

RAPPORT

Petroleumstilsynet

ST6 Alternative personelltransport- og evakueringsløsninger

Hovedstudie



Kunde:

Petrolestilsynet

Kontaktperson:

Olav Hauso

Oppsummering:

Denne rapporten dokumenterer en studie relatert til alternative personelltransport- og evakueringsløsninger, det vil si overføring av personell med alternativer til helikopter for personelltransport i farvann utenfor eller i randsonen for helikopterrekkevidde.

Formålet med studien er å fremskaffe kunnskapsgrunnlag for en bedre forståelse av alternative personelltransport- og evakueringsløsninger, og hvilke krav dette setter til løsningene for å oppnå visse tilgjengeligheter.

Studien innebærer å innhente kunnskap om oppdragets emner og identifisere risiko- og usikkerhetsfaktorer. Videre utredes egenskaper for et fartøy for å få best mulig tilgjengelighet for personelloverføring under de værforhold som er i de valgte områder. Tilgjengeligheten begrunnes, med tilhørende sensitiviteter.

Konkret viser studien at innenfor de antagelser og begrensninger som er gjort, er det realistisk å prosjektere et fartøy som gir en tilgjengelighet for personelloverføring på årsbasis på 91% (sesongvariasjon 82-99%) i Barentshavet og 83% (sesongvariasjon 64-99%) for Norskehavet. Forutsetninger, antagelser og sensitiviteter er diskutert i rapporten. Det er også gjort en fareidentifikasjon for denne typen operasjoner, som også er drøftet i rapporten.

Nøkkelord	Alternativ personelltransport, gangbro, Barentshavet, Norskehavet
Rapportnr.	1072150-RE-02
Forfatter(e)	Karianne Haver (Proactima), Steven Viddal (Proactima), Ove. T. Gudmestad (UiS), Nora Haug (Aker Solutions), Karl Henning Halse (NTNU), Odd Torstein M�rkve (Proactima), Ole Ditlev Nielsen (Esvagt) og Bjørn-Egil Asbjørnslett (NTNU)
Konfidensialitet	Internt
Revisjonsnr.	00
Revidert dato	15.12.2016
Antall sider	127

Rev.nr.	Dato	årsak til revisjon
00	15.12.2016	Rapport oversendt Petrolestilsynet

Utarbeidet av

Karianne Haver

Verifisert av

Hermann S. Wiencke

For Proactima AS

Rune Sjursen

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Formål.....	6
1.3	Rammer for studien.....	6
1.4	Forutsetninger	7
1.5	Begreper	8
1.6	Forkortelser	9
1.7	Rapportstruktur.....	10
2	Geografiske områder	12
2.1	Barentshavet	13
2.2	Norskehavet	14
3	Fysiske forhold i valgte geografiske områder	15
3.1	Ekstremverdier og middelveier for ulike miljøparametere	15
3.2	Miljøbeskrivelse basert på Petroleumstilsynets klassifisering av Barentshavet	16
3.3	Miljøbeskrivelse basert på BaSECs rapport	17
3.4	Følt temperatur (wind chill effekt)	18
3.5	Polare lavtrykk.....	20
3.6	Bølgedata.....	20
4	Risiko- og usikkerhetsmomenter	24
4.1	Fareidentifikasjon	24
4.2	Risikomomenter	24
4.3	Usikkerhetsmomenter.....	25
5	Offshore flyttbar innretning	30
5.1	Introduksjon	30
5.2	Hoveddata Aker H-6e	30
5.3	Bevegelseskarakteristika Aker H-6e	32
6	Personelltransportfartøy.....	36
6.1	Egenskaper ved et fartøy.....	36

6.2	Aktuelle løsninger	37
6.3	Konseptuell utforming av fartøy for personelltransport.....	40
7	Posisjonerings- og referansesystemer.....	52
7.1	DP klasser	52
7.2	Referansesystem	53
7.3	Tap av posisjon	54
7.4	Posisjoneringssystem - regelverkskrav.....	54
7.5	Diskusjon	55
8	Personelloverføring med gangbro	56
8.1	Egenskaper ved gangbroløsninger	56
8.2	Aktuelle løsninger.....	57
8.3	Konseptuell utforming av gangbro.....	62
9	Tilgjengelighetsvurdering.....	64
9.1	Modell for tilgjengelighetsvurdering.....	64
9.2	Kriterier og antagelser	65
9.3	Tilgjengelighet	66
9.4	Konservatisme i tilgjengelighetsvurderingen	67
10	Sensitivitetsvurdering	68
10.1	Endringer i fartøystørrelse / utforming.....	68
10.2	Vinterisering	68
10.3	Annen fartøytype	69
10.4	Aktuell innretning.....	69
10.5	Lokasjon.....	69
11	Personelloverføring med kurv	70
11.1	Generelt.....	70
11.2	Aktuelle systemer for personelloverføring med kurv	70
11.3	Diskusjon	71
12	Kranoperasjoner fra fartøy.....	73
12.1	Aktuell løsning NOV type Hydralift OC2401K.....	73

12.2	Diskusjon	74
13	Regelverk	75
13.1	Innretningsforskriften	75
13.2	Aktivitetsforskriften.....	75
13.3	Konklusjon regelverk	75
13.4	Forhold til maskindirektivet og maskinforskriften	76
14	Diskusjon og konklusjon.....	79
14.1	Oppsummering.....	79
14.2	Diskusjon	80
14.3	Konklusjon	82
15	Referanser.....	83
15.1	Annet bakgrunnsmateriale.....	83
16	Vedlegg 1 Vær- og bølgeforhold	85
17	Vedlegg 2 Fareidentifikasjon	90
18	Vedlegg 3 Diskusjon av funksjonskrav	99
19	Vedlegg 4 Konseptstudie.....	102

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Åpning av Barentshavet sørøst er den første åpningen av et nytt område for petroleumsvirksomhet på omtrent 20 år på norsk sokkel. Aktiviteter i dette området medfører nye og potensielt større utfordringer enn det man tidligere har stått ovenfor i nyåpnede områder på norsk sokkel og i Barentshavet.

Med bakgrunn i dette, og arbeidet som er gjort i Norsk Olje og Gass prosjektet «HMS utfordringer i nordområdene», har Petroleumstilsynet identifisert flere prosjekter for å innhente kunnskap og utføre konkrete utredninger om usikkerhets- og risikofaktorer i den åpnede delen av Barentshavet.

Som en del av arbeidet med å innhente kunnskap om Barentshavet sørøst har Petroleumstilsynet satt i gang dette prosjektet hvor man skal se på «Alternative personelltransport- og evakueringsløsninger».

Som tittelen indikerer, skal man se på alternativ personelltransport med skip / fartøy til innretninger som ligger i randsonen for å bruke helikopterløsninger, og man skal også se på krav til karakteristika på skip / fartøy for å anvende alternative evakueringsløsninger (for eksempel kurv) fra innretning til skip / fartøy.

Denne rapporten dokumenterer prosjektet som beskrevet ovenfor.

1.2 Formål

Formålet med studien er å fremskaffe kunnskapsgrunnlag for en bedre forståelse av alternative personelltransport- og evakueringsløsninger, og hvilke krav dette setter til løsningene for å oppnå visse tilgjengeligheter.

Studien innebærer å innhente kunnskap om oppdragets emner og identifisere risiko- og usikkerhetsfaktorer. Videre skal man utrede egenskaper for et fartøy for å få best mulig tilgjengelighet for personelloverføring under de værforhold som er i de valgte områder. Tilgjengeligheten skal begrunnes, med tilhørende sensitiviteter.

1.3 Rammer for studien

Følgende rammer for studien ble opprinnelig etablert av Petroleumstilsynet:

1. Et skip / fartøy skal brukes til personelltransport og eventuelt som mottakssted ved evakuering fra innretning.
2. Det skal kunne brukes broforbindelse mellom et skip / fartøy som brukes til personelltransport til en innretning, eller som mottakssted for evakuering fra en innretning.
3. Skip / fartøy skal også kunne være mottaksplattform for kurv.
4. Man skal belyse bølge- og værkarakteristika for aktuelle geografiske områder hvor det foregår petroleumsvirksomhet (inkludert områder for kommende 23. konsesjonsrunde, Barentshavet Sør øst).
5. Man skal belyse nødvendige karakteristika for skip / fartøy og tilhørende bevegelsesrespons slik at man kan få tilgjengelighet for broforbindelse beskrevet gjennom statistisk analyse for årstid / sesong for å oppnå, for eksempel:
 - a. 90% tilgjengelighet
 - b. 80% tilgjengelighet
 - c. 70% tilgjengelighet

- d. Andre tall dersom nødvendig eller realistisk
6. Samme analytiske tilnærming skal brukes når man vurderer nødvendige karakteristika for å motta / lande en kurv i et evakueringsstilfelle fra en flyttbar boreinnretning.

Som del av arbeidet ble det gjennomført en forstudie høsten 2015 (Proactima, 2015). Forstudien beskriver hvilke emner som skal utredes i hovedstudien, samt hvordan hver av disse emnene er tenkt gjennomført i hovedstudien. Hensikten med forstudien var å fremskaffe det beste forslaget til hvordan hovedstudien kunne løses.

Som et resultat av forstudien ble arbeidsomfanget til hovedstudien noe justert. Fokus i hovedstudien er konsentrert omkring egenskaper til fartøy for personelloverføring, mens det er lagt mindre vekt på å utrede bruken av kurv for personelloverføring. Videre er det tatt med en kort diskusjon om kranoperasjoner med kran på fartøyet.

Studien belyser to områder i henholdsvis Barentshavet og Norskehavet. I diskusjonene er det lagt mer vekt på betraktninger omkring området i Barentshavet, sammenlignet med Norskehavet. Dette er begrunnet med de særlige forhold som man finner i dette og nærliggende områder, blant annet:

- Ising, behov for vinterisering
- Utfordringer med posisjonerings- og referansesystemer
- Mørketid store deler av året

1.4 Forutsetninger

Forutsetningene beskrevet her ble delvis etablert i forstudien. Imidlertid er andre forutsetninger kommet til underveis i arbeidet med studien etter avtale med oppdragsgiver. Andre forutsetninger er blitt justert noe sammenlignet med forstudien. Det er derfor ikke full overenstemmelse mellom forutsetningene beskrevet her og slik de fremstod i forstudien.

1.4.1 System

Følgende forutsetninger er gjort relatert til systemene som vurderes i hovedstudien:

- Det vurderes én type flytende boreinnretning. For denne studien er en flyttbar boreinnretning av type Aker H-6e valgt.
- Det vurderes én konseptuell modell for fartøy for personelltransport med overordnet vurdering av variasjoner / sensitiviteter i egenskapene / bevegelseskarakteristika til fartøyet.
- Løsninger for personelltransport og evakuering som vurderes er bruk av henholdsvis gangbro eller kurv. Dette betyr at andre løsninger som for eksempel bruk av strøppe ikke vurderes.
- Bruk av gangbro vurderes for personelloverføring i normal situasjon. Det vil si at bruk av gangbro i en evakueringssituasjon ikke vurderes.
- Bruk av kurv vurderes for personelloverføring i en evakueringssituasjon av en enkelt (skadd) person eller i en nedbemanningssituasjon. Det vil si at bruk av kurv i en normal situasjon, samt bruk av kurv for å evakuere en hel innretning, ikke vurderes.
- Eventuelle beredskapskrav til fartøyet for personelltransport er ikke en del av studien.
- Å utarbeide krav til andre typer fartøy, som for eksempel beredskapsfartøy ved innretningen, er ikke en del av studien.

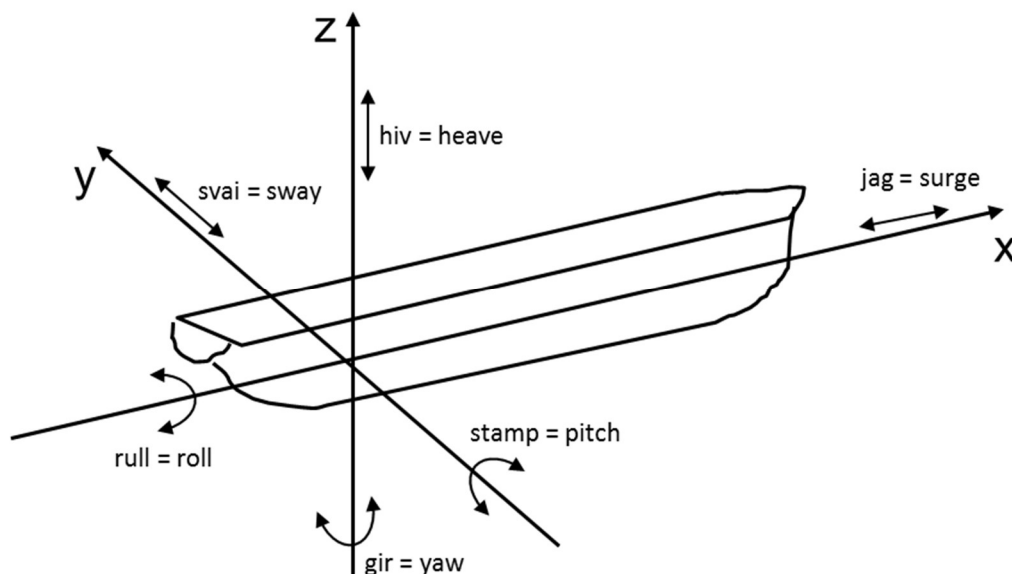
1.4.2 Tilgjengelighetsvurdering

Følgende forutsetninger er gjort relatert til tilgjengelighetsvurderingene som gjøres i hovedstudien:

- Det er gjennomført tilgjengelighetsvurdering for personelloverføring med gangbro i normal situasjon, gitt at fartøyet for personelltransport er til stede ved innretningen. Det vil si at det ikke gjøres tilgjengelighetsvurdering for personelloverføring med bruk av kurv.
- Tilgjengelighetsvurderingen er gjort med bakgrunn i:
 - Kvalitativ og kvantitativ vurdering av systemets krav til værforhold for å gjennomføre personelloverføringen.
 - Statistisk analyse av værdata.
- Ulykkeshendelser på boreinnretningen eller fartøyet for personelltransport som kan påvirke tilgjengeligheten for å kunne gjennomføre personelloverføringen, inkluderes ikke i vurderingen av tilgjengelighet.

1.5 Begreper

Figur 1-1 illustrerer de seks retninger som et skip / fartøy kan bevege seg i, og viser sammenhengen mellom konvensjonell engelsk terminologi og den norske terminologien som er benyttet i denne rapporten.



Figur 1-1 Sammenheng mellom norsk og engelsk terminologi for et skips / fartøys bevegelse

Videre i denne rapporten benyttes følgende begreper som «kortversjoner» av følgende systemer:

Innretning Halvt nedsenkbar flyttbar innretning for boring

Fartøy Fartøy / skip som kan brukes til personelltransport

RAO Begrepet Response Amplitude Operators, vanligvis forkortet RAO, brukes mye i denne rapporten i diskusjoner omkring utforming av fartøy og innretning. RAO betegner et sett med matematiske representasjoner av hvordan et gitt skrogdesign vil reagere på gitte bølgehøyder og bølgeperioder, i de bevegelsene som er vist i Figur 1-1. RAO kan dermed benyttes, innenfor visse begrensninger, for å optimalisere utformingen av skroget til det behov man måtte ha, for eksempel fart, drivstofforbruk, stabilitet og komfort.

1.6 Forkortelser

B	Fartøyets bredde
BaSEC	Barents Sea Exploration Collaboration
Cb	Fartøyets blokkoeffisient (Forholdet mellom volumet av et skipsskrog under vannet og volumet av en rektangulær blokk med samme lengde, bredde og dybde. Blokkoeffisienten varierer fra ca. 0,5 for slanke hurtige skip, til ca. 0,85 for butte, lekterlignende fartøyer (ref. Store norske leksikon))
DARPS	Differential absolute and relative positioning system (differensielt absolutt og relativt posisjoneringssystem)
DFU	Definerte fare- og ulykkessituasjoner
DGPS	Differential GPS (differensielt globalt posisjoneringssystem)
DP	Dynamisk posisjonering
DWL	Design waterline (Referanse til plassering av vannlinje ved normale operasjonelle forhold)
ERN	Environmental regulatory number
ESD	Emergency shutdown (nødnedstengningssystem)
FPSO	Flytende produksjons- og lagringsskip
GM	Initiell metasenterhøyde (Angivelse for stabilitet av fartøyet ved små krengevinkler, $GM=KM-VCG$)
GPS	Global positioning system (globalt posisjoneringssystem)
GLONASS	Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema (russisk utviklet globalt satelittnavigasjonssystem, tilsvarer grovt sett det USA-utviklede GPS systemet)
Hazid	Hazard identification (fareidentifisering)
HiÅ	Høgskolen i Ålesund
Hs	Signifikant bølgehøyde
IMCA	International Marine Contractors Association
IMO	International Maritime Organisation
KM	Mål for stabilitet av skip; avstanden fra kjølen til metasenteret

Lpp	Fartøyets lengde mellom perpendicularærene (Akre perpendicular er en linje gjennom skipets rorstamme, mens forre perpendicular er en linje gjennom konstruksjonsvannlinjens forreste punkt)
MOB	Mann over bord
MTB	Motor torpedo båt
NDP	Norwegian Deepwater Programme
OSV	Offshore support vessel
RAO	Response amplitude operator (Responsen av fartøyet i bølger med amplitude 1 meter og gitt bølgeperiode)
RRT	Roll reduction tank (rulledempningstank)
SES	Surface effect ship
SUT	Samsvarsuttalelse
T	Fartøyets dypgang
TP	Bølgeperiode (Topperiode i bølgespekteret)
Twc	Wind chill temperatur (Følt temperatur)
VCG	Vertical center of gravity (Avstand fra kjølen til tyngdepunktet for fartøyet)
WLn	Water line change number n (Karakteristika for fartøyet i tilfelle forandring av vannlinjens plassering)
WTW	Walk to work
W2W	Walk to work

1.7 Rapportstruktur

Rapporten begynner med presentasjon av de geografiske områder som er brukt som utgangspunkt for studien og de fysiske / klimatiske forhold i disse områdene (kapittel 2 og 3).

I kapittel 4 presenteres resultatene fra en intern fareidentifikasjon som er gjennomført som en del av grunnlaget for studien. Identifiserte risiko- og usikkerhetsmomenter er presentert her. Usikkerhetene er brukt som grunnlag for drøftingen av resten av rapporten.

I kapittel 5 og 6 gjøres det rede for egenskaper og krav til innretning og fartøy for personelloverføring.

Posisjonering og bruk av dynamisk posisjonering (DP) ved gjennomføring av denne typen operasjon, er et kritisk element og posisjonerings- og referansesystemer er diskutert i kapittel 7.

Kapittel 8 gir en oversikt over ulike egenskaper ved gangbroer som må tas i betraktning. Videre er det tatt med korte beskrivelser av systemer og løsninger som finnes eller er på vei til markedet i dag.

I kapittel 9 er beskrivelse av og resultater fra tilgjengelighetsvurderingen gjengitt. Tilhørende sensitiviteter er kvalitativt drøftet i kapittel 10.

Kapittel 11 og 12 gir en kort oversikt over bruk av henholdsvis kurv og kranoperasjoner fra fartøyet.

En kort drøfting av regelverkskrav, herunder forholdet til Maskindirektivet er tatt med i kapittel 13, før det gis en kort oppsummering og de viktigste konklusjonene presenteres i kapittel 14.

2 Geografiske områder

To geografiske områder er valgt ut for vurdering i denne studien, henholdsvis ett i Barentshavet og ett i Norskehavet. Innenfor hvert av de geografiske områdene er det valgt en posisjon. Posisjonene som ble valgt, er innenfor utlyste blokker, men ble valgt tilfeldig innenfor den begrensningen.

Posisjonene er valgt for å danne et konkret utgangspunkt for vurderinger omkring tilgjengelighet basert på vær og bølgedata.

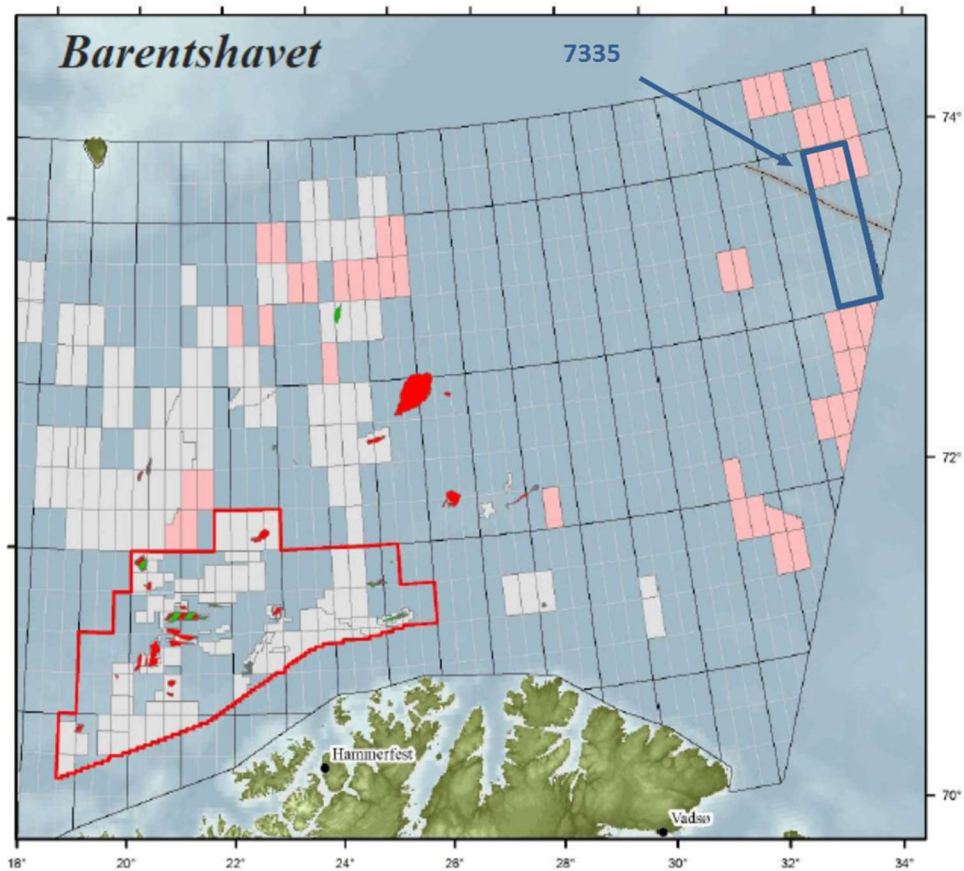
Det er viktig å presisere at temperatur-, vind- og bølgedata er svært stedspesifikke og at det må gjøres konkrete vurderinger for den aktuelle posisjonen man tenker seg å ha aktivitet på.

Betraktningene i denne rapporten vil også kunne ha relevans for andre områder karakterisert ved lange avstander og tilsvarende vær- / bølgeforhold, som for eksempel:

- Russland – Barentshavet og Karahavet
- Island – Dreki området
- Jan Mayen
- Falklandsøyene

De geografiske detaljene for valgte posisjoner, er presentert i kapittel 2.1 og 2.2. Beskrivelser av fysiske forhold er gitt i kapittel 3.

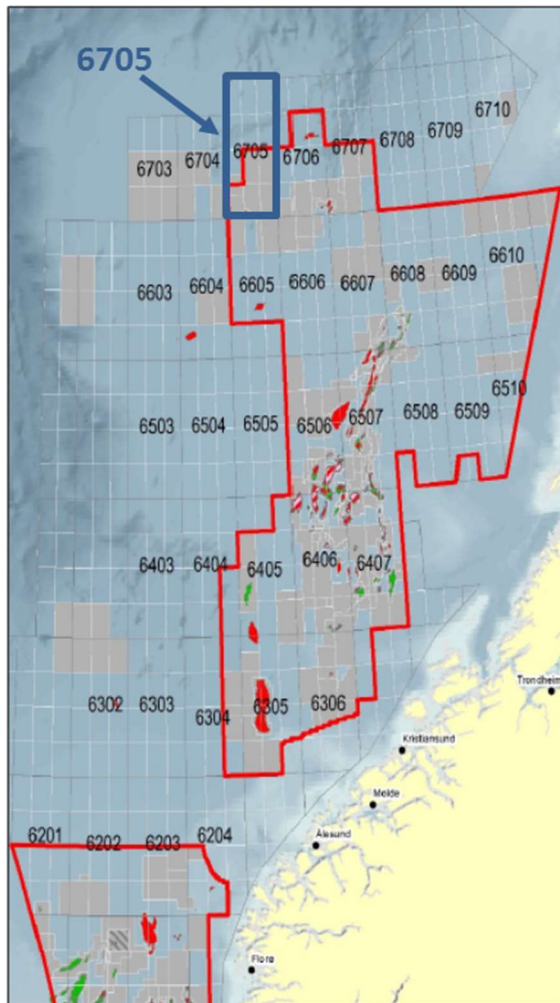
2.1 Barentshavet



Figur 2-1 Område valgt i Barentshavet; kvadrant 7335

Området som er valgt i Barentshavet, har posisjonen 73.47N 35.53E og ligger i blokk 7335/3. Blokken tilhører utvinningslisens PL 859. Lokasjonen ligger om lag 217 nautiske mil (402 kilometer) fra Mehamn, som har både havn og flyplass. PL 859 som blokken tilhører, er tildelt med boreforpliktelser. Det vil si at det foreligger en forpliktelse til å ta en beslutning om boring, men ikke konkret planlagt boreoperasjon på det tidspunkt denne rapporten ferdigstilles.

2.2 Norskehavet



Figur 2-2 Område valgt i Norskehavet; kvadrant 6705

Området som er valgt i Norskehavet, har koordinatene 67.16N 05.17E og ligger i blokk 6705/10. Per i dag er det ikke aktivitet i denne blokken og den ligger et godt stykke nord og vest for områder der det per i dag er aktivitet eller planlagt aktivitet. Fra før har Statoil boret en letebrønn i 2009. Den ble boret i blokk 6705/10, sør for området som er valgt i denne rapporten.

3 Fysiske forhold i valgte geografiske områder

I dette kapittelet presenteres fysiske / klimatiske forhold i de to valgte geografiske områdene i henholdsvis Barentshavet og Norskehavet. Følgende forhold beskrives:

1. Ekstremverdier og middelveier for ulike miljøparametre med utgangspunkt i «miljøkart» for Norsk sokkel for bruk i standardiseringsarbeid
2. Miljøbeskrivelse basert på Petroleumstilsynets klassifisering av Barentshavet (Ersdal, 2014)
3. Miljøbeskrivelse basert på BASECs rapport (BaSEC, 2015)
4. Følt temperatur (wind chill effekt) med utgangspunkt i «miljøkart» for Norsk sokkel for bruk i standardiseringsarbeid
5. Polare lavtrykk
6. Bølgedata (herunder signifikant bølgehøyde og bølgeperiode) basert på Nora10 hindcast modellen som styres av Meteorologisk institutt (Reistad med flere., 2011)

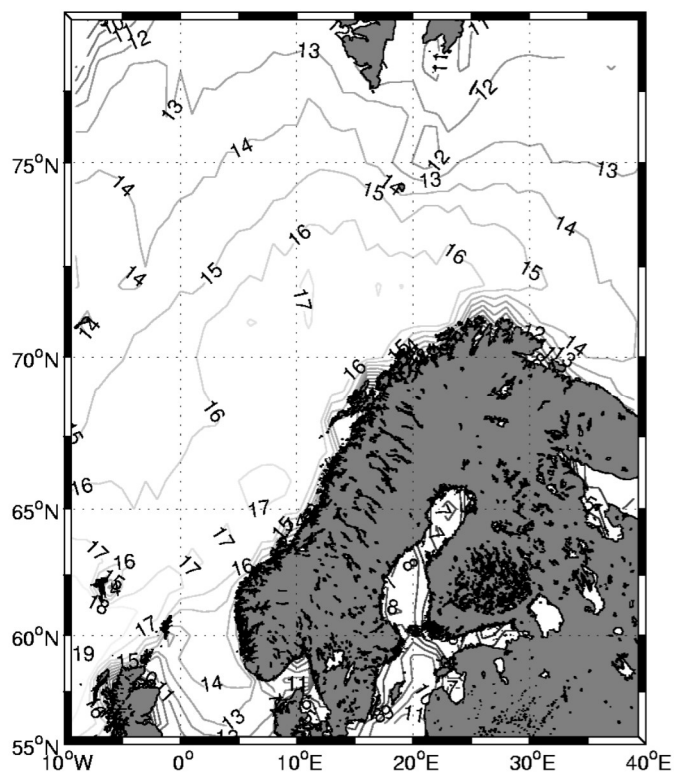
3.1 Ekstremverdier og middelveier for ulike miljøparametre

Til denne studien er det gitt tillatelse til å benytte informasjon fra Einar Nygaard, Statoil, som har produsert «miljøkart» for Norsk Sokkel for bruk i standardiseringsarbeid. Arbeidet er basert på data fra Nora10 hindcastdata for perioden 1958-2011. I Tabell 3-1 presenteres ekstremverdier og middelveier for ulike miljøparametre som bølgehøyder og bølgeperioder med utgangspunkt i disse miljøkartene. Figur 3-1 viser et eksempel på et slikt miljøkart. En oversikt over flere relevante miljøkart er presentert i vedlegg 1.

Fra Tabell 3-1 kan man se sannsynlighet for ising og ekstremverdier for temperatur, bølgehøyde og bølgeperiode i Barentshavet og Norskehavet. Generelt er det mer krevende bølgeforhold i Norskehavet, sammenlignet med Barentshavet. For ising er det omvendt. Ising er en ikke ubetydelig utfordring i nordlige deler av Barentshavet, mens det er en ubetydelig utfordring i Norskehavet.

Tabell 3-1 Ekstremverdier for bølgehøyder, bølgeperioder og vindhastighet, samt middelveier for andre miljøparametre (basert på miljøkartene i vedlegg 1)

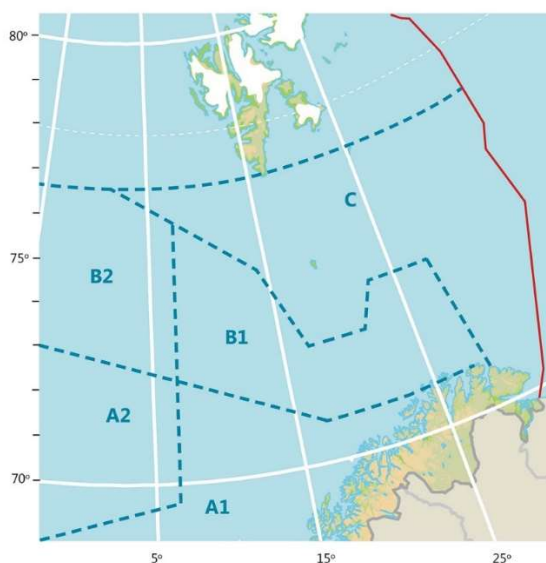
Parameter	Norskehavet, 6716N_0517E	Barentshavet, 7347N_3553E
Ekstremverdi for Hs med retur periode 100 år	16,5 m	14 m
Topp periode i bølge spekteret med retur periode 100 år	18 s	17 s
Ekstrem vind hastighet med returperiode på 100 år, tatt ved høyde 10 m og midlet over 1 time	34 m/s	31 m/s
Årlig middelvind tatt ved 100 m høyde	10,5 m/s	9,5 m/s
Antall dager (middelveier) med ising, 2-4 cm/time	Færre enn 0,1	5
Antall dager (middelveier) med ising, 0,7-2 cm/time	0,1	27
Årlig sannsynlighet for sjøis	--	Årlig?
Høyeste / laveste lufttemperatur (°C) med returperiode 100 år	20 / -8	20 / -30
Laveste overflatetemperatur (°C) med returperiode 100 år	6	0-1



Figur 3-1 Signifikant bølgehøyde basert på NORAD 1958-2011 – konturene reflekterer en årlig sannsynlighet på 10^{-2} (bruk etter tillatelse fra Einar Nygård, Statoil)

3.2 Miljøbeskrivelse basert på Petroleumstilsynets klassifisering av Barentshavet

Petroleumstilsynet (Ersdal, 2014) har laget en klassifisering av miljøforholdene i Barentshavet, se Figur 3-2 og Tabell 3-2.



Figur 3-2 Klassifisering av olje- og gasslisenser i Barentshavet (Ersdal, 2014)

Tabell 3-2 Forenklet klassifisering av miljøforholdene i Barentshavet (Ersdal, 2014)

Sone	Miljøforhold
A1	Wind chill temperatur (T_{wc}) bør forventes å overstige -30°C 50 timer per år
	Temperaturer ned til -20°C vil inntreffe med en årlig sannsynlighet på 10^{-2}
	Moderat ising kan inntreffe minimum 1 dag årlig, tung ising kan inntreffe 1 dag hvert 10. år
	Snølast på 0,8 kPa med en årlig sannsynlighet på 10^{-2} kan inntreffe
	Polare lavtrykk kan inntreffe
A2	Som for A1, og i tillegg:
	Wind chill temperatur (T_{wc}) bør forventes å overstige -30°C opptil 500 timer per år
	Sjøis kan inntreffe med en årlig sannsynlighet på 10^{-2}
B1	Vinterseongen kan defineres fra november til mars
	Wind chill temperatur (T_{wc}) bør forventes å overstige -30°C opptil 200 timer per år
	Tung ising bør forventes å inntreffe 5 dager årlig, moderat ising bør forventes å inntreffe opp til 30 dager årlig
	Snølast på 0,8 kPa med en årlig sannsynlighet på 10^{-2} kan inntreffe
	Temperaturer ned til -30°C vil inntreffe med en årlig sannsynlighet på 10^{-2}
	Sjøis vil inntreffe med en årlig sannsynlighet på 10^{-4}
	Isfjellkollisjoner kan inntreffe med en årlig sannsynlighet på 10^{-4}
	Polare lavtrykk kan inntreffe
B2	Vinterseongen kan defineres fra november til mars
	Som for B1, og i tillegg:
	Wind chill temperatur (T_{wc}) bør forventes å overstige -30°C opptil 800 timer per år
	Sjøis vil inntreffe med en årlig sannsynlighet på 10^{-1}
C	Vinterseongen kan defineres fra oktober til april
	Wind chill temperatur (T_{wc}) bør forventes å overstige -30°C opptil 2000 timer per år
	Tung ising bør forventes å inntreffe 25 dager årlig, moderat ising bør forventes å inntreffe opp til 50 dager årlig
	Snølast på 1,0 kPa med en årlig sannsynlighet på 10^{-2} kan inntreffe
	Temperaturer ned til -40°C vil inntreffe med en årlig sannsynlighet på 10^{-2}
	Sjøis vil inntreffe årlig
	Isfjellkollisjoner kan inntreffe med en årlig sannsynlighet på 10^{-2}
	Polare lavtrykk kan inntreffe
	Sikt < 1000 m 8,58% av tiden Sikt < 10000 m 31,76% av tiden

Valgt lokasjon i Barentshavet ligger i det området som Petroleumstilsynet klassifiserer som område C, ref. Figur 3-2. For dette området gjelder følgende karakteristika:

- Vinterseongen varer fra oktober til april
- Kulde vil være en betydelig utfordring, med opp mot 2 000 timer med følt temperatur som overstiger -30°C , moderat ising opptil 50 dager og tung ising i 25 dager. 100 års minimumstemperatur er på -40°C
- Det er årlig forekomst av sjøis og kollisjoner med isfjell kan inntreffe med en frekvens på en per 100 år
- Sikt vil være under 1 000 meter 8,58% av tiden og polare lavtrykk er ikke uvanlig

3.3 Miljøbeskrivelse basert på BaSECs rapport

Barents Sea Exploration Collaboration (BaSEC) har også utgitt en rapport om fysisk miljø i Barentshavet sørøst (BaSEC, 2015). BaSECs rapport gir værdata for fire ulike lokasjoner som er valgt i utlyste blokker. Rapporten inkluderer normale og ekstreme verdier for relevante vind-, bølge-, strøm-, luftforhold og sjøtemperatur. I tillegg inkluderer den sannsynlighet for forekomst av sjøis og isfjell i utvalgte områder.

Rapporten gir også grunnleggende informasjon om fenomen spesielt for områdene, slik som polare lavtrykk, marin og atmosfærisk ising og hvor mye snø som kan forventes. Hovedfunnene er som følger:

- Forhold knyttet til strøm, vind og bølger er likt det som finnes i Nordsjøen. Det betyr også at forholdene (normale og ekstreme verdier) som regel er mildere enn i Norskehavet.
- Det er lav sannsynlighet for forekomst av sjøis og isfjell i de fem områdene som dekkes av den 23. konsesjonsrunden.
- Ekstreme minimum lufttemperaturer er betydelig lavere enn det man er vant med på andre deler av sokkelen.
- Polare lavtrykk, snø og ising krever oppmerksomhet i planleggings- og gjennomføringsfasen av eventuelle leteoperasjoner vinterstid.

3.4 Følt temperatur (wind chill effekt)

Teknisk utstyr opplever ikke bare den faktiske temperaturen, men også den følte temperaturen (wind chill effekt). Vindeffekten må tas hensyn til når en setter krav til teknisk utstyr (Kvamme, 2016 og Solberg et al., 2016).

I tilfelle vind, oppleves lave temperaturer enda kaldere, og nedkjølingseffekten fra vind er viktig. Opplevd temperatur kan beregnes som følger:

$$T_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot T_a - 14,651 \cdot U_a^{0,16} + 0,5109 \cdot T_a U_a^{0,16}$$

der:

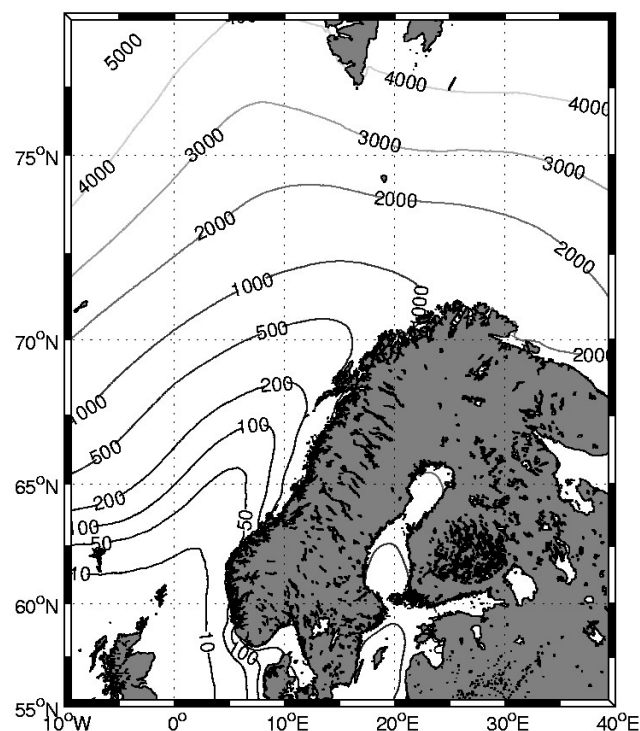
- U_a (m/s) er vindhastigheten der arbeidet foregår
- T_a (°C) er lufttemperaturen

I Tabell 3-3 presenteres følt temperatur (wind chill effekt) med utgangspunkt i disse miljøkartene. Figur 3-3 viser et eksempel på et slikt miljøkart. En oversikt over flere relevante miljøkart er presentert i vedlegg 1.

Tabell 3-3 viser grovt sett at vindkjølingseffekten er et mye mindre problem i Norskehavet på grunn av høyere temperatur, sammenlignet med Barentshavet. Når følt temperatur er lav, reduseres tiden som personell bør oppholde seg ute under angjeldende forhold.

Tabell 3-3 Følt temperatur (wind chill effekt)

Parameter	Norskehavet, 6716N_0517E	Barentshavet, 7347N_3553E
Årlig antall timer (middelverdi) med følt temperatur lavere enn -5°C ved 30 m høyde over middelvannstand	200	2500
Årlig antall timer (middelverdi) med følt temperatur lavere enn -10°C ved 30 m høyde over middelvannstand	10	1000
Årlig antall timer (middelverdi) med følt temperatur lavere enn -15°C ved 30 m høyde over middelvannstand	-	400
Årlig antall timer (middelverdi) med følt temperatur lavere enn -20°C ved 30 m høyde over middelvannstand	-	40
Årlig antall timer (middelverdi) med følt temperatur lavere enn -25°C ved 30 m høyde over middelvannstand	-	10



Figur 3-3 Årlig gjennomsnittlig antall timer med wind chill temperatur $T_{wc} < -5^{\circ}\text{C}$, 30 m høyde over middelvannstand (MWL)

I Tabell 3-4 og Tabell 3-5 presenteres maksimale og minimale temperaturer med utgangspunkt i de samme miljøkartene. Tabellene viser betydelig lavere temperaturer i Barentshavet enn i Norskehavet.

Tabell 3-4 Maksimale og minimale temperaturer i perioden 1958 til 2011

Parameter	Norskehavet, 6716N_0517E	Barentshavet, 7347N_3553E
Maksimum temperatur $^{\circ}\text{C}$ med 1 time varighet med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} (maksimum i databasen til Metrologisk institutt + 2 grader)	17	13
Minimum temperatur $^{\circ}\text{C}$ med 1 time varighet med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} (minimum i databasen til Metrologisk institutt - 2 grader)	-12	-32
Minimum temperatur $^{\circ}\text{C}$ med 24 timers varighet med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} (minimum i databasen til Metrologisk institutt - 2 grader)	-7	-28

Tabell 3-5 Maksimale og minimale temperaturer per måned i perioden 1958 til 2011

Måned	Norskehavet, 6716N_0517E		Barentshavet, 7347N_3553E	
	Min. temp. °C med 1 time varighet med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} (minimum i databasen til Metrologisk institutt - 2 grader)	Min. temp. °C med 24 timers varighet med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} (minimum i databasen til Metrologisk institutt - 2 grader)	Min. temp. °C med 1 time varighet med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} (minimum i databasen til Metrologisk institutt - 2 grader)	Min. temp. °C med 24 timers varighet med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} (minimum i databasen til Metrologisk institutt - 2 grader)
Januar	-10	-7	-28	-24
Februar	-12	-7	-32	-27
Mars	-11	-6	-28	-24
April	-8	-5	-24	-22
Mai	-3	-2	-16	-14
Juni	0	2	-5	-3
Juli	3	4	-7	-2
August	3	5	-1	0
September	0	2	-7	-5
Oktober	-4	-2	-15	-14
November	-6	-4	-22	-20
Desember	-8	-7	-32	-28

3.5 Polare lavtrykk

Polare lavtrykk kan forekomme overalt i Barentshavet og tidvis i Norskehavet. Slike polare lavtrykk dannes i overgangen mellom isfritt og isdekket farvann. Sannsynligheten for polare lavtrykk er lav i sommermånedene. Se også kapittel 4.3.2 for en diskusjon om polare lavtrykk.

3.6 Bølgedata

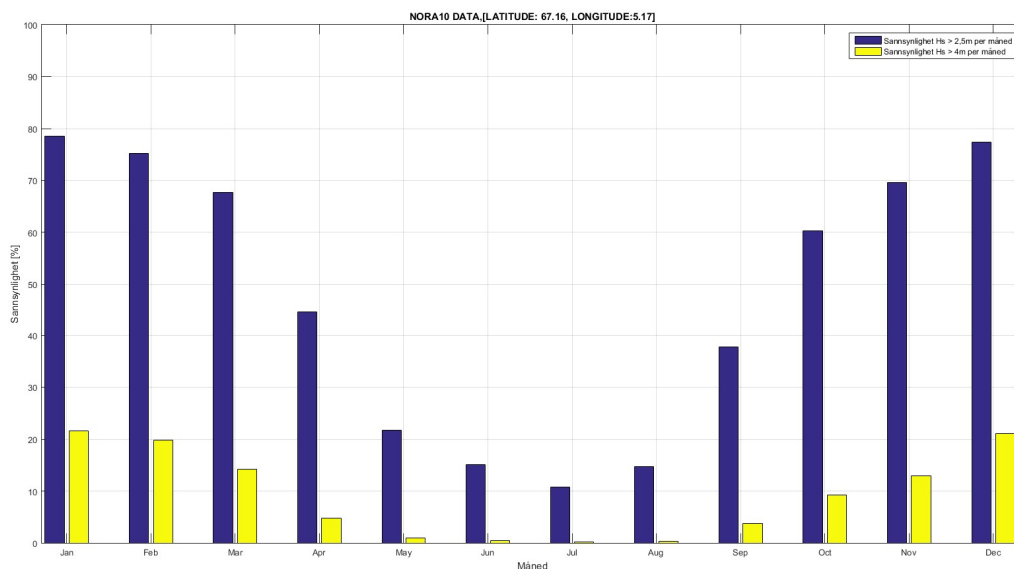
Det er innhentet værdata for de aktuelle lokasjonene (se kapittel 2.1 og 2.2) fra Nora10 hindcast modellen som styres av Meteorologisk institutt (Reistad med flere., 2011). Datasettet som er benyttet i denne studien dekker perioden 1957-2015. Datasettet har en oppløsning på 3 timer og omfatter blant annet:

- Vindstyrke
- Vindretning
- Temperatur
- Bølgehøyde
- Bølgeperiode

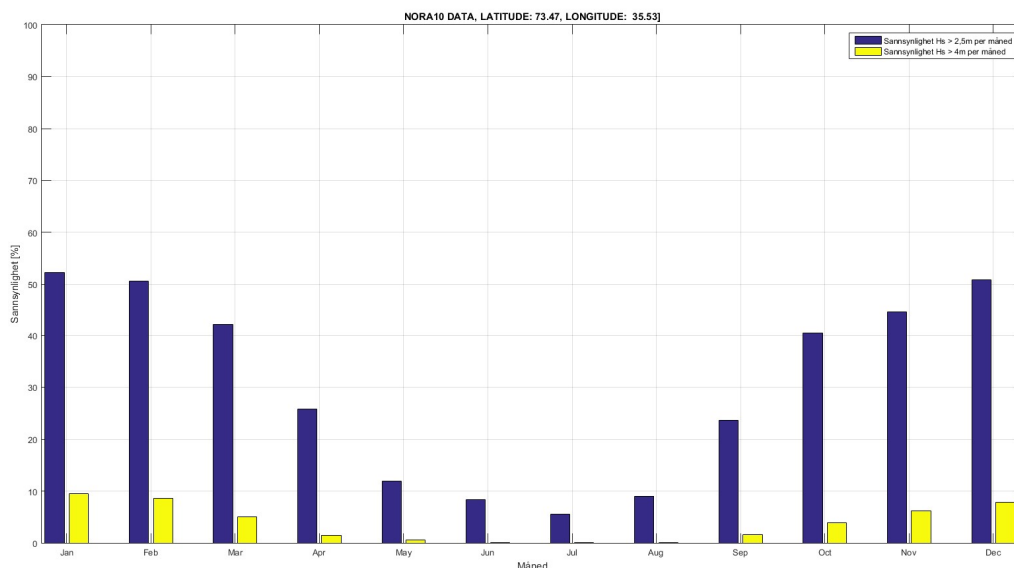
Disse dataene er brukt som inngangsverdier for å finne tilgjengelighet av et gangbrosystem for denne lokasjonen. For dette formålet er det brukt verdier for bølgehøyde og bølgeperiode. De andre dataene har ikke vært brukt og dermed ikke påvirket tilgjengelighetsvurderingen. Det er ikke dermed sagt at ikke for eksempel vindstyrke kan ha betydning, uavhengig av bølgehøyde med mere.

3.6.1 Signifikant bølgehøyde

I Figur 3-4 nedenfor er det vist sannsynlighet brutt ned per måned for signifikant bølgehøyde (H_s) over 2,5 meter (mørk blå søyle) og 4 meter (gul søyle) for posisjonen i Barentshavet. Figur 3-5 viser tilsvarende for posisjonen i Norskehavet.



Figur 3-4 Sannsynlighet for signifikant bølgehøyde (H_s) over 2,5 m og over 4 m per måned – Norskehavet, 6716N_0517E



Figur 3-5 Sannsynlighet for signifikant bølgehøyde (H_s) over 2,5 m og over 4 m per måned – Barentshavet, 7347N_3553E

Figurene viser at det på det jevne er større sannsynlighet for signifikant bølgehøyde over 4 meter for posisjonen i Norskehavet enn for posisjonen i Barentshavet. For Barentshavet er ikke sannsynligheten for

signifikant bølgehøyde over 4 meter over 10% for noen måned. For Norskehavet er sannsynligheten for signifikant bølgehøyde over 4 meter over 10% store deler av vinteren (fra november til mars).

BaSEC rapportens punkt A (BaSEC, 2015) korresponderer nokså nøyaktig med denne studiens valgte posisjon i Barentshavet, se kapittel 2.1 og 3.3. Avstanden mellom BASECs punkt A og posisjonen valgt i denne rapporten er 37,6 nautiske mil. Av dataene i BASEC rapporten ser man at forholdene er relativt like. Blant annet viser Tabell 3.3 i BASEC rapporten at det er mindre enn 10% sannsynlighet for å ha større signifikant bølgehøyde enn 4 meter (årlig, alle vindretninger). Det er forventet at det vil være god korrelasjon over større åpne havområder for denne type data. BaSEC rapporten har da også hentet sine grunnlagsdata fra den samme hindcastdatabasen som ligger til grunn for vurderingene i figurene over.

Korrelasjonskoeffesienten mellom månedlig tilgjengelighet i punkt A i BASEC rapporten og posisjonen som er valgt i denne studien er 0,96. Dette indikerer at man grovt sett kan ekstrapolere resultater for tilgjengelighet i et område utover posisjonen valgt i denne studien.

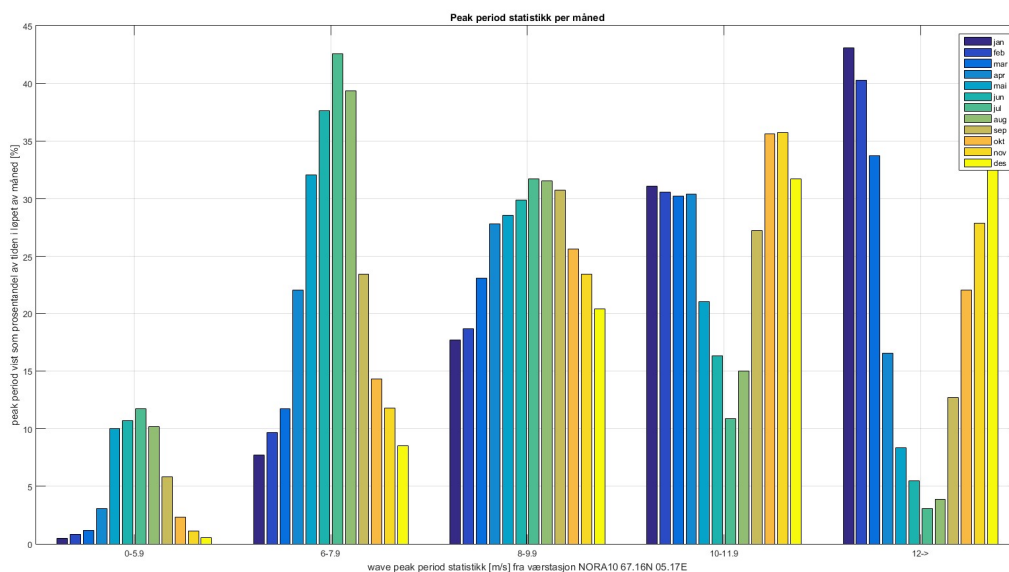
3.6.2 Bølgeperiode

Et fartøy sin respons i bølger er avhengig av den midlere bølgeperioden som ofte karakteriseres ved toppperioden i bølgespekteret, T_p . Generelt vil lengre bølgeperioder føre til større respons for et gitt fartøy.

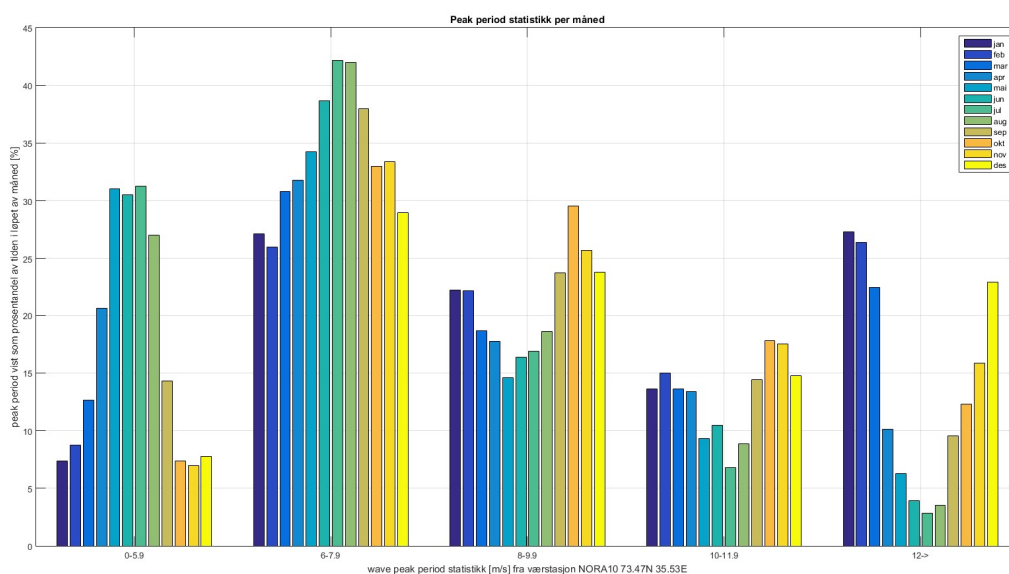
Figur 3-6 og Figur 3-7 viser hvordan bølgenes periode (T_p) er fordelt over et helt år for henholdsvis posisjoner i Barentshavet og Norskehavet, gruppert i tidsintervaller og med en kolonne per måned.

Fra Figur 3-6 kan man gjøre følgende observasjoner for posisjonen i Norskehavet: Ved å se på data fra januar ser man at mindre enn 1% av bølgetilstandene (middel av 3 timers målinger) har perioder lavere enn 6 sekund. 7% av bølgetilstandene har perioder mellom 6 og 8 sekund mens henholdsvis 17% og 32% av bølgetilstandene har perioder mellom 8 og 10 sekund og mellom 10 og 12 sekund. Hele 43% av bølgetilstandene har perioder større enn 12 sekund. Det er derfor vanskelig å prosjektere et fartøy som har små bevegelser vintertid. Om sommeren er forholdene omvendt. Figuren viser at i 50% av bølgetilstandene er topp-perioden i bølgespekteret mindre enn 8 sekund.

Forholdene er noe mindre krevende i Barentshavet, til sammenligning er kun omkring 27% av bølgeperiodene høyere enn 12 sekund for Januar. Poenget i diskusjonen over er likevel det samme, det er krevende å prosjektere et fartøy som skal ha små bevegelser i vintersesongen.



Figur 3-6 Sannsynlighet for bølge peak periode (m/s) i gitte intervaller per måned – Norskehavet, 6716N_0517E



Figur 3-7 Sannsynlighet for bølge peak periode (m/s) i gitte intervaller per måned – Barentshavet, 7347N_3553E

4 Risiko- og usikkerhetsmomenter

4.1 Fareidentifikasjon

Som en del av studien har man forsøkt å identifisere på et grovt og overordnet nivå mulige risiko- og usikkerhetsmomenter knyttet til personelloverføring til innretning fra fartøy med gangbrossystem. For å avdekke risiko- og usikkerhetsmomenter ble det gjennomført en fareidentifikasjon den 5. april 2016 i Proactimas lokaler i iPark, Stavanger.

En fareidentifikasjon (også kalt hazid – hazard identification) er en strukturert gjennomgang av en operasjon eller en utforming, for å avdekke farer knyttet til operasjonen / utformingen, årsaker til farene og mulige konsekvenser dersom farene realiseres. Gjennomgangen organiseres som en systematisk og strukturert idédugnad med en gruppe personell med kjennskap til operasjonen / utformingen, eksperter på risiko / sårbarhet og eventuell annen ekspertise som er nødvendig. Gjennomgangen ledes av en erfaren møteleder som gjerne har relevant industrikunnskap, generell erfaring med risikoanalyser og kjennskap til metoden og erfaring med å lede slike gjennomganger.

Fareidentifikasjonen tok utgangspunkt i gjennomføring av operasjoner i nordlige del av Barentshavet. Denne lokasjonen har forhold som er spesielle sammenlignet med områder lengre sør, blant annet utfordringer relatert til ising og referansesystemer for posisjonering.

Følgende deltakere var med på fareidentifikasjonen den 5. april 2016.

Tabell 4-1 Deltakere på fareidentifikasjon, 5. april 2016

Deltaker	Funksjon	Organisasjon
Steven Viddal	Møteleder	Proactima AS
Karianne Haver	Skribent	Proactima AS
Hermann S. Wiencke	Risikostyring, sårbarhet	Proactima AS
Ove T. Gudmestad	Professor marin konstruksjonsteknikk	Universitetet i Stavanger (UiS)
Nora Haug	Marin arkitekt	Aker Solutions AS (video)
Pål Lindstad	Marin arkitekt	Aker Solutions AS (video)
Asger Stürtzel Sørensen	Kaptein / maritime operasjoner	Esvagt AS (video)

I tillegg deltok Olav Hauso, Sigurd Førsund og Sigurd Robert Jacobsen fra Petroleumstilsynet som observatører.

4.2 Risikomomenter

Følgende risikomomenter ble avdekket i gjennomgangen:

- Hendelse på fartøy med behov for evakuering
- Sjøsyke blant personell om bord
- DP feil på fartøyet før / etter overføring
- Ikke mulig for fartøyet å ligge med optimal retning
- Interferens eller andre utfordringer mellom to systemer på DP
- Ikke mulig for fartøyet å posisjonere seg relativt innretningen grunnet tåke

- DP feil på fartøyet ved oppkobling av system
- DP feil på fartøyet under overføring
- Værforhold som ikke tillater gjennomføring av personelloverføring
- Personskade under overføring
- Person i sjø under overføring
- Gangbrosystem ikke tilgjengelig for personelloverføring ved behov
- Nedising av fartøy
- Problemer med frakopling av gangbrosystem
- Hendelse på innretningen med behov for evakuering
- Farer introdusert av teknisk svikt i gangbrosystemet

En fullstendig dokumentasjon av gjennomgangen er gjengitt i analyseloggen i vedlegg 2.

4.3 Usikkerhetsmomenter

Som en del av fareidentifiseringen, jamfør diskusjonen ovenfor, ble det i tillegg til spesielle farer også forsøkt identifisert usikkerhetsmomenter som må belyses med tanke på alternativ personelltransport til disse lokasjonene. Disse usikkerhetene er summarisk beskrevet nedenfor og så langt som mulig diskutert i relevante kapitler senere i denne rapport.

4.3.1 Fartøy

Et fartøy prosjektert spesielt for personelltransport utenfor avstander der det er mulig med helikoptertransport er ennå ikke bygget for arktiske forhold. Det er derfor åpenbart en rekke usikkerhetsforhold omkring krav til utforming av fartøyet. Kravene påvirkes både av fysiske forhold i Barentshavet og hvilke operasjonelle hensyn man vil vektlegge. Det er heller ingen erfaring med skipstransport av mannskaper over slike avstander, reisetiden i seg selv vil utgjøre en vesentlig del av det som hittil har vært normale oppholdsperioder offshore. Hvor mange som skal være om bord hvor lenge er åpenbart viktige spørsmål å avklare med tanke på utformingen av fartøyet.

Likeledes vil eventuelle beredskapsfunksjoner som fartøyet skal oppfylle, påvirke utformingen av fartøyet. Dette gjelder både beredskapsbistand til de aktuelle feltene og beredskapskrav for fartøyet for å kunne ivareta sikker transport i den aktuelle transittiden.

Det er også et poeng at flere av kravene man ønsker å stille til fartøyet til en viss grad vil stå i motsetning til hverandre. For eksempel vil det være ønskelig at fartøyet er så hurtiggående som praktisk mulig, for å minimere en allerede lang transporttid. Imidlertid vil en utforming for å optimalisere for fart kunne gå på bekostning av å minimere respons i bølger i selve overføringsoperasjonen og derved redusere tilgjengeligheten. Størst mulig fart kan også påvirke komforten ved transporten med påfølgende ubehag for personellet som skal overføres.

Størrelsen på fartøyet vil påvirkes av hvor mange som skal transporteres, men størrelsen påvirker også egenskapene til fartøyet når det gjelder å ha minst mulig bevegelse ved oppkobling av gangbrosystemet.

Videre vil personellrotasjonsstrategien, det vil si hvor mange man tenker seg å skifte ut per ankomst av fartøyet være en usikkerhet. Denne usikkerheten påvirker også størrelsen (kapasitet) på fartøyet. I dag er mannskapsskifter tilrettelagt for kapasiteten på helikopter (19). For et fartøy vil man ikke ha denne begrensningen og det er mulig å tenke seg å skifte ut større deler av mannskapet på en gang. Samtidig vil det være en øvre grense som er definert av operasjonelle behov for kontinuitet og overlapping.

Fartøyet bør utformes slik at gangbroen kan plasseres der den vil ha minst mulig bevegelse på fartøyet. Det er også naturlig å tenke seg at man vil bruke fartøyet til å ha med last til innretningene, og en optimal plassering av gangbro vil kunne gjøre fartøyet mindre egnet til å ha med last.

Ulike krav til vinterisering vil påvirke utformingen av fartøyet.

Den endelige utformingen av fartøyet vil dermed måtte bli et kompromiss mellom ulike tekniske og operasjonelle hensyn.

4.3.2 Vær- / klima- / sjøforhold

Vær- og sjøforhold vil nokså åpenbart være usikkerhetsmomenter ved denne typen operasjon. Usikkerhetene er knyttet til godheten av værddata for aktuelle områder, men også hvilke værkriterier som vil gjelde for gjennomføring av operasjonen. For selve oppkoblingen av gangbrosystemet og overføring av personell vil det være nokså absolutte værkriterier basert på hvor mye av bølgebevegelsene som overføres til fartøyet og responsen i gangbrosystemet. Men også for selve transittfasen er det rimelig å tenke seg at man opererer med værkriterier. For denne fasen kan man tenke seg at det vil være et vindu mellom det som er sikkerhetsmessig forsvarlig, og hva som vil gi uakseptabel dårlig komfort for mannskapet som skal transporteres.

En annen usikkerhet er endringer i vær og muligheten for å varsle dette i forkant, det vil si mulighetene for å bestemme værvindu for gjennomføring av operasjonen. Blant annet er polare lavtrykk kjent for å utvikle seg hurtig og det er vanskelig å varsle med tilstrekkelig margin til at man kan for eksempel kan utsette utreise.

Det finnes mye litteratur om polare lavtrykk. Det er vanskelig å forutsi når de måtte oppstå og det er vanskelig å melde om hvilken rute de vil ta. Under polare lavtrykk vil bølgehøyden raskt øke og de vil ofte følges av nedbør; om vinteren som snø. Økt bølgehøyde og mye snø fører til opphopning av sjøsprøyt og snø på et fartøy. Ismengdene kan bli store, dette må vurderes opp mot stabiliteten i fartøyet, særlig dersom man benytter rullereduksjonstanker, som påvirker stabiliteten negativt i kombinasjon med islaster. Ved ising og lave temperaturer vil imidlertid flere funksjoner og oppgaver ombord i et fartøy kunne være problematiske å utføre. Det vil være nødvendig å «vinterisere» et eventuelt fartøy for personelltransport slik at det blir en sikker farkost selv ved ekstreme værforhold. Et spesielt fenomen er resonans mellom farten til det polare lavtrykket og farten til bølgene. Da kan bølgehøyden øke svært raskt over kort tidsrom (et par timer). Dette fenomenet er nylig dokument med data fra de siste polare lavtrykk i Barentshavet (Orimolade et al., 2016).

På grunn av at temperaturene store deler av året kan bli svært lave i den norske nordøstre delen av Barentshavet (se kapittel 3), er det nødvendig med stor grad av vinterisering av mye av utstyret om bord. Dette gjelder spesielt gangbroen med hydrauliske og mekaniske system og alle sikkerhetssystem, så som redningsutstyr og helikopterdekk, samt navigasjonsutstyr.

Videre må gangbroer og områder der passasjerer og mannskap beveger seg, sikres med varmeelement slik at fallskader unngås ved glatte forhold. Avisingsutstyr i tilfelle ising av sjøsprøyt er dessuten nødvendig. Sluk må holdes åpne ved varmeelement for å unngå oppbygging av is. Det må brukes vinterisert olje til drivstoff. Videre må hydrauliske system bruke hydraulikkolje som er egnet for spesielt lave temperaturer.

Operasjonelt må det være en bevissthet om at værforholdene kan endre seg raskt. Man kan tenke seg at erfaring med skipstrafikk og marine operasjoner i arktiske strøk vil være et relevant kompetansekrav for fartøyets mannskap.

Værvarsel bør oppdateres med så vidt høy frekvens at man kan fange opp endringer av betydning for operasjonen sett i forhold til fartøyets hastighet og forventet tidspunkt for gjennomføring av personelloverføring.

4.3.3 Dynamisk posisjonering

Usikkerhet knyttet til bruk av dynamisk posisjonering (DP) er i hovedsak knyttet til:

- DP krav til fartøyet
- DP bemanning og kompetanse
- Referansesystemer

Både regelverk og internasjonale klassestandarder stiller krav til DP klasse ut i fra hvilken risiko operasjonen innebærer. Når det gjelder petroleumsregelverket, er det gitt veiledninger for ulike fartøystyper og hva som må ansees som minimum DP krav. Da petroleumsregelverkets veiledning ble utarbeidet, var ikke denne operasjonstypen noen sentral problemstilling og er derfor ikke spesifikt nevnt. Krav til DP klasse må dermed utledes fra regelverkets intensjoner om risikoeksponering og tilstrekkelige tiltak mot denne eksponeringen. I kapittel 7.1 og 7.5 er det gjort rede for krav til DP klasser og hva som anbefales som minimumskrav til DP klasse for et fartøy for personelloverføring.

Ved flere DP hendelser har man sett at personellets kompetanse, trening og erfaring med å gripe inn manuelt ved en svikt har hatt betydning for utfallet.

Erfaring har vist at referansesystemer er en utfordring i nordområdene. Blant annet er GPS dekningen dårligere ved høyere breddegrader, noe som gir utfordringer med å få etablert tilstrekkelig mange og gode referansesystemer for DP operasjoner.

Se kapittel 7 for diskusjon og anbefalinger omkring posisjonerings- og referansesystemer.

4.3.4 Gangbrosystem

Flere gangbrosystemer er utviklet av ulike leverandører og for noen av dem har man etter hvert en del operasjonell erfaring. Likevel er ingen så langt utprøvd i arktiske strøk, selv om noen leverandører har utviklet konsepter for dette formål. Det er også svært beskjeden erfaring fra norsk sokkel med bruk av fartøy til innretning gangbrosystemer for flyttbare eller faste innretninger. Unntaket er gangbroer fra flytende boliginnretninger, som ikke er helt sammenlignbart. Det er derfor en rekke usikkerheter omkring hva et gangbrosystem for overføring av personell i arktiske strøk må ivareta. Usikkerheter inkluderer blant annet:

- Vinkel mellom gangbrosystemet og retning på fartøy. Hvor stor vinkel kan aktuelle gangbrosystemer operere innenfor, og er disse akseptable for personelloverføring.
- Skjermingsmuligheter for personell klargjort for overføring. Man antar at det vil være et tidsrom der personellet venter på å kunne gå over gangbroen. I denne perioden vil det kunne være behov for skjerming mot vær og vind.
- Vinterisering av gangbrosystem og landingspunkt. Gangbrosystemet må kunne håndtere temperaturer under frysepunktet og ising, både med tanke på funksjonalitet, men også med tanke på sikker bevegelse over gangbroen. Dette gjelder også for landingspunktet på innretningen. Man antar at på grunn av maksimale lengder på gangbroer, så må landingspunktet

konstrueres på et nivå der det vil kunne være eksponering for sjøsprøyt, oppsamling av snø og is med mere. Landingspunktet må kunne gjøres og holdes isfritt i den perioden det skal brukes.

- Nøddprosedyrer for å sikkert avbryte operasjonen må være på plass. Disse vil måtte variere med det gangbrosystemet som blir valgt.
- Prosjektering av gangbrosystemet av som blir valgt (landingsanordning, weak-link, svingradius / -retning).
- Egenartede farer introdusert av det tekniske systemet.
- Sertifisering av systemet.

4.3.5 Vertsinnretning

Innretning(en) som skal betjenes av fartøyet vil nødvendigvis variere. Dersom det etableres en fast produksjonsinnretning i forbindelse med en feltutbygging, så vil denne kunne utformes for å imøtekomme personelloverføring med fartøy.

I første omgang vil det være mest aktuelt at fartøyet betjener flyttbare boreinnretninger. I utgangspunktet er ingen av de boreinnretningene som per i dag brukes på norsk sokkel, tilrettelagt for denne typen personelloverføring. Alle aktuelle gangbrosystemer som finnes per i dag vil være avhengig av en viss form for tilrettelegging / tilpassing av vertsinnetningen med en landingsplattform. Hvilken høyde denne skal og kan ha vil være en usikkerhet, blant annet fordi vertsinnetningens dypgang også vil variere.

På hvilket nivå et landingspunkt skal installeres er en ikke ubetydelig usikkerhet. Landingspunktet må ha god tilgang med trapper av godkjent utforming. Det må ligge på en høyde som gangbrosystemet kan nå uten at vinkel blir for bratt for personelloverføring. Samtidig kan ikke landingspunktet installeres så lavt at det blir for utsatt for bølgekrefter.

Videre må det være lagt til rette for å hindre isdannelse på landingspunktet og muligheter for å fjerne allerede akkumulert is. Dette er av betydning både for sikkerhet og komfort under ferdse, men også med tanke på tilkobling av gangbroen til vertsinnetningen.

Vertsinnretningens retning sammenlignet med vind- og bølgeretning vil også variere. Helst bør det være tilrettelagt for bruk av gangbro på flere sider, men det er neppe realistisk å få til mer enn to landingsplattformer på aktuelle boreinnretninger.

For arbeide over åpent hav er det per i dag et krav at det kun kan foregå under forhold der man kan tilby tilfredsstillende mann over bord beredskap. Det er dermed en usikkerhet om at det ved personelloverføring med gangbro vil være et krav om denne type beredskap.

4.3.6 Operasjonelt

Hvilke operasjonelle begrensninger som kan bli lagt på personelloverføring med gangbro, samt transittperioden fra land, er ikke klarlagt. Det kan være aktuelt med begrensninger som er knyttet til:

- Værvindu
- Mørke / lysforhold, sikt

I tillegg kan det være aktuelt med prosedyrer for å unngå ising under transport.

Som beskyttelse mot fall i sjø, spesielt under vinterforhold, antas det at det kan det være aktuelt å stille krav om bruk av overlevingsdrakt ved overføring av personell.

Disse mulige operasjonelle utfordringene er ikke belyst videre i denne studien.

5 Offshore flyttbar innretning

5.1 Introduksjon

For operasjon og boring i Barentshavet vurderes de større halvt nedsenkbare boreinnretningene som opererer på norsk sektor som mulige kandidater.

Boreinnretningene Transocean Barents og Transocean Spitsbergen er begge av Aker H-6e type og er vurdert som representative som en større boreinnretning i forbindelse med studien av alternative personelltransport- og evakueringsløsninger. Hoveddata for dette boreinnretningsdesignet er presentert i kapittel 5.2. Typiske bevegelsesdata er gjort tilgjengelig og presentert i kapittel 5.3. Bevegelsesdataene vil bli brukt for vurderingene som er planlagt for sammenligning og oppetidsanalyser av ulike løsninger for personelltransport mellom boreinnretning og fartøy.



Figur 5-1 Aker H-6e (Bilde brukt etter avtale med Aker Offshore)

5.2 Hoveddata Aker H-6e

Aker H-6e boreinnretning er utviklet for operasjon i værharde områder med ekstreme bølge- og vindforhold. Denne typen er også spesielt utviklet for operasjon i kaldt klima med innelukking av områder og oppvarming av blant annet eksterne rømningsveier for å hindre ising.

Skrogdesignet er veldokumentert med ett tverrgående stag arrangement mellom åtte søyler. Designet er basert på og videreutviklet fra Aker H-3 og Aker H-4.2 typene. Boreanlegget er av type hydraulisk operert dobbel RamRig og kan operere på vanddyp ned til 3.000 meter og bore 10.000 meter lange brønner. Boreinnretningene har høy klaring mellom vannlinje og underside av dekk med hele 14,5 meter på operasjonsdypgang og 18,5 meter klaring på overlevelsedyppgang. Innretningene er utformet med store deksarealer og god lastekapasitet med variable deks borelaster i transittedypgang på 7.000 tonn og 9.000 tonn på operasjonsdypgang. Innretningene har dynamisk posisjonering system DP klasse 3, og er også utstyrt med åtte forankringslinjer som hver består av 2.000 meter med 84 mm kjetting for trusterassistert forankring ned til 500 meter vanddyp.

Innretningene er utformet for å gi minst mulig respons på bølger, dermed er dette designet et av de best egnede for krevende vind og bølgeforhold.

Aker H-6e er utstyrt med to dekkskraner, hver med kapasitet på 85 tonn med 17 meter arm, maksimum kranutstrekning er 51 meter.

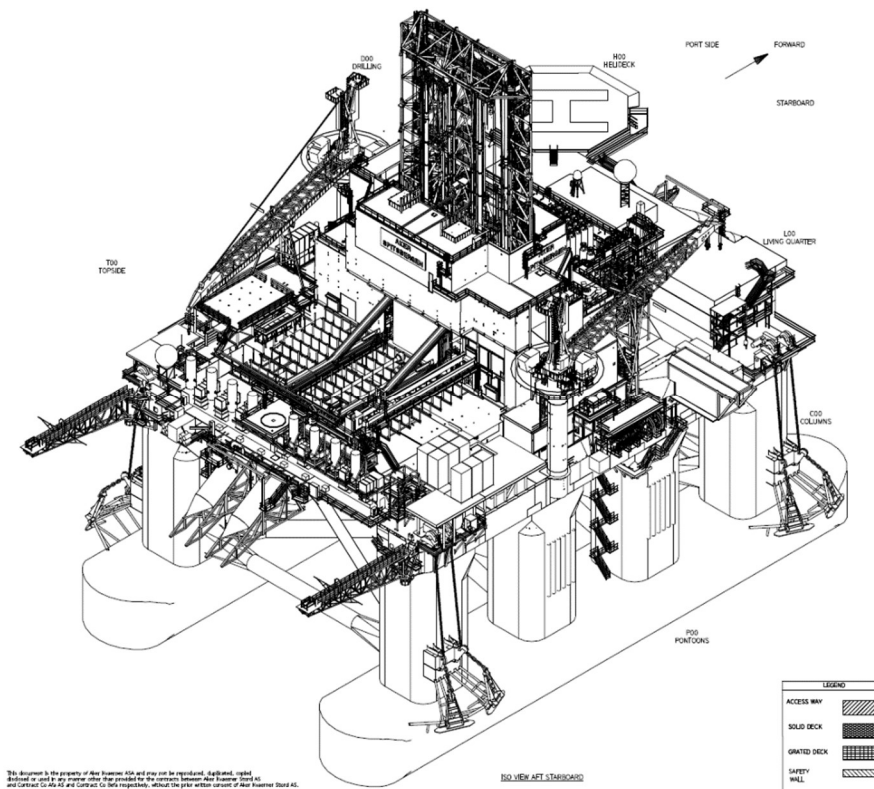
Boligkvarteret har kapasitet til 160 personer. Evakueringsutstyret består av 2 x 2 fritt fall livbåter hver med kapasitet på 80 personer, to redningsstrømper og en høyhastighets mannoverbord båt (MOB) med egen kran.

For personelltransport via gangbro vil det være behov for forberedelse av en landingsplattform på boreinnretningen. For størst mulig tilgjengelighet vil det være ønskelig med mulighet for tilkobling av en slik gangbro på både styrbord og babord side. Tilkomst for en slik gangbroløsning vil typisk kunne arrangeres på topp av dekkboksen på elevasjon 43,5 meter, det vil si 20,5 meter over vannlinjen når boreinnretningen ligger på operasjonsdypgang.

Hoveddimensjonene for Aker H-6e er presentert i Tabell 5-1 og en illustrasjon er presentert i Figur 5-2.

Tabell 5-1 Hoveddimensjoner Aker H-6e

Parameter	Data
Hoveddekk	90 m x 70 m
LOA	120 m
BOA	77 m
Pongtong bredde	19,5 m
Pongtong høyde	10,0 m
Operasjonsdypgang	23,0 m
Overlevels dypgang	19,0 m
Elevasjon nedre dekk	39,0 m
Elevasjon hoveddekk, topp av dekkboksen	42,5 m / 43,5 m
Operasjons deplasement	65.300 tonn



Figur 5-2 Aker H-6e, styrbord side sett aktenfra

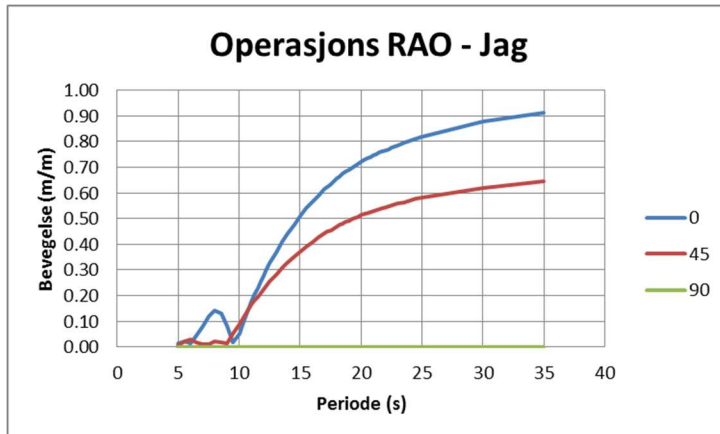
5.3 Bevegelseskarakteristika Aker H-6e

Følgende data presenterer bevegelseskarakteristikken av Aker-H6e på operasjonsdypgang. Bevegelsene er gitt i senter av boreinnretningen på elevasjon av nederste dekk, elevasjon 39,0 meter fra kjøll. Bevegelser for tre bølgeretninger er gitt, siden skroget er dobbelt symmetrisk vil dette være tilstrekkelig for å beskrive alle bølgeretninger.

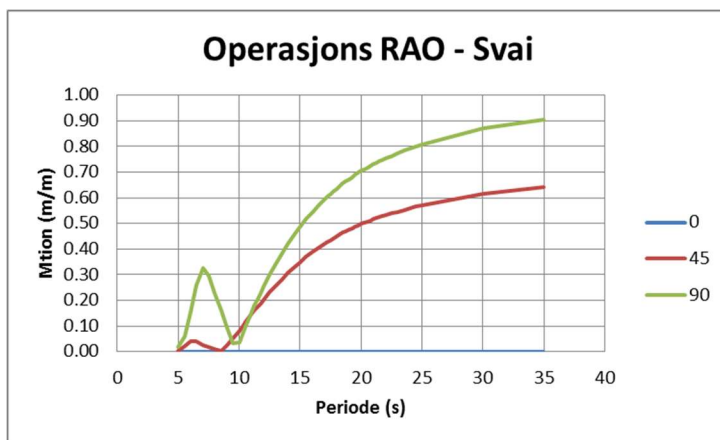
Koordinatsystemet har x-aksen mot front av plattform, y-aksen peker mot babord, mens z-aksen er definert som positiv opp, med nullpunkt i vannlinjen.

5.3.1 Bevegelses RAO – operasjonsdypgang

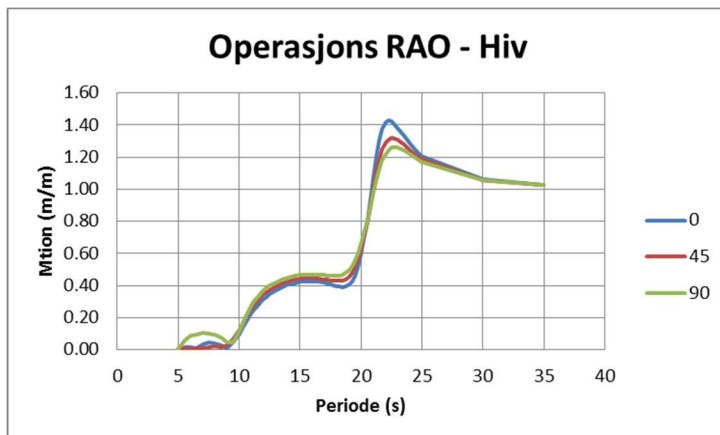
Figur 5-3 til Figur 5-9 illustrerer bevegelseskarakteristika for Aker H-6e for operasjonsdypgang på 23,0 meter. Bevegelsene er gitt for motsjø, diagonalsjø og sidesjø for alle seks frihetsgrader, jag, svai, hiv, rull, stamp og gir. Y-aksen viser bevegelse i meter for et gitt punkt per meter bølgehøyde.



Figur 5-3 Bevegelses RAO –Jag



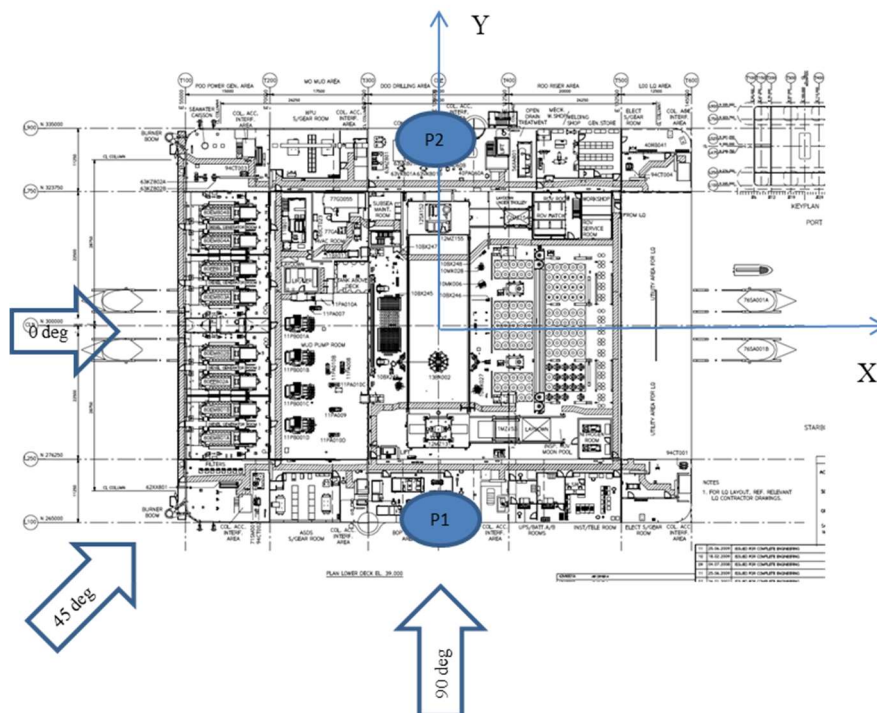
Figur 5-4 Bevegelses RAO –svai



Figur 5-5 Bevegelses RAO –hiv

5.3.2 Bevegelse i landingspunkt på innretning

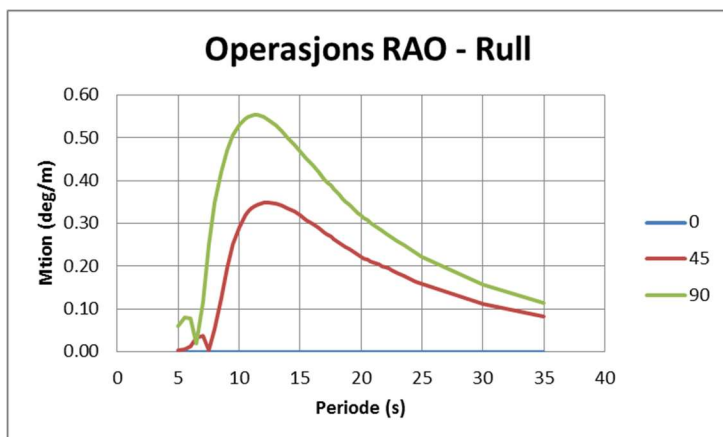
I samarbeid med Aker Solutions, er det foreslått to steder på boreinnretningen som er aktuelle for å installere et landingspunkt. Punktene er gjengitt i Figur 5-6 nedenfor. Denne figuren definerer også bølgeretningene relativt til boreinnretningen. Bevegelse i landingspunktene gitt signifikant bølgehøyde på 4,0 meter er gjengitt i Tabell 5-2 nedenfor, for ulike bølgeretninger og -perioder.



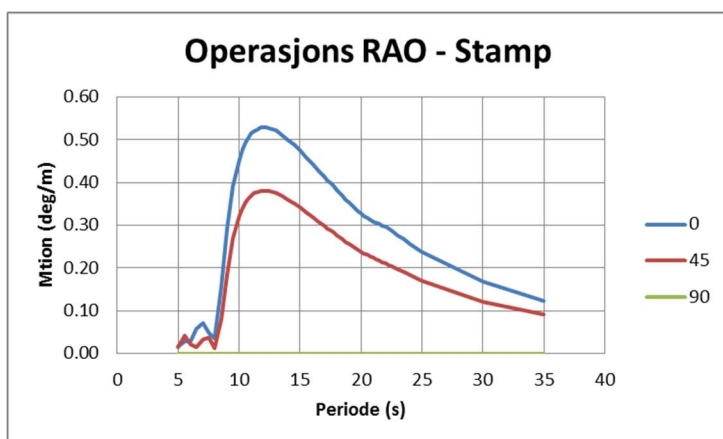
Figur 5-6 Landingspunkter og definisjon av bølgeretning relativt til innretningen

Tabell 5-2 Bevegelse i landingspunkt på boreinnretning ved $H_s = 4,0$ m og ulike bølgeretninger og bølgeperioder

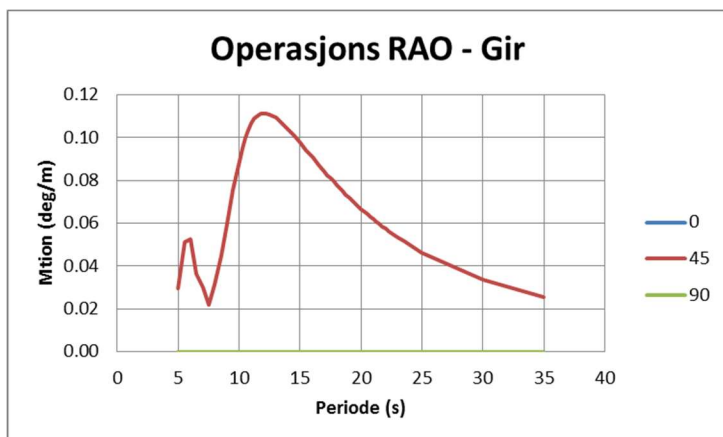
Sjøtilstand			P1 – styrbord side			P2 – babord side		
Navn	Hs	Tp	0°	45°*)	90°*)	0°	45°	90°
	(m)	(s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
W1	4.00	8.4	0.25	0.37	0.78	0.25	0.46	0.84
W2	4.00	9.2	0.37	0.51	0.89	0.37	0.62	1.02
W3	4.00	9.9	0.50	0.65	0.99	0.50	0.78	1.19
W4	4.00	10.6	0.63	0.79	1.10	0.63	0.93	1.33
W5	4.00	11.3	0.75	0.92	1.21	0.75	1.06	1.45
W6	4.00	12.0	0.86	1.03	1.31	0.86	1.17	1.55
W7	4.00	12.7	0.95	1.13	1.39	0.95	1.26	1.63
W8	4.00	13.4	1.04	1.21	1.46	1.04	1.34	1.70
W9	4.00	14.1	1.13	1.29	1.52	1.13	1.43	1.76
W10	4.00	14.8	1.25	1.37	1.58	1.25	1.53	1.84
W11	4.00	15.5	1.42	1.49	1.66	1.42	1.67	1.95
W12	4.00	16.2	1.62	1.64	1.77	1.62	1.84	2.08
W13	4.00	16.9	1.86	1.81	1.91	1.86	2.03	2.24
W14	4.00	17.6	2.11	2.01	2.06	2.11	2.25	2.42



Figur 5-7 Bevegelses RAO – rull



Figur 5-8 Bevegelses RAO – stamp



Figur 5-9 Bevegelses RAO – gir

6 Personelltransportfartøy

6.1 Egenskaper ved et fartøy

Det vil være betydelige krav til et fartøy som skal brukes til personelltransport og deretter personelloverføring med gangbro til innretning over de aktuelle avstander og i de aktuelle farvann. Det vil kunne være behov for å utvikle en fartøystype prosjektert spesielt for dette formålet.

I et internt prosjektmøte tidlig i prosjektet ble det gjort en gjennomgang av ulike egenskaper eller funksjonskrav som ville ha betydning for utforming av en egnet løsning. Samtidig ble det skissert løsninger på disse kravene. En tabell som oppsummerer dette er tatt in i vedlegg 3. Dette utgjorde et grunnlag for videre arbeide og særlig for konseptstudien som er presentert i 6.3. Som man vil se, så er ikke alle av de funksjonskravene som man diskuterte i starten videreført i detalj i rapporten. Årsakene til det er delvis videre diskusjoner med fagmiljøer, særlig ved utformingen av en konseptuell fartøyløsning og delvis etter samråd med oppdragsgiver.

En del av de kravene som stilles er av maritim / teknisk karakter, det vil være for eksempel:

- Tilstrekkelig lengde – for å redusere bevegelser
- Baugløsning – for å oppnå tilstrekkelig hastighet og redusere stamp
- Rulledempingstanker (RRT) – for å redusere rull
- Stabilisatorer (slingrekjøll) – for å redusere hiv og rull
- Effektivt DP-system for å sikre stabilitet på lokasjonen ved personelloverførsel
- Kapasitet på kraftforsyning og trustere til å holde posisjon under de aktuelle værforhold
- Mulige tiltak for å unngå jaging
- God bredde for å sikre stabilitet i tilfelle tung ising grunnet sjøsprøyt

Rent praktisk vil kravene ovenfor i stor grad være styrende for utformingen av fartøyet. Dersom personelloverføring med fartøy og gangbro skal være et realistisk alternativ, vil det kreve at fartøyet har tilstrekkelig oppeetid med tanke på personelloverføring, eller med andre ord at det vil være så høy sannsynlighet som mulig for at man kan gjennomføre personelloverføring med de rådende værforhold.

Videre vil det være krav som går på fartøyet som oppholdssted for personell under en ikke ubetydelig reisetid (12 – 24 timer). Krav knyttet til dette vil for eksempel være:

- Oppholdsrom for det antall passasjerer som er aktuelt å transportere. Dette antallet er av usikkerhetene i denne rapporten, jamfør 4.3.1. Dagens rotasjonsmønster offshore er jo i stor grad bygget opp rundt passasjerkapasiteten til helikopter (19 passasjerer per tur). Et fartøy vil åpenbart kunne gi mulighet for å skifte ut en større del av mannskapet per tur. Et annet moment er hvorvidt man skal hensynta at fartøyet skal kunne betjene flere innretninger per tur.
- Det er aktuelt med nattkvarter for hvile under lange overfarter, venting på vær for overføring med mer.
- Forpleiningsmuligheter
- Beredskap / hospital vil være et moment når så mange mannskaper skal ivaretas i de aktuelle tidsperiodene

Transporttid vil være avhengig av:

- Hvilken havn som velges og avstand fra denne til aktuell lokasjon
- Hastighet på fartøyet under de til enhver tid rådende forhold

Det er åpenbart at denne måten å transportere personell til innretninger på åpner for en rekke spørsmål knyttet til arbeidstid, skiftordninger og så videre. Det understrekes at slike vurderinger ikke er en del av

denne rapporten. Dermed har avveininger knyttet til hastighet, komfort om bord under overfart og så videre ikke vært faktorer som har blitt tillagt spesiell vekt under konseptualiseringen av et egnet fartøy.

6.2 Aktuelle løsninger

Det er aktuelt å se på de løsningene som benyttes i andre bransjer i forbindelse med transport av personell til offshore petroleumsinretninger annensteds i verden, transport av personell til offshore vindkraftinstallasjoner, fartøy for dykking, fartøy brukt av losvesen, sjøforsvaret og kystvakten, for å få en oversikt over og kunnskapsgrunnlag om ulike egenskaper og erfaringer.

6.2.1 Personelltransport til offshore innretninger andre steder i verden (under mindre krevende bølgeforhold)

Shell / Nam i Nederland har investert i et WTW fartøy ('Walk to work' fartøy) som benyttes i forbindelse med vedlikeholdsarbeider på ubemannede plattformer i Nordsjøen, Figur 6-1. Fartøyet skal kunne operere i signifikant bølgehøyde på 2,5 meter og frakte 40 personer samt et mannskap på 20.

Fra Figur 6-1 ser man at understøttelse for gangbroen er plassert midt på fartøyet der bevegelsene er minst. Fartøyet vil ikke ha spesielt stor fart på grunn av at baugløsningen ikke er prosjektert for fart.



Figur 6-1 Overføringsfartøy for personell for Shell / Nam på nederlandsk sokkel (Bilde: Offshorewind.com)

6.2.2 Fartøy for transport av personell til vindkraftinstallasjoner

Fartøyet nedenfor er bygget av verftet Astilleros Gondan (prosjektert av Rolls Royce) på oppdrag fra Østensjø rederi og skal benyttes av serviceingeniører fra DONG Energy på Race Bank Offshore Wind Farm i Storbritannia. Fartøyet skal ha 60 enmanns kabiner. Dimensjoner er 81 meter lengde og 17 meter bredde. Gangbro installeres omtrent midtskips, se Figur 6-2.



Figur 6-2 Servicefartøy for vind-industrien, prosjektert av Rolls Royce (Bilde levert av og brukt med tillatelse fra Østensjø Rederi)

Esvagt Faraday har nå til sammen 3 års driftserfaring fra å betjene vindmøller til havs på tysk sokkel. Fartøyet er 83 meter langt og 17 meter bredt. Gangbroen installeres midtskips, se Figur 6-3.

Fartøyet har 60 en-mannslugarer, som gir komfortable forhold for vedlikeholdsmannskapet som betjener vindmøllene. I 2016 hadde dette fartøyet 5 400 oppkoblinger og 35 000 personelloverføringer uten uhell i bølgehøyder opp mot 2,5 meter Hs. Dette gir for driftsåret 2016 en tilgjengelighet på 91%.



Figur 6-3 Esvagt Faraday, prosjektert av Havyard Design, (Bildet levert av og brukt etter avtale med Esvagt)

6.2.3 Andre

Det er utviklet en rekke fartøytyper som har det til felles at formålet er å overføre personell fra fartøyet til flytende, faste eller landfaste punkter. Fartøytyper og løsninger er utviklet for forskjellige formål som vindmøller til havs, losvesenet, kystvakt og militære formål.

Konseptene inkluderer blant annet:

- Losbåt (Maritime Partner design)
- UMOE Wavecraft (for overføring av personell til vindmøller offshore)
- Motortorpedobåt (MTB), utviklet av UMOE for marinen
- Stridsbåt 90N (Kystjegerkommandoen, landsetting av kystjegere/marinejegere)
- Kystvaktens MOB fartøy for overføring av personell til andre fartøy

Felles for alle disse er at de er i praksis småbåter og på ingen måte egnet for den type operasjon som er tema for denne studien. Ingen av disse konseptene er derfor med i videre vurderinger her.

6.2.4 Skip brukt som boligenhet offshore

Edda Fides er et skip som fungerer som boligenhet for inntil 600 personer, utstyrt med DP3 system. Skipet ble levert i 2011. Total lengde er 130 meter og bredde 26 meter. Skipet er utstyrt med gangbro for personelloverføring. Se Figur 6-4. Ref.:

<http://eddaaccommodation.com/?fleet=eddafides>



Figur 6-4 Skipet Edda Fides bygget som boligenhet

6.2.5 Diskusjon

Det finnes fartøy som er egnet for overføring av personell til faste og flyttbare innretninger. Imidlertid ser man at skal man ha tilfredsstillende oppetid, så vil man trenge større og mer robuste fartøy for forholdene i Norskehavet og Barentshavet.

Edda Fides (Figur 6-4) benyttes som boligenhet offshore. Dette skipet vurderes å kunne være relevant for denne studiens formål. Det er i forbindelse med denne studien ikke innhentet informasjon om bevegelseskarakteristika og operasjonsvindu for dette konkrete fartøyet.

Shell/Nam sin løsning for sørlige Nordsjøen er også interessant, men er begrenset til operasjon i signifikant bølgehøyde på 2,5 meter. Dermed vil det i praksis være lite egnet for å overføre personell i fjerne og til dels værharde farvann. Derimot kan det ha en nytteverdi til arbeid på ubemannede plattformer, typisk enklere brønnhodeinnretninger i sørlige deler av Nordsjøen, der arbeid kan utsettes til det blir brukbart vær for vedlikeholdsarbeid.

6.3 Konseptuell utforming av fartøy for personelltransport

Som en del av denne studien er det gjennomført en studie der man har sett på bevegelseskarakteristika for noen ulike alternativer for skrogstørrelser. Det er sett på to varianter fartøy, kalt Fartøy A og Fartøy C. For Fartøy C er det også sett på en lengre variant, kalt Fartøy CL. Fartøyene er studert i ulike lastkondisjoner. Fartøy A ble forkastet etter innledende studier. Resultatene fra studien er gjengitt nedenfor. Et notat som oppsummerer studien er presentert i vedlegg 4.

Utforming og prosjektering av fartøy er en krevende prosess som skal ivareta mange hensyn. Innenfor rammene av dette prosjektet var det ikke anledning til å gjøre noen detaljert prosjektering basert på utvikling av funksjonskrav. Detaljene omkring de ulike skrogtypene som er sett på nedenfor, er utviklet hovedsakelig av NTNU avdeling Ålesund basert på diskusjoner i prosjektgruppen. For å forenkle prosessen og gjøre det det mulig å hente ut resultater, har man i stor grad basert seg på eksisterende typer og utforminger.

6.3.1 Detaljer omkring skrog

Fartøy A

Lpp = 120 meter, B = 21 meter

Tre lastekondisjoner er vurdert:

DWL: T = 5 m, Deplasement: 9.797 t, GM = 4,65 m, C_B = 0,76, VCG = 6,0 m

WL1: T = 6 m, Deplasement: 12.225 t, GM = 3,16 m, C_B = 0,79, VCG = 7,0 m

WL2: T = 7 m, Deplasement: 14.725 t, GM = 1,78 m, C_B = 0,81, VCG = 8,0 m

Uten rulledempingstanker, samt med 1 og 2 rulledempingstanker.

Rulledempingstankene er passive tanker med fri væskeoverflateeffekt. Tankene går over hele fartøyets bredde. Dette fartøyet er ikke studert i detalj.

Fartøy C

Lpp = 105 meter, B = 26 meter

Det er her sett på fire lastekondisjoner:

DWL: T = 7 m, Deplasement: 13.680 t, GM = 3,4 m, $C_B = 0,70$, VCG = 9 m

WL1: T = 6,5 m, Deplasement: 12.510 t, GM = 3,67 m, $C_B = 0,69$, VCG = 9 m

WL2: T = 7,5 m, Deplasement: 14.904 t, GM = 3,30 m, $C_B = 0,71$, VCG = 9 m

WL3: T = 8,5 m, Deplasement: 17.445 t, GM = 3,2 m, $C_B = 0,73$, VCG = 9 m

Uten rulledempingstanker, samt med 1 og 2 rulledempingstanker.

Rulledempingstankene er passive tanker med fri væskeoverflateeffekt. Tankene går over hele fartøyets bredde.

Fartøy CL

Lpp = 170 meter, B = 40 meter

Det er også her sett på fire lastekondisjoner:

DWL: T = 8 m, Deplasement: 33.750 t, GM = 7,07 m, $C_B = 0,68$, VCG = 14,5 m

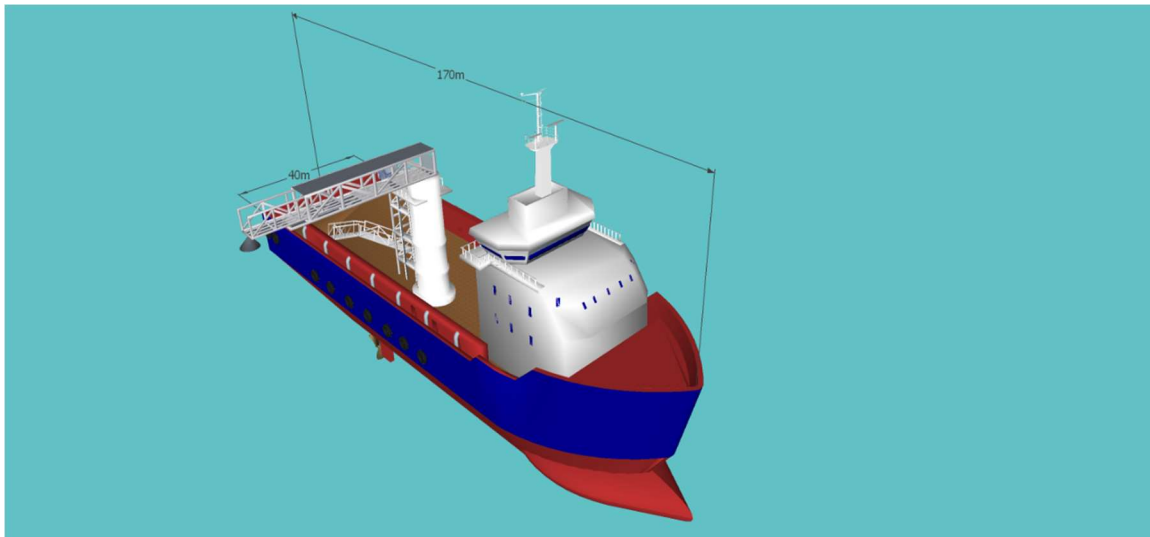
WL1: T = 7 m, Deplasement: 31.945 t, GM = 8,40 m, $C_B = 0,65$, VCG = 14,5 m

WL2: T = 9 m, Deplasement: 43.760 t, GM = 6,20 m, $C_B = 0,70$, VCG = 14,5 m

WL3: T = 10 m, Deplasement: 49.970 t, GM = 5,69 m, $C_B = 0,72$, VCG = 14,5 m

Uten rulledempingstanker, samt med 1, 2 og 3 rulledempingstanker.

Rulledempingstankene er passive tanker med fri væskeoverflateeffekt. For dette fartøyet er rulledempingstankenenes bredde redusert til 25 meter (ikke fartøyets fulle bredde) for å kunne dempe bølgebevegelse på rundt 10 sekund.



Figur 6-5 Skisse av Fartøy CL

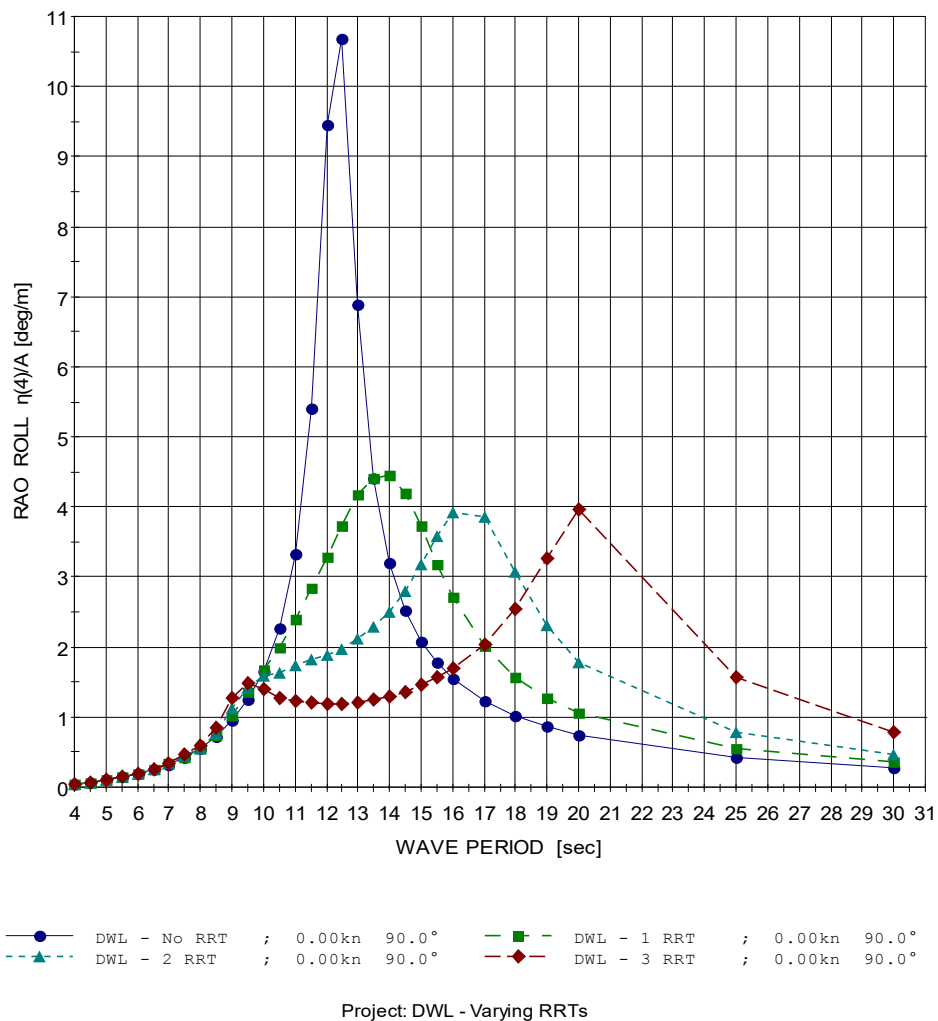
6.3.2 Bevegelseskarakteristika

Fartøy CL er det fartøyet som synes best egnet ut i fra en vurdering av bevegelseskarakteristika. Dette fartøyet har gjennomgående minst respons ved de fleste kombinasjoner av bølgehøyde og periode, med unntak av svært lange perioder, der dette fartøyet har en noe større respons enn Fartøy C. Av den grunn er kun bevegelseskarakteristika for Fartøy CL gjengitt nedenfor. Bevegelseskarakteristika for de andre fartøykonseptene er gjengitt i vedlegg 4.

6.3.2.1 RAO i rull for Fartøy CL

Figur 6-6 viser RAO i rull for Fartøy CL på DWL (design waterline). Kurvene viser RAO uten rulledempingstanker (RRT) og med 1, 2 og 3 RRT. Figuren viser at rulledempingstankene greier å dempe rullebevegelsen ned til under 50% av rulleamplituden uten rulledempingstanker. Egenperioden for dette fartøyet er på rundt 12-13 sekund. Det er ingen store variasjoner ved bruk av rulledempingstankene.

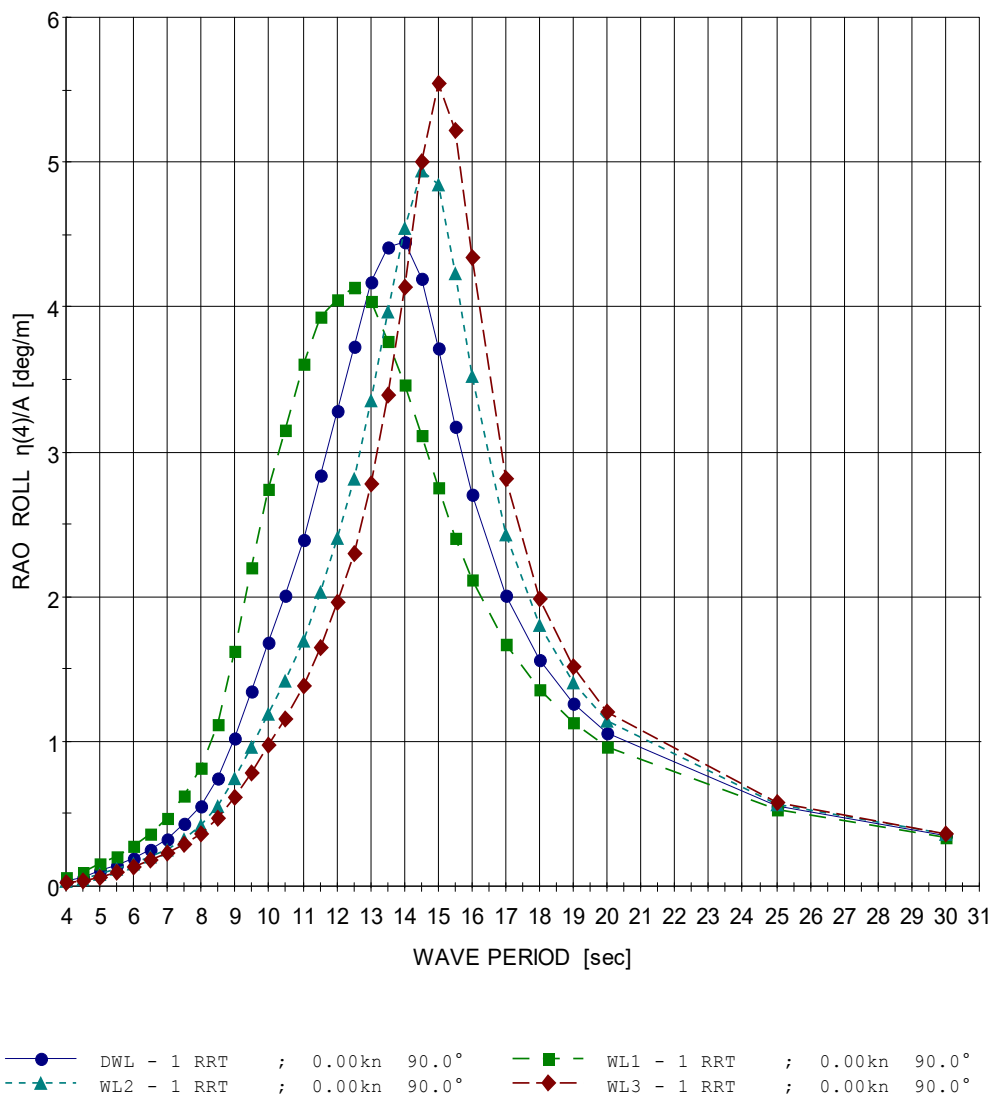
DISPLACEMENTS



Figur 6-6 RAO i rull for Fartøy CL på DWL

Figur 6-7 og Figur 6-8 viser RAO i rull for Fartøy CL ved varierende lastekondisjoner og med henholdsvis 1 og 2 rulleddempingstanker inne. For dette fartøyet vises heller ingen særlig endring i rulleamplituden ved varierende dypgang. Men, det er noe større variasjon i rulleperiode når dypgangen varieres. For en begrunnelse og utdyping av dette, se Vedlegg 4.

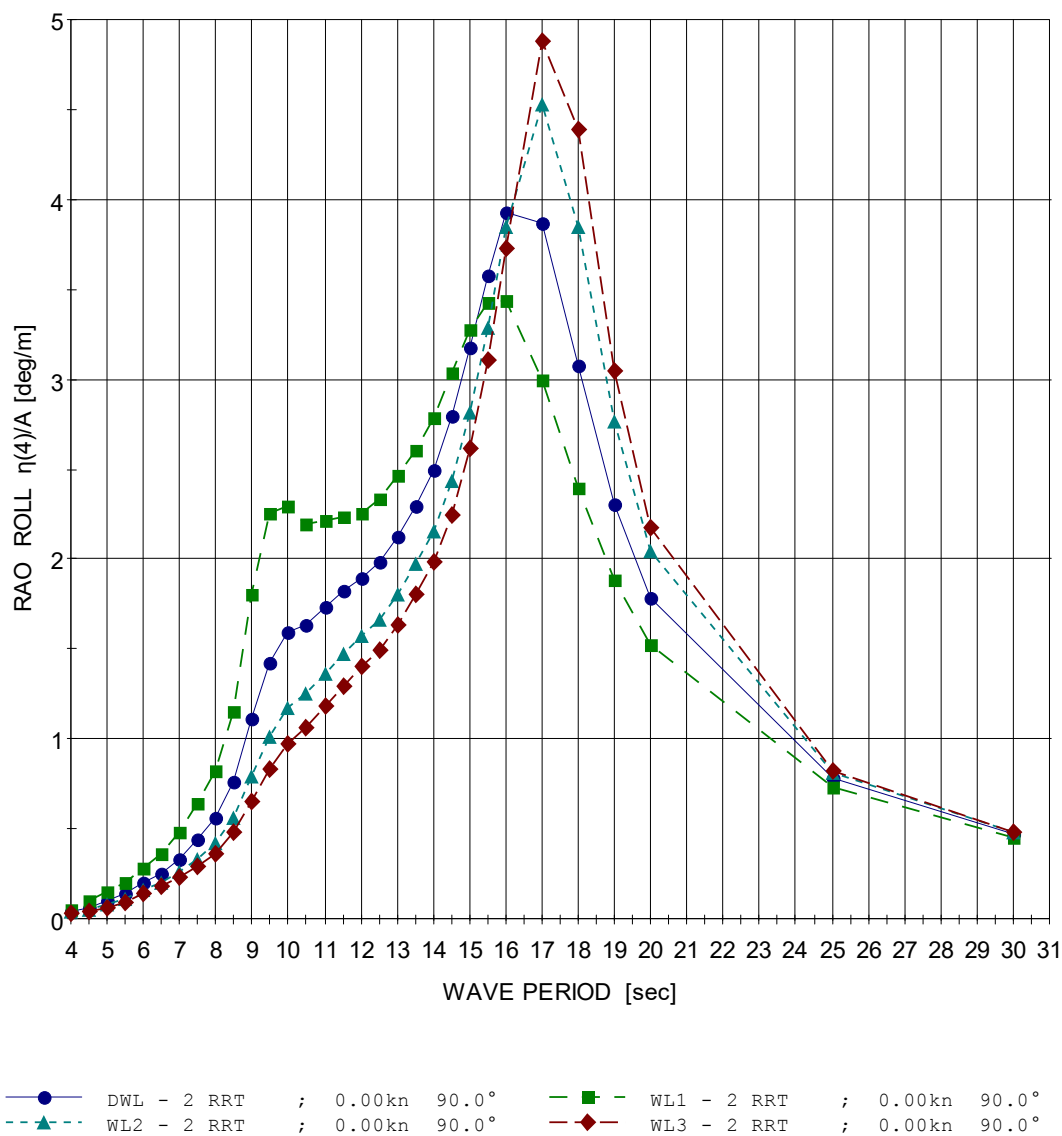
1 RRT - Varierende dypgang
DWL (T=8m), WL1 (T=7m), WL2 (T=9m), WL3 (T=10m)



Project: Varying LC - 1 RRT

Figur 6-7 RAO i rull for Fartøy CL ved varierende lastekondisjoner og 2 rulledepingstanker

2 RRTs - Varierende dypgang DWL (T=8m), WL1 (T=7m), WL2 (T=9m), WL3 (T=10m)

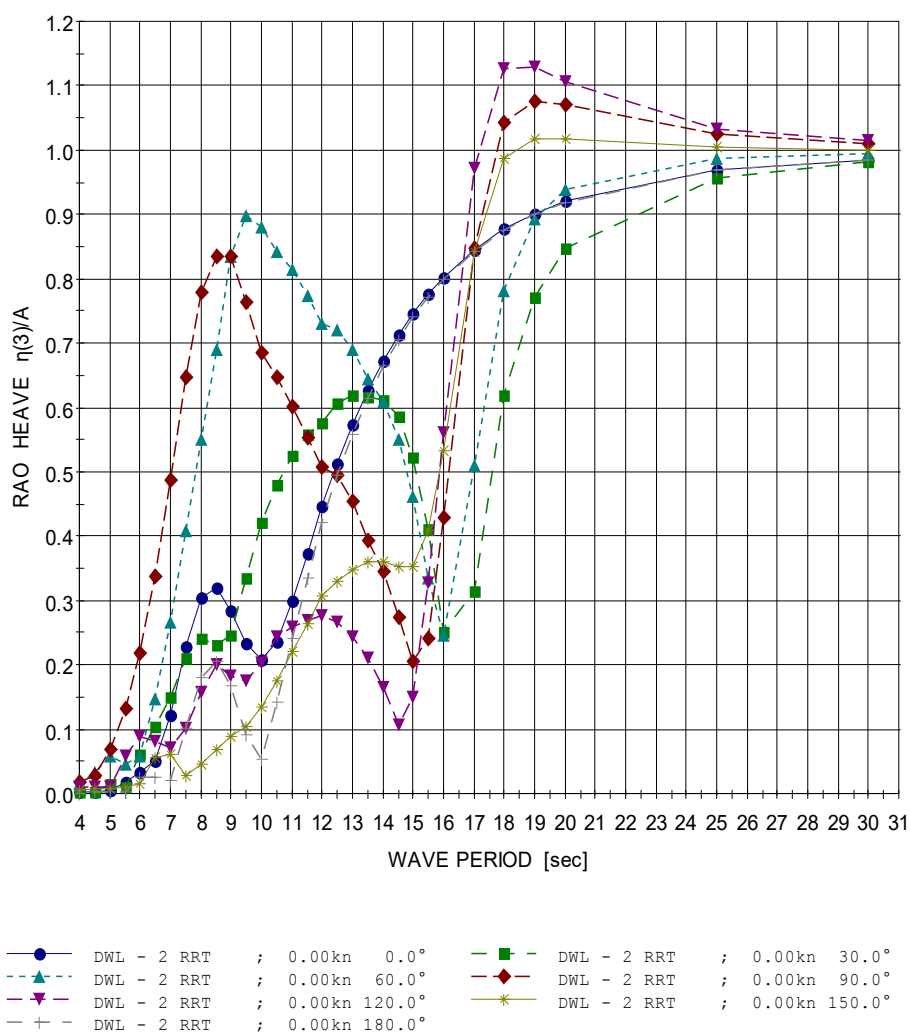


Project Varying LC - 2 RRT

Figur 6-8 RAO i rull for Fartøy CL ved varierende lastekondisjoner og 2 rulledempingstanker

Figur 6-9 viser vertikalbevegelsen i det punktet det er tenkt at gangbroen skal være plassert (for lastekondisjon DWL). For dette fartøyet blir vertikalbevegelsen mer fremtredende for lengre bølgeperioder. Dette kommer av at man får en koblet rulle- og stampebevegelse som når sin topp ved disse periodene. Om man studerer RAOene for dette fartøyet (se vedlegg 4), ser man at både rull og stamp gir mye respons på perioder rundt 12-13 sekund.

DISPLACEMENTS Position: CL-Gangveg



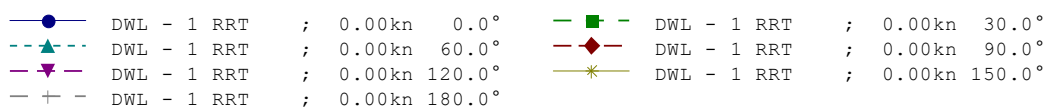
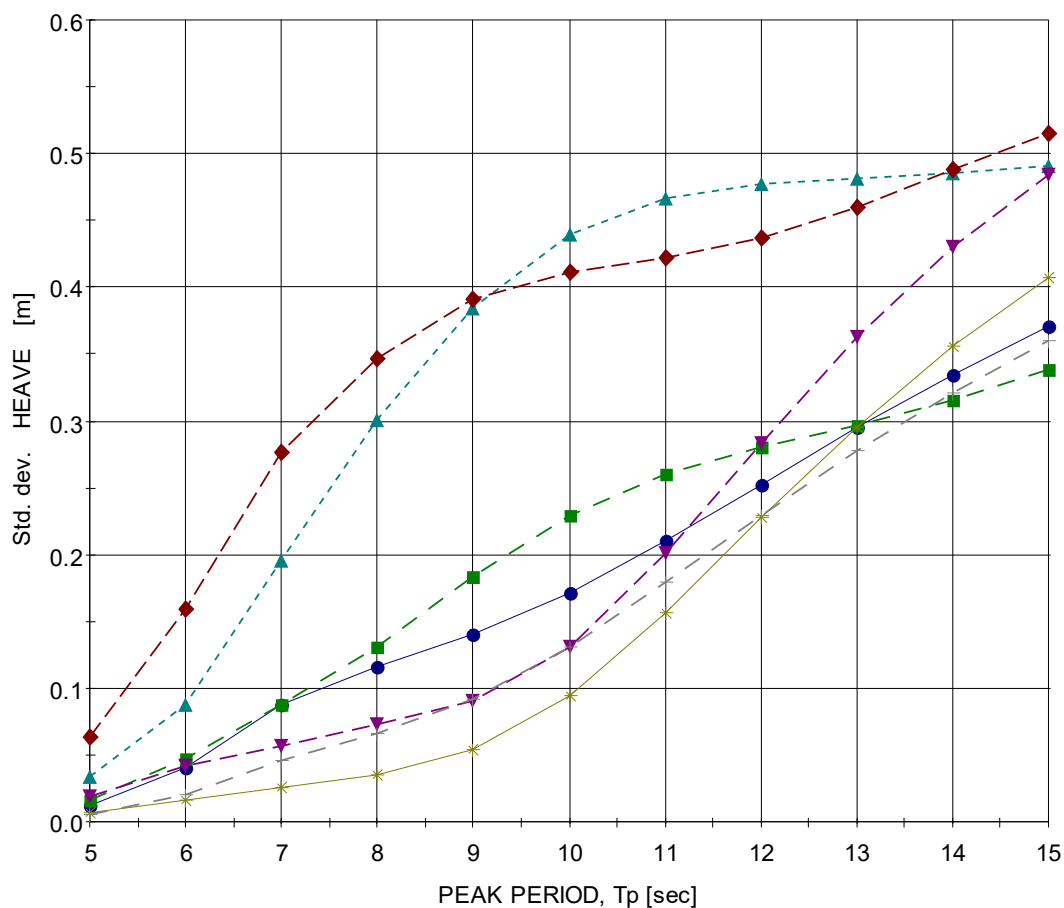
Project: GW-Vertikalbevegelse ved gangveg

Figur 6-9 RAO for vertikalbevegelse ved gangbro for Fartøy CL

6.3.2.2 Korttidsstatistikk – vertikalbevegelse ved gangbro

Figur 6-10 viser vertikalbevegelse ved gangbro (som standardavvik) for en sjøtilstand med signifikant bølgehøyde 2,5 meter (når sjøtilstanden er karakterisert ved JONSWAP bølgespekter) og langkammede bølger. Bølgeperioden (T_p) er variert fra 5 til 15 sekund. Som for RAOene ser man at det er to bølgeretninger som peker seg ut, aktenfor tvers (60 deg) og bølger rett fra siden (90 deg). I Figur 6-11 er det vist hvordan den samme responsen vil bli dersom man har kortkammert sjø. Naturlig nok, er ikke lenger bølgeretningen så utslagsgivende.

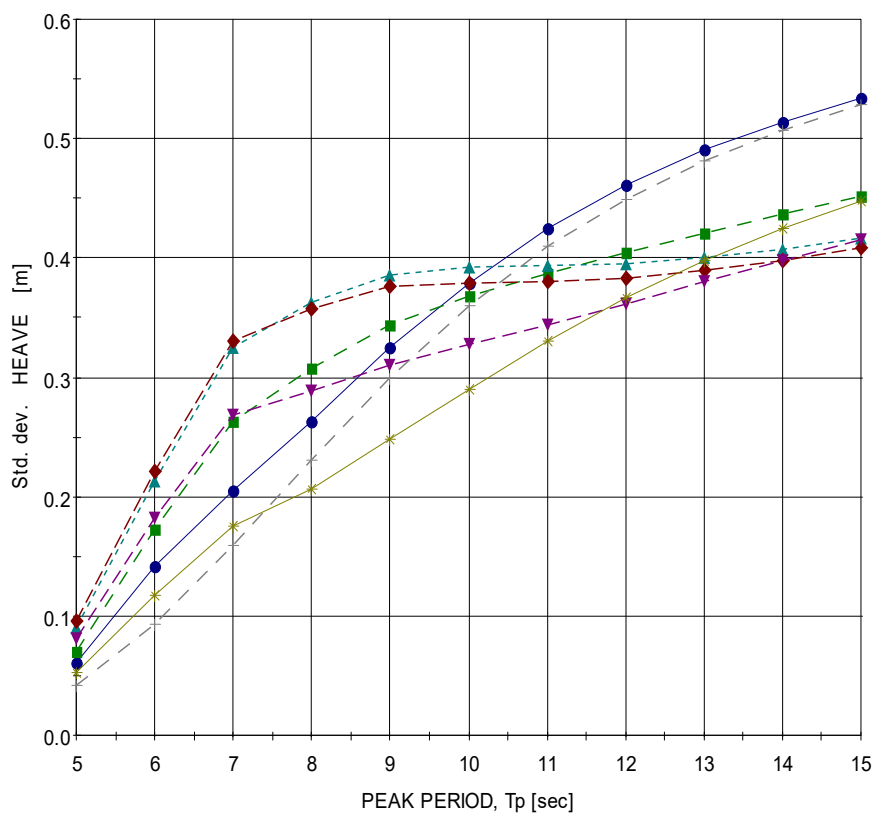
DISPLACEMENTS Position: CL-Gangveg



Project: GW-Vertikalbevegelse ved gangveg
Wave spectrum JONSWAP $H_s = 2.50$ m
Long-crested seas

Figur 6-10 Vertikalbevegelse ved gangbro som standardavvik. $H_s = 2,5$ meter, JONSWAP, langkammet sjø

DISPLACEMENTS Position: C-Gangveg

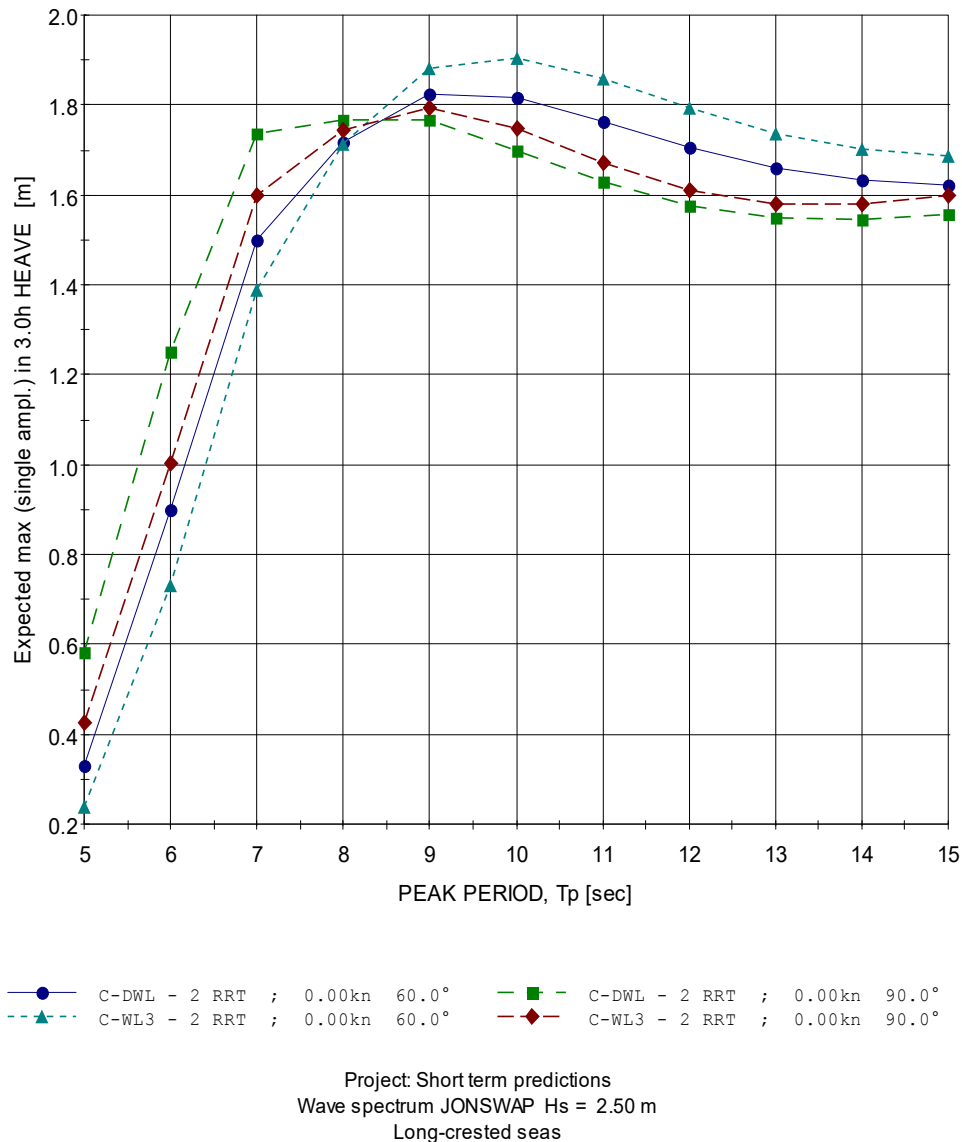


Project: Short term predictions
Wave spectrum JONSWAP $H_s = 2.50$ m
Short-crested seas (Cosine squared distribution, wave spreading angle = $\pm 90.0^\circ$)

Figur 6-11 Vertikalbevegelse ved gangbro som standardavvik. $H_s = 2,5$ meter, JONSWAP, kortkammet sjø

Figur 6-12 viser vertikalbevegelsen ved gangbro som forventet største verdi i løpet av 3 timer. Sjøtilstanden er $H_s = 2,5$ meter. I figuren er det bare bølgeretninger 60 og 90 deg som er tatt med. Figuren gir responsen for to ulike lastekondisjoner. Responsen er rimelig lik for begge lastetilstandene.

DISPLACEMENTS Position: C-Gangveg



Figur 6-12 Vertikalbevegelse ved gangbro vist som forventet største verdi på 3 timer. $H_s = 2,5$ meter, JONSWAP, langkammet sjø

6.3.3 Forventede maksimalverdier

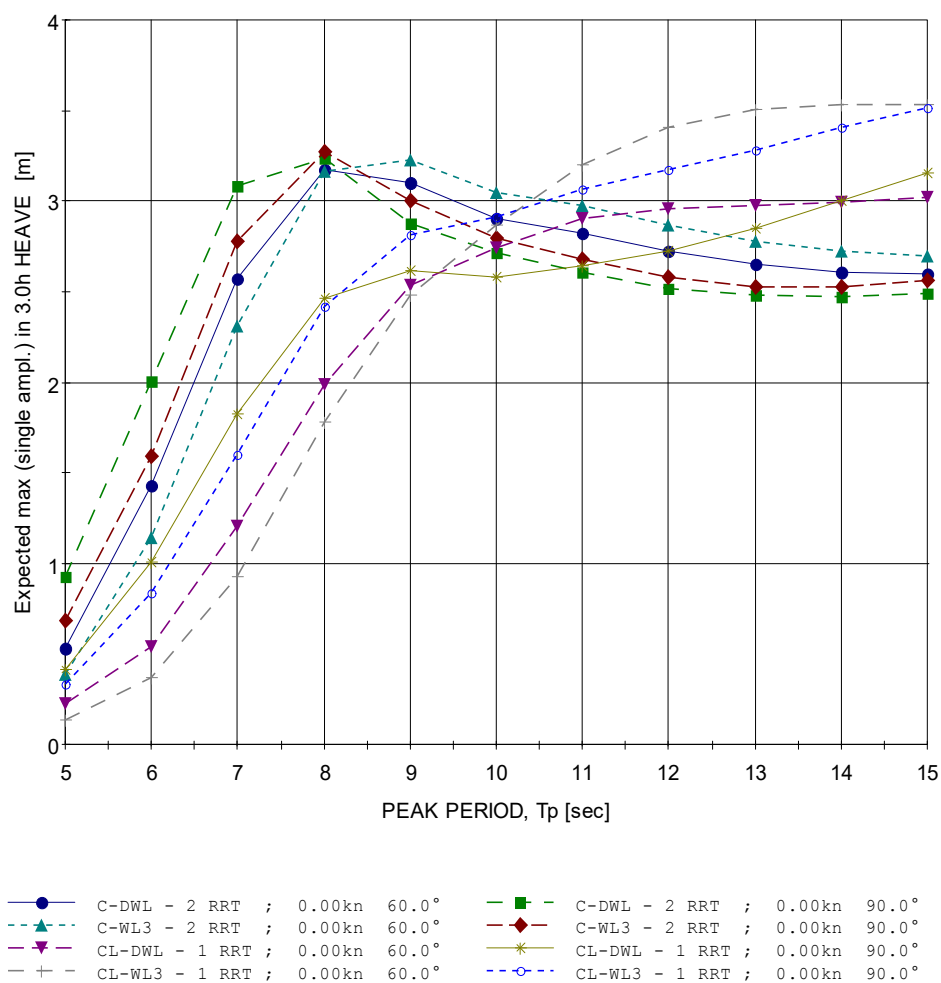
I dette kapitlet gis det noen omtrentlige verdier for hvilke vertikalbevegelser som kan forventes i posisjonen til gangbroen for både Fartøy C og Fartøy CL, dersom personelltransport skal kunne foregå ved signifikant bølgehøyde 4 meter.

Figur 6-13 viser vertikalbevegelsen som forventet maksimalverdi i løpet av 3 timer for en sjøtilstand med signifikant bølgehøyde på 4 meter, for begge fartøyene og for to lastekondisjoner. Figuren viser bare respons ved de verste retningene (60 deg og 90 deg). Figuren viser at det minste Fartøy C har større

vertikal respons ved lave perioder, men at det store Fartøy CL får større bevegelser når bølgeperioden blir større enn ca. 10-11 sekund. Figur 6-14 og Figur 6-13 viser henholdsvis vertikal hastighet og akselerasjon ved gangbro for de samme tilfellene. Figuren viser tydelig at hastighet og akselerasjon begge blir større for det minste fartøyet.

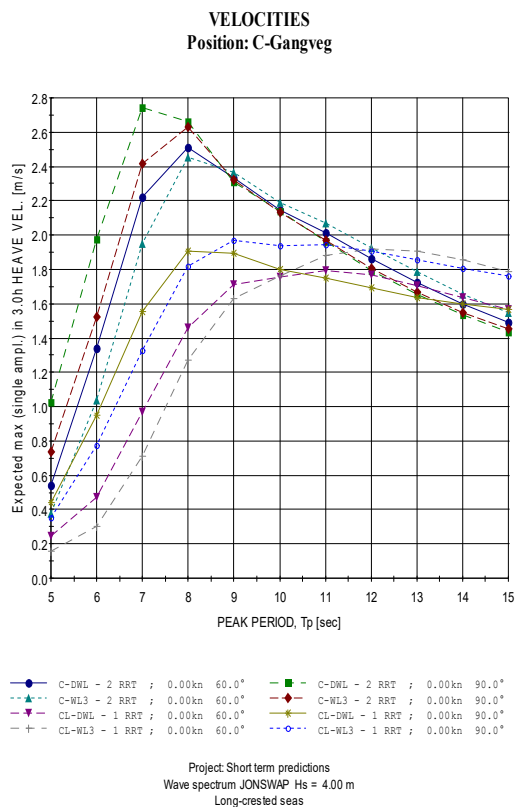
DISPLACEMENTS

Position: C-Gangveg

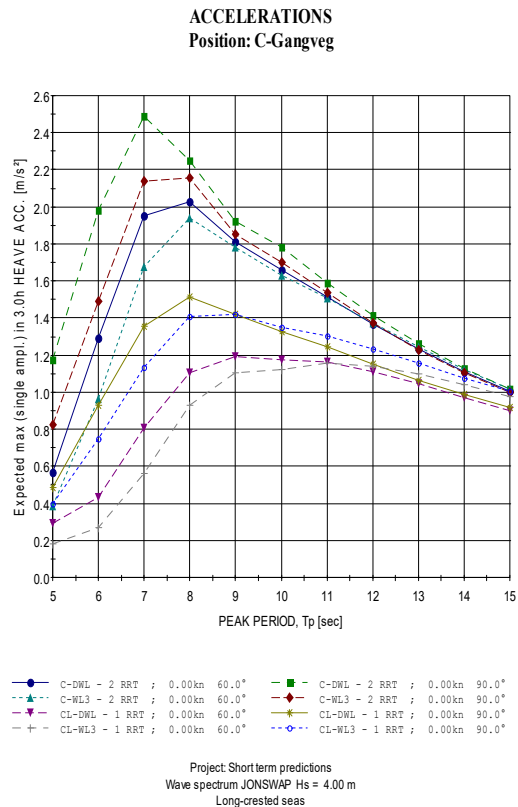


Project: Short term predictions
Wave spectrum JONSWAP $H_s = 4.00$ m
Long-crested seas

Figur 6-13 Vertikalbevegelse ved gangbro som forventet maksimalverdi i løpet av 3 timer. $H_s = 4$ meter, JONSWAP, langkammert sjø



Figur 6-14 Vertikal hastighet ved gangbro



Figur 6-15 Vertikal akselerasjon ved gangbro

7 Posisjonerings- og referansesystemer

Fartøyet vil være utrustet og klassifisert for dynamisk posisjonering (DP). Det legges til grunn at prinsipper og løsninger for dynamisk posisjonering av fartøy (og andre flytende enheter) er kjent, slik at dette kapittelet vil kun kort drøfte hvilke krav som skal settes til DP klasse for å kunne gjennomføre denne typen operasjoner på en måte som gir et sikkerhetsnivå på høyde med andre løsninger som er brukt for personelltransport i dag, typisk helikopter.

7.1 DP klasser

Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen (IMO – International Maritime Organisation) stiller krav til feiltoleransen i DP systemer basert på klassebetegnelse (IMCA, 2007). En beskrivelse av kravene sammen med korresponderende klassebetegnelser hos de internasjonalt anerkjente klasseselskapene er gjengitt i tabellen nedenfor.

Tabell 7-1 Krav til feiltoleranse i DP systemer og korresponderende klassebetegnelse (IMCA, 2007)

Beskrivelse	IMO	Korresponderende klassebetegnelse		
	DP klasse	ABS	LRS	DNVGL
Manuell styring av posisjon, med automatisk styring av kurs under bestemte maksimale vind- / sjøtilstander.	-	DPS-0	DP(CM)	DPS 0 DYNPOS-AUTS
Automatisk og manuell styring av posisjon og kurs under maksimale vind- / sjøtilstander.	Klasse 1	DPS-1	DP (AM)	DPS 1 DYNPOS AUT
Automatisk og manuell styring av posisjon og kurs under maksimale vind- / sjøtilstander og under og etter en hvilken som helst enkelt svikt i systemet med unntak av brann eller oversvømmelse av en skroginndeling. Det er krav om to uavhengige datasystemer.	Klasse 2	DPS-2	DP (AA)	DPS 2 DYNPOS AUTR
Automatisk og manuell styring av posisjon og kurs under maksimale vind- / sjøtilstander og under og etter en hvilken som helst enkelt svikt i systemet herunder brann eller oversvømmelse av en skroginndeling. Det er krav om to uavhengige datasystemer. I tillegg skal det være et reservesystem adskilt med en minimum brannklasse A60.	Klasse 3	DPS-3	DP (AAA)	DPS 3 DYNPOS-AUTRO

For DP klasse 2 og DP klasse 3 er det også krav om at det til enhver tid skal være tre aktive referansesystem, med stemming, slik at to gode referanser vil forkaste en dårlig referanse fra det tredje.

I diskusjonen videre vil kun IMO-betegnelsen bli brukt, henholdsvis DP1, DP2, DP3.

Som man ser av tabellen ovenfor, så har DP2 og DP3 toleranse for enkeltfeil uten tap av posisjon og kurs, mens DP1 ikke har dette. Ut ifra dette er det stilt krav til hvilke operasjoner som kan utføres med enheter med de ulike DP klassene basert på hvilke konsekvenser en feil som fører til tap av posisjon kan ha:

1. DP1 brukes i operasjoner der tap av evne til å holde posisjonen kan forårsake skade eller forurensing, men med liten konsekvens.
2. DP2 brukes i operasjoner der tap av evne til å holde posisjon kan forårsake personskade, forurensing eller betydelige økonomiske tap.
3. DP3 brukes i operasjoner der tap av evne til å holde posisjonen kan forårsake dødsfall, omfattende forurensing eller skade med store økonomiske tap.

7.2 Referansesystem

DP systemer bruker ulike referansesystem for å etablere og holde en gitt posisjon og retning. Disse systemene kan være *absolutte*, det vil si at de gir en absolutt posisjonsreferanse som fartøyet / innretningen vil holde seg på. Andre referansesystem er *relative*, det vil si at de holder fartøy / innretning i en gitt posisjon relativt til for eksempel et annet fartøy eller et holdepunkt på sjøbunnen.

Det vanlige absolutte referansesystem er GPS satellittnavigasjon. Vanlig GPS gir ikke tilstrekkelig presisjon til DP formål og man benytter et korreksjonssignal, gjerne sendt over langbølgeradio for å oppnå tilstrekkelig presisjon. Dette kalles Differential GPS, DGPS. En kjent svakhet med systemet er dårligere satellitt / signaldekning på høye breddegrader. Dette er opplagt en utfordring for de nordlige delene av Barentshavet. DP systemer kan kombinere GPS (som er et satellittposisjonssystem utviklet og drevet av USA) med GLONASS (tilsvarende, utviklet av Sovjetunionen / Russland) for å oppnå bedre dekning og presisjon.

Av relative systemer, finnes det en rekke forskjellige. Noen eksempler er:

- Akustisk, virker gjennom en transponder plassert på havbunnen som sender lydbølger på en gitt frekvens. Siden lydens hastighet gjennom vann er kjent, kan avstand kalkuleres og ulike deler av transponderen kan sende posisjonsreferanser.
- CYSCAN, Fanbeam, er relativt enkle og pålitelige systemer som virker ved at en laserstråle rettes mot en reflektor på den enheten man vil ha en referanse mot. Systemet er sårbart for blokkeringer og systemet kan låse seg mot refleksjoner fra nærliggende struktur etc.
- ARTEMIS er en radarbasert enhet. Prinsippet er som for Fanbeam ovenfor, men ARTEMIS er radarbasert og har derved lengre rekkevidde og er mindre sårbar for forstyrrelser. En av ulemper er at det er en relativt tung enhet å plassere.
- DARPS, Differential Absolute and Relative Positioning System, er ofte brukt mellom shuttle tanker og flytende produksjons- og lagringsskip (FPSOer). Begge har en GPS mottaker og et signal sendes fra FPSO til tanker. Siden begge vil ha samme feilmargin og derfor relativt samme referanse, trenger man ikke DGPS for å holde relativ posisjon.

Utfordringer i Barentshavet er åpenbart den forringede dekning av GPS satellittnavigasjon på de høyeste breddegrader. DP2 og DP3 operasjoner krever at man til enhver tid har tre uavhengige referansesystemer i operasjon (2 x DGPS regnes som uavhengig dersom de prosesseres gjennom to uavhengige kanaler / datasystem). Anekdotiske erfaringer fra operasjoner på høye breddegrader indikerer at man trenger et stort utvalg referansesystemer for å kunne opprettholde tre referanser samtidig.

Andre utfordringer som må sees på i detalj for en operasjon med personelloverføring fra fartøy er behov for å holde en absolutt posisjon (for eksempel en flyttbar boreinnretning tilkoblet en brønn) og samvirke med fartøy som har behov for å holde en relativ posisjon versus den flyttbare boreinnretningen.

7.3 Tap av posisjon

Svikt som fører til tap av posisjon, kan deles i to hovedgrupper:

- «Drift-off,» oftest som følge av en black-out, som fører til tap av kraft for fremdrift / posisjonsholding. Fartøyet vil drive av posisjon, retning og fart vil være styrt av vind, strøm og bølger.
- «Drive-off», en svikt i eller tap av referansesystem fører til at DP systemet oppfatter det som å være i feil posisjon, og vil bruke fremdrift / trustersystem for å forflytte seg.

Man vil vanligvis oppfatte drive-off som den mest kritiske feilen. Dette har sammenheng med større energi i et eventuelt anslag på grunn av aktivt bruk av fremdrift, samt uforutsigbarhet i hvilken retning forflyttingen vil skje.

Årsaker til drive-off vil ofte være feil i, eller feiltolking av, referansesignaler, eventuelt feil i enkeltkomponenter i datasystemet. Til tross for at datasystemene også skal være redundante og tolerante for enkeltfeil, har det vært registrert hendelser som har fulgt av svikt i enkeltkomponenter som har påvirket begge datasystemene, for eksempel svikt i kommunikasjonskort og protokoller mellom de to systemene.

For DP3 vil det i tillegg til to uavhengige datasystem også være et tredje system, adskilt i et A60 beskyttet rom, som også vil inneholde systemer for manuell kontroll. Det er ikke presisert i standarder (IMO) at dette systemet er laget for å intervenere eller på annen måte forhindre drive-off, det er en konsekvens av kravet om at alle enkeltkomponenter skal kunne tåle enkeltfeil, herunder brann. Dermed må det være et uavhengig sett i et brannsegregert område.

Det kan ikke utelukkes at fartøy med DP3 har mer innebygget sikkerhet mot drive-off enn DP2, i form av flere og/eller annerledes konfigurerte datasystemer. Imidlertid kan ikke dette utledes ut fra klassekravene.

Basert på dette, er det ikke nødvendigvis større sikkerhet mot drive-off situasjoner i et DP3 fartøy sammenlignet med et DP2 fartøy.

DP3 vil ha større innebygget sikkerhet mot drift-off, da brann eller oversvømmelse av et enkelt motorrom eller andre kritiske rom ikke vil føre til tap av DP systemet som helhet.

7.4 Posisjoneringsystem - regelverkskrav

Hvilke regelverkskrav som definerer krav til posisjoneringsystemer for fartøyet, vil blant annet bestemmes av hvorvidt fartøyet defineres som petroleumsinnretning etter bestemmelser i blant annet rammeforskriften §§ 2 og 3. Ut i fra drøfting i veiledning til disse bestemmelsene er det rimelig å legge til grunn at et fartøy som utfører personelltransport ikke vil være å anse som innretning, men som fartøy. Dette er ikke til hinder for at det kan stilles krav til helse, miljø og sikkerhet for et fartøy som utfører aktiviteter i petroleumsindustrien (petroleumsloven § 1-6).

Krav i aktivitetsforskriften § 90 om posisjonering, antas derfor å være gjeldende:

Ved utføring av maritime operasjoner skal den ansvarlige sette i verk nødvendige tiltak slik at de som deltar i operasjonene, ikke skades, og slik at sannsynligheten for fare- og ulykkes-situasjoner reduseres.

Det skal settes krav til opprettholdelse av posisjon for fartøy og innretninger ved utføring av slike operasjoner, og det skal settes kriterier for oppstart og avbrudd, jf. innretningsforskriften § 63.

I tabell 1 i veiledning til samme paragraf er det opplistet krav til DP utstyrsklasse for ulike operasjoner. Personelloverføring til offshoreinnretning fra fartøy er ikke en egen kategori i denne tabellen. Dermed må spesifikke regelverkskrav til utstyrsklasse utledes fra intensjonene uttrykt i forskriftsteksten, tabellen og generelt intensjoner i regelverket om å oppnå et lavest mulig risikonivå for operasjoner. Det er også en føring at man ikke kan tolerere et risikonivå som er høyere enn for tradisjonell personelltransport i petroleumsindustrien, med helikopter.

7.5 Diskusjon

Aktuelle problemstillinger er:

- Krav til DP klasse
- Risikobilde
- Samvirke mellom to innretninger på DP

Som nevnt er det ingen egen kategori for denne typen fartøy i veiledningen til aktivitetsforskriften § 90, tabell 1 (heretter kalt tabell 1). Med de antagelser man gjør om et slikt fartøys deplasement, størrelse og motorkraft, så er det liten tvil om at det aktuelle fartøyet overskrider den fartøystørrelsen som aktuelle innretninger er dimensjonert for å motstå. Dette er dekket av litra h) i tabell 1 og det korresponderende DP utstyrsklassekravet er DP2.

Spørsmålet er da om det er momenter som trekker i retning av en høyere utstyrsklasse.

I tabell 1 dekker litra a) og b) bemannede undervannsoperasjoner, der tap av posisjon representerer henholdsvis høy risiko og risiko for dykker / dykkeplattform. Dette korresponderer med krav til DP-klasse hos IMO (jf. kapittel 7.1):

1. DP2 brukes i operasjoner der tap av evne til å holde posisjon kan forårsake personskade, forurensing eller betydelige økonomiske tap.
2. DP3 brukes i operasjoner der tap av evne til å holde posisjonen kan forårsake dødsfall, omfattende forurensing eller skade med store økonomiske tap.

Kravet i tabell 1 litra a) er dermed DP3 og i tabell 1 litra b) DP2. Det naturlige spørsmålet er da om et tilsvarende resonnement kan gjøres gjeldende for personelloverføring.

Det synes åpenbart at dersom en drive-off eller drift-off situasjon kan føre til et troverdig scenario der personell faller i sjø under overføring, så vil det medføre betydelig risiko for alvorlig skade og dødsfall. Isolert tilsier dette at utstyrsklasse DP3 er et nødvendig krav ut i fra føringer i regelverket og klasse- / flaggstatskrav.

Imidlertid er det betydelig forskjell på en bemannet undervannsoperasjon (særlig metningsdykking fra klokke) og en slik operasjon kan ikke uten videre sammenlignes med den eksponeringen av personell for fare som man har ved et gangbrosystem. Dette har sammenheng med at dykkere ute av dykkeklokken trenger relativt mye lengre tid på å komme seg i sikkerhet i dykkeklokken ved en ikke planlagt bevegelse og at selve dykkeklokken heller ikke vil være trygg ved store bevegelser.

Den tilsvarende eksponeringen ved personelloverføring med gangbro vil være av meget begrenset varighet. Det er gode muligheter for å verifisere at man har stabile systemer for referanser og evne til å holde posisjon før personell eksponeres i en kort periode.

8 Personelloverføring med gangbro

8.1 Egenskaper ved gangbroløsninger

Gangbroer har vært mye brukt til personelloverføring, så vel i petroleumsnæring til havs som i annen industri, typisk tilsyn og vedlikehold med vindmøller til havs. På norsk kontinentalsokkel, har gangbroer mest blitt benyttet ved operasjoner der et flotell har vært oppankret / posisjonert ved en vertsinnetning.

DNVGL har utarbeidet en standard for sertifisering av gangbroer for personelloverføring offshore (DNVGL, 2015). I denne standarden skilles det mellom tre typer gangbroer:

1. Ukontrollert overføring av personell, rutine personelloverføring
2. Kontrollert overføring av personell, rutine personelloverføring
3. Kontrollert overføring av personell, kontrollert personelloverføring

Når man skal etablere kriterier for egenskaper ved en gangbroløsning for personelltransport i arktiske strøk, så kan det være relevant å se på hva som skiller dette fra de mer tradisjonelle bruksområdene.

Noen viktige forskjeller er:

- **Behov for vinterisering**
Gangbroen vil bli brukt i et betydelig kaldere klima enn hva som har vært vanlig for andre løsninger. Den vil under overfart bli utsatt for både sjøsprøyt og nedbør som kan legge seg som is og forhindre funksjonalitet
- **Bølgeforhold**
Gangbroer brukt under vedlikehold av vindmøller til havs har så langt blitt brukt i relativt kystnære strøk og under relativt rolige bølgeforhold. For å sikre tilstrekkelig tilgjengelighet, (se også kulepunkt operasjonelle forhold) er det sannsynlig at gangbroen må kunne tåle betydelig verre sjø og bølgeforhold enn hva som er vanlig i dag.
Gangbroen skal også plasseres på et fartøy, som vil ha andre bevegelseskarakteristika enn et oppankret flotell.
- **Værforhold**
Personell som skal overføres vil kunne bli eksponert for vind, nedbør og lave temperaturer både mens de venter på å ta i bruk gangbroen og mens de tar seg over gangbroen.
- **Operasjonelt**
Overføring av personell for å drive tilsyn / vedlikehold på en vindmølle antas å ha begrenset kritikalitet med tanke på gjennomføring. Man vil anta at dersom vær eller andre forhold er slik at man ikke kan gjennomføre overføringen, så vil arbeidet kunne vente på forsvarlige forhold. Likedan for gangbroer mellom flotell og vertsinnetning. I hovedsak brukes de i perioder der man har behov for flere sengeplasser, for eksempel i forbindelse med revisjonsstans og/eller modifikasjonsprosjekter. Det er dermed i hovedsak prosjekt- / ekstrapersonell som bor på flotellet og bruker gangbroen. Dersom gangbroen ikke kan brukes på grunn av værforhold, så vil ikke den daglige driften av vertsinnetningen bli skadelidende, selv om prosjektgjennomføringen kan påvirkes.

For bruk av gangbro fra fartøy for å overføre personell i fjerne arktiske strøk, så vil dette være den primære transportmuligheten for mannskapsskifter. Det vil dermed være kritisk at løsningen har så høy tilgjengelighet som praktisk mulig. Dersom man hyppig må avstå fra mannskapsskifter, vil man få problemer med at tilgjengelig årlig arbeidstid brukes opp på ekstra tid om bord på

innretningen, i ytterste konsekvens at operasjonen må avbrytes fordi mannskapet har stått så lenge om bord at det ikke lenger er forsvarlig å fortsette operasjonen.

Det finnes to typer bevegelseskompensering for gangbroer, henholdsvis passivt og aktivt bevegelseskompenserende system. En passivt bevegelseskompenserende gangbro innebærer at broen tar opp i seg og kompenserer for de relative bevegelsene mellom fartøyet og innretning uten eksterne systemer eller utstyr. Aktiv bevegelseskompensering innebærer et system drevet med ekstern strømforsyning som helt eller delvis kompenserer for bevegelsene i fartøyet og innretningen (med alt fra én til seks frihetsgrader).

8.2 Aktuelle løsninger

Flere leverandører har i de senere årene levert, eller er i ferd med å levere gangbroløsninger. Det er til dels likheter mellom de ulike løsningene, men også noen som skiller seg markant ut. Enkelte løsninger har vært på markedet en stund og har akkumulert et betydelig antall driftsår, mens andre knappest er kommet i operasjon.

Det største markedet for denne typen løsninger synes å være vedlikehold av vindmøller utenfor kysten/til havs. På norsk sokkel har løsningen ikke fått gjennomslag i petroleumsindustrien, men på andre kontinentalsokler har det vært noe mer brukt, både på regulære produksjonsinnretninger og for vedlikehold på enkle brønnhodeinnretninger uten eget helikopterdekk. Ingen synes å ha noen form for driftserfaring fra arktiske strøk.

Som en del av denne studien ble det utført en kartlegging av aktuelle leverandører av gangbroløsninger. Nedenfor gis det en kort presentasjon av løsninger som finnes på markedet (i alfabetisk rekkefølge), basert på tilbakemeldinger gitt fra de ulike leverandørene.

8.2.1 Ampelmann

Den nederlandske fabrikanten Ampelmann har i en årrekke designet og konstruert gangbrosystemer. Ampelmannsystemet består av en gangbro som er støttet på flere hydrauliske sylindere, se Figur 8-1. De hydrauliske sylindrene bidrar med aktiv hiv-kompensering slik at gangbroen holder seg i posisjon mot vertsinnetningen. Ampelmannsystemet kobler seg ikke til vertsinnetningen, men styringssystemet i gangbroen sammen med DP-systemet til fartøyet sørger for at gangbroen blir liggende inntil landingspunktet.



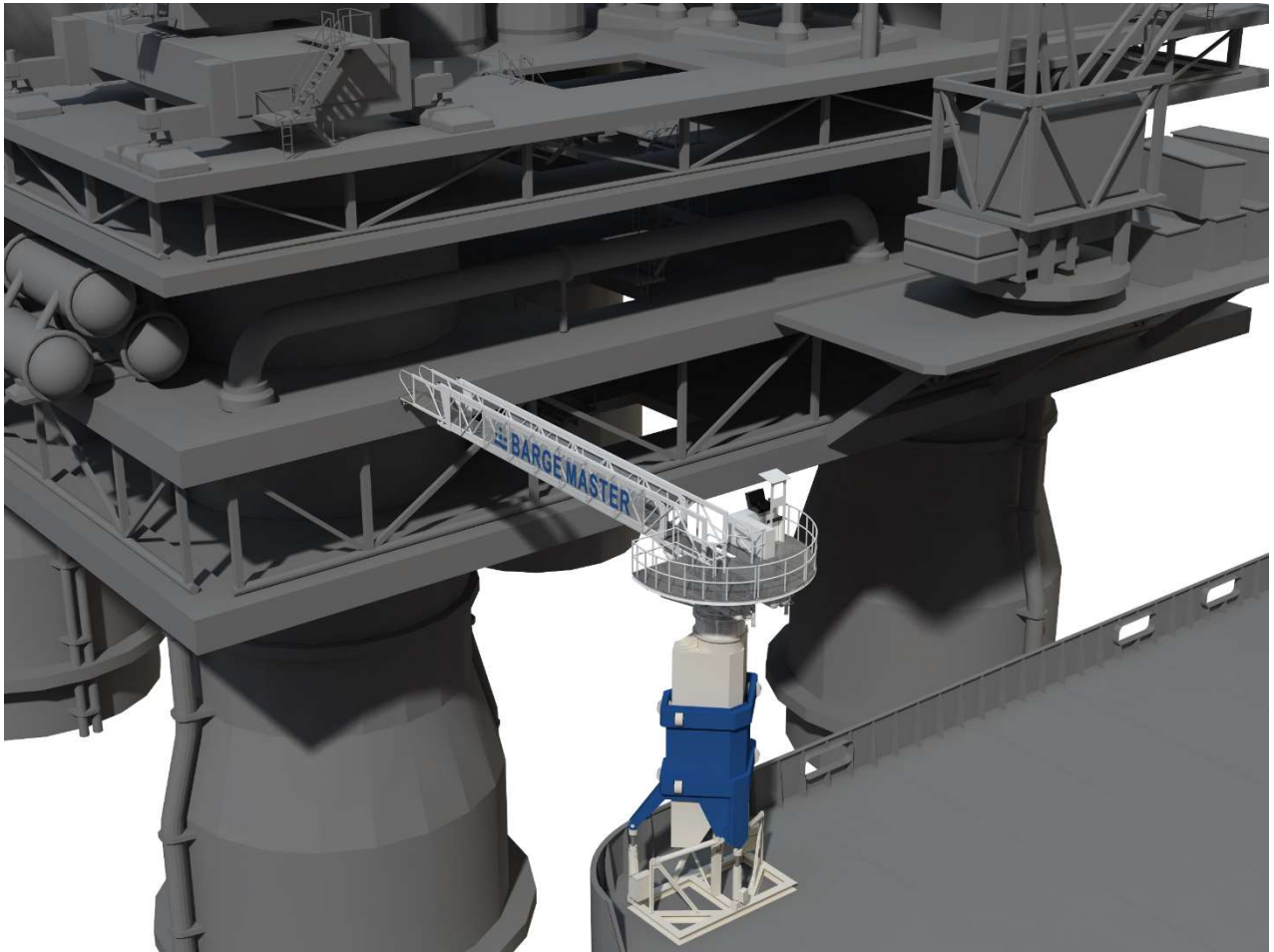
Figur 8-1 Ampelmann gangbrosystemet i bruk. (Bilde brukt etter avtale med Ampelmann Operations B.V.)

Ampelmanns gangbrosystem kommer i to utgaver, med en effektiv driftslengde på henholdsvis 22 og 27 meter. Av aktuelle gangbroleverandører er Ampelmann med klar margin den leverandøren med lengst driftserfaring / flest systemer i operasjon. Allikevel har heller ikke Ampelmann noen erfaring med operasjon i arktiske strøk, men har et system under utvikling som er planlagt å kunne operere i ned mot minus 48 grader Celsius.

Ampelmannsystemet skiller seg ut sammenlignet med andre systemer med sin løsning for aktiv hiv-kompensering basert på åtte hydrauliske sylindere med tilhørende styringssystem.

8.2.2 Barge Master

Barge Master er opprinnelig en utvikler og produsent av aktiv hiv-kompenseringssystemer. De har brukt denne erfaringen og teknologien til å utvikle et gangbrosystem med aktiv hiv-kompensering, se Figur 8-2. Gangbroen er for tiden i produksjon, med forventet leveranse av den første enheten i 2016. Det er dermed ingen driftserfaring med gangbroen som system, men Barge Master har lang erfaring med drift av sine hiv-kompenseringssystemer, som er den kritiske komponenten i gangbrosystemet. Gangbroen leveres i to utgaver, med lengde på henholdsvis 19 meter (+/- 4 meter) og 23 meter (+/- 4 meter).



Figur 8-2 Barge Master gangbrosystem. (Bilde brukt etter avtale med Barge Master.)

8.2.3 MacGregor

MacGregor leverer et bredt utvalg av løfteutstyr og tekniske tjenester for maritim industri og offshoreindustri. Selskapet har også utviklet et gangbrosystem. Gangbroen er teleskopisk og kan konseptuelt minne om andre løsninger som er presentert her. Som for andre, så monteres gangbroen på en pidestall, som kan være både fiksert og reguleres hydraulisk i høyden.

Gangbroløsningen er ifølge produsenten ferdig prosjektert og verifisert av 3. part, men ingen systemer er så langt produsert og levert. Det er dermed ingen driftserfaring med denne gangbroløsningen.

8.2.4 Marine Aluminium / Uptime

Uptime som fabrikant og merkevare er i sin helhet oppkjøpt og eid av Marine Aluminium og vil dermed bli behandlet som ett system i denne studien. Marine Aluminium fabrikkerer og markedsfører fortsatt Uptime under dette merkenavnet i tillegg til sine egne gangbroløsninger. Løsningene er konseptuelt rimelig like. Gangbroene er hittil laget i flere ulike størrelser, se Tabell 8-1.

Tabell 8-1 Ulike gangbrostørrelser for Uptime og Marine Aluminium

Uptime	Marine Aluminium
23,4 meter	42,5 meter
26,0 meter	45,5 meter
	46,5 meter
	57,5 meter (én enhet laget)

Marine Aluminium / Uptime gangbroene finnes i to varianter; kalt henholdsvis type 1 og type 2. Type 1 ligger inntil, men uten å være festet til vertsinnretningen. Type 2 broer låser / hefter seg fast i vertsinnretningen gjennom en låsemekanisme. For Marine Aluminium broene skjer dette gjennom en landingskone som fester seg i en tilpasset struktur på landingsplattformen på vertsinnretningen.

Kompensering for hiv- og fartøybevegelser skjer gjennom den teleskopiske delen av gangbroen der lengden reguleres ved at de to delene fanger opp relativ bevegelse.

Marine Aluminium / Uptime broene står på en pidestall i stål som er festet i dekket på fartøyet. Pidestallen må tilpasses høydeforskjellen mellom fartøy og vertsinnretning, slik at vinkelen på gangbroen ikke overstiger kriteriet for prosjekteringen. Marine Aluminium lager også hydrauliske pidestaller som selv kan regulere høyden inn mot vertsinnretningen.

Marine Aluminium / Uptime gangbro vises i Figur 8-3 og Figur 8-4.



Figur 8-3 Marine Aluminium gangbro under utsetting. Bildet viser også landingskone ved enden av gangbroen. (Bilde brukt etter avtale med Marine Aluminium.)



Figur 8-4 Uptime gangbro på WTW Island Crown, noe mindre enn Marine Aluminium gangbro. Bildet viser også pidestallen som gangbroen står på og teleskopprinsippet for selve gangbroen. (Bilde brukt etter avtale med Marine Aluminium.)

8.2.5 Van Aalst Group

Van Aalst Group produserer et gangbrossystem gjennom sitt datterselskap Safeway BV. I følge informasjon fra fabrikanten er en enhet satt i produksjon, med forventet leveranse i juni 2016. Se Figur 8-5. Per i dag er det dermed ingen driftserfaring med denne gangbrotypen. Leverandøren oppgir at gangbroen er sertifisert for operasjon i ned til minus 20 grader Celsius, men at det ikke er gjort spesielle tiltak for vinterisering med tanke på fjerning av snø og is.



Figur 8-5 Safeway BV gangbro (bilde brukt etter avtale med Safeway BV, et van Aalst Group selskap)

8.2.6 Diskusjon

Det finnes en rekke leverandører av gangbrosystemer. Som vist ovenfor, er det en del prinsipielle likheter mellom flere av dem, med Ampelmann som skiller seg mest fra de andre med tanke på valg av teknisk konsept.

Med unntak av Ampelmann og Marine Aluminium / Uptime, er det begrenset eller ingen operasjonell erfaring med de andre leverandørene av gangbroløsninger.

Heller ikke Ampelmann og Marine Aluminium / Uptime har per i dag løsninger som vil kunne innfri de krav som må stilles til systemet for bruk for personelloverføring i fjerne arktiske strøk. Begge har gitt uttrykk for at de har løsninger under utvikling som er ment for bruk i arktiske strøk.

Den anbefalte løsningen vil derfor være en konseptuell gangbroløsning, på linje med fartøyet, i den forstand at den anbefalte løsningen er basert på en eksisterende løsning, med tilleggskrav for å imøtekomme forskjellene mot dagens bruksområder som diskutert i kapittel 8.1.

8.3 Konseptuell utforming av gangbro

Med tanke på vurderinger omkring tilgjengelighet, så har man i denne rapporten tatt utgangspunkt i en eksisterende løsning.

Man har valgt en løsning som kobler seg fast til innretningen med en låsemekanisme og der bevegelsen fanges opp passivt i en teleskopisk/glideforbindelse i gangbroen. Begrunnelsen for dette valget ligger i at man betrakter denne løsningen som å ha en større grad av innebygget sikkerhet og dermed i større grad være i tråd med intensjonen i styringsforskriften §4 om det skal velges tekniske, operasjonelle og organisatoriske løsninger som reduserer sannsynligheten for at det oppstår skade, feil og fare- / ulykkessituasjoner. Eller som det står i veiledningen til samme paragraf: *Har gode iboende HMS egenskaper*. Dette ses i denne studien som regelverkets hensyntaken til prinsippene om innebygget sikkerhet, «inherently safe design».

Gangbroen som er valgt som utgangspunkt for den konseptuelle løsningen, er en stor, solid gangbro av siste generasjon. Den har i utgangspunktet rekkevidde til å nå landingspunktet på den valgte innretningen.

Påkrevd lengde på gangbroen styres av:

- Høydeforskjell mellom skip og innretning
- Krav til avstand mellom fartøy og innretning
- Maksimal vinkel med tanke på at personell skal gå over

Det er funnet en eksisterende gangbroløsning som har tilstrekkelig lengde *med tanke på denne flyttbare boreinnretningen og det konseptuelle fartøyet*. Det må med andre ord gjøres spesifikke vurderinger for andre kombinasjoner. Innhenting av teknisk informasjon om eksisterende gangbroløsninger, viser at kun et fåtall har lengde i den størrelsesorden som er påkrevet her.

Det er imidlertid ikke det samme som å si at gangbroen som ble brukt som utgangspunkt er egnet for denne type operasjon slik den fremstår i dag. Det er blant annet ikke gjort tiltak for å vinterisere gangbroen. Likedan er det ikke gjort noen kvalifisering av bevegelige deler, hydrauliske og andre komponenter for svært lave, til dels ekstremt lave temperaturer. Det er heller ikke lagt til rette for fjerning av isdannelse.

Man har i denne omgang ikke undersøkt om det er tilstrekkelig skjerming av operatører og personell som venter på å krysse over, med tanke på vind / nedbør og avkjøling.

Dermed kan man si at gangbroen som til slutt vil bli brukt, fortsatt er en tenkt eller konseptuell type.

8.3.1 Gjennomføring av personelloverføring

Det er av interesse for vurderinger av tilgjengelighet og operasjonell gjennomførbarhet, hvor lang tid man faktisk trenger til å gjennomføre personelloverføringen med gangbro. Man tok derfor dette opp med ulike leverandører i videomøter. Generelt er dette en relativt rask operasjon. Fra posisjon er etablert med fartøyet, vil man bruke om lag 5 – 10 minutter til å etablere forbindelse med gangbroen. Deretter skal påtroppende personell gå om bord i innretningen og omvendt. Total tid til gjennomføring av operasjonen er konservativt anslått til 30 – 45 minutter.

Vanlige forholdsregler ved gjennomføring av marine operasjoner, tilsier at man skal ha et værvindu som er minst dobbelt så langt som påkrevet gjennomføringstid.

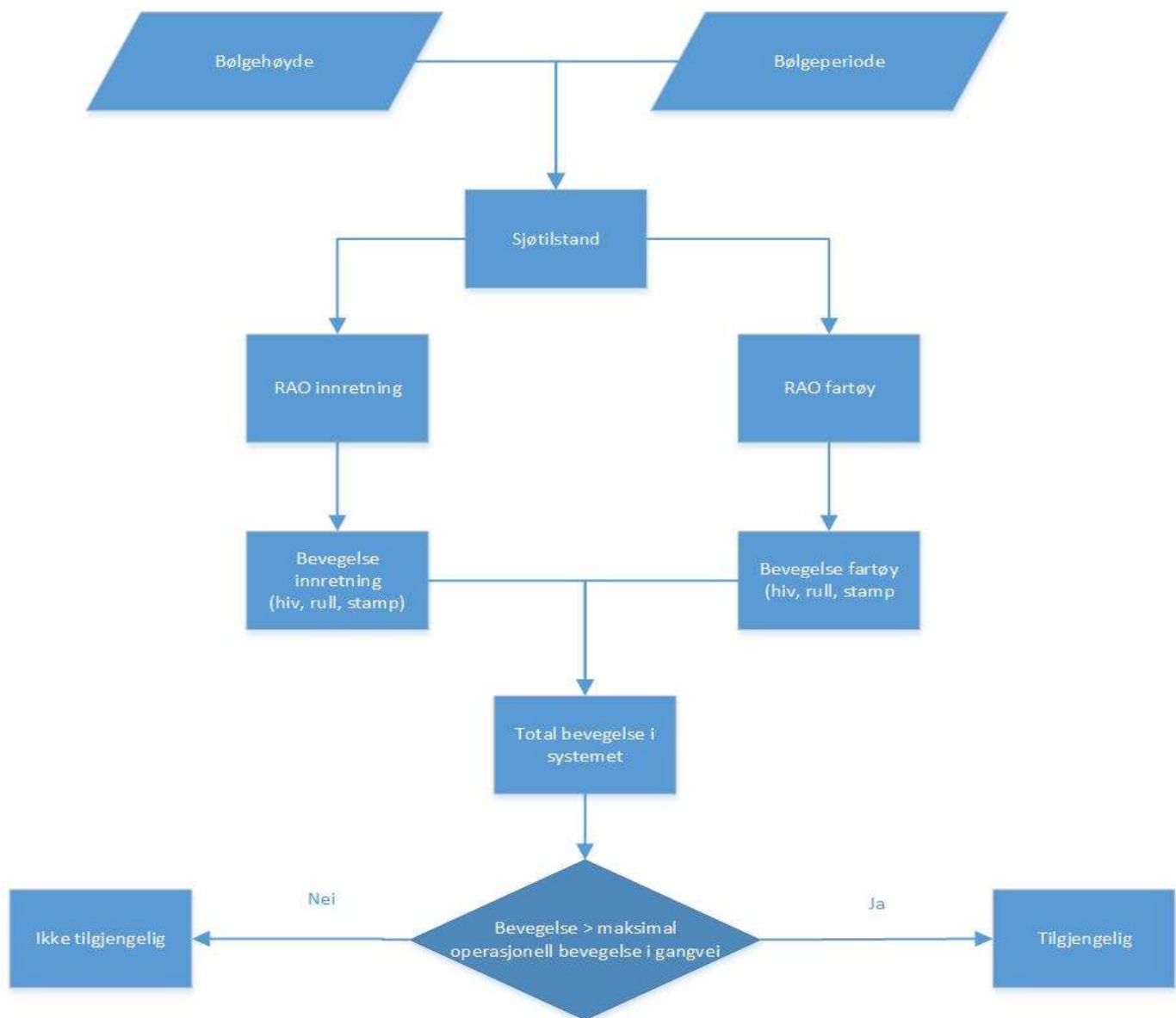
9 Tilgjengelighetsvurdering

9.1 Modell for tilgjengelighetsvurdering

Hvorvidt gangbro er tilgjengelig for å gjennomføre personelloverføring er avhengig av:

- Maksimal tillatt bevegelse i gangbroen
- Sjøtilstand, som en funksjon av signifikant bølgehøyde (H_s) og bølgeperiode (T_p)
- Bevegelseskarakteristika for fartøyet og innretning, uttrykt ved RAO

Dette gir oss sammenhengen som uttrykt i Figur 9-1 nedenfor.



Figur 9-1 Modell for tilgjengelighetsvurdering

9.2 Kriterier og antagelser

9.2.1 Gangbro

Valgte inngangsdata for gangbroen er basert på data for en eksisterende modell og presentert i Tabell 9-1. Lengden på gangbroen er bekreftet å kunne nå aktuelle posisjoner for landingspunkt på den valgte boreinnretningen.

Tabell 9-1 Inngangsdata for gangbro

Parameter	Verdi
Lengde	45,5 meter
Maksimal bevegelse	+/- 6 meter
Maksimal vertikal akselerasjon (nødrakobling, maksimal lengde)	1,0g +/- 0,3g
Normal vertikal akselerasjon (midtposisjon, 38,0 meter)	1,0g +/- 0,5g

9.2.2 Fartøy og innretning

Fartøyet som er valgt for vurderinger omkring tilgjengelighet er Fartøy CL. For detaljer om bevegelseskarakteristika, se kapittel 6.3. Innretningen med tilhørende bevegelseskarakteristika er beskrevet i kapittel 5. Det må påpekes at innretningen som er valgt, er utformet nettopp med tanke på operasjon under krevende forhold. Det antas at lignende innretninger som er laget for denne type operasjoner, vil ha noenlunde tilsvarende bevegelseskarakteristikk, mens andre innretninger, typisk utformet for bruk på grunnere farvann i sørlige deler av Nordsjøen / Norskehavet, kan ha noe dårligere bevegelseskarakteristikk under de valgte forholdene.

Maksimal bevegelse som gangbroen må kunne kompensere for, vil være summen av bølgerespons for boreinnretning og fartøy i den aktuelle lokasjonen for henholdsvis landingspunkt og gangbro.

Bevegelseskarakteristika er forskjellige for de to enhetene ved en gitt sjøtilstand. I tillegg kan de to enhetene være i forskjellig fase, alt etter bølgeperiode. Med tanke på sannsynlighetsvurderinger, så har man konservativt lagt til grunn at fartøy og boreinnretning vil være i motfase, det vil si den maksimale bevegelse som gangbroen må kunne kompensere for.

Fra Tabell 9-1 ovenfor ser man at summen av bølgerespons for boreinnretning og fartøy dermed må være ≤ 6 meter.

Det er valgt å se på utslag i punkt for landingspunkt og gangbro ved følgende sjøtilstander:

Signifikant bølgehøyde (H_s): 4,0 meter

Bølgeperiode (T_p): 15 sekund

9.3 Tilgjengelighet

Tabell 9-2 viser maksimal respons ved gangbro for fartøyet.

Tabell 9-2 Bevegelse i gangbro på fartøy

	Vertikal forskyvning (m)	Vertikal hastighet (m/s)	Vertikal akselerasjon (m/s ²)
Fartøy C	3,25	2,75	2,5
Fartøy CL	3,5	1,98	1,5

Som presisert ovenfor, ser man kun på fartøy CL i denne sammenhengen. Som det fremgår av denne tabellen, har dette fartøyet noe større respons ved lengre bølgeperioder ved en gitt signifikant bølgehøyde sammenlignet med det noe kortere fartøyet. Forskjellen er allikevel ikke betydelig og gitt at det lengre fartøyet har betydelig bedre bevegelseskarakteristika ved kortere bølgeperioder, gir det ikke grunnlag for å endre konklusjonen om at det lengre fartøyet i en total vurdering er å foretrekke.

For innretningen vil maksimal respons i landingspunktet for gangbroen ved gitt bølgehøyde og -periode funnet ved å interpolere verdiene for W10 og W11 i Tabell 5-2.

Tabell 9-3 presenterer total maksimal bevegelse i systemet ved valgt sjøtilstand med signifikant bølgehøyde på 4 meter og bølgeperiode på 15 sekund.

Tabell 9-3 Maksimal bevegelse ved sjøtilstand Hs = 4 meter og Tp = 15 sekund

Enhet	Maksimal bevegelse ved valgt sjøtilstand (Hs = 4 m, Tp = 15 s)
Fartøy	3,5 meter
Innretning	1,87* meter
Totalt	5,37 meter

*Interpolert fra Tabell 5-2

Som man kan se, er total bevegelse i systemet ved gitt sjøtilstand og med antagelsen om at enhetene er i motfase, 5,37 meter. Dette er innenfor operasjonell toleranse for gangbroen.

Neste steg er dermed å se på frekvensen av disse forholdene på de aktuelle lokasjonene.

I kapittel 3.6 og 3.6.2 ser man frekvensen av henholdsvis signifikant bølgehøyde > 4,0 meter og bølgeperiode > 15 sekund. Fra grunndataene kan man finne sannsynligheten for at forhold med signifikant bølgehøyde over 4 meter og bølgeperioder over 15 sekund. Denne kombinasjonen utgjør en svært liten del av datagrunnlaget, lengre perioder enn 15 sekund sees oftere i forbindelse med mindre bølger.

For signifikant bølgehøyde, er responsen lineært proporsjonal. Det vil si at en økning av signifikant bølgehøyde med 50% gir 50% større bevegelse. Som man ser av Tabell 9-3, så er man ved signifikant bølgehøyde på 4 meter i nærheten av, men innenfor den maksimale operasjonsbevegelsen i gangbroen som er brukt som basis. Noe særlig høyere bølger enn dette vil man derfor ikke kunne operere i. Dermed blir signifikant bølgehøyde på 4,0 meter et nøkternt, men ikke altfor konservativt utgangspunkt for tilgjengelighetsvurderinger.

9.3.1 Barentshavet

Tilgjengelighet er sett på som en funksjon av signifikant bølgehøyde over 4,0 meter. Det er en relativt ubetydelig andel av året som har lengre perioder enn 15 sekund i kombinasjon med bølgehøyder over 4 meter. Dermed er bølgehøyde over 4 meter et godt uttrykk for tilgjengeligheten.

Tabell 9-4 Sesongtilgjengelighet – Barentshavet, 7347N_3553E

	Sesongtilgjengelighet				
	Årsbasis	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Andel med Hs > 4,0 meter	8,7%	18%	3,9%	0,7%	8,8%
Tilgjengelighet	91,3%	82%	96,1%	99,3%	91,2%

På årsbasis er det en tilgjengelighet på over 90%, som må sies å være relativt høy tilgjengelighet for dette systemet. Av ulike grunner, så er den tilnærmingen som er valgt konservativ. Se kapittel 9.4 for en drøfting av dette.

9.3.2 Norskehavet

Tilgjengelighet er sett på som en funksjon av signifikant bølgehøyde over 4,0 meter. Det er en relativt ubetydelig andel av året som har lengre perioder enn 15 sekund i kombinasjon med bølgehøyder over 4 meter. Dermed er bølgehøyde over 4 meter et godt uttrykk for tilgjengeligheten.

Tabell 9-5 Sesongtilgjengelighet – Norskehavet, 6716N_0517E

	Sesongtilgjengelighet				
	Årsbasis	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Andel med Hs > 4,0 meter	17,3%	36,2%	13,7%	1,3%	18,1%
Tilgjengelighet	82,7%	63,8%	86,3%	98,7%	81,9%

Tilgjengelighet på årsbasis for denne posisjonen er i overkant av 80%. Det er som forventet noe lavere tilgjengelighet i Norskehavet sammenlignet med Barentshavet. Av ulike grunner, så er den tilnærmingen som er valgt konservativ. Se kapittel 9.4 for en drøfting av dette.

9.4 Konservatisme i tilgjengelighetsvurderingen

Vurderingene av tilgjengelighet ovenfor er av flere grunner konservative. Den viktigste grunnen er oppløsningen på 3 timer i hindcastdataene. Denne oppløsningen er mindre enn antatt tid til å gjennomføre personelloverføringen, ca. 30-45 minutter. Det kan ikke utelukkes at det innenfor oppløsningen av dataene vil kunne finnes vindu der man på basis av godt sjømannskap og lokale vurderinger kan gjennomføre en overføring. Videre så taper man variasjon i værforholdene, ved at det er midlet over måned / kvartal.

10 Sensitivitetsvurdering

10.1 Endringer i fartøystørrelse / utforming

Generelt vil et enda større fartøy enn de som er sett på her kunne dempe bølgeresponsen enda mer. Det er også flere muligheter innenfor rullereduksjonstanker som også kunne dempe bølgeresponsen enda mer.

Dersom man kan oppnå samme bølgerespons ved $H_s = 5,0$ meter som for 4,0 meter, så vil det få effekt på tilgjengeligheten som illustrert i Tabell 10-1.

Tabell 10-1 Forskjell i tilgjengelighet ved økning av værvindu til $H_s = 5,0$ meter

Sesong / Område	$H_s = 4$ meter	$H_s = 5$ meter
Vinter Barentshavet:	82%	91%
Vinter Norskehavet:	64%	80%

Som man ser ville dette gi en betydelig økning i tilgjengeligheten. Økning i tilgjengeligheten er størst i Norskehavet.

Dette er et tenkt tilfelle, det er ikke gjort noe forsøk på å optimalisere det konseptuelle fartøyet ytterligere, det er dermed ikke vist ved simulering at det faktisk er mulig å oppnå denne responsen i den aktuelle bølgehøyden.

10.2 Vinterisering

10.2.1 Vinterisering av gangbro

Bruk av og godheten av vinterisering vil ha stor innflytelse på tilgjengeligheten. Gangbroens bevegelige deler og hydraulikkkomponenter må kunne tåle de temperaturer de vil kunne bli utsatt for, herunder ekstremtemperaturer.

Videre må gangbroen kunne avises og holdes isfri under operasjon. Som rapporten viser er det ut i fra respons i fartøy og innretning og begrensninger i gangbroen, mulig å gjennomføre operasjonen i signifikant bølgehøyde opp til 4 meter, som de fleste vil oppleve som relativt røff sjø å krysse en bro i. Det vil være opplevd bevegelse i gangbroen, og det er derfor viktig at den holdes isfri for å sikre sikker bevegelse over broen.

Ising gjennom sjøsprøyt eller regn / tåke vil også kunne føre til mekaniske skader på gangbroen.

For dårlig vinterisering vil kunne innebære en betydelig reduksjon i tilgjengelighet på vinteren, og utgjøre en risiko for personellet som skal bruke gangbroen.

10.2.2 Vinterisering av fartøy

Vinterisering av fartøyet vil også virke inn på tilgjengelighet gjennom flere mekanismer. Generelt vil ising være et sikkerhetsproblem for all bevegelse utenfor innredningen om bord, herunder bruk av gangbroen. Vel så viktig er imidlertid at ising vil kunne true stabiliteten til fartøyet.

Ising er en uheldig kombinasjon med de tiltak man gjør for å dempe bølgeresponsen til fartøyet, gjennom bruk av rulledempingstanker. Disse tankene påvirker i utgangspunktet stabiliteten i feil retning og stabiliteten til fartøyet blir mer sårbar for is-akkumulering med disse tankene operative.

I utgangspunktet påvirkes ikke selve personelloverføringen, men fartøyets evne til å operere sikkert totalt sett kan påvirkes og derigjennom tilgjengeligheten.

10.3 Annen fartøytype

I denne er det studien tatt utgangspunkt i et fartøy av skipstype. Man kunne tenke seg et radikalt annerledes fartøy. Et eksempel er et fartøy med søyler og pongtonger i stedet for skipsskrog. I praksis snakker man da om et selvgående fartøy av halvt nedsenkbar «riggtype».

Et slikt fartøy vil i praksis kunne ha bevegelseskarakteristikk som innretningen den skal betjene. Som man ser av Tabell 5-2, så er bevegelsen i landingspunktet på innretningen vesentlig mindre enn fartøyet i samme sjøtilstand.

Det må vurderes om hastighet og drivstofføkonomi for et slikt fartøy er akseptabelt for formålet.

10.4 Aktuell innretning

Innretningen som er valgt har spesielt gode bevegelseskarakteristika i de valgte sjøtilstandene, og generelt i grov sjø. Andre typer flyttbare boreinnretninger kan ha annen respons under valgt sjøtilstand. Som et tenkt eksempel, hvis en annen innretning gir samme respons allerede på $H_s = 3,5$ meter, så reduseres tilgjengelighet i vinterkvartalet fra 82% til 74%.

Man har heller ikke sjekket andre flyttbare boreinnretninger med tanke på hvor landingspunkt realistisk kan plasseres, posisjonen til landingspunktet vil også være av betydning for bevegelsen i dette punktet og hvor tilgjengelig det er for gangbroen.

10.5 Lokasjon

Som diskutert i kapittel 0, så er værdata som er brukt i tilgjengelighetsvurderingene lokasjonsspesifikke. Aktivitet på andre lokasjoner må undersøkes særskilt med tanke på tilgjengelighet.

11 Personelloverføring med kurv

11.1 Generelt

Overføring av personell med kurv fra innretning til fartøy, har vært trukket frem som et mulig alternativ til gangbroløsninger, eller som et supplement i evakueringssituasjoner.

De senere årene har transport av personell med kurv generelt vært lite brukt. Problemstillinger knyttet til bruk av kurv for personelltransport synes imidlertid å dukke opp når det oppstår situasjoner som hindrer helikoptertrafikk. Typiske eksempler er perioder med langvarig tåke og streik, enten blant flyvere eller bakkemannskap. I 2010 var flytrafikken generelt, men også helikoptertrafikken i Nordsjøen (med unntak av redningshelikoptre) innstilt på grunn av usikkerhet knyttet til askeskyer fra et vulkanutbrudd på Island.

Petroleumstilsynet påpekte den gang at det var betydelig usikkerhet knyttet til hvilke krav og retningslinjer som gjelder for bruk av offshorekran og personellkurv til forflytning av personell. Eksempler på områder der det syntes å være behov for klargjøring av operasjonelle kriterier, er:

- Begrensninger knyttet til vær og bølgehøyde
- Involvering av vernetjeneste før man beslutter slike operasjoner
- Involvering av kranførere
- Opplæring og trening i bruk
- Lysforhold / krav om dagslys
- Frivillighet

Det er erfart at det blant flere aktører er betydelig usikkerhet omkring om det i det hele tatt er tillatt med personellbefordring med kurv og hvilke krav som gjelder. En vanlig oppfatning har vært at bruk av kurv kun er tillatt i dagslys/gode lysforhold, noe som vil legge betydelige begrensninger på bruk i arktiske strøk, der det store deler av året ikke er dagslys i det hele tatt.

11.2 Aktuelle systemer for personelloverføring med kurv

De mer tradisjonelle kurvsystemene («Billy Pugh») oppfattes ikke lenger som en akseptabel måte å overføre personell på, blant annet på grunn av for dårlig sikring av personell og manglende flyteevne dersom kurven faller i sjøen.

Frog-XT systemet produseres og markedsføres av Reflex Marine AS. Det nåværende systemet er en videreutvikling av en produktserie som har vært levert til offshoreindustrien siden 1999, også på norsk sokkel i flere år. Den nye typen ivaretar en rekke krav som er relevante for dette formålet:

- Godkjent for personellbefordring
- Godkjent for bruk i arktiske strøk
- Oppdriftselementer holder kurven flytende dersom den faller i sjøen
- Seter med sikringsseler for personellet i kurven

Systemet kan leveres i størrelser fra to passasjerer og opp til ti passasjerer. Felles for alle utgavene er at de kan konfigureres til medisinsk evakuering og da ha kapasitet til en bære og en ledsager.



Figur 11-1 Frog XT. (Bilde brukt etter avtale med Reflex Marine)

11.3 Diskusjon

Man anser bruk av kurv til personelloverføring for å være i beste fall en reserveløsning til overføring med gangbro. Det er flere grunner til dette. Det antas at den opplevde sikkerheten og aksepten blant brukerne vil være lavere for kurv enn for gangbro. Videre vil selve operasjonen ta lengre tid. Maksimalt 10 personer kan overføres per løft og hvert løft vil bruke en del minutter på klargjøring, overføring, sette av passasjerer og klargjøre til nytt løft.

Det har ikke vært sett i detalj på om kurv har et større operasjonsvindu enn gangbrossystemer. Det virker rimelig å anta dette siden man ikke er avhengig av å sammenkoble og har antageligvis noe mer fleksibilitet med tanke på hvor fartøyet kan posisjonere seg.

På den annen side er det som nevnt ovenfor en rekke usikkerheter som råder med tanke på operasjonelle kriterier for bruk av kurv. Ikke minst dersom dette skal være basert på frivillighet, er det vanskelig å tenke seg at dette kan være et primæralternativ for overføring av personell.

Kapasitet på kran (særlig løfte- / lårehastighet) vil også være en usikkerhet, som kommer i tillegg til de usikkerheter man har omkring gangbrooperasjoner.

Gitt disse usikkerhetene er det ikke mulig å slå fast her og nå at kurv har et større operasjonsvindu enn gangbro, alle faktorer tatt i betraktning.

Man kan tenke seg at kurv kan være et beredskapsalternativ i for eksempel følgende situasjoner:

- Dersom det er aktuelt å nedbemanne innretningen, eventuelt enkelte evakueringsscenarier
- Behov for medisinsk evakuering, overføring av pasient til fartøy
- Dersom det er påtrengende å få gjort mannskapsskifte (helt eller delvis) og det ikke lar seg gjøre å etablere gangbroforbindelse

Med tanke på beredskapssituasjoner er det viktig å være bevisst på at ikke alle beredskapssituasjoner (DFUer) er forenlige med kranoperasjoner. Hvorvidt kran er omfattet av nedstengning (ESD), om det er mulig/forsvarlig å ta seg til kranen og gjennomføre kranoperasjoner under den foreliggende nødsituasjonen vil være typiske begrensninger som kan redusere nytteverdien av kurv som evakueringshjelpemiddel.

12 Kranoperasjoner fra fartøy

I dette prosjektet har det blitt gjort en vurdering av muligheten for å utføre kranoperasjoner fra det konseptuelle fartøyet. En flyttbar boreinnretning vil i utgangspunktet ha sine egne kraner og på grunn av mindre bevegelse i innretningen enn i fartøyet, vil det være en fordel å utføre kranoperasjonen fra den enheten som har minst bevegelse.

Fordelen med å ha muligheten for å gjøre kranløft fra et slikt fartøy, er at man kan prosjektere enklere innretninger som hverken har helikopterdekk eller egen kran. Både personelloverføring og overføring av last kan da skje fra samme fartøy.

Problemstillingen er vurdert på et veldig overordnet nivå. Vurderingen er gjort på samme som for gangbroløsninger, ved innhenting av teknisk informasjon fra og diskusjoner med en aktuell leverandør. Det presiseres at på grunn av tid til disposisjon til denne oppgaven, var det ikke anledning til å innhente informasjon fra mer enn en leverandør. Det var heller ikke tid til oppfølgingsdiskusjoner, som kunne ha vært nyttig etter at man hadde startet på å bearbeide informasjonen.

Kraner til bruk på skip og flyttbare/faste innretninger er oftest av to typer:

- Fagverkskraner
- Knekkbomkraner

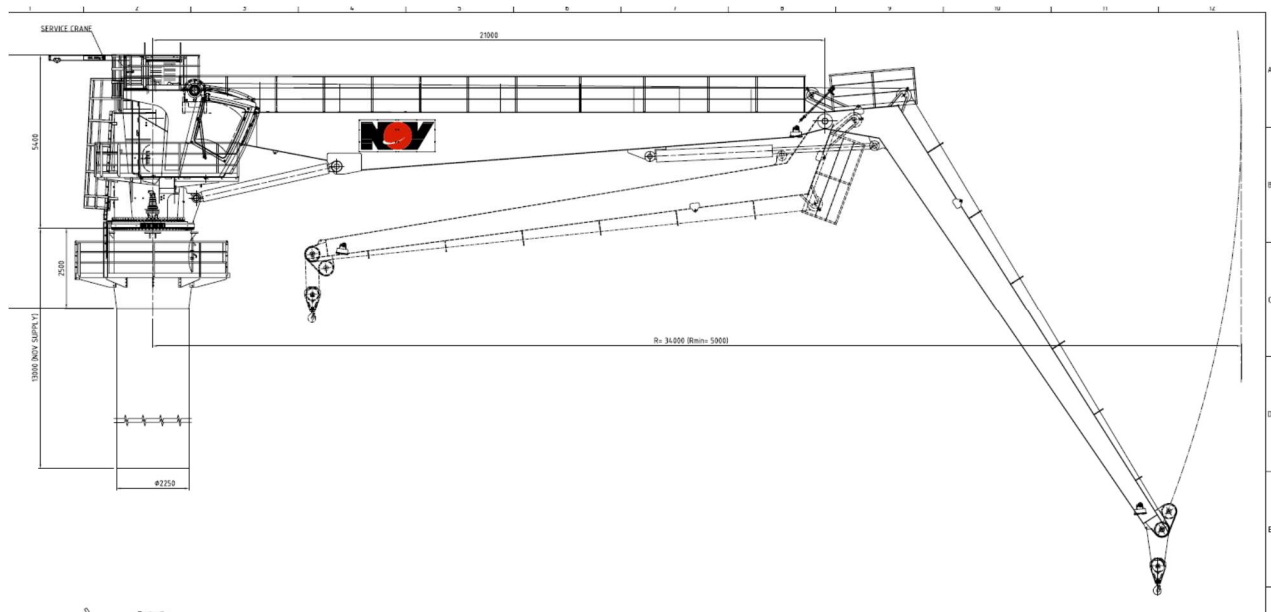
I diskusjoner med leverandør ble det konkludert med at for dette formålet, var knekkbomkraner den mest egnede typen. Fordeler med knekkbomkraner for dette formålet er blant annet at de kan foldes sammen og stuves på en mer arealeffektiv måte og dermed frigjøre plass på fartøyet til last og selvfølgelig til gangbroen. Videre kan man utføre kranoperasjonen med kortere wire enn for fagverkskran, noe som reduserer pendelbevegelsen i lasten.

12.1 Aktuell løsning NOV type Hydralift OC2401K

I samarbeide med NOV Rig Systems, har man sett på en type kran som kan brukes på det konseptuelle fartøyet, i det den tilfredsstiller følgende krav:

- Størrelse i sammenlagt tilstand kan få plass på fartøyet
- Pdestall som kranen er montert på har en diameter som fortsatt gir rom for gangbro og andre behov på fartøyet
- Rekkevidden er slik at den realistisk kan løfte inn på aktuelle innretninger
- Kapasitet er slik at kranen ved aktuell rekkevidde kan løfte for eksempel en konteiner på 10 tonn

Mål og prinsipiell utforming er som vist i Figur 12-1.



Figur 12-1 Hydralift knekkbomkrane. (Tegning brukt etter avtale med NOV Rig Systems)

Diameter på pidestall er 2,25 meter og kranen er 21 meter lang i sammenlagt tilstand. I tillegg er det en sone på omlag 3 meter som er for nært pidestall til at kranen kommer til for løft. Dette arealet tapes da med tanke på plassering av last.

12.2 Diskusjon

Utgangspunktet for dette prosjektet var et fartøy som skulle kunne betjene en flyttbar boreinnretning som opererer utenfor helikopterrekkevidde med personelloverføring og med mulig tilleggsfunksjon av forsyningstjeneste.

Sammenlignet med å bruke innretningens kraner til løfting av last, er det vanskelig å se noen fordeler med å bruke kran montert på fartøyet. Både med tanke på sikt/oversikt i løfteoperasjonen og bevegelse i fartøyet sammenlignet med den flyttbare boreinnretningen, vil denne løsningen komme dårligere ut.

I teknisk informasjon fra leverandøren, er det satt begrensninger på bølgehøyde ved denne type lastoverføring. Disse tilsier at dersom signifikant bølgehøyde blir over 2,0 meter, må kapasitet på kranen begrenses vesentlig. Dette gir da et trangere operasjonsvindu for kranoperasjoner fra fartøyet enn det man er kommet frem til for gangbrooperasjoner.

Imidlertid, dersom man ser utover det som har vært formål med dette prosjektet, så kan man se for seg at et fartøy av denne typen som også kan utføre kranoperasjoner vil kunne ha nytteverdi. Man kan se for seg å da prosjektere for eksempel relativt enkle brønnhodeinnretninger uten egen kran og helikopterdekk, men som man allikevel kan utføre tyngre vedlikehold på. Dersom hver slik brønnhodeinnretning skulle hatt egen kran, ville det fordyret og øket kompleksiteten i løsningen alternativt at det ville begrenset hvilken type tyngre vedlikehold eller brønnintervensjon man kan utføre fra innretningen.

For dette formålet vil det også være lettere å leve med et snevrere operasjonsvindu, fordi det vil som regel la seg gjøre å planlegge operasjonen til tider med gunstige værforhold.

13 Regelverk

I det følgende blir det gitt en oversikt over relevant regelverk som kan få betydning for personelloverføring med gangbro. Fra petroleumsregelverket er det først og fremst innretningsforskriften og aktivitetsforskriften som inneholder relevante bestemmelser. Fartøyet vil kunne følge maritimt regelverk, men dette er ikke drøftet nærmere her. Begrunnelsen for det er at utformingen av fartøyet vil ha mindre innflytelse på selve gangbroløsningen, og det er heller ikke identifisert spesifikke maritime regelverk som fanger opp problemstillinger knyttet til gangbroer av denne type.

13.1 Innretningsforskriften

Overordnede krav om sikker og robust utforming, at enkeltfeil ikke skal føre til total og farlig svikt er tatt inn i innretningsforskriften §§ 4 og 5.

Det kan argumenteres for at denne måten å transportere og overføre personell på er ny teknologi/metode, eller i alle fall eksisterende teknologi brukt på en ny måte. I så fall kan §9 om kvalifisering av ny teknologi komme til anvendelse.

Man kan muligens legge til grunn at en gangbro faller inn under begrepet utstyr for personellbefordring, slik det er brukt i §27. Denne paragrafen viser til NORSOK R-002 som normgivende standard for å oppfylle kravene som fremgår av forskriften.

Spesifikke krav til gangbrotilkomst til offshoreinnretninger er ikke tatt inn i denne forskriften.

13.2 Aktivitetsforskriften

Aktivitetsforskriften §17 krever at personer og forsyning kan transporteres forsvarlig til/fra innretninger og mellom innretninger og fartøy. Utover dette er ikke bestemmelsen konkretisert i veiledning og den har heller ingen henvisninger til normgivende standarder.

Aktivitetsforskriften § 90 om posisjonering stiller krav om opprettholdelse av posisjon, blant annet gjennom at fartøy som utfører bestemte aktiviteter skal ha bestemte krav til utstyr for dynamisk posisjonering uttrykt ved DP klasse. For en nærmere drøfting av dette, se kapittel 7.

13.3 Konklusjon regelverk

Som vist er kravene som per i dag finnes i regelverket, først og fremst overordnede krav til sikker utforming og sikker utførelse av aktivitetene. Per i dag er det ikke spesifikke og eksplisitte krav til utforming av tilkomssystemer til innretningene utover kravene til helikopterdekk.

Rammeforskriften §25 gir bestemmelser omkring Petroleumstilsynets utstedelse av samsvarsuttalelse for enkelte typer av flyttbare innretninger, deriblant boliginnretninger. Siden formålet med et fartøy for personelltransport først og fremst er transport og eventuelle nattkvarter er kun et resultat av lange transporttider, har man noe under tvil lagt til grunn at et slikt fartøy ikke vil komme inn under ordningen med samsvarsuttalelse.

En beslektet problemstilling er om et slikt fartøy brukes som oppholdssted på natt for personell som utfører dagarbeid på en innretning, for eksempel i forbindelse med oppstart eller revisjonsstans. Det kan

da diskuteres om bruken av fartøyet tilsvarende bruken av en boliginnretning, og om det i så tilfelle er uheldig at det er forskjell i krav til samsvarsuttalelse mellom enheter med lik funksjonalitet. Siden et fartøy utformet for personelltransport også vil kunne brukes til dette formålet vil det være uheldig om ulike bruksområder leder til ulike regelverkskrav til fartøyet.

Videre er det et av interesse å vurdere om det er hensiktsmessig at en så vesentlig del av petroleumsvirksomheten kan ende opp med å være unntatt fra nasjonalt tilsyn (ved et utenlandsk flagget fartøy). Til sammenligning er det per nå krav om norsk luftfartsbevis for helikoptertrafikk på norsk sokkel. Dermed vil helikoptertransport være underlagt nasjonale tilsynsmyndigheter.

Imidlertid gir veiledningen til Rammeforskriftens §2 (Virkeområde), føringer for at også virksomhet utført fra fartøy kan reguleres av norsk tilsynsmyndighet dersom det er av betydning for sikkerheten:

Petroleumsvirksomhet til havs

Petroleumslovens virkeområde innebærer blant annet at denne forskriften og forskrifter som er gitt i medhold av den, får anvendelse for all aktivitet i tilknytning til gjennomføring av petroleumsvirksomhet på den norske delen av kontinentalsokkelen, også dersom virksomheten gjennomføres fra fartøy.

Det følger av petroleumsloven § 1-4 at Arbeids- og sosialdepartementet kan fastsette nærmere krav til sikkerheten for den petroleumsvirksomheten som finner sted om bord på fartøy. Denne adgangen er begrenset til å gjelde utstyr og operasjoner som er direkte knyttet til gjennomføringen av petroleumsvirksomheten, og ikke maritime forhold.

(Utdrag fra veiledning til Rammeforskriftens §2)

13.4 Forhold til maskindirektivet og maskinforskriften

Maskiner som skal kun installeres og brukes på fartøy og flyttbare offshoreinnretninger er unntatt fra både EU direktiv 2006/42 (Maskindirektivet) og den norske innføringen av dette direktivet gjennom maskinforskriften. Maskindirektivet er derimot gjort gjeldende for faste produksjonsinnretninger, herunder flytende produksjons- og lagringsskip (FPSO) og halvt nedsenkbare produksjonsinnretninger. Med andre ord er maskindirektivet og forskriften gjeldende for innretninger som er plassert på et felt for feltets levetid, selv om det konseptuelt er mulig å flytte dem til andre felt, jf. innretningsforskriften §80 med tilhørende veiledning.

I utgangspunktet skal gangbrosystemer slik de er tenkt i denne rapporten installeres på fartøy. Det synes da ikke å spille noen rolle om dette fartøyet kommer inn under petroleumsregelverket (jf. SUT ordning) eller ikke, da fartøyet i enhver forstand vil tilfredsstille definisjonen på flyttbar innretning.

For vertsinnetningen må det konstrueres et landingspunkt med tilkomst. Dette landingspunktet vil neppe ha komponenter som gjør at maskindirektivet blir gjeldende. Inntil man bygger ut et felt i arktiske strøk vil også vertsinnetningene altoverveiende være flyttbare innretninger, unntatt fra direktivet.

Det er en triviell observasjon at maskindirektivet per i dag ikke vil være gjeldende for et personelloverføringssystem offshore på grunn av formelle avgrensninger i direktivets virkeområde, som også er videreført i forskriften som innfører direktivet i Norge. Uten disse avgrensningene er det derimot åpenbart at en mekanisk gangbroforbindelse ville falle inn under utstyrskategorier som Maskindirektivet er ment å dekke.

Dermed er det allikevel av interesse å se nærmere på om maskindirektivet gir fornuftige krav og føringer for et slikt system. Som diskutert ovenfor, er personelloverføring med gangbro ikke spesifikt dekket av dagens regelverk, annet enn gjennom overordnede føringer for sikre og robuste løsninger.

Man kan dermed tenke seg at dersom dette skal dekkes mer eksplisitt ved en regelverksoppdatering, kan Maskindirektivet være en norm som regelverket kan henvise til som veiledning for å oppfylle funksjonelle krav.

Maskindirektivet er i seg selv til en viss grad funksjonelt utformet i den forstand at det foreskriver ikke bestemte løsninger på alle områder. På den annen side, så stiller direktivet en del konkrete krav til blant typegodkjenning og typegodkjenning av deler.

13.4.1 Maskindirektivets prinsipper for risikoreduksjon

Annex I i Maskindirektivet beskriver prinsippene for risikoreduksjon for maskineri som omfattes av direktivet:

- Produsent skal sørge for å identifisere farer som kan oppstå gjennom hele livsløpet til maskineriet, herunder sammenstilling, bruk og demontering / kassering.
- Maskineriet må være tilpasset formålet og kunne brukes uten å utsette operatører eller andre for risiko. Dette gjelder så vel forutsatte bruksområder / -måter som misbruk og feiloperering som med rimelighet kan forutsees.
- Produsent skal sette inn tiltak for å så langt som mulig eliminere risiko knyttet til farer gjennom livsløpet til maskineriet, herunder transport, montering, bruk, demontering og kassering.

Prioriteringen av risikoreduserende tiltak skal følge dette hierarkiet:

1. Farer skal i størst mulig grad elimineres ved design, man skal tilstrebe størst mulig grad av innebygget sikkerhet, det vil si at maskineriet skal være sikkert i seg selv uten tillegg av sikkerhetsutstyr.
2. For de farer som ikke kan elimineres gjennom design, skal det installeres sikkerhetsutstyr
3. For de fare som heller ikke kan elimineres gjennom design eller sikkerhetsutstyr, skal det utarbeides prosedyrer/bruksanvisninger, herunder anbefalinger om personlig verneutstyr.

Videre stiller direktivet krav til:

- Ergonomisk utforming
- Arbeidsmiljøkrav:
 - Støy
 - Belysning
 - Logisk utforming av betjening
- Stoppfunksjoner
 - Operasjonelle
 - Nødstop
- Beskyttelse mot at bevegelige deler skal føre til fare for personell
 - Klemfare
 - Ukontrollerte, utilsiktede bevegelser
 - Stabilitet, velting
- Elektrisk sikkerhet, ex-sikkerhet

I sum, så synes det klart at Maskindirektivet ville kunne være nyttig som norm for denne type personelloverføringsystemer. Dersom en slik gangbro ble benyttet på landanlegg eller på en fast innretning, så synes det opplagt at direktivet og den norske implementeringen i Maskinforskriften ville vært gjeldende.

Det kan dermed synes som om unntaket for fartøy og flyttbare innretninger er et formelt unntak for å ikke komme i konflikt med maritime standarder og flaggstatenes bestemmelsesområder.

14 Diskusjon og konklusjon

14.1 Oppsummering

Denne rapporten dekker et vidt spekter av forhold knyttet til bruk av fartøy og gangbro for å overføre personell til boreinnretninger som opererer utenfor rekkevidden til helikoptertransport, primært i arktiske strøk, men også andre værharde strøk utenfor rekkevidde av helikopteret.

Tilnærmingen har derfor nødvendigvis vært tverrfaglig og en rekke metoder har vært brukt for å dekke formålet med rapporten. Dette inkluderer:

- Litteraturgjennomgang
- Analyse av metoceandata
- Konseptutvikling av fartøy
- Simulering av bølgerespons for fartøy og innretning
- Gjennomføring av fareidentifikasjon
- Interne arbeids- / fagmøter
- Diskusjoner med ulike leverandører

En rekke aspekter ved personelltransport med fartøy og overføring med gangbro er diskutert og belyst i denne rapporten. Dette omfatter blant annet:

Tema	Beskrivelse
Fysiske forhold på de aktuelle lokasjonene	Litteratur og datagjennomgang, i hovedsak rapport fra BASEC og NORAN hindcastdatabase
Identifisere og beskrive farer og usikkerheter	Fareidentifikasjon, gjennomført som et internt risikoanalysemøte med deltagere fra relevante fagdisipliner. Gjennomføringen var i tråd med prinsipper etablert i NORSOK Z-013 og ISO 17776 og andre relevante standarder for risikoanalyser. Definisjon og håndtering av usikkerheter er i tråd med ny definisjon av risiko i Petroleumsregelverket.
Egenskaper ved innretning	Det er tatt utgangspunkt i en eksisterende flyttbar boreinnretning av Aker H-6e design. Usikkerheter og sensitiviteter knyttet til bruk av andre innretninger er belyst i rapporten.
Fartøy for personelltransport	Det ble gjort en gjennomgang av eksisterende konsepter. Ingen, med et mulig unntak for et eksisterende hotellskip med gangbro, ble funnet å være i stand til å utføre denne type operasjoner, med nødvendig robusthet og oppetid. Man har derfor utviklet og beskrevet et konseptuelt fartøy og definert bevegelseskarakteristika for dette. RAO for fartøyet er innhentet ved simuleringer av dette fartøydesignet utført ved NTNU avdeling Ålesund.
Gangbroløsninger	Gjennom nettsøk og diskusjoner med aktører i industrien ble 8 leverandører identifisert som hadde gangbroløsninger som var i drift eller under utvikling. Tekniske egenskaper ved gangbroene ble kartlagt gjennom et spørreskjema. Enkelte leverandører ble fulgt opp med videre tekniske klarifiseringer i egne videomøter.
Posisjonerings og referansesystemer	Dette ble kartlagt i hovedsak ved litteraturgjennomgang. Det er gjort en beskrivelse av egenskaper og krav til ulike utstyrsklasser for ulike operasjoner, herunder krav i Petroleumsregelverket og aktuelle standarder. Det er gjort en drøfting av krav til utstyrsklasse opp mot risiko involvert i operasjonen og gitt en begrunnet anbefaling for valg av utstyrsklasse for denne type operasjoner.

Tema	Beskrivelse
Tilgjengelighet	Tilgjengelighet for systemet er vurdert ved å definere en grense for sjøtilstand som man legger til grunn at systemet bestående av fartøy, gangbro og innretning skal kunne gjennomføre personelloverføring innenfor. Denne grensen er definert ved hvor store bevegelser gangbroløsningen operasjonelt kan tåle. Man har så sett på hvilken respons/bevegelse den definert sjøtilstanden gir i det samlede systemet. Dersom man er innenfor operasjonell bevegelse regner man med at operasjonen kan gjennomføres. Tilgjengelighet blir da en funksjon av sannsynligheten for at denne sjøtilstanden overskrides på års- og sesongbasis.
Sensitiviteter	Det er gjort en kvalitativ drøfting av forhold som kan øke eller redusere den estimerte tilgjengeligheten.
Personelloverføring med kurv	Det er gjort en kort drøfting av aspekter ved personelloverføring med kurv.
Kranoperasjoner fra fartøyet	Det er gjort en drøfting av muligheter for å gjøre kranløft fra et fartøy for personelloverføring til en innretning. Drøftingen er gjort ved innhenting av aktuell kraninformasjon og dialog med leverandør.
Regelverk	Regelverkskrav som kan ha betydning for gjennomføring av denne typen operasjoner er drøftet, herunder forholdet til Maskindirektivet.

14.2 Diskusjon

Formålet med studien og denne rapporten var å fremskaffe et kunnskapsgrunnlag for hvilke krav man må stille til fartøy og gangbro for å kunne gjennomføre personelloverføring med fartøy og gangbro med en viss tilgjengelighet.

Tilgjengelighet vil i første rekke være bestemt av følgende forhold:

- Kapasitet til å tåle bevegelse i gangbroen
- Relativ bevegelse mellom fartøy og innretning som gangbroen må kompensere
- Denne relative bevegelsen er igjen styrt av de to enhetenes respons på den aktuelle sjøtilstanden

Et utgangspunkt er dermed å identifisere en gangbro som er egnet for formålet. For at den skal være egnet for formålet må den være:

- Sikker og robust i bruk under de aktuelle forhold
- Vinterisert (se egen diskusjon av dette)
- Tilstrekkelig lang til å nå aktuelt landingspunkt på vertsinnretning (flyttbar boreinnretning)

Det ble gjennomført en kartlegging av tekniske egenskaper og operasjonell erfaring ved ulike gangbroløsninger. I tillegg ble det gjennomført videomøter med enkelte leverandører for å utdype opplysningene som var gitt.

Basert på dette har man tatt utgangspunkt i en eksisterende gangbroløsning. Gangbroløsningen har dimensjoner og karakteristika som beskrevet i Tabell 9-1. Den valgte løsningen har en låsemekanisme som fester seg i et landingspunkt på vertsinnretningen. Gangbroen justerer seg med et glideledd etter bevegelsene. Det vurderes at en slik løsning i større grad oppfyller regelverkets, herunder maskinforskriftens intensjoner om innebygget sikkerhet, sammenlignet med et system som er avhengig av aktive systemer for å holde seg i posisjon.

Ingen av de gangbrosystemene som er sett på eller som er i drift er vinterisert eller designet med tanke på bruk i arktiske strøk. Det er dermed en nøkkelforutsetning for resultatene at man kan oppnå vinterisering med de samme karakteristika og dimensjoner som er lagt til grunn i denne rapporten.

For fartøyet er det i samarbeide med NTNU avdeling Ålesund utviklet et konseptuelt design. Designet er ikke utviklet utover tekniske karakteristika som har vært nødvendige for å utvikle RAO og simulere bølgerespons for fartøyet. Karakteristika for fartøyet er beskrevet i kapittel 6.3.

Som for gangbroen er det kritisk at fartøyet er vinterisert og designet med tanke på operasjon i arktiske strøk. Det er spesielt viktig å unngå / redusere ising som kan gi redusert stabilitet i kombinasjon med rullereduksjonstanker som brukes for å redusere bølgerespons.

Når det gjelder diskusjon om tilgjengelighet, så er det i denne rapporten kun hensyntatt bevegelse som følge av bølgerespons. Det er ikke gjort konkrete vurderinger av om posisjoneringssystem kan holde posisjonen nær inntil innretningen under de forholdene som er vurdert. Operasjonell gjennomførbarhet er derfor heftet med en viss usikkerhet.

Videre må usikkerheter omkring referansesystemer for DP operasjoner avklares spesifikt for hver operasjon. Dette gjelder særlig operasjoner i de nordlige delene av Barentshavet. For operasjonen og referansesystemene må det også gjøres avveininger mellom bruk av relative referanser, som holder de to enhetene i posisjon relativt til hverandre, og den flyttbare boreinnretningens behov for å holde en absolutt posisjon over brønnhodet.

Det er også et viktig poeng at man har lagt sterk vekt på å optimalisere fartøyet for minst mulig bevegelse. En slik optimalisering mot denne egenskapen, har ført til et etter måten stort fartøy, 170 meter langt og med et deplasement på omkring 50 000 tonn. Dette er ikke helt uproblematisk. Kostnaden for et slikt fartøy vil være rimelig høy, noe som tilsier at man nok gjerne vil at fartøyet skal kunne utføre andre oppgaver også for at det skal være en kostnadseffektiv løsning. Videre vil et så stort fartøy som opererer svært nær en boreinnretning eller andre innretninger, ha et betydelig skadepotensiale ved kollisjon med den flyttbare boreinnretningen, uavhengig av årsak eller operasjonstype. Det er et rimelig spørsmål om så sterk optimalisering omkring bølgerespons og dermed tilgjengelighet, har ført til en totalt sett mindre optimal utforming.

Dette må sees i sammenheng med blant annet bevegelseskarakteristika for Fartøy C som er betydelig mindre og har noe større respons på bølger totalt sett. Allikevel tilfredsstiller fartøyet kriteriene som er satt i 9.2, om enn med noe mindre margin. Det kan tyde på at det finnes eksisterende skipstyper som tilfredsstiller kravene til bølgerespons og vil dermed kunne utføre denne type tjeneste, muligens med noe mindre tilgjengelighet enn det Fartøy CL oppnår.

Optimalisering av utforming for å minimere bevegelser har også ledet til bruk av rullereduksjonstanker. Disse vil, alt annet likt, redusere stabilitet i fartøyet, noe som kan være utfordrende i kombinasjon med islaster. Det er rimelig å stille spørsmål ved om dette totalt sett gir en optimal utforming.

For å ha tilgang på bevegelseskarakteristika for en flyttbar boreinnretning som er egnet for formålet, er det i samarbeide med Aker Solutions brukt egenskaper for det eksisterende Aker H6e designet. Dette designet er spesielt utviklet for å ha optimale bevegelsesegenskaper under krevende forhold. Med tanke på resultatene, er det derfor viktig å ta i betraktning at man har brukt en innretning som har spesielt gode egenskaper under de forholdene man har sett på.

Innretningen er allerede designet med tanke på bruk i arktiske strøk, men det må legges til rette for vinterisering av landingspunkt som innretningen ikke er utrustet med i utgangspunktet.

14.3 Konklusjon

Med de forutsetninger, betingelser og egenskaper så har man kommet frem til følgende tilgjengeligheter for de to lokasjonene som er studert.

Tabell 14-1 Sesongtilgjengelighet – Barentshavet, 7347N_3553E

	Sesongtilgjengelighet				
	Årsbasis	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Andel med Hs > 4,0 meter	8,7%	18%	3,9%	0,7%	8,8%
Tilgjengelighet	91,3%	82%	96,1%	99,3%	91,2%

Tabell 14-2 Sesongtilgjengelighet – Norskehavet, 6716N_0517E

	Sesongtilgjengelighet				
	Årsbasis	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Andel med Hs > 4,0 meter	17,3%	36,2%	13,7%	1,3%	18,1%
Tilgjengelighet	82,7%	63,8%	86,3%	98,7%	81,9%

Tilgjengeligheten i Barentshavet på årsbasis er relativt høy. Dette er en følge av en robust gangbroløsning og gode valg når det gjelder egenskapene til fartøy og innretning. Imidlertid er det høy oppetid særlig på vår og sommer som dominerer. Vinterstid (desember til februar), kan nok tilgjengeligheten være utfordrende.

Det kan bemerkes at på grunn restriksjoner på boring i en viss avstand til iskant, så kan det tenkes at det uansett er mindre aktuelt å operere i denne perioden.

For lokasjonen i Norskehavet er tilgjengeligheten så vel på årsbasis som for sesong signifikant lavere, med unntak av sommer, der tilgjengeligheten er sammenlignbar mellom de to lokasjonene.

Man har undersøkt enkelte sensitiviteter. Den mest radikale er om man gikk fra et fartøy av skipstype til et fartøy av «riggtype». Man kan da tenke seg at man kunne få sammenlignbare bevegelseskarakteristika for innretning og fartøy. Dette ville vesentlig øke tilgjengeligheten særlig vinterstid for begge lokasjoner.

Videre er det ennå muligheter for å optimalisere designet av et fartøy av skipstype, særlig med tanke på bruk og antall rullereduksjonstanker.

Dersom man enten ved å redusere bevegelsene fartøy / innretning, greier å få til samme respons ved signifikant bølgehøyde på 5,0 meter som ved 4,0 meter, vil tilgjengeligheten vinterstid øke. Se Tabell 14-3.

Tabell 14-3 Forskjell i tilgjengelighet ved økning av værvindu til Hs = 5,0 meter

Sesong / Område	Hs = 4 meter	Hs = 5 meter
Vinter Barentshavet	82%	91%
Vinter Norskehavet	64%	80%

15 Referanser

BaSEC (2015) Fysisk miljø i Barentshavet sørøst.

DNVGL (2015) Certification of offshore gangways for personnel transfer, DNVGL-ST-0358, Edition December 2015.

Ersdal, G. (Petroleumstilsynet) (2014) Grunnlagsdata for naturforhold i nordområdene - basis for NORSOK N-003. Presentert på Miljødirektoratets og Petroleumstilsynets seminar «Når ulykker truer miljøet i nord», 08.04.2014.

IMCA (2007) Guidelines for the design and operation of dynamically positioned vessels. IMCA M 103, rev. 1.

Kvamme, B.O. (2016) Validation of heat transfer coefficients. Single pipes with different surface treatments and heated deck element. Master's thesis. Universitetet i Stavanger.

Orimolade, A.P., B.R. Furevik, G. Noer, O.T. Gudmestad, and R.M. Samelson (2016) Waves in polar lows, J. Geophys. Res. Oceans, 121, doi:10.1002/ 2016JC012086.

Proactima (2015) ST 6 Alternative personelltransport- og evakueringsløsninger. Forstudie. 1072150-RE-01, rev. 01, 18.12.2015.

EU Direktiv 2006/42EC om maskineri (Maskindirektivet)?

Reistad, M., Breivik, Ø., Haakenstad, H., Aarnes, O.J., Furuvik, B.R. and Bidlot, J.-R. (2011) A high-resolution hindcast of wind and waves for the North Sea, Norwegian Sea, and the Barents Sea, Journal of Geophysical Research, 116, C05019, doi: 10.1029/2010JC006402.

Solberg, K.E., Gudmestad, O.T.; Kvamme, B.O. (2016) SARex Spitzbergen : Search and rescue exercise conducted off North Spitzbergen : Exercise report. Universitetet i Stavanger.

15.1 Annet bakgrunnsmateriale

I det følgende er det presenterte noen lenker som berører temaet for denne studien og som kan være av interesse for leseren:

http://www.aftenbladet.no/meninger/debatt/Helikoptersikkerheten-offshore-kan-neppe-bli-bedre_-pa-tide-a-vurdere-bat-3928433.html

<http://www.tu.no/artikler/industri-ser-pa-mulighetene-for-a-frakte-oljearbeidere-til-nordsjoen-pa-skip/225044>

<http://e24.no/energi/dette-er-de-stoerste-utfordringene-med-oljeutvinning-i-barentshavet/22777222>

http://sysla.no/2016/06/03/oljeenergi/na-kan-du-dra-pa-cruise-til-oljeplattformer_111705/

<http://www.motorship.com/news101/ships-and-shipyards/offshore-crew-transport-gets-larger-and-faster>

http://www.reflexmarine.com/downloads/SPE_Paper_123889_Offshore_Crew_Supply_-_Modern_marine_options_challenge_Helicopters_Rev_02r.pdf

<https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-27277-MS>

<http://articles.maritimepropulsion.com/article/New-Helicopter-Competitive-Offshore-Crew-Boat-1970.aspx>

<http://www.imca-int.com/news/2014/6/25/imca-publishes-revised-guidance-on-the-transfer-of-personnel-to-from-offshore-vessels-and-structures.aspx>

<https://www.pressandjournal.co.uk/fp/business/scotland-business/261634/boat-and-crane-transfers-safer-but-are-they-right-for-the-north-sea/>

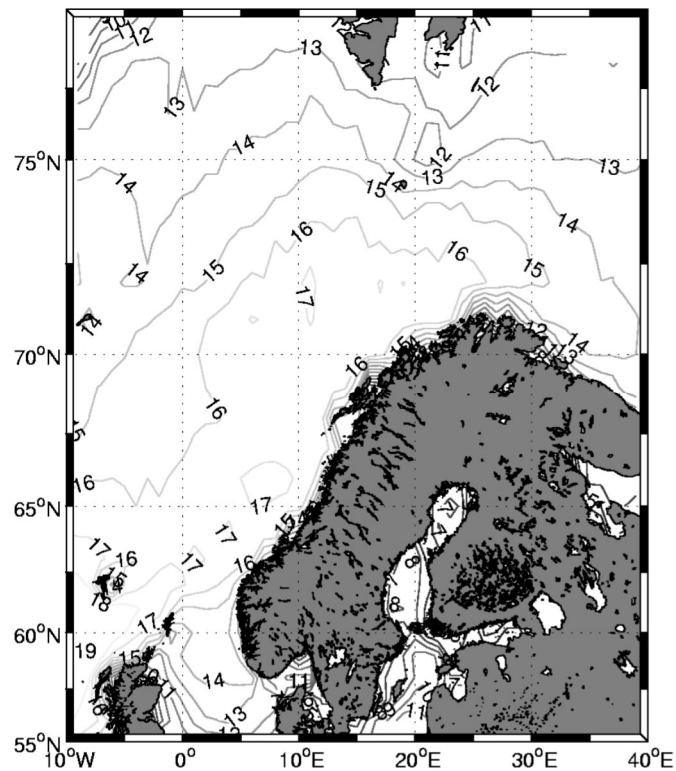
<https://www.linkedin.com/pulse/time-stop-helicopter-crew-changes-offshore-industry-dennis-knox>

<http://blogs.dnvgl.com/oilgas/safety/risks-of-marine-transfer-of-personnel-offshore/>

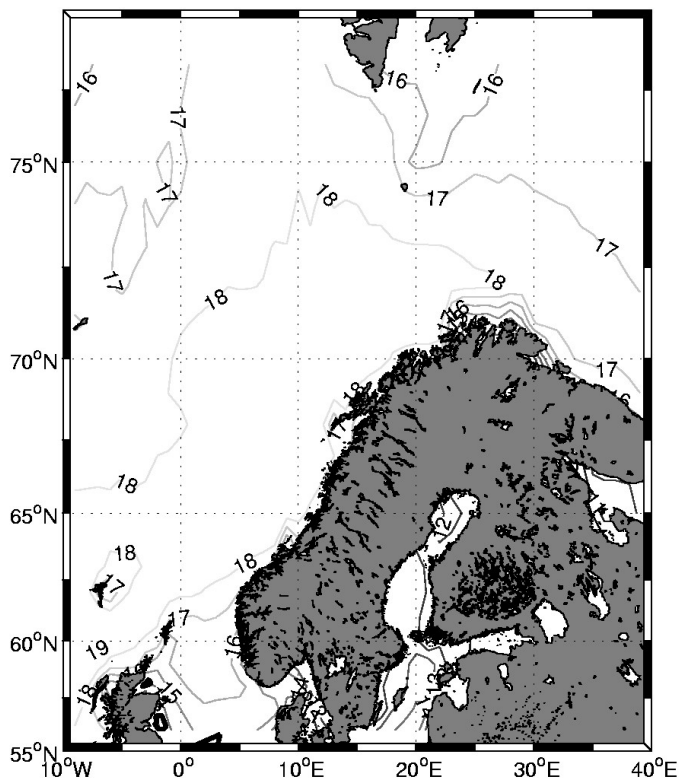
<https://www.dnvgl.com/news/dnv-gl-issues-industry-led-guidance-document-for-walk-to-work-approach-23061>

16 Vedlegg 1 Vær- og bølgeforhold

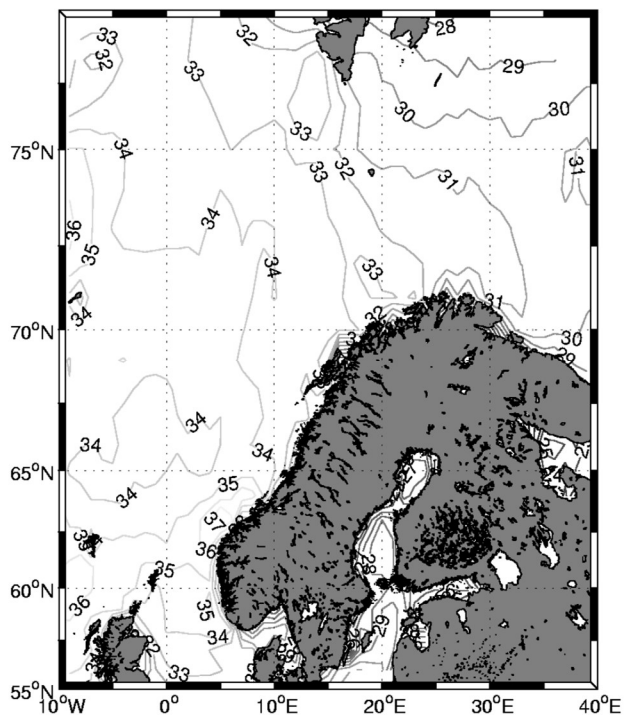
Til denne studien er det gitt tillatelse til å benytte informasjon fra Einar Nygaard, Statoil, som har produsert «miljøkart» for Norsk Sokkel for bruk i standardiseringsarbeid. I dette vedlegget presenteres relevante «miljøkart», brukt etter tillatelse fra Einar Nygård, Statoil.



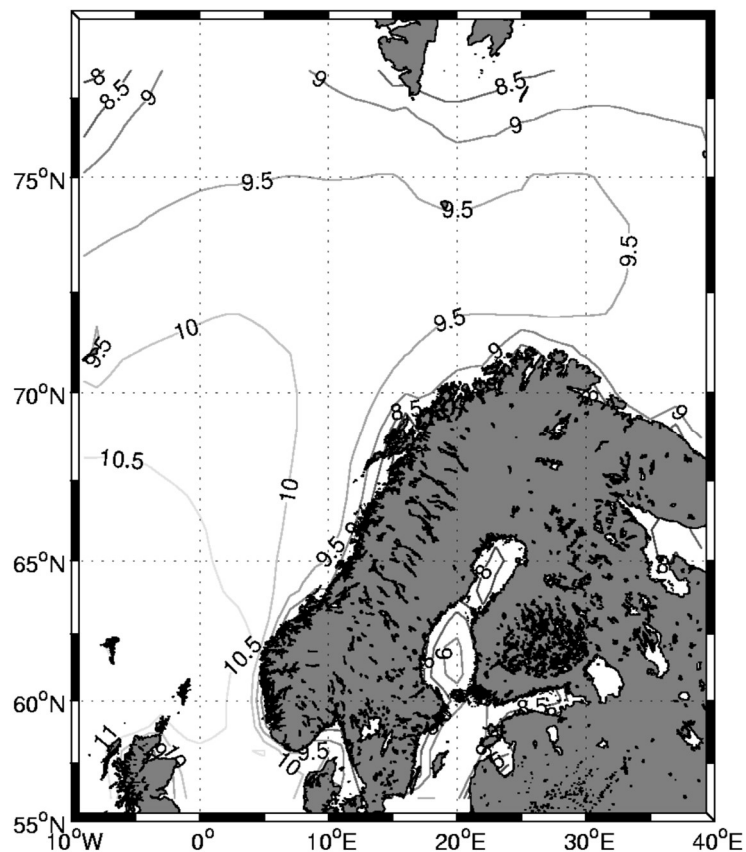
Figur 16-1 Signifikant bølgehøyde basert på NORA10 1958-2011 – konturene reflekterer en årlig sannsynlighet på 10^{-2}



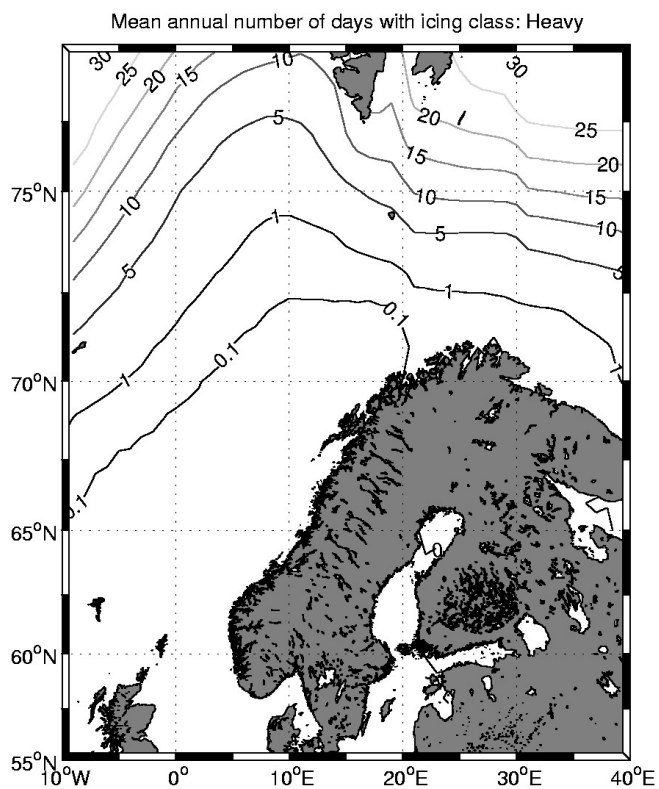
Figur 16-2 Spektral peak periode assosiert med 10^{-2} årlig sannsynlighet Hs



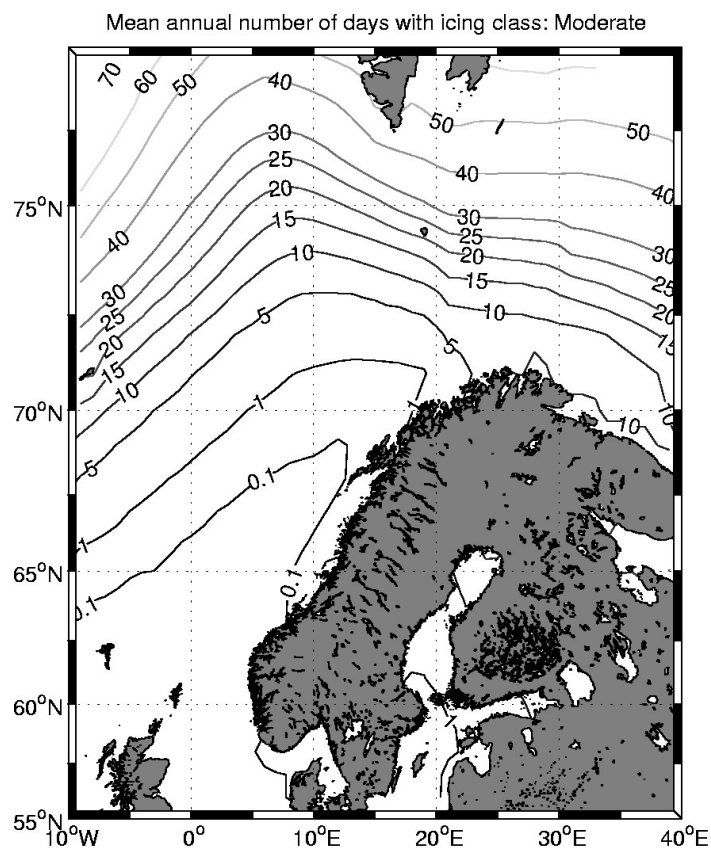
Figur 16-3 1-times ekstrem vindhastighet 10 m over gjennomsnittlig havnivå basert på NORA10 1958-2011 - konturene reflekterer en årlig sannsynlighet på 10^{-2}



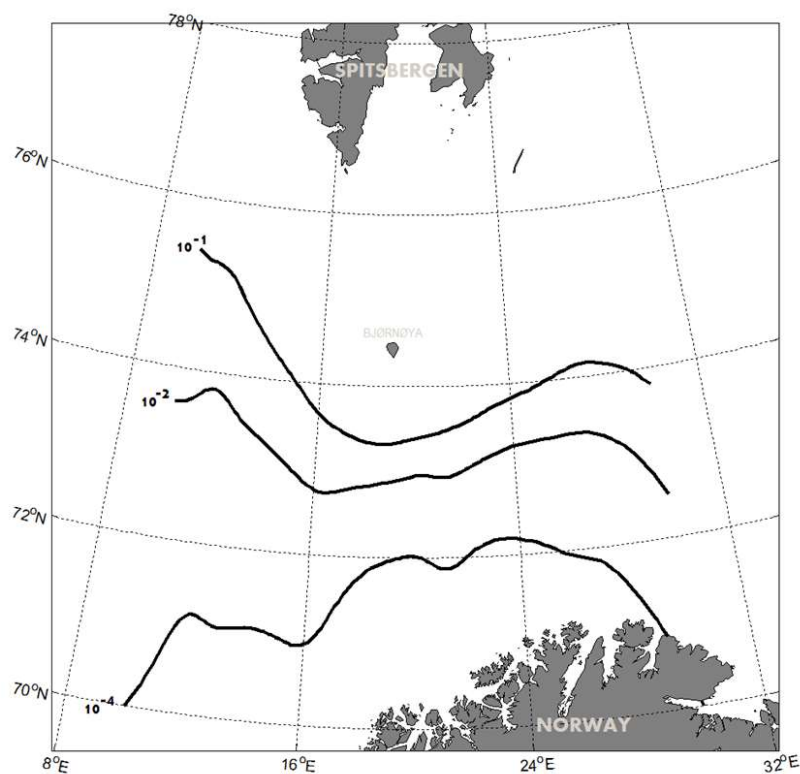
Figur 16-4 Årlig gjennomsnittlig vindhastighet for den norske kontinentalsokkelen basert på NORA10 1958-2011 (100 m over gjennomsnittlig havnivå)



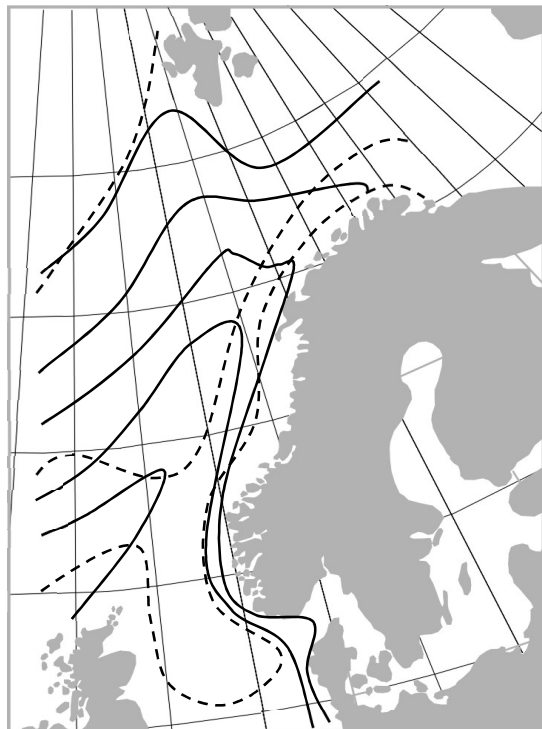
Figur 16-5 Gjennomsnittlig antall dager per år med tung ising (tung ising: 2-4 cm/time)



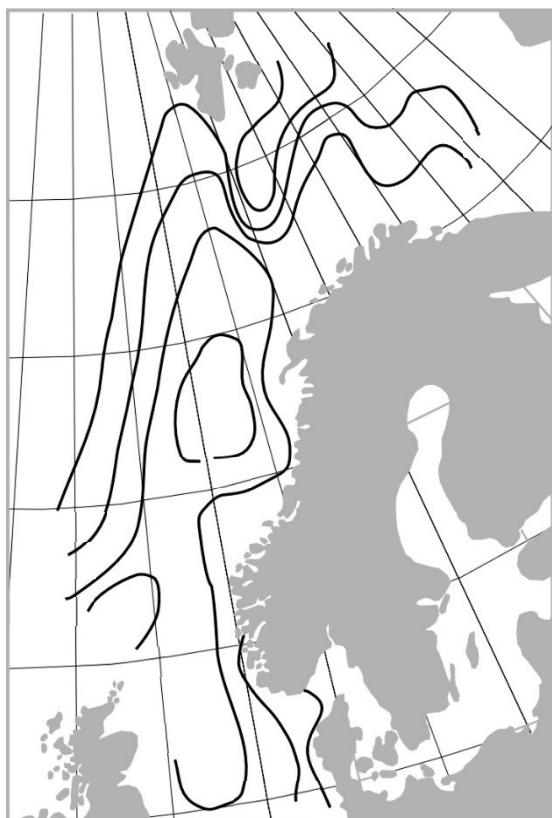
Figur 16-6 Gjennomsnittlig antall dager per år med moderat ising (moderat ising: 0,7-2,0 cm/time)



Figur 16-7 Utstrekning av sjøis i nordøstre del av Norskehavet og vestre del av Barentshavet med en årlig sannsynlighet på of 10^{-1} , 10^{-2} og 10^{-4} . Merk at verdiene kun gjelder for den norske kontinentalsokkelen.



Figur 16-8 Høyeste og laveste lufttemperatur (°C) med en årlig sannsynlighet på 10^{-2}



Figur 16-9 Laveste overflatetemperatur (°C) i sjøen med en årlig sannsynlighet på 10^{-2}

17 Vedlegg 2 Fareidentifikasjon

Den 5. april 2016 ble det gjennomført et arbeidsmøte i prosjektgruppen for på et overordnet nivå å identifisere risiko og usikkerhetsmomenter knyttet til overføring av personell med alternative systemer til helikopter for personelltransport i farvann utenfor helikopterrekkevidde. Gjennomgangen var generisk, det vil si den var ikke spesifikk for et bestemt system eller type.

Fareidentifikasjonen omfattet:

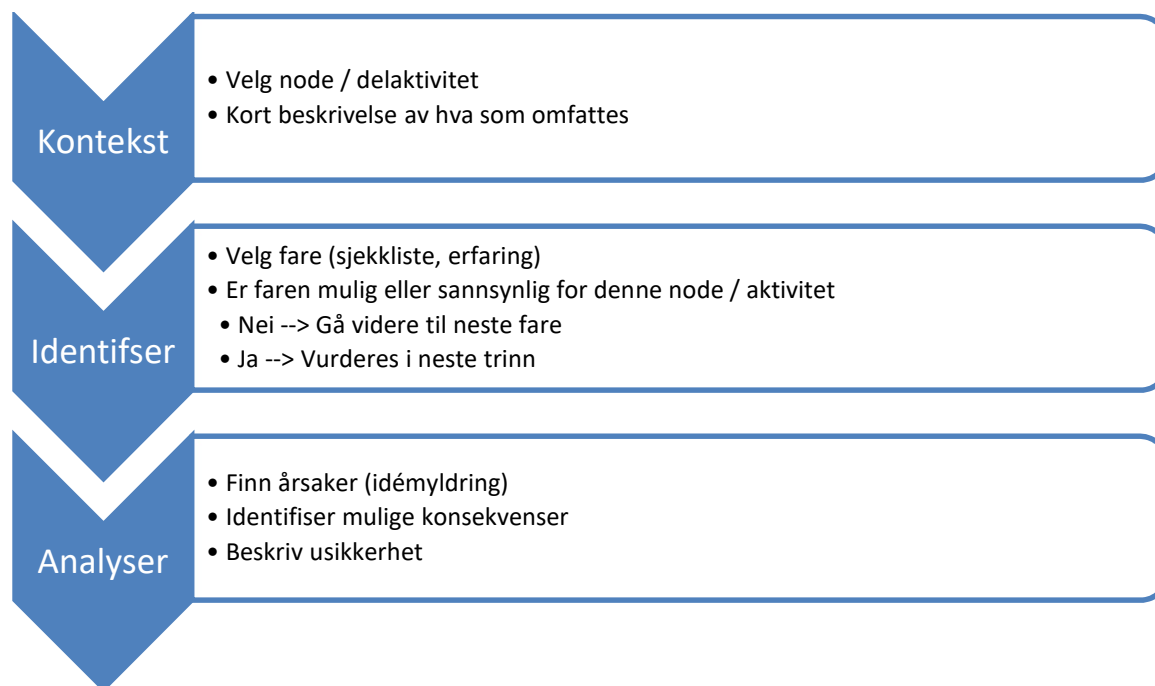
- Transit til innretningen der overføringen skal foregå
- Entring av sikkerhetssone, posisjonering
- Oppkobling av systemet til vertsinnetning
- Overføring av personell til/fra
- Frakobling og forlating av sikkerhetssonen
- Relevante nødsituasjoner på vertsinnetning
- Relevante nødsituasjoner på fartøy

Deltakere i arbeidsmøtet er presentert i Tabell 17-1.

Tabell 17-1 Deltakere på fareidentifikasjon, 5. april 2016

Navn		Selskap
Steven Viddal	Møteleder	Proactima AS
Karianne Haver	Skribent	Proactima AS
Hermann S. Wiencke	Risikostyring, sårbarhet	Proactima AS
Ove T. Gudmestad	Professor maritim konstruksjonsteknikk	Universitetet i Stavanger (UiS)
Nora Haug	Marin arkitekt	Aker Solutions AS (video)
Pål Lindstad	Marin arkitekt	Aker Solutions AS (video)
Asger Stürtzel Sørensen	Kaptein / maritime operasjoner	Esvagt AS (video)
Olav Hauso	Observatør	Petroleumstilsynet
Sigurd Førsund	Observatør	Petroleumstilsynet
Sigurd Robert Jacobsen	Observatør	Petroleumstilsynet

Metoden som ble benyttet i arbeidsmøtet er presentert i Figur 17-1.



Figur 17-1 Metode

Steg 1

Første trinn var å identifisere noder / delaktiviteter. Dette ble gjort på forhånd. For aktiviteter er det normalt og mest hensiktsmessig å følge den naturlige arbeidsflyten / gjennomføringen. For denne fareidentifikasjonen ble inndelingen gitt i Tabell 17-2 benyttet.

Tabell 17-2 Noder / delaktiviteter

Tittel
Generelt
Transit til innretning
Entring av sikkerhetssone
Posisjonering
Oppkobling av system
Overføring av personell til/fra
Frakobling / forlating av sikkerhetssonen
Aktuelle DFUer på innretningen
Aktuelle DFUer på fartøy

Steg 2

I arbeidsmøtet ble det som inngår i den node / delaktivitet som skulle analyseres, presentert.

Steg 3

Vurdere node / delaktivitet opp mot aktuelle farer basert på gruppens erfaringer, industripraksis, sjekklister osv.

Steg 4

Vurdere om faren er realistisk / sannsynlig for den aktuelle node / delaktivitet.

Steg 5

Identifisere mulige årsaker gjennom en idemyldring i gruppen. Prinsipper:

- Det er ingen dårlige ideer
- Ikke diskuter hverandres ideer under idemyldringen
- Ikke diskuter løsninger
- Det må være fremdrift i diskusjonen

Steg 6

Identifisere mulige konsekvenser og tilhørende usikkerhet gjennom diskusjon og vurdering i gruppen. For denne fareidentifikasjonen ble risiko beskrevet kvalitativt som konsekvenser av de ulike farene med tilhørende usikkerhet. Fremgangsmåten og forståelsen av risiko er i tråd med ISO 31000 og Petroleumstilsynets oppdaterte definisjon av risiko.

Resultatet av fareidentifikasjonen er presentert i Tabell 17-3.

Tabell 17-3 Analyselogg

ID	Node	Fare / hendelse	Beskrivelse	Årsaker	Konsekvenser	Usikkerhet	Kommentar
1	Transit til innretning	Hendelse på fartøy med behov for evakuering	I Barentshavet sørøst (og også langt vest i Norskehavet) kan det være lang transittid. Et fartøy i dagens marked vil typisk ha en servicefart på 12 knop. Disse er ikke bygget for å optimalisere fart, men for å optimalisere bevegelsesforhold. Man kan tenke seg et fartøy med servicefart på 16-18 knop og med en toppfart på 22 knop. Dette vil gi en transittid på 18-20 timer i dårlig vær. Dette vil imidlertid sette andre krav til fartøyet for å ivareta komfort. En akuttmedisinsk hendelse kan gi behov for evakuering av enkeltperson(er), mens brann og andre hendelser kan gi behov for evakuering av hele fartøyet. Det kan være utfordringer med evakuering langt fra land.	Polare lavtrykk (10 timers varsel) Dårlig vær, spesielt på returen Rask endring av værforhold Nedising Akuttmedisinsk hendelse Brann	Forverret utfall av skade / sykdom pga. lang transporttid i kombinasjon med dårligere mulighet for evakuering	Hastighet på fartøy Værforhold og endring i disse Beredskapskrav, både til fartøyet (helidekk, heisepunkt, sykepleier) og til andre ressurser	
2	Transit til innretning	Sjøsyeke blant personell om bord	Offshorepersonell er ikke sjøvante og kan bli sjøsyeke under transporten. Dette kan medføre at offshorepersonell ikke er arbeidsføre når de kommer til innretningen. Lang transittid muliggjør at offshorepersonell kan sove under transit og bli mindre sjøsyeke.	Dårlig vær Fartøy med dårlig komfort for å oppnå hastighet Offshorepersonell er ikke sjøvante	Operasjonelle utfordringer knyttet til at offshorepersonell som kommer ut til innretningen ikke er klar for å arbeide Behov for medisinsk behandling	Fartøystørrelse Komfort til fartøy Rotasjonsstrategi (antall personer som skiftes ut per transport) Beredskapskrav til fartøyet	Prosedyrer - ikke gå fra land hvis ikke overføring er gjennomførbart i varslet vær
3	Entring av sikkerhets-sone	-	Ingen spesielle forhold identifisert.	-	-	-	Det finnes etablerte prosedyrer (værwindu, bemanning, oppstart av maskineri) Fartøy antas å være i DP modus før entring av sikkerhetssone

Petroleumstilsynet

ST6 Alternative personelltransport- og evakueringsløsninger, Hovedstudie

ID	Node	Fare / hendelse	Beskrivelse	Årsaker	Konsekvenser	Usikkerhet	Kommentar
4	Posisjonering	DP feil på fartøyet før / etter overføring	Fartøyet er i DP modus, men feil kan inntreffe: - DP2 - kan håndtere enkeltfeil - DP3 - kan håndtere enkeltfeil, men definisjonen av feil er bredere (inkluderer brann og oversvømmelse i en del av maskinrommet) Innretningen er typisk designet for å kunne motstå kollisjon med et standard forsyningsfartøy, men er ikke designet for å kunne motstå en kollisjon med et større fartøy	Dårlige referansesystemer Dårlig vær (eks. kraftig snøfall) Feil på DP system Mangelfull DP kompetanse / bemanning	Sammenstøt med innretningen som kan medføre strukturelle skader på både innretningen og fartøyet	Fartøystørrelse DP krav til fartøyet DP bemanning og kompetanse	Erfaring fra boreoperasjoner i nord er at en trenger 7-9 referansesystemer for til enhver tid å opprettholde 3 referansesystemer
5	Posisjonering	Ikke mulig for fartøyet å ligge med optimal retning	Fartøyet mulighet til å ligge med optimal retning relativt innretningen for å gjennomføre personelloverføring avhenger blant annet av: - Mulige landingspunkter på innretning - Retning på innretning - Vær- og bølgeforhold - Fleksibilitet i vinkel mellom gangbrossystemet og retning på fartøy På dagens innretninger vil det antakeligvis være mulig å innføre to landingspunkter på innretningen, en på styrbord og en på babord side. Retningen på innretning avhenger av om den er oppankret (ikke så fleksibel) eller ligger på DP. Innretningen må imidlertid holde en absolutt posisjon under boreoperasjon. Dette må fartøyet forholde seg til ved personelloverføring i en slik situasjon. Det er varierende værforhold og værforholdene kan endres raskt. Det vil være behov for referansesystemer for hvert landingspunkt.	Varierende værforhold Antall og lokalisering av landingspunkter på innretningen Fleksibilitet i vinkel mellom gangbro-systemet og retning på fartøy Fleksibilitet i retning på innretningen	Gangbrossystem utilgjengelig for personelloverføring	Landingspunkter på innretning Innretningens retning Lokalisering av gangbrossystemet på fartøyet (akter, midtskip) Vinkel mellom gangbrossystemet og retning på fartøy	Det antas at det ikke vil gjennomføres kranoperasjon samtidig med personelloverføring

ID	Node	Fare / hendelse	Beskrivelse	Årsaker	Konsekvenser	Usikkerhet	Kommentar
6	Posisjonering	Interferens eller andre utfordringer mellom to systemer på DP	Det kan oppstå interferens eller andre utfordringer mellom to systemer på DP. Det må være relative referansesystemer mellom de to DP systemene. Innretningen må imidlertid holde / ligge på en absolutt referanse under boreoperasjon. Dette må fartøyet forholde seg til ved personelloverføring i en slik situasjon. Kreftene fra gangbroen som fartøyet utover mot innretningen (< 1 tonn) er ikke et problem.	Dårlige referanse-systemer	Øker muligheten for en drive-off for både innretningen og fartøyet	Referansesystemer	
7	Posisjonering	Ikke mulig for fartøyet å posisjonere seg relativt innretningen grunnet tåke	I Barentshavet er det generelt mye tåke, spesielt i sommerhalvåret. Fartøyets posisjonering inntil innretningen påvirkes imidlertid ikke av tåke.	Tåke	Ingen negative konsekvenser for posisjonering av fartøyet		
8	Oppkobling av system	DP feil på fartøyet ved oppkobling av system	Dersom fartøyet får en feil og kjører / drifter vekk fra innretningen, vil personell klargjort for overføring returnere til fartøyet. Dersom fartøyet kjører / drifter mot innretningen, vil personell klargjort for overføring ikke ha mulighet til å rømme og vil være eksponert for et mulig sammenstøt.		Sammenstøt med innretningen der personell klargjort for overføring er eksponert	Skjermingsmuligheter for personell klargjort for overføring	
9	Overføring av personell til / fra	DP feil på fartøyet under overføring	Dersom fartøyet får en feil og kjører / drifter vekk fra innretningen, vil personell på gangbroen returnere til fartøyet. Dersom fartøyet kjører / drifter mot innretningen, vil personell på gangbroen ikke ha mulighet til å rømme og vil være eksponert for et mulig sammenstøt. Kun en og en person oppholder seg på gangbroen.		Sammenstøt med innretningen der personell på gangbroen er eksponert	Skjermingsmuligheter for personell klargjort for overføring	

ID	Node	Fare / hendelse	Beskrivelse	Årsaker	Konsekvenser	Usikkerhet	Kommentar
10	Overføring av personell til / fra	Værforhold som ikke tillater gjennomføring av personelloverføring	Oppkobling av enkelte system tar veldig kort tid, mindre enn 2 min, fra fartøyet er i posisjon. Selve overføringen kan typisk ta ca. 15 sekund per person. For enkelte systemer er det en begrensning på antall personer som kan overføres per gang i form av plasskapasitet på gangbrossystemets plattform og ved overføring av mange personer må systemet frakobles for å klargjøre en ny omgang med personer som skal overføres. For andre systemer er det trapp ned på dekk slik at gangbrossystemet ikke trenger å koble seg fra for å få personell opp fra / ned til dekk. Det må være et værvindu som tillater gjennomføring av operasjonen (fra sikkerhetssone og inn til innretningen, oppkobling, overføring av personell og frem til fartøyet er utenfor sikkerhetssonen igjen). Wærvindu er typisk 2 x beregnet operasjonstid. For visse system kan det typisk være behov for et værvindu på 3 timer. Ifm. helikopterlanding på flytende innretning er det krav om at bevegelsene må være innenfor akseptable kriterier i minimum 20 minutter før overføring skjer.	Rask endring i værforhold	Gangbrossystem utilgjengelig for personelloverføring	Operasjonelle begrensninger for operasjonen (wærvindu) Rotasjonsstrategi (antall personer som skiftes ut per transport) Design av fartøy / gangbrossystem	Det kan være aktuelt med samarbeid mellom flere operatører ved gjennomføring av samtidige operasjoner. Dette kan stille andre krav til kapasitet.
11	Overføring av personell til / fra	Personskade under overføring	Personskader kan oppstå under overføring pga. 'slips, trips and falls'. Dette kan skyldes bratt helning på gangbrossystemet, eventuelt i kombinasjon av ising av gangbrossystemet og generelt dårlig værforhold.	Helning på gangbro Ising Dårlig vær	Personskade	Landingspunkt på innretning (høyde) Vinterisering av fartøyet og gangbrossystemet Operasjonelle begrensninger for operasjonen (mørke, værforhold)	Det antas at bagasje overføres med kran

Petroleumstilsynet

ST6 Alternative personelltransport- og evakueringsløsninger, Hovedstudie

ID	Node	Fare / hendelse	Beskrivelse	Årsaker	Konsekvenser	Usikkerhet	Kommentar
12	Overføring av personell til / fra	Person i sjø under overføring	Det er en fare for at personell kan falle i sjøen under overføring. Mulighet for redning av personell i sjø avhenger av hvilke krav som settes til MOB-båt beredskap.	Svikt i gangbro-systemet Drive-off / drift-off Ising Dårlig vær	Dødsfall	MOB-båt beredskap DP-krav Vinterisering av fartøyet og gangbro-systemet (hydraulikkvæske, dren, gangbro fri for is osv.) Operasjonelle begrensninger for operasjonen (mørke, værforhold)	
13	Overføring av personell til / fra	Gangbro-system ikke tilgjengelig for personell-overføring ved behov	Selve systemet kan muligens ikke opereres i de lave temperaturer som kan oppstå i Barentshavet, eller kan ikke opereres pga. ising. Også drencsystemet kan være igjenfrosset.	Lave temperaturer Ising	Gangbro-system utilgjengelig for personelloverføring	Vinterisering av fartøyet og gangbro-systemet (hydraulikkvæske, dren, gangbro fri for is osv.)	
14	Overføring av personell til / fra	Nedising av fartøy	Fartøyet kan få stabilitetsproblemer ved kraftig nedising. Dette kan motvirkes både ved skipsdesign, vinterisering av fartøyet, samt prosedyrer for å unngå ising under transport.	Ising	Gangbro-system utilgjengelig for personelloverføring	Skipsdesign (unngå ising) Vinterisering av fartøyet Prosedyrer for å unngå ising under transport	
15	Frakobling / forlating av sikkerhets-sonen	Problemer med frakobling av gangbro-system	Enkelte gangbro-systemer kobles fast til innretningen og det kan oppstå problemer ved frakobling. Ising kan utgjøre en fare for at gangbroen fryses fast til innretningen. Sammenkoblingstiden er imidlertid kort. Fleksibilitet i nødprosedyren og innretning på fartøyet som muliggjør at gangbroen kan svinges begge veier i en nødsituasjon.	Ising	Skade på gangbro-systemet / innretningen Fallende gjenstand i sjø Gangbro-system utilgjengelig for personelloverføring	Design av gangbro-systemet (landingsanordning, weak-link, svingradius / -retning) Vinterisering av landingspunkt Vinterisering av gangbro-systemet Nødprosedyre	

Petroleumstilsynet

ST6 Alternative personelltransport- og evakueringsløsninger, Hovedstudie

ID	Node	Fare / hendelse	Beskrivelse	Årsaker	Konsekvenser	Usikkerhet	Kommentar
16	Aktuelle DFUer på innretningen	Hendelse på innretningen med behov for evakuering	Fartøyet vil kunne brukes til evakuering fra innretningen ved behov dersom fartøyet er tilstede.		Fartøyet kan være et supplement til den ordinære beredskapen når fartøyet er til stede	Landingspunkter på innretningen	
17	Aktuelle DFUer på fartøyet	-	-	-	-	-	Det kan være aktuelt med andre egenskaper ved fartøyet for å muliggjøre andre operasjoner / bruksmuligheter, eksempelvis lastekapasitet, kran for overføring av last.
18	Generelt	Farer introdusert av gangbro-systemet	Det kan inntreffe feilmodi på gangbrosystemet (eks. fastlåsing av sylindere) som kan utgjøre en fare for både personell og materiell i de ulike fasene av personelloverføringen. Det må vurderes hvilke farer dette kan medføre i de ulike fasene.		Personskade Skade på gangbrosystemet / innretningen Gangbrosystem utilgjengelig for personelloverføring	Egenartede farer introdusert av den tekniske løsningen Sertifisering av systemet	

18 Vedlegg 3 Diskusjon av funksjonskrav

Tema	Krav til fartøyet	Løsning
Motorkraft	Hastighet må være slik at fartøyet når raskt ut på feltet. Avstanden fra land (for eksempel Berlevåg som har god flyplass med lite nedetid) og ut til blokk 7335 i Barentshavet er for eksempel 217 nautiske mil.	Anslått maksimalhastighet på 20 knop foreslås. Fartøyet vil i transitt operere i et hastighetsområde hvor bulbdesign vil ha stor innflytelse på motstand og effektbehov. Sterke motorer som gir tilstrekkelig fart forutsettes. Effekten må fordeles over redundante systemer. Når fartøyet ikke benyttes for personelltransport, kan farten tilpasses drivstofforbruk og krav til seilingstid. Ved en reduksjon til 16 knop, vil krav til kraftbehov for motorene halveres.
	Motorene og posisjoneringssystemet skal ha god redundans, spesielt når fartøyet skal gå inn til flyttbar boreinnretning eller fast innretning.	Det stilles krav til DP2 for motorrom og DP løsning. Vi må ha to propeller og framdriftsmaskineriet bør deles på to adskilte rom. Hermed oppnås stor grad av redundans. Hvert motorrom bør ha eget vanninntak for å hindre at inntak av kjølevann blokkeres.
	Sikkerhetssystemer skal være utformet slik at fartøyet kan gå innenfor sikkerhetssonen for innretningen.	Det stilles krav til DP2 for det dynamiske posisjoneringssystemet og uavhengige motorrom. DP3 krav vurderes om kostnadsøkningen er akseptabel. Dette sikrer enda mer redundans i driften. For bruk av DP bør direkte kontakt mellom fartøy og flyttbar boreinnretning unngås siden DP systemer fungerer dårlig ved laster som ligner støtlaster.
	Fartøyet skal avgi mist mulig eksos (CO ₂ og NO _x).	Kombinert LNG og dieselmotor sikrer lave utslipp og god redundans. Denne løsningen kan kombineres med batteripakker for å ta toppbelastninger.
	Fartøyet skal være maksimalt manøvrerbart.	Fartøyet skal ha to hoved propeller. Det ansees ikke nødvendig med azipod propeller som hoved propeller. For de to hoved-propellene bør fartøyet ha høyeffektive ror. Trustere i baugen installeres. Plassering av de to tunnel-trusterne i baugen må optimaliseres i forhold til å minske effekttap i bølger. Det bør også installeres nedsenkbar roterbar thruster i baugen.

Tema	Krav til fartøyet	Løsning
Skrog	Det forutsettes ikke at skroget skal være prosjektert for is men fartøyet kan møte på isflak. Skroget må være forsterket i de områdene der interaksjon med innretning kan finne sted.	Skroget er forsterket i utsatte områder og har laveste isbryter klasse.
Fartøyet bevegelser	Rullebevegelser skal minimaliseres.	For transitt har ut-fellbare rulledempingsfinner god effekt ved høye hastigheter. Rulledempingstanker (vi foreslår at inntil 3 slike tanker installeres) er gunstige ved lavhastighetsoperasjoner. Disse må tunes i forhold sjøtilstand og aktuell operasjon som skal gjennomføres. De bør installeres høyt oppe i fartøyet sli at de bidrar med mest mulig antirulle moment. Slike tanker vil redusere stabiliteten av fartøyet og det kreves god kompetanse for å operere rulledempningstanker.
	Fartøyet skal ha fart på inntil 20 knop slik at tidsbruken ut til feltet blir rimelig. Dette betyr en fart i bølger på 17 til 18 knop. Ved operasjoner som ikke er tidskritiske kan normalfart være omtrent 15 knop.	Baugen må ikke være alt for stor for det vil hindre framdriften. Linjer i for- og akterskip må optimaliseres for redusere ufrivillig fartstap mest mulig.
	Fartøyet skal ha minimale stampebevegelser.	Minimale stampebevegelse oppnås ved at det benyttes relativt stor baug løsning over bulb-baugen. Det kan vurderes å installere stampedempningsanker som vil fungere på samme måte som rulledempningstanker. Merk at disse blir relativt store og vil ta heller stor plass men stampebevegelsene vil kunne reduseres.
	Hiv bevegelser må være minimale i de sjøtilstandene der personell overføring skal foretas.	Fartøyet responskarakteristikker ved lav hastighet og kvalitet på DP systemet bestemmer mulighetene for overgang mellom fartøyet og flyttbar boreinnretning. Hiv, rull og stampe- bevegelsene minimaliseres for bølgeperioder mellom 5 og 10 sek. Dette oppnås mellom annet ved baugløsning, rulletanker og slingre kjøler og en størrelse på skroget på ca. l x b på (100 -) 120m x (20 -) 25m.

Tema	Krav til fartøyet	Løsning
	Ved personelloverføring må jaging, svai og giring minimaliseres. Kontakt mellom fartøy og innretning/ plattform skal ikke føre til synlige skader.	Jaging, svai og giring skal minimaliseres ved bruk av et følsomt DP anlegg. Fartøyets horisontalposisjon og heading vil være kritisk og bestemmes av egenskapene til DP systemet. Det benyttes fendere slik at fartøyet sin kontakt med rig eller plattform ikke fører til bulker i noen av konstruksjonene.
Hensyn til personell	Det skal være komfortabelt å reise med fartøyet.	Fartøyets bevegelser må minimaliseres ved at stamping, hiv og rullebevegelser minimaliseres. Fartstap kan bli betydelig i forhold til å oppnå nødvendig passasjerkomfort under transitt.
	Kapasiteten må være stor nok til å sikre at 1/3 av mannskapet på 2 flyttbare boreinnretninger kan transporteres samtidig.	Mannskapsutskiftningen ansås til 40 med 45 som øvre grense. I tillegg kommer mannskapet på fartøyet på 14- 15 personer. Skal det skiftes ut mannskap fra 2 flyttbare boreinnretninger, blir kapasitetsbehovet bort mot 110 personer. Blir antallet over 60, klassifiseres fartøyet som passasjerskip. Det forutsettes at passasjerene kan oppholde seg i kabiner for å få sove. Det er spesielt viktig i tilfelle forsinkelser.
	Messe og rom for opphold plasseres midtskips så langt det er mulig.	Ved plassering av kvarter midtskips blir bevegelsene for passasjerene minst men ledig dekksplass redusert.
	Fartøyet skal ha tilstrekkelig redningsutstyr.	Fartøyet må være utstyrt med redningsutstyr for alle om bord, inkludert tilstrekkelig livbåtkapasitet. Det forutsettes at fartøyet har helikopterdekk. Det forutsettes også mann over bord båt. Livbåt og mann over bord båt må plasseres i lukkede områder siden ising kan påregnes. Krav til redningsutstyr, plassering av livbåter mm, avhenger av fartøyslengde/type og operasjonsområde, se "Forskrift om redningsredskaper på skip" for mer informasjon (https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-01-1019/KAPITTEL_1#KAPITTEL_1). I tillegg kommer eventuelle tilleggskrav beskrevet i IMOs Polarkode.

Tema	Krav til fartøyet	Løsning
	Vintersering er nødvendig for å sikre at fallulykker unngås.	Vinterisering sikres ved at vitale deler har varmekabler. Dører forutsettes dimensjonert slik at de holdes åpne. Stim benyttes om/ når nødvendig. Det er viktig at dren kan holdes åpne. Helikopterdekket må kunne holdes isfritt
	Gangbroen skal ha minimale bevegelser ved personelloverføring.	Skipets bevegelser minimaliseres, det er viktig med reduksjon av stampe- og rulle-bevegelser. Hydraulisk støtte for gangbroen plasseres slik at personell kan gå direkte fra kvarter over på gangbroen. Vi kan tenke oss at gangbroen avsluttes mot fendere plassert på en horisontalt rampe nær en åpning i skroget på den flyttbare boreinnretningen. Det forutsettes at vanntette dører installeres i tilfelle slike åpninger aksepteres.
Flerbruksfartøy	Fartøyet må også kunne bringe med last, slik som containere til boligkvarter på den flyttbare boreinnretningen eller diverse utstyr for boreoperasjoner.	Stor dekksplass sikrer god utnyttelse av fartøyet

19 Vedlegg 4 Konseptstudie

I denne case studien er bevegelseskarakteristikken til noen ulike fartøystørrelser vurdert. Fartøyene er basert på en tradisjonell Offshore Support Vessel (OSV), og bare størrelsen er skalert for å gi inntrykk av hva dette vil bety for bevegelseskarakteristikken.

Tre fartøy er vurdert:

- Fartøy A og Fartøy C representerer minimumsløsninger for oppgaven med personelloverføring om de skal kunne ha rimelig oppetid under ugunstige værforhold. Det vurderes at Fartøy C er en mer gunstig løsning enn Fartøy A på grunn av at Fartøy C er betydelig bredere og dermed har bedre stabilitetsegenskaper.
- Et alternativ til Fartøy C er fartøyet benevnt Fartøy CL som er betydelig lengre og som dermed har betydelig bedre bevegelseskarakteristikk. Skal fartøyet kunne operere under relativt harde bølgeforhold bør Fartøy CL vurderes.

Følgende forkortelser er benyttet:

B Fartøyets bredde

Cb Fartøyets blokkoeffisient (Forholdet mellom volumet av et skipsskrog under vannet og volumet av en rektangulær blokk med samme lengde, bredde og dybde. Blokkoeffisienten

	varierer fra ca. 0,5 for slanke hurtige skip, til ca. 0,85 for butte, lekterlignende fartøyer (ref. Store norske leksikon))
DWL	Design Waterline (Referanse til plassering av vannlinje ved normale operasjonelle forhold)
GM	Initiell metasenterhøyde (Angivelse for stabilitet av fartøyet ved små krengevinkler, $GM=KM-VCG$)
KM	Mål for stabilitet av skip; avstanden fra kjølen til metasenteret
Lpp	Fartøyets lengde mellom perpendicularene (Akre perpendicular er en linje gjennom skipets rorstamme, mens forre perpendicular er en linje gjennom konstruksjonsvannlinjens forreste punkt)
RAO	Response amplitude operator (Responsen av fartøyet i bølger med amplitude 1 meter og gitt bølgeperiode)
RRT	Roll reduction tank (rullledempingstanker)
T	Fartøyets dypgang
Tp	Bølgeperiode (Topperiode i bølgespekteret)
VCG	Vertical center of gravity (Avstand fra kjølen til tyngdepunktet for fartøyet)
WLn	Water line change number n (Karakteristika for fartøyet i tilfelle forandring av vannlinjens plassering)

Definisjon av fartøy

Fartøy A

$L_{pp} = 120$ m, $B = 21$ m

Tre lastekondisjoner er vurdert:

DWL: $T = 5$ m, Deplasement: 9.797 t, $GM = 4,65$ m, $C_B = 0,76$, $VCG = 6,0$ m

WL1: $T = 6$ m, Deplasement: 12.225 t, $GM = 3,16$ m, $C_B = 0,79$, $VCG = 7,0$ m

WL2: $T = 7$ m, Deplasement: 14.725 t, $GM = 1,78$ m, $C_B = 0,81$, $VCG = 8,0$ m

Uten rulleledempingstanker, samt med 1 og 2 rulleledempingstanker.

Rulleledempingstankene er passive tanker med fri væskeoverflateeffekt. Tankene går over hele fartøyets bredde. Dette fartøyet er ikke studert i detalj.

Dette fartøyet er ikke studert i detalj.

Fartøy C

$L_{pp} = 105 \text{ m}$, $B = 26 \text{ m}$

Det er her sett på fire lastekondisjoner:

DWL: $T = 7 \text{ m}$, Deplasement: 13.680 t, $GM = 3,4 \text{ m}$, $C_B = 0,70$, $VCG = 9 \text{ m}$

WL1: $T = 6,5 \text{ m}$, Deplasement: 12.510 t, $GM = 3,67 \text{ m}$, $C_B = 0,69$, $VCG = 9 \text{ m}$

WL2: $T = 7,5 \text{ m}$, Deplasement: 14.904 t, $GM = 3,30 \text{ m}$, $C_B = 0,71$, $VCG = 9 \text{ m}$

WL3: $T = 8,5 \text{ m}$, Deplasement: 17.445 t, $GM = 3,2 \text{ m}$, $C_B = 0,73$, $VCG = 9 \text{ m}$

Uten rulledempingstanker, samt med 1 og 2 rulledempingstanker.

Rulledempingstankene er passive tanker med fri væskeoverflateeffekt. Tankene går over hele fartøyets bredde.

Fartøy CL

$L_{pp} = 170 \text{ m}$, $B = 40 \text{ m}$

Det er også her sett på fire lastekondisjoner:

DWL: $T = 8 \text{ m}$, Deplasement: 33.750 t, $GM = 7,07 \text{ m}$, $C_B = 0,68$, $VCG = 14,5 \text{ m}$

WL1: $T = 7 \text{ m}$, Deplasement: 31.945 t, $GM = 8,40 \text{ m}$, $C_B = 0,65$, $VCG = 14,5 \text{ m}$

WL2: $T = 9 \text{ m}$, Deplasement: 43.760 t, $GM = 6,20 \text{ m}$, $C_B = 0,70$, $VCG = 14,5 \text{ m}$

WL3: $T = 10 \text{ m}$, Deplasement: 49.970 t, $GM = 5,69 \text{ m}$, $C_B = 0,72$, $VCG = 14,5 \text{ m}$

Uten rulledempingstanker, samt med 1, 2 og 3 rulledempingstanker.

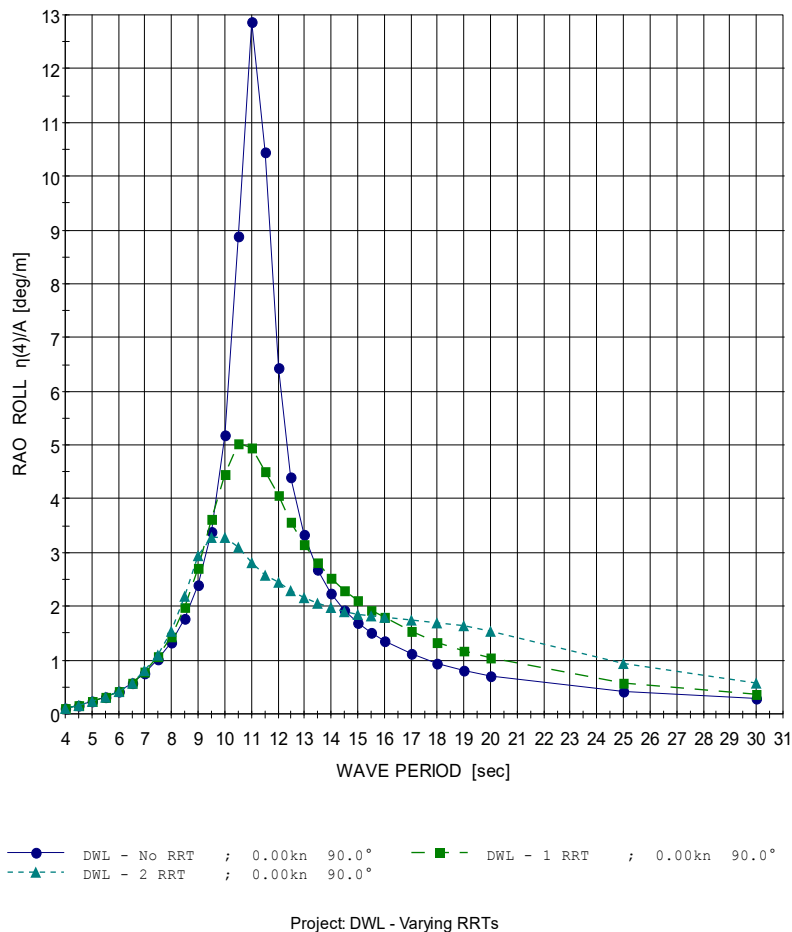
Rulledempingstankene er passive tanker med fri væskeoverflateeffekt. For dette fartøyet er rulledempingstankenes bredde redusert til 25 meter (ikke fartøyets fulle bredde) for å kunne dempe bølgebevegelse på rundt 10 sekund.

RAO i rull

RAO i rull for Fartøy C

Figur 19-1 viser RAO i Rull for Fartøy C på DWL (Design Waterline). Kurvene viser RAO uten rulledempingstanker (RRT) og med 1 og 2 RRT. Figuren viser at rulledempingstankene greier å dempe rullebevegelsen ned til 30-40% av rulleamplituden uten rulledempingstanker. Videre viser figuren at egenperioden for fartøyet ser ut til å være ca. 11 sekund. Rulledempingstankene demper ut responsen best på de lengre periodene, slik at responsen blir størst på ca. 9 sekund for tilfellet med 2 RRT.

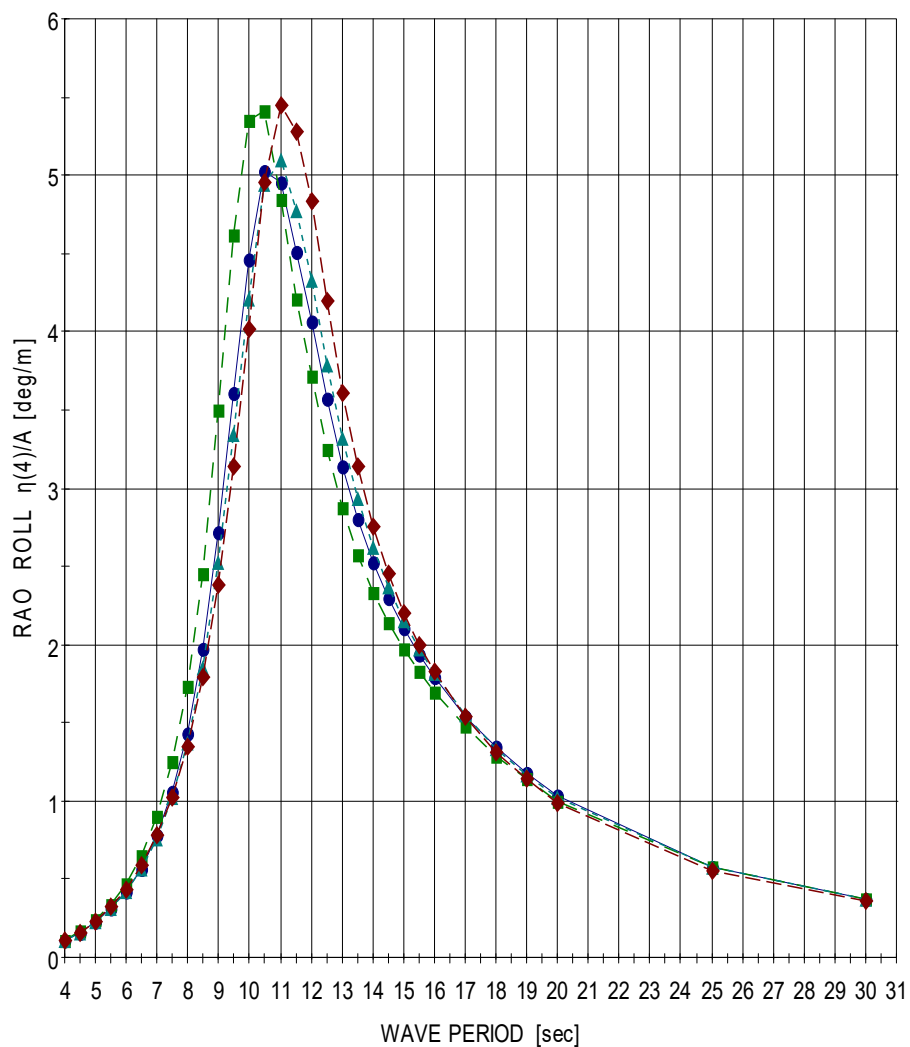
DWL (T=7m), Deplacement: 13680 t
Variierende bruk av rulleddempingstanker



Figur 19-1 Fartøy C - DWL - Effekt av rulleddempingstanker på responsen i rull. Merk at 0,00 kn betyr at fartøyet ligger i ro og at 90.0° betyr at bølgene kommer inn på tvers av fartøyet

Figur 19-2 og Figur 19-3 viser RAO i rull for Fartøy C ved varierende lastekondisjoner og med henholdsvis 1 og 2 rulleddempingstanker inne. Både rulleddempingsamplituden og rulleperioden er relativt like for dette fartøyet ved ulike dypganger. Dette har sammenheng med at GM-verdiene er relativt like for de ulike lastekondisjonene. GM er en sentral parameter til å justere egenperioden i rull. Bruken av flere rulleddempingstanker bidrar derimot til å redusere rulleamplituden ganske betydelig, fra ca. 5,5 deg/m for 1 RRT til ca. 3,5 deg/m for 2 RRT. Man ser også at virkningen av rulleddempingstankene er å dempe responsen på de lengre periodene slik at toppen i RAOen flytter seg til lavere perioder. Med 1 RRT er toppen på om lag 11 sekund (altså ingen merkbar flytting), mens for 2 RRT er toppen rundt 9-10 sekund.

1 Rulledempingstank aktiv, varierende dypgang
DWL(T=7m), WL1 (T=6.5m), WL2 (T=7.5m), WL3 (T=8.5m)

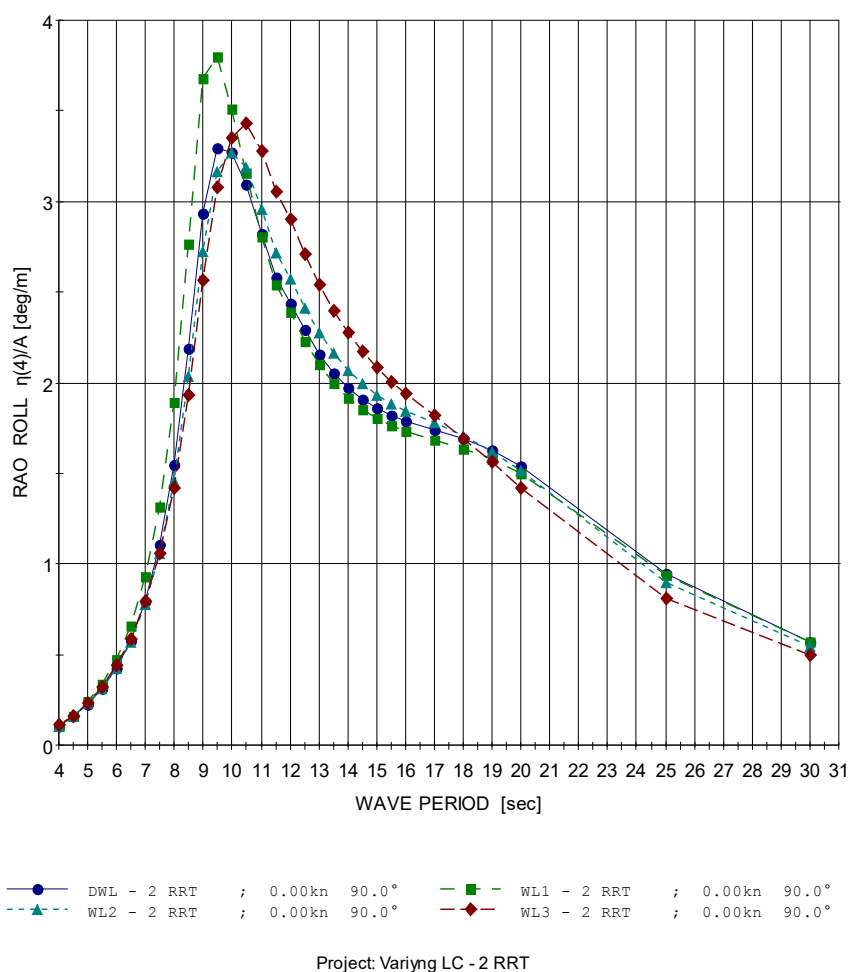


—●— DWL - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
 -■- WL1 - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
-▲- WL2 - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
 -◆- WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°

Project: Varyng LC - 1 RRT

Figur 19-2 Fartøy C – Respons i rull med varierende lastekondisjoner, 1 RRT

2 Rulledempingstank aktiv, varierende dypgang
DWL(T=7m), WL1 (T=6.5m), WL2 (T=7.5m), WL3 (T=8.5m)

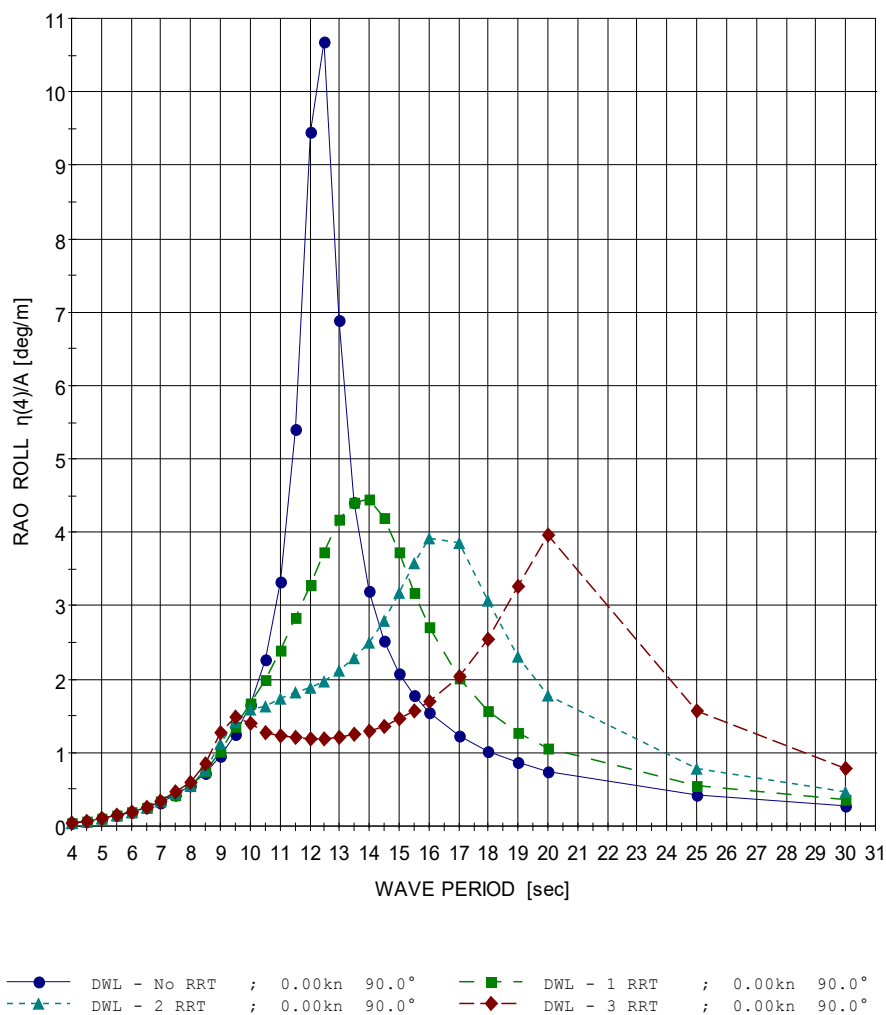


Figur 19-3 Fartøy C Respons i rull med varierende lastekondisjoner, 2 RRT

RAO i rull for Fartøy CL

Figur 19-4 viser RAO i rull for Fartøy CL på DWL (Design Waterline). Kurvene viser RAO uten rulledempingstanker og med 1, 2 og 3 rulledempingstanker. Figuren viser at rulledempingstankene greier å dempe rullebevegelsen ned til under 50% av rulleamplituden uten rulledempingstanker. Egenperioden for dette fartøyet er på rundt 12-13 sekund. Det er ingen store variasjoner ved bruk av rulldempingstankene.

DISPLACEMENTS

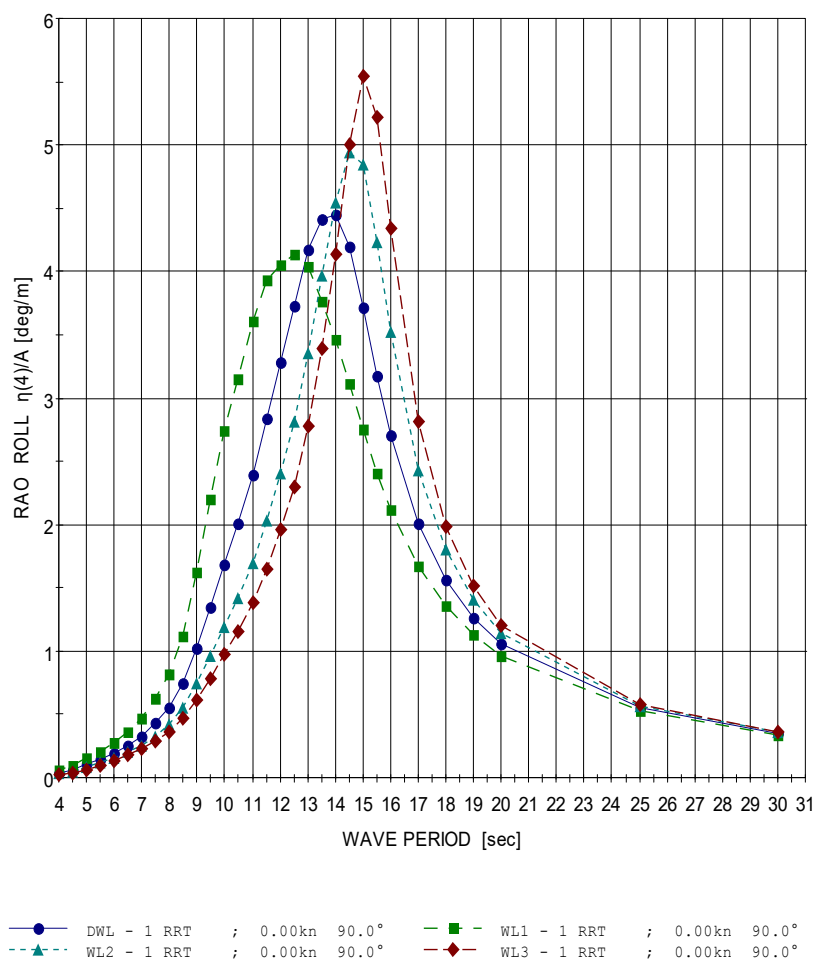


Project: DWL - Varying RRTs

Figur 19-4 Fartøy CL – DWL - Effekt av rulledeampingstanker på respons i rull

Figur 19-5 og Figur 19-6 viser RAO i rull for Fartøy CL ved varierende lastekondisjoner og med henholdsvis 1 og 2 rulledeampingstanker inne. For dette fartøyet viser figuren heller ingen særlig endring i rulleamplituden ved varierende dypgang. Men, det er noe større variasjon i rulleperiode når dypgangen varierer. Dette kommer av at GM har større variasjon for dette fartøyet etter hvert som dypgangen øker, enn tilfellet er for det mindre fartøyet. I begge tilfellene er det vertikale tyngdepunktet holdt konstant (VCG). $GM=KM-VCG$, og KM varierer i større grad med dypgangen for et stort skip enn for et lite, dermed må eventuelt VCG justeres tilsvarende dersom man skal beholde konstant GM (dersom det skulle være et ønske). Gjennomgående viser figuren at rulleperioden øker med økende dypgang. For den tyngste lastekondisjonen har toppen i RAOen flyttet seg til om lag 14 sekund.

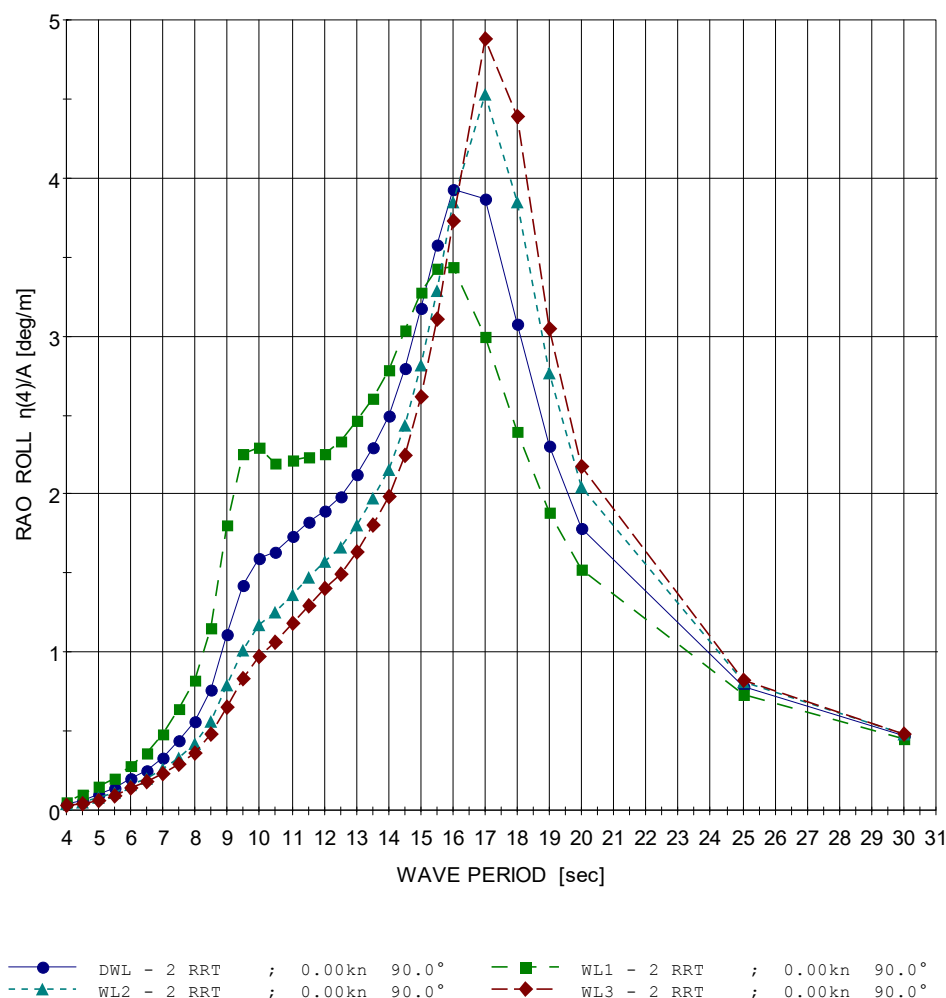
1 RRT - Varierende dypgang
DWL (T=8m), WL1 (T=7m), WL2 (T=9m), WL3 (T=10m)



Project: Varying LC - 1 RRT

Figur 19-5 Fartøy CL – Respons i rull for varierende lastekondisjoner, 1 RRT

2 RRTs - Varierende dypgang DWL (T=8m), WL1 (T=7m), WL2 (T=9m), WL3 (T=10m)



Project: Varying LC - 2 RRT

Figur 19-6 Fartøy CL – Respons i rull for varierende lastekondisjoner, 2 RRT

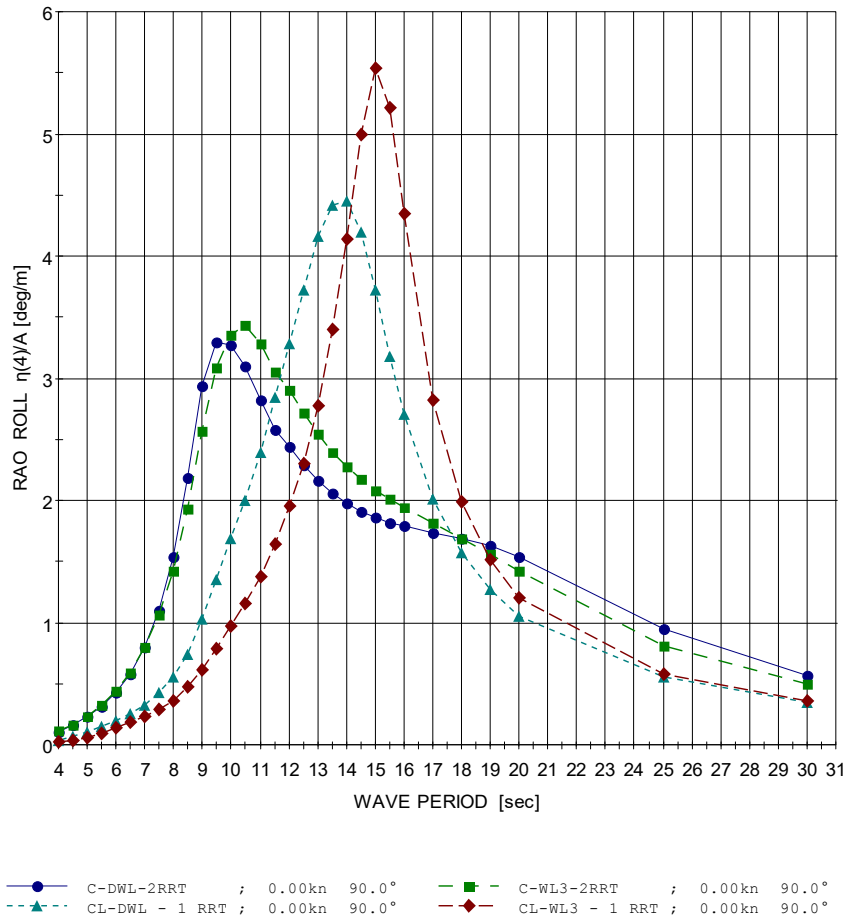
RAO i rull for begge fartøyene

Figur 19-7 viser RAO i rull for begge de to fartøyene på to dypganger (DWL og WL3). Begge fartøyene har rulledempingstanker inne. Det er noe mindre rullerespons for det minste skipet, noe som har sammenheng med at rulledempingstankene er bedre designet for dette tilfellet. For det store fartøyet (Fartøy CL) er rulledempingstankene sin bredde justert for å kunne treffe egenperioden til skipet. Trolig vil man kunne dempe rullebevegelsen til det store fartøyet mer dersom man øker antallet rulledempingstanker.

Videre vil det trolig også være noe å hente ved å redusere GM-verdien til Fartøy CL ytterligere gjennom å heve tyngdepunktet til fartøyet. Dette er noe man må se på i ytterligere detalj når fartøyets design foreligger. Man må også huske på at dersom GM er relativt liten, og man bruker mange rulledempingstanker, så må man også sjekke om fartøyets stabilitet er i fare.

Med endring av GM vil også egenperioden endres. Figuren viser at for det minste fartøyet får størst respons på ca. 10 sekund, mens for det største fartøyet er responsen størst ved 12-13 sekund.

DISPLACEMENTS



Project: RAO i rull - Ulike fartøy

Figur 19-7 RAO i rull for Fartøy C og Fartøy CL i to ulike lastekondisjoner. To RRT er brukt for det minstefartøyet, 1 RRT ble brukt i det største fartøyet. Merk at Fartøy CL har betydelig redusert rullebevegelse for bølger med periode mindre enn 11 – 12 sekund sammenlignet med Fartøy C.

Vertikalbevegelse ved gangbro

Gangbroen mellom fartøy og plattform er tenkt plassert høgt oppe i dekkshuset og så nærme midtskips som mulig. Koordinatene til dette punktet er definert som:

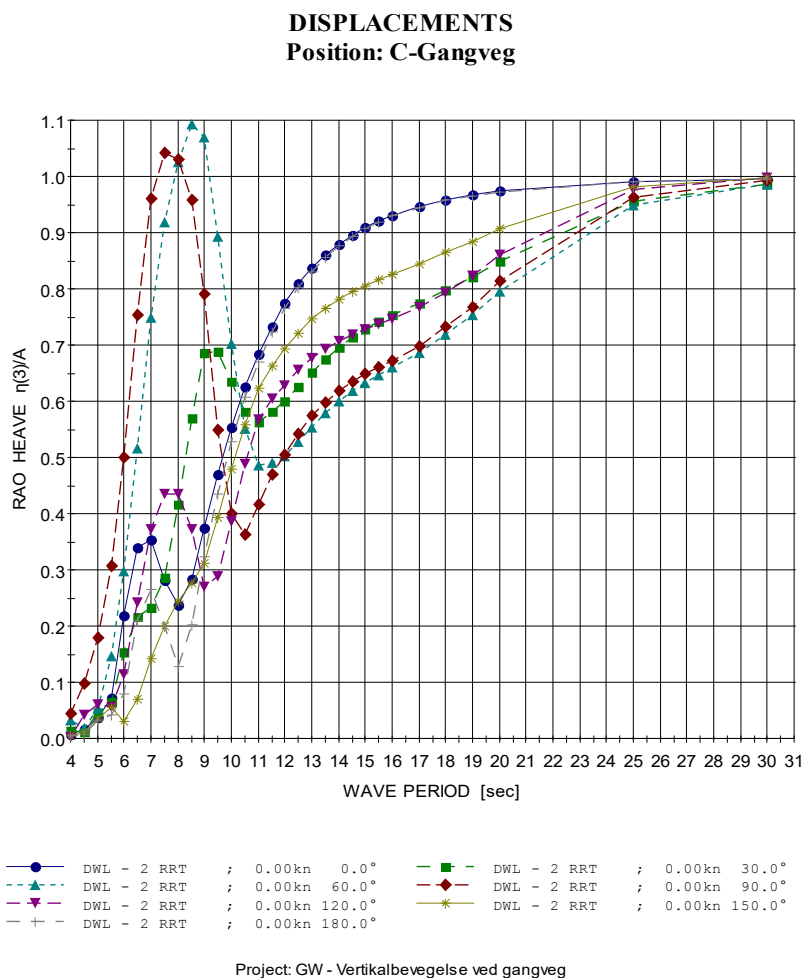
Fartøy C: $(x,y,z) = (55,13,22)$

Fartøy CL: $(x,y,z) = (90,20,28)$

RAO Fartøy C

Figur 19-8 viser vertikalbevegelsen (hiv bevegelsen), (vertikal amplitude finnes ved å multiplisere fartøyet RAO i hiv med bølgeamplituden) i det punktet der det er tenkt at gangbroen skal være plassert (for lastekondisjonen DWL).

Det er to retninger som skiller seg ut med større vertikalbevegelser enn de andre. Det er bølger som kommer inn aktenfor tvers (60 deg) og rett inn fra siden (90 deg). Dette bildet er i all hovedsak felles for de andre lastekondisjonene også. For bølger inn rett fra siden er det tydelig egenperioden i rull som gir denne toppen. For bølger inn aktenfor tvers, får man en kobling mellom rull og stamp. Stampebevegelsen har en lavere egenperiode enn rull (se RAOene senere i vedlegget).

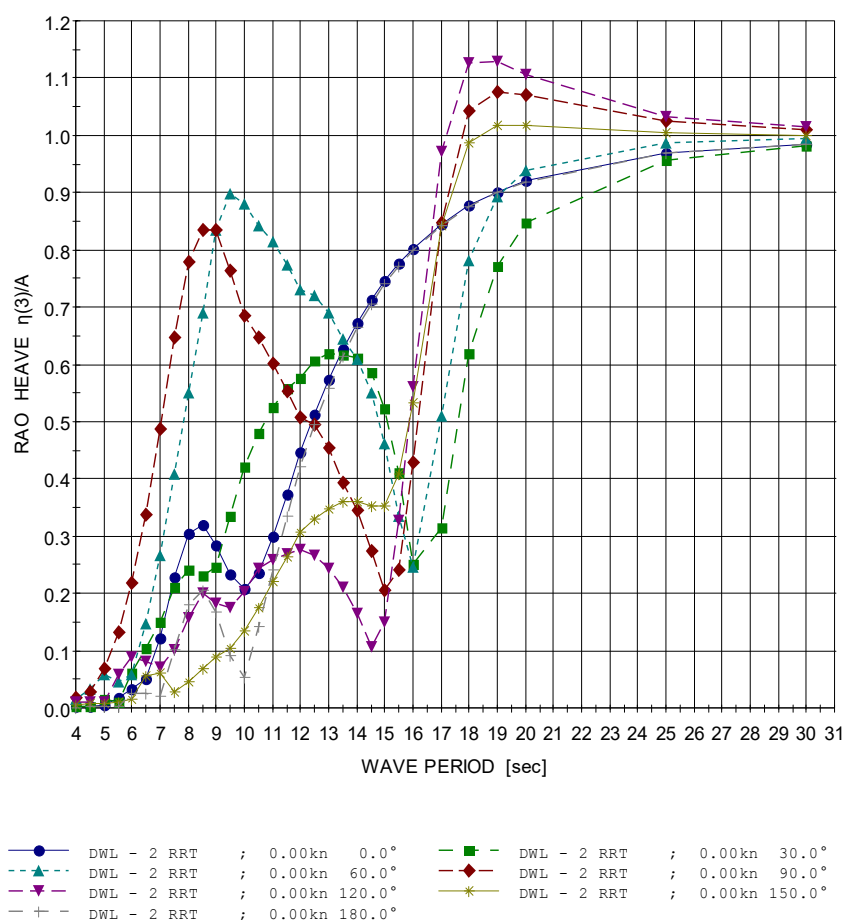


Figur 19-8 RAO for vertikalbevegelsen ved gangbro – Fartøy C

RAO Fartøy CL

Figur 19-9 viser vertikalbevegelsen i det punktet det er tenkt at gangbroen skal være plassert (for lastekondisjon DWL). Figuren viser at for dette fartøyet så blir vertikalbevegelsen mer fremtredende for lengre bølgeperioder. Dette kommer av at man får en koblet rulle- og stampebevegelse som når sin topp ved disse periodene. Om man studerer RAOene for dette fartøyet (se senere i vedlegget), ser man at både rull og stamp gir mye respons på perioder rundt 12-13 sekund.

DISPLACEMENTS Position: CL-Gangveg



Project: GW-Vertikalbevegelse ved gangveg

Figur 19-9 RAO for vertikalbevegelse ved gangbro - Fartøy CL

Korttidsstatistikk – Vertikalbevegelse ved gangbro

I dette kapitlet er det vist statistiske verdier av responsen i irregulære bølger. Det statistiske verdiene er vist på to ulike former:

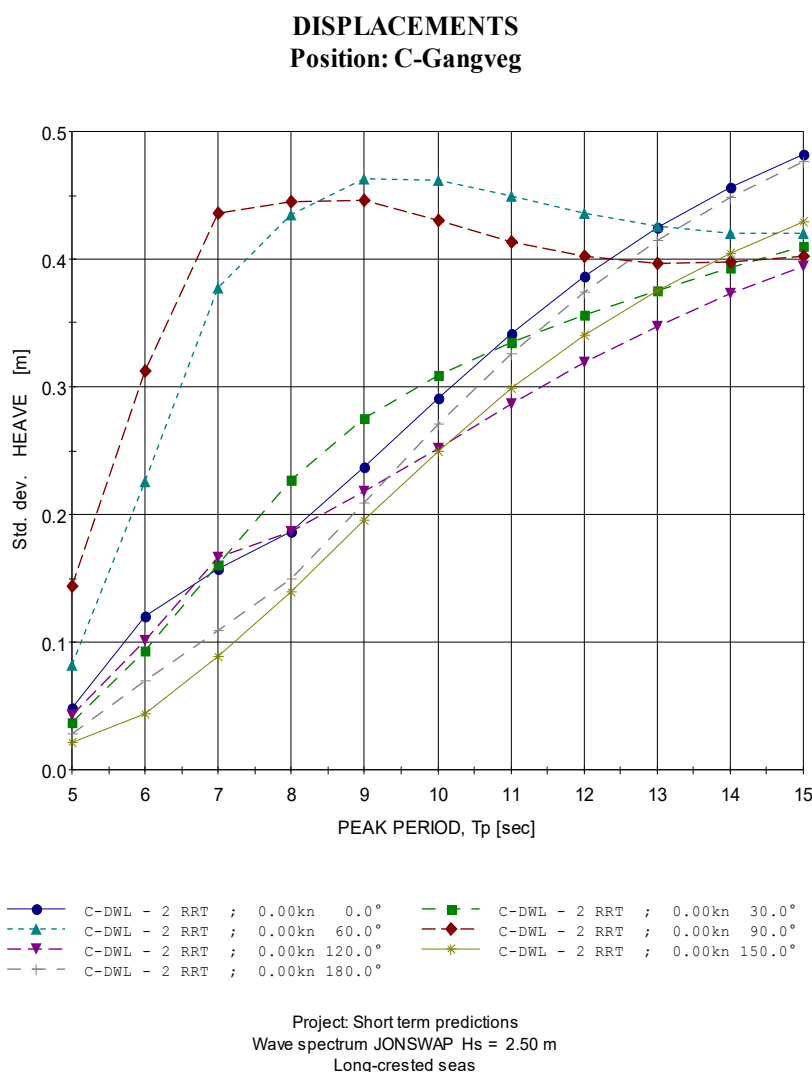
1. Standardavvik eller rms-verdier (root-mean-square) av responsen, representerer et statistisk mål på responsen til fartøyet når det beveger seg i irregulære bølger.
2. Forventet største verdi i løpet av 3 timer. Dette er et statistisk mål på den største verdien som er forventet dersom man antar at sannsynlighetstetthetsfunksjonen for de individuelle maksima er beskrevet ved en Rayleigh-fordeling. Dersom man kjenner standardavviket, kan den forventet største verdi estimeres ut fra formelen

$$E(\eta_{max}) = \sigma_{\eta} \left[\sqrt{2 \ln N} + \frac{0.5772}{\sqrt{2 \ln N}} \right]$$

Responsverdiene i dette kapitlet er vist for en sjøtilstand med signifikant bølgehøgde $H_s = 2,5$ meter, men også for en noe mer ekstrem sjøtilstand med $H_s = 4$ meter.

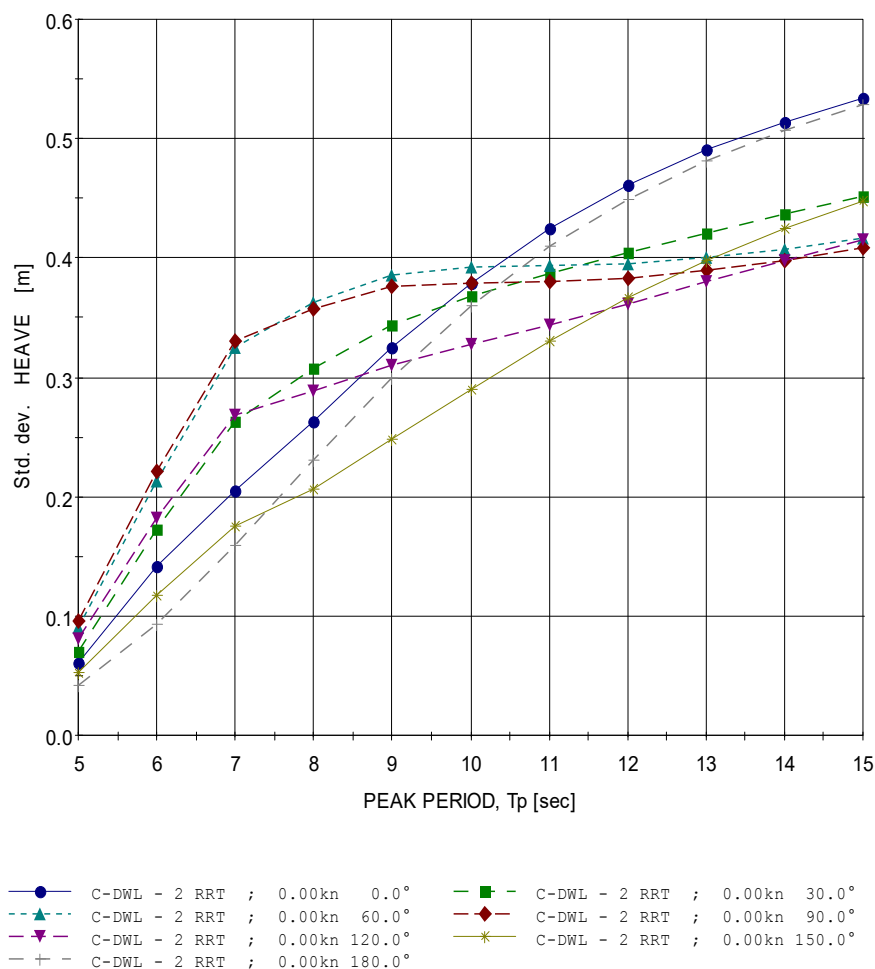
Fartøy C

Figur 19-10 viser vertikalbevegelse ved gangbro (som standardavvik) for en sjøtilstand med $H_s = 2,5$ meter (JONSWAP) og langkammede bølger. Bølgeperioden (T_p) er variert fra 5 til 15 sekund. Som for RAOene ser man at det er to bølgeretninger som peker seg ut, aktenfor tvers (60 deg) og bølger rett fra siden (90 deg). I Figur 19-11 er det vist hvordan den samme responsen vil bli dersom man har kortkammet sjø. Naturlig nok, er ikke lenger bølgeretningen så utslagsgivende.



Figur 19-10 Vertikalbevegelse ved gangbro som standardavvik, $H_s = 2,5$ meter, JONSWAP, langkammet sjø

DISPLACEMENTS Position: C-Gangveg

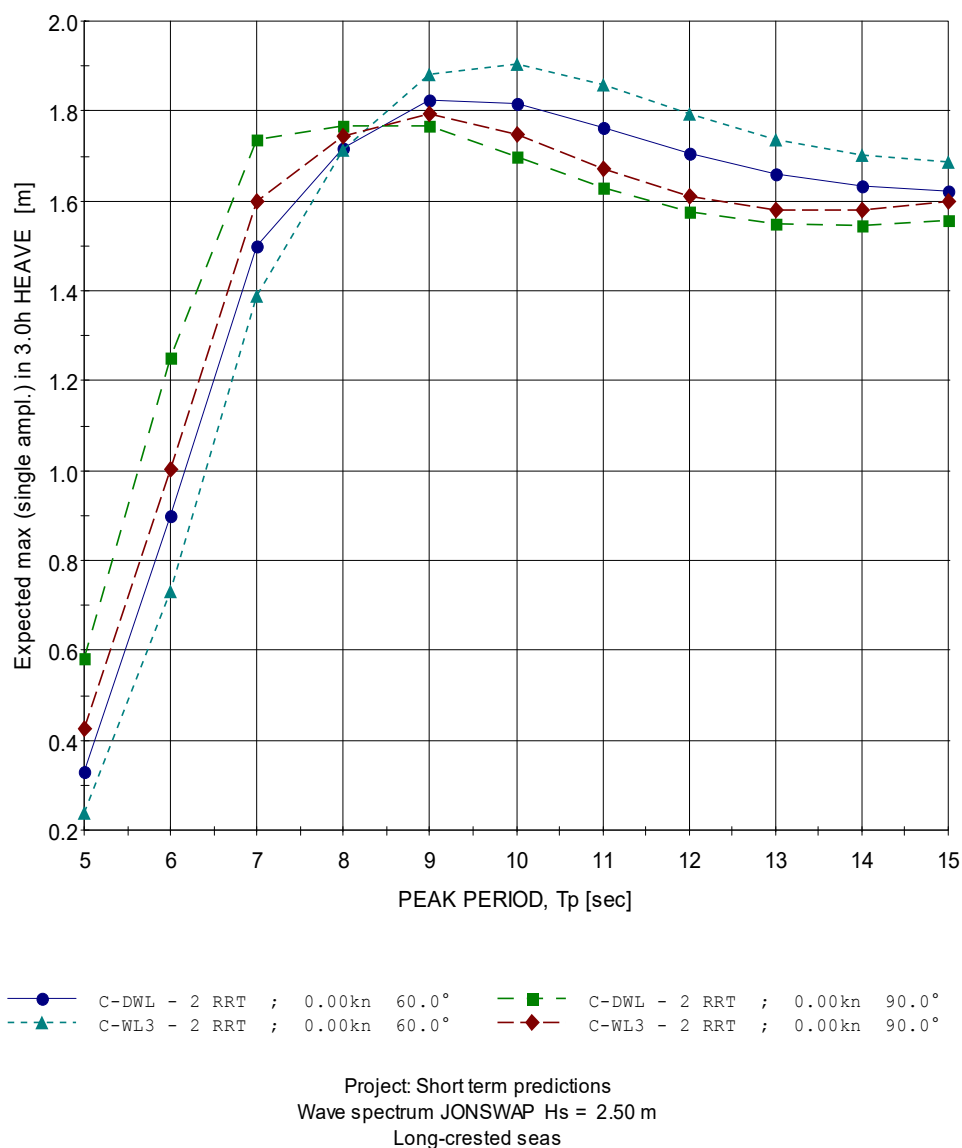


Project: Short term predictions
Wave spectrum JONSWAP $H_s = 2.50$ m
Short-crested seas (Cosine squared distribution, wave spreading angle = $\pm 90.0^\circ$)

Figur 19-11 Vertikalbevegelse som standardavvik, $H_s = 2,5$ meter, JONSWAP, kortkammet sjø

Figur 19-12 viser vertikalbevegelsen ved gangbro som forventet største verdi i løpet av 3 timer. Sjøtilstanden er $H_s = 2,5$ meter. I figuren er det bare bølgeretninger 60 og 90 deg som er tatt med, figuren gir responsen for to ulike lastekondisjoner. Responsen er ikke nevneverdig ulik for de to lastekondisjonene.

DISPLACEMENTS Position: C-Gangveg

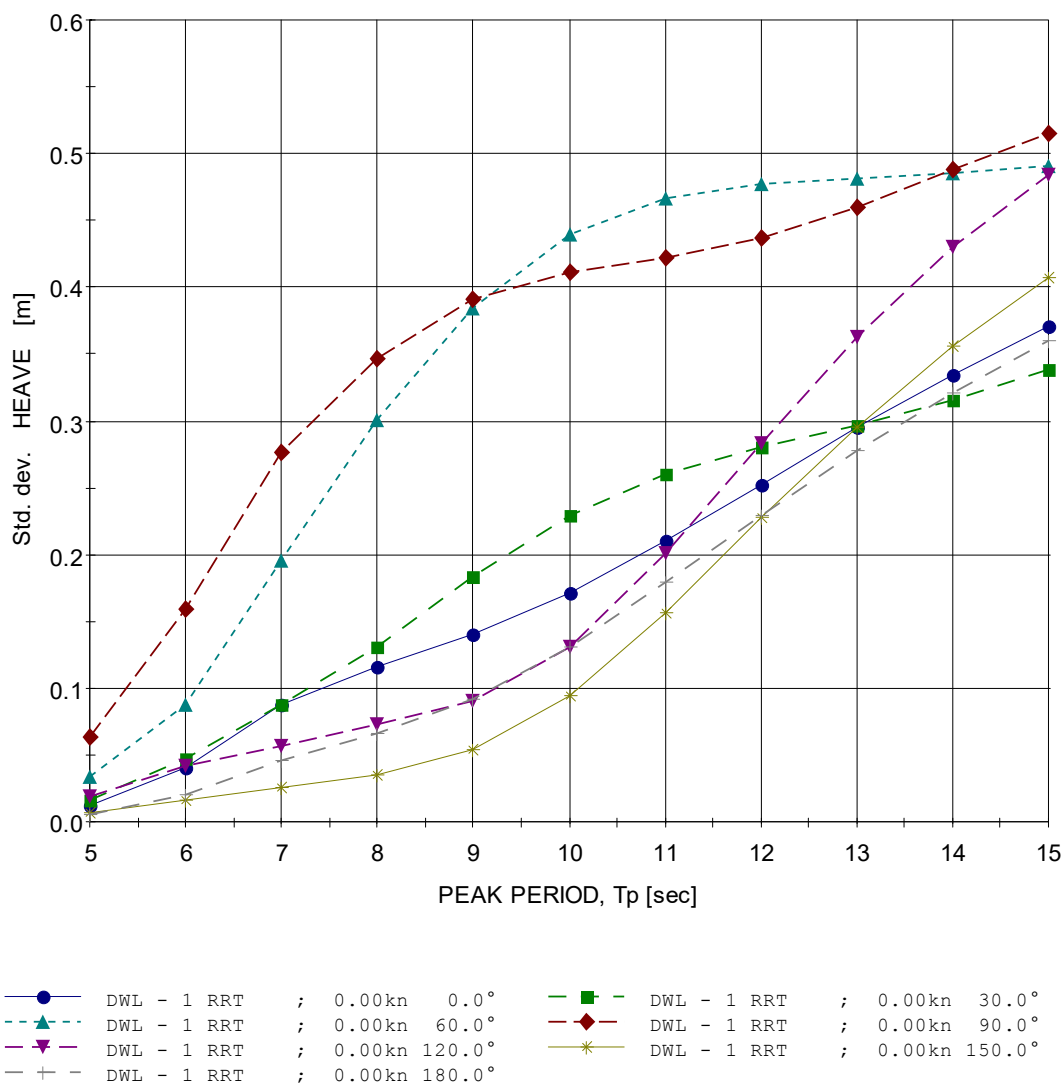


Figur 19-12 Vertikalbevegelse ved gangbro vist som forventet største verdi på 3 timer. $H_s = 2,5$ meter, JONSWAP, langkammet sjø.

Fartøy CL

Figur 19-13 viser vertikalbevegelsen ved gangbro (som standardavvik) for fartøy CL for en sjøtilstand med $H_s = 2,5$ meter (JONSWAP) og langkammede bølger. Bølgeperioden er variert fra 5 til 15 sekund. Figuren viser at det er to bølgeretninger som peker seg noe ut, aktenfor tvers (60 deg) og bølger rett fra siden (90 deg). Dette er ikke så fremtredende som for det minste fartøyet, men kanskje noe mer enn man så for RAOene.

DISPLACEMENTS Position: CL-Gangveg

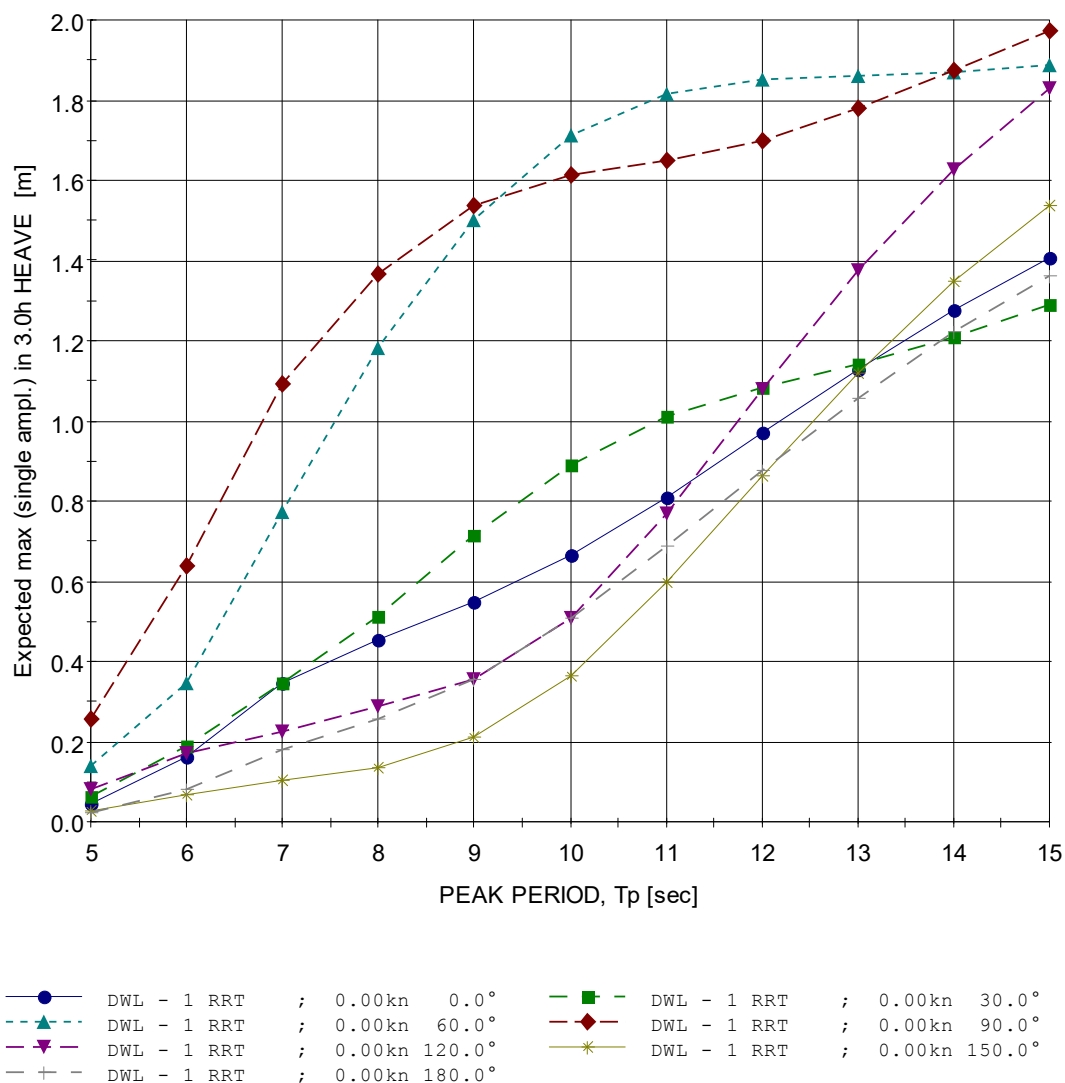


Project: GW-Vertikalbevegelse ved gangveg
Wave spectrum JONSWAP $H_s = 2.50$ m
Long-crested seas

Figur 19-13 Vertikalbevegelse ved gangbro som standardavvik. $H_s = 2,5$ meter, JONSWAP, langkammet sjø

Figur 19-4 viser vertikalbevegelsen ved gangbro som forventet største verdi i løpet av 3 timer for det største fartøyet for langkammet sjø og to ulike lastekondisjoner. Figuren viser igjen at responsen ikke er nevneverdig forskjellig for de to ulike lastekondisjonene.

DISPLACEMENTS Position: CL-Gangveg



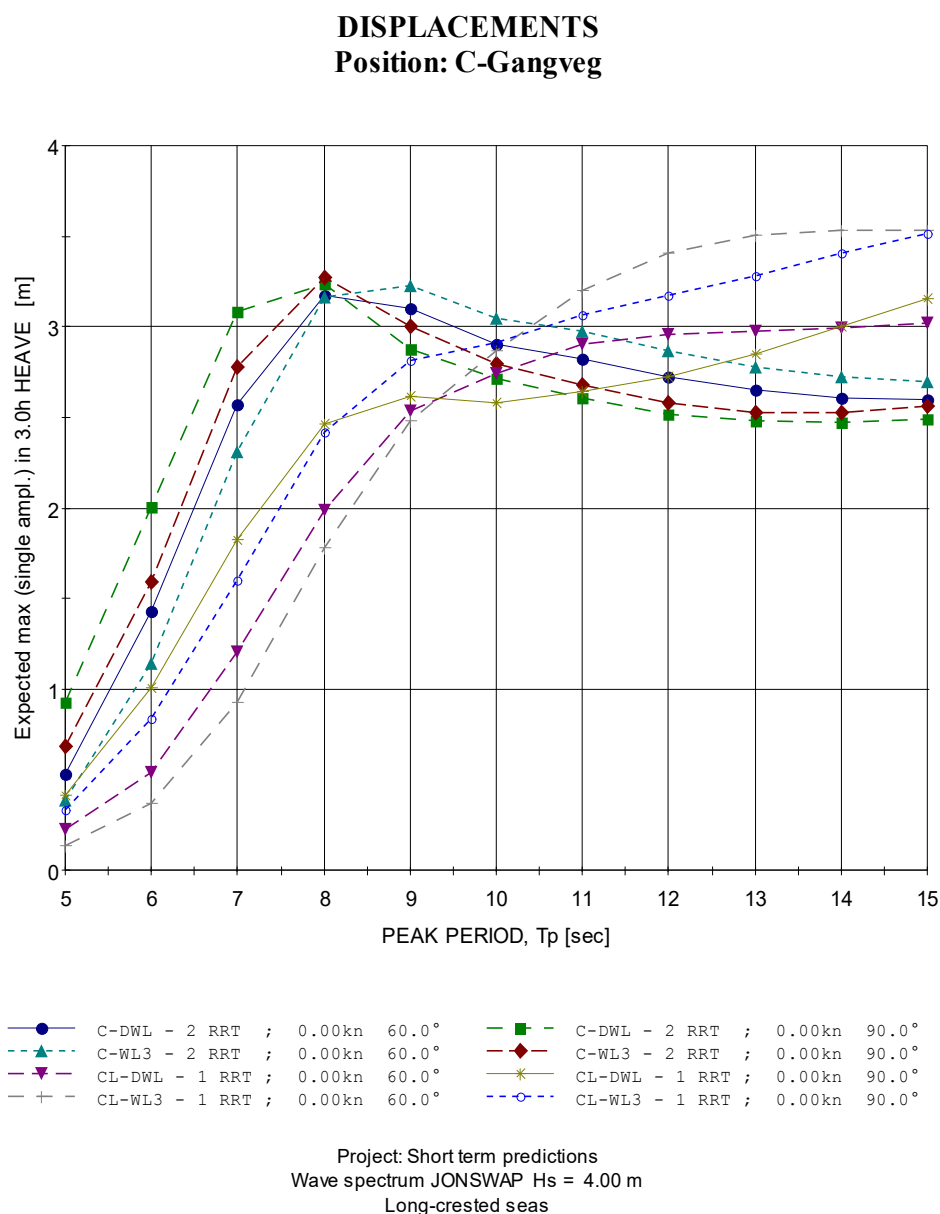
Project: GW-Vertikalbevegelse ved gangveg
Wave spectrum JONSWAP $H_s = 2.50$ m
Long-crested seas

Figur 19-14 Vertikalbevegelse ved gangbro som forventet største verdi i løpet av 3 timer. $H_s = 2,5$ meter, JONSWAP, langkammert sjø

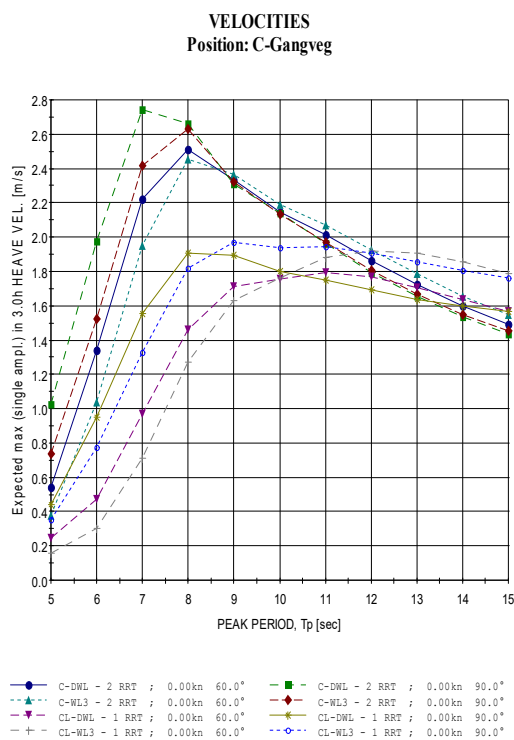
Forventet maksimalverdier

I dette kapitlet gis det noen omtrentlige verdier for hvilke vertikalbevegelser som kan forventes i posisjonen til gangbroen for de to fartøyene, dersom personelltransport skal kunne foregå ved $H_s = 4$ meter.

Figur 19-15 viser vertikalbevegelsen som forventet maksimalverdi i løpet av 3 timer for en sjøtilstand med $H_s = 4$ meter, for begge fartøyene og for to lastekondisjoner. Figuren viser bare respons ved de verste retningene (60 deg og 90 deg). Figuren viser at det minste fartøyet har større vertikal respons ved lave perioder, mens det store fartøyet får større bevegelser når T_p blir større enn ca. 10-11 sekund. Figur 18-16 og Figur 18-17 viser henholdsvis vertikal hastighet og akselerasjon ved gangbro for de samme tilfellene. Figuren viser tydelig at både hastighet og akselerasjon blir større for det minste fartøyet.

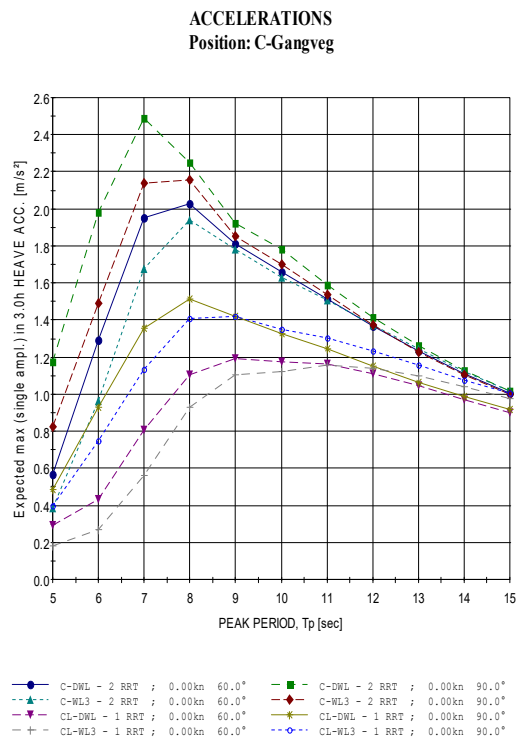


Figur 19-15 Vertikalbevegelse ved gangbro som forventet maksimalverdi i løpet av 3 timer. $H_s = 4,0$ meter, JONSWAP, langkammert sjø



Project: Short term predictions
Wave spectrum JONSWAP $H_s = 4.00$ m
Long-crested seas

Figur 19-16 Vertikal hastighet ved gangbro



Project: Short term predictions
Wave spectrum JONSWAP $H_s = 4.00$ m
Long-crested seas

Figur 19-17 Vertikal akselerasjon ved gangbro

I Tabell 19-1 er maksimal respons ved gangbroen samlet for begge fartøyene, både for forskyvning, hastighet og akselerasjon. Tallene i parentes viser for hvilken "peak"-periode (T_p) maksimalresponsen er funnet ved.

Tabell 19-1 Maksimal respons ved gangbro for $H_s = 4,0$ meter

	Vertikal forskyvning (m)	Vertikal hastighet (m/s)	Vertikal akselerasjon (m/s²)
Fartøy C	3,25 ($T_p = 8$ s)	2,75 ($T_p = 7$ s)	2,5 ($T_p = 7$ s)
Fartøy CL	3,5	1,98	1,5

Diskusjon

Vertikalbevegelsen ved gangbroen er den viktigste responsen å studere for å vurdere om man kan bruke et fartøy til å frakte og overføre personell til og fra innretninger på norsk sokkel. Denne studien er gjennomført for å kunne gjøre en generell vurdering av bevegelsen til et fartøy av den størrelsen man ser for seg er nødvendig for personelltransport i værutsatte områder.

Det er gjennomført en sammenligning av to fartøystørrelser:

Fartøy C ($L = 105$ meter, $B = 26$ meter)

Fartøy CL ($L = 170$ meter, $B = 40$ meter)

I det følgende kapittelet er det vist RAOer for disse to fartøyene samt et fartøy (Fartøy A) med $L = 120$ meter, $B = 21$ meter. Ved å se på RAOene i rull, ser man at jo større skipet blir (og spesielt jo større bredde

skipet får) jo lengre blir egenperioden i rull. En formel som gir et bra estimat av rulleperioden til et fartøy er gitt som:

$$T_4 = 2\pi \sqrt{\frac{Mr_{44}^2 + A_{44}}{\rho g \nabla GM_T}}$$

Som det går frem av Figur 19-7, så er egenperioden i rull langt større for det største fartøyet. Det er brukt rulledempingstanker (RRT) i begge fartøyene for å forsøke å redusere rullingen så mye som mulig. Figur 19-7 viser også at rullingen er mer dempet i det minste fartøyet. Dette kommer av at det er enklere å tune rulledempingstankene til denne fartøystørrelsen. For det største fartøyet, er det nødvendig med relativt store tanker. Høyden må stå i forhold til bredden på tanken for å kunne dempe de riktige periodene.

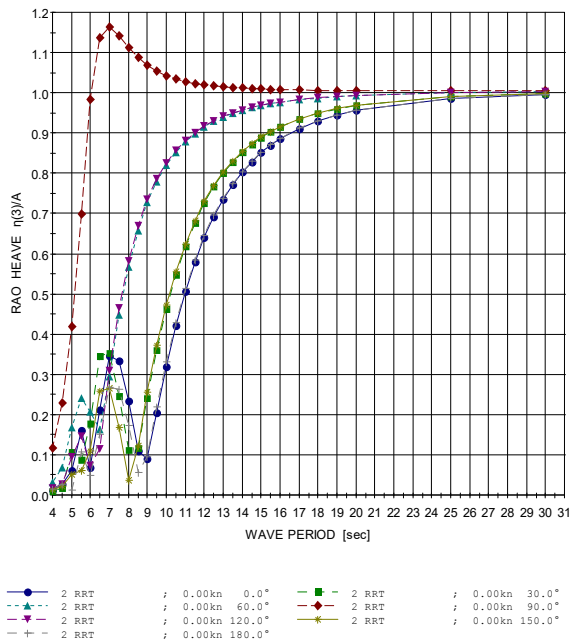
Når man studerer vertikal responsen ved gangbroen, ser man at det største fartøyet gir større forskyvninger ved gangbroen enn det minste fartøyet (Figur 19-15 og Tabell 19-1), men at bevegelsene foregår ved lengre bølgeperioder enn for det minste fartøyet. Når man så studerer hastighetene ved gangbroen, eller ennå tydeligere om man studerer akselerasjonene ved gangbroen, så viser Figur 18-16 og Figur 18-17 (samt Tabell 19-1), at responsen er større for det minste fartøyet.

Tabell 19-1 viser omtrentlige verdier på den typen respons man kan vente seg for fartøy i denne størrelsen. Man kan forbedre situasjonen ytterligere ved å finjustere på lastekondisjoner og bruk av rulledempingstanker, men da må man først ha et design av et fartøy som man vurderer å bruke til formålet. I denne studien er det brukt bevegelseskarakteristikker for typiske offshore fartøy.

RAO i hiv, rull og stamp

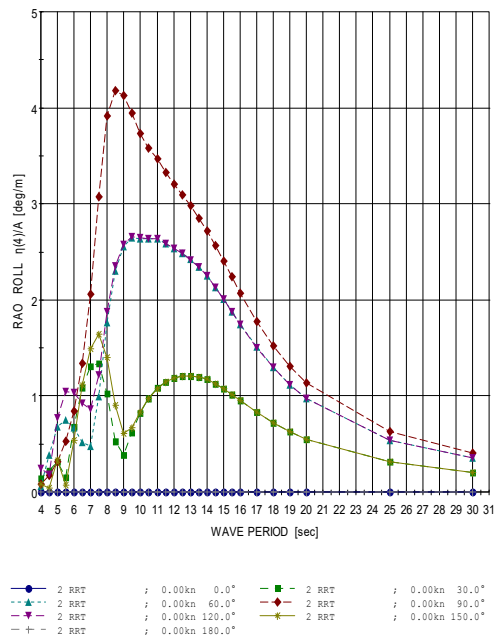
Lastekondisjon DWL – Fartøy A

DISPLACEMENTS



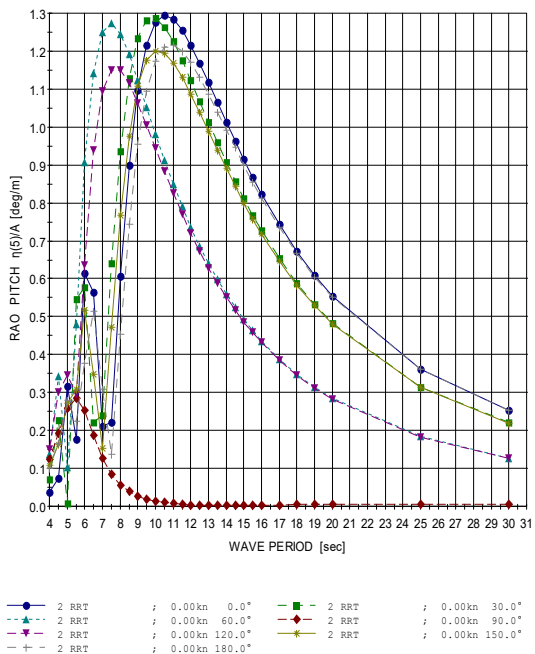
Project: RAO - various Roll reduction tanks

DISPLACEMENTS



Project: RAO - various Roll reduction tanks

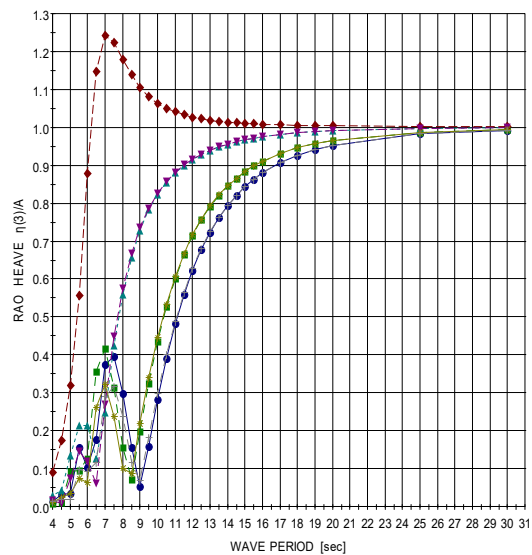
DISPLACEMENTS



Project: RAO - various Roll reduction tanks

Lastekondisjon WL1 – Fartøy A

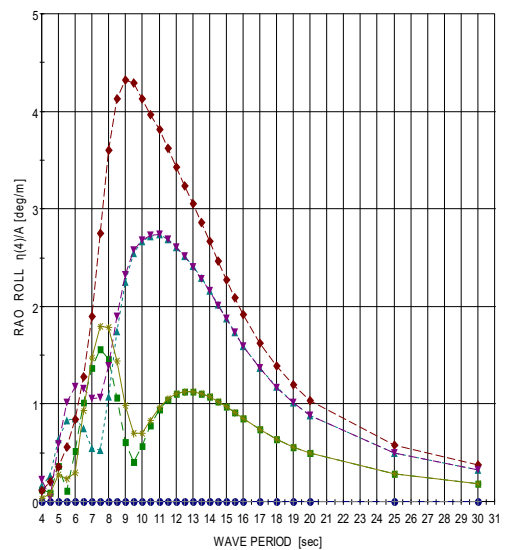
DISPLACEMENTS



● 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ◆ 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project RAO - various Roll reduction tanks

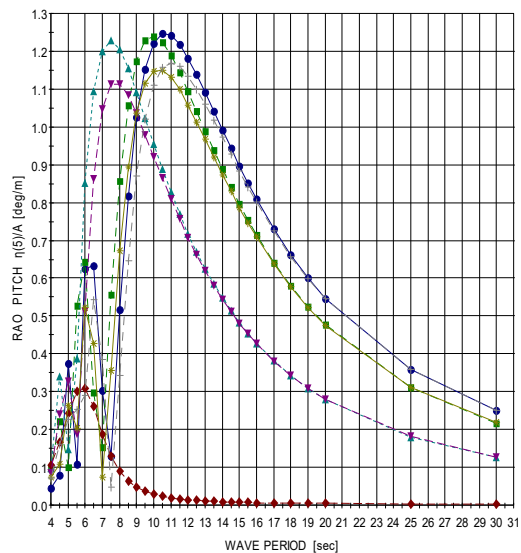
DISPLACEMENTS



● 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ◆ 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project RAO - various Roll reduction tanks

DISPLACEMENTS

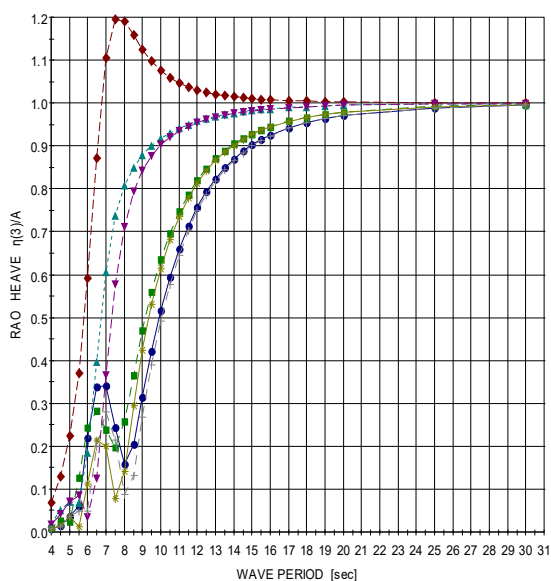


● 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ◆ 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 - - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project RAO - various Roll reduction tanks

Lastekondisjon DWL – Fartøy C

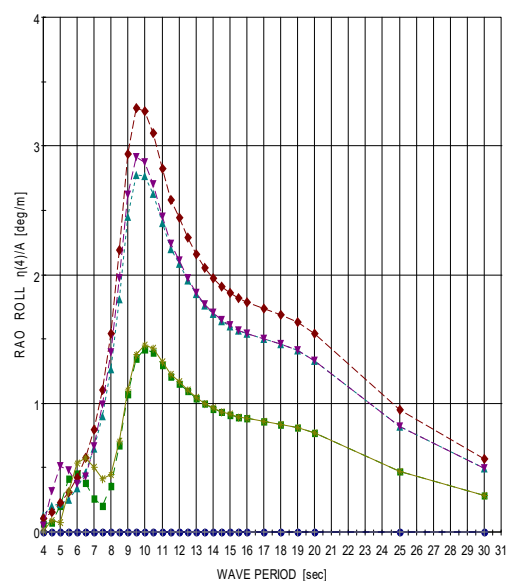
DISPLACEMENTS



● DWL - 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ★ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + DWL - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: GW - Vertikalbevegelse ved gangveg

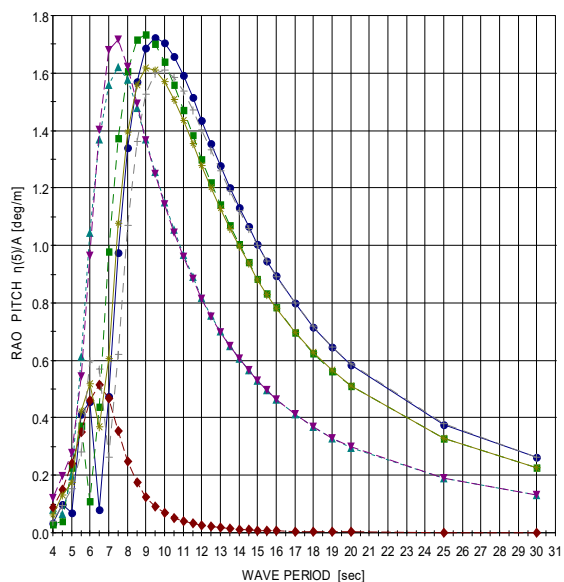
DISPLACEMENTS



● DWL - 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ★ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + DWL - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: GW - Vertikalbevegelse ved gangveg

DISPLACEMENTS

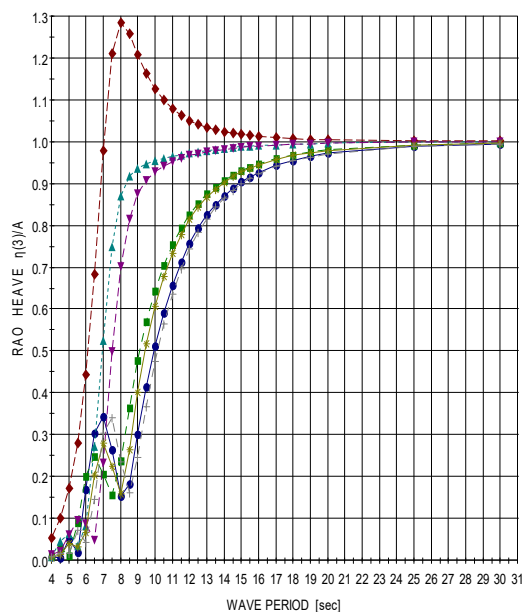


● DWL - 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ★ DWL - 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + DWL - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: GW - Vertikalbevegelse ved gangveg

Lastekondisjon WL3 – Fartøy C

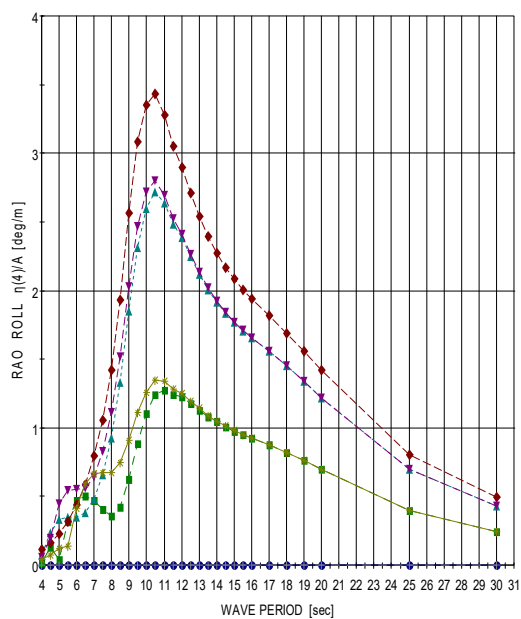
DISPLACEMENTS



● WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ★ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 +- WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: GW - Vertikalbevegelse ved gangveg

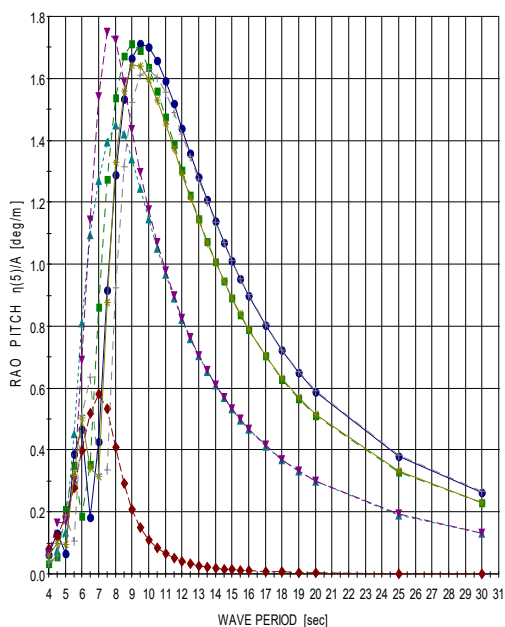
DISPLACEMENTS



● WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ★ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 +- WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: GW - Vertikalbevegelse ved gangveg

DISPLACEMENTS

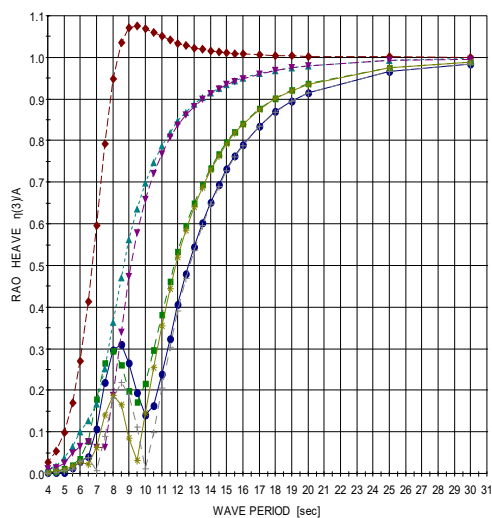


● WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 120.0° ★ WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 150.0°
 +- WL3 - 2 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: GW - Vertikalbevegelse ved gangveg

Lastekondisjon DWL – Fartøy CL

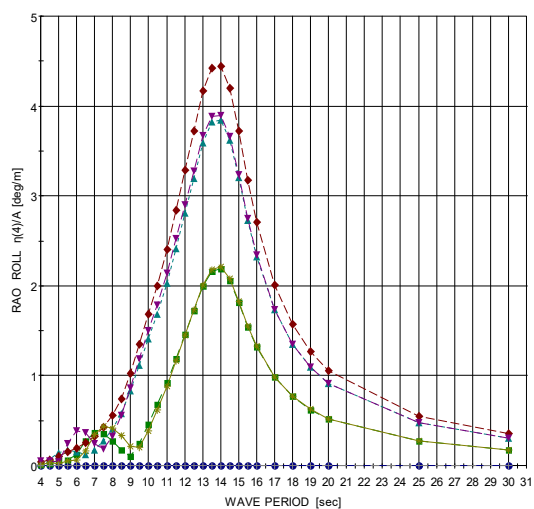
DISPLACEMENTS



● DWL - 1 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 120.0° ◆ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + DWL - 1 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: DWL - RAOs

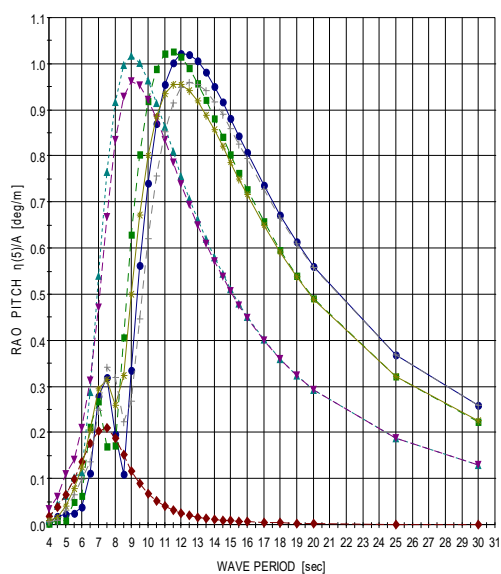
DISPLACEMENTS



● DWL - 1 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 120.0° ◆ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + DWL - 1 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: DWL - RAOs

DISPLACEMENTS

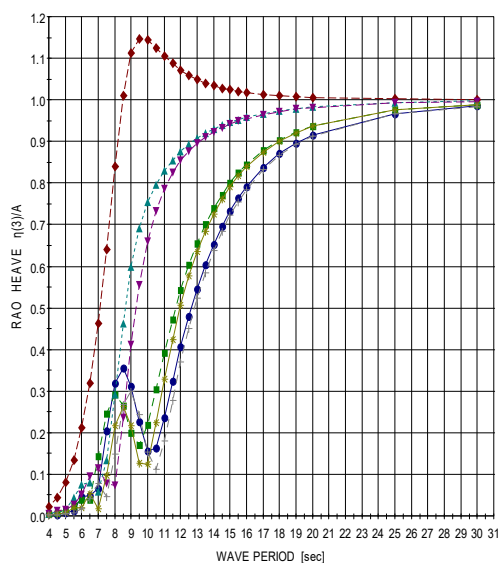


● DWL - 1 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 120.0° ◆ DWL - 1 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + DWL - 1 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: DWL - RAOs

Lastekondisjon WL3 – Fartøy CL

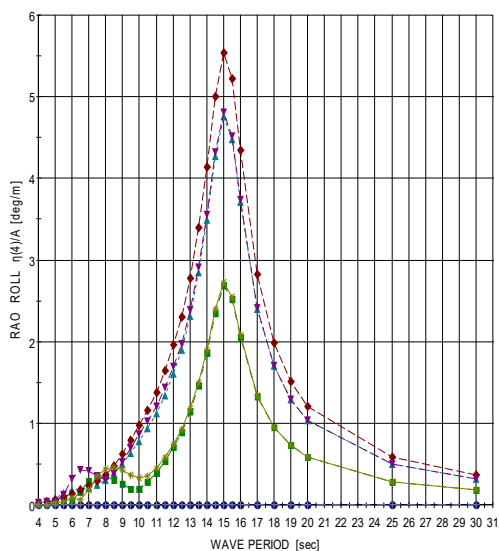
DISPLACEMENTS



● WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 120.0° * WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: WL3 - Varying RRTs

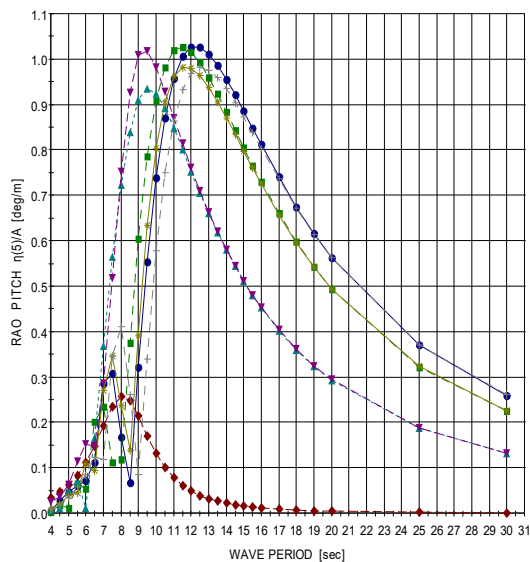
DISPLACEMENTS



● WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 120.0° * WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: WL3 - Varying RRTs

DISPLACEMENTS



● WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 0.0° ■ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 30.0°
 ▲ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 60.0° ◆ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 90.0°
 ▼ WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 120.0° * WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 150.0°
 + WL3 - 1 RRT ; 0.00kn 180.0°

Project: WL3 - Varying RRTs