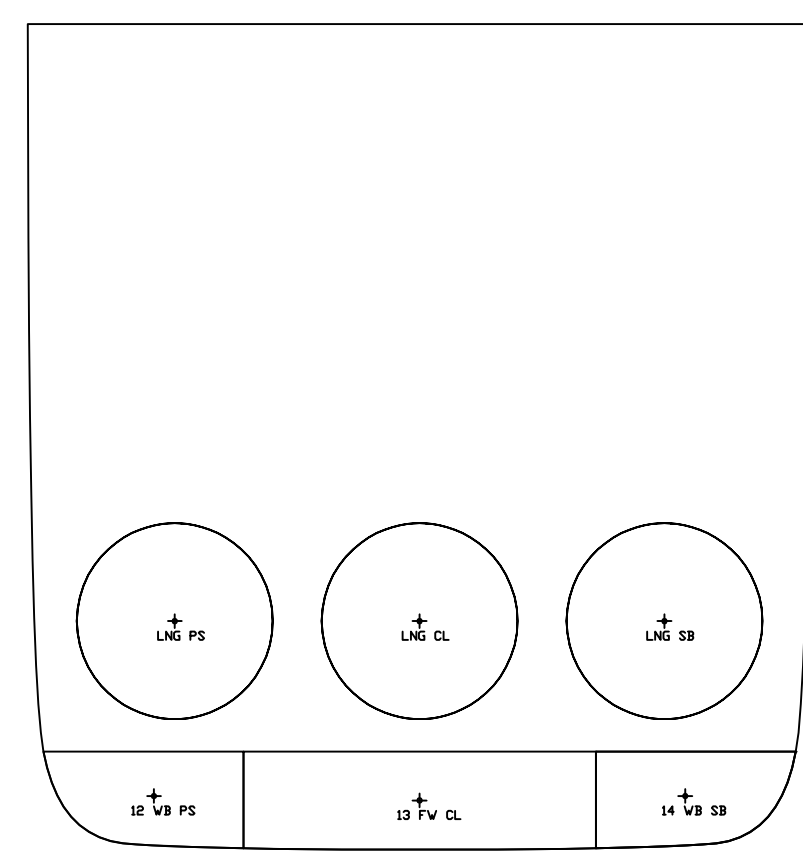
REV.	DATE/SIGN	REVISION TEXT		
PROJECT: Stern Trawler				
PROFILE & PLAN				
DATE: 28.01.2022	CHECKED:	SCALE: 1:150	CUSTOMER: Shipowner	PROJECT No.: xxx-01
DRAWN: Rea&Oscar	PLOTTED: 19.05.2022		Adr.: Adr.:	REVISION: 1
				FORMAT: A1
				DRAWING No.: 101-060

O Tankplan

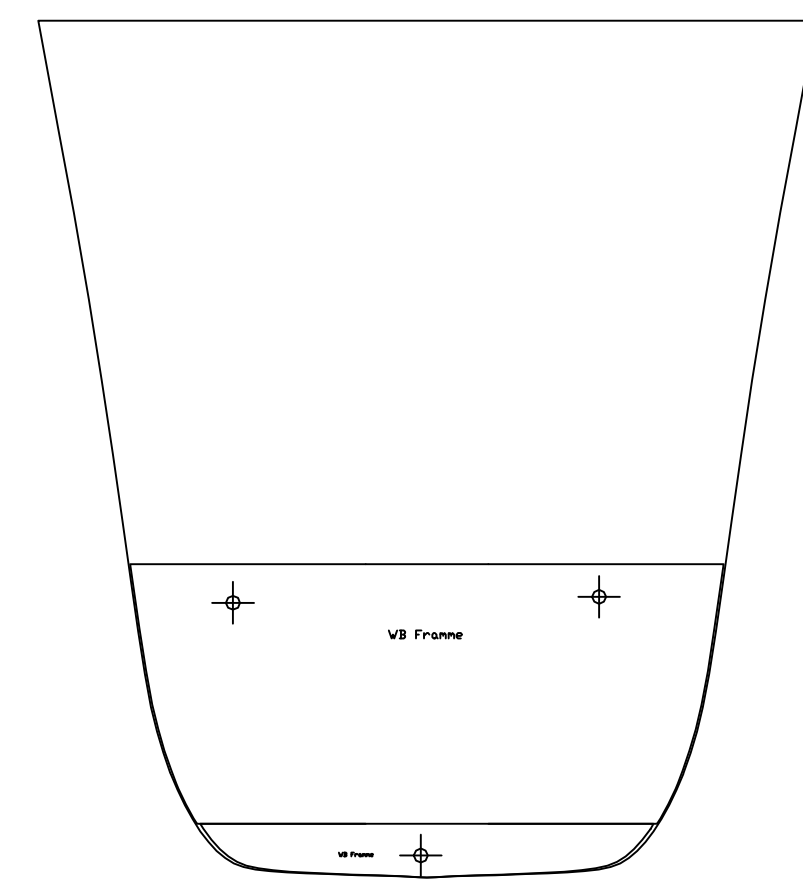
Tankplan



#10

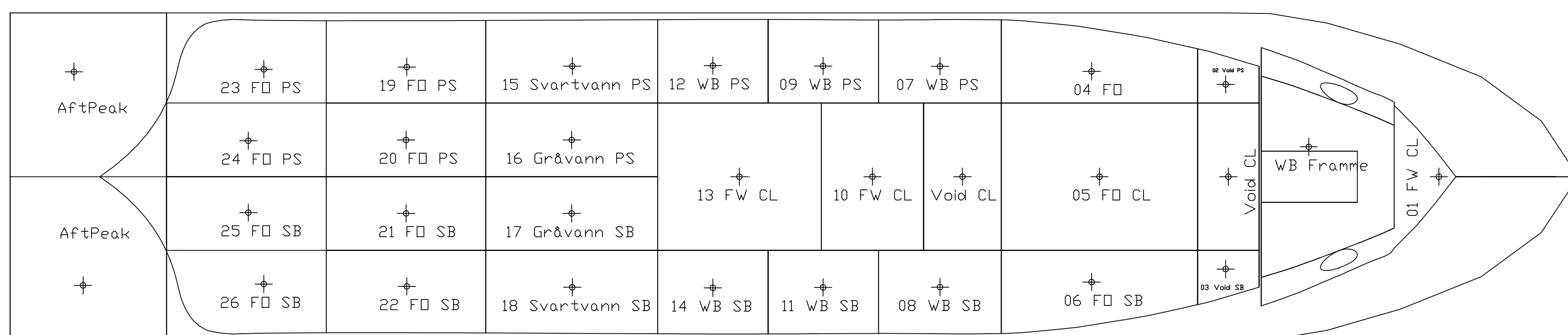
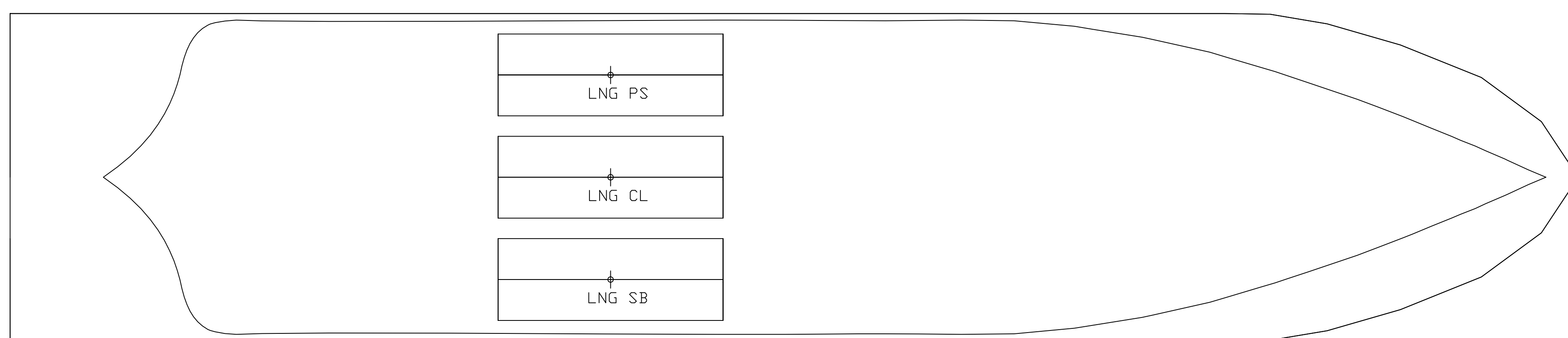


#45



#99

TANK CAPACITY [m ³]	
LNG/Ammonia	364
Diesel (FD)	637
Fresh Water (FW)	189
Black Water	56.7
Grey Water	113.4
BALLAST (BW)	1025



REV.	DATE/SIGN	REVISION TEXT
PROJECT: Freezing Trawler		
TANK ARRANGEMENT		
DATE: 28.01.2022	CHECKED:	SCALE: 1:150
DRAWN: Rev&Floor	PLOTTED: 19.05.2022	CUSTOMER: Shipowner
		Adr.:
		Adr.:
		PROJECT No.: XXXX-01
		FORMAT: A0
		REVISION: 1
		DRAWING No.: 101-060