

Håkon Bergan-Skar
Jonas Viddal

Prosjektering av nullutslipps- sightseeingfartøy

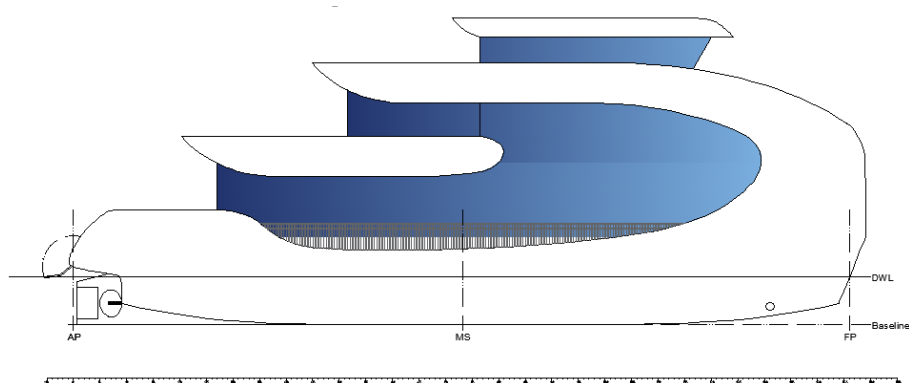
En del av Grønn Kai prosjektet

Bacheloroppgave i Skipsdesign

Veileder: Håvard Vollset Lien

Medveileder: Tore Fiskerstrand

Mai 2022



Håkon Bergan-Skar
Jonas Viddal

Prosjektering av nullutslipps- sightseeingfartøy

En del av Grønn Kai prosjektet

Bacheloroppgave i Skipsdesign
Veileder: Håvard Vollset Lien
Medveileder: Tore Fiskerstrand
Mai 2022

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



Kunnskap for en bedre verden

1 Sammendrag

I denne oppgaven prosjekteres et konsept for å frakte turister utslippsfritt tur-retur Hellesylt-Geiranger som en del av Grønn Kai prosjektet. Konseptet er utviklet i samråd med Maritime Partner og baseres på et SWATH-skrog med helelektrisk batteridrift. Oppgaven tar for seg hele designprosessen fra innledende konseptutvikling, til ferdig design. Underveis i oppgaven er det gjort en rekke sammenlikninger av ulike alternativer innenfor flere disipliner. Poenget med sammenlikningene er å belyse fordeler og ulemper med ulike alternativer, for deretter å velge det som er best egnet for dette prosjektet.

Resultatene som kommer frem i rapporten vil ha forskjellig grad av usikkerhet knyttet til seg. Dette kommer av at gruppe medlemmene ikke har like mye kunnskap innenfor alle disipliner, som fører til at antagelser må gjøres. Blant de data med størst usikkerhet, finner man motstandsberegningene. Her gir dataverktøy og modelltest store avvik fra hverandre.

I oppgaven er det lagt stor vekt på strukturell analyse, med optimalisering av profiler og dermed vekt. Dette er gjort i henhold til regelverk. I beregninger på struktur er det gjort en del forenklinger i forhold til kurvatur, noe som gir usikkerhet i beregningene. Det er av den grunn valgt å være konservativ i valg av endelige dimensjoner.

Leveransen består av en hovedrapport, linjetegning, generalarrangement, klassetegning, stabilitetsrapport og en enkel spesifisering for fartøyet. I tillegg er også styrkeberegninger og motstands-, bøyemoment- og skjærkraftkurver inkludert i vedlegg.

2 Summary

In this thesis a concept is developed to transport tourists from Hellesylt to Geiranger and back with zero emission. The thesis is part of a larger project "Grønn Kai", which aims to allow for cruise-tourists to visit Geiranger while still being in compliance with a new legislation. The concept is developed together with Maritime Partner and is based on a Small Waterplane Area Twin Hull with fully electric driveline. The whole design process is described, with everything from concept development to the finished design. Throughout the whole thesis are comparisons of different alternatives discussed in detail in order to make the right decisions.

The results in this report have a variable degree of uncertainty. This is a result of limited knowledge in some areas, which allow for some uncertainty due to assumptions. The data with most uncertainties is the resistance calculations. There are relatively big deviations when compared to the measured data from the model test.

Structural analysis is a major part of this thesis. The structural members are optimized for the lowest possible weight through detailed calculations according to the design rules. In order to manually calculate structural dimensions, there are made assumptions which don't include all the necessary geometry. This makes for some kind of uncertainty in the calculations. The selected profiles are therefore in some places unnecessarily large.

The thesis consists of the main report, hull form drawing, general arrangement, structural members drawing, stability report and a simple vessel specification. Further are detailed structural calculations, resistance curves, bending moment- and shear force diagrams attached in the appendix.

Innhold

1	Sammendrag	1
2	Summary	1
3	Hoveprosjektbeskrivelse	7
4	Kravspesifikasjon	8
5	Forord	9
6	Innledning	10
7	Metode	11
8	Driftsprofil	12
8.1	Bakgrunn	12
8.2	Strekning	12
8.2.1	8 knops grense	12
8.2.2	3 knops grense	12
8.3	Overfartstid	13
8.4	Logistikk	13
8.5	Scenario 1: 1000 pax	13
8.6	Scenario 2: 2500 pax	13
9	Konseptutvikling	14
9.1	Eksisterende løsninger	14
9.1.1	Brim	14
9.1.2	Future of the fjords	14
9.1.3	Geirangerfjord II	14
9.2	Valg av skrogtype	14
9.2.1	Enkeltskrog	15
9.2.2	Katamaran	15
9.2.3	SWATH	15
9.2.4	Trimaran	16
9.2.5	Skrogtype for dette prosjektet	16
9.3	Design	18
10	Hoveddimensjoner	20
10.1	Fartøy som inngår i statistikkene	20
10.2	Lengde	21
10.3	Bredde	22
10.4	Dybde i riss	23
10.5	Dypgang	24
10.6	Deplasement	25
10.7	Sammendrag hoveddimensjoner	26
10.8	Endring hoveddimensjoner	26

11 Skrogutforming	27
11.1 Katamaran	27
11.2 SWATH	28
11.3 Endring Skrogutforming	28
12 Motstandsberegninger	29
12.1 Sikkerhetsmargin	29
12.2 Maxsurf Resistance	29
12.2.1 Arealer og Flater	29
12.2.2 Virkningsgrader	30
12.3 Resultat	30
12.4 Endring motstandsberegning	32
12.5 Modellforsøk	33
13 Propelløsninger	36
13.1 Fast aksling	36
13.2 Azimuth thruster	36
13.3 Vannjet	36
13.4 Voith Schneider	37
13.5 Valg av propelløsning	37
14 Energisystem	38
14.1 Energibærer	38
14.1.1 Hydrogen	38
14.1.2 Ammoniakk	39
14.1.3 Batteri	39
14.1.4 Hybrid	39
14.1.5 Valg av energibærer	40
14.2 Energiforbruk	40
14.2.1 Endring energiforbruk	41
14.3 Dimensjonering av energisystem	41
14.3.1 Endring energisystem	42
14.4 Motorarrangement	42
14.5 Nødsystem	42
14.6 Fortøyning og lading	43
14.6.1 Endring i lading	44
15 Materialtyper	45
15.1 Stål	45
15.2 Aluminium	45
15.3 Glassfiber	45
15.4 Karbonfiber	45
15.5 Valg av materialtype	46
16 Generalarrangement	47
16.1 Fartøyets inndeling	47
16.2 Universell utforming	47
16.2.1 Bottom deck	47

16.2.2	Tween deck	48
16.2.3	Main deck	48
16.2.4	Upper deck	49
16.2.5	Bridge deck	50
16.3	Endringer generalarrangement	51
17	Stabilitetsberegninger	52
17.1	Lettskipsberegning	52
17.1.1	Vindusvekt	52
17.1.2	Skrog og struktur	53
17.1.3	Batteri	53
17.1.4	Endring batteri	53
17.2	Tanker, rom og downflooding points	53
17.3	Lastkondisjoner	55
17.3.1	Lastkondisjon 1: Lettskip	55
17.3.2	Lastkondisjon 2: Avgang lastet	55
17.3.3	Lastkondisjon 3: Ankomst lastet	55
17.3.4	Lastkondisjon 4: Avgang Ballast	56
17.3.5	Lastkondisjon 5, 6 og 7: Kritiske tilfeller	56
17.4	Regelverk	56
17.5	Resultat	57
17.6	Endringer stabilitet	57
18	Struktur	58
18.1	Regelverk	58
18.2	Terminologi	58
18.3	Structural Design Procedure (SDP)	58
18.4	Topologi	59
18.5	Globale bøyemomenter	59
18.6	Etablering av kritisk snitt	62
18.7	Platedimensjoner	62
18.7.1	Minimum platetykkelse	62
18.7.2	Lateralt trykk	62
18.7.3	Slamming	63
18.7.4	Valgte dimensjoner	63
18.8	Stiverdimensjoner	64
18.8.1	Lateralt trykk	64
18.8.2	Slamming	64
18.8.3	Valgte dimensjoner	64
18.9	Tverrsnittsdata	66
18.10	Beregning av langskipsstyrke	67
18.11	Bærerstruktur	68
18.12	Kontroll av buling	71
18.13	Tverrskipsstyrke	72
18.13.1	Påvirkende momenter	72
18.13.2	Tverrskips motstandsmoment	73
18.13.3	Opptredende spenninger	73

18.14	Klassetegning	74
18.14.1	Bottom deck	75
18.14.2	Tunnel	75
18.14.3	Main deck	76
18.14.4	Upper deck	76
18.14.5	Bridge deck	77
18.14.6	Profil	77
18.14.7	Tverrsnitt	78
19	Konklusjon	79
20	Fremtidig arbeid	80
A	Vedlegg	87
A.1	Linjetegning	88
A.2	Generalarrangement	89
A.3	Klassestegning	90
A.4	Motstandsberegning modellforsøk	91
A.5	Beregning av tverrsnittsdata tverrskip	92
A.6	Beregning av globale bøyemomenter	93
A.7	Beregning av platedimensjoner	94
A.8	Beregning av stiverdimensjoner	95
A.9	Beregning av bærerprofiler	96
A.10	Beregning av buling i skrogplater	97
A.11	Beregning av tverrsnittsdata langskips	98
A.12	Opptredende bøyepenninger i bærerstruktur	99
A.13	Opptredende skjærpenninger i bærerstruktur	100
A.14	Motstandskurve, motstand vs hastighet	101
A.15	Motstandskurve, effekt vs hastighet	102
A.16	Motstandskurve, friksjonsmotstandskoeffisient vs hastighet	103
A.17	Motstandskurve, bølgemotstand vs hastighet	104
A.18	Stabilitetsrapport	105
A.19	Enkel spesifikasjon	130

Akronymer

cm³ Kvadratcentimeter. 64, 68

CO₂ Karbondioksid. 38, 45

CPP Controllable Pitch Propeller. 36

DNV Det Norske Veritas. 58

DP Dynamic Position System. 37

E-modul Elastisitetmodul. 45

FEA Finite element analysis. 16, 80

FPP Fixed Pitch Propeller. 36

GA Generalarrangement. 46, 58

kg Kilogram. 53

kg/m³ Kilogram per kubikmeter. 45, 53

kg/mm Kilogram per millimeter. 53

kNm Kilo Newton meter. 56, 60, 61

kW Kilowatt. 41, 42, 44

kWh Kilowatttime. 14, 42, 44, 53

l Liter. 54

m Meter. 47, 48, 56, 57, 59

m² Kvadratmeter. 18, 49, 53, 56, 57

m³ Kubikmeter. 54

MJ/kg MegaJoule/kilogram. 38, 39

MJ/l MegaJoule/liter. 38, 39

mm millimeter. 53, 59, 62, 63

MPa Megapascal. 45

nm Nautisk Sjømil. 12

SDP Structural Design Procedure. 4, 58, 59, 62

SWATH Small Waterplane Area Twin Hull. 1–3, 15, 26–32, 37, 40, 79, 80, 84

XPS Ekstrudert polystyren. 33

Begreper

pax Forkortelse for passasjer. 2, 12, 13, 84

3 Hoveprosjektbeskrivelse

SKID2900 BACHELOROPPGAVE



Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk, Ålesund

Hovedprosjektbeskrivelse

for

Håkon Bergan-Skar og Jonas Viddal

Skipsdesign

Vårsemester 2022

Tittel:

Prosjektering av nullutslipps-sightseeingbåt

Det er i økende grad tydelig for all at de globale utslippene av klimagasser må reduseres kraftig. Parisavtalen fra 2015 setter et overordnet mål for dette. Som en følge av dette har IMO kommet med sine egne krav til skip, og norske myndigheter varsler økende CO₂-avgifter. De har også satt et mål om at Norges utslipp av klimagasser skal være halvert innen 2030, og at alle sektorer må ta sin del av kuttene. Som en følge av dette, samt utfordringer med luftkvalitet, har Stortinget vedtatt at verdensarvområdet rundt Geirangerfjorden skal være helt utslippsfritt (inkludert CO₂-utslipp) fra 2026. Dette stiller nye og veldig strenge krav til blant annet skipene som skal frakte titusenvis av turister inn i området hver sesong. En av modellene som ligger på bordet er at turistskipene legges til ved dypvannskaien på Hellesylt, og så fraktes turistene videre inn til Geiranger med mindre, utslippsfrie sightseeingfartøyer.

Denne oppgaven innbefatter prosjektering av et slikt design iht. en grunnleggende kravspesifikasjon satt av NTNU, Stranda Havnevesen og Maritime Partner AS.

Kandidatene skal gjennom denne oppgaven utføre følgende:

1. Vurdere trafikkgrunnlaget og bestemme størrelse og kapasitet for fartøyet
2. Etablere en GA på konseptnivå, og etablere et vektsestimat.
3. Utforme skroglinjer samt utføre beregninger på fremdrift og stabilitet.
4. Viss tiden tillater det; gjennomføre modellforsøk for å verifisere beregningene.
5. Dimensjonere fartøyet iht. gjeldende regelverk.
6. Vurdering av forskjellige nullutslipps energiløsninger, og gjøre et valg for dette fartøyet.
7. Utforme endelig GA og løsninger, samt utarbeide relevant prosjektdokumentasjon.

Veileder ved NTNU i Ålesund er Håvard Vollset Lien, og kontaktperson / faglig veileder ved Maritime Partner er Tore Fiskerstrand.

Besvarelsen redigeres som en teknisk rapport på valgfritt språk (norsk eller engelsk) med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at det er brukt tydelige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbejdet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

4 Kravspesifikasjon

Sightseeingfartøy for Geirangerfjorden – kravspesifikasjon

Operasjonsområde, sertifikater

Fartøyet skal tilfredsstillere reglene for fartsområde 3 i innenriks fart i Norge. Den skal sertifiseres som passasjerbåt med norsk flagg.

Passasjerkapasitet

Trafikken skal utføres med et antall like fartøyer som til sammen skal kunne frakte et gitt antall passasjerer tur-retur per dag i turistsesongen, på strekningen Hellesylt-Geiranger. Det skal jobbes mot to ulike scenario; totalt 1000 personer per dag og totalt 2500 passasjerer per dag. Basert på dette skal kandidatene definere størrelse og antall fartøyer.

Det er ønskelig at passasjerene har valget mellom å ha 4 eller 6 timer på land i Geiranger, nok til både lokal sightseeing og turer i nærområdet om ønskelig.

Første båt kan gå fra Hellesylt kl. 08:00 om morgenen, og den siste returen må ankomme Hellesylt kl. 19:00.

Hoveddimensjoner

Lengde over alt:	Maks lengde 30 m
Bredde:	Ingen krav
Seilingshøyde:	Ingen krav

Tankekapasiteter

Ferskvann	Min. 10 liter pr. passasjer.
-----------	------------------------------

Energi, fremdrift og hastighet

Fartøyet skal ha en energi- og fremdriftsløsning som ikke slipper ut klimagasser eller lokalt forurensende gasser. Kandidatene må gjøre en vurdering av tilgjengelig teknologi og gjøre et valg for sitt design.

Det vil ikke være tilgjengelig kraft på nettet for evt. batterilading eller annen energiproduksjon i Geiranger, men det kan antas at det vil bli bygget ut nødvendig kraft etter behov på Hellesylt.

Ønsket hastighet for optimal sightseeing og komfort er 16 knop. Merk at deler av strekningen er underlagt fartsbegrensinger.

Innredning/layout

- Sitteplasser for alle passasjerer.
- Utvendig ståplass for alle passasjerer, minimum 1 m² per passasjer.
- Enkel bysse/kiosk for salg eller servering av drikke og kalde retter.
- Minimum 1 toalett pr. 50 passasjerer.
- Dagrom for mannskap.

Generelt

Store vindusflater og god sikt fra innvendige sitteplasser er viktig, og fartøyets utseende har betydning for markedsføring og identiteten til området.

5 Forord

Denne oppgaven ville ikke vært mulig å gjennomføre uten flere personer som har bidratt i arbeidet. Først og fremst rettes en stor takk til Håvard Vollset Lien som har gitt gode råd og vært vår veileder gjennom hele prosjektfasen og studiet. Veileder ved bedrift, Tore Fiskerstrand fortjener også en takk for orientering i det store omfanget av regelverk samt svart på tekniske spørsmål underveis. Omvisningen hos Maritime Partner var også særlig interessant og en viktig inspirasjonskilde for videre arbeid.

I arbeidet med etablering av tverrskips bøyespenninger rettes en stor takk til Karl Henning Halse ved NTNU som veiledet oss gjennom dette. I fresing av modell til slepetest fortjener Lars Petter Bryne ved NTNU en takk for tiden han har bidratt i prosjektet. Det rettes også en stor takk til Kåre Nerem ved Norwegian Hydrogen som tok seg tid til å møte oss i forbindelse med valg av energibærer for prosjektet.

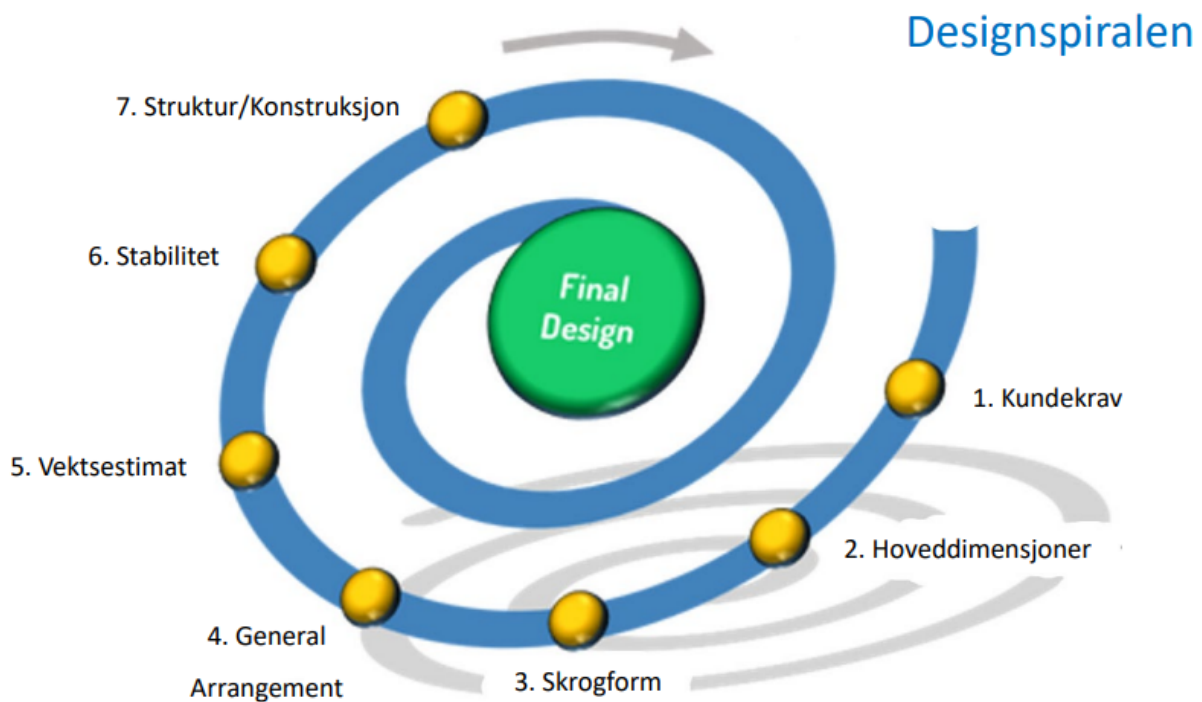
6 Innledning

I denne bacheloroppgaven skal et nullutslipps-sightseeingfartøy prosjekteres ut fra de kunnskapene studentene har tilegnet seg gjennom studieprogrammet skipsdesign. Oppgaven er en del av prosjektet Grønn kai, som omhandler verdensarvområdet Geirangerfjorden. Denne fjorden skal innen 2026 være utslippsfri, som betyr at nye løsninger må på plass for cruiseskip og deres passasjerer som ønsker å ta turen inn i fjorden.

Prosjektet tar for seg et bredt spekter av arbeidsområder, hvor denne oppgaven vil ta for seg prosjektering fartøyene som skal frakte turistene mellom Geiranger og Hellesylt. Det vil av den grunn være forutsatt at nødvendig infrastruktur er tilgjengelig i Hellesylt.

For å kunne prosjektere fartøyet, vil prosjektets oppbygging følge designspiralen (figur 6.1). Dette er en metodikk som sørger for at man på en strukturert metode, kommer innom alle punktene i en skipsdesignprosess. Fremgangsmåten vil også påvirke rapporten, som vil settes opp i samme rekkefølge. Det betyr at resultater fra de ulike rundene i designspiralen, kommer i samme kapittel i henhold til spiralen.

Oppgaven er skrevet med Maritime partner og Stranda Havnevesen som oppdragsgivere. Maritime partner er et båtbyggeri lokalisert i Breivika i Ålesund. Bedriften bygger mindre båter til ulike formål, primært i aluminium. Stranda Havnevesen er prosjektleder i Grønn kai prosjektet og administrerer cruisetrafikken i verdensarvområdet.



Figur 6.1: Designspiralen, punkt for punkt [1]

7 Metode

For å prosjektere et fartøy, finnes det i hovedsak to forskjellige metoder å angripe oppgaven på. Disse to metodene kalles *Top – down* og *Bottom – up*. Hvilken metode man benytter seg av, er i stor grad avhengig av hvilke ressurser man har tilgjengelig. I mange tilfeller vil også en kombinasjon av metodene benyttes for å komme frem til det beste resultatet

Top-down metoden er en fremgangsmåte som tar utgangspunkt i data man allerede har tilgjengelig. Dette kan være alt fra data på liknende fartøyer, til tegninger av et spesifikt skip man tidligere har prosjektert. I det siste eksempelet handler det ofte om å plukke ut det man ikke behøver, for så å putte inn det man har behov for. Ombygginger går også under denne kategorien. Prosessen er fordelaktig da man kan ta utgangspunkt i noe man allerede har og på den måten forhåpentligvis spare både tid og penger.

Bottom-up metode er det motsatte av top-down og tar derfor ikke utgangspunkt i noe tidligere bygget skip. Metoden benyttes eksempelvis i de tilfeller hvor man ikke har tilgjengelige data for skipstypen som skal prosjekteres. Derfor vil man i denne metoden identifisere hvilke komponenter som skal inn i fartøyet, for så å produsere blokkskisser som viser alternative løsninger for layout. På denne måten kan man i større grad få et skreddersydd fartøy for det bestemte formålet. Metoden trigger også ny innovasjon, da man ikke er låst til et tidligere prosjekt som setter sine begrensninger.

For gjeldende prosjekt vil en blanding av metodene benyttes. For å få startverdier for hoveddimensjonene, vil statistikker produseres ut fra tilgjengelige data for fartøy i samme kategori. I denne delen av prosjektet kan man derfor trekke paralleller til top-down metoden. Bottom-up metoden blir synlig da gruppen ikke har tilgjengelig tegninger fra liknende fartøyer. Dette fører til at gruppen i større grad må definere arrangementet selv, men det vil også bli sett på bilder fra eksisterende fartøy for å identifisere hvordan liknende fartøy er utformet.

8 Driftsprofil

8.1 Bakgrunn

For å kunne fastsette størrelse, kapasitet og antall fartøyer må man med utgangspunkt i kravspesifikasjonen fastsette en driftsprofil. Ettersom passasjerkapasiteten både kan være 1000 og 2500 pax, må det settes opp en driftsprofil for hvert tilfelle. Driftsprofilen er basert på en rutetabell som tar hensyn til at turistene kan være i land 4 eller 6 timer. Som det nevnes i kravspesifikasjonen, kan første fartøy gå fra Hellesylt kl. 08:00 om morgenen og den siste returen må ankomme Hellesylt senest kl. 19:00. Optimal hastighet for sightseeing og komfort er satt til 16 knop.

8.2 Strekning

Hellesylt er et lite tettsted i enden av Synnølvfjorden og den siste bebyggelsen langs fjorden med moderne infrastruktur før Geiranger. På sommerstid går det en ferge på strekningen Hellesylt-Geiranger. Denne følger formen på fjorden og har en distanse på rundt 11 nm. Strekningen er underlagt flere områder med hastighetsbegrensninger regulert i forskrift om fartsavgrensning i sjøen fastsatt av Stranda kommunestyre april 2018.[2]



Figur 8.1: Planlagt strekning Hellesylt-Geiranger[3]

8.2.1 8 knops grense

8 knop er høyeste tillatte fart innenfor et område trekt mellom følgende posisjoner: 62°06,664'N, 007°10,464'E (Kvitneset), derfra i nordleg retning til 62°07,072'N, 007°10,559'E (Fyrlykt Grande), derfra i sørøstlig retning til 62°06,158'N, 007°12,218'E (Maråkvika/tenderbrygge 1), derfra i sørvestlig retning til 62°06,104'N, 007°12,155'E (innerste Seawalkbøye), videre i sørvestlig retning til 62°05,944'N, 007°11,672'E (Gjørvavika), og i nordlig retning tilbake til 62°06,664'N, 007°10,464'E (Kvitneset). [2]

8.2.2 3 knops grense

3 knop er høyeste tillatte fart i området sør for en linje trekt mellom posisjonene: 62°05,944'N, 007°11,672'E (Gjørvavika), 62°06,104'N, 007°12,155'E (innerste Seawalkbøye), og 62°06,158'N, 007°12,218'E (Maråkvika/tenderbrygge 1) [2]

8.3 Overfartstid

Ved å måle distansen for hvert fartsområde på ruten kan man regne ut den totale overfartstiden ved å summere distansen delt på hastigheten i hvert område. Tid for en overfart er beregnet til 46 minutter og rundes opp til 50 minutt med hensyn til akselerasjon og fartsreduksjon samt margin for eksterne faktorer. Tid til på/avstigning settes til 15 minutter, totalt 30 minutter for hver tur.

8.4 Logistikk

Den enkleste løsningen ville vært å sette opp en rutetabell med kontinuerlige avganger hvor turistene selv valgte avreisetid og returtidspunkt. Utfordringen med denne løsningen er at man risikerer en ujevn fordeling av passasjerer. En ujevn fordeling vil i tillegg til å være lite effektivt, gjøre det utfordrende å dimensjonere fartøyet og man risikerer å overskride returfristen til klokken 19:00. Den planlagte løsningen er derfor at turistene i forkant av ekskursjonen melder seg på en tur med 4 eller 6 timers varighet. Man kan da fordele turistene jevnt i alle fartøyene og dermed optimalisere driften samtidig som man sikrer retur innenfor tidsfristen.

8.5 Scenario 1: 1000 pax

For scenariet med 1000 pax planlegges det å sette inn to fartøyer med avgangstider vist i figur 8.2.

Hellesylt - Geiranger				
Båt	Avgang	Ankomst	Antall pax	Turvarighet
1	08:00:00	08:50:00	250	6 timer
2	09:00:00	09:50:00	250	4 timer
1	11:00:00	11:50:00	250	6 timer
2	12:00:00	12:50:00	250	4 timer
1	15:30:00	16:20:00	0	
2	16:30:00	17:20:00	0	

Geiranger - Hellesylt				
Båt	Avgang	Ankomst	Antall pax	Turvarighet
1	09:30:00	10:20:00	0	
2	10:30:00	11:20:00	0	
1	13:50:00	14:40:00	250	4 timer
2	14:50:00	15:40:00	250	6 timer
1	16:50:00	17:40:00	250	4 timer
2	17:50:00	18:40:00	250	6 timer

Figur 8.2: Rutetabell for 1000 pax fordelt på 2 båter

8.6 Scenario 2: 2500 pax

For scenariet med 2500 pax planlegges det å sette inn fem fartøyer med avgangstider i henhold til figur 8.3.

Hellesylt - Geiranger				
Båt	Avgang	Ankomst	Antall pax	Turvarighet
1	08:00:00	08:50:00	250	6 timer
2	08:00:00	08:50:00	250	6 timer
3	09:00:00	09:50:00	250	4 timer
4	09:00:00	09:50:00	250	4 timer
5	10:00:00	10:50:00	250	4 timer
1	11:00:00	11:50:00	250	6 timer
2	11:00:00	11:50:00	250	6 timer
3	12:00:00	12:50:00	250	4 timer
4	12:00:00	12:50:00	250	4 timer
5	13:00:00	13:50:00	250	4 timer
1	15:30:00	16:20:00	0	
2	15:30:00	16:20:00	0	
3	16:30:00	17:20:00	0	
4	16:30:00	17:20:00	0	
5	16:00:00	16:50:00	0	

Geiranger - Hellesylt				
Båt	Avgang	Ankomst	Antall pax	Turvarighet
1	09:30:00	10:20:00	0	
2	09:30:00	10:20:00	0	
3	10:30:00	11:20:00	0	
4	10:30:00	11:20:00	0	
5	11:30:00	12:20:00	0	
1	13:50:00	14:40:00	250	4 timer
2	13:50:00	14:40:00	250	4 timer
3	14:50:00	15:40:00	250	6 timer
4	14:50:00	15:40:00	250	6 timer
5	14:50:00	15:40:00	250	4 timer
1	16:50:00	17:40:00	250	4 timer
2	16:50:00	17:40:00	250	4 timer
3	17:50:00	18:40:00	250	6 timer
4	17:50:00	18:40:00	250	6 timer
5	17:50:00	18:40:00	250	4 timer

Figur 8.3: Rutetabell for 2500 pax fordelt på 5 båter

9 Konseptutvikling

9.1 Eksisterende løsninger

9.1.1 Brim

Brim er en passasjerkatamaran i aluminium levert av Maritime Partner. Fartøyet er en turistbåt hvor opplevelse står i fokus. Her er det lagt vekt på store vindusflater og god utvendig dekksplass. Designet består derfor av tre dekk hvor man har tilgang på utvendige dekk, samt to dekk med tilgang på innredning. Et av målene med fartøyet er å gjøre turistfarten i Norge litt mer miljøvennlig. Katamaranene er derfor en hybrid med en batteripakke på 800 kWh[5], som gjør at den kjører utslippsfritt store deler av tiden. For å øke rekkevidden eller ha backup er det også montert en diesलगenerator.



Figur 9.1: Brim [4]

9.1.2 Future of the fjords

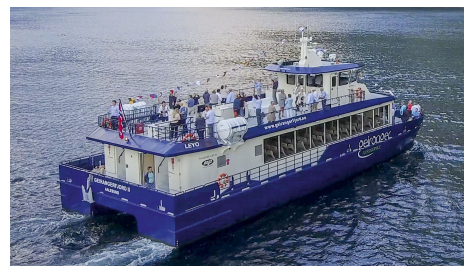
Future of the fjords er en også en passasjerkatamaran, men denne er levert av Brødrene Aa og bygget i karbonfiber. Dette fartøyet går som fjordcruise i Nærøyfjorden, som er en verdensarvfjord i likhet med Geirangerfjorden. Her er det fokus på uteareal med god utsikt og innendørsarealer med store vindusflater. Fartøyet har helelektrisk drift og det er montert batteripakker med en samlet energimengde på 1800kWh[7]. Fokuset på nullutslipp er stort, derfor blir septik og gråvann pumpet inn i egne tanker for så å bli hentet av septikbiler.



Figur 9.2: Future of the fjords [6]

9.1.3 Geirangerfjord II

Geirangerfjord II er en dieseldrevet passasjerkatamaran levert av Maritime Partner. Båten er bygget for sightseeing og har derfor store utearealer og store vindusflater. Fokus på miljøvennlighet har vært stor og selv om båten går på diesel, er utslippene lav grunnet et godt utformet skrog. Skrog og overbygg er også bygd i mer enn 50 prosent resirkulert aluminium. Med tanke på fremtiden er båten også klargjort for å kunne benytte seg av null-utslippsløsninger som hydrogen eller batteri.[8]



Figur 9.3: Geirangerfjord II [8]

9.2 Valg av skrogtype

Før gruppen starter med å utvikle konsepter, er det viktig å se på de ulike skrogtypene man kan benytte seg av og vurdere disse opp mot oppdraget som skal gjennomføres. Siden dette er et sightseeingfartøy, vil det være viktig med store arealer både inne og ute med god utsikt fra enhver posisjon. Lasten er relativt lav ettersom fartøyet kun frakter passasjerer.

9.2.1 Enkeltskrog

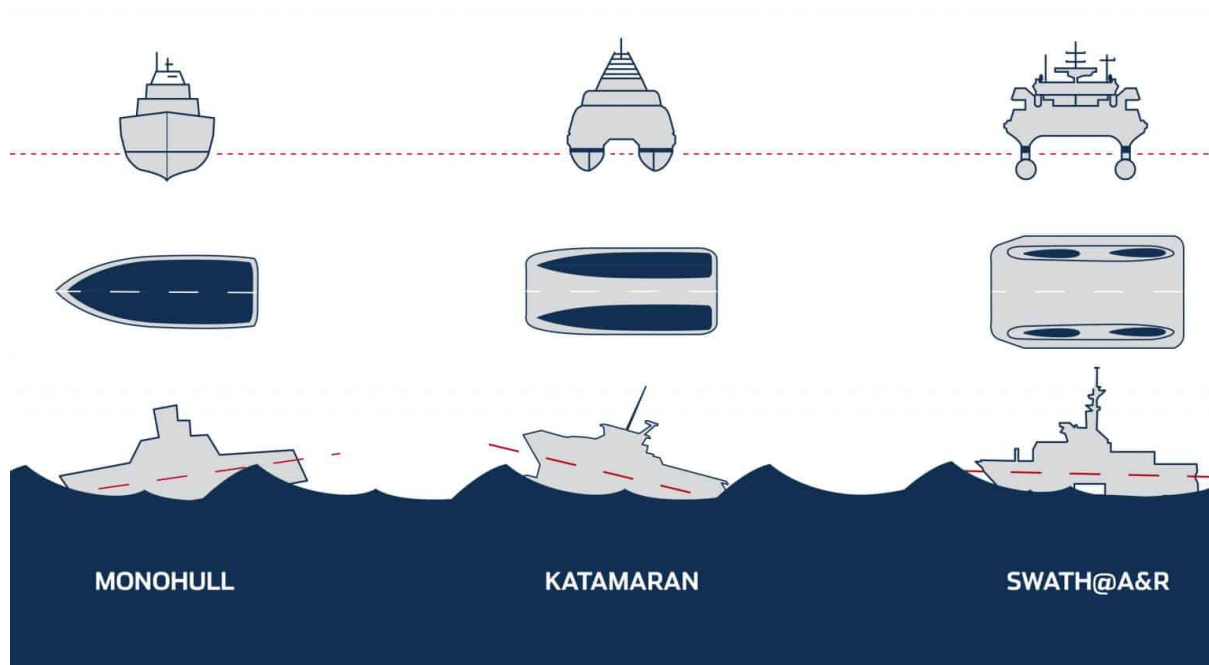
Et tradisjonelt enkeltskrog er den mest konvensjonelle skrogtypen og egner seg godt for lasting av større vekter. På grunn av det store vannlinjearealet vil skrogformen få en relativt stor motstand og blir lettere påvirket av bølger. I denne sammenheng vil et enkeltskrog også gi en lite gunstig begrensning i bredderetning.

9.2.2 Katamaran

Katamaran er en mye brukt skrogform når det gjelder nyere passasjerbåter, og da gjerne hurtigbåter. Skrogtypen tillater en stor bredde på skipet uten at dette i nevneverdig går utover vannlinjearealet. Dette skyldes at man har to separate skrog plassert i ytterkantene av skipet. På grunn av passasjertransport og derav små vekter, er det heller ikke behov for et stort vannlinjeareal. Vannlinjearealet er allikevel så stort at større bølger kan gi en del bevegelse i skipet.

9.2.3 SWATH

En SWATH er en type katamaran hvor den delen av skroget som bryter vannlinjen, er krympet inn for å få et så lite vannlinjeareal som mulig. Under overflaten økes skrogets volum for å opprettholde skipets deplasement og flyteevne. Et lite vannlinjeareal gir mindre bølgepåvirkning, noe som fører til at skipet går jevnere i sjøen. Sammenliknet med en tradisjonell katamaran, har en SWATH ofte høyere friksjonsmotstand som resultat av en større våt overflate. En annen ulempe med denne skrogtypen er at på grunn av det lave vannlinjearealet vil relativt små vekter som tas ombord, gi større utslag på dypgangen. En SWATH vil også få mindre brukbart areal i selve skroget.



Figur 9.4: Sammenlikning av enkeltskrog, katamaran og SWATH. Viser forskjell i vannlinjeareal og bølgebevegelser[9]

9.2.4 Trimaran

Et trimaranskrog er en hybrid mellom enkeltskrog og katamaran. Skrogformen kombinerer lastekapasiteten fra et enkeltskrog og stabiliteten til en katamaran. Senterskroget står for mesteparten av oppdriften (90-95 prosent) og uttriggerne sørger for tilstrekkelig stabilitet. Med et langt og slankt skrog har skrogtypen en liten våt overflate i forhold til sin bredde og er derfor velegnet for høye hastigheter. I tillegg til lav motstand bidrar skrogets lengde til å redusere skipets bevegelser i bølger og sannsynligheten for slamming. Sammenliknet med en katamaran av samme størrelse har en trimaran mye kortere avstand mellom skrogene. Med et hoveddekk som ikke strekker seg over hele skipslengden minsker de globale langskipsspenningene og strukturen kan dermed gjøres lettere og mindre kompleks. Ved å introdusere et tredje skrog oppstår det flere måter skipet kan bøyes. Disse ekstra bøyetilfellene må kontrolleres i utviklingen av skipet og kan verifiseres i en FEA-analyse. [10]



Figur 9.5: Typisk bruk av trimaranskrog på hurtiggående ferger[11]

9.2.5 Skrogtype for dette prosjektet

For å hjelpe til under valget av skrogform for dette fartøyet, er det brukt et diagram hentet fra DMSonline vist i figur 9.7. Dette er et diagram basert på forholdet mellom dødvektskoeffisienten og Froudetallet, ment for å gi en indikasjon for hvilken skrogform som passer best for hvert enkelt tilfelle.[12]

Formel for dødvektskoeffisienten (formel 9.1) er bygd opp av W_L , som er lettskipsvekten og W_S , som er deplasementet til fartøyet. Uttrykket regner ut forholdet mellom dødvekt og deplasement.

$$C_{dw} = \frac{W_S - W_L}{W_S} [12] \quad (9.1)$$

Ettersom det i en tidlig fase ikke finnes data på lettskipsvekt og deplasement, lar ikke dette tallet seg utregne. Man kan derimot benytte seg av en tabell, som også er hentet fra DMSonline (figur 9.6). Denne tabellen gir vanlige verdier på dødvektskoeffisienten for ulike skipstyper. Ut fra denne tabellen leses det av at vanlig dødvektskoeffisient ligger på 0.35 for passasjerfartøy.

Deadweight Coefficient (Cd)	Typical Ship
0.65 – 0.75	Cargo ships
0.79 – 0.85	Large tankers / bulk carriers
0.82	Ore carriers
0.60	Container ship
0.55 – 0.60	Cryogenic cargo
0.35	Passenger vessels
0.20 – 0.30	High speed ships [5]

Figur 9.6: Tabell for typiske dødvektskoeffisienten for ulike skipstyper. [12]

Froudetallet er en dimensjonsløs faktor som beskriver forholdet mellom fart, U og roten av tyngdeakselerasjonen g multiplisert med lengden av fartøyet L

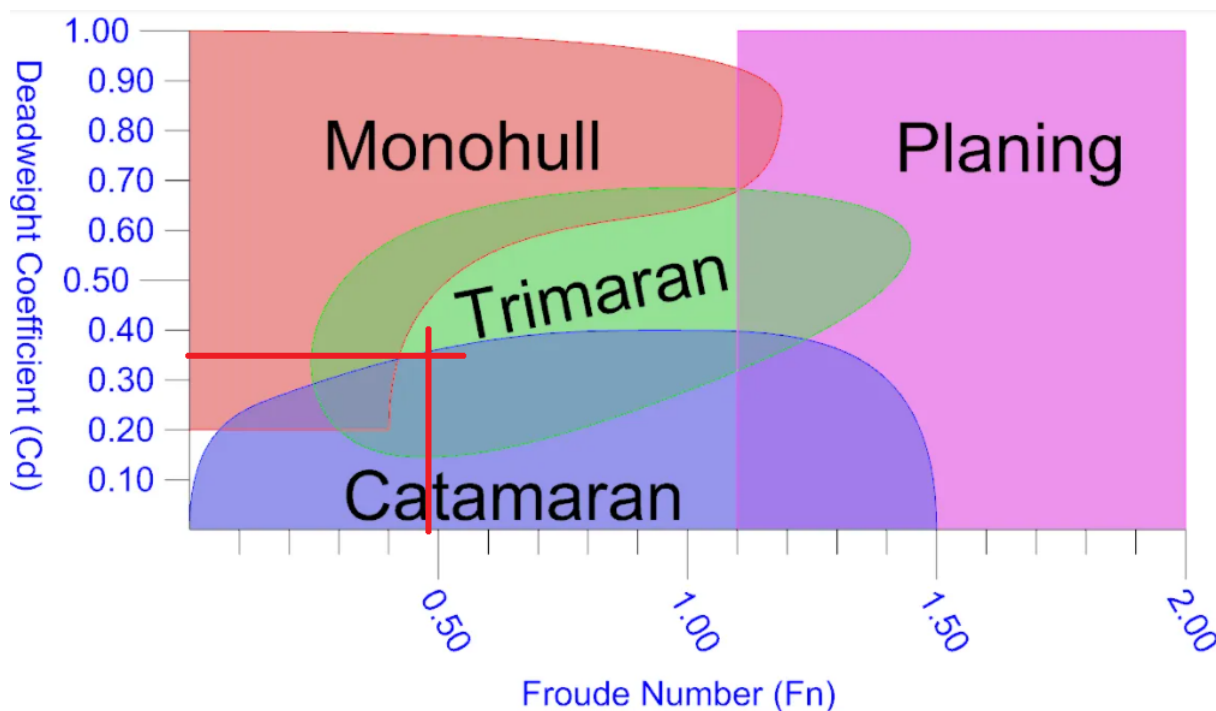
$$F_n = \frac{U}{\sqrt{g * L}} \quad (9.2)$$

Froudetallet lar seg regne ut, da verdiene er kjent. Maks fartsbegrensning for driftsprofilen er 16 knop. Denne må gjøres om til m/s da det er denne enheten som blir brukt i formelen for Froudetallet. Tyngdeakselerasjonen g er på $9,81 \text{ m/s}^2$ og lengden L har en maksbegrensning på 30 meter, som er gitt i oppgavebeskrivelsen. Froudetallet for fartøyet blir av disse parameterene derfor 0,48.

$$U[m/s] = \frac{16knop * 1.852km/nm}{3.6} = 8.23m/s \quad (9.3)$$

$$F_n = \frac{8.23}{\sqrt{9.81 * 30}} = 0.48 \quad (9.4)$$

Froudetallet og dødvvektskoeffisienten tegnes inn i diagrammet for skrogvalg som vist i figur 9.7.



Figur 9.7: Diagram som kan hjelpe under valg av skrogform [12]

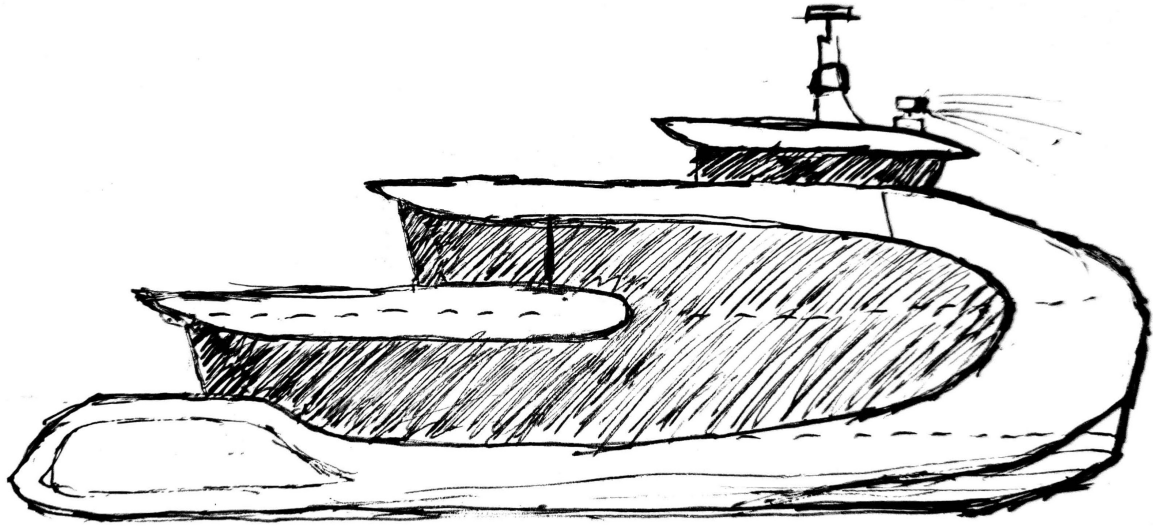
Ved å studere diagrammet ser man at dette prosjektet ligger i området mellom enkeltskrog, trimaran og katamaran. Ettersom dette ikke gir så veldig mye informasjon annet en at det ikke skal være en planende båt, må vurderingene gjøres ut fra de data som er tilgjengelig. Fartøyet er i henhold til operasjonsprofilen satt til å frakte 250 passasjerer. På grunn av lengdebegrensningen vil ikke enkeltskrog være aktuelt, da fartøyet må bli relativt bredt. Et enkeltskrog vil i det tilfelle få en svært liten dypgang, og et stort vannlinjeareal som ikke er gunstig for skrogets motstand. En trimaran består enkelt sett av ett bærende skrog og to skrog for stabilitet. Ettersom fartøyet ikke skal frakte store vekter, vil et katamaranskrog være gunstig for dette prosjektet. I denne oppgaven vil det derfor settes opp to skrogkonsepter for en katamaran; standard skrog og SWATH.

9.3 Design

Design er et viktig punkt som det er satt av en del tid til. Det er viktig for prosjektet at designet er elegant og skiller seg ut, samtidig som det tilfredsstiller de krav som er satt. Fokuset i utviklingen blir derfor stort på utvendig areal, vindusflater og unikt design.

Arbeidet mot endelig design starter med at gruppe medlemmene tegner egne skisser for mulige løsninger. Tegningene blir deretter sett på i fellesskap og nye design blir utarbeidet, basert på de tidligere skissene.

For å få plass til de 250 passasjerene som skal ombord, blir det i det endelige konseptet som videre arbeid baserer seg på, tegnet 3 passasjerdekk. Her er det lagt inn utvendige areal i hvert dekk for å tilfredsstille kravet om minimum 1 m^2 ståplass per passasjer. Det skal også være innvendige sitteplasser for alle i tillegg til diverse andre fasiliteter som toaletter og kiosk. Det endelige konseptet er vist i figur 9.8.



Figur 9.8: Endelig konseptskisse

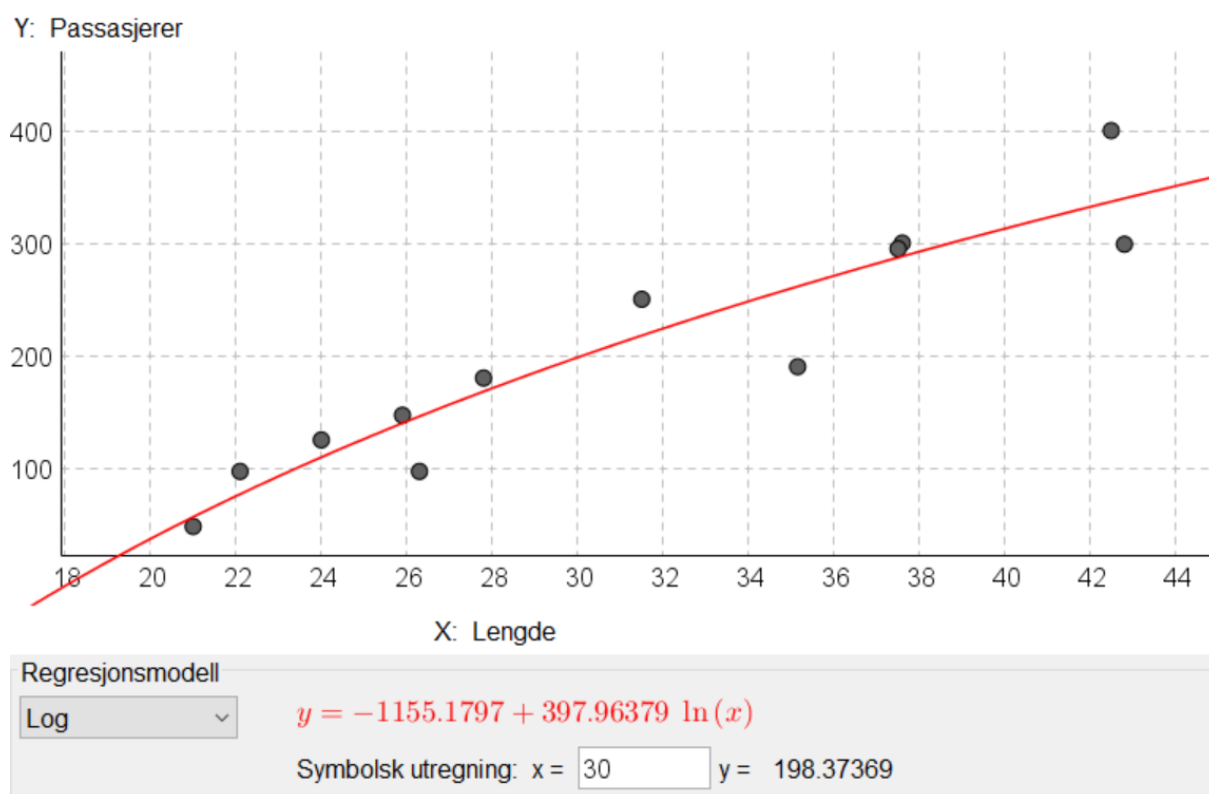
10 Hoveddimensjoner

For å bestemme fartøyets hoveddimensjoner blir det satt opp statistikk basert på lignende fartøy. Disse statistikkene vil være til hjelp for å oppnå riktig størrelse på fartøyet, sammenlignet med antall passasjerer det skal frakte med seg. Under følger en liste med de båtene som inngår i statistikkene. Her er det viktig å merke seg at ikke alle båtene er med i alle statistikkene, da data for alle dimensjonene ikke lot seg finne. Felles for alle statistikkene er at de inneholder passasjerer på vertikal akse. Dette er gjort for å ha en tydelig parameter å måle mot.

10.1 Fartøy som inngår i statistikkene

- Future of the fjords [7] [13]
- Zhong Shan [14]
- Rygerdronningen[15]
- Nørvøy[16]
- Melkøy[17]
- Fjordlys[18]
- Frøya[19]
- Solundir[20]
- Falkefjell[21]
- Sognekongen[22]
- Tidebaronen[23]
- Flotta Lass[24]
- Tyrhaug[25] [26]
- Brim[5]
- Geirangerfjord II[8]

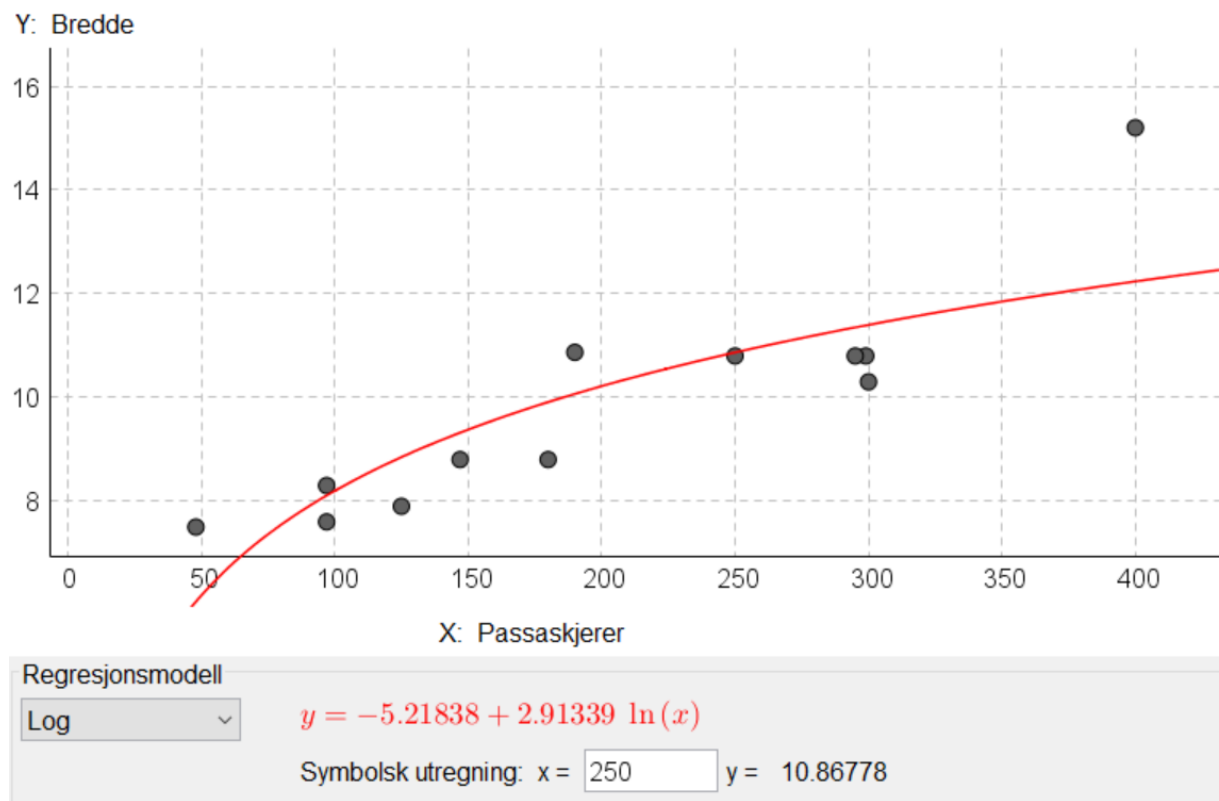
10.2 Lengde



Figur 10.1: Statistikk, lengden på x-aksen, passasjerantall på y-aksen

Lengden på fartøyet som skal produseres har fra kravspesifikasjonen en maksbegrensning på 30 meter. Siden det er et stort antall turister som skal fraktes inn og ut av fjorden, blir det viktig å utnytte denne lengden så godt som mulig. For å kunne ta med flest mulig passasjerer, settes derfor lengden til 30 meter. I driftsprofilen er det bestemt at fartøyet skal klare 250 passasjerer. Dette er en økning på rundt 50 passasjerer sammenliknet med statistikken som viser 198 passasjerer for et fartøy av denne størrelsen. Det må derfor vurderes løsninger med et lengde/bredde-forhold lavere enn normalen for denne typen fartøy.

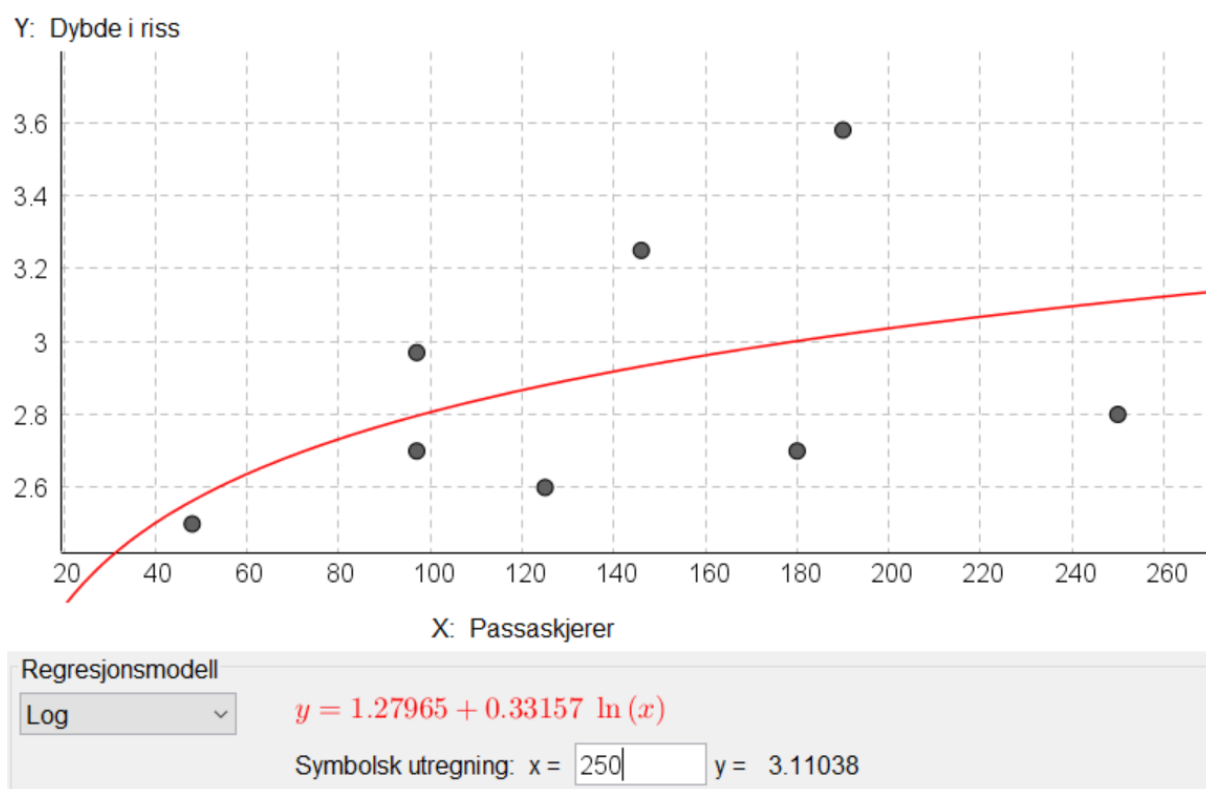
10.3 Bredde



Figur 10.2: Statistikk, passasjerantall på x-aksen, bredden på y-aksen

Bredden til fartøyet har i kravspesifikasjonen ingen forutsatte begrensninger. Her blir det derfor viktigere å benytte seg av statistikken som en hjelp til å fastslå størrelsen. Det som også må tas med i beregningen er at fartøyet er kortere i lengderetning enn hva som er vanlig for fartøy med denne passasjerkapasiteten. Statistikken viser at fartøy som frakter 250 passasjerer, ofte har en bredde på rundt 11 meter. Siden bredden på dette fartøyet bør økes ut over det normale, blir bredden derfor satt til 12 meter.

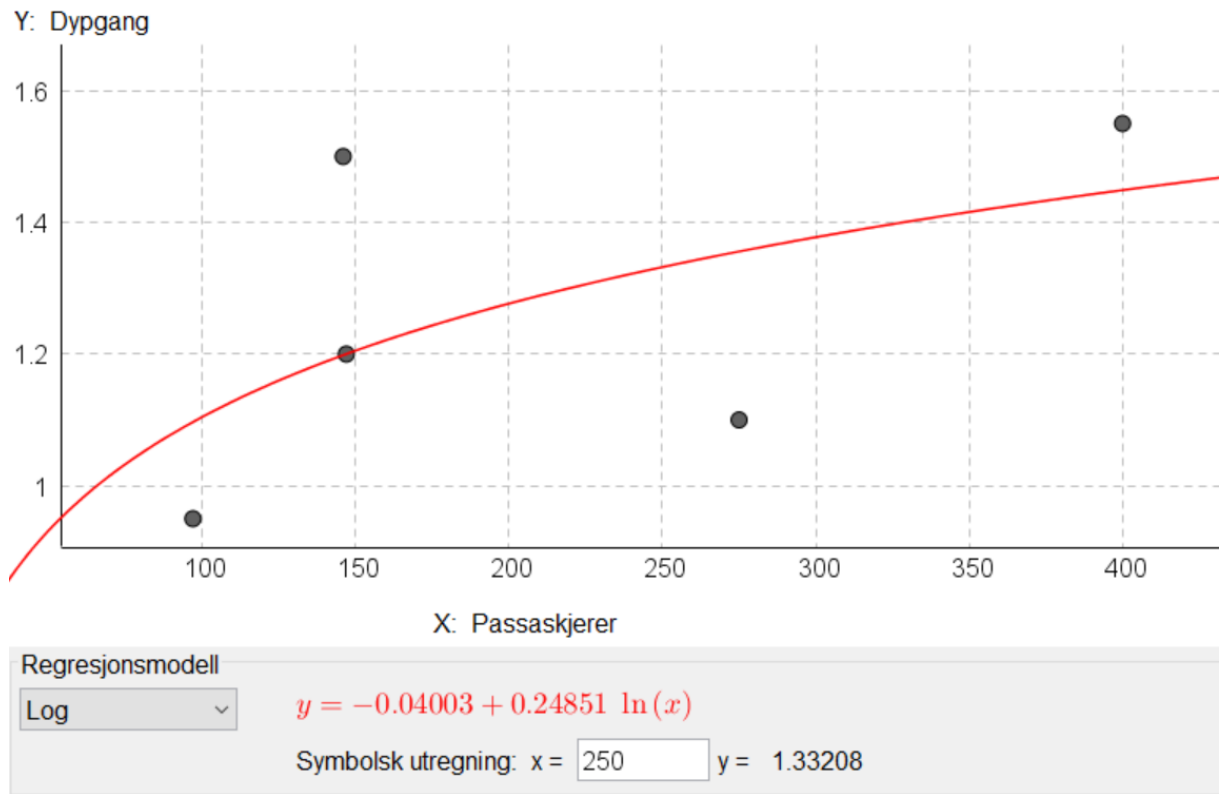
10.4 Dybde i riss



Figur 10.3: Statistikk, passasjerantall på x-aksen, dybde i riss på y-aksen

For å få en startverdi for dybde i riss/dybde til hoveddekk, er det statistikken som utgjør grunnlaget for størrelsen. Her er det stor spredning på fartøyene som utgjør statistikken, men ved logaritmisk tilnærming blir resultatet ca 3,1 meter for et fartøy med 250 passasjerer.

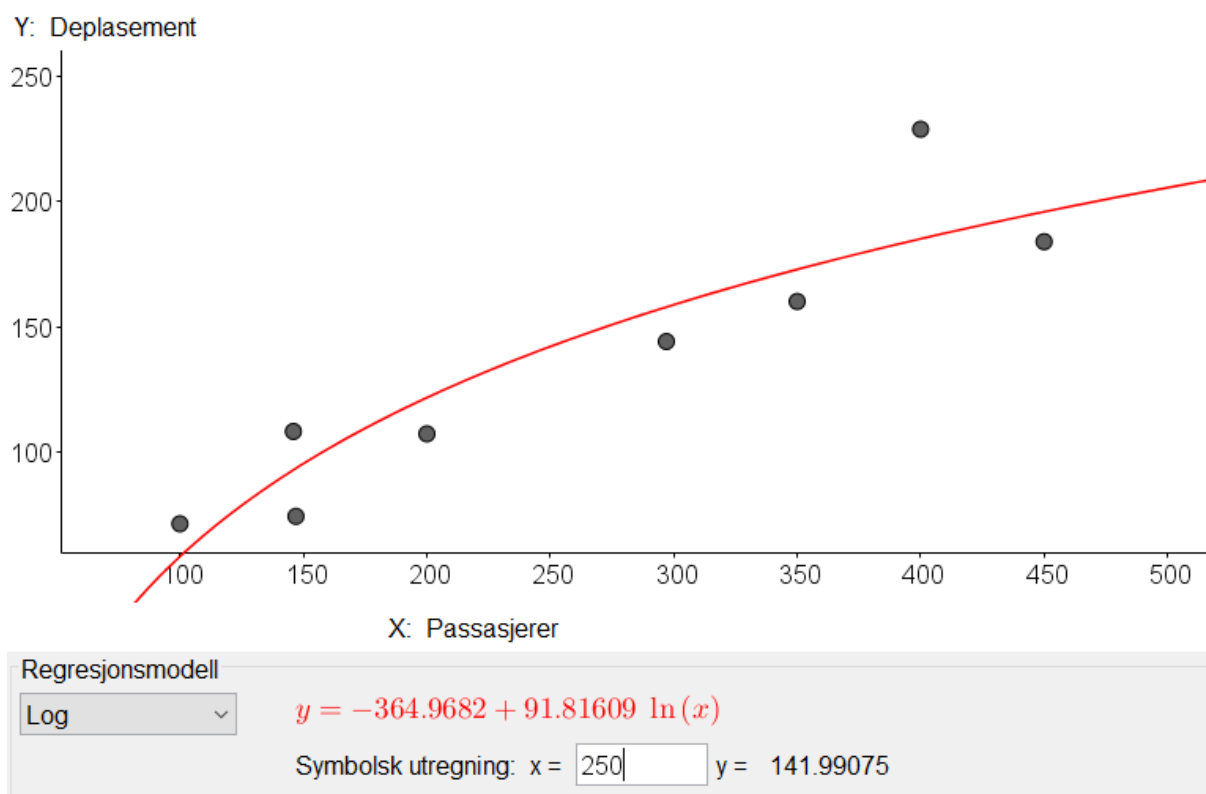
10.5 Dypgang



Figur 10.4: Statistikk, passasjerantall på x-aksen, dypgang på y-aksen

Dypgang skiller seg fra dybde i riss ved at det er snakk om høyden fra bunnen av skroget og opp til vannlinjen og ikke opp til øverste gjennomgående dekk. Her blir også statistikken ledende for å finne startverdi. Her er det viktig å bemerke seg at det er færre fartøy som utgjør denne statistikken sammenlignet med lengde og bredde. Dette fordi data for dypgang ikke lot seg finne for alle fartøy. Ved å gjøre en logaritmisk regresjonsanalyse ble dypgangen beregnet til 1,33 meter.

10.6 Deplasement



Figur 10.5: Statistikk, passasjerantall på x-aksen, deplasement på y-aksen

Et skips deplasement er et mål på tyngden av vannet som skroget fortrenger. I henhold til Arkimedes lov, er deplasementet lik oppdriften til fartøyet. I mangel på informasjon om deplasement fra liknende fartøy, ble det laget en statistikk basert på estimerte verdier oppgitt av veileder. Denne statistikken ble videre styrket med erfaringstall levert av Brødrene Aa. Grafen har derfor ingen sammenheng med fartøyene oppgitt i kapittel 10.1. For 250 pax viser denne statistikken et deplasement på 142 tonn.

10.7 Sammendrag hoveddimensjoner

For å tydeliggjøre hoveddimensjonene, er de presentert i tabell 10.1. Her er det viktig å bemerke seg at disse verdiene er midlertidige startverdier. Det er mulig at disse må endres på et senere tidspunkt i designprosessen dersom dette viser seg nødvendig.

Hoveddimensjoner	
Lengde(m)	30
Bredde(m)	12
Dybde i riss(m)	3,1
Dypgang(m)	1,3
Deplasement(tonn)	141,9

Tabell 10.1: Hoveddimensjoner

10.8 Endring hoveddimensjoner

Etter å ha kommet gjennom første runde av designspiralen, ser man at deplasementet må økes på grunn av vektene som inngår i fartøyet. Da SWATH er en fartøystype som er sårbar for nye dypganger, må undervannsskroget utvides for å tilfredsstille det nye deplasementet.

En annen grunn til at undervannsskroget må omformes, kommer tydelig frem under utarbeiding av generalarrangementet. Her er det for liten plass i bredden til at man kan ha batterirom med to rader batteri i hvert skrog. Batteripakkene må kunne skiftes ut om de blir defekte, noe som krever en viss bredde mellom radene.

For å vite hvor mye deplasementet må utvides, blir lettskipsberegningen for runde én brukt. Hoveddimensjonene som ble funnet fra statistikkene må revurderes og her er det dybde i riss og dypgang som endres i tillegg økningen i deplasement. Tabell 10.2 viser de nye hoveddimensjonene.

Hoveddimensjoner runde 2	
Lengde(m)	30
Bredde(m)	12
Dybde i riss(m)	3,3
Dypgang(m)	1,8
Deplasement(tonn)	153,2

Tabell 10.2: Hoveddimensjoner for runde 2

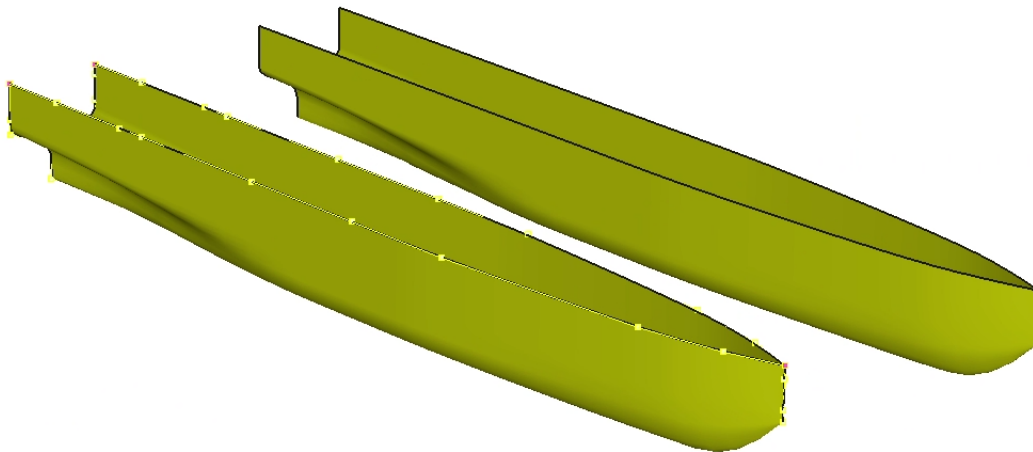
11 Skrogutforming

Ut fra beregningene i kapittel 9.2.5, er det skrogtypen katamaran som er aktuelt for dette prosjektet. Innenfor denne skrogtypen, har man valget mellom tradisjonell katamaran og SWATH. For å ha et bedre grunnlag for valget mellom de to skrogutformingene blir det valgt å utforme både en tradisjonell katamaran og en SWATH for å kunne sammenligne motstanden på de to skrogene. Modelleringen av skrogene blir gjennomført i Maxsurf Modeler.

I Maxsurf Modeler blir skrogene formet ut fra en halv sylinder, som er en form man kan starte med i programmet. På denne formen blir lengde, bredde, dybde i riss og dypgang definert. For å enklere kunne se formen tydeligere i ulike posisjoner på skroget blir et ønsket antall sections, buttocks og watherlines også definert. Når dette er på plass kan utformingen av skroget igangsettes. For at utformingen skal bli riktig, er det deplasementet fra kapittel 10.6 som blir styrende.

11.1 Katamaran

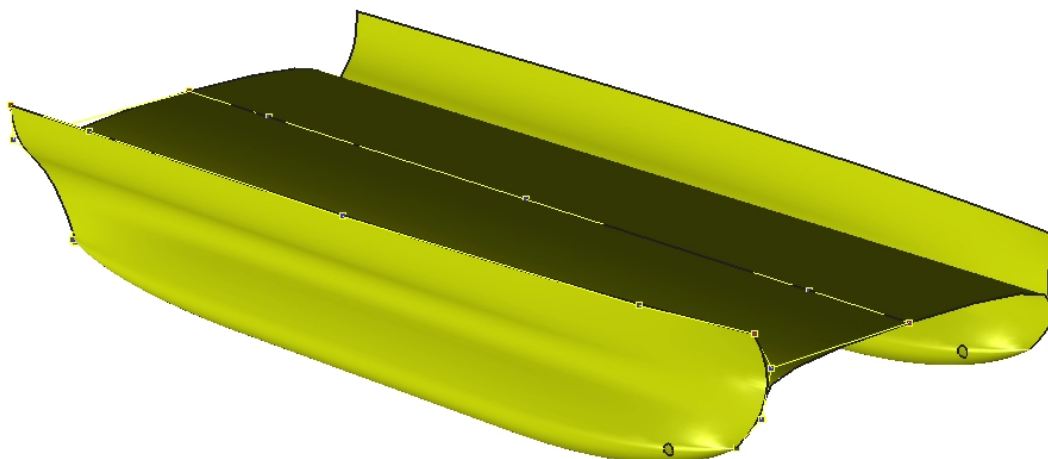
Under utviklingen av katamaranskroget, er det viktig å jobbe mot å få så lav motstand som mulig. Siden det er en katamaran, består fartøyet av to skrog. Maks bredde på disse skrogene er satt til 3 meter, som betyr at åpningen mellom de på det minste er 6 meter. Forskipet blir utformet spisst, med slake linjer akterover til full bredde oppnås. Midtskipet får en fyldig form for å ha plass til tanker, energilagring og maskineri. Mot akterskipet starter innsnevringen mot propellen tidlig for å få glatte linjer uten for mye krapphet. Akterskipet blir også lettet ut av vannet for å unngå neddykket tverr hekk som kan føre til mer motstand. Å løfte hekken ut av vannet kan føre til at man får slag opp under akterskipet når fartøyet går i større bølger. Dette vil være ugunstig for passasjerkomforten. For å forsøke å forhindre at det skjer, blir det lagt inn en svak v-form på akterskipet for å unngå at området blir for flatt.



Figur 11.1: Tradisjonell katamaran utformet i Maxsurf

11.2 SWATH

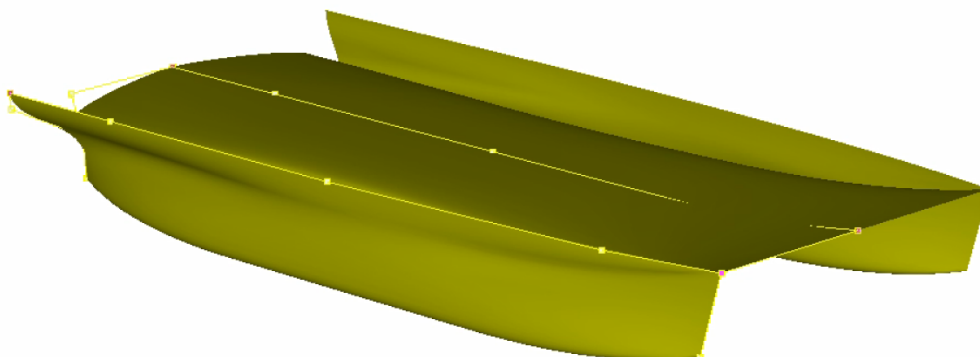
Konseptet for SWATH er modellert etter de bestemte hoveddimensjonene med unntak av dypgang og dybde i riss. Skroget er tegnet som en vanlig katamaran før området av skroget i vannlinjen er smalnet inn. Delen av skroget under vann er formet som en torpedo med spiss i front og hull til propellaksling i hekken. Med dette konseptet får man mindre tilgjengelig plass, og det er ikke mulig å entre hvert enkelt skrog. Om man skal kunne utnytte plassen under vannlinjen er man avhengig av vanntette serviceluker. Dette er upraktisk ettersom man må ta fartøyet ut av vannet for tilkomst til områdene.



Figur 11.2: Konsept for SWATH utformet i Maxsurf

11.3 Endring Skrogutforming

Ut fra de nye hoveddimensjonene, blir utformingen av SWATH-skroget oppdatert. Da man må ha tilgang til maskin- og batterirom under drift, økes bredden i vannlinjen. Under vannlinjen økes også bredden for å gjøre plass til batterirommet som krever større plass enn man hadde avsatt i runde 1. Da disse endringene vil gi for stort deplasement, flates bunnen ut for å senke undervannsvolumet. Endringene vil føre til at fartøyet i større grad påvirkes av bølger, da skroget får større vannlinjeareal og følgelig mindre SWATH-form. De endelige skroglinjene vises i vedlegg A.1.



Figur 11.3: Oppdatert konsept for SWATH utformet i Maxsurf

12 Motstandsberegninger

Motstandsberegningene gjennomføres i Maxsurf Resistance. Hit importeres skrogene som er modellert for videre kalkulasjoner. Man kan også legge inn totalvirkningsgrad ut fra sammenslåtte data om skrogvirkningsgrad, akselvirkningsgrad og propellvirkningsgrad. Ettersom beregningsmodellene i Maxsurf Resistance ikke er optimale for denne typen skrog, beregnes også friksjonsmotstanden manuelt i Excel for å verifisere resultatet.

12.1 Sikkerhetsmargin

Fordi fartøyet skal følge en fast rutetabell, er det viktig at rutetidene kan opprettholdes. Dette innebærer at fartøyet må klare hastighetene som er satt, også under påvirkning av eksterne faktorer som vind og tidevannstrømmer. For å sikre tilstrekkelig effekt og energimengde, legges det til en sikkerhetsmargin i motstandsberegningene på 12,5 prosent. For 16 knop tilsvarer dette en dimensjonerende hastighet på 18 knop. I områdene med hastighetsbegrensning på 8 og 3 knop, tilsvarer dette henholdsvis 9 og 4 knop i motstandsberegningen.

12.2 Maxsurf Resistance

I Maxsurf Resistance kan motstandsberegningene for begge skrog hentes ut fra tabeller og grafer. Siden det dreier seg om beregninger av to skrog, må noen definisjoner på plass før beregningene kan starte. I Maxsurf Modeler må det defineres at skroget som blir utformet er en katamaran, med senterlinje for skrogene i det riktige snittet og ikke i senter av hele katamaranen. I Maxsurf Resistance brukes analysemetoden "slender bodies" for beregning av totalmotstanden på katamaraner. Også her må det spesifiseres at det er en katamaran det gjøres beregninger på. Ved å gjøre det velger man også at Mollands formel benyttes for å finne formfaktoren.

12.2.1 Arealer og Flater

Inne i tabellene for ulike verdier for skroget, må det defineres verdier som programmet ikke kan regne ut selv. Over vannlinjen defineres et projisert front-areal og drag-koeffisient. Dette er viktig ettersom areal som tar opp vind vil ha en innvirkning på motstanden. Front-arealet blir foreløpig bestemt ut fra skissene som er utarbeidet og må derfor muligens endres når mer eksakte data blir tilgjengelig senere i prosjektet.

Under vannlinjen må appendage- areal, lengde og faktor bestemmes. Dette er areal på flater og komponenter på skroget som ikke inngår i modellen som ror, baugthruster, slingrekjøler og liknende. Arealene vil bli forskjellige for de to skrogene da det er inntegnet ror for katamaranen men ikke SWATHen. Samlet areal på disse må antas, lengde må regnes ut til et felles tall og faktorer må legges til. For dette fartøyet blir faktoren som legges til, satt til 1/2 prosent for hver baugthruster. Tabell 12.1 viser verdiene som blir definert i programmet.

Areal og flater	
Frontareal(m ²)	68
Drag-keffisient	1
Appendage areal(m ²)	1 (Katamaran) / 2 (SWATH)
Appendage lengde(m)	1
Appendage faktor	1,01

Tabell 12.1: Foreløpige verdier for arealer og flater

12.2.2 Virkningsgrader

For å beregne nødvendig effekt fra motor, må totalvirkningsgraden fra levert effekt og inn til motoren defineres. Den totale virkningsgraden er produktet av skrogvirkningsgrad, propellvirkningsgrad og akselvirkningsgrad.

- **Skrogvirkningsgrad** er forholdet mellom effekten som kreves for å dytte skroget gjennom vann ved en en gitt hastighet, delt på effekten som kreves levert av propellene ved den samme hastigheten. For godt utformede skrog settes skrogvirkningsgraden lik 1. [27]
- **Akselvirkningsgraden** beskriver effektapet i overføringen mellom motor og propell. Dette tapet er vanligvis ikke så stort og virkningsgraden blir dermed høy.
- **Propellvirkningsgrad** er forholdet mellom effekten levert av propellen delt på effekten som leveres til propellen av akslingen. Denne virkningsgraden varierer avhengig av framdriftsløsning, propellutforming og hastighetsområde.

Virkningsgrader	
Skrogvirkningsgrad	1
Akselvirkningsgrad	0,98
Propellvirkningsgrad	0,65
Totalvirkningsgrad	0,637

Tabell 12.2: Beregning av totalvirkningsgrad

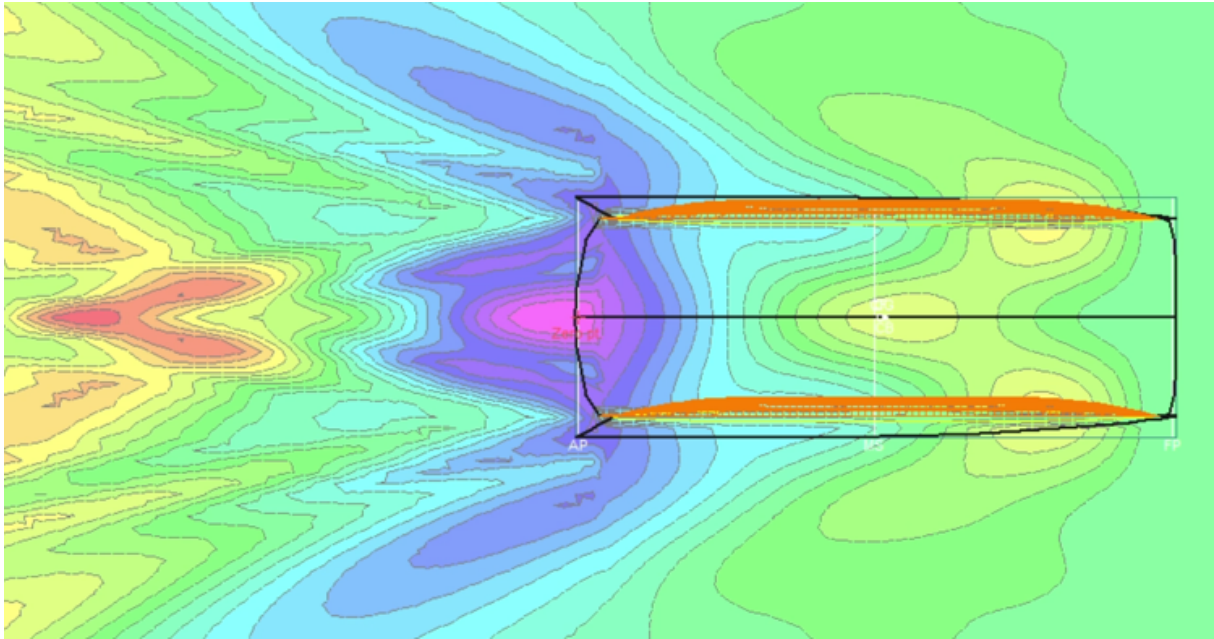
12.3 Resultat

Resultatet for motstandsberegningene gjennomført i Maxsurf Resistance er presentert i tabell 12.3.

Resultater		
	Katamaran	SWATH
Motstand 18 knop(kN)	91,7	85,7
Motstand 9 knop(kN)	18	20,2
Motstand 4 knop(kN)	2,2	2,7
Effekt 18 knop(kW)	1332	1246
Effekt 9 knop(kW)	131	146,7
Effekt 4 knop(kW)	7	8,6

Tabell 12.3: Resultater fra beregninger i Maxsurf

Ut fra tabellen ser man at SWATHen har minst motstand ved 18 knop, mens katamaranen klarer seg bedre ved de mindre hastighetene. SWATHen klarer seg nok bedre i høyere hastigheter på grunn av at skroget i svært liten grad generer bølger og derfor har svært lav bølgemotstand. Ved mindre hastigheter vil ingen av skrogene produsere bølger i noe stor grad og friksjonsmotstanden blir av den grunn den styrende faktoren. SWATHen, med sin store våte overflate, vil derfor få større friksjonsmotstand enn katamaranen og av den grunn også større totalmotstand. Figur ?? viser resulterende bølgespekter for SWATH i 18 knop.



Figur 12.1: Resulterende bølger for SWATH i 18 knop

For å verifisere at beregningene fra Maxsurf av friksjonsmotstanden er korrekte, blir også manuelle beregninger i Excel gjennomført. Beregningene gjennomføres for en hastighet på 18 knop. Formlene 12.1 - 12.3 viser formlene fra Excel-arket og figur 12.2 viser resultatet.

$$Re = \frac{V * L}{\nu} \quad (12.1)$$

$$C_F = \frac{0,075}{(\text{LOG}(Re) - 2)^2} \quad (12.2)$$

$$R_F = \frac{C_F * \rho}{2 * S * V^2} * 10^{-3} \quad (12.3)$$

Symbol	Parameter	Enhet	Verdi	
			Katamaran	SWATH
L	Lengde	m	30	
V	Hastighet	m/s	9,26	
S	Våt overflate	m ²	239	316
v	Kinematisk viskositet	m ² /s	0,00000119	
ρ	Tetthet sjøvann	kg/m ³	1025	
Re	Reynolds tall	Dimensjonsfritt	233445378,2	
C_F	ITTC'57	Dimensjonsfritt	0,001849	
R_F	Friksjonsmotstand	KiloNewton	19,4	25,7

Figur 12.2: Manuelle beregninger for friksjonsmotstanden for begge skrogformer

Beregningene viser at friksjonsmotstanden er større på SWATHen enn hos katamaranen. Disse tallene kan derfor medvirke i å bekrefte at katamaranen har mindre motstand ved lave hastigheter.

Ut fra beregningene er det SWATHen som kommer best ut for de større hastighetene. Det blir derfor bestemt å gå videre med SWATH som skrogtype for dette prosjektet. Dette på grunn av den lavere motstanden i de høyere hastigheter, som fartøyet bruker mest av sin operasjonstid i. At skroget i mindre grad påvirkes av bølger er også et argument for å benytte seg av skrogformen.

12.4 Endring motstandsberging

For at motstandsbergingene skal stemme overens med det nye skroget som utformes, må nye beregninger gjennomføres. Tallene på motstand er viktige inn i beregningene for energiforbruk og nødvendig energimengde, da en liten endring på skroget vil få innvirkning på beregningene. I de nye beregningene er input for areal, flater og virkningsgrader likt som i runde én. Nye tall for beregningen vises i tabell 12.4.

Resultater	
	SWATH
Motstand 18 knop(kN)	102,2
Motstand 9 knop(kN)	25,4
Motstand 4 knop(kN)	2,4
Effekt 18 knop(kW)	1485,7
Effekt 9 knop(kW)	184,9
Effekt 4 knop(kW)	7,9

Tabell 12.4: Resultater for nye motstandsberginger i Maxsurf

12.5 Modellforsøk

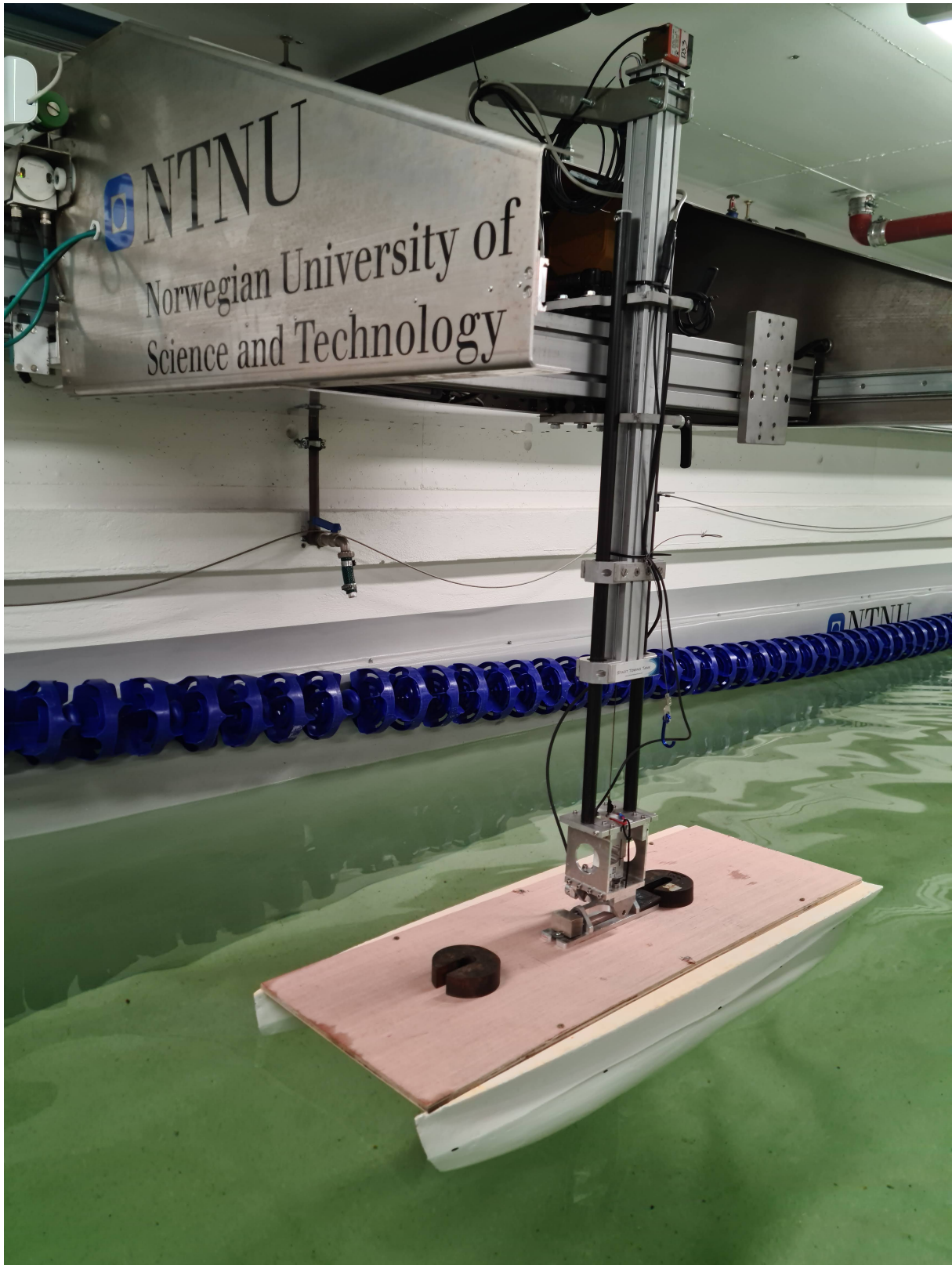
For å verifisere beregningene gjort av Maxsurf Resistance, Gjøennomføres et modellforsøk på det endelige skroget. Et modellforsøk vil bidra til en større sikkerhet i motstandsverdiene, som er kritisk for å kunne dimensjonere energi- og effektbehovet korrekt.

For å kunne gjennomføre en modelltest, må først en modell klargjøres. Skroget blir frest ut i halvdel fra XPS-plater i skala 1:30. Disse halvdelene pusses så ned for å fjerne fresespor og biter som ikke skal være der, før de blir limt sammen (figur 12.3). Når limen er størknet, pensles skrogene inn i epoksy for deretter å sparkles og pusses. Til slutt blir skrogene lakkert i hvitt. Prosessen skal sørge for å fjerne ruhet i skroget, slik at motstanden blir mindre sammenlignet med et skrog som er ubehandlet. Til slutt blir korrekt vannlinje markert i henhold til skala.



Figur 12.3: Pusset og limte skrog klar for epoksy

I modelltanken blir det i forkant av målingene gjennomført en kalibrering av utstyret i henhold til gjeldende rutiner. Skroget festes så til slepevognen og vekter legges ombord, slik at modellen flyter på riktig dypgang med null trim (figur 12.4). Slepetestene kjøres i skalerte hastigheter tilsvarende 4, 9 og 18 knop i fullskala. Målingene blir så analysert og endelig motstand for fullskala fartøy regnes ut.



Figur 12.4: Modell ferdig montert i slepetank med vekter ombord på korrekt vannlinje

For å omgjøre resultatene fra modelltesten til fullskala, introduseres en motstandskoeffisient C_t . For å forenkle utregningene, antas det at denne koeffisienten er lik for fullskala og modell (formel 12.4). Ved å finne verdien for C_t , kan formelen derfor snus og gi målt motstand for fullskala fartøy. En sammenlikning av de målte resultatene og de beregnede i Maxsurf er vist i figur 12.5. For detaljert beregning se vedlegg A.4.

$$C_t = \frac{R_T}{\frac{1}{2}\rho v^2 S} \quad (12.4)$$

Hvor:

R_T = motstand i N

ρ = fluid tetthet i kg/m^3

v = hastighet i m/s

S = våt overflate i m^2

Resultater slepemosstand

Hastighet (knop)	Motstand (kN)		Differanse
	Maxsurf	Slepetest	
4	2,4	2,5	6 %
9	25,4	24,8	2 %
18	102,2	133,6	31 %

Figur 12.5: Sammenlikning av slepemosstand målt i slepetanken og de beregnet i Maxsurf Resistance

Resultatene viser god overensstemmelse mellom de målte og beregnede motstandene for 4 og 9 knop. I 18 knop er det derimot større differanse mellom motstandstallene. Dette kan skyldes feilkilder som unøyaktigheter i modellforsøket. Eksempler på dette kan være at skrogene i modellen ikke monteres parallelt eller at den flyter på feil dypgang. Det kan også være mindre unøyaktigheter i måleutstyret som gir større utslag for høyere hastigheter. Andre forklaringer på differansen kan skyldes en utradisjonell skrogform som ikke er optimalt for motstandsbergingning i Maxsurf Resistance. Den mest sannsynlige årsaken til noe av differansen skyldes betraktningen av lik motstandskoeffisient for modell og fullskala fartøy. Denne forenklingen stemmer ikke fullstendig med virkeligheten og vil derfor gi eksponentielt økende differanse for høyere hastigheter. Dersom man skulle gjort en mer nøyaktig motstandsbergingning ville denne vært gjennomført i henhold til modell test prosedyren av ITTC.

13 Propelløsninger

For å kunne sikre et energieffektivt fartøy, er riktig valg av propelløsning helt avgjørende. Ulike løsninger har hver sine bruksområder med fordeler og ulemper. For å kunne gjøre et velbegrunnet valg er det i denne oppgaven gjort en sammenlikning av ulike framdriftssystemer som er på markedet.

13.1 Fast aksling

Propell montert på fast aksling er den konvensjonelle og mest utbredte formen for framdriftssystem på dagens skip. Avhengig av type drivmotor, kan akselen være koblet til et reduksjonsgir. Propellen er som regel en av to typer; fixed pitch (FPP) eller controllable pitch (CPP). En propell med fast stigning kan utformes med en eksepsjonelt høy virkningsgrad for et gitt turtall. Fordelen med variabel stigning på propellbladene er at man kan gå både forover og akterover samt regulere skipets hastighet uten endring i drivmotorens turtall eller rotasjonsretning. Motoren kan da gå på optimal effekt, som for de fleste konvensjonelle motorer ligger i området 80%.

13.2 Azimuth thruster

Azimuth er en thrustertype til framdrift hvor propellen kan dreies 360 grader horisontalt. Dette gir et godt utgangspunkt for gode manøvreringsegenskaper da man kan styre kraften i ønsket retning for manøvrering uten bruk av ror. I dag er neste alle Azimuther drevet av en elektromotor plassert i undervannshuset eller inne i skroget. I de tilfeller hvor elektromotoren er plassert inne i skroget vil det være en mekanisk overføring ned i undervannshuset for å drive propellen. Innenfor azimuther finnes det ulike merkevarer for hver sine applikasjoner. [28]

- **Azipull** er en type thruster utviklet i Ulsteinvik ved Rolls Royce Marine, senere Kongsberg Maritime, lansert i 2002. Thrusteren er trekkende, som vil si at propellen er plassert foran undervannshuset. Dette er fordelaktig ettersom det gir en renere vanninnstrømning og dermed høy hydrodynamisk effektivitet. Motorkraften sendes til propellen gjennom et gir og akslingssystem, noe som tillater et slankt undervannshus for lavere motstand. Systemet kan implementeres på et bredt spekter av fartøyer og tilgjengelig som både FPP og CPP. [29]
- **Azipod** er en girløs thruster med en elektrisk motor plassert i undervannshuset. Azipod er et registrert varemerke innenfor ABB og kutter drivstofforbruket med opptil 20% sammenliknet med konvensjonelle framdriftssystemer. [30]
- **Andre** thrustertyper inkluderer mer spesialiserte løsninger som kontraroterende propeller, ringdrevet thruster ved permanentmagnet, innfell- og inntrekkbare thrustere samt thrustere med propellaksling vinklet nedover for mindre interferens med skroget. [31]

13.3 Vannjet

En framdriftsløsning med bruk av vannjet eliminerer mye av problemene knyttet til ordinære propelløsninger for visse applikasjoner. En vannjet er godt egnet for mindre fartøyer og særlig i større hastigheter gir den en høy virkningsgrad på opp mot 90%. Vann tas opp i skipets bunn og føres gjennom en lukket kanal direkte inn mot en impeller som øker hastigheten før det frigjøres akterover og genererer skyvkraft. I motsetning til en konvensjonell propell som skaper framdrift som resultat av trykkforskjell, jobber impelleren i et lukket område og skaper framdrift ved å øke hastigheten på vannet. Ved å samle vannet i en dyse økes hastigheten og

dermed skyvkraften ytterligere. Vannjetten fungerer som en pumpe og opererer med mye høyere turtall enn konvensjonelle propeller. Effektiviteten til en vannjet er i stor grad avhengig av hastighetene den skal operere i. Som en tommelfingerregel er vannjet ideelt for hastigheter over 30 knop. Under 20 knop er konvensjonell propell det mest effektive, mens i området 20-30 knop kan begge løsninger være et alternativ. [32]

13.4 Voith Schneider

Voith Schneider er en alternativ propelløsning oppfunnet av den østerrikske ingeniøren Ernst Schneider. Systemet benytter vertikalt roterende og vridbare blader til framdrift og manøvrering. Kraften fra propellen avhenger av rotasjonshastigheten, mens vinkelen på bladene bestemmer retningen til kraften. Systemet gir lite støy og vibrasjoner samt god manøvreringsevne, perfekt til blant annet DP-systemer. I tillegg kan systemet fungere til aktiv rulledemping. [33]

13.5 Valg av propelløsning

For dette prosjektet må det velges en propelløsning som er tilstrekkelig effektiv for å minske energiforbruket til fremdrift. Etersom fartøyet operer under 20 knop vil bruk av vannjet ikke være tilstrekkelig effektivt. Med skrogutforming som en SWATH vil det være utfordrende å integrere Voith og Azimuter, ettersom disse krever tilpasning av fundamentet som de skal festes i. I tillegg til en endring i skrogutforming vil disse løsningene kreve mer lokal struktur der hvor de forankres i skroget, noe som gir økt vekt. For å begrense kompleksiteten til fartøyet, velges det derfor å bruke propell på fast aksling i dette prosjektet. I tillegg til å være driftssikkert er det også en mye rimeligere løsning enn alternativene. Propell på fast aksling gir også en høy virkningsgrad for hastighetsområdet fartøyet skal operere i.

14 Energisystem

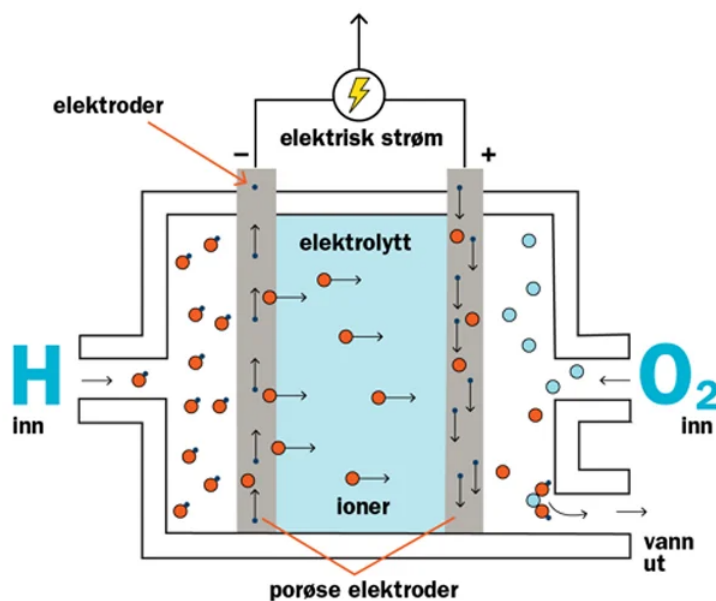
14.1 Energibærer

Energibærere er materialer som innehar en energimengde som i en kjemisk reaksjon settes fri.[34] Disse materialene må tilføres energi for å bli til og skiller seg derfor fra energikilder ved at de ikke er noe man direkte kan hente ut fra naturen for å få energi. Energibærere må derfor fremstilles ved at man bruker en annen energikilde. Mange energibærere som blir sett på som nullutslipp, kan derfor ha utslipp under produksjon, om energikilden for produksjon har utslipp.

14.1.1 Hydrogen

Hydrogen er et drivstoff som blir sett på som et nullutslipsalternativ, da det kun har vann som produkt når energi frigjøres. Drivstoffet er en energibærer da det nesten ikke finnes naturlig i naturen utenfor kjemiske forbindelser. For å kunne benytte seg av rent hydrogen må det derfor fremstilles. Dette kan gjøres ved å kjøre en elektrolyse på vann eller at man separerer hydrogenet ut fra naturgass. For at hydrogen skal kunne kalles et grønt drivstoff, er det viktig at prosessen som fremstiller det også er miljøvennlig. Om hydrogenet fremstilles fra naturgass, vil man få utslipp av CO_2 . Er det tilrettelagt for karbonfangst under denne prosessen, får man ut det man kaller blått hydrogen.[35]

For å lagre hydrogengass blir det ofte brukt tanker som er trykksatt opp til 70 atmosfære, men også lagring i væskeform er mulig. Da blir hydrogenet nedkjølt til $-253^{\circ}C$. Videre fra tankene blir hydrogenet forbrent i brenselceller som produserer energi, varme og vann. En brenselcelle har mange likhetstrekk med et batteri, men her tilføres hydrogen og oksygen under produksjonen av strøm (figur 14.1). Dagens brenselceller har en virkningsgrad på mellom 50 og 60 prosent, men i teorien har de et potensiale for en virkningsgrad på like under 100 prosent.[35] Nedre brennverdi for hydrogen per kilogram er høy og ligger på 119,9 MJ/kg.[36] Energitettheten er derimot lav og ligger mellom 0,01 - 8,5 MJ/l[36], avhengig av trykk og tilstand.



Figur 14.1: Tegning på hvordan en brenselcelle fungerer[35]

14.1.2 Ammoniakk

Ammoniakk er et drivstoff med høyt innhold av hydrogen, som man kan se ut fra formelen: NH_3 , og betegnes som en energibærer. Ut fra formelen kan man også se at ammoniakk er karbonfritt. Under normale trykk og temperaturer vil ammoniakk være i gassform, men ved hjelp av kondensasjon kan det gjøres flytende og lagres på tanker. I romtemperatur kreves ikke mer enn 10 atmosfære i trykk for å oppbevare ammoniakk på tanker.[37] For å omdanne ammoniakken til nyttbar energi finnes det flere metoder. På grunn av NO_x utslipp i noen av de, lar de seg ikke bruke i dette prosjektet, men ved å bruke ammoniakk i en brenselcelle unngår man dette problemet. Det er også viktig å få frem at ammoniakk er giftig og må dermed behandles deretter.

Ammoniakk har en energitetthet som er høyere enn hydrogen på 12,7 MJ/l[37] på grunn av høyere innhold av hydrogen. Spesifikk energi ligger på 18,6MJ/kg[37] som er mindre enn hydrogen. Sammenligner man disse tallene opp mot dieselolje, trengs det omlag 3 ganger større volum av ammoniakk for å lagre en gitt energimengde.

Sammenligning		
Drivstoff	Spesifikk energi(MJ/kg)	Energitetthet(MJ/l)
Hydrogen	119,9	0,01
Hydrogen(flytende)	119,9	8,5
Hydrogen(70 atmosfære)	119,9	4,5
Ammoniakk(flytende)	18,6	12,7
Dieselolje(flytende)	43,1	36,2

Tabell 14.1: Sammenligning av energiinnhold per kilogram og liter[36][37]

14.1.3 Batteri

Batteri er en energibærer som leverer strøm ved å benytte seg av kjemisk energi, som når man trenger det, omformes til elektrisk energi. Oppbyggingen til et batteri består av flere galvaniske celler, hvor en galvanisk celle består av to elektroder(positiv og negativ) i en elektrolytt. Når et batteri utlades skjer en redoksreaksjon hvor det frigis elektroner ved den negative anoden, som går over til den positive katoden hvor elektronene tas opp. Videre vil negative ioner bevege seg fra katoden til anoden gjennom elektrolytten. For at kretsen skal bli lukket, beveger også positive ioner seg fra anoden til katoden gjennom elektrolytten.[38]

Batteriene har ingen spesifikk felles energitetthet. Teknologien er i konstant utvikling og bedre batterier kommer på markedet med stadig bedre energitetthet. Den vanligste batteritypen å benytte seg av, som man ser i elbiler og batterimoduler for båter, er litium-ion batterier. Denne batteritypen er gunstig i bruk da den har lavere vekt og høy kapasitet sammenlignet med andre batterityper. [38]

14.1.4 Hybrid

Hybride energisystemer er systemer som består av to eller flere komponenter for energiproduksjon eller energilagring. I mange tilfeller dreier dette seg om en kombinasjon av et miljøvennlig system pluss et system som eksempelvis går på diesel. Fordelen med disse systemene er at man kan redusere forbruket til fartøyet, i tillegg til at motorene kan få større driftstid i deres optimale belastningsområde.

I dette prosjektet er også en hybridløsning et alternativ men da i form av to nullutlipssalternativer. Dette kan da være en batteri-hydrogen løsning eller en batteri ammoniakk løsning. Om man går for en slik løsning vil det være ammoniakk eller hydrogen som sørger for rekkevidden, mens batteriet hjelper til i de situasjoner hvor man trenger stor kraft.

14.1.5 Valg av energibærer

Når en energibærer for prosjektet skal velges, er det viktig å inneha mest mulig kunnskap om de ulike alternativene. Siden gruppemedlemene ikke har jobbet med prosjekter som innebærer bruk av hydrogen, blir et møte/bredrift-besøk hos Norwegian Hydrogen avtalt. Dette for å lære mer om hydrogen og for å høre om noe av det de holder på med. Et av deres prosjekt er en hydrogenfabikk på Hellesylt. Dette er et viktig poeng å ta med i den endelige vurderingen, da energibæreren kan produseres i nærheten.

For det som angår regelverk, står passasjersikkerheten i første rekke. Fartøyer som benytter hydrogen og ammoniakk reguleres gjennom forskrift om skip som bruker drivstoff med flammepunkt under 60°C. Forskriften lyder bla: *Ekspløsjon i eksplosjonsfarlig område skal ikke; skade innredning slik at passasjerer eller mannskap blir skadet, føre til skade på annet enn det aktuelle rommet, skade skipet slik at det oppstår vanninntrengning under hoveddekk, enten direkte eller ved progressiv fylling.* [39]

Denne forskriften fører da til at man må montere drivstofftanker på utsiden av skroget. Med kravet til 1 kvadratmeter dekkareal per passasjer, kan man ikke benytte seg av dekkarealet for tankene og de må derfor plasseres på taket av styrhuset eller under strukturen mellom skroget på SWATHen. Av hensyn til passasjersikkerheten over le, er det ikke gunstig å plassere tankene på toppen av styrehuset. En plassering under strukturen mellom skrogene er også utfordrende, ettersom en eventuell eksplosjon i et delvis innelukket område vil gi et svært høyt trykk, noe som kan skade skroget under vannlinjen.

Det blir derfor i første runde valgt å gå for batteri. Batteri er en løsning som fører til store vekter ombord i fartøyet, men disse vektene lar seg plassere inne og nede i skrogene som er en fordel for tilgjengelig plass på dekk og stabilitet. Om batteri lar seg bruke, må også energiforbruket undersøkes med tanke på lading av batteri. Her har man på det minste 40 minutter på å lade opp nok energi til å klare strekningen Hellesylt-Geiranger-Hellesylt, uten lading i Geiranger.

14.2 Energiforbruk

For å kunne dimensjonere energisystemet er det nødvendig å beregne nøyaktig energibehov for framdrift og hotellast. Energibehovet beregnes for en overfart og inkluderer energibruk ved kailigge mellom overfartene. I henhold til rutetabellene er to timer den lengste tiden fartøyene ligger til kai i Geiranger uten tilgang på energipåfylling. Systemet må av den grunn dimensjoneres for å kunne ta til seg nok energi i det tidsrommet fartøyet ligger til kai i Hellesylt. Rutetabellen viser at den korteste tiden fartøyene ligger til kai i Hellesylt er på 40 minutter.

For framdriftssystemet beregnes energibehovet for hver av de ulike hastighetene. Dette beregnes ut i fra effektkurver i motstandsberegningen som multipliseres med tiden fartøyet opererer i den gitte hastigheten. Ettersom effektkurvene beskriver effekten til akslingen må man inkludere en virkningsgrad for kraftkilde i beregningene. For en elektromotor antas en virkningsgrad på 0.9, basert på erfaring fra tidligere prosjekter.

Hotellast er all energien som brukes til å drifte varme- og ventilasjonssystemer, belysning, bysse osv. Energimengden som går med til fartøyets hotellast avhenger av antall passasjerer, samt innvendig areal og volum. Basert på erfaringstall fra veileder antas kapasitetsbehovet for hotellast for 250 passasjerer til å være rundt 60kW.

	Minutt	Timer				
Korteste ladetid H	40	0,67				
Lengste liggetid G	120	2,00				

Hastighet (knop)		Distanse (nm)	Tid (t)	Effekt (kW)	Virkningsgrad el-motor	Energiforbruk (kWh)
Reel	Sikkerhet					
16	18	10	0,63	1246	0,9	865,3
8	9	1	0,13	146,7	0,9	20,4
3	4	0,05	0,02	8,6	0,9	0,2
Hotell			2,10	120		252
Totalt per overfart						1137,8
Totalt tur retur						2275,6

Figur 14.2: Beregning av energiforbruk

14.2.1 Endring energiforbruk

Etter de nye motstandsberegningene, plottes de nye tallene inn i beregningen for energiforbruk. Her er det kun endring i energibehovet til framdrift som endres, da hotellasten vil forholde seg lik. Det nye energiforbruket for en rundtur kommer frem i figur 14.3

	Minutt	Timer				
Korteste ladetid H	40	0,67				
Lengste liggetid G	120	2,00				

Hastighet (knop)		Distanse (nm)	Tid (t)	Effekt (kW)	Virkningsgrad el-motor	Energiforbruk (kWh)
Reel	Sikkerhet					
16	18	10	0,63	1486	0,9	1031,9
8	9	1	0,13	185	0,9	25,7
3	4	0,05	0,02	8	0,9	0,1
Hotell			2,10	120		252
Totalt per overfart						1309,8
Totalt tur retur						2619,6

Figur 14.3: Beregning av energiforbruk for runde 2

14.3 Dimensjonering av energisystem

Basert på det beregnede energibehovet kan man dimensjonere energisystemet til å inneha nok energi(figur 14.4). Med hensyn til utnyttelsesgrad, virkningsgrad og energitetthet kan man finne nødvendig vekt og volum for de ulike energikildene. Den lave utnyttelsesgraden forklares ved at man burde holde batterinivået mellom 20 og 80 prosent.

Teknologi	Type	Utnyttelsesgrad	Virkningsgrad	Energikapasitet (kWh)	Energitetthet		Vekt (kg)	Volum (m ³)
					Wh/kg	Wh/l		
Batteri	Corvus Dolphin Energy	60 %	1	3793	177	100	21428	37,9
Hydrogen	1 atm	90 %	0,6	4214	33305,6	2,78	127	1515,9
	70 atm	90 %	0,6	4214	33305,6	1250	127	3,4
	Flytende	90 %	0,6	4214	33305,6	2361	127	1,8
Ammoniakk	Flytende	90 %	0,6	4214	11972,2	10055,6	352	0,42

Figur 14.4: Beregning av energimengde for de ulike energiformene

For batteri ser man her at det kreves en energimengde på 3793 kWh for å dekke fremdrift og hotellasten. Dette vil tilsvare en vekt på omtrent 21,5 tonn eller 345 batteripakker.

14.3.1 Endring energisystem

Etter at det nye energiforbruket er utregnet, kan man legge disse verdiene inn i Excel-arket for utregning av den nye totale energimengden fartøyet må kunne inneha. Figur 14.5 viser at fartøyet må inneha en energimengde på 4366 kWh. I batterier vil dette tilsvare en vekt på omtrent 25 tonn eller 397 batteripakker.

Teknologi	Type	Utnyttelsesgrad	Virkningsgrad	Energikapasitet (kWh)	Energitetthet		Vekt (kg)	Volum (m ³)
					Wh/kg	Wh/l		
Batteri	Corvus Dolphin Energy	60 %	1	4366	177	100	24666	43,7

Figur 14.5: Beregning av energimengde for runde 2

14.4 Motorarrangement

For å sette fartøyet i bevegelse, kreves det elektromotorer for å omforme den elektriske energien som er i batteriene til mekanisk energi. Disse motorene kobles direkte til akslingene som settes i roterende bevegelse for å drive propellene. Ut fra tabell 12.4 ser man at det kreves en effekt på 1486 kW for at fartøyet skal holde en fart på 18 knop. Siden fartøyet har to skrog og følgelig to motorer, kan denne effekten deles på to. Hver elektromotor vil derfor måtte ha en minimumseffekt på 750 kW.

14.5 Nødsystem

For det som angår nødsystem, er det ikke ikke lagt til noe eksternt system som for eksempel går på diesel eller bensin. For å sikre at man også under en nødsituasjon har fremdrift, er batteripakker og tavlerom adskilt slik at skader eller feil på komponenter ikke går ut over andre.

Batteripakkene er splittet opp og ligger i tre adskilte rom i fartøyet. Pakkene for fremdrift er plassert likt fordelt i hvert av skrogene. Skrogene sørger for at det er god avstand mellom batterirommene, men også på overgangen mellom skrogene er det lagt til et langskips vanntett skott som skillet de to rommene ytterligere. Batteriene for hotelldrif er plassert på main deck, i senter av fartøyet. Disse er derfor adskilt fra de andre med god avstand i tillegg til dekkplaten for Main deck. Fartøyet har derfor ikke et rom som kun er dedikert til nødkraftkilden men flere separerte rom med kraftkilder.

Batteriener som benyttes er dimensjonert ut fra driftsprofilen til aldri å lades over 80 prosent og aldri utlades under 20 prosent. Det betyr at det vil til en hver tid, under normale forhold, gjenstå minimum 20 prosent batteri i hver batteripakke. Disse prosentene kan også sees på som nødkraft i tilfeller hvor det er behov for det.

Nødtavlen har krav fra regelverket som tilsier at den må plasseres over skottdekk på en lett tilgjengelig plass. For å tilfredsstille disse kravene, men samtidig ikke ligge i nærheten av hovedtavlen som ligger på main deck, blir nødtavlen plassert på upper deck. Her vil den ikke ligge i nærhet til maskin-, batteri- eller tavlerom.

I de tilfeller fartøyet må reise en lengre strekning enn det er bygget for, ved eksempelvis vedlikehold på verft eller liknende, må fartøyet ha en mulighet for å øke rekkevidden. Et alternativ er å slepe fartøyet, men det er i større grad ønskelig at fartøyet går for egen maskin i slike tilfeller. For å løse dette, vil man under slike transportetapper heise ombord et generatorsett akterut på main deck. Generatoren vil da lade batteriene og sørge for lengre rekkevidde. Å plassere generatoren akterut vil ikke komplisere de innebygde ladesystemene, da fartøyet skal lades i akterskipet uansett.

14.6 Fortøyning og lading

I sluttrapporten fra Grønn kai sommerprosjekt 2021, er det sett på ulike fortøyningsløsninger og hvilke typer som kan være mest aktuelle. Her kom man frem til at en dokkingløsning med baugen var mest aktuell, ettersom den gir en effektiv passasjerflyt. [40] Denne løsningen krever imidlertid at man bruker fremdriftssystemet til å holde fartøyet i ro. For å bruke minst mulig av fartøyenes energilager, er det ønskelig at man kan fortøye på en slik måte at man slipper å benytte seg av fremdriftsmaskineriet for å holde fartøyet ved kaien. I Geiranger vil dette være kritisk, da fartøy ligger til kai i opptil to timer som kan føre til store unødvendig tap av energi. For å kunne bruke løsningen vil det derfor være nødvendig å kombinere den med en annen løsning for å hindre at fartøyet driver av.

Andre løsninger som kan være aktuelle for å holde fartøyet i ro, er fortøyning ved bruk av vaku-um. Fortøyning med dette apparatet blir gjennomført på kort tid og er en automatisk prosess. En av de største leverandørene av dette systemet er Cavotec[40], de har også inngått et samarbeid med Wärtsilä som omhandler en sugekoppløsning med induksjonslading[41]. Systemene krever at man har større flater på skroget for at sugekoppene skal få feste og at induksjonsladingen skal fungere. Dette oppnås i akterskipet hvor man har et designelement som resulterer i en større flate. Konseptet er vist i figur 14.6.



(a) Induksjonslader med vakuum [42]



(b) Lader i drift på ferge

Figur 14.6: Konsept for maritim trådløs lading og fortøyning [41]

Med de begrensede tidsrommene for lading, må man tilstrebe å få så lang ladetid som mulig. Lading via kabel krever at fartøyet er fortøyd, før man kan begynne med å koble opp kabler. Dokkingtiden blir derfor tapt ladetid. Induksjonslading fra Wärtsilä har den fordel at man kan begynne å lade før fartøyet er fortøyd og ladingen begynner idet ladeplaten er ca 50cm fra laderen.[43] Systemet har også en relativt høy virkningsgrad på 95-97 prosent.[43]

For å finne ut hvor stor ladeeffekt som trengs for å fylle batteriet, settes det opp et regnestykke i formel 14.1. Her settes energiforbruk over ladetid multiplisert med virkningsgrad. Et viktig poeng å bemerke seg, er at halve hotellasten er trukket fra da dette kun er en sikkerhetsmargin som ikke brukes opp under daglig drift.

$$\frac{2023,6kWh}{40/60h * 0,95} = 3195kW \quad (14.1)$$

Ut fra dette trengs det en ladeeffekt på tilnærmet 3200kW. Standard-laderen fra Wärtsilä leverer 2500kW[43] som er for lite i dette tilfellet. På deres hjemmesider kommer det frem at man kan øke kapasiteten ved å benytte seg av flere ladere, eller ved å øke spole-arealet.[43] Det siste er det mest aktuelle for dette prosjektet, da man på den måten slipper å montere ladere på begge sider av skroget.

14.6.1 Endring i lading

Når forbruket går opp, må også ladeeffekten justeres. Fartøyet får ingen forandringer i rutetabellen, altså blir ikke ladetiden forlenget. Ny nødvendig ladeeffekt vises i formel 14.2, og løses i praksis ved at man øker spolearealet.

$$\frac{2367,6kWh}{40/60h * 0,95} = 3738kW \quad (14.2)$$

15 Materialtyper

Når beregninger på platetykkelser, stivere, bærere og lettskipsestimat skal gjennomføres, vil det være behov for å vite hvilke material skroget er bygget opp av. Dette for å vite eksakt hvilke bøye- og skjærspenninger strukturen kan oppta, men også for å si noe om vekten. Her vil det være flere alternativ å velge mellom og det kan også tenkes situasjoner der man bruker flere typer materialer for å oppnå ulike ønskede effekter. Dette kan eksempelvis være at man bruker ett lettere materiale i overbygg enn man har ellers i skroget, for å senke tyngdepunktet.

15.1 Stål

Stål er et vanlig byggemateriale, særlig ved bygging av større skip. Materialet har en stor E-modul på $206\,000\text{ MPa}$ [44] som fører til at man ikke trenger enorme profiler for å ta opp de spenningene som opptrer. Ulempen med stål, er at det har en høy tetthet på omtrent 7850 kg/m^3 [45]. Denne høye tettheten vil føre til at profiler og plater blir svært tunge. Siden stål er et metall lar det seg gjenvinne ved omsmelting. Produktet kan derfor etter endt levetid få nytt liv som et annet produkt. Å gjenvinne stål sparer miljøet for 1 kilo CO_2 per kilo resirkulert stål.[46]

15.2 Aluminium

Aluminium er et mye brukt materiale innenfor skipsbygging og det finnes allerede flere hurtigbåter som er bygget i dette materialet. Materialet blir brukt da det er lettere en stål med en tetthet på 2700 kg/m^3 [47], som fører til at man kan spare vekt. Det som gjør aluminium mindre bra er materialets E-modul. Denne ligger på omtrent $70\,000\text{ MPa}$ [44] som er tre ganger mindre enn stål. Dette vil bety at man trenger større profiler for å ta opp de samme spenningene. Med dagens fokus på bærekraft, er aluminium et gunstig materiale å benytte seg av. Metallet lar seg enkelt gjenvinne og ved omsmelting av brukt metall, brukes bare 5 prosent av energien som ble brukt for å produsere metallet.[48]

15.3 Glassfiber

Å bygge fartøyet i glassfiber er også et alternativ. Dette vil da bety at man benytter seg av glassfiberarmert polyester eller epoksy. Glassfiberarmert epoksy kan ha en E-modul på $21\,000\text{ MPa}$ og en tetthet på 1970 kg/m^3 , mens glassfiberarmert polyester kan ha E-modul lik $38\,000\text{ MPa}$ og tetthet på 1930 kg/m^3 [49]. Ut fra disse verdiene ser man at tettheten er mye lavere sammenlignet med stål og Aluminium, men også E-modulen er betydelig lavere. Derfor er det en mulighet for at man ikke sparer så mye på vekt ved å velge glassfiber, da dimensjonene må være mye større. Når det gjelder resirkulering av glassfiber, har det lenge vært mangel på en effektiv metode å gjenvinne det på. I nyere tid har SINTEF kommet frem til en metode for å resirkulere materialet. Metoden er en kjemisk prosess og går ut på å skille glassfiber og polyester, slik at begge lar seg bruke på nytt. denne prosessen har en utnyttelsesgrad på ca. 80 prosent.[50]

15.4 Karbonfiber

Karbonfiber er det letteste materialet av de mulige kandidatene som er nevnt her. En karbonfiber-epoksyblanding kan ha en tetthet på 1670 kg/m^3 . Samtidig som at kompositten er lett har den også en høy E-modul på $220\,000\text{ MPa}$ [49]. Disse verdiene betyr at man kan spare en del vekt, samtidig som at man ikke trenger å bruke store dimensjoner på profiler og plater for å oppnå

samme egenskaper som de andre materialene. Når det angår resirkulering, kan dette være en krevende prosess for karbonfiber i likhet med glassfiber. Materialene består av ulike typer fiber, men matrisen består ofte av polyester eller epoxy. Det kan derfor hende at også karbonfiber må løses opp i en kjemisk prosess. Om restene lar seg bruke på nytt er derimot ukjent.

15.5 Valg av materialtype

Da dette prosjektet tar for seg et fartøy som skal gå på batteri, vil all vekt spart, potensielt føre til mindre energimengde påkrevd til fremdrift. Vektfokus fører til at man står igjen med to aktuelle materialer for bruk i fartøyet, som er karbonfiber og aluminium. Oppgaven har også et stort fokus på miljøvennlige løsninger og her er det aluminium som kommer best ut av de to aktuelle materialene. Aluminium lar seg lett resirkulere og smelte om ved enden av fartøyets levetid og man kan også benytte seg av resirkulert aluminium under bygging av fartøyet.

For å kunne gjøre et godt valg av byggematerial for prosjektet ble det gjort en sammenlikning av strukturvekten for aluminium og karbonfiber. Sammenlikningen tar utgangspunkt i lokale krav til minimumtykkelser, gitt i DNVs regelverk for klassifisering av struktur ved hurtiggående lette fartøyer [51] [52]. Ved å hente ut arealer av strukturelementer fra GA multiplisert med minimumskravet fant man vekten av de individuelle elementene som kunne summeres for et grovt estimat av den totale strukturvekten. Etersom beregningen kun tar hensyn til minimumskrav for lokal styrke, vil estimatet avvike fra den endelige strukturvekten. Det er derimot en god sammelikning ettersom utgangspunktet er det samme for begge materialene. Beregningen gir 13,26 tonn strukturvekt for aluminium og 2,72 tonn for karbonfiber. Dette tilsvarer en 79% reduksjon i vekt ved å velge karbonfiber framfor aluminium som byggemateriale. Beregningen vises i figur 15.1.

Vektsestimat aluminium vs karbonfiber

Strukturelement	Areal (m ²)	Karbon (Sandwich)				Aluminium						
		W ₀ (g/m ²)	k	W (g/m ²)	Vekt (t)	σ _{tillatt} (N/mm ²)	t ₀ (mm)	k	f	t (mm)	Volum (m ³)	Vekt (t)
Skrog bunn og side under dypeste vannlinje	296	1600	0,025	1982	0,59	180	4	0,03	0,75	4,4	1,29	3,42
Skrog bunn og side over dypeste vannlinje	79	1100	0,025	1363	0,11	180	3,5	0,02	0,75	3,6	0,29	0,76
Skrog bunn og side, innside	340	1100	0,013	1237	0,42							
Værdekk (ikke for last)	318	1100		1100	0,35	180	3	0,03	0,75	3,5	1,10	2,93
Innredningsdekk	323	800		800	0,26	180	2	0,02	0,75	2,3	0,75	1,98
Dekk under hud	609	500		500	0,30							
Mellomdekk	327	1100		1100	0,36	180	3	0,03	0,75	3,5	1,13	3,02
Overbygg	375	800	0,013	899	0,3371	180	1	0,01	0,75	1,2	0,43	1,15
Total weight (t)												2,72
												13,26

Besparelse alu til carbon: 79%

Figur 15.1: Sammenlikning av strukturvekt for aluminium og karbonfiber

På grunn av ønsket om å spare mest mulig vekt blir det i utgangspunktet valgt å benytte karbonfiber som materiale for skroget. Dette blir riktignok endret på grunn av lite kjennskap til styrkeberegningene og regelverket, samt tiden gruppen har til rådighet. Det blir derfor valgt å gå videre med aluminium. Her er regelverket mer kjent og styrkeberegningene vil i større grad være like med det som tidligere er lært gjennom studiet.

Det velges å gå for en aluminiumslegering av type NV5059. Dette er en magnesiumforsterket legering valgt med utgangspunkt i sine svært gode mekaniske egenskaper. Materialet er i regelverket definert med en fl-faktor = 1.

16 Generalarrangement

Generalarrangement blir tegnet i Autocad for å vise hvordan fartøyet er utformet. Her tegnes hvert dekk med dets innhold, samt at fartøyet blir tegnet i profil, sett forut og sett akterut. Dokumentet blir påbegynt i en tidlig fase og baserer seg på konsepttegningene utarbeidet i starten av prosjektet. Etterhvert som skrogform og detaljer kommer på plass, blir de definert inn i tegningen. Generalarrangementet tegnes over en spantelinjal, med spanteavstand lik stiveravstanden.

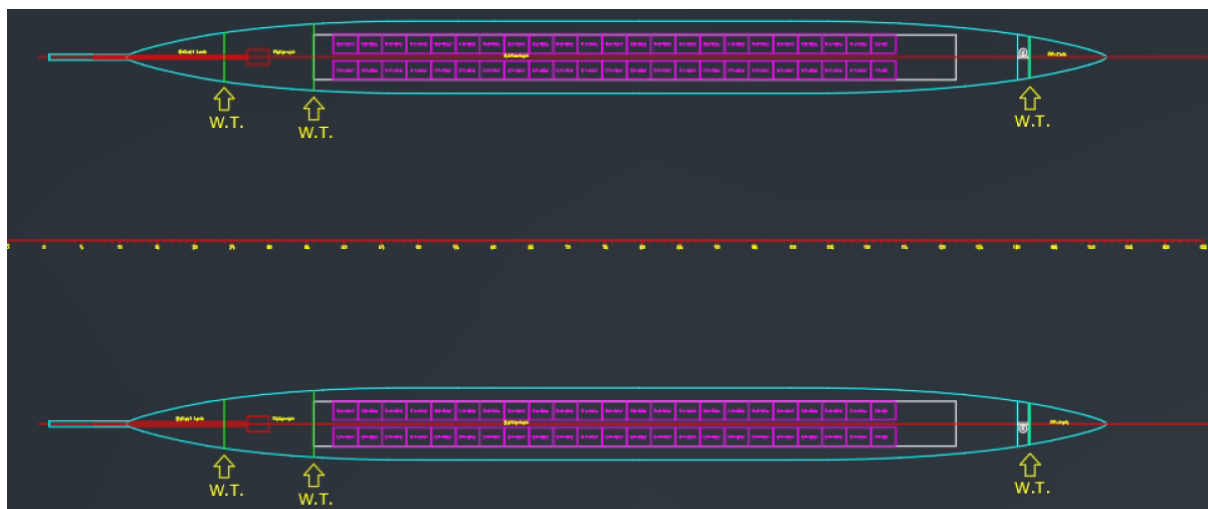
16.1 Fartøyets inndeling

Fartøyets areal er fordelt på 5 dekk som strekker seg fra bunnen av skroget og opp til bridge deck. Arealene for passasjerer har en takhøyde på 2,25 m i tillegg til 0,5 m som er satt av til struktur, ventilasjon, kabler og rør. De to dekkene i skroget har lavere høyde, men dette er ikke passasjerareal og krever derfor ikke samme høyde.

16.2 Universell utforming

Ut av forskriften om bygging av skip, kommer det tydelig frem at nye passasjerskip som bygges må tilfredsstillere krav til universell utforming. Dette er krav som skal sikre en trygg og behagelig reise for alle som er ombord. For å vite hvilke krav som gjelder, blir en veileder for universell utforming utarbeidet av Sjøfartsdirektoratet benyttet[53]. Fartøyet som prosjekteres er på den måten fra startfasen utformet for å imøtekomme de krav som stilles. Dette innebærer blant annet brede gangveier utvendig og innvendig, heis for å sikre tilgang til alle dekk, HC-toaletter, ramper på uteareal i stedet for trapper og trinnløs ilandstigning.

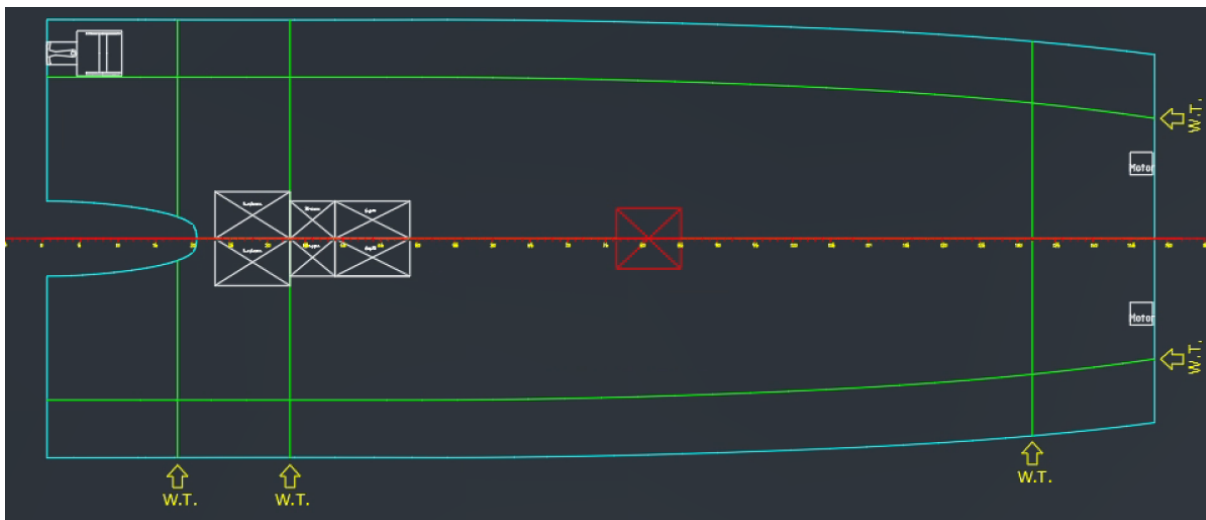
16.2.1 Bottom deck



Figur 16.1: Bottom deck tegnet i generalarrangementet

Bottom deck er det nederste dekket i fartøyet og det er her batteriene knyttet til fremdrift befinner seg, samt maskinrommet. Dekket er delt inn av tre vanntette skott hvor det fremste er kollisjonsskottet, mens de to bakerste ligger for- og akterut for motorrommet i henhold til regelverket. Ballasttanker finnes også på dette dekket og er plassert foran kollisjonsskottet og bak bakerste vanntette skott.

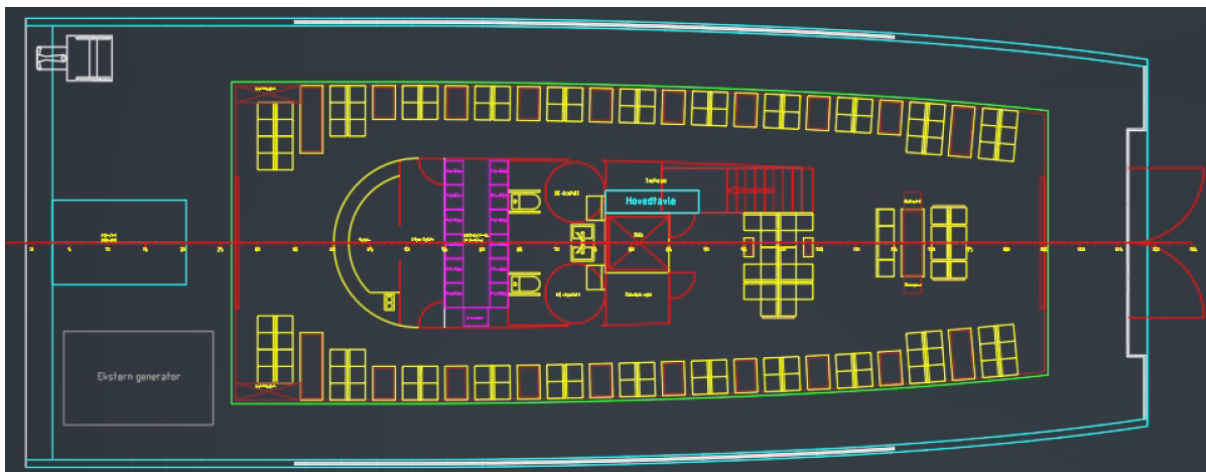
16.2.2 Tween deck



Figur 16.2: Tween deck tegnet i generalarrangementet

Tween deck er et lavt dekk med kun en halv meter høyde som strekker seg over tunnelen. Dekksplassen er for det meste tatt opp av bærerne som binder de to skrogene sammen, men noen elementer befinner seg også på dette dekket. Akterut finner man MOB-båtarrangementet, samt tankene for sanitære forhold. Midtskips er det lagt inn plass for heisen, da den vil bygge litt ned under main deck. Vanntettkottene fra bottom deck strekker seg også opp i dette dekket, i tillegg til to langskipsskott som strekker seg i hele fartøyets lengde på ytterkanten av tunnelen.

16.2.3 Main deck



Figur 16.3: Main deck tegnet i generalarrangementet

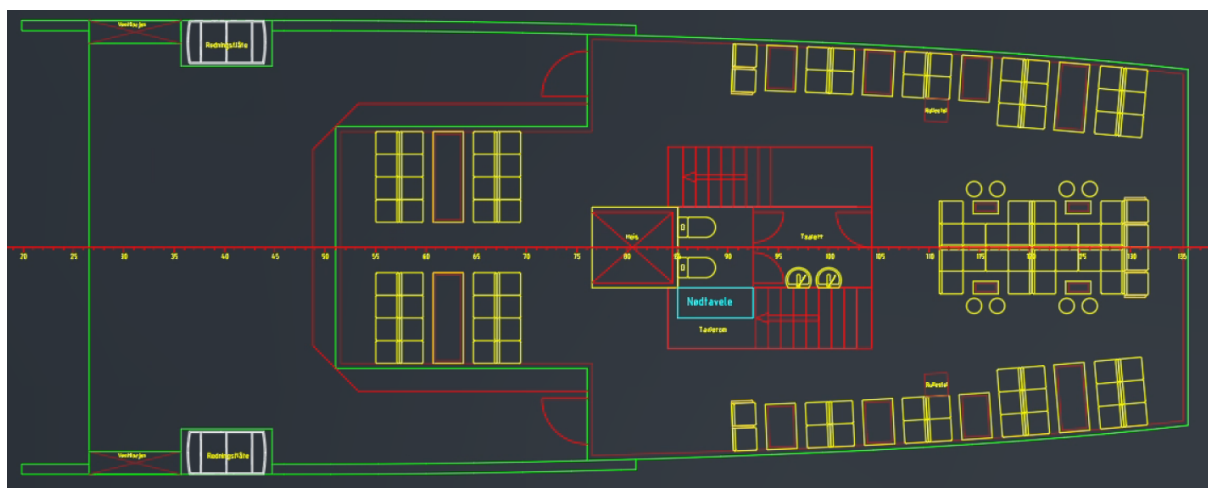
Main deck er det nederste passasjerdekket og det er her man finner de fleste fasilitetene. Dekket har innvendige sitteplasser for 138 pax, hvorav 6 er ekstra tilpasset personer med funksjonsnedsettelse og eldre, samt store uteareal. Utearealet på sidene er senket ned 0,5 m for at stående passasjerer på utsiden ikke skal hindre sikten til de som er innendørs på fartøyet.

Av fasiliteter finnes det en bysse akterut i innredningen og to HC-toaletter. Lokalisert mot senter av fartøyer finner man også tavlerommet og et teknisk rom. For bevegelse rundt på fartøyet er det skyvedører i front og akterut av innredningen, heis i senter og trapp opp til upper deck.

Grunnet krav om 1 m² ståplass til hver passasjer over le, må antall komponenter som tar opp dekksplass minimeres. I den sammenheng er det derfor sett på en løsning å ha MOB-båten under hoveddekk. Løsningen er bygd opp slik at man åpner to luker bak i dekket og en akterut, for så å skli med MOB-båten ut i vannet fra hekken. Om løsningen lar seg benytte, vil man slippe å montere kraner på fartøyet og på den måten oppnå mer tilgjengelig dekksplass.

Ilandstigning vil skje fra dette dekket og det kreves en god og sikker løsning for å få passasjerene i land. For optimalisert passasjerflyt er det ønskelig at ilandstigningen gjennomføres i baugen, slik at fartøyet legger til med baugen mot kaien. Ettersom en baugport vil tilføre en stor vekt og fartøyet skal gå mellom to faste destinasjoner, blir det bestemt at selve "baugporten" plasseres på kaien. Dette lar seg gjennomføre siden fartøyet legger til ved en flytebrygge, konstatert som den beste løsningen i sommerprosjektet Grønn kai[40]. Det vil følgelig være minimal høydeforskjell mellom kai og fartøy på grunn av flo og fjære.

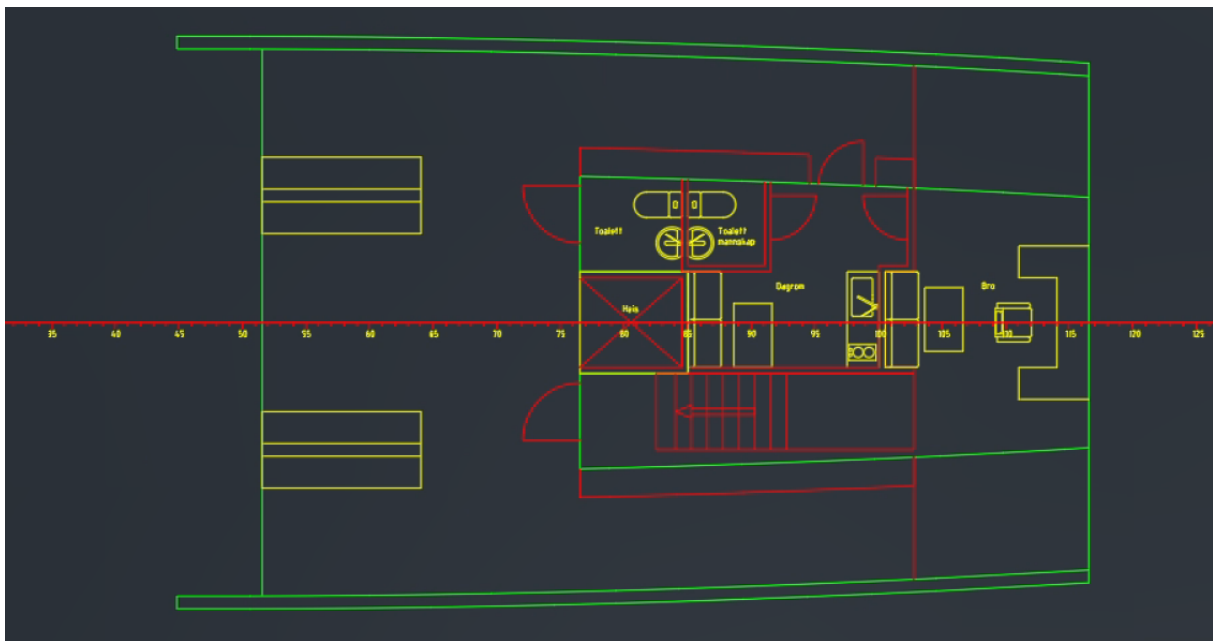
16.2.4 Upper deck



Figur 16.4: Upper deck tegnet i generalarrangementet

Upper dekk er også et dekk med store innendørsareal for å få plass til de resterende 112 sitteplassene. Av disse 112 plassene er 4 tilrettelagt for personer med funksjonsnedsettelse og eldre. Det finnes også to ekstra plasser her som er tiltenkt rullestolbrukere. Av fasiliteter finner man to toalett mellom trappene. Akterut har man et uteområde som kan nås fra begge sider av fartøyet. På utearealet er det god ståplass, med benker og redningsflåter på begge sider. Tekniske rom finner man også på dette dekket, samt nødtavlen som er plassert her for være i god avstand fra hovedtavlen.

16.2.5 Bridge deck

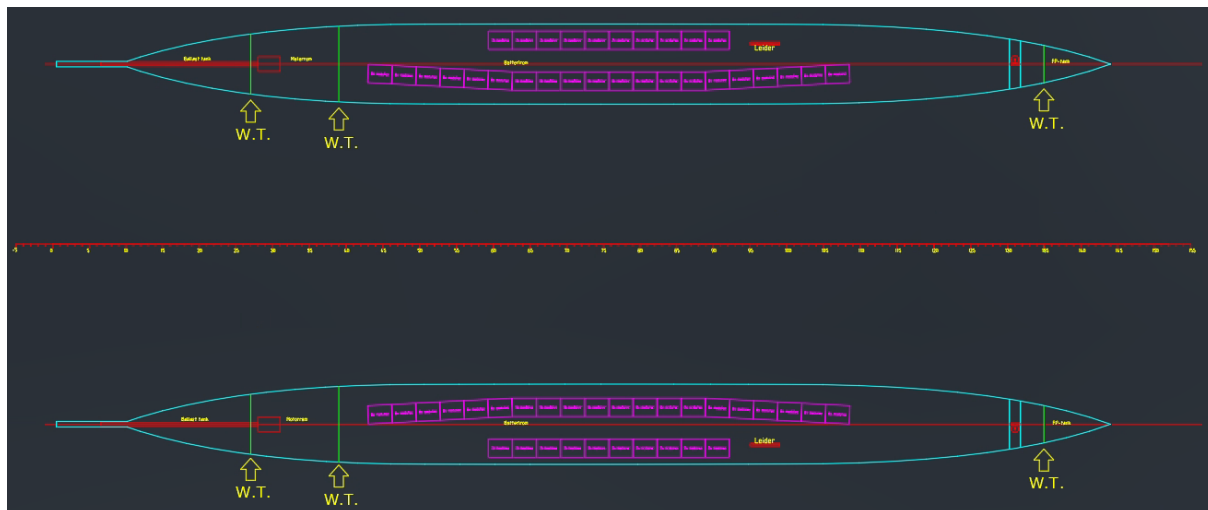


Figur 16.5: Bridge deck tegnet i generalarrangementet

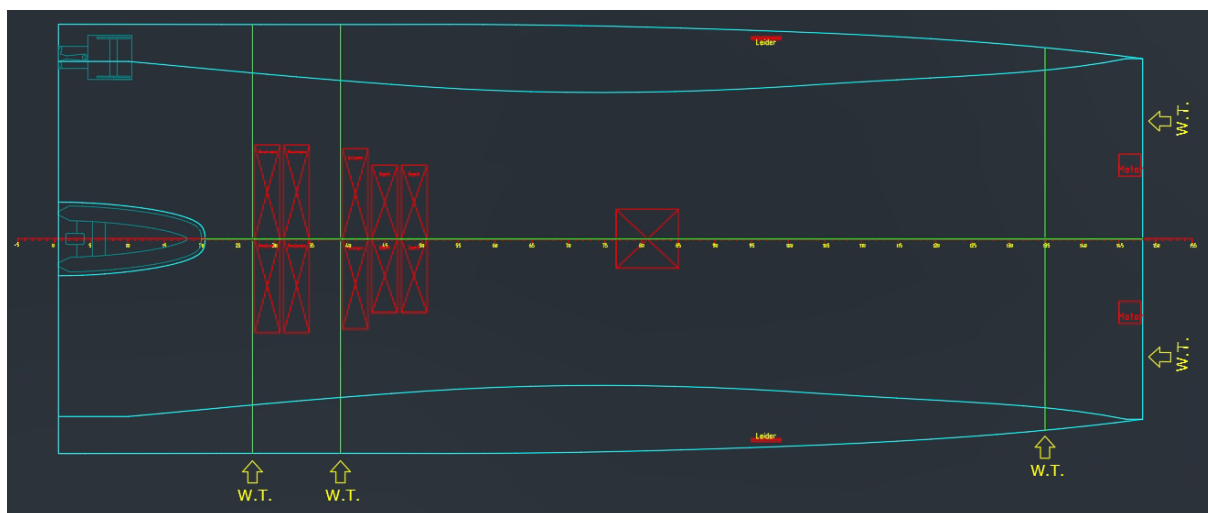
Bridge deck er et rent uteareal for passasjerene, med et toalett. For å komme opp hit kan man benytte seg av både heis og trapp. Av fasiliteter her oppe finnes det et toalett og benker til å sitte på. Inne i overbygget finnes det areal som er tilegnet mannskapet. Arealet inneholder dagrom med toalett og en enkel bysse, samt broen som strekker seg ut over hele overbyggets bredde.

16.3 Endringer generalarrangement

Siden skroget endres, må dette oppdateres i generalarrangementet. Disse endringene angår i hovedsak den delen av fartøyet som ligger under main deck. Den største forskjellen er at tween deck fjernes inn i runde to. Dette fordi det ikke har noe viktig funksjon, samt at komponentene som er plassert her lar seg plassere på tunnelen mellom dekkene. Figur 16.6 og 16.7 viser henholdsvis bottom deck og tunnelen etter endringene som gjøres. For fullstendig generalarrangement, se vedlegg A.2.



Figur 16.6: Nytt deksplan for bottom deck



Figur 16.7: Toppen av tunnel, hvor komponentene fra tidligere tween deck er implementert

På de øvrige dekkene gjøres det kun små endringer. For å optimalisere kraftgangen blir enkelte skott flyttet på. Dette får innvirkning på enkelte komponenter som også må flyttes. Ute på dekk legges det til en vanntett luke på hver side av overbygget på main deck, for å sikre tilgang til maskin og batterirom.

17 Stabilitetsberegninger

For å gjennomføre Stabilitetsberegningene på fartøyet, ble programmet Maxsurf Stability brukt. Dette er et program som henter inn skroget tidligere ble utformet i Maxsurf Modeler, for så å gjennomføre stabilitetsberegninger. I tillegg til skroget trenger programmet inputverdier for å kunne gjennomføre beregningene. Lettskipsberegning må settes opp, tanker, rom og downflooding points må defineres og regelverk som skroget skal sjekkes opp mot må velges. For dette prosjektet er det viktig å bemerke seg at det kun er intaktstabilitet som undersøkes.

17.1 Lettskipsberegning

Lettskipsberegningen er en vesentlig del å ha med inn i stabilitetsberegningene for å få de så korrekt som mulig. Lettskipsberegningen samler alle komponentene som er fastmontert i fartøyet, for å få ut en samlet vekt og tyngdepunkt. Arbeidet med denne beregningen starter når generalarrangementet kommer opp på et tilstrekkelig detaljeringsnivå med alle de største komponentene riktig plassert. Dokumentet utformes i første omgang i Excel, for så å kopieres inn i Maxsurf Stability når gruppen er foreløpig fornøyd med dokumentet.

Dokumentet som blir til, brukes til flere ulike formål i Maxsurf Stability. For å få stabilitetsberegningene riktig, er det viktig for å kunne si noe om plasseringen, utstrekning og tyngdepunkt til objekter om bord. Inn i de forskjellige lastkondisjonene brukes lettskipet som utgangspunkt for å eksempelvis kunne si noe om fartøyets trim. I de situasjoner hvor fartøyet går med passasjerer, er det ønskelig at det har minst mulig trim for best mulig passasjerkomfort. Dette er ikke tilfellet når første lettskipsberegning kopieres inn. Her får man da omkring to meter med trim, som fører til at man må flytte på enkelte komponenter for å få ned trimmen. Globale bøyemomenter beregnes også i programmet ut fra blant annet lettskipsberegningen. Disse dataene brukes videre inn i styrkeberegningene.

Da det er mange komponenter som skal inn fra flere forskjellige leverandører, er det ikke alltid like lett å finne nøyaktige data på alt. Mange verdier vil derfor være antatt ut fra skjønn eller liknede komponenter. Beregningen vil derfor ha stor usikkerhet knyttet til seg. Under følger en beskrivelse rundt noen av de tyngste komponentene som inngår i fartøyet.

17.1.1 Vindusvekt

Fartøyet som prosjekteres er designet med store vindusflater for å sikre god sikt for passasjerene. For å tilfredsstille kravene som er satt i forhold til sjøtrykk og liknende, vil det derfor være nødvendig å beregne hvilke tykkelse man må ha på disse. Panelene vil tilføre store vekter i fartøyet og vil derfor være kritisk i forhold til lettskipsberegningen.

Vinduspaneler dimensjoneres ut fra formel 17.1.

$$t_w = b/k_w * \sqrt{\beta * p} \quad (17.1)$$

For å kunne bruke formelen må man regne ut trykket for det gjeldende området vinduet er i. I denne formelen varierer trykket ut fra hvor man befinner seg på skipet i høyderetning, samt at k_s er ulik avhengig av hvor man befinner seg i lengderetning. Formelen for trykk over vannlinjen er gitt i formel 17.2.

$$p = a * k_s * (C_w - 0,67 * h_0) [54] \quad (17.2)$$

Ved tidlige utregninger ser man at trykket for upper deck og bridge deck blir negative, noe som ikke vil fungere inn i formelen for glasstykkelse. Det blir derfor valgt å bruke tykkelsene man finner for main deck i figur 17.1 på de ovenforliggende dekkene også, da disse tykkelsene vil være tilstrekkelig. Det blir også valgt å bruke en egen tykkelse forut for midtskipet og en annen bak, i stedet for å øke tykkelsen gradvis som kravet blir større.

	a	k _s	C _w	h ₀	p	b	k _w	beta	t _w
Main deck forut for FP	1	8,6	1,4	1,5	3,8	2000	225	0,35	10,2
Main deck aktenfor midtskipet	1	7,5	1,4	1,5	3,3	2000	225,0	0,35	9,5

Figur 17.1: Beregning for trykk og glasstykkelse på main deck

For å holde seg innenfor kravet, men fremdeles regne med hele millimeter, blir dimensjonene økt til nærmeste hele millimeter. Forut for midtskipet blir det da 11 mm og aktenfor 10 mm. For å kunne kalkulere en samlet vekt for vinduene, kom gruppen frem til at man skulle bruke 2,5 kg/mm tykkelse for hver m² etter dialog med veileder.

17.1.2 Skrog og struktur

Den største vekten som inngår i lettskipsberegningen er fartøyets skrog og struktur. Denne har følgelig stor påvirkning på tyngdepunktets plassering og må derfor beregnes nøyaktig. Dette gjøres ved å dele fartøyet inn i tre seksjoner; akterskip, senterkip og forskip. Akterskipet defineres som aktenfor spant 51, forskipet defineres forrut for spant 105 og midtskipet defineres naturligvis mellom spant 51 og 105. I innledende arbeid blir det benyttet krav til tillatt spenning for å finne minimum platetykkelser for estimering av strukturvekten. I Autocad blir aktuelle arealer med utstrekning hentet ut med arealsenter definert som tyngdepunktets plassering. Med en tetthet for den aktuelle legeringen satt til 2660 kg/m³ blir vekt med påfølgende tyngdepunkt og treghetsmoment beregnet for de ulike strukturelementene. Dette legges så sammen og man finner det endelige tyngdepunktet med tilhørende treghetsmoment for den aktuelle skrogseksjonen som til slutt tas inn i lettskipsberegningen.

17.1.3 Batteri

Den største vekten som tas inn i fartøyet er batteriene. Ut fra beregningen på batterikapasitet (figur 14.4), kommer man frem til at det kreves en total energimengde på 3793 kWh. For å oppnå denne energimengden, kreves det 345 batterimoduler. Når hver modul har en vekt på 61,6 kg blir dette samlet sett en stor vekt på omtrent 21 tonn. Fordelen med batteriene er at de fleste ligger nede i skroget. Dette vil bidra til et lavere tyngdepunkt, som vil gi bedre stabilitet.

17.1.4 Endring batteri

På grunn av den økte energimengden som må medbringes for å klare rekkevidden, må antall batteripakker økes. Ut fra figur 14.5, ser man at dette blir en vekt på omtrent 25 tonn.

17.2 Tanker, rom og downflooding points

Tanker er viktige komponenter på et skip. Disse innehar flytende masse og inngår ikke i lettskipsberegningen, men kan ha stor betydning for stabilitet og trim. Siden det i dette tilfellet

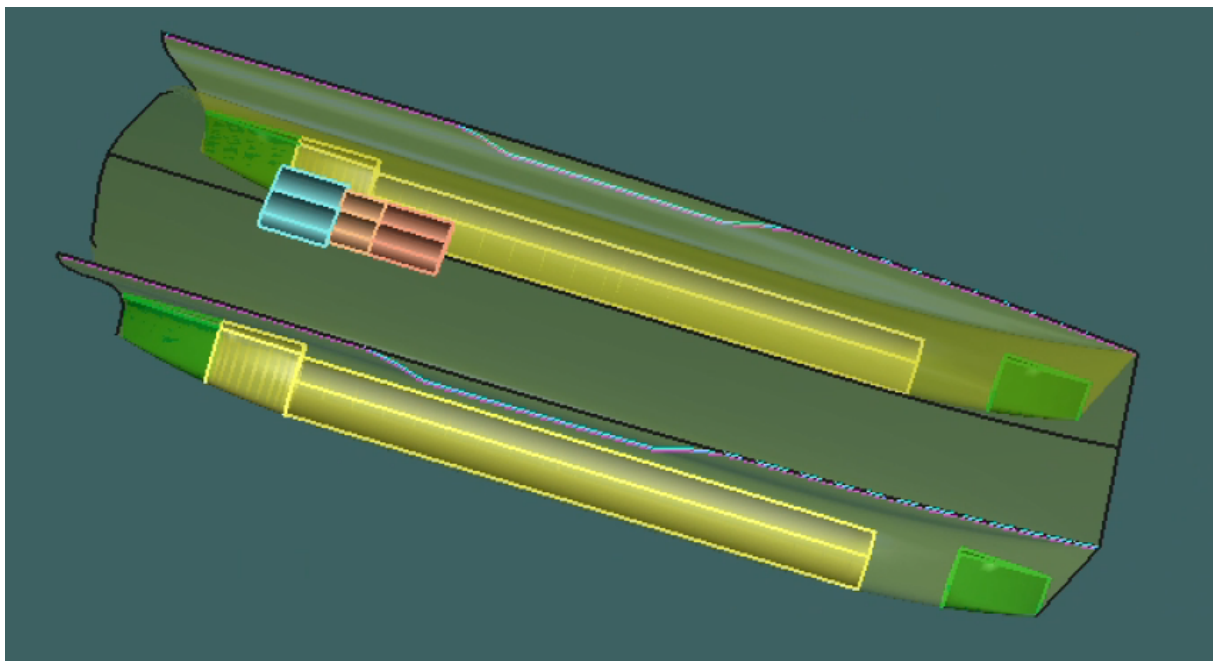
dreier seg om et helelektrisk passasjerfartøy, vil kun et fåtall tanker være nødvendig. De tankene som viser seg nødvendig for et slikt fartøy, er derfor kun tankene for sanitære forhold, samt for ballastvann.

For sanitære forhold, er det tanker for ferskvann, gråvann og septikk som må inkluderes. Disse tankene er delt i senter og plasseres akterut i fartøyet under main deck, som vist i figur 17.2. Lengst akter monteres ferskvannstankene, etterfulgt gråvann og deretter septikktanken. Med en slik fordeling unngår man at ferskvann og septikk ligger vegg i vegg og kan lekke inn i hverandre om en lekkasje skulle oppstå. Dimensjonene for disse tankene blir antatt for septikk og gråvann, mens det for ferskvann er et krav til minimum 10 l per passasjer. Volum for de enkelte tankene presenteres i tabell 17.1

Ferskvann(m ³)	2,5
Gråvann(m ³)	1,2
Septikk(m ³)	2

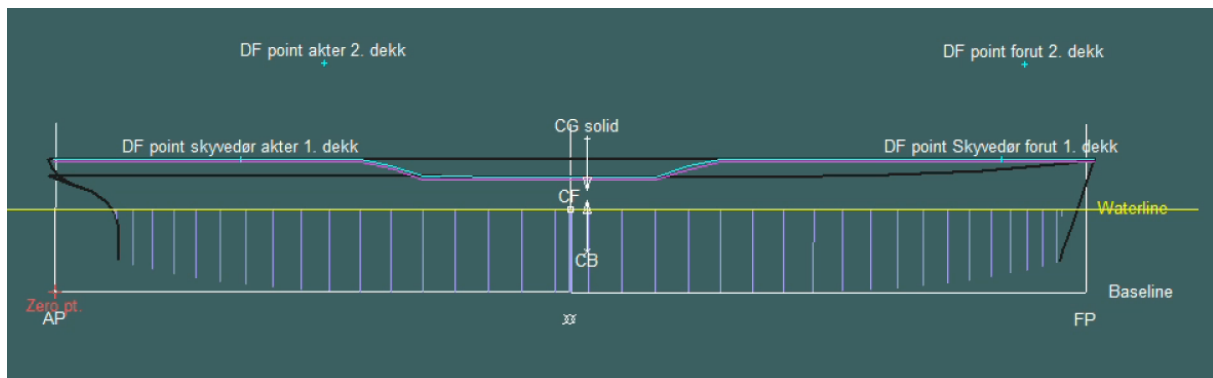
Tabell 17.1: Dimensjoner på tankene for sanitære forhold

Tankene for ballast plasseres i hvert hjørne av fartøyet. Disse tankene skal bidra til å holde fartøyet i vater til en hver tid når det er passasjerer ombord. I de tilfeller hvor fartøyet går uten passasjerer, vil ballasttankene benyttes for å flyte så nært optimal dypgang som mulig.



Figur 17.2: Tanker og rom definert i Maxsurf Stability

Rom i skroget og downflooding points blir også definert for stabilitetsberegningene. Ved å definere rom blir det tydeligere hvilke områder som kan fylles med vann ved en eventuell vanninntrengning og fyllingsgraden til disse rommene. Rommene som defineres i dette skroget er maskin- og batterirom. Downflooding points er punkter hvor vann kan renne inn om det kommer under vann. Disse punktene settes til døråpningene på main deck, samt luftelukene fra batteri og motorrom. Luftelukene plasseres forut og akterut på siden av overbygget i upper deck på grunn av regelverk.



Figur 17.3: Downflooding points definert i Maxsurf Stability

17.3 Lastkondisjoner

Når lettskip og tanker er definert, blir lastkondisjoner satt opp. Fartøyet opererer ikke i mange forskjellige lasttilstander og det er derfor ikke hensiktsmessig med mange lastkondisjoner. Lastkondisjonene bygger videre på lettskipsberegningen og det legges til vekter som tas ombord i fartøyet, som personer og last, samt at fyllingsgraden for de ulike tankene defineres.

Etterhvert som lastkondisjonene settes opp, blir det tydelig at fartøyet har for mye trim i enkelte kondisjoner. Generalarrangement, lettskipsberegning og tankarrangement blir derfor justert for å oppnå minst mulig trim i de ulike kondisjonene, og da særlig i de kondisjonene med passasjerer ombord.

17.3.1 Lastkondisjon 1: Lettskip

Lastkondisjon 1 er lettskipet. Denne lastkondisjonene består av alle de vektene som er fast i fartøyet. Tanker blir ikke tatt med i denne kondisjonen. Lastkondisjonen legger grunnlaget for de videre lastkondisjonene.

17.3.2 Lastkondisjon 2: Avgang lastet

Lastkondisjon 2 er avgang lastet. I tillegg til lettskipet er det her gjort definisjoner på tankene og laster som er tatt om bord. Når fartøyet går fra havn vil septik og gråvannstankene være tomme, mens ferskvannstankene er fulle. Ballasttankene er også tomme, da fartøyet er optimalisert inn mot denne kondisjonen og flyter med akterlig trim på 19 cm. Trimmen i denne kondisjonen vil være vanskelig å fastslå da passasjerene ikke er på faste plasser under hele overfarten. Trimtankene vil derfor være aktive under overfarten for å holde fartøyet mest mulig i vater. Av vekter som er tatt om bord finner man de 250 passasjerene som utgjør 21.25 tonn og en vekt på 0,5 tonn som er mat og drikkevarer til kiosken.

17.3.3 Lastkondisjon 3: Ankomst lastet

Lastkondisjon 3 er ankomst lastet. Kondisjonen er i utgangspunktet lik lastkondisjon 2, men her er tankene for ferskvann tomme mens gråvann og septikk er full.

17.3.4 Lastkondisjon 4: Avgang Ballast

Lastkondisjon 4 er avgang ballast. Kondisjonen bygger videre på lettskipet og har fulle ferskvannstanker, men ingen personer ombord. Ballasttankene blir også fylt for å få fartøyet så nært optimal dypgang som mulig. Denne lastkondisjonen vil bli brukt i de tilfeller fartøyet må ta en tom tur mellom Geiranger og Hellesylt og når den skal utenfor operasjonsområdet uten passasjerer ombord.

17.3.5 Lastkondisjon 5, 6 og 7: Kritiske tilfeller

Lastkondisjon 5 og 6 er satt opp som kritiske tilfeller for å forsøke å fremprovosere de største momentene som kan opptre i skroget. I kondisjon 5 er største hoggingkondisjon forsøkt fremprovosert. Her plasseres 150 pax akterut og 100 pax forut på main deck. Dette lar seg gjøre da man kan samle 4 pax på en kvadratmeter. Ballasttanker og ferskvannstanker er også fylt. Her klarer man å få frem et moment på 1432 kNm . Tilfellet har lav sannsynlighet for å inntreffe, men i et nødstilfelle kan det tenkes at man får oppsamling av folk forut og akterut, slik at fartøyet også må tåle en slik situasjon.

Kondisjon 6 er et kritisk tilfelle, satt opp for sagging. Her er kun tanken for septikk full, samt at alle passasjerer plasseres mot senter av fartøyet. Denne kondisjonen gir et moment på 339 kNm i hogging. Med masse vekt plassert i midten av fartøyet klarer man ikke å fremprovosere et saggingmoment for dette fartøyet og det blir derfor hoggingtilfellet fra lastkondisjon 5 som blir styrende inn i styrkeberegningene.

Lastkondisjon 7 er et lasttilfelle satt opp for å kontrollere at det er tilstrekkelig stabilitet også i et tilfelle hvor det står mange passasjerer på de øverste dekkene. Her er det plassert 200 personer på bridge deck og 50 på upper deck, da det ikke er plass til flere på bridge deck. For å forverre situasjonen er også alle tanker i skroget tømt. Denne lastkondisjonen er usannsynlig at skulle inntreffe, men gir et godt bilde på at man innehar den stabiliteten som trengs.

17.4 Regelverk

Regelverket som fartøyet skal tilfredsstille er fra *HSC Code 2000 – MSC 97(73)*. Her blir det kun sett på intaktstabilitet og det er da *HSC 2000 Multihull* og *HSC2000 Ch2 Part B : Passenger craft* som blir benyttet. Tabell 17.2 viser de verdier som blir plottet inn i regelverksmodulen i Maxsurf Stability.

Input regelverk	
Passasjerantall	250
Distanse fra senterlinje passasjerer(m)	4,5
Svingradius(m)	138,72
Fart i knop	16
Senter projisert sideareal over vannlinje(m)	6,23
Additional areal(m ²)	174
Height of lateral resistance(m)	1,5

Tabell 17.2: Input for regelverket i Maxsurf Stability

17.5 Resultat

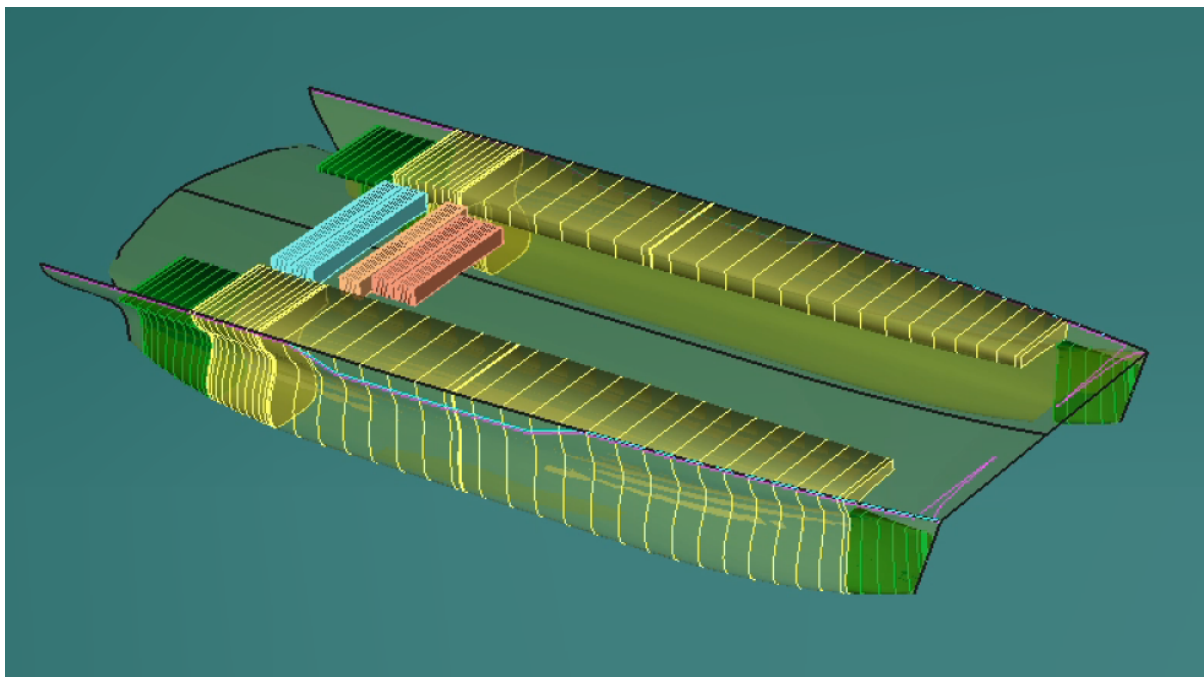
Når alle punktene ovenfor er definert, kan man kjøre stabilitetsberegningene. Programmet går da gjennom alle punktene i de definerte regelverkene og gir ut et sammendrag, hvor man ser om fartøyet klarer kravet eller ikke. For lastkondisjonene som er satt opp, er fartøyet innenfor alle krav som stilles.

17.6 Endringer stabilitet

Før nye stabilitetsberegninger skal gjennomføres må det nye fartøyet defineres. Dette innebærer å oppdatere lettskipet, på grunn av ny dypgang og layout i skroget. Tankarrangementet endres (figur 17.4), Downflooding points forholder seg lik, men må settes ut fra den nye dypgangen. Inputverdiene må også korrigeres som vist i tabell 17.3, siden disse ikke var helt korrekte i runde 1.

Input regelverk	
Passasjerantall	250
Distanse fra senterlinje passasjerer(m)	4,5
Svingradius(m)	138,72
Fart i knop	16
Arealsenter fra nullpunkt(m)	5,73
Additional areal(m ²)	158,9
Height of lateral resistance(m)	6,6

Tabell 17.3: Nye input for regelverket i Maxsurf Stability



Figur 17.4: Nytt tank- og romarrangement

Når endringene legges inn i stabilitetsberegningen er fartøyet fortsatt godkjent i henhold til regelverket. Rapport på stabilitetsberegningene for alle lastkondisjoner følger i vedlegg A.18.

18 Struktur

For å sikre at skrogets struktur er tilfredstillende sterkt nok, må det dimensjoneres for å tilfredstille gjeldende regelverk. I skipsdesingbransjen brukes egne programmer som Nauticus Hull til dette, noe som har falt utenfor pensum som følge av endringer i DNVs regelverk. For å avgrense oppgaven er det valgt å benytte kjente metoder for dimensjonering av strukturelementer, herunder Structural Design Procedure (SDP) som var pensum i det tidligere emnet SKID2203. Videre er det satt opp en modell av kritisk snitt i bjelkeberegningsprogrammet 3D-beam. Alle dimensjoner med plassering er vist i klassetegningen (vedlegg A.3).

18.1 Regelverk

Prosjektets strukturelle beregninger tar utgangspunkt i DNVs regelverk for klassifisering av hurtiggående og lette fartøy (RU-HSLC) [55]. Krav til struktur for konstruksjoner i aluminium er hentet i kapittel 3, "Hull structural design, aluminium" [52]. Estimering av laster som virker på fartøyet er gitt i kapittel 1, Design principles, design loads" [54].

18.2 Terminologi

For dette prosjektet benyttes en tradisjonell oppbygning av skroget med plater, bærer- og stiverarrangement. Plater referer til skrogets dekk og hud som overfører trykkspenninger til stiverne samtidig som de lagrer opp bærerne. Topp- og bunnplatene fungerer også som flenser i skrogbjelken og er derfor en viktig del av fartøyets langskipsstyrke. Med bærere menes bjelkene som overfører punktlaster fra stiverne til skrogplatene. Bærerne dimensjoneres med eller uten flens avhengig av krav til motstandsmoment. Stivere er mindre profiler som tar opp og overfører trykkspenninger fra skrogplatene til bærerne samtidig som de forhindrer buling. Stivere dimensjoneres vanligvis i standard dimensjoner som Holland Profile. I tillegg benyttes langs- og tversgående vanntette skott. Skottene bidrar til økt styrke og sikkerhet, samtidig som de fungerer som vegger for trimtanker.

18.3 Structural Design Procedure (SDP)

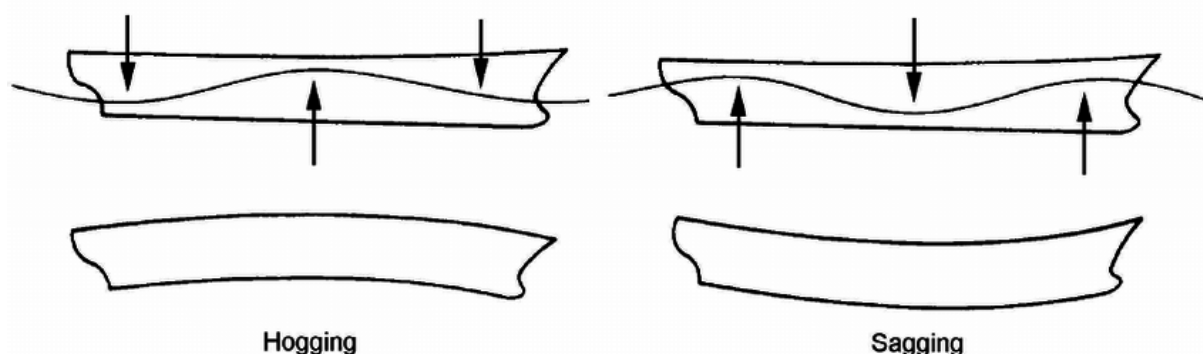
SDP er en overordnet og systematisk prosedyre for dimensjonering av skrogets plater, stiver- og bærersystem. Med inngangsverdier fra GA, lastkondisjoner og DNVs regelverk beregnes lokale og globale momenter før kritiske snitt identifiseres. Langsgående strukturelementer dimensjoneres basert på lokale laster og skrogets tverrsnitt-egenskaper beregnes. Videre dimensjoneres skrogbjelken og bærersystemet i henhold til gjeldende regelverk. Avslutningsvis gjennomføres en kontroll av buling før prosedyren gjentas til man oppnår konvergens hvor både lokale og globale krav er tilfredsstilt. Alle beregninger av skrogets styrke tar utgangspunkt i den delen av skroget innebefattet av dybde i riss. Dette gir en forenkling i beregningene samt en ekstra sikkerhet ettersom strukturen over maindeck også vil bidra til å styrke skroget.

18.4 Topologi

Et fartøys topologi beskriver oppbygningen av skrogstrukturen med retning og avstand mellom stivere og bærere. Stivere går enten tverrskips eller langskips med perpendikulære bærere. Avhengig av størrelse på fartøyet er avstanden mellom bærerne 2-5 ganger stiveravstanden. Valg av stiverretning er en viktig del av det innledende arbeidet, ettersom det har stor påvirkning på fartøyets styrke. For større fartøyer over 70m er stiverretningen vanligvis satt langskips, ettersom det gir langt høyere kapasitet for å ta langskipsspenninger som resultat av globale bøyemomenter [56]. Ettersom et katamaranskrog innebærer store spenn mellom de to skrogene, stilles det høye krav til å ta opp krefter i tverrskipsretning. Det bestemmes derfor å gå for bærere i tverrskipsretningen og følgelig stivere langskips. Stiveravstanden settes til 200mm, 4 ganger mindre enn bæreravstanden som settes til 800mm.

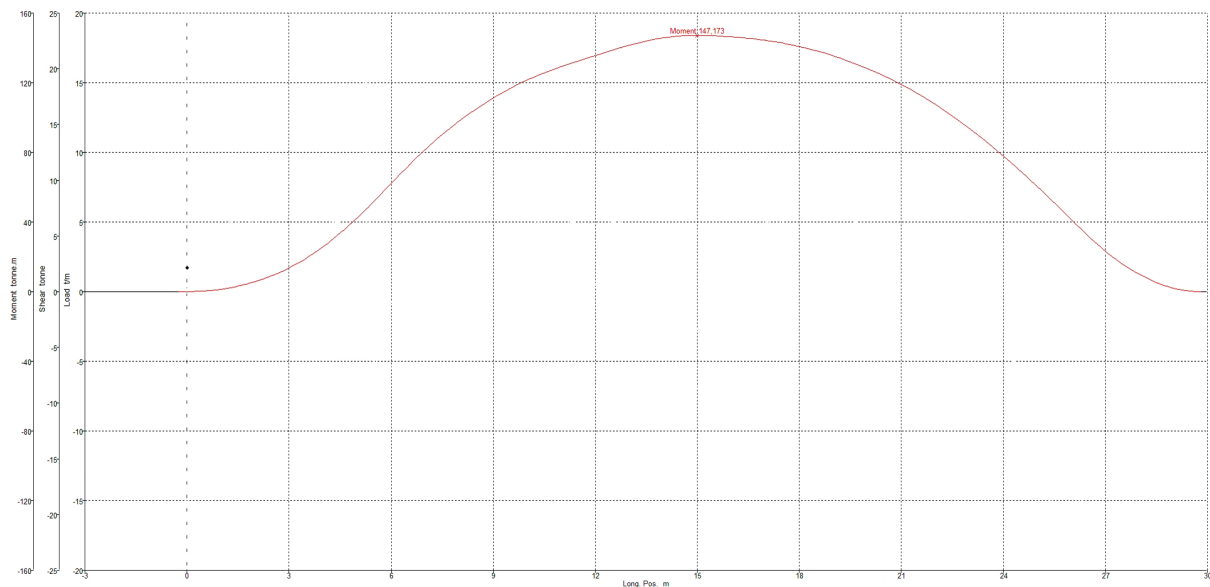
18.5 Globale bøyemomenter

I punkt nummer tre i SDP etableres globale bøyemomenter som virker på skrogbjelken i langskipsretning. Basert på regelverk settes det opp bøyemomenter for stille vann med tillegg for bølgebevegelser. Disse momentene påvirker skrogbjelken i to ulike retninger; hogging og sagging. Hogging beskriver tilfeller hvor skrogbjelken presses oppover, og motsatt presses bjelken nedover for sagging. Dette skyldes en ujevn langskips-fordeling av vektorer sammenliknet med oppdrift vist i figur 18.1. I beregningen av globale bøyemomenter inkluderes også de største momentene som er framprovosert i Maxsurf Stability.



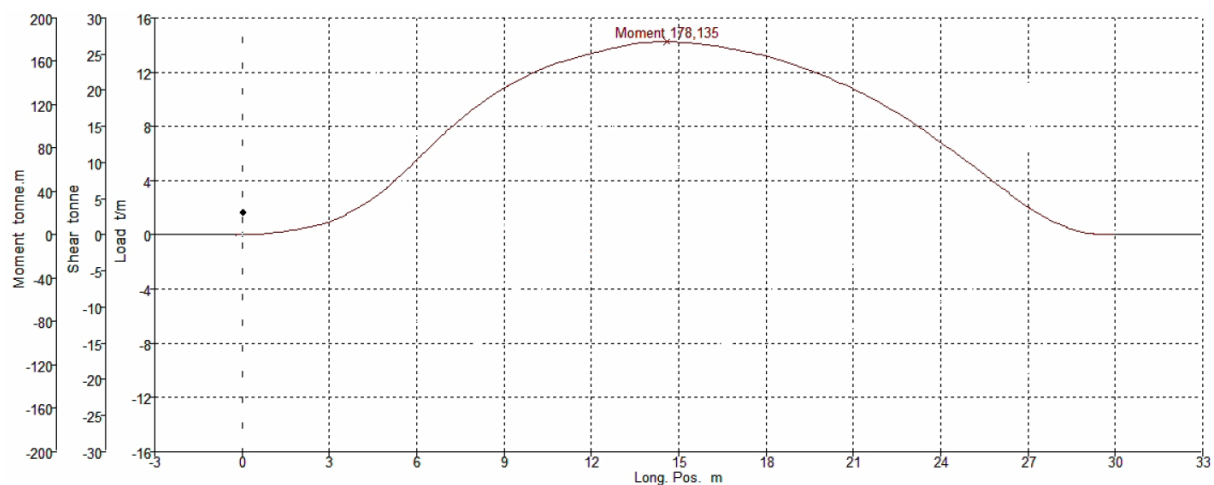
Figur 18.1: Sammenlikning av hogging og sagging [57]

For dette prosjektet klarer man ikke å framprovosere et saggingmoment for noen lastkondisjoner i Maxsurf Stability. Det største hoggingmomentet kommer frem i lastkondisjonen "kritisk tilfelle hogging" og vises for runde 1 i figur 18.2.



Figur 18.2: Momentkurve for lastkondisjonen ”kritisk tilfelle hogging” for runde 1 viser største moment = 147 tm = 1442kNm

Som resultat av endringer i skrogform får man i runde 2 en økning av oppdrift i skrogets senter, noe som forsterker hoggingmomentet ytterligere. Økningen i globalt bøyemoment for runde 2 vises i figur 18.3.



Figur 18.3: Momentkurve for lastkondisjonen ”kritisk tilfelle hogging” for runde 2 viser største moment = 178tm = 1746kNm

Hogging- og saggingmomenter beregnes også basert på gjeldende regelverk. For katamaranskrog er det ingen krav til sagging for stille vannsmoment. Regelverket beregner stille vanns hoggingmoment i henhold til formel 18.1

$$M_{sw} = 0.5\Delta L(kNm) \quad (18.1)$$

Hvor:

Δ = deplasement i tonn

L = vannlinjelengde i meter

I tillegg beregnes bøyemoment som resultat av bølger for hogging og sagging henholdsvis i formel 18.2 og 18.3.

$$M_w = 0.19C_wL^2(B_{WL2} + k_2B_{tn})C_B(kNm)hogging \quad (18.2)$$

$$M_w = 0.14C_wL^2(B_{WL2} + k_3B_{tn})(C_B + 0.7)(kNm)sagging \quad (18.3)$$

Hvor:

$$C_w = 0.08f_rL$$

$$f_r = 0,6 \text{ for fartsområde 3}$$

B_{WL2} = sum av største vannlinjebredde ved design vannlinje i meter

$$k_2 = k_3 = 0$$

B_{tn} = Tunnelbredde mellom skrog

For katamaranskrog må det også legges til et bøyemoment for stamping i henhold til formel:

$$M_p = \frac{\Delta a_{cg}L}{8}(kNm) \quad (18.4)$$

Hvor:

$$a_{cg} = 9,81 \text{ for fartsområde 3}$$

Det beregnede stillevannsmomentet overstiger det som er framprovosert i Maxsurf Stability. Regelmomentet blir dermed dimensjonerende for stillevanns bøyemoment. Ved å summere alle dimensjonerende momenter finner man de kritiske momentene for sagging- og hogging kondisjon. De kritiske globale bøyemomentene for runde 1 vises i figur 18.4.

I andre runde av designspiralen, gir et økt deplasement en direkte økning i momentet for stillevann og stamping i henhold til regelverk. I tillegg gir endringen i skrogform både bredere vannlinje og større blokk-koeffisient, noe som drastisk øker bidraget fra bølger. Resulterende globale bøyemomenter fra runde 2 vises i figur 18.5. For detaljert beregning se vedlegg A.6.

Critical bending moments (kNm)

	Hogging	Sagging
Stillevann	1930	0
Bølge	482	1011
Twin hull pitch	4733	4733
Total	7144	5744

Figur 18.4: Kritiske design bøyemomenter runde 1

Critical bending moments (kNm)

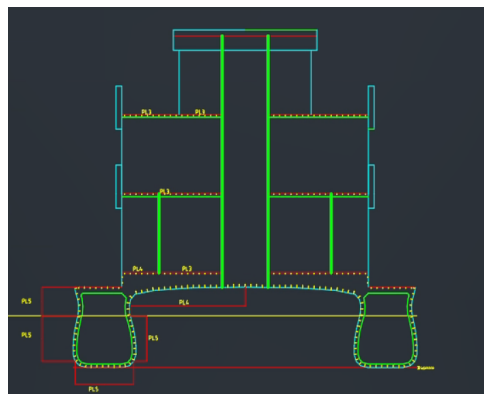
	Hogging	Sagging
Stillevann	2103	0
Bølge	817	1378
Twin hull pitch	5158	5158
Total	8078	6536

Figur 18.5: Kritiske design bøyemomenter runde 2

18.6 Etablering av kritisk snitt

Et kritiske snitt er et tverrsnitt av skroget med lite motstandsmoment sammenliknet med de opptredende langskips bøyemomentene. Slike snitt representerer svake punkter i skrogbjelken som resultat av utkapp og spenningsskygger. Klassetegningen er derfor en sentral del i etableringen av kritiske snitt. Normalt settes det kritiske snittet innenfor 0,4 av skroglengden med hensyn til minste motstandsmoment. [56]

For dette prosjektet settes det kritiske snittet i senter av fartøyet, nærmere bestemt spant 77 som vist i figur 18.6. Snittet er det området med høyeste bøyemoment i forhold til motstandsmoment for å oppta kreftene. Plasseringen skyldes i stor grad heissjakten med nødvendig utkapp og dets plassering.



Figur 18.6: Etablering av kritisk snitt

18.7 Platedimensjoner

Neste del i strukturarbeidet er i henhold til SDP, dimensjonering av kontinuerlige langskips styrkeelementer. Fartøyets plater dimensjoneres basert på krav for lokal styrke.

18.7.1 Minimum platetykkelser

Regelverket har generelle krav til minimum platetykkelser for ulike deler av skroget, gitt ved formel 18.5.

$$t = \frac{t_0 + kL}{\sqrt{f}} \frac{s}{s_R} (mm) \quad (18.5)$$

Hvor:

t_0 = platetykkelse avhengig av strukturelement i mm

k = konstant avhengig av strukturelement

L = vannlinjelengde i m

f = tillat spenning/240

s = stiveravstand i m

s_R = basic stiveravstand i m

18.7.2 Lateralt trykk

Det stilles også egne krav til minimum platetykkelser som resultat av lateralt trykk, gitt ved formel 18.6.

$$t = \frac{22.4s\sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} (mm) \quad (18.6)$$

Hvor:

p = designtrykk

σ = nominelt tillatt bøyespenning

18.7.3 Slamming

I tillegg spesifiserer regelverket minimum platetykkelser for områder som er utsatt for slamming. Altså krefter fra bølger som slår opp i skroget. For en katamaran gjelder dette i hovedsak platen som strekker seg mellom de to skrogene. Minimum platetykkelse for plater utsatt for slamming er gitt i formel 18.7.

$$t = \frac{22.4k_r k_a s \sqrt{P_{sl}}}{\sqrt{\sigma_{sl}}} (mm) \quad (18.7)$$

Hvor:

k_r = korreksjonsfaktor for kurvede plater = $(1 - 0.5 \frac{s}{r})$

r = radius av kurvatur i m

k_a = korreksjonsfaktor for platefeltets aspektforhold = $(1.1 - 0.5 \frac{s}{r})$

P_{sl} = trykk fra slamming

$\sigma_{sl} = 200f_1$

$f_1 = 1$ for NV5059

18.7.4 Valgte dimensjoner

Ved beregning i henhold til regelverk, gir kravet til minste platetykkelser for lateralt trykk og slamming lavere dimensjoner enn minimumskravet. Minimumskravet blir dermed dimensjonerende for både første og andre runde i designspiralen. I de tilfeller hvor minimumskravet ikke gir rene dimensjoner, rundes platetykkelsen opp til nærmeste hele mm. Krav til minimum platetykkelser og valgte dimensjoner vises i figur 18.7. For detaljerte beregninger se vedlegg A.7.

Plate thicknesses (mm)

		t_minimum	t (final)
Buttom		4,4	5
Sides	Under vannlinje	4,4	5
	Ut over vannlinje	3,7	4
	Inn over vannlinje	3,7	4
Mellomdekk		3,5	4
Hoveddekk	Inne	2,3	3
	Værdekk	3,5	4
Upper deck	Inne	2,3	3
	Værdekk	2,3	3
Bridge deck	Inne	2,3	3
	Værdekk	2,3	3
Bulkheads	Collision	3,5	4
	Watertight	2,9	3
	Tank	3,5	4
	Longitudinal	2,9	3

Figur 18.7: Krav til minste platetykkelser og valgte dimensjoner

18.8 Stiverdimensjoner

I likhet med platene dimensjoneres stiverne for å oppnå tilstrekkelig motstandsmoment i henhold til regelverk. Uten krav til minste motstandsmoment dimensjoneres stiverene utelukkende avhengig av lokale laster. For stivere brukes det i første omgang standardprofiler av type "Holland Profile". Motstandsmomentet beregnes uten effektiv flens i bjelkeberegningsprogrammet 3D-beam fra DNV.

18.8.1 Lateralt trykk

Krav til minste motstandsmoment for stivere utsatt for lateralt trykk er gitt i formel 18.8. Beregning er vist i vedlegg A.8. Designtrykket som brukes i beregningen er tilsvarende det for platene.

$$Z = \frac{ml^2 sp}{\sigma} (cm^3) \quad (18.8)$$

Hvor:

m = bøyemomentfaktor

l = bæreravstand målt langs platen i m

18.8.2 Slamming

I likhet med platene påvirkes også stiverstrukturen mellom skrogene av slamming. Minste motstandsmoment for stivere påvirket av slamming er gitt ved formel 18.9.

$$Z = \frac{ml^2 sp_{sl}}{\sigma_{sl}} (cm^3) \quad (18.9)$$

18.8.3 Valgte dimensjoner

Krav til motstandsmomentet for slamming beregnes til mindre enn kravet for lateralt trykk som dermed blir dimensjonerende. I første runde av designspiralen utformes stiverne i standard Holland profiler. I noen områder gir den minste standardprofilen langt større motstandsmoment enn hva som kreves og man ser mulighet for optimalisering til neste runde i spiralen. Krav til minste motstandsmoment og valgte dimensjoner for første runde vises i figur 18.8.

Stiffener profiles

		Zminimum (cm ³)	Profile	Z (cm ³)
Buttom		11,0	HpBulb 80x7	13,1
Sides	Under vannlinje	11,0	HpBulb 80x7	13,1
	Ut over vannlinje	4,0	HpBulb 60x4	5,5
	Inn over vannlinje	11,9	HpBulb 80x7	13,1
Mellomdekk		2,2	HpBulb 60x4	5,5
Hoveddekk	Inne	1,3	HpBulb 60x4	5,5
	Værdekk	1,5	HpBulb 60x4	5,5
Upper deck	Inne	1,3	HpBulb 60x4	5,5
	Værdekk	1,3	HpBulb 60x4	5,5
Bridge deck	Inne	1,3	HpBulb 60x4	5,5
	Værdekk	1,3	HpBulb 60x4	5,5
Bulkheads	Collision	32,5	HpBulb 120x8	39,1
	Watertight	15,2	HpBulb 100x6	19
	Tank	16,6	HpBulb 100x6	19
	Longitudinal	2,0	HpBulb 60x4	5,5

Figur 18.8: Krav til minste motstandsmoment og valgte dimensjoner for runde 1

I neste runde av designspiralen minker dimensjonerende trykk på skroget som resultat av redusert dypgang. Ettersom stiverne dimensjoneres utelukkende basert på lokale laster, gir dette lavere krav til minste motstandsmoment. Etter dialog med veileder blir det bestemt å gå over til flate profiler for et mer optimalisert design. Nye krav til minste motstandsmoment og valgte stiverdimensjoner er vist i figur 18.9. For detaljert beregning se vedlegg A.8.

Stiffeners profiles

		Zminimum (cm ³)	Profile	Z (cm ³)
Buttom		9,4	Flatbar 80x5	10,4
Sides	Under vannlinje	9,4	Flatbar 80x5	10,4
	Ut over vannlinje	4,1	Flatbar 60x4	4,8
	Inn over vannlinje	10,9	Flatbar 100x5	12,5
Hoveddekk	Inne	1,3	Flatbar 40x3	1,7
	Værdekk	1,5	Flatbar 40x3	1,7
Upper deck	Inne	1,3	Flatbar 40x3	1,7
	Værdekk	1,3	Flatbar 40x3	1,7
Bridge deck	Inne	1,3	Flatbar 40x3	1,7
	Værdekk	1,3	Flatbar 40x3	1,7
Bulkheads	Collision	27,6	Flatbar 160x4	29,9
	Watertight	13,2	Flatbar 120x3	13
	Tank	14,0	Flatbar 110x4	14,9
	Longitudinal	2,0	Flatbar 50x3	2,5

Figur 18.9: Krav til minste motstandsmoment og valgte dimensjoner for runde 2

18.9 Tverrsnittsdata

Basert på dimensjoner som velges for langskipssgående strukturelementer, herunder plater, stivere og skott beregnes tverrsnittsdata for det kritiske snittet. Her beregnes treghetsmoment basert på avstander til baseline multiplisert med tverrsnittsarealet til det aktuelle strukturelementet. For enkelhets skyld betraktes tverrsnittet som symmetrisk om senter og beregningen kan dermed baseres på data for én halvdel. I beregningen brukes ekvivalente platetykkelser, som vil si at arealet av stiverne fordeles jevnt over platene. Basert på det totale treghetsmomentet dividert på totalt areal, beregnes tverrsnittets nøytralakse. Annet arealmoment om y-aksen beregnes for hvert strukturelement basert på formelen for steinerbidrag summert med egentreghetsmoment for vertikale elementer gitt i formel 18.10.

$$I_y = d^2 A + \frac{t_{eqv} h^3}{12} \quad (18.10)$$

Hvor:

d = avstand fra senter av strukturelement til nøytralakse

A = tverrsnittsareal av strukturelement

t_{eqv} = ekvivalent platetykkelse = $\frac{A_{stiver}}{s}$

h = høyde på strukturelement. Gjelder kun for vertikale strukturelementer

Ved å summere annet arealmoment for tverrsnittet om nøytralaksen og dividere på avstanden beregnes motstandsmoment for dekk og bunn. Med dimensjonene som etableres i første runde av designspiralen, blir tverrsnittsdata beregnet som vist i figur 18.11.

Section modulus

Z_B (mm ³)	300007688
Z_D (mm ³)	574236557

Figur 18.11: Motstandsmoment for kritisk snitt runde 1

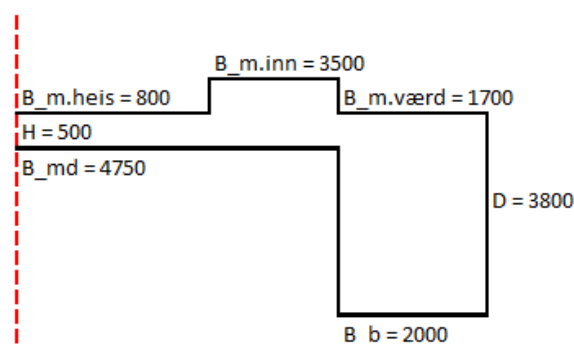
I andre runde gir de nye stiverdimensjonene nye ekvivalente platetykkelser som inngår i beregningen. I tillegg reduseres nøytralaksen, noe som gir en endring i skrogbjelkens motstandsmoment vist i figur 18.12. For detaljert beregning se vedlegg A.5.

Section modulus

Z_B (mm ³)	235755013
Z_D (mm ³)	459781582

Figur 18.12: Motstandsmoment for kritisk snitt runde 2

Critical cross section #77



Figur 18.10: Kritisk snitt i spant 77

18.10 Beregning av langskipsstyrke

Når skrogbjelkens motstandsmomenter i dekk og bunn er funnet, settes det opp en beregning for å finne de opptredende langskipsspenningene. Ved å summere de globale bøyemomentene som virker på skrogbjelken finner man det største kritiske design bøyemomentet for hogging- og sagging-kondisjon. Dette divideres videre på skrogbjelkens motstandsmoment og de største opptredende langskipsspenningene for dekk og bunn beregnes. For den første runden i designspiralen er resulterende langskipsspenningene vist i figur 18.13.

Langskipsspenninger

	Hogging	Sagging
σ_{Bunn}	24	19
σ_{Dekk}	12	10

Figur 18.13: Opptredende langskipsspenninger i dekk og bunn

Økte kritiske design bøyemomenter og lavere motstandsmoment i skrogbjelken medfører høyere spenninger for runde 2 i designspiralen. Resultatene for runde 2 vises i figur 18.14.

Langskipsspenninger

	Hogging	Sagging
σ_{Bunn}	34	28
σ_{Dekk}	18	14

Figur 18.14: Opptredende langskipsspenninger i dekk og bunn runde 2

Krav til største opptredende langskipsspenning, er i regelverket for katamaraner definert som 160 ganger materialfaktor f_1 [52]. Med $f_1 = 1$ for NV5059 og største opptredende langskipsspenning = 34 er dette godt innenfor kravet.

18.11 Bærerstruktur

Skrogets bærerstruktur dimensjoneres i første omgang for å tilfredstille minimumskrav i henhold til regelverket. Bærere som utsettes for lateralt trykk har krav til minste motstandsmoment gitt i formel 18.11.

$$Z = \frac{mS^2bp}{\sigma} (cm^3) \quad (18.11)$$

Hvor:

m = Bøyemomentsfaktor = 100 for strukturelementer og 85 for øvrige

S = Bærerspenn i m

b = Bredde på lastområde = 1

Det velges i første runde å sammenlikne forskjellen i krav til minste motstandsmoment med og uten senterbærer. En bærer i senter vil halvere bærerspennet og slik redusere krav til motstandsmoment. Resultatene av denne beregningen er vist i figur 18.15.

Minimum section modulus (cm³)

		Z_DNV2021	Z_without cetergirder
Buttom		55,2	
Sides	Bl.wl	73,0	
	Out Ab.wl	11,3	
	In Ab.wl	343,5	1373,9
Upper buttom deck		61,1	244,6
Main deck	In	19,9	79,7
	Weather side	5,3	
	Weather aft and frwd	22,3	89,2
Upper deck	In	29,1	116,4
	Weather	30,1	120,3
Bridge deck	Aft centre	9,4	37,5
	Aft side	5,9	
	Frwd	28,7	114,7

Figur 18.15: Beregning av minste motstandsmoment i henhold til regelverk

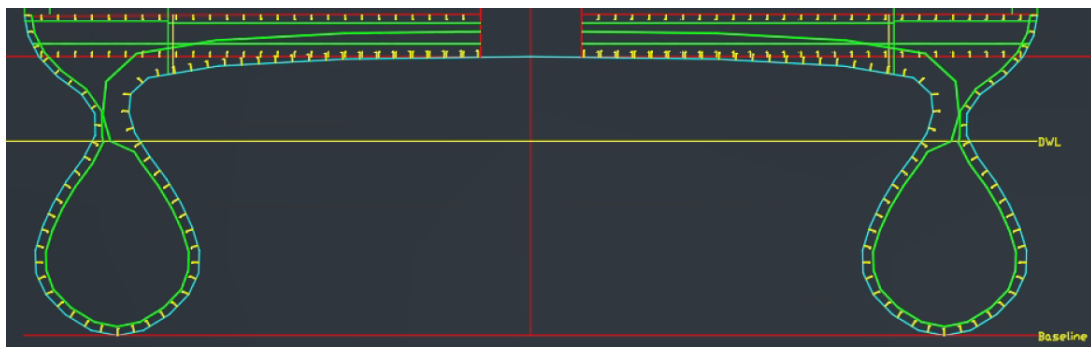
Beregningen viser en dramatisk reduksjon i krav til minste motstandsmoment ved halvering av spennet. På bakgrunn av dette, bestemmes det at et senterskott i langskipsretning skal legges til. Med fastsatte krav til motstandsmoment blir profil av bærere med tilfredstillende styrke dimensjonert i bjelkeberegningsprogrammet 3D-beam. De utformede dimensjonene med tilhørende treghetsmoment og areal er vist for første runde i figur 18.16.

Girder profiles

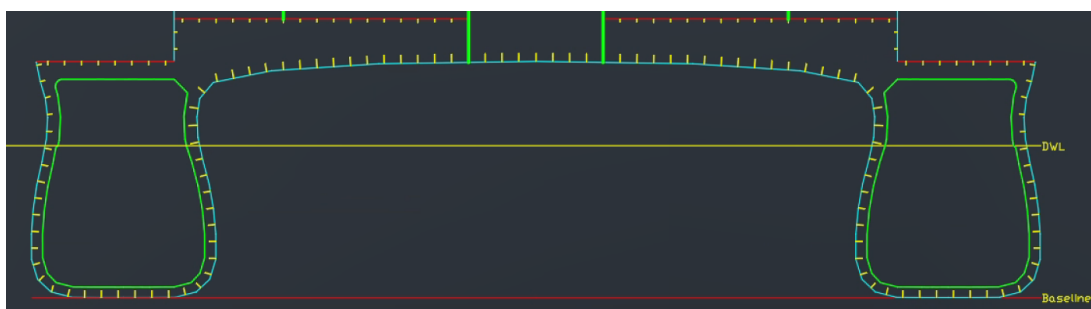
		Final profile	Section modulus (cm ³)
	Buttom	100x8 + 8x40	56,3
Sides	Innside under vannlinje	120x8 + 8x40	72,9
	Utside under vannlinje	80x2 + 4*20	10,8
	Ut over vannlinje	300x10 + 10x40	351
	Innside over vannlinje	150x5 + 5x35	60,8
	Tunell	100x5 + 5x30	30,2
Main deck	Værdekk side	80x2 + 2*10	6
	Værdekk akter og forrut	100x5+5x35	33,3
Upper deck	Inne	100x5+5x30	30,2
	Værdekk	100x5 + 3x30	30,2
Bridge deck	Akter senter	80x3 + 3x15	9,9
	Akter side	80x2 + 2*10	6
	Forrut	80x6 + 6x35	7,8

Figur 18.16: Valgte profiler med tilfredstillende motstandsmoment runde 1

I andre runde av designspiralen bestemmes det i samråd med veiledere å innføre rammestruktur som bærende element i tverrrisningsretning. Dette gir en forenklet byggeprosess, samt en mulig besparelse i vekt ettersom man enkelt kan justere høyden på steget avhengig av belastning og innføre utkapp der hvor dette er mulig. I beregningen betraktes spennet mellom de to skroge- ne som en hel bjelke, med plate i dekk og bunn som flenser. I tillegg fjernes tween deck fra beregningen. Opprinnelig og endret bærerstruktur er vist henholdsvis i figur 18.17 og 18.18.

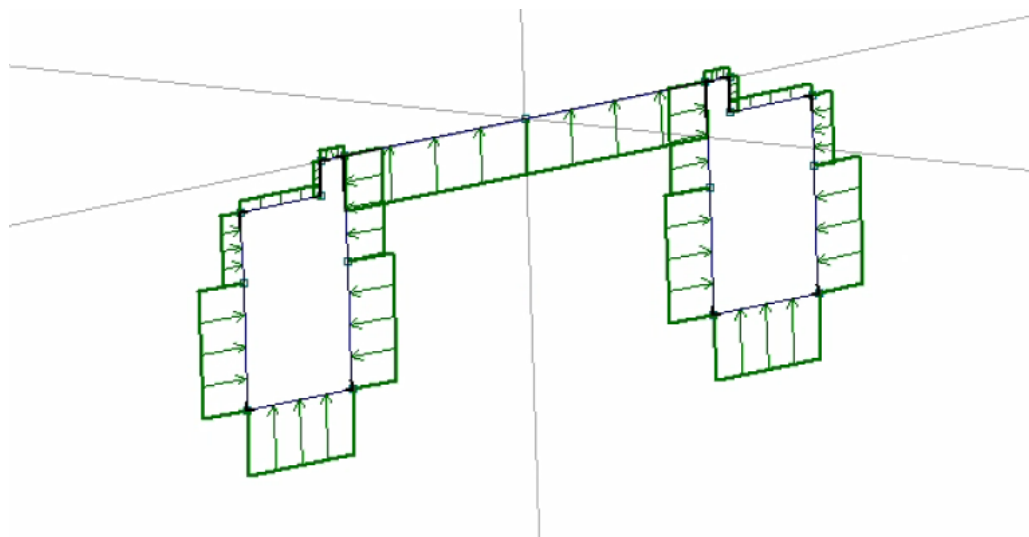


Figur 18.17: Opprinnelig bærerstruktur i kritisk snitt runde 1



Figur 18.18: Endringer i bærerstruktur i kritisk snitt runde 2

Hvor det i første runde av designspiralen kun brukes regelverk for å finne dimensjoner for bærerarrangementet, blir det i runde to også benyttet dataprogram for analyse av bjelkestrukturer. I DNVs program 3D-Beam utformes et tverrsnitt av skrogbjelken, profiler legges inn og trykk som virker på de ulike flatene defineres. På denne måten kan bærerne dimensjoneres for å tilfredstille krav til maksimal bøye- og skjærspenning på henholdsvis 160 og 90 MPa. Figur 18.19 viser tverrsnittet definert i 3D-Beam med utbredte laster i henhold til regelverk. Resulterende moment- og skjærkraftdiagram sees i vedlegg A.12 og A.13.



Figur 18.19: Tverrsnitt med utbredt last som følge av trykk definert i 3D Beam

For å tilfredstille kravene til maksimale spenninger og skjærkrefter blir tverrsnittet av rammestrukturen satt opp i 3D-Beam større enn hva som kreves av regelverket. Det ble derfor valgt å benytte profilene utformet i programmet. Beregninger for strukturen i de øvre dekkene påvirkes ikke av endringene gjort i runde 2 og bærerstrukturen i disse dekkene forblir derfor uendret. Endelige dimensjoner av bærerstrukturen vises i figur 18.20. For detaljert beregning se vedlegg A.9.

Girder profiles

		Final profile	Section modulus (cm ³)
	Buttom	120x7 + 4x50	57,4
Sides	Innside under vannlinje	130x7 + 4x25	51,9
	Utside under vannlinje	130x7 + 3x25	49
	Ut over vannlinje	150x7 + 5x40	82,4
	Innside over vannlinje	150x7 + 8x80	144
	Tunell	3,6x800 + 500x7 + 6,5x800	1834
Main deck	Værdekk side	210x7 + 4x20	110,2
	Værdekk akter og forrut	3,6x800 + 500x7 + 6,5x800	110,2
Upper deck	Inne	100x5+5x30	30,2
	Værdekk	100x5 + 3x30	30,2
Bridge deck	Akter senter	80x3 + 3x15	9,9
	Akter side	80x2 + 2x10	5,9
	Forrut	80x6 + 6x35	28,6

Figur 18.20: Valgte profiler med tilfredstillende motstandsmoment runde 2

18.12 Kontroll av buling

De globale langskipsspenningene som virker på skrogbjelken kan framprovosere buling i skrogplatene. Dette kontrolleres for platene i bunn og dekk samt i skuteseiden ved interpolasjon. Den kritiske spenningen beregnes i formel for Eulerspenning 18.12.

$$\sigma_{EULER} = C \cdot \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2)} \left(\frac{t}{s}\right)^2 \quad (18.12)$$

Hvor:

C = bulekoefisienten = 1,05 for flate stiverprofiler [52]

E = elastisitetsmodul = 69 000 N/mm² for aluminium

ν = poissons rate = 0,33 for aluminium [58]

Dersom eulerspenningen overstiger halve flytegrensen for materialet, må den kritiske spenningen korrigeres for dette ved bruk av formel 18.13.

$$\sigma_{CRITICAL} = \sigma_{YIELD} \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{YIELD}}{4\sigma_{EULER}}\right) \quad (18.13)$$

Hvor:

σ_{YIELD} = Flytegrense

Ved å dele de opp tredende langskipsspenningene på de kritiske, beregnes platenes utnyttelsesgrad for buling. Resulterende spenninger for runde 1 er vist i figur 18.21.

Buckling control

		Kritisk spenning	Opptredende spenning	Utnyttelsesgrad
Bunn		216	24	11 %
Maindeck	Innendørs	141	10	7 %
	Værdekk	176	10	6 %
Skuteside	Bunn	130	5	4 %
	Dekk	60	19	32 %

Figur 18.21: Beregning av kritiske spenninger med utnyttelsesgrad for ulike plateelementer runde 1

En økning i skrogets langskipsspenninger gir en direkte økning i utnyttelsesgraden av platene i runde 2 av designspiralen. I figur 18.22 vises resultatet av de nye beregningene. Her ser man en drastisk økning i utnyttelsesgrader hvor særlig platene i skuteseiden ved dekk nærmer seg et buleproblem med 93% utnyttelse. For mer detaljert beregning se vedlegg A.10.

Buckling control

		Kritisk spenning	Opptredende spenning	Utnyttelsesgrad
Bunn		152	34	23 %
Maindeck	Innendørs	57	14	25 %
	Værdekk	97	14	15 %
Skuteside	Bunn	45	8	19 %
	Dekk	29	27	93 %

Figur 18.22: Beregning av kritiske spenninger med utnyttelsesgrad for ulike plateelementer runde 2

18.13 Tverrskipsstyrke

For katamaranskrog definerer regelverket egne krav til tverrskipsstyrke. Dette skyldes momentet som oppstår når to skrog er forbundet over et lengre spenn, ofte referert til som spagatmoment. For å kunne beregne opptredende spenninger, beregnes først de påvirkende momentene i henhold til regelverk. Videre beregnes nøytralakse og tilhørende motstandsmoment for kritisk snitt i langskipsretningen.

18.13.1 Påvirkende momenter

Katamaranskrog har et minste tverrskips bøyemoment i henhold til formel 18.14

$$M_s = \frac{\Delta a_{cg} b}{s} (kNm) \quad (18.14)$$

Hvor:

δ = deplasement i tonn

b = avstand mellom skrogs senterlinjer

For SWATH defineres i tillegg minimum tverrskips bøyemoment i henhold til formel 18.15.

$$M_s = 0.9T\Delta^{2/3}dL_s(z - 0.5T)(kNm) \quad (18.15)$$

Hvor:

$$d = 1.55.0,75 - 0.75 \tanh(\Delta/11000)$$

$$L_s = 2.99 \tanh(\lambda - 0.725)$$

$$\lambda = 0.137 A_{lat} / (T\Delta^{1/3})$$

$$A_{lat} = \text{Lateralt projisert areal i } m^2$$

I tillegg beregnes et tverrskips torsjonsmoment i henhold til formel 18.16

$$M_t = \frac{\Delta a_{cg} b}{4} (kNm) \quad (18.16)$$

De største verdiene for bøyemoment og torsjonsmoment summeres. I første runde av designspiralen resulterer dette i tverrskipsmomenter vist i figur 18.23.

Påvirkende tverrskipsmoment (kNm)		
Ms	Transverse bending moment	1705
Mt	Twin hull torsional moment	3410
Totalt		5116

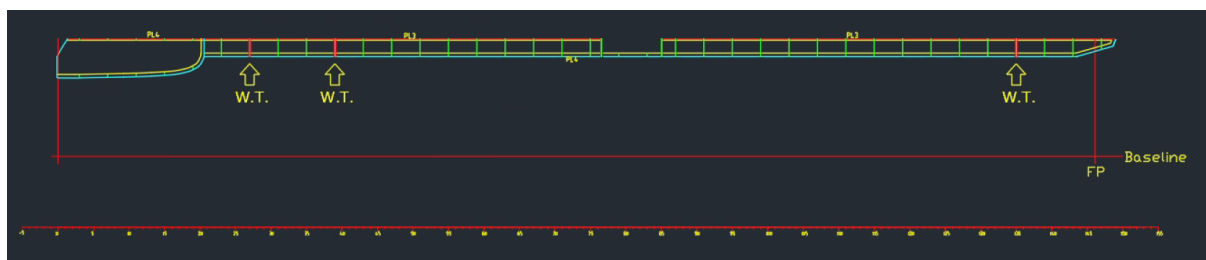
Figur 18.23: Påvirkende momenter om tverrskipet runde 1

Til tross for redusert dypgang får man i andre runde av designspiralen økte tverrskipsmomenter som følge av større deplasement i henhold til regelverk. De nye påvirkende tverrskipsmomentene vises i figur 18.24.

Påvirkende tverrskipsmoment (kNm)		
Ms	Transverse bending moment (kNm)	1839
Mt	Twin hull torsional moment	3677
Totalt		5516

Figur 18.24: Påvirkende momenter om tverrskipet runde 2

18.13.2 Tverrskips motstandsmoment



Figur 18.25: Kritisk snitt av fartøyet i langskipsretning

For å kunne beregne spenningene som opptrer som følge av de påvirkende momentene må tverrskips motstandsmoment beregnes. Dette gjøres ved samme fremgangsmåte som for langskipsstyrke, hvor man betrakter et kritisk snitt perpendikulært om spenningsretningen. For spenninger i tverrskipsretning betrakter man nødvedningvis motstandsmoment for snittet av skroget i langskipsretning. Snittets plassering settes i senter av skroget. Beregnet motstandsmoment for runde 1 er vist i figur 18.26.

Section modulus

Z_B (mm ³)	115940917
Z_D (mm ³)	54652324

Figur 18.26: Motstandsmoment for snitt av skroget i langskipsretning runde 1

Med oppdaterte verdier fra runde 2 heves snittets nøytralakse. Dette skyldes nye ekvivalente platetykkelser og bærerprofiler, med overgang fra tradisjonelle bærere til rammestruktur. I tillegg er beregningen for runde 2 mer nøyaktig med hensyn til utkapp og plassering av strukturelle elementer. Når nøytralaksen heves, reduseres motstandsmomentet i dekk samtidig som motstandsmomentet i bunn øker sammenliknet med runde 1. Det gjøres senere endringer i hekkområdet i forbindelse med MOB-arrangement som også vil få konsekvenser for tverrskips motstandsmoment. Resultatene fra beregningen i runde 2 er vist i figur 18.27. For mer detaljert beregning se vedlegg A.11.

Section modulus

Z_B (mm ³)	92441768
Z_D (mm ³)	64913263

Figur 18.27: Motstandsmoment for snitt av skroget i langskipsretning runde 2

18.13.3 Opptredende spenninger

Ved å dividere det største påvirkende tverrskipsmomentet på minste motstandsmoment i dekk og bunn, får man de opptredende tverrskipspenningene. Spenning for innledende verdier er vist i figur 18.28.

Tverrskipsspenninger

σ_B	44
σ_D	94

Figur 18.28: Opptredende tverrskipsspenninger runde 1

En økning i påvirkende tverrskipsmoment og endringer i motstandsmoment gir nye opptredende tverrskipsspenninger for runde 2. Resultater for runde 2 vises i figur 18.29.

Tverrskipsspenninger

σ_B	60
σ_D	85

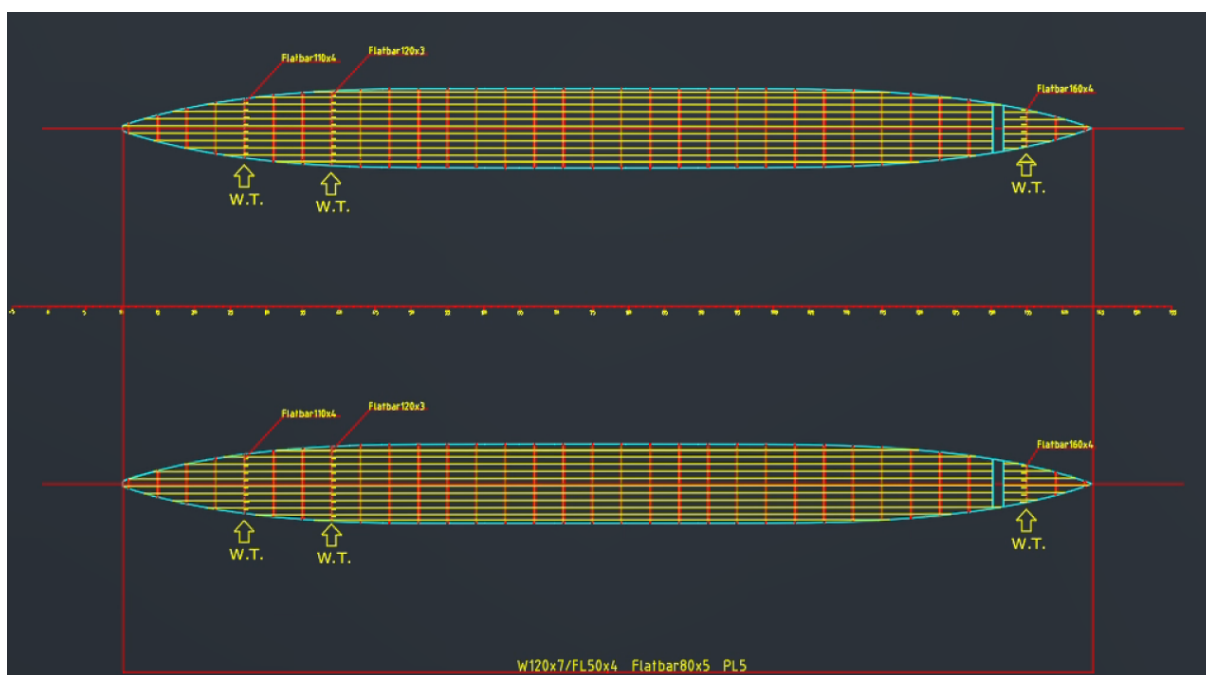
Figur 18.29: Opptredende tverrskipsspenninger runde 2

18.14 Klassetegning

Klassetegning er et dokument som blir utarbeidet i AutoCAD, for å vise hvordan strukturen i fartøyet er bygd opp. Her blir alle platetykkelser, stivere og bærere definert med tilhørende størrelser for enkelt å kunne se hvilke dimensjoner som er brukt hvor. Dokumentet tar utgangspunkt i linjene fra generalarrangementet, men her er alle komponenter som innredning og utrustning fjernet, og man står da igjen med ytterlinjene av hvert dekk, samt linjer rundt utkapp.

Tegningen viser hvordan stivere, bærere og vanntette skott er planlagt plassert inn i fartøyet. Siden strukturen i de fleste tilfeller ligger under dekkplatene, tegnes all struktur opp til det dekket det strekker seg til. Dette vil derfor bety at vanntette skott som strekker seg helt opp til main deck, også vil bli tegnet inn i planet for main deck.

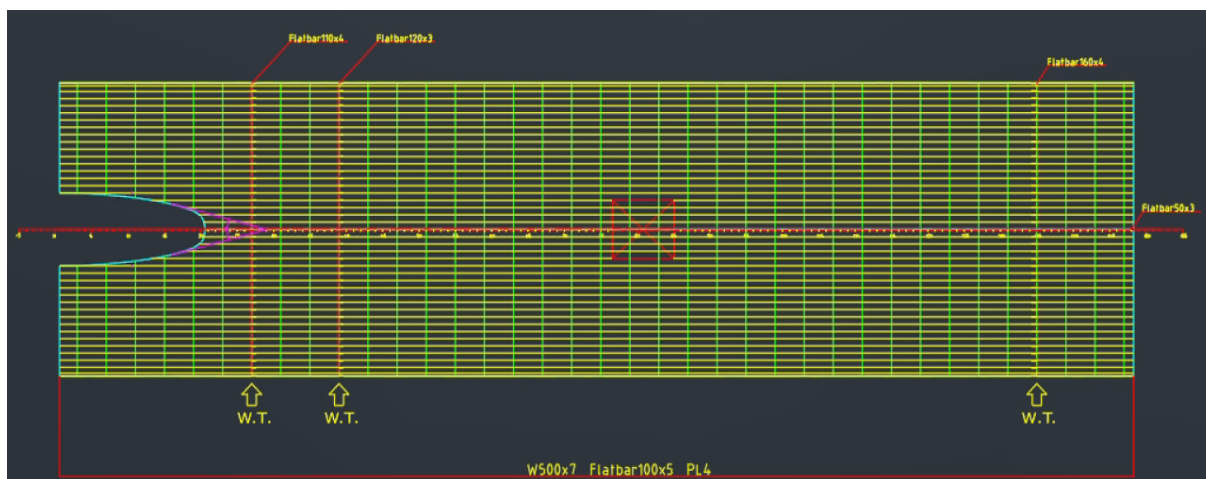
18.14.1 Bottom deck



Figur 18.30: Bottom deck i klassetegning

På bottom deck ligger strukturen på oversiden av platene og er derfor tegnet med heltrukne linjer. De tre vannrette skottene er også tegnet inn her med tilhørende stivere.

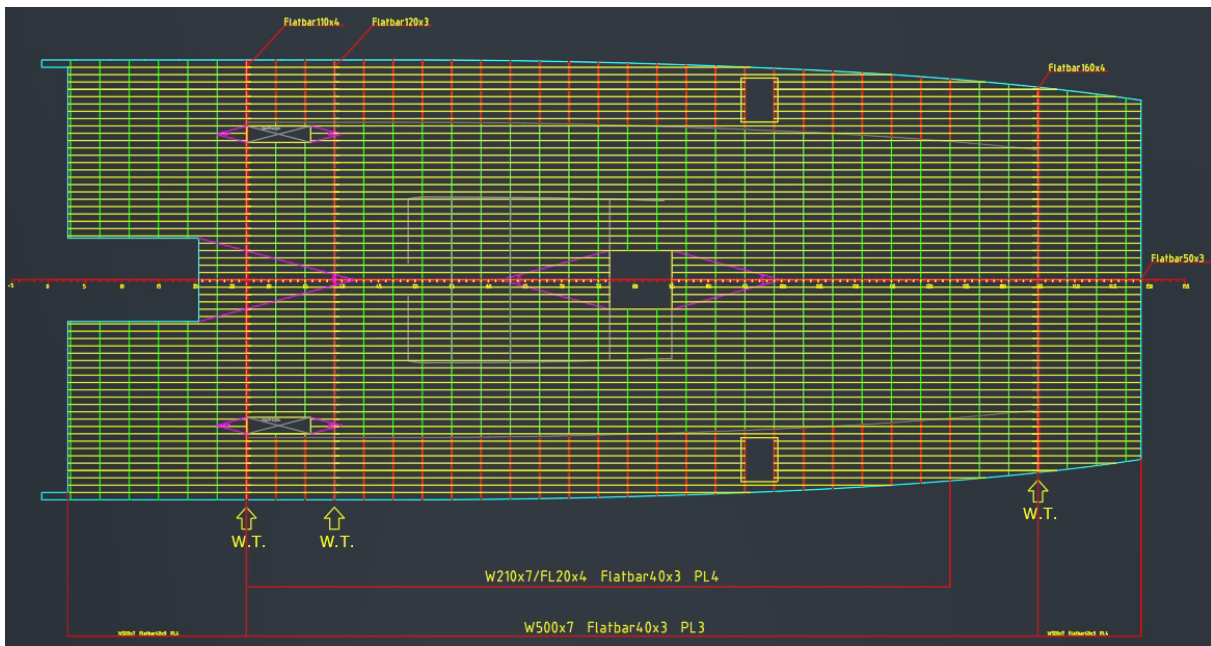
18.14.2 Tunnel



Figur 18.31: Toppen av tunnelen i klassetegning

Tunellen er platen som binder skrogene sammen. Over platene på dette dekket finnes de tre tverrskipskottene, samt et langskipskott i senter. Utkapp finnes det bare et av på dette dekket, som er utkappet for MOB-båten.

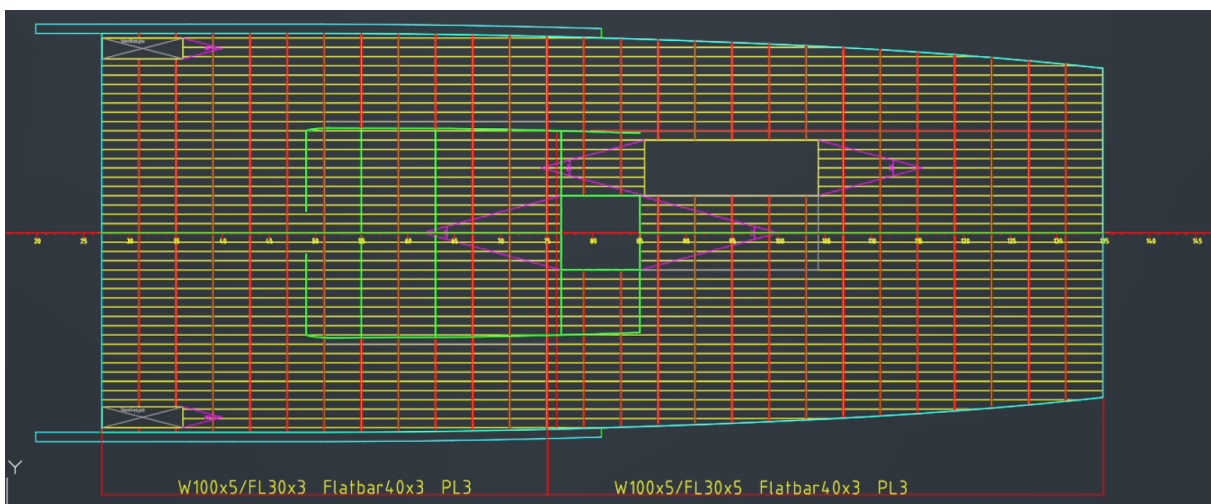
18.14.3 Main deck



Figur 18.32: Main deck i klassetegning

Main deck er det øverste gjennomgående dekket og det er opp til dette dekket de vantette skottene går. For det som angår utkapp finnes kanalene for luftesystemet i batteri- og maskinerirom, lukene for tilkomst til skrogene, utkapp for MOB-båt og bunnen av heissjakten. Det må også nevnes at det på begge sider av overbygget er opptil en halv meter nedsenking på dette dekket mellom spant 27 og 124, som har noe å si for profilene i dette området.

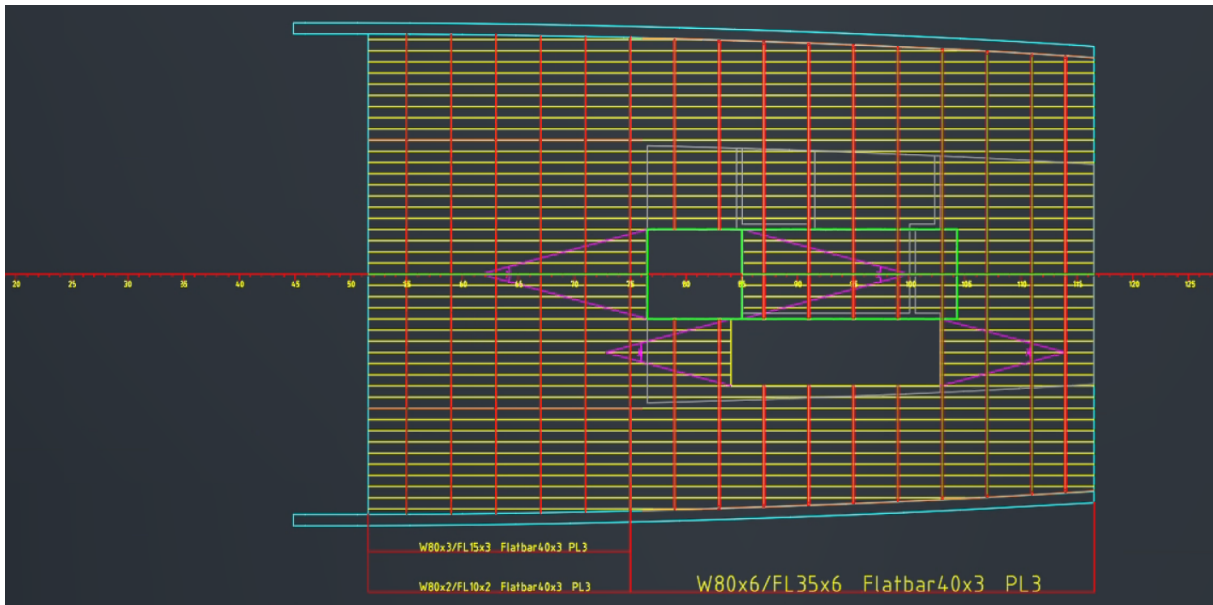
18.14.4 Upper deck



Figur 18.33: Upper deck i klassetegning

Upper deck har som main deck også utkapp for heissjakten og ventilasjon for motor- og batterirom, men i tillegg er det også utkapp for trappen.

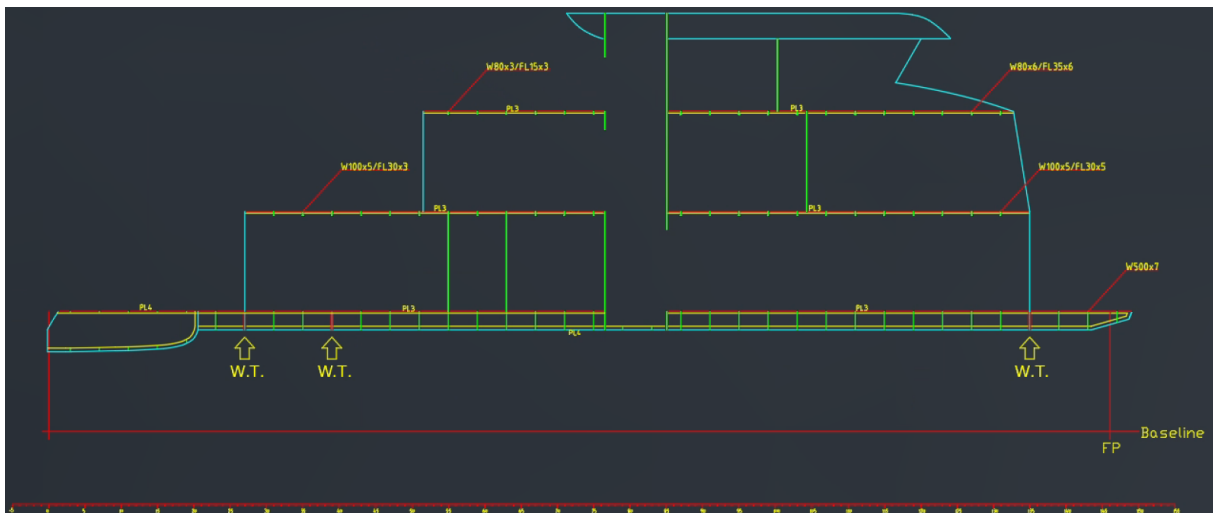
18.14.5 Bridge deck



Figur 18.34: Bridge deck i klassetegning

Bridge deck er det øverste dekket og har av den grunn ingen store laster. Dimensjonene på profilene her blir derfor mindre sammenlignet med de andre profilene på fartøyet.

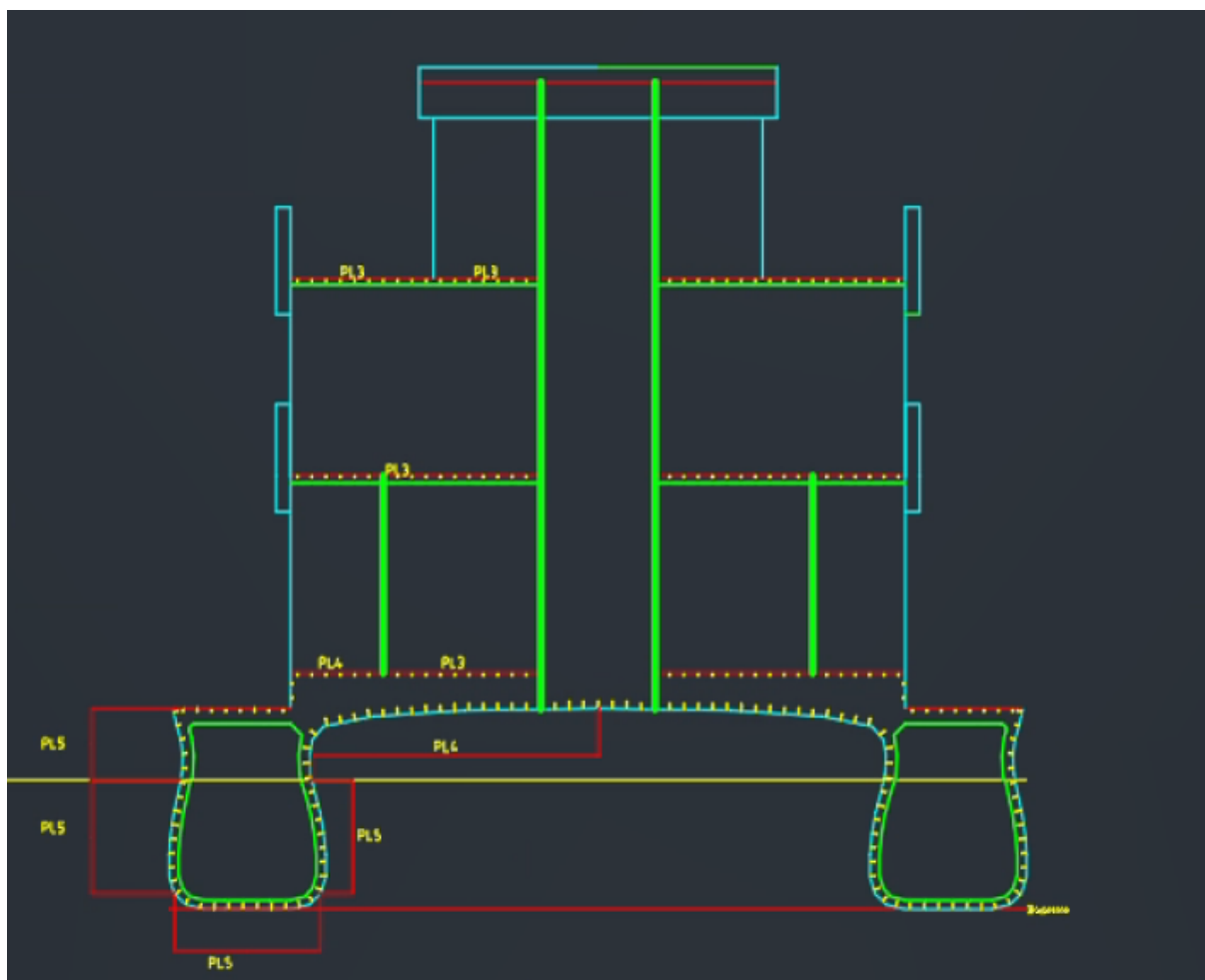
18.14.6 Profil



Figur 18.35: Profil av fartøyet fra senter i klassetegning

Profiltegningen fra klassetegningen viser et langskipssnitt av fartøyet fra senter. Tegningen gir et godt overblikk over fartøyet oppbygging, men på grunn av skrogets fasong får man ikke med selve skrogene i dette snittet.

18.14.7 Tverrsnitt



Figur 18.36: Tverrsnitt av fartøyet i spant 77

Tverrsnittet viser fartøyet i spant 77, som også er det kritiske snittet. Snittet viser heissjakten som strekker seg i hele fartøyet høyde og det kritiske området i overgangen mellom skroget og tunnelen. Nede i skrogene ser man også hvordan åpningen i bærerrammen er tenkt løst for å få plass til batteriene.

19 Konklusjon

Med en kravspesifikasjon satt av Maritime Partner, Stranda Hamnevesen og NTNU, er et konsept for et nullutslipps-sightseeingfartøy produsert. Med krav til nullutslipp på grunn av tiltakene som iverksettes fra 2026, blir det lagt mye tid i finne den best egnede energibæreren og skrogutforming. Resultatet er et batterifartøy med SWATH-skrog. Løsningen vil sørge for null utslipp under drift, lav motstand og minimal bølgepåvirkning for høy passasjerkomfort.

Ved å ha fulgt designspiralen gjennom hele oppgaven, føler gruppen at man har kommet innom mange av punktene man må innom i utviklingen av et nytt konsept. Det at man har gjennomført to runder i designspiralen, er også med på å gi en større forståelse av prosessen. Ved denne metoden får gruppen opplevd hvordan man tar valg, hvilke konsekvenser det gir og hvordan man revurderer valgene. Fokuset på optimalisering har derfor vært stort fra start til slutt.

Gruppen er svært fornøyde med resultatet av oppgaven. Både i forhold til det endelige konseptet, men enda viktigere prosessene som er gjennomført. Alle valg er nøye vurdert og diskutert gjennom hele perioden og ingenting er overlatt til tilfeldighetene. Dette har gitt et høyt læringsutbytte og motivasjon for videre arbeid. Samarbeidet i gruppen har også fungert utmerket.

20 Fremtidig arbeid

Som det kommer frem av innledningen, er skipsdesign-prosessen en prosess som gjentar seg opptil flere ganger for å få et så optimalt fartøy som mulig. Dette er en prosess som tar lang tid og krever mye arbeid innenfor de ulike disiplinene. Videre arbeid vil derfor være nødvendig, før fartøyet prosjektert i denne oppgaven er klar for produksjon.

For å få større sikkerhet i motstandsberegningene, bør disse regnes videre på. Det vil si å bruke mer nøyaktige metoder og ikke anta de forenklinger som er gjort i denne oppgaven. Katamaranen som ble utformet i startfasen burde det også gjennomføres motstandsberegninger på. Skroget hadde i første runde liten forskjell i motstand sammenlignet med SWATH-skroget. Om det viser seg at skroget har mindre motstand med det nye deplasementet, vil dette skroget gi mer brukervennlige volum for maskin- og batterirom.

Ved å benytte seg av hydrogen som drivstoff, vil man kunne spare mye vekt på grunn av alle batteriene man ikke trenger. Å sette seg dypere inn i regelverket for hydrogen og undersøke om tanker for lagring lar seg plassere på fartøyet, kan derfor medbringe store besparelser på flere områder.

Karbonfiber var materialet som i utgangspunktet ble valgt for fartøyet, men på grunn av tid og lite kjennskap til regelverk og styrkeberegninger ble aluminium valgt. Med bedre tid vil det derfor være potensiale for store vektbesparelser knyttet til å sette seg inn i regelverk og styrkeberegninger for karbonfiber.

Stabilitetkrav må alltid tilfredsstilles og selv om fartøyet er godkjent med de beregninger som er gjennomført, kan større nøyaktighet gi andre utslag. Det vil derfor vise seg nødvendig at blant annet lettskipsberegningen blir mer nøyaktig. Dette oppnår man med å legge inn flere komponenter, samt finne nøyaktige vekter på de komponentene som har antatte verdier. En krengeprøve vil også kunne bidra til å verifisere at fartøyet innehar god nok stabilitet.

Struktur er en disiplin det avsettes mye tid til i denne oppgaven, men også her kan mer arbeid gi et mer optimalt resultat. Med kunnskaper om dataprogrammet Nauticus Hull, kan man på en enklere måte kontinuerlig sjekke at de tverrsnitt man regner på tilfredsstillende det gjeldende regelverket. En modell av skroget kan også settes opp i programmet. På denne måten får man ut data på hvordan strukturen påvirkes i tverrskips- og langskipsretning. På en slik 3D modell vil det også være hensiktsmessig å gjennomføre en FEA, og da særlig om karbonfiber benyttes.

Referanser

- [1] Håvard Vollset Lien. *Designspiralen, punkt for punkt*.
- [2] *Information*. en-US. URL: <https://www.stranda-hammevesen.no/information/> (sjekket 20.01.2022).
- [3] *Norgeskart*. URL: <https://www.norgeskart.no/#!?project=seeiendom&layers=1008,1013,1014,1015&zoom=10&lat=6911796.86&lon=86972.93&p=searchOptionsPanel> (sjekket 19.01.2022).
- [4] T. Stensvold. *Brim Explorer bygger helelektrisk båt i karbon*. no. Des. 2021. URL: <https://www.tu.no/artikler/brim-explorer-bygger-helelektrisk-bat-i-karbon/515602> (sjekket 14.05.2022).
- [5] *Brim (11/2019)*. nb. Nov. 2019. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/brim-112019> (sjekket 20.01.2022).
- [6] *The Fjords takes delivery of groundbreaking "Future of The Fjords"*. en-US. URL: <https://www.braa.no/news/future-of-the-fjords> (sjekket 14.05.2022).
- [7] *Future of the Fjords (06/2018)*. nb. Mai 2018. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/future-fjords-062018> (sjekket 14.01.2022).
- [8] *Geirangerfjord II (08/2018)*. nb. Aug. 2018. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/geirangerfjord-ii-082018> (sjekket 20.01.2022).
- [9] *Abeking & Rasmussen's successful SWATH-technology*. en-US. Jul. 2018. URL: <https://www.abeking.com/en/swath-technology/> (sjekket 03.02.2022).
- [10] *Trimaran*. en-US. URL: <https://dmsonline.us/why-you-want-a-trimaran/> (sjekket 14.01.2022).
- [11] *First of two 118 metre trimarans for Fred.Olsen Express completes sea trials in Australia (Video)*. en. URL: <https://www.vesselfinder.com/news/18315-First-of-two-118-metre-trimarans-for-FredOlsen-Express-completes-sea-trials-in-Australia-Video> (sjekket 03.02.2022).
- [12] *Hull form*. en-US. URL: <https://dmsonline.us/how-do-i-select-the-right-hull/> (sjekket 18.01.2022).
- [13] *Skipssøk - Future*. URL: <https://www.sdir.no/skipssok/#/shipdetails/97365/1> (sjekket 24.01.2022).
- [14] *Zhong Shan 20 (01/2019)*. nb. Jan. 2019. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/zhong-shan-20-012019> (sjekket 14.01.2022).
- [15] *Rygerdronningen (06/2018)*. nb. Mai 2018. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/rygerdronningen-062018> (sjekket 14.01.2022).
- [16] *Nørvøy (06/2017)*. nb. Jun. 2017. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/norvoy-062017> (sjekket 14.01.2022).
- [17] *Melkøy (01/2016)*. nb. Jan. 2016. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/melkoy-012016> (sjekket 14.01.2022).
- [18] *Fjordlys (02/2015)*. nb. Feb. 2015. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/fjordlys-022015> (sjekket 14.01.2022).
- [19] *Frøya (07/2012)*. nb. Jul. 2012. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/froya-072012> (sjekket 14.01.2022).
- [20] *Solundir (02/2013)*. nb. Feb. 2013. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/solundir-022013> (sjekket 14.01.2022).
- [21] *Falkefjell (09/2011)*. nb. Sep. 2011. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/falkefjell-092011> (sjekket 14.01.2022).

- [22] *Sognekongen (08/2010)*. nb. Jul. 2010. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/sognekongen-082010> (sjekket 14.01.2022).
- [23] *Tidebaronen (08/2009)*. nb. Okt. 2009. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/tidebaronen-082009> (sjekket 14.01.2022).
- [24] *Flotta Lass (09/2007)*. nb. Sep. 2007. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/flotta-lass-092007> (sjekket 14.01.2022).
- [25] *Tyrhaug (01/2015)*. nb. Jan. 2015. URL: <https://maritimt.com/nb/batomtaler/tyrhaug-012015> (sjekket 18.01.2022).
- [26] *Skipssøk - Tyrhaug*. URL: <https://www.sdir.no/skipssok/#/shipdetails/88241/1> (sjekket 24.01.2022).
- [27] *User Manual Maxsurf Resistance*. 2018. URL: https://forum.katera.ru/index.php?app=core&module=attach§ion=attach&attach_id=441719.
- [28] N. Kjerstad og A. Osnes. *asimut-propell*. nb. Nov. 2021. URL: <http://snl.no/asimut-propell> (sjekket 17.02.2022).
- [29] *Azipull thruster*. no. URL: <https://www.kongsberg.com/no/maritime/products/propulsors-and-propulsion-systems/thrusters/azimuth-thrusters/azipull/> (sjekket 17.02.2022).
- [30] *Azipod electric propulsion — ABB Marine & Ports*. en. URL: <https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/azipod> (sjekket 17.02.2022).
- [31] *Thrusters*. en. URL: <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/thrusters> (sjekket 19.05.2022).
- [32] *Waterjets: When to Use, Pros and Cons*. en-US. URL: <https://dmsonline.us/waterjets-when-to-use-pros-and-cons/> (sjekket 17.02.2022).
- [33] *Voith Schneider Propeller VSP — Voith*. en. URL: <https://voith.com/corp-en/drives-transmissions/voith-schneider-propeller-vsp.html> (sjekket 17.02.2022).
- [34] B. Pedersen. *energibærer*. nb. Okt. 2021. URL: <http://snl.no/energib%C3%A6rer> (sjekket 06.05.2022).
- [35] *Hydrogen: Bedre enn batteri til de tyngste oppgavene*. no. URL: <https://www.statkraft.com/nyheter/nyheter-og-pressemedlinger/arkiv/2019/hydrogen--bedre-enn-batteri-til-de-tyngste-oppgavene/> (sjekket 17.02.2022).
- [36] K. Hofstad. *hydrogendrivstoff*. nb. Jul. 2020. URL: <http://snl.no/hydrogendrivstoff> (sjekket 17.02.2022).
- [37] K. Hofstad. *ammoniakk – energibærer*. nb. Mai 2021. URL: http://snl.no/ammoniakk-_energib%C3%A6rer (sjekket 17.02.2022).
- [38] *Batteri — UngEnergi*. URL: <https://ungenergi.no/energibaerere/elektrisitet/batteri/> (sjekket 24.02.2022).
- [39] *Forskrift om skip som bruker drivstoff med flammepunkt under 60 °C - Lovdata*. URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-27-1883> (sjekket 24.02.2022).
- [40] B. Kohja mfl. *Sluttrapport for prosjektet Grønn Kai 2021*. Tekn. rapp. Ålesund: NTNU, 2021, s. 64.
- [41] *Wärtsilä and Cavotec to develop world's first marine wireless charging and mooring concept*. en. URL: <https://www.wartsila.com/media/news/25-01-2016-wartsila-and-cavotec-to-develop-worlds-first-marine-wireless-charging-and-mooring-concept> (sjekket 25.02.2022).
- [42] T. Stensvold. «*Revolusjonerende*» norsk system: Fortøyer og lader skip i én operasjon. Jan. 2016. URL: <https://www.tu.no/artikler/revolusjonerende-norsk-system-fortoyer-og-lader-skip-i-en-operasjon/276497> (sjekket 19.05.2022).

- [43] *Charging – Marine vessel charging systems*. en. URL: <https://www.wartsila.com/marine/build/electrical-and-power-systems/shore-power/charging> (sjekket 25.02.2022).
- [44] J. Johannesen. *Tekniske tabeller*. 2. utg. J.W. Cappelens Forlag AS, 2002. (Sjekket 03.02.2021).
- [45] *What Is the Density of Stainless Steel?* en-US. Nov. 2021. URL: <https://www.kloecknermetals.com/blog/what-is-the-density-of-stainless-steel/> (sjekket 03.02.2022).
- [46] *Metallemballasje*. no. URL: <https://www.grontpunkt.no/gjenvinning/metallemballasje/> (sjekket 11.02.2022).
- [47] J. Haugan. *Formler og tabeller*. 3. utg. Fagbokforlaget, 2018. (Sjekket 03.02.2021).
- [48] *Resirkulering av aluminium*. no-NO. URL: <https://www.hydro.com/no-NO/aluminium/om-aluminium/resirkulering-av-aluminium/> (sjekket 11.02.2022).
- [49] A. J. Sollied og A. Øvresæt. *Plastkompositter og sandwich-konstruksjoner*. (Sjekket 19.01.2022).
- [50] *Gamle båtvrak kan gjenvinnes*. no. URL: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2011/gamle-batvrak-kan-gjenvinnes-/> (sjekket 11.02.2022).
- [51] DNV. *RULES FOR CLASSIFICATION High speed and light craft Edition August 2021 Part 3 Structures, equipment Chapter 4 Hull structural design, fibre composite and sandwich constructions*. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/RU-HSLC/2021-08/DNV-RU-HSLC-Pt3Ch4.pdf>.
- [52] DNV. *RULES FOR CLASSIFICATION High speed and light craft Edition August 2021 Part 3 Structures, equipment Chapter 3 Hull structural design, aluminium*. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/RU-HSLC/2021-08/DNV-RU-HSLC-Pt3Ch3.pdf>.
- [53] Universell Utforming AS. *Veileder for universell utforming i maritim passasjertransport*. (Sjekket 06.01.2022).
- [54] DNV. *RULES FOR CLASSIFICATION High speed and light craft Edition August 2021 Part 3 Structures, equipment Chapter 1 Design principles, design loads*. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/RU-HSLC/2021-08/DNV-RU-HSLC-Pt3Ch1.pdf>.
- [55] *DNV rules and standards*. URL: [https://rules.dnv.com/ServiceDocuments/dnv/#!/industry/1/Maritime/2/Rules%20for%20classification:%20High%20speed%20and%20light%20craft%20\(RU-HSLC\)](https://rules.dnv.com/ServiceDocuments/dnv/#!/industry/1/Maritime/2/Rules%20for%20classification:%20High%20speed%20and%20light%20craft%20(RU-HSLC)) (sjekket 05.05.2022).
- [56] Arne Jan Sollied, M.Sc. Naval Architecture and Marine Engineering. «MARINE KONSTRUKSJONER». en. I: (), s. 51.
- [57] *Hogging-and-sagging-of-ship-hull.png (850×279)*. URL: <https://www.researchgate.net/profile/Linus-Fagerberg-2/publication/228891097/figure/fig2/AS:300821259538433@1448732785170/Hogging-and-sagging-of-ship-hull.png> (sjekket 04.05.2022).
- [58] *Poisson's ratio — mechanics — Britannica*. en. URL: <https://www.britannica.com/science/Poissons-ratio> (sjekket 12.05.2022).

Figurer

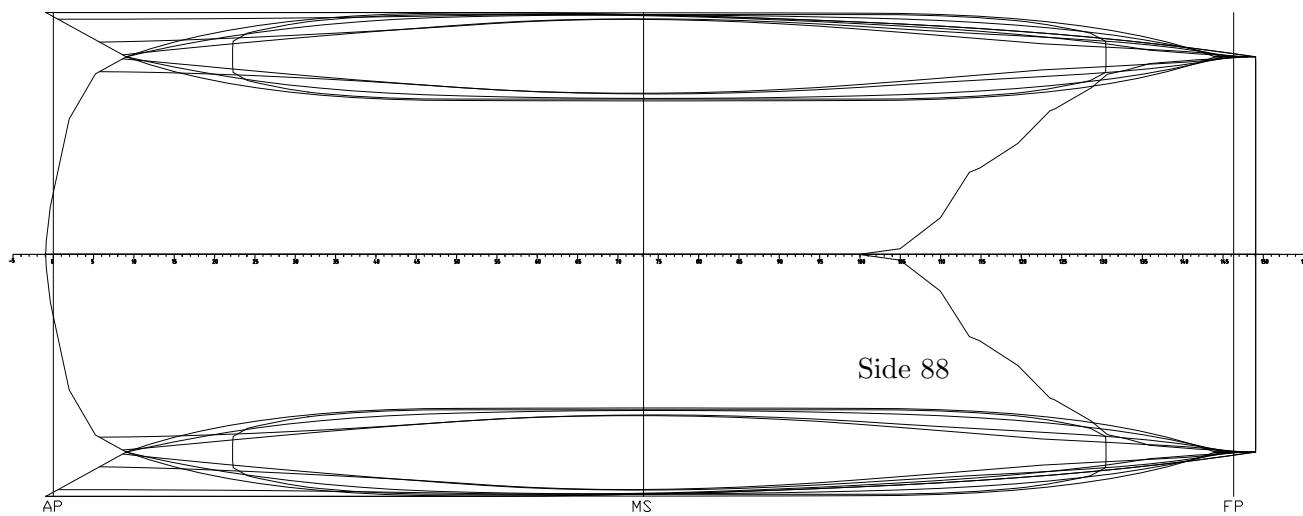
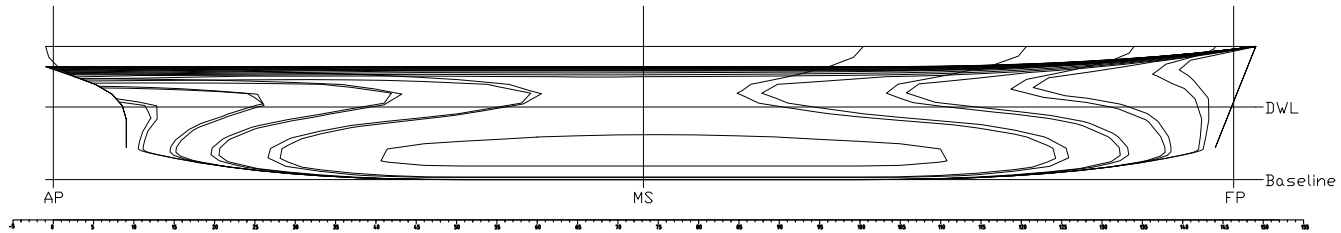
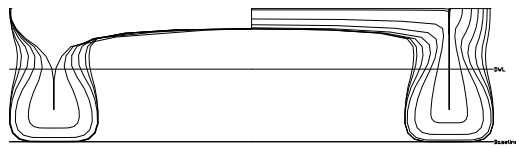
6.1	Designspiralen, punkt for punkt [1]	10
8.1	Planlagt strekning Hellesylt-Geiranger[3]	12
8.2	Rutetabell for 1000 pax fordelt på 2 båter	13
8.3	Rutetabell for 2500 pax fordelt på 5 båter	13
9.1	Brim [4]	14
9.2	Future of the fjords [6]	14
9.3	Geirangerfjord II [8]	14
9.4	Sammenlikning av enkeltskrog, katamaran og SWATH. Viser forskjell i vannlinje-areal og bølgebevegelser[9]	15
9.5	Typisk bruk av trimaranskrog på hurtiggående ferger[11]	16
9.6	Tabell for typiske dødvektskoeffisienten for ulike skipstyper. [12]	17
9.7	Diagram som kan hjelpe under valg av skrogform [12]	18
9.8	Endelig konseptskisse	19
10.1	Statistikk, lengden på x-aksen, passasjerantall på y-aksen	21
10.2	Statistikk, passasjerantall på x-aksen, bredden på y-aksen	22
10.3	Statistikk, passasjerantall på x-aksen, dybde i riss på y-aksen	23
10.4	Statistikk, passasjerantall på x-aksen, dypgang på y-aksen	24
10.5	Statistikk, passasjerantall på x-aksen, deplasement på y-aksen	25
11.1	Tradisjonell katamaran utformet i Maxsurf	27
11.2	Konsept for SWATH utformet i Maxsurf	28
11.3	Oppdatert konsept for SWATH utformet i Maxsurf	28
12.1	Resulterende bølger for SWATH i 18 knop	31
12.2	Manuelle beregninger for friksjonsmotstanden for begge skrogformer	32
12.3	Pusset og limte skrog klar for epoksy	33
12.4	Modell ferdig montert i slepetank med vekter ombord på korrekt vannlinje	34
12.5	Sammenlikning av slepemetstand målt i slepetanken og de beregnet i Maxsurf Resistance	35
14.1	Tegning på hvordan en brenselcelle fungerer[35]	38
14.2	Beregning av energiforbruk	41
14.3	Beregning av energiforbruk for runde 2	41
14.4	Beregning av energimengde for de ulike energiformene	42
14.5	Beregning av energimengde for runde 2	42
14.6	Konsept for maritim trådløs lading og fortøyning [41]	43
15.1	Sammenlikning av strukturvekt for aluminium og karbonfiber	46
16.1	Bottom deck tegnet i generalarrangementet	47
16.2	Tween deck tegnet i generalarrangementet	48
16.3	Main deck tegnet i generalarrangementet	48
16.4	Upper deck tegnet i generalarrangementet	49
16.5	Bridge deck tegnet i generalarrangementet	50
16.6	Nytt deksplan for bottom deck	51
16.7	Toppen av tunnel, hvor komponentene fra tidligere tween deck er implementert	51
17.1	Beregning for trykk og glasstykkelse på main deck	53
17.2	Tanker og rom definert i Maxsurf Stability	54
17.3	Downflooding points definert i Maxsurf Stability	55
17.4	Nytt tank- og romarrangement	57

18.1	Sammenlikning av hogging og sagging [57]	59
18.2	Momentkurve for lastkondisjonen ”kritisk tilfelle hogging” for runde 1 viser største moment = 147 tm = 1442kNm	60
18.3	Momentkurve for lastkondisjonen ”kritisk tilfelle hogging” for runde 2 viser største moment = 178tm = 1746kNm	60
18.4	Kritiske design bøyemomenter runde 1	61
18.5	Kritiske design bøyemomenter runde 2	61
18.6	Etablering av kritisk snitt	62
18.7	Krav til minste platetykkelser og valgte dimensjoner	63
18.8	Krav til minste motstandsmoment og valgte dimensjoner for runde 1	65
18.9	Krav til minste motstandsmoment og valgte dimensjoner for runde 2	65
18.10	Kritisk snitt i spant 77	66
18.11	Motstandsmoment for kritisk snitt runde 1	66
18.12	Motstandsmoment for kritisk snitt runde 2	66
18.13	Opptredende langskipsspenninger i dekk og bunn	67
18.14	Opptredende langskipsspenninger i dekk og bunn runde 2	67
18.15	Beregning av minste motstandsmoment i henhold til regelverk	68
18.16	Valgte profiler med tilfredstillende motstandsmoment runde 1	69
18.17	Opprinnelig bærerstruktur i kritisk snitt runde 1	69
18.18	Endringer i bærerstruktur i kritisk snitt runde 2	69
18.19	Tverrsnitt med utbredt last som følge av trykk definert i 3D Beam	70
18.20	Valgte profiler med tilfredstillende motstandsmoment runde 2	70
18.21	Beregning av kritiske spenninger med utnyttelsesgrad for ulike plateelementer runde 1	71
18.22	Beregning av kritiske spenninger med utnyttelsesgrad for ulike plateelementer runde 2	71
18.23	Påvirkende momenter om tverrskipet runde 1	72
18.24	Påvirkende momenter om tverrskipet runde 2	72
18.25	Kritisk snitt av fartøyet i langskipsretning	73
18.26	Motstandsmoment for snitt av skroget i langskipsretning runde 1	73
18.27	Motstandsmoment for snitt av skroget i langskipsretning runde 2	73
18.28	Opptredende tverrskipsspenninger runde 1	74
18.29	Opptredende tverrskipsspenninger runde 2	74
18.30	Bottom deck i klassetegning	75
18.31	Toppen av tunnelen i klassetegning	75
18.32	Main deck i klassetegning	76
18.33	Upper deck i klassetegning	76
18.34	Bridge deck i klassetegning	77
18.35	Profil av fartøyet fra senter i klassetegning	77
18.36	Tverrsnitt av fartøyet i spant 77	78
A.1	Beregning av slepemotstand for fullskala fartøy basert på målinger i modellforsøk	91
A.2	Beregning av nøytralakse med tilhørende motstandsmoment for dekk og bunn	92
A.3	Beregning av kritiske design bøyemomenter som virker på skrogbjelken	93
A.4	Beregning av minimum platedimensjoner	94
A.5	Beregning av minimum treghetsmoment og endelige dimensjoner for stivere i henhold til regelverk	95

A.6	Beregning av minimum treghetsmoment og endelige dimensjoner for bærere i henhold til regelverk	96
A.7	Kontroll for buling i dekk, side og bunnplate	97
A.8	Beregning av tverrsnittsdata i langskipsretning for beregning av tverrskips spenninger	98
A.9	Opptredende momenter for kritisk snitt satt opp i $3D - beam$	99
A.10	Opptredende skjærkrefter for kritisk snitt satt opp i $3D - beam$	100

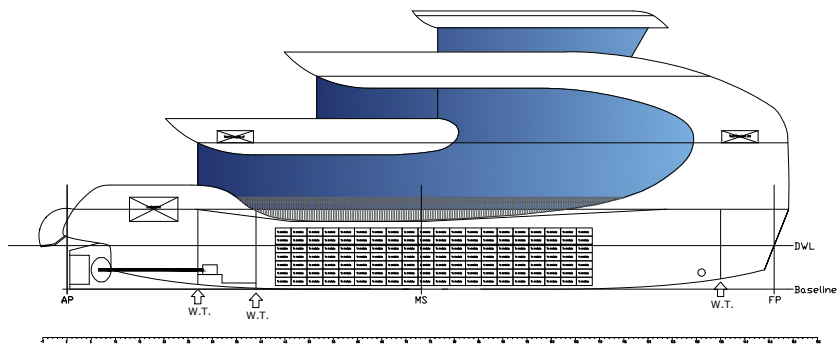
A Vedlegg

A.1 Linjetegning

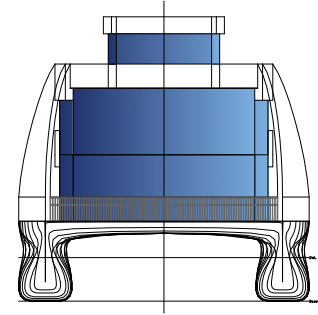


Date	16.05.2022	Konstr./Tegnet	J.V./H.B-S	Tracet	Målestok	1 : 150	NTNU Pod-Skip	
Kontroll		Stat/konstr.		Godkjent	Prosjektmetode			
Linjetegning SWATH							Erstalling for:	Erstallet av:
							001	
Henvist til				Beregning		Gruppe		

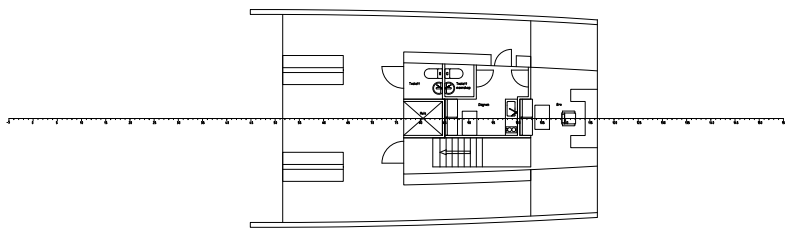
A.2 Generalarrangement



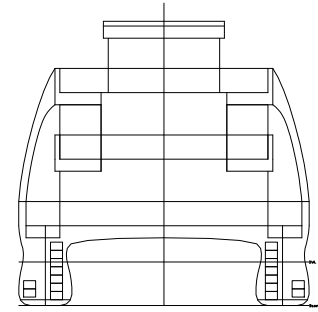
Bridge Deck
Upper Deck
Main Deck



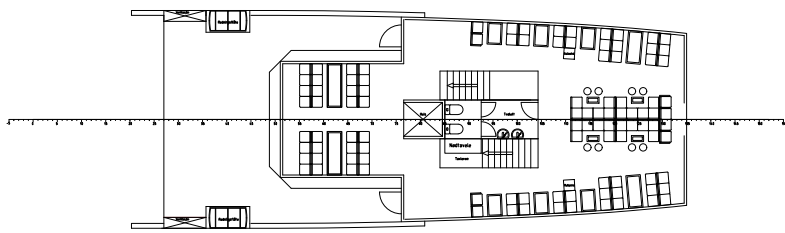
Front View



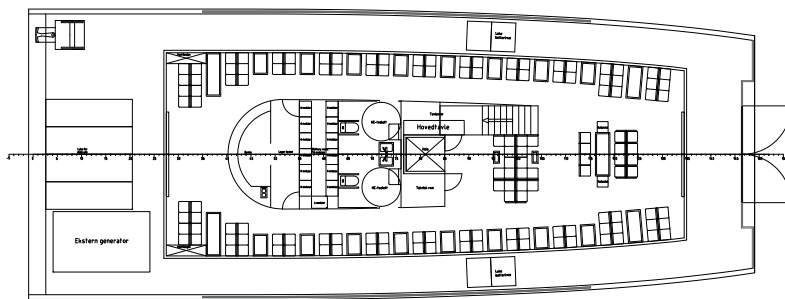
Bridge Deck



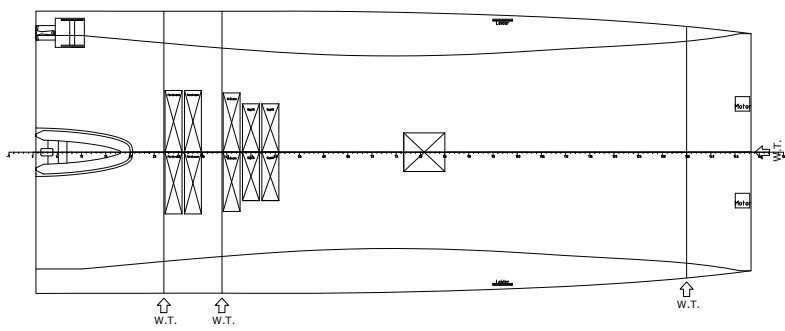
Rear View



Upper Deck
112 Seats



Main Deck
138 Seats



Side 89

Top of tunnel

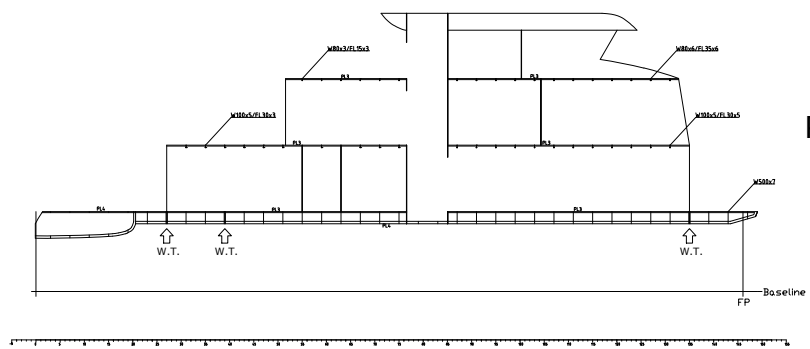


Bottom Deck

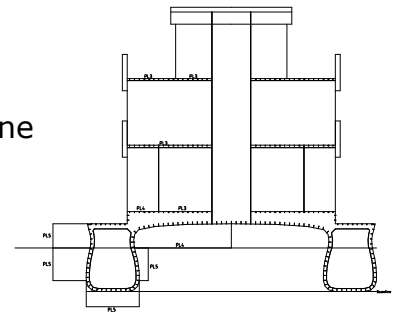


Dato 14.05.2022	Konstr./Tegnet J.V./H.B.-S	Tracet	Målestokk 1 : 250	NTNU Pod-Skip
Kontroll	Standkontr.	God-jent	Prosjektjonsmetode	
Generalarrangement SWATH				Erstalling for: 001
Nærvisning		Beregning	Gruppe	

A.3 Klassestegning

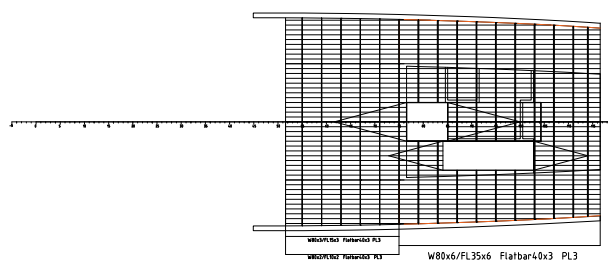


Profile, centerline

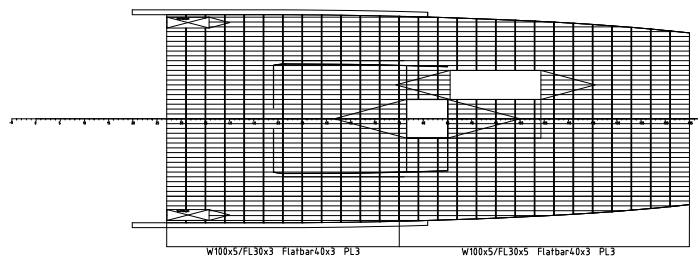


Bridge Deck
Upper Deck
Main Deck

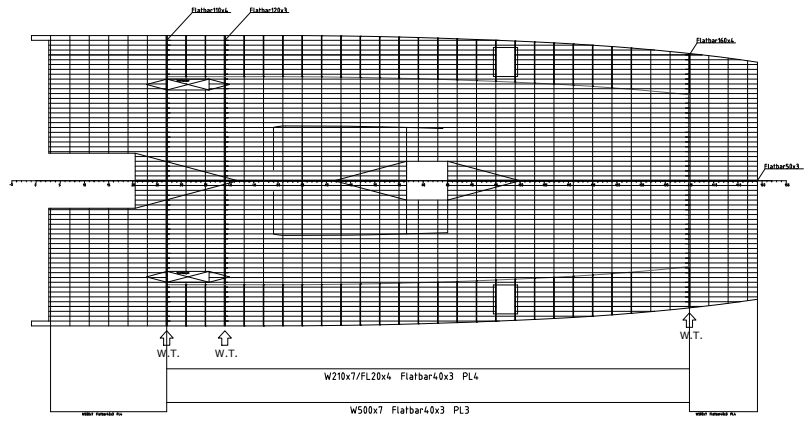
Kritisk snitt #77



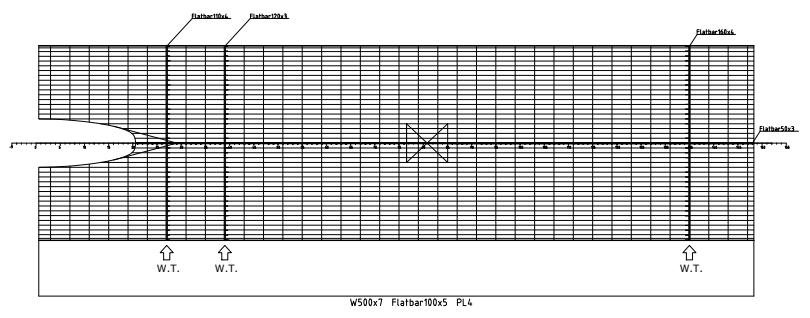
Bridge Deck



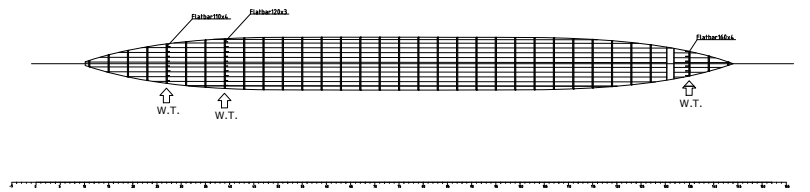
Upper Deck



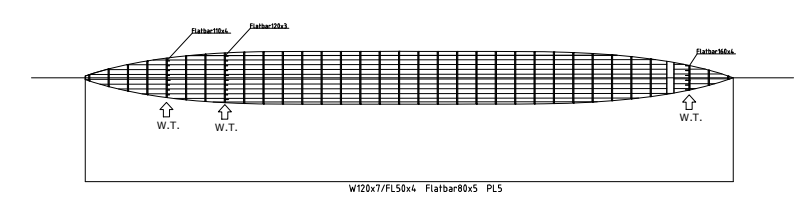
Main Deck






Side 90



Top of tunnel



Bottom Deck

Stiffner 
Girder 
W.T bulkhead 

Date 13.05.2022	Konstr/Teget J.V/H.B-S	Tracet	Målestok 1 : 250	NTNU Pod-Skip	
Kontroll	Stat/kontr.	Godkjent	Prosjektsjansmetode		
Klassestegning SWATH				Erstafning for:	Erstaflet av:
				001	
Henvistning		Beregning	Gruppe		

A.4 Motstandsberregning modellforsøk

Modellforsøk - beregning av slepemotstand

Modell

λ	Skala	30
ρ	Tetthet (kg/m ³)	1000
S_m	Våt overflate (m ²)	0,29

18 knop

V_m	Hastighet (m/s)	1,66
R_{Tm}	Slepemotstand (N)	4,655
C_T	Motstandskoeffisient	0,0115

9 knop

V_m	Hastighet (m/s)	0,846
R_{Tm}	Slepemotstand (N)	0,897
C_T	Motstandskoeffisient	0,0085

4 knop

V_m	Hastighet (m/s)	0,376
R_{Tm}	Slepemotstand (N)	0,092
C_T	Motstandskoeffisient	0,0044

Fullskala

ρ	Tetthet (kg/m ³)	1025
S_s	Våt overflate (m ²)	265

18 knop

V_m	Hastighet (knop)	18
	Hastighet (m/s)	9,3
R_{Tm}	Slepemotstand (kN)	133,6
C_T	Motstandskoeffisient	0,0115
P_E	Nødvendig effekt (kW)	1237,4

9 knop

V_m	Hastighet (knop)	9
	Hastighet (m/s)	4,6
R_{Tm}	Slepemotstand (kN)	24,8
C_T	Motstandskoeffisient	0,0085
P_E	Nødvendig effekt (kW)	114,8

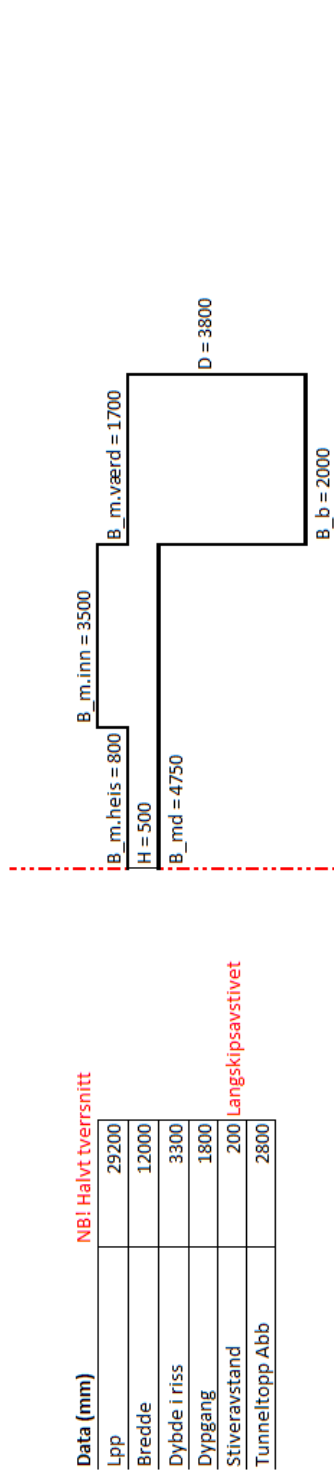
4 knop

V_m	Hastighet (knop)	4
	Hastighet (m/s)	2,1
R_{Tm}	Slepemotstand (kN)	2,5
C_T	Motstandskoeffisient	0,0044
P_E	Nødvendig effekt (kW)	5,2

Figur A.1: Beregning av slepemotstand for fullskala fartøy basert på målinger i modellforsøk

A.5 Beregning av tverrsnittsdata tverrskip

Cross section properties #77



Deck	AB, BL	Bredde	Platetykkelse (mm)	Stiverprofil	Areal stiver (mm ²)	t_eqv stiver (mm)	t_eqv (mm)	Areal (mm ²)	Avstand nøytralakse	Steiner bidrag
Bunn	1	2000	5	Flatbar 80x5	400	2,0	7,0	14000,00	14000	66561151207
Hoveddekk (innendørs)	3300	4300	3	Flatbar 40x3	120	0,6	3,6	15480,00	51084000	19367819918
Hoveddekk (værdekk)	2800	1700	4	Flatbar 40x3	120	0,6	4,6	7820,00	21896000	2991951346

Vertical	Nøytralakse	Høyde	Platetykkelse (mm)	Stiverprofil	Areal stiver (mm ²)	t_eqv stiver (mm)	t_eqv (mm)	Areal (mm ²)	Avstand nøytralakse	Steiner bidrag	Egentreghet
2x Side under vannlinje	900	1800	5	Flatbar 80x5	400	2,0	7,0	25200,00	22680000	41381360405	3402000000
Utside over vannlinje	2550	1500	4	Flatbar 60x4	240	1,2	5,2	15600,00	39780000	368,5	2118918862
Innside over vannlinje	3150	5417	4	Flatbar 100x5	500	2,5	6,5	35210,5	110913075	968,5	33030496555
Longitudinal bulkhead	3050	500	3	Flatbar 50x3	150	0,8	1,9	937,50	2859375	868,5	707228264,7

Total 114248 249226450 1,66159E+11 90985114886

Nøytralakse (mm)	2181,5
------------------	--------

Section modulus	
Z _B (mm ³)	235755013
Z _D (mm ³)	459781582

Figur A.2: Beregning av nøytralakse med tilhørende molstandsmoment for dekk og bunn

A.6 Beregning av globale bøyemomenter

Design bending moments

Data		
Δ	DeplACEMENT (t)	153
Lwl	Vannlinjelengde (m)	27,49
f_r		0,6
C_w		1,31952
B_{wl}		1,838
B_{WL2}		3,676
B_{tm}		8
C_b	Blokk-koeffisient	0,69
z		3,3
T	Dypgang (m)	1,8
k_2		0 <i>Minimum 0</i>
k_3		0 <i>Minimum 0</i>
a_{CG}		9,81 <i>R4</i>

Still water bending moments Msw (kNm)

Hogging	2103	<i>0,5*\Delta*L in hogging if not known</i>
Sagging	0	<i>0 in sagging if not known</i>

Wave load conditions Mw (kNm)

Hogging	817	<i>0,19*C_w*L^2*(B_{WL2}+k_2*B_{tm})C_B in hogging</i>
Sagging	1378	<i>0,14*C_w*L^2*(B_{WL2}+k_3*B_{tm})*(C_B+0,7) in sagging</i>

Twin hull pitch connection moment (kNm)

M_p	5158
-------	------

Maxsurf bending moments(kNm)

Hogging	1736,37
Sagging	0 <i>Eksisterer ikke</i>

Critical moments (kNm)

$M_{hogging(total)}$	8078
$M_{sagging(total)}$	6536

Figur A.3: Beregning av kritiske design bøyemomenter som virker på skrogbjelken

A.7 Beregning av platedimensjoner

Plating calculations

	Bottom		Sides				Hoveddekk		Upper deck		Bridge deck		Bulkheads		
	Under vannlinje	Ut over vannlinje	Inn over vannlinje	Inne	Værdekk	Inne	Værdekk	Inne	Værdekk	Inne	Værdekk	Collision	Watertight	Tank	Longitudinal
	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	220	180	220
Allowable bending stress (N/mm ²)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	220	180	220
a: Load intensity factor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2			
ho (m)	1,8	1,8	0	0	0	1,5	1,5					1,8			
ks	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5					7,5			
hb													3,3		0,5
Distributed load (t/m ²)						0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3				
av (m/s ²)															19,6
hs															1,8
hp															1,8
Areal (m ²)															
Hc (minimum distance from WL in m)						280									
HL						1									
k	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
r (radius of curvature in m)						20									
kr (correction factor for curved plates)						0,995									

Design Pressures (kN/m²)

p (slamming pressure)						23,1										5
p (Sea pressure)	27,6	27,6		12,0		12,0	4,5					55,2	33			20,1 12,1 28,1
p (distributed load)							3,8	3,8	3,8	3,8	3,8					
p (Total pressure)	27,6	27,6		12,0		23,1	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	55,2	33,0		28,1	5,0

Minimum plate thicknesses (mm)

to (mm)	4	4		3,5		3,5	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3
t (minimum)	4,4	4,4		3,7		3,7	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	3,5	2,9	2,3	2,9	3,5	2,9

Pressure and slamming minimum thicknesses (mm)

t (lateral pressure)	1,8	1,8		1,2		1,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	2,5	1,7	0,7	1,5	0,7
t (slamming)						1,6										
t (total)	1,8	1,8		1,2		1,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	2,5	1,7	0,7	1,5	0,7

Final plate thicknesses (mm)

t (Final)	5	5		4		4	3	4	3	3	3	4	3	3	4	3
-----------	---	---	--	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Figur A.4: Beregning av minimum platedimensjoner

A.8 Beregning av stiverdimensjoner

Stiffener calculations

	Buttom		Sides				Hoveddekk		Upper deck		Bridge deck		Bulkheads		
	Under vannlinje	Ut over vannlinje	Inn over vannlinje	Inne	Værdekk	Inne	Værdekk	Inne	Værdekk	Inne	Værdekk	Collision	Watertight	Tank	Longitudinal
Individual data	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	200	160	200
Allowable bending stress (N/mm ²)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2			
a: Load intensity factor	1,8	1,8	0	0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8				
h0 (m)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5				
ks															
hb													3,3		0,5
Distributed load (t/m ²)															
av (m/s ²)															
hs															
hp															
Areal (m ²)															
Hc (minimum distance from WL in m)															
HL															
k	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02				
r (radius of curvature in m)															
kr (correction factor for curved plates)															
Value of m	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	125	125	125	125

Design Pressures (kN/m²)

p (Total pressure)	27,6	27,6	12,0	3,8	4,5	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	55,2	33	28,1	5,0
--------------------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	----	------	-----

Minimum section modulus (cm³)

Z _{bending}	9,4	9,4	4,1	7,8	1,3	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	27,6	13,2	14,0	2,0
Z _{slamming}				10,88											
Z _{minimum}	9,4	9,4	4,1	10,9	1,3	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	27,6	13,2	14,0	2,0

Minimum areas (mm²)

Minimum connection area	30,9	30,9	13,4	25,9	4,3	5,0	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	61,8	37,0	31,5	5,6
Minimum shear area (slamming)				20,6											

Final stiffener profile

Profile	Flatbar 80x5	Flatbar 80x5	Flatbar 60x4	Flatbar 100x5	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 160x4	Flatbar 120x3	Flatbar 110x4	Flatbar 50x3
Z	10,4	10,4	4,8	12,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	29,9	13	14,9	2,5
Area (mm ²)	400	400	240	500	120	120	120	120	120	120	120	640	360	440	150
t _{eqv stiver} (mm)	2,0	2,0	1,2	2,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	3,2	1,8	2,2	0,8

Figur A.5: Beregning av minimum treghetsmoment og endelige dimensjoner for stivere i henhold til regelverk

A.9 Beregning av bærerprofiler

Buttom longitudinal calculations

	Buttom		Sides				Tunell	Maindeck		Upper deck		Bridge deck					
	Innside under vannlinje	Utside under vannlinje	Ut over vannlinje	Innside over vannlinje	Flatbar 60x4	Flatbar 100x5		Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Værdekk side	Værdekk akter og forrut	Inne	Værdekk	Akter senter	Akter side	Forrut	
Individual data																	
Stiffener profile	Flatbar 80x5	Flatbar 80x5	Flatbar 80x5	Flatbar 80x5	Flatbar 60x4	Flatbar 100x5	Flatbar 100x5	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	Flatbar 40x3	
t _{eqv} (mm)	7,0	7,0	7,0	5,2	7	6,5	6,5	4,6	4,6	4,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	
f _z	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
p (Total pressure)	27,6	27,6	27,6	12,0	27,6	23,1	23,1	4,5	4,5	4,5	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
σ	160,0	160,0	160,0	160,0	160	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160	
S - Girders span (m)	2	1,8	1,8	1,5	1,5	1,5	3,8	1,7	6	4,23	4,3	2,4	1,9	4,2	4,2	4,2	
Minimum section modulus (cm³)																	
Z _{0,9vz021}	55,2	44,7	44,7	13,5	13,5	26,0	166,7	5,5	68,2	29,1	30,1	9,4	5,9	28,7	28,7	28,7	
Minimum dimensions																	
Profile (Web + Flange)	80x8 + 8x45	80x8 + 8x35	80x8 + 8x35	65x8	65x8	185x8 + 8x100	12x8	35x8	100x5+5x30	100x5 + 3x30	80x3 + 3x15	80x2 + 2x10	80x6 + 6x35				
Tregghetsmoment (cm³)	46,1	39,5	39,5	12	12	227,8	5,6	37	30,2	30,2	9,9	5,9	28,6				
Calculated dimensions (3D-beam)																	
Profile (Web + Flange)	120x7 + 4x25	130x7 + 4x25	130x7 + 4x25	150x7 + 8x80	150x7 + 5x40	150x7 + 8x80	210x7 + 4x20										
Boyspenning	142	157	157	155	154	152	44	149									
Skjærspenning	31	34	34	24	34	21	20	20									
Tregghetsmoment (cm³)	57,4	51,9	51,9	82,4	183,4	144	183,4	110,2									
Final dimensions																	
Profile (Web + Flange)	120x7 + 4x25	130x7 + 4x25	130x7 + 4x25	150x7 + 8x80	150x7 + 5x40	150x7 + 8x80	210x7 + 4x20	3,6x800 + 500x7 + 6,5x800	100x5+5x30	100x5 + 3x30	80x3 + 3x15	80x2 + 2x10	80x6 + 6x35				
Area	1040	1010	1010	1250	1690	1690	3500	1550	650	590	285	180	690				
t _{eqv} bærer (mm)	1,3	1,3	1,3	1,6	1,6	2,2	2,2	1,9	0,8	0,7	0,4	0,2	0,9				

Figur A.6: Beregning av minimum tregghetsmoment og endelige dimensjoner for bærere i henhold til regelverk

A.10 Beregning av buling i skrogplater

Buckling control

E-modul (N/mm ²)	69000
Poissons rate	0,33
Avstand	200
Korrosjonstillegg	0
Stiveravstand (mm)	200
Stiffener span (mm)	800

	Bunn	Maindeck		Skuteside	
		Innendørs	Værdekk	Bunn	Dekk
Effektiv platetykkelse	5,0	3,0	4,0	5,0	4
Bulekoeffisient	4	4	4	1,1	1,1
Eulerspenning	159	57	102	45	29
Yield	250	250	250	250	250
Kritisk spenning	152	57	97	45	29

Opptredende spenning	34	14	14	8,35	26,61
Utnyttelsesgrad	23 %	25 %	15 %	19 %	93 %

	Interpolering skuteside	
	Bunn	Dekk
Avstand dekk-nøytralakse	2180,45	1118,5
Dekkhøyde	1800	500,0
Avstand nøytralakse-skuteside	1280,5	868,5
Opptredende spenning	8,35	26,61

Figur A.7: Kontroll for buling i dekk, side og bunnplate

A.11 Beregning av tverrsnittsdata langskips

Longitudinal cross section properties



Bæreravstand (mm)	800
Høyde (mm)	500

Deck	AB-Tunnel (mm)	Lengde (mm)	t_eqv (mm)	Areal (mm ²)	Avstand nøytralakse	Steiner bidrag
Weather deck aft	500	1287,0	6,2	7963,3125	3981656,25	687082658,5
Acc deck aft	500	10000	5,2	51875	25937500	4475827479
Acc deck fore	500	10142	5,2	52612	26305812,5	4539384229
Weather deck fore	500	2658	6,2	16446	8223187,5	1419009873
Tunnel	1	30000	6,2	185625	185625	7820973050

Vertical	Nøytralakse (mm)	Høyde (mm)	t (mm)	Areal (mm ²)	Avstand nøytralakse	Steiner bidrag	Egentreghet
Bulkhead, collision	250	500	4	2000	500000	3825727	41666667
Bulkhead, watertight	250	500	3	1500	375000	2869295	31250000
Tank bulkhead	250	500	4	2000	500000	3825727	41666667

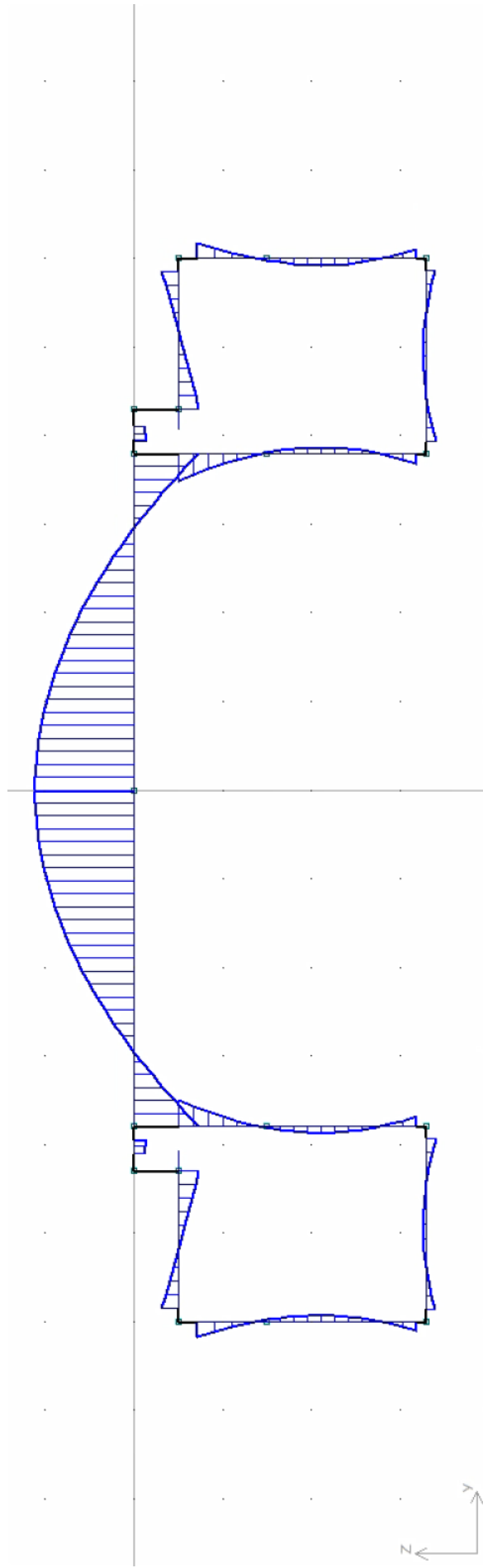
Total	320021	66008781,25	18952798038	114583333
--------------	--------	-------------	-------------	-----------

Nøytralakse (mm)	206
------------------	-----

Section modulus	
Z_B (mm ³)	92441768
Z_D (mm ³)	64913263

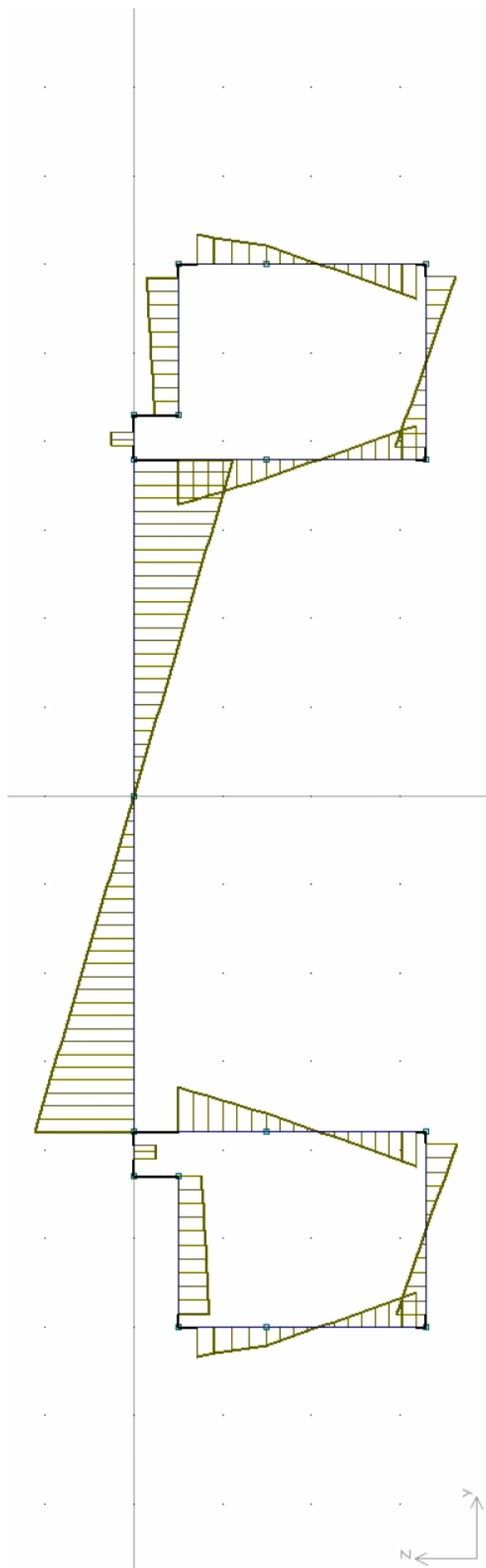
Figur A.8: Beregning av tverrsnittsdata i langskipsretning for beregning av tverrskips spenninger

A.12 Opptredende bøyepenninger i bærerstruktur



Figur A.9: Opptredende momenter for kritisk snitt satt opp i 3D – beam

A.13 Opptredende skjærpenninger i bærerstruktur



Figur A.10: Opptredende skjærkrefter for kritisk snitt satt opp i 3D – beam

A.14 Motstandskurve, motstand vs hastighet

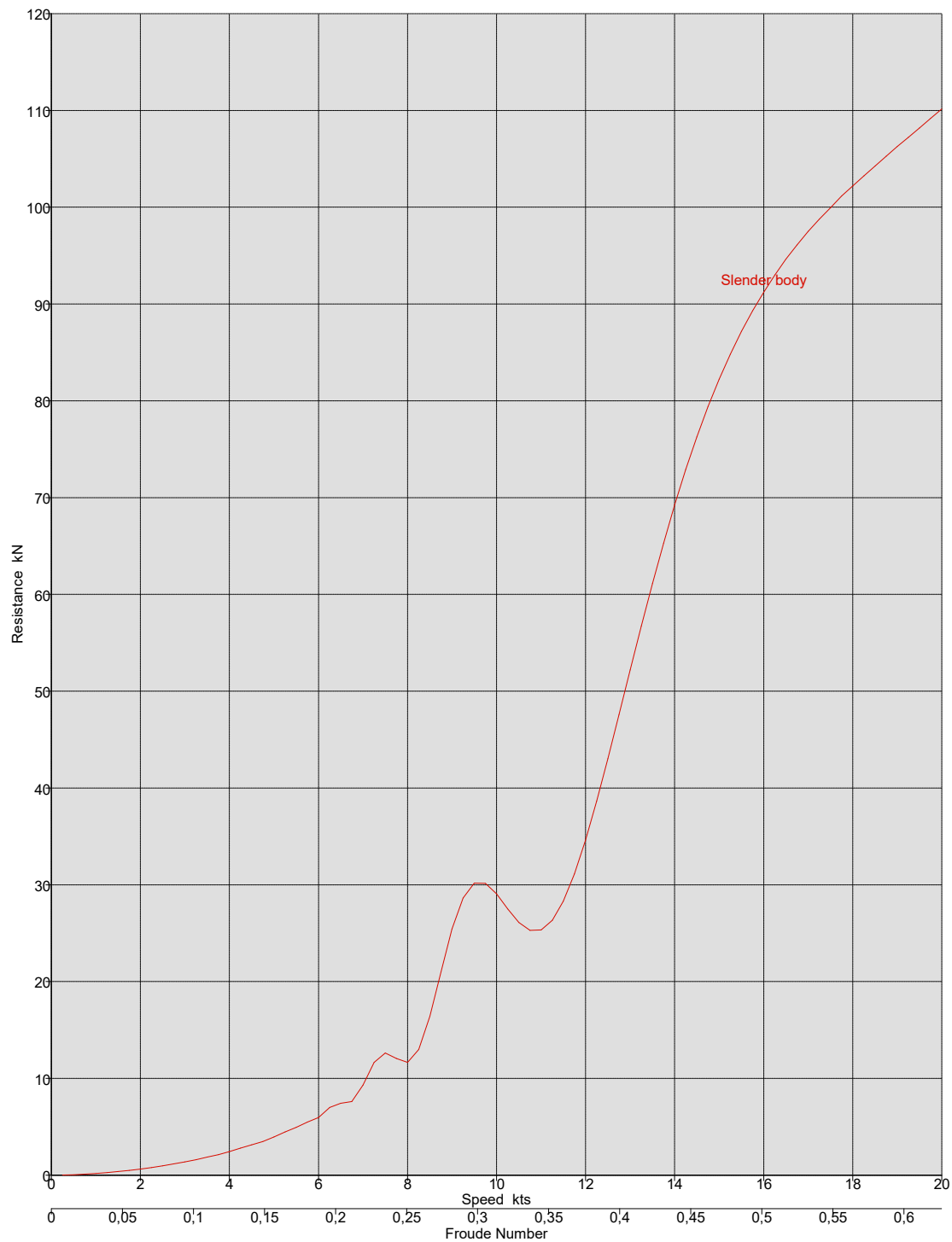
Motstandskurve SWATH: Friction Resistance Coefficient vs Speed

fredag 20. mai 2022

Page 1

Maxsurf Resistance 64-bit 19.0

Z:\OneDrive - NTNU\Bachelor\Linjetegninger\Runde 2\SWATH runde 2.msd



Graph View

A.15 Motstandskurve, effekt vs hastighet

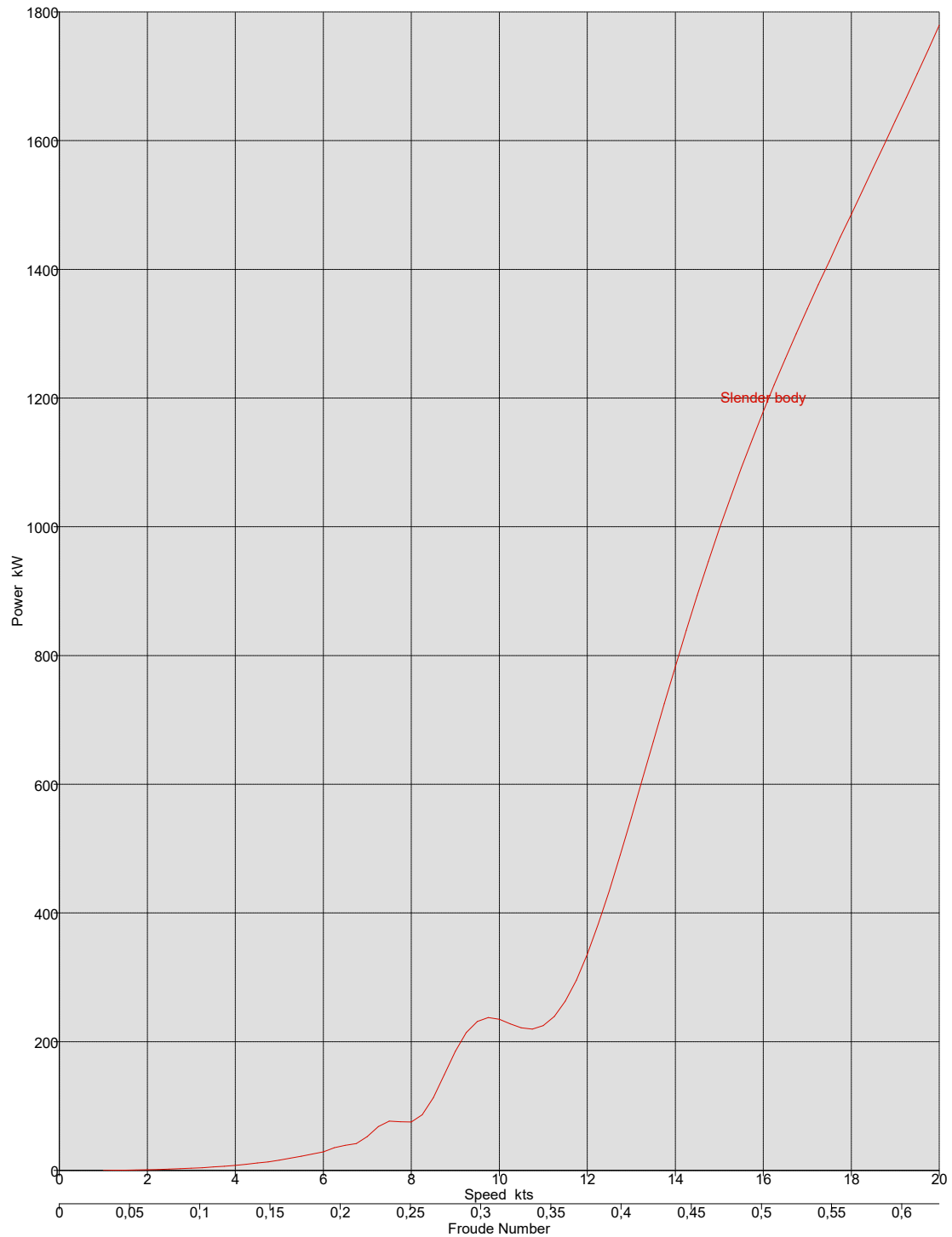
Motstandskurve SWATH: Friction Resistance Coefficient vs Speed

fredag 20. mai 2022

Page 1

Maxsurf Resistance 64-bit 19.0

Z:\OneDrive - NTNU\Bachelor\Linjetegninger\Runde 2\SWATH runde 2.msd



Graph View

A.16 Motstandskurve, friksjonsmotstandskoeffisient vs hastighet

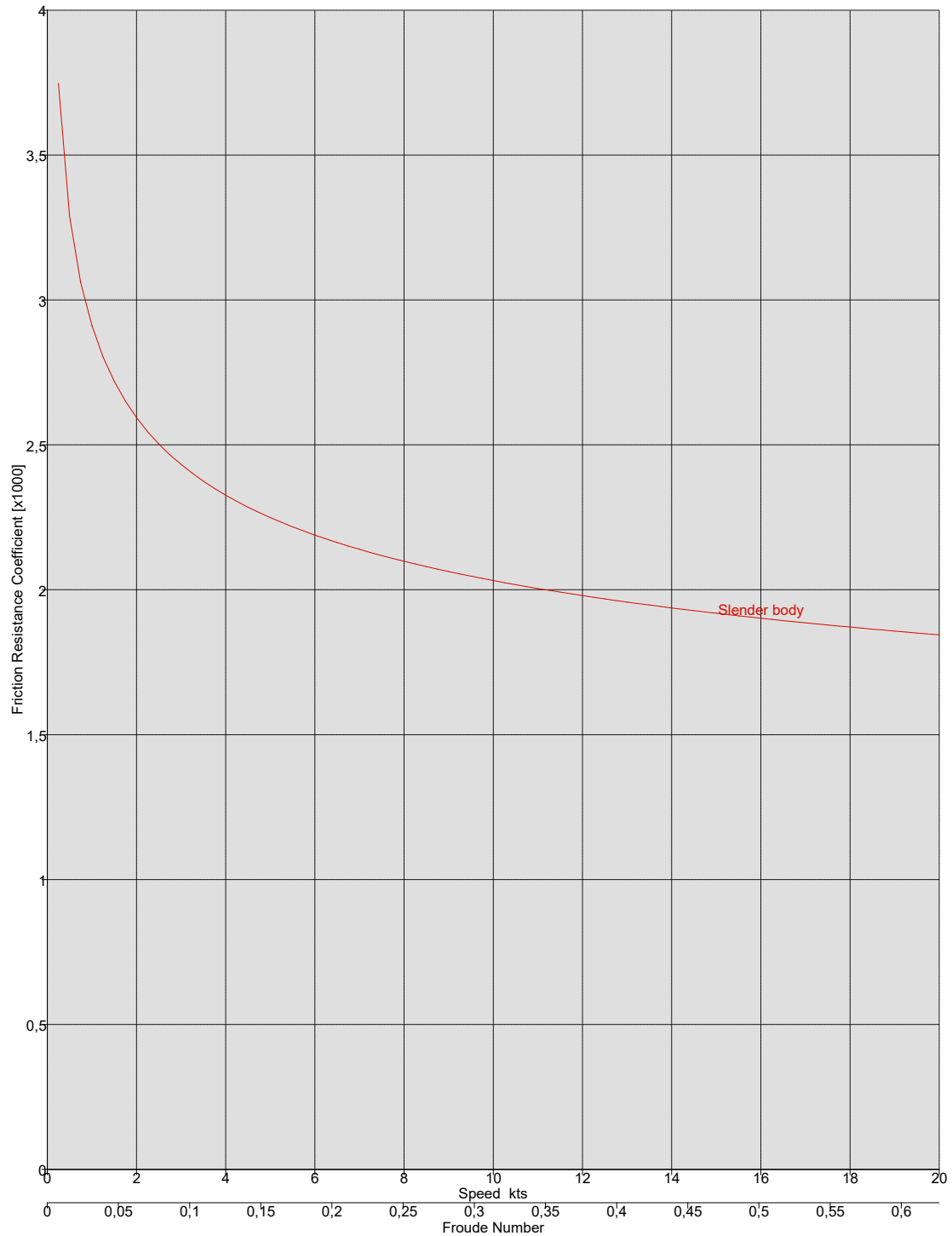
Motstandskurve SWATH: Friction Resistance Coefficient vs Speed

fredag 20. mai 2022

Page 1

Maxsurf Resistance 64-bit 19.0

Z:\OneDrive - NTNU\Bachelor\Linjetegninger\Runde 2\SWATH runde 2.msd



Graph View

A.17 Motstandskurve, bølgemotstand vs hastighet

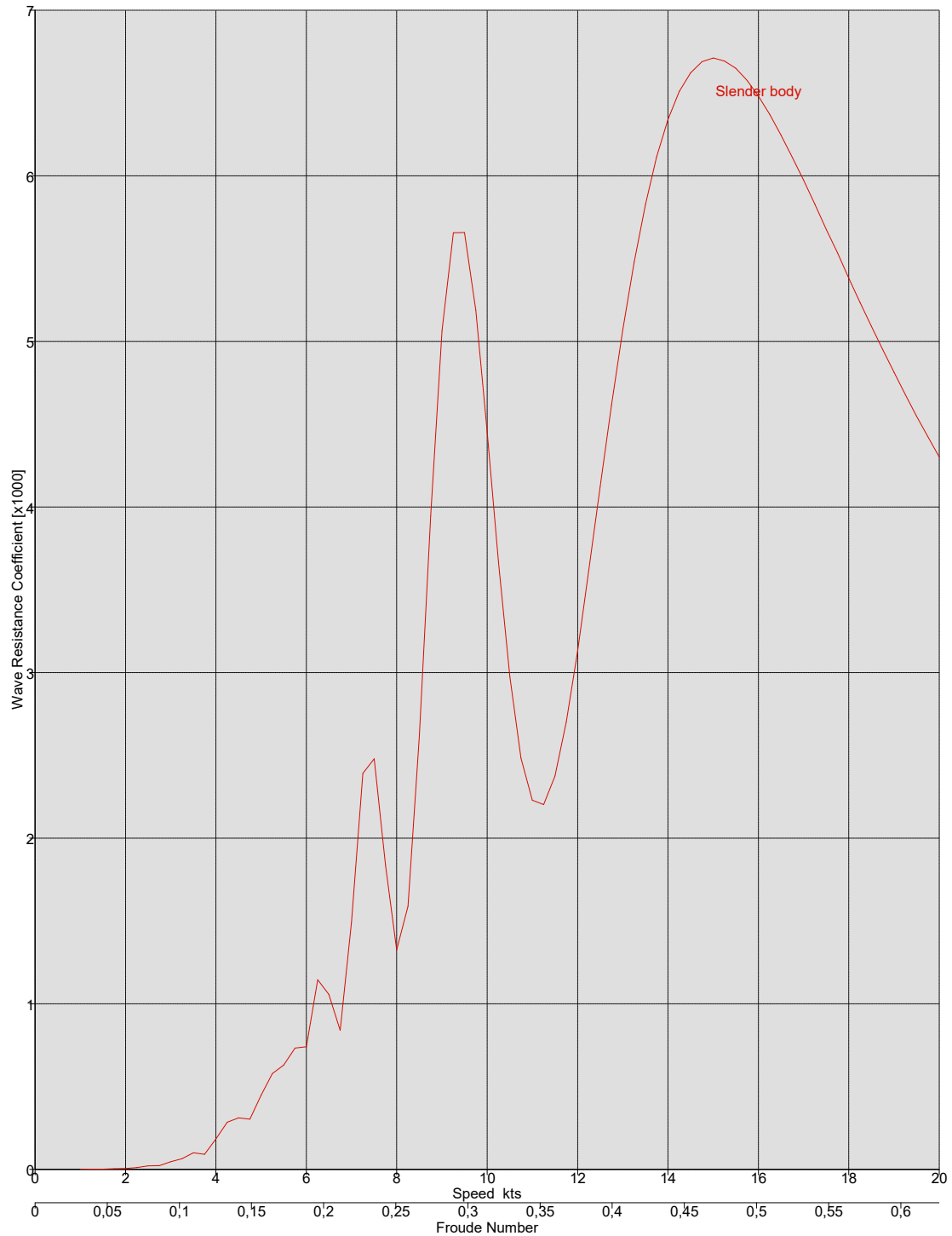
Motstandskurve SWATH: Friction Resistance Coefficient vs Speed

fredag 20. mai 2022

Page 1

Maxsurf Resistance 64-bit 19.0

Z:\OneDrive - NTNU\Bachelor\Linjetegninger\Runde 2\SWATH runde 2.msd



Graph View

A.18 Stabilitetsrapport

Equilibrium Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Lightship Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Skrog bunn og side under dypeste vannlinje	1	5,790	5,790	15,500	1,500	29,100	1,200	0,000	User Specified
Skrog bunn og side over dypeste vannlinje	1	1,420	1,420	15,200	-0,200	29,100	2,990	0,000	User Specified
Skrog bunn og side over dypeste wl, innside	1	6,310	6,310	15,460	0,100	29,100	3,300	0,000	User Specified
Aktre dekk og skott	1	2,510	2,510	5,300	-0,200	10,200	3,700	0,000	User Specified
Midtskips dekk og skott	1	4,500	4,500	16,100	10,200	21,000	6,000	0,000	User Specified
Forskip dekk og skott	1	2,630	2,630	25,400	21,000	30,000	4,700	0,000	User Specified
Overbygg	1	4,640	4,640	17,700	4,050	29,800	6,800	0,000	User Specified
Strukturtilleg 25%	1	6,950	6,950	14,800	-0,200	29,800	3,300	0,000	User Specified
Sidevindu forut for midtskipet	2	0,935	1,870	20,900	14,800	27,000	4,400	0,000	User Specified
Sidevindu aktenfor midtskipet 1	2	0,535	1,070	10,200	5,600	14,800	4,400	0,000	User Specified
Frontvindu 1. dekk	2	0,130	0,260	27,000	27,000	27,000	4,700	0,000	User Specified
Aktervindu 1. dekk	2	0,285	0,570	5,600	5,600	5,600	4,700	0,000	User Specified
Skyvedør front 1. dekk	1	0,240	0,240	27,000	27,000	27,000	4,400	0,000	User Specified
Skyvedør akter 1. dekk	1	0,220	0,220	5,600	5,600	5,600	4,400	0,000	User Specified
Laminatgulv 1. dekk	151	0,007	1,100	15,900	5,600	27,000	3,300	0,000	User Specified
Fremre sidevindu 2. dekk	2	0,735	1,470	21,200	15,300	27,200	7,200	0,000	User Specified
Bakre sidevindu 2. dekk	2	0,280	0,560	12,800	10,300	15,300	7,200	0,000	User Specified
aktervindu 2. dekk	1	0,320	0,320	10,300	10,300	10,300	7,400	0,000	User Specified
Frontvindu 2. dekk	1	0,570	0,570	27,200	27,200	27,200	7,400	0,000	User Specified
Vindu aktervendt v. utgang 2. d	2	0,055	0,110	15,200	15,200	15,200	6,900	0,000	User Specified
Dør utgang 2. dekk	2	0,060	0,120	15,200	15,200	15,200	7,200	0,000	User Specified
Laminatgulv 2. dekk	95,2	0,007	0,690	19,400	10,312	27,054	6,050	0,000	User Specified
Sidevindu 3. dekk	2	0,225	0,450	19,400	15,300	23,500	10,300	0,000	User Specified
Frontvindu 3. dekk	1	0,140	0,140	23,700	23,300	24,200	10,300	0,000	User Specified
Dør inn til trapp 3. dekk	1	0,060	0,060	15,300	15,300	15,300	9,900	0,000	User Specified
Dør inn til toalett 3. dekk	1	0,040	0,040	15,300	15,300	15,300	9,900	0,000	User Specified
Laminatgulv 3. dekk	20	0,007	0,140	20,700	17,000	23,300	8,800	0,000	User Specified
Batteri i skrog liten rekke	40	0,061	2,460	15,100	11,900	18,400	0,700	0,000	User Specified
Batteri i skrog Stor rekke	280	0,062	17,250	14,800	8,600	21,700	1,400	0,000	User Specified
Batterier Batterirom 1. dekk	76	0,062	4,680	11,900	11,012	12,712	4,300	0,000	User Specified
Baugtruster	2	0,020	0,040	26,200	26,062	26,362	0,681	0,000	User Specified
El-motor	2	0,600	1,200	5,900	5,600	6,200	0,800	0,000	User Specified
Aksling	2	0,150	0,300	3,500	1,300	5,600	0,800	0,000	User Specified
Propell	2	0,080	0,160	1,300	1,200	1,400	0,800	0,000	User Specified
Ror	2	0,070	0,140	0,500	0,100	0,900	0,800	0,000	User Specified
Akselopplagring	2	0,100	0,200	3,700	1,800	5,600	0,800	0,000	User Specified
Trapp 1. dekk til 2. dekk	1	0,400	0,400	18,700	16,800	20,600	4,700	0,000	User Specified
fireseter akter 1. dekk	16	0,007	0,110	6,500	6,000	7,000	3,800	0,000	User Specified
Treseter akter 1. dekk	12	0,007	0,080	8,400	8,000	8,900	3,800	0,000	User Specified
Tosetere 1. dekk	56	0,007	0,390	16,200	9,900	22,400	3,800	0,000	User Specified
Tresetere forut 1. dekk	24	0,007	0,170	24,900	23,400	26,400	3,800	0,000	User Specified
Stoler senter forut 1. dekk	12	0,007	0,080	23,800	22,600	25,000	3,800	0,000	User Specified
Sittegruppe ved trapp 1. dekk	18	0,025	0,450	20,300	19,000	21,500	3,800	0,000	User Specified
Bord fireseter sittegruppe akter 1. dekk	2	0,015	0,030	12,500	12,152	12,752	4,000	0,000	User Specified
Bord dobbel sittegruppe 1. dekk	16	0,007	0,120	16,100	9,092	23,202	4,000	0,000	User Specified
Bord trippel sittegruppe forut 1. dekk	2	0,010	0,020	24,800	24,487	25,202	4,000	0,000	User Specified
Bord fireseter sittegruppe forut 1. dekk	1	0,020	0,020	23,500	23,232	23,832	4,000	0,000	User Specified
Bord sittegruppe ved trapp	2	0,005	0,010	20,300	19,022	21,482	4,000	0,000	User Specified
Toalett HC-toalett 1. dekk	2	0,025	0,050	13,100	12,712	13,462	3,550	0,000	User Specified
Vask HC-toalett 1. dekk	2	0,015	0,030	14,100	14,302	13,902	4,050	0,000	User Specified
Stellbord HC-toalett 1. dekk	2	0,010	0,020	15,200	15,112	15,212	3,900	0,000	User Specified
Disk bysse med fastmontert innhold	1	0,300	0,300	8,900	8,050	9,812	4,000	0,000	User Specified
Himling med lys 1.dekk	179,5	0,003	0,538	16,200	5,312	27,154	5,550	0,000	User Specified
Toalett offentlig toalett 2. de	2	0,025	0,050	17,400	17,000	17,800	6,300	0,000	User Specified
Vask offentlig toalett 2. dekk	2	0,015	0,030	19,700	19,200	20,200	7,100	0,000	User Specified
Stoler akterskips 2. dekk	32	0,007	0,220	12,500	11,000	13,900	6,600	0,000	User Specified
Stoler ved heis 2. dekk	3	0,007	0,020	16,100	15,500	16,800	6,600	0,000	User Specified
Dobbeltseter ved vindu 2.dekk	20	0,007	0,140	20,200	18,100	22,400	6,600	0,000	User Specified
Trippelstoler ved vindu 2.dekk	24	0,007	0,170	24,900	23,400	26,400	6,600	0,000	User Specified
stoler sittegruppe senter 2. de	36	0,025	0,900	24,300	22,200	26,400	6,600	0,000	User Specified
Bord akterskips 2. dekk	2	0,015	0,030	12,500	12,200	12,800	6,800	0,000	User Specified
Bord dobbel sittegruppe ved vin	6	0,008	0,050	21,000	18,800	23,300	6,800	0,000	User Specified
Bord trippel sittegruppe ved vi	2	0,010	0,020	24,800	24,500	25,200	6,800	0,000	User Specified
Bord sittegruppe senter 2. dekk	4	0,005	0,020	24,100	22,900	25,200	6,750	0,000	User Specified
Trapp 2. dekk til 3. dekk	1	0,400	0,400	18,700	16,800	20,600	7,400	0,000	User Specified
Himling med lys 2. dekk	113,8	0,003	0,341	18,700	10,312	27,054	8,300	0,000	User Specified
Toalett offentlig toalett 3. de	1	0,030	0,030	16,500	16,200	16,900	9,100	0,000	User Specified
Toalett dagromtoalett 3. dekk	1	0,030	0,030	17,400	17,000	17,800	9,100	0,000	User Specified
Vask offentlig toalett 3. dekk	1	0,010	0,010	16,700	16,500	16,900	9,600	0,000	User Specified
Vask dagromtoalett 3. dekk	1	0,010	0,010	17,200	17,000	17,400	9,600	0,000	User Specified
Dagrom sofa	1	0,040	0,040	17,300	17,000	17,500	9,100	0,000	User Specified
Dagrom bord	1	0,010	0,010	18,000	17,700	18,300	9,500	0,000	User Specified
Dagrom kjøkken	1	0,120	0,120	19,800	19,500	20,000	9,300	0,000	User Specified
Bro Sofa	1	0,040	0,040	20,400	20,100	20,600	9,100	0,000	User Specified
Bro bord	1	0,010	0,010	21,000	20,700	21,300	9,500	0,000	User Specified

Bro stol	1	0,030	0,030	22,100	21,800	22,400	9,200	0,000	User Specified
Bro konsoll	1	0,200	0,200	22,800	22,200	23,300	9,400	0,000	User Specified
Hirmling med lys 3. dekk	34,5	0,003	0,103	19,300	15,312	23,312	11,050	0,000	User Specified
Heiskasse	1	0,300	0,300	16,100	15,300	16,900	10,200	0,000	User Specified
Heisarrangement	1	1,500	1,500	16,200	15,300	17,000	7,400	0,000	User Specified
Anker	1	0,200	0,200	0,500	0,100	0,900	3,300	0,000	User Specified
Ankerkjetting	1	0,250	0,250	1,600	1,200	2,100	3,300	0,000	User Specified
Liferaft	2	0,300	0,600	8,200	7,327	9,137	6,467	0,000	User Specified
MOB båt	1	0,150	0,150	2,100	0,100	4,000	3,000	0,000	User Specified
Glassrekker bak 2. dekk	1	0,220	0,220	5,300	5,300	5,300	6,600	0,000	User Specified
Glassrekker bak 3. dekk	1	0,220	0,220	10,300	10,300	10,300	9,300	0,000	User Specified
Benker akterut 3. dekk	2	0,090	0,180	11,600	10,312	12,812	9,150	0,000	User Specified
Benker langs overbygg 3. dekk	2	0,100	0,200	17,900	15,312	20,562	9,025	0,000	User Specified
Ilاندstigningsrampe	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
Rekkverk side nedsenket dekk 1.	2	0,120	0,240	11,000	7,004	23,034	3,400	0,000	User Specified
Rekkverk forut 1. dekk	1	0,050	0,050	29,500	29,267	29,762	3,900	0,000	User Specified
Ballastsystem	1	0,700	0,700	15,000	5,000	25,000	1,000	0,000	User Specified
Sanitærssystem (Grå og sort vann)	1	1,000	1,000	14,000	7,850	20,112	6,100	0,000	User Specified
Ferskvannssystem	1	1,000	1,000	12,800	5,500	20,100	4,900	0,000	User Specified
Ventilasjonssystem	1	0,660	0,660	15,700	4,300	27,200	6,100	0,000	User Specified
Elektriske kabler	1	3,980	3,980	14,800	-0,200	29,800	4,300	0,000	User Specified
Brannsløkningsssystem	1	1,000	1,000	16,200	5,312	27,154	5,600	0,000	User Specified
Tavle	1	0,500	0,500	16,900	15,312	18,562	4,425	0,000	User Specified
Nødtavle	1	0,250	0,250	17,800	17,012	18,512	7,175	0,000	User Specified
Motor for ilاندstigningsrekker	2	0,300	0,600	29,300	29,012	29,612	3,100	0,000	User Specified
Ladeplate akterut	2	0,600	1,200	3,600	2,572	4,572	3,300	0,000	User Specified
REST	1	6,000	6,000	15,166	-0,188	29,812	3,822	0,000	User Specified
Construction margin (5%)	1	4,900	4,900	15,166	-0,188	29,812	3,822	0,000	User Specified
Design margin (15%)	1	14,700	14,700	15,166	-0,188	29,812	3,822	0,000	User Specified
Future growth margin(10%)	1	9,800	9,800	15,166	-0,188	29,812	3,822	0,000	User Specified
Total Loadgroup			127,423	15,166			3,822	0,000	
FS correction							0,000		
VCG fluid							3,822		

Draft Amidships m	1,459
Displacement t	127,4
Heel deg	0,0
Draft at FP m	1,372
Draft at AP m	1,546
Draft at LCF m	1,453
Trim (+ve by stern) m	0,174
WL Length m	27,244
Beam max extents on WL m	11,817
Wetted Area m^2	223,670
Waterpl. Area m^2	78,616
Prismatic coeff. (Cp)	0,748
Block coeff. (Cb)	0,766
Max Sect. area coeff. (Cm)	1,059
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,720
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	15,146
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,631
KB m	0,759
KG fluid m	3,822
BMt m	15,368
BML m	25,612
GMt corrected m	12,305
GML m	22,549
KMt m	16,127
KML m	26,370
Immersion (TPc) tonne/cm	0,806
MTc tonne.m	0,982
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	27,366
Max deck inclination deg	0,348
Trim angle (+ve by stern) deg	0,348

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 9,632 m)		1,235
Deck Edge (freeboard pos = 9,632 m)		1,311
DF point akter 2. dekk	Downflooding point	4,549
DF point	Downflooding point	4,669

forut 2. dekk	ng point	
DF point skyvedør akter 1. dekk	Downfloodi ng point	1,785
DF point Skyvedør forut 1. dekk	Downfloodi ng point	1,915

Stability Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Lightship
Damage Case - Intact

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	0,000	1,053	2,129	3,397	3,845	3,506	3,137	2,743	2,327	1,892	1,444	0,985	0,519	0,051	-0,410	-0,863	-1,305	-1,731	-2,137
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,000	2,656	10,51	24,43	42,97	61,50	78,08	92,80	105,4	116,0	124,3	130,4	134,2	135,6	134,7	131,5	126,1	118,5	108,8
Displacement t	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4	127,4
Draft at FP m	1,372	1,412	1,566	1,755	1,708	1,344	0,965	0,562	0,114	-0,389	-0,977	-1,701	-2,658	-4,016	-6,122	-9,654	-16,65	-37,05	n/a
Draft at AP m	1,546	1,592	1,592	1,412	0,944	0,391	-0,216	-0,894	-1,660	-2,554	-3,620	-4,923	-6,566	-8,720	-11,67	-16,34	-25,38	-52,21	n/a
WL Length m	27,24	27,68	28,97	29,80	29,95	29,97	29,99	30,02	28,61	28,51	28,40	28,33	28,26	28,21	28,20	28,23	28,30	28,41	28,53
Beam max extents on WL m	11,81	11,84	12,08	12,06	6,146	6,072	5,936	5,668	5,399	5,112	4,799	4,457	4,082	3,675	3,234	3,199	3,258	3,271	3,296
Wetted Area m²	223,6	228,3	241,7	251,0	231,4	233,4	235,5	237,2	238,5	239,8	240,9	241,8	241,9	237,0	232,0	228,3	225,0	222,7	221,1
Waterpl. Area m²	78,61	77,78	85,75	93,05	50,52	43,30	38,13	34,42	31,86	30,22	29,21	28,66	28,97	34,18	39,54	43,51	47,17	50,40	53,69
Prismatic coeff. (Cp)	0,748	0,726	0,677	0,658	0,667	0,666	0,666	0,665	0,697	0,699	0,701	0,701	0,702	0,703	0,702	0,699	0,695	0,698	0,705
Block coeff. (Cb)	0,766	0,564	0,412	0,320	0,573	0,611	0,668	0,729	0,802	0,834	0,859	0,870	0,885	0,529	0,497	0,506	0,533	0,571	0,607
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	15,14	15,14	15,16	15,20	15,26	15,28	15,32	15,35	15,39	15,43	15,46	15,50	15,52	15,53	15,51	15,48	15,43	15,39	15,36
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,63	15,36	14,46	14,83	13,65	13,36	13,23	13,13	13,01	12,84	12,67	12,50	12,28	11,57	11,15	11,12	11,45	11,86	12,44
Max deck inclination deg	0,340	5,012	10,00	15,01	20,04	25,05	30,06	35,06	40,07	45,07	50,08	55,07	60,07	65,06	70,04	75,02	80,01	85,00	90,00
Trim angle (+ve by stern) deg	0,340	0,352	0,050	-0,672	-1,495	-1,864	-2,310	-2,846	-3,468	-4,230	-5,160	-6,283	-7,605	-9,131	-10,74	-12,87	-16,60	-27,39	90,00

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg			
	angle of max. GZ	19,5	deg	19,5		
	first downflooding angle	62,0	deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	4,8364	m.deg	41,2271	Pass	+752,43
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (≥)	10,0	deg	19,5	Pass	+95,45
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v² / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	3,092	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m²			
	height of lateral resistance: H =	6,600	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	3,1, 0,7	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (18,1), 15,0 (15,7)	deg			

	first downflooding angle	62,0	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	58,5, 63,9	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (>=)...				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	24,7650	Pass	+1443,95
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	24,5614	Pass	+1431,26
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,662		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,154		
	Model windage area		m^2	52,611		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,398		
	Total windage area		m^2	211,511		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,901		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	-0,024		
	Area under GZ curve, from 3,1 to 18,1 deg.		m.deg	34,6974		
	Area under GZ curve, from 0,7 to 15,7 deg.		m.deg	26,8712		
	Area under Hpc + Hw, from 3,1 to 18,1 deg.		m.deg	9,9324		
	Area under Ht + Hw, from 0,7 to 15,7 deg.		m.deg	2,3098		
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	3,092	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m^2			
	H = mean draft / 2	0,730	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10,0	deg	0,3	Pass	+97,23
	Intermediate values					
	Model windage area		m^2	52,611		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,398		
	Total windage area		m^2	211,511		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,901		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,059		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	shall be less than (<)	10,0	deg	3,1	Pass	+68,90
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,662		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.1& 2: Combined heeling: Angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - vert. centre of projected lat. u'water area	3,037	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m^2			
	H = waterline	1,459	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
	High-speed turning (Ht)	8,0	deg	0,7	Pass	+91,18
	Hpc + Hw	10,0	deg	3,3	Pass	+67,35
	Ht + Hw	12,0	deg	0,9	Pass	+92,85
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,662		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,151		
	Model windage area		m^2	52,611		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,398		

	point)					
	Total windage area		m ²	211,511		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,901		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,033		

Longitudinal Strength Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Lightship

Damage Case - Intact

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
st 0	29,554	3,115	0,000	0,000	0,000	3,115	-0,661	0,092
st 1	27,246	8,329	-1,593	0,000	0,000	6,736	-5,859	8,624
st 1	24,938	3,557	-3,902	0,000	0,000	-0,345	-8,085	26,489
st 1	22,630	3,648	-5,385	0,000	0,000	-1,737	-5,598	42,838
st 2	20,322	5,135	-5,948	0,000	0,000	-0,813	-2,148	51,104
st 3	18,014	5,680	-6,091	0,000	0,000	-0,411	-0,503	54,136
st 4	15,706	6,301	-6,189	0,000	0,000	0,112	-0,531	54,983
st 5	13,398	5,142	-6,243	0,000	0,000	-1,101	1,355	54,729
st 6	11,090	7,158	-6,237	0,000	0,000	0,921	-0,331	52,440
st 7	8,782	4,956	-6,033	0,000	0,000	-1,077	2,511	50,181
st 8	6,474	2,836	-4,857	0,000	0,000	-2,021	7,739	38,395
st 9	4,166	3,057	-2,599	0,000	0,000	0,458	8,071	20,104

Equilibrium Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Avgang lastet

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	127,423	127,423	15,166			3,822	0,000	
Pax 1. dekk	138	0,085	11,730	15,912	5,312	27,712	4,000	0,000	User Specified
Pax 2. dekk	112	0,085	9,520	19,500	10,312	27,712	6,750	0,000	User Specified
Pax 3. dekk	1	0,085	0,085	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
Last kiosk	1	0,500	0,500	9,800	8,450	11,000	0,000	0,000	User Specified
Tk2 FP S	0%	1,731	0,000	27,128			0,426	0,000	Maximum
Tk1 FP P	0%	1,731	0,000	27,128			0,426	0,000	Maximum
Tk4 Septic akter	0%	1,414	0,000	8,662			2,761	0,000	Maximum
Tk3 Septic forut	0%	1,414	0,000	9,478			2,762	0,000	Maximum
Tk8 FW akter	100%	1,850	1,850	5,800			3,035	0,000	Maximum
Tk7 FW forut	100%	1,844	1,844	6,600			3,036	0,000	Maximum
Tk6 GW S	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk5 GW P	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk9 BW P	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Tk10 BW S	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Total Loadcase			152,952	15,250			3,984	0,000	
FS correction							0,000		
VCG fluid							3,984		

Draft Amidships m	1,804
Displacement t	153,0
Heel deg	0,0
Draft at FP m	1,725
Draft at AP m	1,883
Draft at LCF m	1,799
Trim (+ve by stern) m	0,158
WL Length m	27,510
Beam max extents on WL m	11,685
Wetted Area m ²	263,144
Waterpl. Area m ²	66,148
Prismatic coeff. (Cp)	0,733
Block coeff. (Cb)	0,797
Max Sect. area coeff. (Cm)	1,103
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,647
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	15,233
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,543
KB m	0,903
KG fluid m	3,984
BMT m	10,759
BML m	17,120
GMt corrected m	7,677
GML m	14,039

KMt m	11,66 1
KML m	18,02 3
Immersion (TPc) tonne/cm	0,678
MTc tonne.m	0,734
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	20,49 4
Max deck inclination deg	0,309 7
Trim angle (+ve by stern) deg	0,309 7

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 9,632 m)		0,893
Deck Edge (freeboard pos = 9,632 m)		0,969
DF point akter 2. dekk	Downflooding point	4,209
DF point forut 2. dekk	Downflooding point	4,317
DF point skyvedør akter 1. dekk	Downflooding point	1,446
DF point Skyvedør forut 1. dekk	Downflooding point	1,564

Stability Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Avgang lastet
Damage Case - Intact

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	0,000	0,697	1,598	2,799	3,433	3,319	2,966	2,573	2,156	1,723	1,279	0,829	0,386	-0,048	-0,476	-0,897	-1,313	-1,723	-2,124
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,000	1,710	7,291	18,318	34,245	51,337	67,080	80,937	92,768	102,469	109,979	115,250	118,284	119,125	117,879	114,379	108,850	101,256	91,637
Displacement t	153,0	153,0	153,0	153,0	153,0	152,9	153,0	153,0	153,0	153,0	153,0	153,0	153,0	153,0	152,9	153,0	153,0	153,0	153,0
Draft at FP m	1,725	1,809	1,988	2,073	2,338	2,676	2,797	2,940	3,217	3,598	4,143	4,907	5,760	6,662	7,637	8,909	10,771	15,328	n/a
Draft at AP m	1,883	1,857	1,742	1,591	1,244	0,559	-0,157	-0,974	-1,977	-3,161	-4,613	-6,466	-8,696	-11,478	-15,295	-21,312	-32,802	-66,417	n/a
WL Length m	27,510	28,272	29,475	29,972	29,324	29,123	30,111	30,148	30,158	29,700	28,804	28,687	28,745	28,492	28,294	28,739	29,371	30,264	30,333
Beam max extents on WL m	11,685	11,818	12,134	12,108	9,649	7,803	5,679	5,750	5,550	5,263	4,967	4,622	4,279	3,858	3,452	3,177	3,173	3,171	3,201
Wetted Area m²	263,144	266,923	279,247	300,757	327,253	328,594	328,724	332,026	335,836	339,332	342,836	345,911	347,006	348,136	348,001	347,148	345,455	342,806	340,187
Waterpl. Area m²	66,148	72,859	94,269	108,016	67,924	40,349	30,985	27,704	25,674	24,724	22,829	21,577	22,331	22,581	23,406	24,016	24,312	25,429	26,208
Prismatic coeff. (Cp)	0,733	0,708	0,673	0,668	0,701	0,705	0,677	0,673	0,668	0,673	0,688	0,684	0,677	0,680	0,683	0,673	0,661	0,644	0,646
Block coeff. (Cb)	0,797	0,591	0,414	0,325	0,394	0,602	0,615	0,618	0,553	0,516	0,472	0,372	0,270	0,248	0,249	0,250	0,254	0,265	0,280
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	15,233	15,244	15,272	15,302	15,377	15,507	15,621	15,738	15,884	16,033	16,193	16,359	16,475	16,555	16,577	16,560	16,494	16,394	16,280
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,543	14,917	14,310	14,690	15,482	14,353	13,079	12,889	12,575	12,082	12,264	12,373	11,823	11,597	11,289	11,081	10,934	10,694	10,639
Max deck inclination deg	0,309	5,000	10,011	15,027	20,096	25,262	30,374	35,488	40,613	45,743	50,859	55,955	60,96	65,86	70,70	75,52	80,32	85,14	90,00
Trim angle (+ve by stern) deg	0,309	0,094	-0,481	-0,943	-2,141	-4,138	-5,763	-7,617	-10,063	-13,006	-16,652	-21,236	-26,286	-31,791	-38,081	-45,919	-56,117	-70,301	-90,000

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg			
	angle of max. GZ	21,4	deg	21,4		
	first downflooding angle	24,6	deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	4,4248	m.deg	38,9506	Pass	+780,28
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10,0	deg	21,4	Pass	+113,64

HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	3,082	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g disp.) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m ²			
	height of lateral resistance: H =	6,600	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of angle of equilibrium (with heel arm) to the lesser of	4,0, 1,1	deg			
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (19,0), 15,0 (16,1)	deg			
	first downflooding angle	24,6	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	58,1, 62,7	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (\geq)...				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	21,5032	Pass	+1240,60
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	19,2488	Pass	+1100,05
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,552		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,153		
	Model windage area		m ²	43,230		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,564		
	Total windage area		m ²	202,130		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,053		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	-0,018		
	Area under GZ curve, from 4,0 to 19,0 deg.		m.deg	29,7778		
	Area under GZ curve, from 1,1 to 16,1 deg.		m.deg	21,5512		
	Area under Hpc + Hw, from 4,0 to 19,0 deg.		m.deg	8,2746		
	Area under Ht + Hw, from 1,1 to 16,1 deg.		m.deg	2,3024		
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	3,082	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g disp.) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m ²			
	H = mean draft / 2	0,902	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (\leq)...				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10,0	deg	0,4	Pass	+96,50
	Intermediate values					
	Model windage area		m ²	43,230		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,564		
	Total windage area		m ²	202,130		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,053		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,047		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	shall be less than ($<$)	10,0	deg	4,0	Pass	+59,91
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,552		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.1&.2: Combined heeling: Angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					

number of passengers: nPass =	250				
passenger mass: M =	0,075	tonne			
distance from centre line: D =	4,500	m			
cosine power: n =	0				
Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
constant: a =	1				
vessel speed: v =	16,000	kts			
turn radius: R =	138,720	m			
h = KG - vert. centre of projected lat. u'w water area	3,022	m			
cosine power: n =	0				
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
constant: a =	1				
wind model	Pressure				
wind pressure: P =	56,0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
additional area: A =	158,900	m ²			
H = waterline	1,804	m			
cosine power: n =	0				
Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
High-speed turning (Ht)	8,0	deg	1,1	Pass	+86,02
Hpc + Hw	10,0	deg	4,2	Pass	+58,21
Ht + Hw	12,0	deg	1,3	Pass	+89,17
Intermediate values					
Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,552		
Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,150		
Model windage area		m ²	43,230		
Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,564		
Total windage area		m ²	202,130		
Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,053		
Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,025		

Longitudinal Strength Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Avgang lastet
Damage Case - Intact

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
st 0	29,554	3,115	0,000	0,000	0,000	3,115	-0,661	0,092
st 1	27,246	9,406	-2,078	0,000	0,000	7,328	-5,869	8,428
st 1	24,938	4,627	-4,720	0,000	0,000	-0,093	-9,028	27,542
st 1	22,630	4,711	-6,400	0,000	0,000	-1,689	-6,874	46,540
st 2	20,322	6,191	-7,126	0,000	0,000	-0,934	-3,335	57,725
st 3	18,014	6,729	-7,391	0,000	0,000	-0,662	-1,250	63,047
st 4	15,706	7,343	-7,547	0,000	0,000	-0,204	-0,610	64,864
st 5	13,398	6,177	-7,587	0,000	0,000	-1,410	2,013	63,957
st 6	11,090	8,186	-7,474	0,000	0,000	0,712	0,943	59,391
st 7	8,782	5,708	-7,073	0,000	0,000	-1,364	4,303	53,782
st 8	6,474	6,070	-5,627	0,000	0,000	0,443	8,997	37,396
st 9	4,166	3,057	-3,040	0,000	0,000	0,017	7,559	19,917

Equilibrium Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Ankomst lastet
Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	127,423	127,423	15,166			3,822	0,000	
Pax 1. dekk	138	0,085	11,730	15,912	5,312	27,712	4,000	0,000	User Specified
Pax 2. dekk	112	0,085	9,520	19,500	10,312	27,712	6,750	0,000	User Specified
Tk2 FP S	0%	1,731	0,000	27,128			0,426	0,000	Maximum
Tk1 FP P	0%	1,731	0,000	27,128			0,426	0,000	Maximum
Tk4 Septic akter	100%	1,414	1,414	9,000			3,042	0,000	Maximum
Tk3 Septic forut	100%	1,414	1,414	9,800			3,042	0,000	Maximum
Tk8 FW akter	0%	1,850	0,000	5,462			2,715	0,000	Maximum
Tk7 FW forut	0%	1,844	0,000	6,263			2,718	0,000	Maximum
Tk6 GW S	80%	0,879	0,703	8,200			2,986	0,858	Maximum
Tk5 GW P	80%	0,879	0,703	8,200			2,986	0,858	Maximum
Tk9 BW P	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Tk10 BW S	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Total Loadcase			152,907	15,322			3,995	1,716	
FS correction							0,011		
VCG fluid							4,007		

Draft Amidships m	1,799
Displacement t	152,9
Heel deg	0,0
Draft at FP m	1,799
Draft at AP m	1,799
Draft at LCF m	1,799
Trim (+ve by stern) m	0,000

WL Length m	27,489
Beam max extents on WL m	11,688
Wetted Area m²	263,033
Waterpl. Area m²	65,941
Prismatic coeff. (Cp)	0,736
Block coeff. (Cb)	0,810
Max Sect. area coeff. (Cm)	1,102
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,644
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	15,325
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,425
KB m	0,902
KG fluid m	4,007
BMT m	10,728
BML m	16,930
GMt corrected m	7,623
GML m	13,826
KMt m	11,630
KML m	17,832
Immersion (TPc) tonne/cm	0,676
MTC tonne.m	0,722
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	20,344
Max deck inclination deg	0,000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,000

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 9,632 m)		0,925
Deck Edge (freeboard pos = 9,632 m)		1,001
DF point akter 2. dekk	Downflooding point	4,251
DF point forut 2. dekk	Downflooding point	4,251
DF point skyvedør akter 1. dekk	Downflooding point	1,501
DF point Skyvedør forut 1. dekk	Downflooding point	1,501

Stability Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Ankomst lastet

Damage Case - Intact

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	0,000	0,690	1,587	2,785	3,403	3,286	2,939	2,542	2,122	1,687	1,240	0,791	0,353	-0,077	-0,501	-0,920	-1,333	-1,739	-2,137
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,000	1,6914	7,2248	18,1942	34,0089	50,9358	66,5326	80,2495	91,9183	101,4474	108,7695	113,8459	116,7018	117,3892	115,9412	112,3868	106,7534	99,0696	89,3756
Displacement t	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9	152,9
Draft at FP m	1,799	1,870	2,029	2,106	2,390	2,767	2,969	3,162	3,487	3,943	4,617	5,521	6,452	7,467	8,667	10,239	12,638	19,056	n/a
Draft at AP m	1,799	1,792	1,701	1,556	1,184	0,469	-0,297	-1,149	-2,178	-3,405	-4,960	-6,900	-9,144	-11,975	-15,914	-22,085	-33,845	-68,404	n/a
WL Length m	27,488	28,185	29,408	29,962	29,272	30,061	30,091	30,106	29,837	28,834	28,618	28,813	28,575	28,345	28,148	28,289	28,907	29,726	30,734
Beam max extents on WL m	11,688	11,818	12,134	12,157	9,649	7,805	5,924	5,774	5,552	5,299	5,006	4,637	4,270	3,841	3,447	3,202	3,191	3,192	3,213
Wetted Area m²	263,033	266,788	279,332	301,328	327,512	330,996	331,218	334,535	338,435	342,279	346,105	348,914	350,489	351,604	351,834	351,152	349,041	346,233	343,243
Waterpl. Area m²	65,941	72,345	94,275	107,419	68,245	41,975	31,364	28,247	26,399	24,276	22,335	22,425	22,819	23,029	23,178	23,216	24,199	24,989	26,247
Prismatic coeff. (Cp)	0,736	0,711	0,674	0,667	0,701	0,682	0,675	0,670	0,671	0,688	0,686	0,674	0,674	0,677	0,680	0,677	0,665	0,650	0,633
Block coeff. (Cb)	0,810	0,591	0,412	0,323	0,389	0,540	0,578	0,555	0,527	0,491	0,417	0,289	0,247	0,234	0,236	0,242	0,247	0,254	0,257
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	15,325	15,330	15,354	15,382	15,462	15,605	15,739	15,859	16,013	16,173	16,348	16,522	16,642	16,710	16,732	16,711	16,649	16,539	16,418
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,425	14,921	14,417	14,738	15,575	14,575	12,944	12,685	12,303	12,349	12,584	12,184	11,818	11,632	11,499	11,407	11,137	10,921	10,725

Max deck inclination deg	0,000	5,002	10,01	15,03	20,11	25,30	30,45	35,58	40,73	45,87	51,02	56,13	61,10	65,99	70,80	75,59	80,36	85,16	90,00
Trim angle (+ve by stern) deg	0,000	-0,152	-0,641	-1,076	-2,358	-4,490	-6,367	-8,379	-10,95	-14,09	-18,12	-22,99	-28,05	-33,59	-40,02	-47,84	-57,80	-71,49	-90,00

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg			
	angle of max. GZ	21,4	deg	21,4		
	first downflooding angle	23,8	deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	4,4248	m.deg	38,6705	Pass	+773,95
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10,0	deg	21,4	Pass	+113,64
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	3,096	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m^2			
	height of lateral resistance: H =	6,600	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	4,1, 1,2	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (19,1), 15,0 (16,2)	deg			
	first downflooding angle	23,8	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	57,7, 62,3	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (>=)...				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	21,4293	Pass	+1235,99
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	19,1510	Pass	+1093,95
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,552		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,154		
	Model windage area		m^2	43,376		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,562		
	Total windage area		m^2	202,276		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,051		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	-0,018		
	Area under GZ curve, from 4,1 to 19,1 deg.		m.deg	29,7064		
	Area under GZ curve, from 1,2 to 16,2 deg.		m.deg	21,4640		
	Area under Hpc + Hw, from 4,1 to 19,1 deg.		m.deg	8,2771		
	Area under Ht + Hw, from 1,2 to 16,2 deg.		m.deg	2,3130		
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	3,096	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m^2			
	H = mean draft / 2	0,899	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10,0	deg	0,4	Pass	+96,45
	Intermediate values					
	Model windage area		m^2	43,376		

	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,562		
	Total windage area		m^2	202,276		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,051		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,047		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	shall be less than (<)	10,0	deg	4,1	Pass	+59,47
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,552		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.18.2: Combined heeling: Angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - vert. centre of projected lat. u'water area	3,036	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m^2			
	H = waterline	1,799	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
	High-speed turning (Ht)	8,0	deg	1,1	Pass	+85,78
	Hpc + Hw	10,0	deg	4,2	Pass	+57,76
	Ht + Hw	12,0	deg	1,3	Pass	+88,99
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,552		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,151		
	Model windage area		m^2	43,376		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,562		
	Total windage area		m^2	202,276		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,051		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,025		

Longitudinal Strength Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Ankomst lastet

Damage Case - Intact

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
st 0	29,554	3,115	0,000	0,000	0,000	3,115	-0,661	0,091
st 1	27,246	9,406	-2,137	0,000	0,000	7,269	-5,797	8,373
st 1	24,938	4,627	-4,790	0,000	0,000	-0,163	-8,800	27,144
st 1	22,630	4,711	-6,472	0,000	0,000	-1,761	-6,477	45,419
st 2	20,322	6,191	-7,196	0,000	0,000	-1,005	-2,770	55,495
st 3	18,014	6,729	-7,433	0,000	0,000	-0,704	-0,552	59,345
st 4	15,706	7,343	-7,547	0,000	0,000	-0,204	0,138	59,472
st 5	13,398	6,177	-7,542	0,000	0,000	-1,365	2,710	56,880
st 6	11,090	8,186	-7,394	0,000	0,000	0,792	1,493	50,852
st 7	8,782	7,558	-6,982	0,000	0,000	0,576	2,538	45,439
st 8	6,474	3,435	-5,559	0,000	0,000	-2,124	6,637	35,820
st 9	4,166	3,057	-2,993	0,000	0,000	0,064	7,561	19,663

Equilibrium Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Avgang ballast

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m^3)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	127,423	127,423	15,166			3,822	0,000	
Tk2 FP S	100%	1,731	1,731	27,716			1,504	0,000	Maximum

Tk1 FP P	100%	1,731	1,731	27,716			1,504	0,000	Maximum
Tk4 Septic akter	0%	1,414	0,000	8,662			2,761	0,000	Maximum
Tk3 Septic forut	0%	1,414	0,000	9,478			2,762	0,000	Maximum
Tk8 FW akter	100%	1,850	1,850	5,800			3,035	0,000	Maximum
Tk7 FW forut	100%	1,844	1,844	6,600			3,036	0,000	Maximum
Tk6 GW S	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk5 GW P	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk9 BW P	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Tk10 BW S	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Total Loadcase			134,580	15,243			3,740	0,000	
FS correction							0,000		
VCG fluid							3,740		

Draft Amidships m	1,547
Displacement t	134,6
Heel deg	0,0
Draft at FP m	1,500
Draft at AP m	1,595
Draft at LCF m	1,544
Trim (+ve by stern) m	0,094
WL Length m	27,310
Beam max extents on WL m	11,780
Wetted Area m ²	234,081
Waterpl. Area m ²	75,036
Prismatic coeff. (Cp)	0,748
Block coeff. (Cb)	0,784
Max Sect. area coeff. (Cm)	1,065
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,700
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	15,234
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,571
KB m	0,798
KG fluid m	3,740
BMT m	13,884
BML m	22,850
GMt corrected m	10,942
GML m	19,907
KMt m	14,682
KML m	23,647
Immersion (TPc) tonne/cm	0,769
MTc tonne.m	0,915
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	25,699
Max deck inclination deg	0,1844
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1844

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 9,632 m)		1,16
Deck Edge (freeboard pos = 9,632 m)		1,236
DF point akter 2. dekk	Downflooding point	4,48
DF point forut 2. dekk	Downflooding point	4,545
DF point skyvedør akter 1. dekk	Downflooding point	1,723
DF point Skyvedør forut 1. dekk	Downflooding point	1,793

Stability Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Avgang ballast

Damage Case - Intact

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
-----------------------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

GZ m	0,000	0,945	1,965	3,240	3,835	3,533	3,174	2,791	2,384	1,960	1,521	1,072	0,617	0,161	-0,291	-0,738	-1,178	-1,607	-2,022
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,000 0	2,372 1	9,529 1	22,59 53	40,71 03	59,32 69	76,06 56	90,99 84	103,9 411	114,8 087	123,5 150	130,0 009	134,2 255	136,1 684	135,8 403	133,2 670	128,4 756	121,5 076	112,4 298
Displacement t	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6	134,6
Draft at FP m	1,500	1,549	1,713	1,873	1,983	1,754	1,495	1,230	0,966	0,696	0,395	0,015	-0,514	-1,314	-2,677	-5,135	-10,15 3	-25,07 6	n/a
Draft at AP m	1,595	1,633	1,611	1,441	0,970	0,387	-0,248	-0,963	-1,793	-2,774	-3,947	-5,372	-7,161	-9,495	-12,69 4	-17,72 7	-27,46 2	-56,24 2	n/a
WL Length m	27,31 0	27,78 5	29,08 2	29,88 3	29,96 9	29,98 8	30,01 0	30,03 2	30,05 3	30,07 3	30,09 3	30,11 7	30,15 1	29,26 1	29,05 8	28,72 5	28,38 0	28,14 7	28,19 7
Beam max extents on WL m	11,78 0	11,83 3	12,09 9	12,17 1	9,648	6,066	5,941	5,761	5,557	5,298	4,994	4,615	4,236	3,788	3,328	3,172	3,224	3,253	3,280
Wetted Area m^2	234,0 81	238,6 47	251,9 13	263,4 39	259,7 02	257,5 37	259,6 52	261,5 29	263,4 42	265,5 15	267,4 61	269,0 64	269,5 02	266,0 45	262,9 21	260,0 97	257,0 87	253,5 94	251,4 76
Waterpl. Area m^2	75,03 6	75,87 2	87,24 0	101,1 68	54,10 4	40,70 7	35,48 5	31,78 7	29,28 3	27,64 9	26,64 5	26,12 4	26,04 8	29,95 1	33,30 4	35,56 7	37,62 9	40,21 3	41,52 6
Prismatic coeff. (Cp)	0,748	0,725	0,677	0,660	0,674	0,670	0,669	0,667	0,665	0,662	0,659	0,657	0,654	0,672	0,676	0,684	0,692	0,698	0,695
Block coeff. (Cb)	0,784	0,578	0,416	0,309	0,495	0,596	0,640	0,676	0,677	0,669	0,639	0,615	0,587	0,408	0,390	0,402	0,428	0,465	0,539
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	15,23 4	15,23 4	15,25 0	15,29 0	15,36 2	15,41 4	15,46 4	15,51 9	15,58 5	15,65 7	15,72 9	15,78 6	15,83 4	15,86 2	15,86 2	15,82 7	15,77 3	15,71 3	15,64 3
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,57 1	15,25 9	14,41 9	15,03 6	14,27 7	13,22 1	13,07 3	12,94 6	12,76 4	12,52 4	12,25 8	11,98 5	11,72 1	10,76 8	10,29 7	10,13 8	10,09 9	10,18 7	10,48 6
Max deck inclination deg	0,184 4	5,002 7	10,00 19	15,02 17	20,08 30	25,10 97	30,13 14	35,15 33	40,17 71	45,20 00	50,21 68	55,22 14	60,21 43	65,18 43	70,14 43	75,09 43	80,05 29	85,02 15	90,00 00
Trim angle (+ve by stern) deg	0,184 4	0,166 0	-0,200 2	-0,844 6	-1,981 6	-2,673 5	-3,407 7	-4,284 1	-5,386 3	-6,762 7	-8,439 6	-10,42 87	-12,79 55	-15,61 60	-18,89 31	-23,27 73	-30,60 88	-46,80 04	-90,00 00

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg			
	angle of max. GZ	20,5	deg	20,5		
	first downflooding angle	49,4	deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	4,6215	m.deg	42,4537	Pass	+818,62
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10,0	deg	20,5	Pass	+104,55
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	2,967	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m^2			
	height of lateral resistance: H =	6,600	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	3,3, 0,8	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (18,3), 15,0 (15,8)	deg			
	first downflooding angle	49,4	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	59,9, 65,1	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (>=)...				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	23,8121	Pass	+1384,54
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	22,8975	Pass	+1327,52
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,627		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,148		
	Model windage area		m^2	50,220		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,441		
	Total windage area		m^2	209,120		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,940		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	-0,022		
	Area under GZ curve, from 3,3 to 18,3 deg.		m.deg	33,2164		
	Area under GZ curve, from 0,8 to 15,8 deg.		m.deg	25,1137		
	Area under Hpc + Hw, from 3,3 to 18,3 deg.		m.deg	9,4043		
	Area under Ht + Hw, from 0,8 to 15,8 deg.		m.deg	2,2162		
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D					

	cos^n(phi)							
	number of passengers: nPass =	250						
	passenger mass: M =	0,075	tonne					
	distance from centre line: D =	4,500	m					
	cosine power: n =	0						
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(phi)$							
	constant: a =	1						
	vessel speed: v =	16,000	kts					
	turn radius: R =	138,720	m					
	h = KG - mean draft / 2	2,967	m					
	cosine power: n =	0						
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(phi)$							
	constant: a =	1,50102						
	wind model	Pressure						
	wind pressure: P =	56,0	Pa					
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m					
	additional area: A =	158,900	m^2					
	H = mean draft / 2	0,774	m					
	cosine power: n =	0						
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...						Pass	
	Wind heeling (Hw)	10,0	deg	0,3		Pass		+97,09
	Intermediate values							
	Model windage area		m^2	50,220				
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,441				
	Total windage area		m^2	209,120				
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,940				
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,055				
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm						Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)							
	number of passengers: nPass =	250						
	passenger mass: M =	0,075	tonne					
	distance from centre line: D =	4,500	m					
	cosine power: n =	0						
	shall be less than (<)	10,0	deg	3,3		Pass		+66,98
	Intermediate values							
	Heel arm amplitude		m	0,627				
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.18.2: Combined heeling: Angle of equilibrium						Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)							
	number of passengers: nPass =	250						
	passenger mass: M =	0,075	tonne					
	distance from centre line: D =	4,500	m					
	cosine power: n =	0						
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(phi)$							
	constant: a =	1						
	vessel speed: v =	16,000	kts					
	turn radius: R =	138,720	m					
	h = KG - vert. centre of projected lat. u'water area	2,910	m					
	cosine power: n =	0						
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(phi)$							
	constant: a =	1						
	wind model	Pressure						
	wind pressure: P =	56,0	Pa					
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m					
	additional area: A =	158,900	m^2					
	H = waterline	1,547	m					
	cosine power: n =	0						
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...						Pass	
	High-speed turning (Ht)	8,0	deg	0,8		Pass		+90,49
	Hpc + Hw	10,0	deg	3,5		Pass		+65,38
	Ht + Hw	12,0	deg	0,9		Pass		+92,34
	Intermediate values							
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,627				
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,145				
	Model windage area		m^2	50,220				
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,441				
	Total windage area		m^2	209,120				
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,940				
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,030				

Longitudinal Strength Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Avgang ballast
Damage Case - Intact

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
st 0	29,554	3,117	0,000	0,000	0,000	3,117	-0,661	0,091
st 1	27,246	11,212	-1,767	0,000	0,000	9,445	-8,390	10,269
st 1	24,938	3,557	-4,187	0,000	0,000	-0,630	-10,825	35,042
st 1	22,630	3,648	-5,725	0,000	0,000	-2,077	-7,607	56,891

st 2	20,322	5,135	-6,321	0,000	0,000	-1,186	-3,330	68,855
st 3	18,014	5,680	-6,470	0,000	0,000	-0,790	-0,814	73,613
st 4	15,706	6,301	-6,557	0,000	0,000	-0,256	0,023	74,157
st 5	13,398	5,142	-6,584	0,000	0,000	-1,442	2,731	71,688
st 6	11,090	7,158	-6,535	0,000	0,000	0,623	1,785	65,337
st 7	8,782	4,956	-6,278	0,000	0,000	-1,321	5,256	57,446
st 8	6,474	5,471	-5,039	0,000	0,000	0,432	9,766	39,118
st 9	4,166	3,057	-2,699	0,000	0,000	0,358	7,951	20,008

Equilibrium Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle hogging

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	127,423	127,423	15,166			3,822	0,000	
Pax akterut	150	0,085	12,750	3,000	0,525	5,312	4,300	0,000	User Specified
Pax forut	100	0,085	8,500	28,500	27,150	29,800	4,300	0,000	User Specified
Tk2 FP S	100%	1,731	1,731	27,716			1,504	0,000	Maximum
Tk1 FP P	100%	1,731	1,731	27,716			1,504	0,000	Maximum
Tk4 Septic akter	0%	1,414	0,000	8,662			2,761	0,000	Maximum
Tk3 Septic forut	0%	1,414	0,000	9,478			2,762	0,000	Maximum
Tk8 FW akter	100%	1,850	1,850	5,800			3,035	0,000	Maximum
Tk7 FW forut	100%	1,844	1,844	6,600			3,036	0,000	Maximum
Tk6 GW S	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk5 GW P	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk9 BW P	100%	7,521	7,521	4,140			1,718	0,000	Maximum
Tk10 BW S	100%	7,521	7,521	4,140			1,718	0,000	Maximum
Total Loadcase			170,872	14,011			3,632	0,000	
FS correction							0,000		
VCG fluid							3,632		

Draft Amidships m	2,021
Displacement t	170,9
Heel deg	0,1
Draft at FP m	1,153
Draft at AP m	2,890
Draft at LCF m	2,181
Trim (+ve by stern) m	1,736
WL Length m	28,998
Beam max extents on WL m	11,757
Wetted Area m ²	323,147
Waterpl. Area m ²	100,778
Prismatic coeff. (Cp)	0,668
Block coeff. (Cb)	0,234
Max Sect. area coeff. (Cm)	1,171
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,340
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	13,857
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	11,949
KB m	1,062
KG fluid m	3,632
BMt m	13,176
BML m	39,496
GMt corrected m	10,602
GML m	36,922
KMt m	14,215
KML m	40,489
Immersion (TPc) tonne/cm	1,033
MTc tonne.m	2,156
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	31,616
Max deck inclination deg	3,3970
Trim angle (+ve by stern) deg	3,3952

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,065 m)		0,318
Deck Edge (freeboard pos = -0,065 m)		0,394
DF point akter 2.	Downflooding point	3,602

dekk		
DF point forut 2. dekk	Downflooding point	4,792
DF point skyvedør akter 1. dekk	Downflooding point	0,721
DF point Skyvedør forut 1. dekk	Downflooding point	2,014

Stability Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle hogging
Damage Case - Intact

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	-0,022	0,860	1,676	2,602	3,179	3,232	2,985	2,635	2,252	1,848	1,440	1,035	0,639	0,246	-0,142	-0,527	-0,906	-1,282	-1,654
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,0000	2,1339	8,4453	19,1663	33,8379	50,0484	65,6628	79,7330	91,9608	102,2167	110,4363	116,6217	120,8046	123,0139	123,2702	121,5960	118,0127	112,5399	105,1983
Displacement t	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9	170,9
Draft at FP m	1,154	1,246	1,517	1,631	1,545	1,100	0,338	-0,568	-1,694	-3,119	-4,735	-6,544	-8,657	-11,402	-15,243	-21,347	-33,073	-67,208	n/a
Draft at AP m	2,889	2,786	2,486	2,365	2,550	2,970	3,443	3,890	4,481	5,305	6,263	7,336	8,547	10,080	12,129	15,249	20,963	36,871	n/a
WL Length m	28,982	29,391	29,476	29,69	29,963	30,027	29,935	29,810	29,700	29,577	29,490	29,364	29,071	28,827	28,644	28,487	28,370	28,301	28,253
Beam max extents on WL m	11,756	11,825	12,137	11,864	9,649	7,808	6,573	5,054	4,965	4,850	4,597	4,350	4,009	3,625	3,209	3,204	3,182	3,172	3,180
Wetted Area m²2	323,015	312,265	312,108	340,143	375,026	381,751	379,604	377,443	378,003	378,203	378,463	378,495	379,158	379,569	380,441	380,853	380,568	380,147	378,418
Waterpl. Area m²2	100,658	96,432	104,398	101,871	75,517	45,884	31,168	24,654	22,589	21,569	21,474	21,960	22,097	22,503	21,719	22,232	21,861	21,554	22,540
Prismatic coeff. (Cp)	0,668	0,660	0,670	0,674	0,682	0,699	0,702	0,699	0,696	0,693	0,689	0,686	0,689	0,692	0,694	0,697	0,701	0,704	0,709
Block coeff. (Cb)	0,238	0,351	0,364	0,357	0,382	0,450	0,638	1,013	1,020	0,862	0,698	0,485	0,287	0,233	0,218	0,215	0,215	0,220	0,226
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	13,857	13,874	13,924	13,941	13,910	13,812	13,672	13,519	13,346	13,143	12,958	12,804	12,697	12,619	12,579	12,570	12,599	12,671	12,770
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	11,958	12,816	13,304	14,374	13,711	12,896	13,831	14,718	14,747	14,957	15,478	16,140	16,532	16,914	16,854	17,190	17,214	17,305	17,684
Max deck inclination deg	3,3920	5,8301	10,1714	15,0625	20,0817	25,2047	30,4134	35,6271	40,8671	46,1398	51,3313	56,3949	61,3336	66,1939	70,9884	75,7446	80,4820	85,2247	90,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	3,3920	3,0135	1,8977	1,4353	1,9667	3,6558	6,0545	8,6604	11,9145	16,0574	20,5962	25,3727	30,4478	36,2790	43,0845	51,3498	61,5598	74,2943	90,0000

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg			
	angle of max. GZ	23,2	deg	23,2		
	first downflooding angle	23,4	deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	4,0778	m.deg	44,1385	Pass	+982,42
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10,0	deg	23,2	Pass	+131,82
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v² / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	2,621	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m²			
	height of lateral resistance: H =	6,600	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	2,9, 0,8	deg			
	to the lesser of					

	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (17,9), 15,0 (15,8)	deg			
	first downflooding angle	23,4	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	61,8, 66,5	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (>=)...				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	19,1164	Pass	+1091,79
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	19,3937	Pass	+1109,08
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,494		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,131		
	Model windage area		m ²	37,206		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,670		
	Total windage area		m ²	196,106		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,149		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	-0,014		
	Area under GZ curve, from 2,9 to 17,9 deg.		m.deg	26,5232		
	Area under GZ curve, from 0,8 to 15,8 deg.		m.deg	21,3519		
	Area under Hpc + Hw, from 2,9 to 17,9 deg.		m.deg	7,4069		
	Area under Ht + Hw, from 0,8 to 15,8 deg.		m.deg	1,9582		
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v ² / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	2,621	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m ²			
	H = mean draft / 2	1,011	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10,0	deg	0,3	Pass	+96,57
	Intermediate values					
	Model windage area		m ²	37,206		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,670		
	Total windage area		m ²	196,106		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,149		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,041		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	shall be less than (<)	10,0	deg	2,9	Pass	+71,43
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,494		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.18.2: Combined heeling: Angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: a v ² / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - vert. centre of projected lat. u'water area	2,557	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)					
	constant: a =	1				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m ²			
	H = waterline	2,021	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
	High-speed turning (Ht)	8,0	deg	0,8	Pass	+89,77
	Hpc + Hw	10,0	deg	3,0	Pass	+70,27
	Ht + Hw	12,0	deg	0,9	Pass	+92,24
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,494		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,127		

	Model windage area		m ²	37,206		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,670		
	Total windage area		m ²	196,106		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,149		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,021		

Longitudinal Strength Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle hogging

Damage Case - Intact

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
st 0	29,554	6,472	0,000	0,000	0,000	6,472	-1,491	0,197
st 1	27,246	14,252	-1,480	0,000	0,000	12,772	-16,950	21,189
st 1	24,938	3,557	-4,078	0,000	0,000	-0,521	-20,176	67,041
st 1	22,630	3,648	-5,944	0,000	0,000	-2,296	-16,832	110,502
st 2	20,322	5,135	-6,936	0,000	0,000	-1,801	-11,610	142,852
st 3	18,014	5,680	-7,607	0,000	0,000	-1,927	-7,084	164,617
st 4	15,706	6,301	-8,233	0,000	0,000	-1,932	-3,002	176,126
st 5	13,398	5,142	-8,685	0,000	0,000	-3,543	4,084	175,730
st 6	11,090	7,158	-8,814	0,000	0,000	-1,656	8,261	160,427
st 7	8,782	4,956	-8,342	0,000	0,000	-3,386	16,819	131,667
st 8	6,474	5,471	-6,837	0,000	0,000	-1,365	25,778	81,420
st 9	4,166	11,377	-4,502	0,000	0,000	6,875	16,880	27,670

Equilibrium Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle sagging

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	127,423	127,423	15,166			3,822	0,000	
Passasjerer midtskips	250	0,085	21,250	15,000	12,500	17,500	4,300	0,000	User Specified
Last kiosk	1	0,500	0,500	9,800	8,450	11,000	0,000	0,000	User Specified
Tk2 FP S	0%	1,731	0,000	27,128			0,426	0,000	Maximum
Tk1 FP P	0%	1,731	0,000	27,128			0,426	0,000	Maximum
Tk4 Septic akter	100%	1,414	1,414	9,000			3,042	0,000	Maximum
Tk3 Septic forut	100%	1,414	1,414	9,800			3,042	0,000	Maximum
Tk8 FW akter	0%	1,850	0,000	5,462			2,715	0,000	Maximum
Tk7 FW forut	0%	1,844	0,000	6,263			2,718	0,000	Maximum
Tk6 GW S	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk5 GW P	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk10 BW S	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Tk9 BW P	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Total Loadcase			152,001	15,018			3,861	0,000	
FS correction							0,000		
VCG fluid							3,861		

Draft Amidships m	1,805
Displacement t	152,0
Heel deg	0,0
Draft at FP m	1,502
Draft at AP m	2,108
Draft at LCF m	1,784
Trim (+ve by stern) m	0,606
WL Length m	27,606
Beam max extents on WL m	11,683
Wetted Area m ²	261,899
Waterpl. Area m ²	68,570
Prismatic coeff. (Cp)	0,716
Block coeff. (Cb)	0,754
Max Sect. area coeff. (Cm)	1,149
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,668
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,956
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,674
KB m	0,901
KG fluid m	3,861
BMt m	11,226
BML m	18,981
GMt corrected m	8,264

GML m	16,019
KMt m	12,124
KML m	19,877
Immersion (TPc) tonne/cm	0,703
MTC tonne.m	0,832
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	21,923
Max deck inclination deg	1,1857
Trim angle (+ve by stern) deg	1,1857

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 9,632 m)		0,815
Deck Edge (freeboard pos = 9,632 m)		0,891
DF point akter 2. dekk	Downflooding point	4,1
DF point forut 2. dekk	Downflooding point	4,516
DF point skyvedør akter 1. dekk	Downflooding point	1,302
DF point Skyvedør forut 1. dekk	Downflooding point	1,754

Stability Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle sagging
Damage Case - Intact

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	0,000	0,743	1,663	2,876	3,562	3,427	3,073	2,695	2,294	1,873	1,438	0,993	0,544	0,096	-0,347	-0,781	-1,209	-1,629	-2,040
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,000	1,831	7,699	19,068	35,514	53,216	69,484	83,912	96,392	106,816	115,093	121,179	125,017	126,617	125,985	123,159	118,182	111,084	101,910
Displacement t	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0	152,0
Draft at FP m	1,502	1,612	1,841	1,958	2,145	2,262	2,155	2,079	2,071	2,163	2,378	2,702	3,099	3,520	3,917	4,049	3,635	1,593	n/a
Draft at AP m	2,108	2,036	1,860	1,687	1,425	0,877	0,309	-0,352	-1,161	-2,173	-3,454	-5,061	-7,086	-9,718	-13,386	-18,931	-29,439	-60,069	n/a
WL Length m	27,606	28,653	29,554	29,990	29,454	29,334	29,234	29,144	29,054	28,964	28,817	28,649	30,429	30,408	30,333	30,113	29,588	29,077	28,624
Beam max extents on WL m	11,683	11,818	12,135	12,002	9,649	5,187	5,076	4,969	4,866	4,754	4,610	4,407	4,293	3,874	3,430	2,940	3,031	3,093	3,169
Wetted Area m^2	261,899	266,320	277,221	297,067	322,089	315,038	316,615	318,323	320,452	323,251	326,650	330,372	333,811	335,323	334,304	332,865	330,497	327,758	324,071
Waterpl. Area m^2	68,570	75,324	93,805	109,022	65,733	35,344	30,315	26,824	24,342	22,576	21,327	20,654	20,421	20,515	20,510	23,538	24,437	25,357	26,078
Prismatic coeff. (Cp)	0,716	0,693	0,673	0,670	0,701	0,705	0,707	0,708	0,707	0,706	0,706	0,706	0,661	0,658	0,657	0,662	0,675	0,690	0,703
Block coeff. (Cb)	0,754	0,566	0,419	0,329	0,423	0,735	0,791	0,825	0,837	0,827	0,770	0,670	0,535	0,471	0,334	0,303	0,319	0,347	0,397
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,956	14,974	15,016	15,047	15,100	15,185	15,248	15,317	15,400	15,519	15,640	15,780	15,897	15,985	16,038	16,037	15,986	15,904	15,803
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,674	14,839	14,040	14,620	15,143	13,479	13,403	13,307	13,186	13,033	12,865	12,591	12,256	11,889	11,166	10,711	10,558	10,402	10,412
Max deck inclination deg	1,1857	5,0677	10,0001	15,0086	20,0421	25,1125	30,1474	35,1883	40,2424	45,3110	50,3886	55,4552	60,4885	65,4742	70,4129	75,3074	80,1889	85,0824	90,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	1,1857	0,8296	0,0361	-0,5308	-1,4100	-2,7082	-3,6087	-4,7486	-6,3018	-8,4275	-11,2712	-14,8563	-19,1889	-24,3377	-30,5856	-38,1450	-48,4887	-64,6094	-90,0000

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg			
	angle of max. GZ	21,4	deg	21,4		
	first downflooding angle	39,6	deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	4,4248	m.deg	40,3983	Pass	+813,00
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10,0	deg	21,4	Pass	+113,64

HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	2,959	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g disp.) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m ²			
	height of lateral resistance: H =	6,600	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	3,8, 1,0	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (18,8), 15,0 (16,0)	deg			
	first downflooding angle	39,6	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	59,9, 64,4	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (>=)...				Pass	
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	21,8535	Pass	+1262,44
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	19,8169	Pass	+1135,46
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,555		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,147		
	Model windage area		m ²	43,194		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,565		
	Total windage area		m ²	202,094		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,054		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	-0,018		
	Area under GZ curve, from 3,8 to 18,8 deg.		m.deg	30,1799		
	Area under GZ curve, from 1,0 to 16,0 deg.		m.deg	22,0272		
	Area under Hpc + Hw, from 3,8 to 18,8 deg.		m.deg	8,3264		
	Area under Ht + Hw, from 1,0 to 16,0 deg.		m.deg	2,2103		
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	2,959	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g disp.) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m ²			
	H = mean draft / 2	0,903	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
	Wind heeling (Hw)	10,0	deg	0,3	Pass	+96,73
	Intermediate values					
	Model windage area		m ²	43,194		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,565		
	Total windage area		m ²	202,094		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,054		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,047		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	shall be less than (<)	10,0	deg	3,8	Pass	+62,19
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,555		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.1&.2: Combined heeling: Angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				

passenger mass: M =	0,075	tonne			
distance from centre line: D =	4,500	m			
cosine power: n =	0				
Turn arm: $a \sqrt{2} / (R g) h \cos^n(\phi)$					
constant: a =	1				
vessel speed: v =	16,000	kts			
turn radius: R =	138,720	m			
h = KG - vert. centre of projected lat. u/water area	2,899	m			
cosine power: n =	0				
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
constant: a =	1				
wind model	Pressure				
wind pressure: P =	56,0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
additional area: A =	158,900	m ²			
H = waterline	1,805	m			
cosine power: n =	0				
Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
High-speed turning (Ht)	8,0	deg	1,0	Pass	+87,52
Hpc + Hw	10,0	deg	3,9	Pass	+60,56
Ht + Hw	12,0	deg	1,2	Pass	+90,27
Intermediate values					
Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,555		
Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,144		
Model windage area		m ²	43,194		
Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,565		
Total windage area		m ²	202,094		
Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,054		
Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,025		

Longitudinal Strength Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle sagging
Damage Case - Intact

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
st 0	29,554	3,115	0,000	0,000	0,000	3,115	-0,661	0,092
st 1	27,246	8,329	-1,857	0,000	0,000	6,472	-5,618	8,477
st 1	24,938	3,557	-4,438	0,000	0,000	-0,881	-6,892	24,805
st 1	22,630	3,648	-6,120	0,000	0,000	-2,472	-2,929	36,802
st 2	20,322	5,135	-6,876	0,000	0,000	-1,741	2,442	36,766
st 3	18,014	5,680	-7,227	0,000	0,000	-1,547	6,468	26,554
st 4	15,706	10,551	-7,503	0,000	0,000	3,048	1,654	15,118
st 5	13,398	9,392	-7,668	0,000	0,000	1,725	-3,095	17,421
st 6	11,090	7,158	-7,655	0,000	0,000	-0,497	-5,287	28,611
st 7	8,782	7,147	-7,269	0,000	0,000	-0,122	-2,344	36,435
st 8	6,474	2,836	-5,795	0,000	0,000	-2,959	5,099	33,518
st 9	4,166	3,057	-3,169	0,000	0,000	-0,112	7,164	19,160

Equilibrium Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle: høyt lastet
Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1	127,423	127,423	15,166			3,822	0,000	
Pax Bridge deck	200	0,085	17,000	13,500	10,300	20,500	9,800	0,000	User Specified
Pax Upper de	50	0,085	4,250	7,500	5,000	10,000	7,050	0,000	User Specified
Tk2 FP S	0%	1,731	0,000	27,128			0,426	0,000	Maximum
Tk1 FP P	0%	1,731	0,000	27,128			0,426	0,000	Maximum
Tk4 Septic akter	0%	1,414	0,000	8,662			2,761	0,000	Maximum
Tk3 Septic forut	0%	1,414	0,000	9,478			2,762	0,000	Maximum
Tk8 FW akter	0%	1,850	0,000	5,462			2,715	0,000	Maximum
Tk7 FW forut	0%	1,844	0,000	6,263			2,718	0,000	Maximum
Tk6 GW S	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk5 GW P	0%	0,879	0,000	7,862			2,730	0,000	Maximum
Tk10 BW S	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Tk9 BW P	0%	7,521	0,000	5,384			0,193	0,000	Maximum
Total Loadcase			148,673	14,756			4,597	0,000	
FS correction							0,000		
VCG fluid							4,597		

Draft Amidships m	1,776
Displacement t	148,7
Heel deg	0,0
Draft at FP m	1,248
Draft at AP m	2,305
Draft at LCF m	1,737
Trim (+ve by stern) m	1,057
WL Length m	27,80

	1
Beam max extents on WL m	11,696
Wetted Area m ²	258,016
Waterpl. Area m ²	72,628
Prismatic coeff. (Cp)	0,690
Block coeff. (Cb)	0,701
Max Sect. area coeff. (Cm)	1,203
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,697
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,622
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,704
KB m	0,891
KG fluid m	4,597
BMT m	12,153
BML m	22,174
GMT corrected m	8,443
GML m	18,465
KMt m	13,035
KML m	23,050
Immersion (TPc) tonne/cm	0,744
MTc tonne.m	0,938
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	21,908
Max deck inclination deg	2,0684
Trim angle (+ve by stern) deg	2,0684

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 9,632 m)		0,767
Deck Edge (freeboard pos = 9,632 m)		0,843
DF point akter 2. dekk	Downflooding point	4,021
DF point forut 2. dekk	Downflooding point	4,746
DF point skyvedør akter 1. dekk	Downflooding point	1,187
DF point Skyvedør forut 1. dekk	Downflooding point	1,975

Stability Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle: høyt lastet

Damage Case - Intact

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	0,000	0,750	1,630	2,774	3,428	3,152	2,741	2,309	1,858	1,392	0,916	0,433	-0,054	-0,539	-1,020	-1,493	-1,955	-2,402	-2,831
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0,000	1,860	7,689	18,704	34,588	51,275	65,993	78,632	89,053	97,184	102,960	106,346	107,282	105,799	101,897	95,609	86,985	76,086	62,999
Displacement t	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7	148,7
Draft at FP m	1,248	1,375	1,641	1,807	1,875	1,673	1,367	1,040	0,693	-0,090	-0,553	-1,122	-2,001	-3,252	-5,600	-10,645	-21,006	-44,043	n/a
Draft at AP m	2,305	2,193	1,975	1,775	1,594	1,202	0,759	0,262	-0,318	-1,013	-1,873	-2,967	-4,391	-6,232	-8,948	-13,127	-21,006	-44,043	n/a
WL Length m	27,801	28,919	29,599	29,395	29,528	29,490	29,458	29,433	29,383	29,323	29,261	29,197	29,137	29,098	29,058	29,043	29,050	29,071	29,098
Beam max extents on WL m	11,696	11,819	12,134	11,966	9,649	4,659	4,508	4,362	4,214	4,056	3,884	3,690	3,465	3,190	2,893	2,558	2,203	1,847	1,500
Wetted Area m ²	258,016	263,200	273,034	289,608	306,880	296,680	297,327	297,882	298,503	299,138	299,857	300,744	301,644	302,112	302,638	302,522	301,864	300,986	300,073
Waterpl. Area m ²	72,628	79,159	94,171	107,813	61,048	35,827	30,694	27,044	24,356	22,318	20,761	19,584	18,688	17,998	17,483	17,102	16,830	16,680	16,660
Prismatic coeff. (Cp)	0,690	0,675	0,670	0,681	0,699	0,704	0,704	0,705	0,706	0,707	0,708	0,709	0,710	0,710	0,711	0,711	0,712	0,713	0,713
Block coeff. (Cb)	0,701	0,538	0,410	0,336	0,486	0,824	0,935	1,039	1,137	1,227	1,281	1,317	1,348	1,401	1,451	1,542	1,681	1,864	2,094
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	14,622	14,652	14,713	14,761	14,797	14,821	14,844	14,868	14,891	14,933	14,973	15,024	15,063	15,093	15,123	15,113	15,076	15,025	14,970
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	15,704	14,714	13,831	14,416	14,627	13,823	13,773	13,730	13,686	13,644	13,604	13,553	13,496	13,466	13,437	13,451	13,509	13,559	13,615
Max deck inclination deg	2,0684	5,2476	10,0204	15,0001	20,0064	25,0131	30,0160	35,0194	40,0239	45,0296	50,0368	55,0448	60,0515	65,0497	70,0460	75,0339	80,0190	85,0072	90,0000

Trim angle (+ve by stern) deg	2,068	1,600	0,652	-0,062	-0,549	-0,922	-1,189	-1,523	-1,977	-2,606	-3,486	-4,715	-6,373	-8,224	-11,01	-14,42	-19,49	-31,58	-90,00
	4	9	3	3	9	2	5	3	5	1	7	2	2	7	23	17	59	92	00

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg			
	angle of max. GZ	20,5	deg	20,5		
	first downflooding angle	52,1	deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than (>)	4,6215	m.deg	36,1476	Pass	+682,17
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.2 Angle of max. GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	10,0	deg	20,5	Pass	+104,55
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	3,709	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1,50102				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m ²			
	height of lateral resistance: H =	6,600	m			
	cosine power: n =	0				
	Area integrated from the greater of					
	angle of equilibrium (with heel arm)	3,8, 1,2	deg			
	to the lesser of					
	spec. angle above equilibrium (with heel arm)	15,0 (18,8), 15,0 (16,2)	deg			
	first downflooding angle	52,1	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	53,6, 57,6	deg			
	Criteria: Area between GZ and heeling arms shall not be less than (>=)...					Pass
	Hpc + Hw	1,6040	m.deg	20,9476	Pass	+1205,96
	Ht + Hw	1,6040	m.deg	19,4416	Pass	+1112,07
	Intermediate values					
Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,568			
Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,185			
Model windage area		m ²	43,996			
Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,551			
Total windage area		m ²	202,896			
Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,041			
Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	-0,018			
Area under GZ curve, from 3,8 to 18,8 deg.		m.deg	29,4604			
Area under GZ curve, from 1,2 to 16,2 deg.		m.deg	22,2127			
Area under Hpc + Hw, from 3,8 to 18,8 deg.		m.deg	8,5128			
Area under Ht + Hw, from 1,2 to 16,2 deg.		m.deg	2,7711			
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - mean draft / 2	3,709	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1,50102				
wind model	Pressure					
wind pressure: P =	56,0	Pa				
area centroid height (from zero point): h =	5,730	m				
additional area: A =	158,900	m ²				
H = mean draft / 2	0,888	m				
cosine power: n =	0					
Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...					Pass	
Wind heeling (Hw)	10,0	deg	0,3	Pass	+96,70	
Intermediate values						
Model windage area		m ²	43,996			
Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,551			

	Total windage area		m ²	202,896		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,041		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,049		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	shall be less than (<)	10,0	deg	3,8	Pass	+61,92
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,568		
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.1&.2: Combined heeling: Angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: nPass =	250				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	4,500	m			
	cosine power: n =	0				
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	vessel speed: v =	16,000	kts			
	turn radius: R =	138,720	m			
	h = KG - vert. centre of projected lat. u'water area	3,650	m			
	cosine power: n =	0				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g disp.) \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	1				
	wind model	Pressure				
	wind pressure: P =	56,0	Pa			
	area centroid height (from zero point): h =	5,730	m			
	additional area: A =	158,900	m ²			
	H = waterline	1,776	m			
	cosine power: n =	0				
	Criteria: Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than (<=)...				Pass	
	High-speed turning (Ht)	8,0	deg	1,2	Pass	+84,63
	Hpc + Hw	10,0	deg	4,0	Pass	+60,24
	Ht + Hw	12,0	deg	1,4	Pass	+88,32
	Intermediate values					
	Pass. crowding heel arm amplitude (Hpc)		m	0,568		
	Turning heel arm amplitude (Ht)		m	0,182		
	Model windage area		m ²	43,996		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,551		
	Total windage area		m ²	202,896		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	5,041		
	Wind heeling heel arm amplitude (Hw)		m	0,025		

Longitudinal Strength Calculation - SWATH runde 2

Stability 19.0, build: 16

Loadcase - Kritisk tilfelle: høyt lastet

Damage Case - Intact

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear tonne	Moment tonne.m
st 0	29,554	3,115	0,000	0,000	0,000	3,115	-0,661	0,091
st 1	27,246	8,329	-1,554	0,000	0,000	6,775	-5,941	8,688
st 1	24,938	3,557	-4,042	0,000	0,000	-0,485	-8,050	26,685
st 1	22,630	3,648	-5,730	0,000	0,000	-2,082	-4,991	42,401
st 2	20,322	5,004	-6,525	0,000	0,000	-1,521	-0,457	48,148
st 3	18,014	6,392	-6,966	0,000	0,000	-0,574	2,184	45,877
st 4	15,706	7,856	-7,364	0,000	0,000	0,493	1,901	40,571
st 5	13,398	7,540	-7,653	0,000	0,000	-0,113	2,224	36,225
st 6	11,090	10,399	-7,744	0,000	0,000	2,655	-2,565	35,227
st 7	8,782	5,806	-7,358	0,000	0,000	-1,552	-0,084	39,838
st 8	6,474	3,686	-5,861	0,000	0,000	-2,175	5,930	33,137
st 9	4,166	3,057	-3,238	0,000	0,000	-0,181	6,843	18,645

A.19 Enkel spesifikasjon

Spesifikasjon

Sightseeing-passasjerfartøy

Fartøy

Dokumentet inneholder de viktigste dimensjonene og komponentene for et prosjektert nullutslipps sightseeing-fartøy.

Hoveddimensjoner

Lengde (L _{oa})	30	m
Lengde (L _{pp})	29,2	m
Bredde	12	m
Dypgang	1,8	m
Dybde i riss	3,3	m
Tonnasje	Ca 352	BT
Hastighet	16	knop
Spanteavstand	200	mm

Operasjonsområde, sertifikater

Fartsområde 3 innenriks fart i Norge.

Sertifisert som passasjerbåt med norsk flagg.

Kapasiteter

Passasjerantall	250	Personer
Mannskap	6	Personer
Ferskvann	2,5	m ³
Gråvann	1,2	m ³
Septikk	2	m ³

Maskineri

Hovedmotor	Elektromotor 2 x 750 kW
Batteri	397 x Corvus Dolphin Energy (4366 kWh)

Areal

Main deck, innvendig	177,8 m ²
Main deck, utvendig	169,1 m ²
Upper deck, innvendig	117,6 m ²
Upper deck, utvendig	56,7 m ²
Bridge deck, innvendig	34,5 m ²
Bridge deck, utvendig	62,9 m ²

Sikkerhet

MOB-Båt	1 x Survitec DSB 3,9 SR (6 pax)
Livflåter	2 x Survitec (150 pax)

Anker og vinsjer

Anker	1
Vinsj MOB-båt	1

Dekkarrangement

Bottom deck

Batterirom	2
Maskinerirom	2
Baugthruster	2
FP-tank	2
Ballasttank	2

Tunnel deck

Septikktank	4
Ferskvannstank	4
Gråvannstank	2
Bunn av heis	1
Anker	1
MOB-båt	1

Main deck

HC-toalett	2
Vanlige sitteplasser	132
Rullestolplasser	2
Sitteplasser med ekstra funksjoner	6
Teknisk rom	1
Tavlerom (Hovedtavle)	1
Heis	1
Bysse	1
Trapp	1

Upper deck

Toalett	2
Vanlige sitteplasser	108
Rullestolplasser	2
Sitteplasser med ekstra funksjoner	4
Tavlerom (Nødtavle)	1
Heis	1
Trapp	2

Bridge deck

Toalett	1
Heis	1
Trapp	1
Dagrom personell	1
Toalett personell	1
Bro	1

