

10032

10034

10040

## Bacheloroppgave

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

**Mai 2020**

### **NTNU**

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for havromsoperasjoner og byggingteknikk



Kunnskap for en bedre verden



Kunnskap for en bedre verden

**Bacheloroppgave**

**2020**





10032  
10034  
10040

## **Bacheloroppgave**

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Bacheloroppgave  
Mai 2020

### **NTNU**

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



Kunnskap for en bedre verden





# NTNU

Kunnskap for en bedre verden

# Bacheloroppgave

**TN303212 - Hovedprosjekt**

**Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep**

Kandidatnr: 10032, 10034, 10040

Totalt antall sider inkludert forsiden: 73

Innlevert Ålesund, 26.05.2020

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

<i>Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:</i>		
1.	<b>Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	<b>Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li><li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li><li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li></ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	<b>Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høyskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høgskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	<b>Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se <a href="#">Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver</a></b>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	<b>Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det foreligger mistanke om fusk etter NTNUs studieforskrift.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	<b>Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider</b>	<input checked="" type="checkbox"/>



# Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Hallgeir Giske

## Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja  nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja  nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja  nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja  nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 26.05.2020

## Forord

---

Da gruppen skulle bestemme seg for tema i denne bacheloroppgaven var det viktig for oss å velge noe som vi interesserte oss for og som vi alle syntes var spennende. Etter en forelesning som omhandlet manøvrering og pivotpunktet med og uten slep, etterfulgt av en samtale med en lærer på instituttet var saken grei. Gruppen bestemte seg dermed å skrive om *pivotpunktets dynamiske forflytning under slep*. Dette er et tema gruppen har diskutert mye rundt og grublet på hvilke metoder og løsninger som blir benyttet i ulike maritime operasjoner. I gruppen er det både stor interesse for tråling, samt ankerhåndtering og tauing, så kunnskapen rundt dette tema er noe som vil komme godt med når gruppen etterhvert starter sin karriere til sjøs etter endt bachelor.

Gruppen har både gjennomført forsøk i simulator, samt to kvalitative intervju av kapteiner med erfaring fra nevnte bransjer. Dette har gitt oss gode erfaringer og nye kunnskaper rundt tema. Derfor ønsker gruppen å rette en stor takk til lærerne som har bistått oss i simulator oppsettet, samt komt med gode tips og råd til gjennomføring. I tillegg vil gruppen rette en stor takk til kapteinene på henholdsvis tråler og ankerhåndterings-fartøy som tok seg tid til å bli intervjuet, samt komme med gode råd og tips til oss. Uten innspill fra erfaringene deres hadde ikke drøftingen her blitt like interessant.

I tillegg til dette har gruppen hatt flere møter og samtaler med Tråler-avdelingen til Kongsberg Maritime ved NMK i Ålesund. Disse møtene har vært svært lærerike og interessante og har gitt gruppen tips og råd til hvordan vi skulle løse vår problemstilling. Derfor ønsker gruppen å rette enn stor takk til Robert Vorren som åpnet dørene og tok seg tid til å prate med oss.

Gruppen ønsker også å takke veilederen vår Hallgeir Giske for god hjelp og rådføring gjennom hele bacheloroppgaven.

## Sammendrag

---

I denne bacheloren ville gruppen undersøke hvordan pivotpunktet forflytter seg ved ytre påkjenninger på et fartøy. Vi har også sett på hvordan dette påvirker manøvreringsegenskapene til fartøyet, samt metoder for å møte disse utfordringene.

I det teoretiske grunnlaget har gruppen presentert grunnleggende prinsipper om hvordan et skip blir drevet gjennom vannet, samt kreftene som spiller inn på skrog og utrustning. Under denne delen har vi også tatt for oss ulike fartøystyper som driver med tauing og som gruppen vil bruke som eksempler videre i oppgaven. Denne teorien skal gi grunnlaget for den videre drøftingen og gjennomføringen av oppgaven.

For å undersøke hva som skjer med et fartøy når det blir utsatt for ei ytre påkjenning som slep er det blitt utført forsøk i simulator, samt to kvalitative intervju av kapteiner med erfaring fra tråler og ankerhåndterer. Det er undersøkt hvordan slepet påvirker fartøyene i sving med ulik påkjenning og fart, samt hvordan hekken forflytter seg i forhold til baugen. Dette har gitt gruppen grunnlag til å drøfte forflytningen av pivotpunktet i sammenheng med opplagringspunkt. Det er videre blitt undersøkt, gjennom intervjuene, hvilke utfordringer navigatørene møter på og hvordan de løser disse utfordringene.

Gjennom innhenting av teorier, forsøkene og intervjuene har gruppen fått en indikasjon på den dynamiske forflytningen av pivotpunktet, samt metodene som blir benyttet for å løse utfordringene. Gruppen har derfor dannet seg grunnlaget til å drøfte tema, samt se på løsninger for å bedre evnen til å manøvrere et fartøy som driver med slep.

## Terminologi

**AHTS:** Anchor Handling Tug Supply. Ankerhåndterer.

**Pitch:** Propellstigning

**Pivot-punkt:** Punktet der skipet dreier rundt, også kalt rotasjonssenter

**Azimut-thruster:** Fremdriftssystem med 360° rotasjon.

**Is-davit:** Hydraulisk justerbare daviter. Plassert helt akter på tråler. En på hver side.

Blokker for hovedvaier er opplagret i her. Kan legges mot midtskipet tverrskips.

**Trippeltrål:** Trål med tre tråsekker.

**Bollardpull:** Tauekraft. Mål i metriske tonn.

**Formkoeffisienter:** Samlebegrep som brukes til å beskrive skrogets form på en enkel måte og hjelper til å sammenligne skrogformer.

**CB:** Blokk-koeffisient, forteller om fylldigheten til volumdeplasementet.

**CW:** Vannlinjearealet koeffisient, forteller om formen på et bestemt vannlinjeplan.

**CM:** Midtspantkoeffisient, forteller om midspantets finhets form.

**CP:** Prismatisk koeffisient, forteller om hvor fyldig volumdeplasementet er ut mot endene.

**Krosstre:** på AHTS for å styre slepevaier

**Tauepinner/styrepinner:** Hydrauliske sylindrer på akterdekket til en AHTS for å styre retningen til vaieren.

**Forre perpendikulær:** Loddrett linje som trekkes gjennom punktet fremme på båten der vannlinjen treffer skipets skrog. Punkt ofte brukt for måling av lengde på fartøyet.

**Aktre perpendikulær:** Loddrett linje som trekkes gjennom rorstammen på båten. Punkt ofte brukt for måling av lengde på fartøyet.

**ROV:** Remotely operated vehicle, «fjernstyrt undervannsfarkost».

**PSV:** Plattform Supply Vessel, «forsyningsskip plattform».

**Slipp:** Bak på tråleren hvor trål blir dratt opp fra sjøen.

**DP:** Dynamisk posisjonering.

«**Free Floating vessel**»: Terminologi brukt om fartøy som ikke er påvirket av ytre belastninger som slep etc.

**Autoheading:** Modus på fartøy med DP som holder bestemt heading/retning på fartøyet

**Flaps:** Bevegelig rorklaff bak på roret.

# Innhold

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1	OM GRUPPEN .....	1
1.2	HVORFOR VI VALGTE DENNE OPPGAVEN .....	1
1.3	BAKGRUNN.....	1
1.4	PROBLEMSTILLING.....	2
<b>2</b>	<b>TEORETISK GRUNNLAG</b> .....	<b>3</b>
2.1	FREMDRIFTSSYSTEM .....	3
2.1.1	<i>Konvensjonelt fremdriftssystem</i> .....	4
2.1.2	<i>Azimuth-thrustere</i> .....	5
2.1.3	<i>Voith Schneider</i> .....	6
2.1.4	<i>Dysepropell</i> .....	7
2.1.5	<i>Rortyper</i> .....	7
2.1.6	<i>Tunnel-thruster</i> .....	8
2.1.7	<i>Generatorer</i> .....	8
2.2	SKROGTYPEN.....	9
2.2.1	<i>Baugtyper</i> .....	11
2.3	FARTØY SOM DRIVER MED TAUING .....	13
2.3.1	<i>Trålere</i> .....	13
2.3.2	<i>Ankerhåndteringsfartøy</i> .....	14
2.4	PIVOTPUNKTET.....	15
2.4.1	<i>De tre fasene i en sving</i> .....	17
2.5	STYREPROBLEMER VED TAUING.....	19
2.6	STABILITET VED SKIP SOM TAUER .....	21
<b>3</b>	<b>METODE</b> .....	<b>22</b>
3.1	FORKUNNSKAP OG LITTERATURSTUDIER .....	23
3.2	KVALITATIVT INTERVJU .....	24
3.3	FORSØK I SIMULATOR .....	26
3.3.1	<i>Fremgangsmåte simulator</i> .....	27
<b>4</b>	<b>INTERVJU OMBORD</b> .....	<b>29</b>
4.1	TRÅLER .....	30
4.2	AHTS.....	32
4.3	SAMMENLIGNING .....	35
<b>5</b>	<b>FORSØK SIMULATOR</b> .....	<b>37</b>
5.1	AHTS.....	38
5.1.1	<i>Fremgangsmåte</i> .....	39
5.1.2	<i>Resultat</i> .....	41
5.2	TRÅLER .....	48
<b>6</b>	<b>DRØFTING</b> .....	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFI</b> .....	<b>I</b>
<b>9</b>	<b>VEDLEGG 1, TRANSKRIBERING AV INTERVJU</b> .....	<b>III</b>
9.1	TRÅLER.....	III
9.2	AHTS.....	VII

# 1 Innledning

## 1.1 Om gruppen

Vi er en gruppe på tre nautikkstudenter som bestemte oss for å skrive bachelor sammen. Gruppen har siden starten av studiet kjent hverandre godt. Gruppen har flere felles interesser og har gjennom alle tre studieårene tilbrakt mye tid sammen, både i og utenfor skoletid. Alle tre har en felles interesse for manøvrering og de ulike kreftene som virker inn og påvirker et skip i bevegelse. I gruppen er der to ordinærstudenter og en med fagbrev som matros, men samtlige fra gruppen har erfaring fra sjøen. Etter endt bachelor skal samtlige av gruppemedlemmene ut som kadetter, og etterhvert få løst papirer som skipsoffiserer.

## 1.2 Hvorfor vi valgte denne oppgaven

Når gruppen skulle velge tema til bacheloroppgave var det viktig å finne noe som vi alle synes var spennende og hadde felles interesse for. Etter en undervisningstime der hendelsen Bourbon Dolphin ble nevnt, begynte gruppen å diskutere og gruble angående rorbruk og opplagringskrefter. Under en samtale med en foreleser her på NTNU kom vi inn i en diskusjon rundt nevnte problemstilling, og kom fram til at det ikke forelå noe klart svar. Han avsluttet samtalen med en halvironisk oppfordring om å skrive en bachelor om det, men vi tok han på ordet.

## 1.3 Bakgrunn

Fra tidligere erfaringer, læretid, undervisninger, samt simulator øvinger gjennom studietiden vet vi at det er mye ytre påvirkninger og momenter som spiller inn på manøvreringen. For best mulig å løse disse utfordringene, er det essensielt å kjenne til alle disse påvirkningene og vite hvordan man kan håndtere dem. Om det enten er tråling, tauing eller ankerhåndtering opplever man ytre krefter som spiller en stor rolle innen manøveregenskapene til et fartøy. Her blir operatørene begrenset i handlingsvalg og evnen til å gjennomføre ønsket manøver. Dette krever planlegging og ikke minst erfaring og kjennskap til hvordan kreftene virker inn. For å sitere Norvald Kjerstad: *«Å utnytte krefter under kontroll, for å overvinne krefter som ikke er under kontroll».*

## 1.4 Problemstilling

Problemstillingen i denne bacheloroppgaven var å undersøke hvordan ytre krefter som slep/tauing/tråling påvirker pivot-punktet og dermed manøveregenskapene til et skip. Gruppen ønsket å undersøke hvordan man eventuelt kunne forbedre manøveregenskapene ved å flytte disse opplagringskreftene og endre bruken av ror. Gruppen ville ved hjelp av kvalitative intervju og forsøk i simulator se på:

- Hvorfor pivotpunktet har innvirkning på manøveregenskapene, med og uten slep
- Hvordan plasseringen av opplagringspunkt for slep langskips og tverrskips påvirker manøvreringsevnen
- Muligheter for å forbedre svingegenskaper under tauing/ytre påkjenninger

## 2 Teoretisk grunnlag

For å løse problemstillingen i denne bachelor oppgaven er det essensielt å vite hvordan et skip blir drevet gjennom vannet. Dette er i stor grad avhengig av hva slags arbeid det er ment til å utføre. Skal det frakte containere over hav med samme hastighet 12 dager i strekk, eller skal det underholde turister rundt de Karibiske øyer. Kanskje skal skipet drive med fiske ved iskanten i Barentshavet, eller så skal det frakte pendlere over fjorden fra Molde til Vestnes. Uansett formål, ønsker den som opererer skipet at fremdriftssystemet og skroget er mest mulig egnet til fartøyets bruksområde. Vi skal derfor ta for oss ulike system som er vanlig til sjøs i dag.

### 2.1 Fremdriftssystem

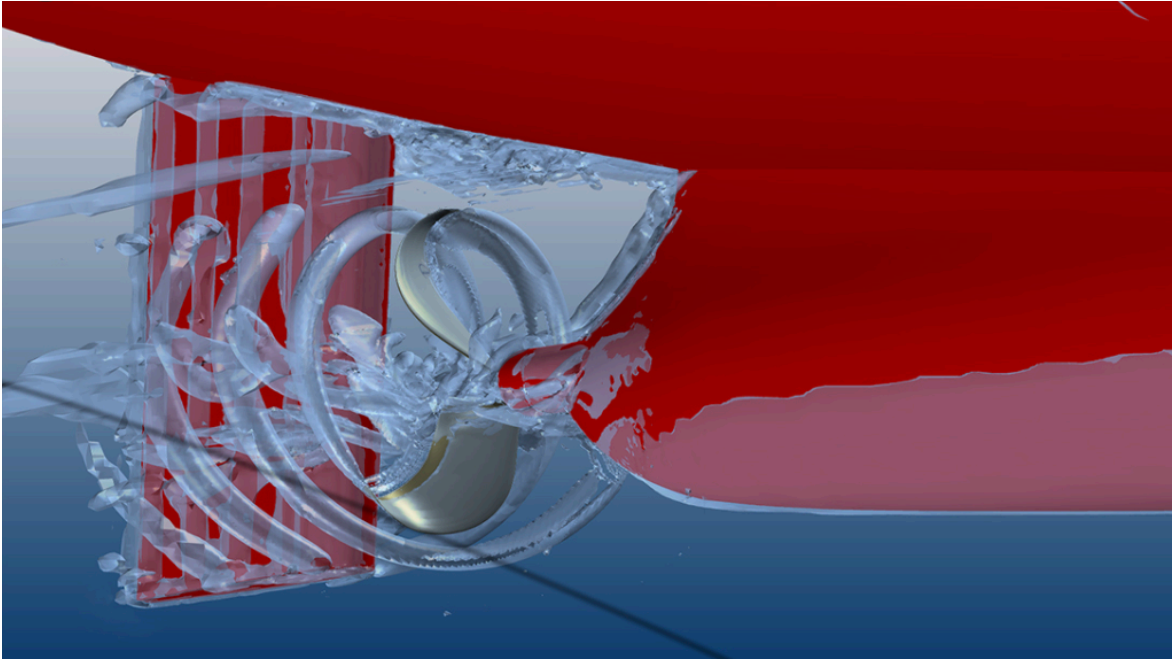
I dag har propellen for lengst tatt over for både seil og skovler som foretrukket metode for å drive et fartøy gjennom vannet. En vanlig undervannspropell har flere propellblad som er festet i et såkalt propellboss, som igjen er festet i propellakslingen (Kjerstad, 2008, p. 19). Ved at propellakslingen driver bosset rundt og propellbladene er noe «vridd», vil det få bladene til å skjære gjennom vannet på en slik måte at det skapes undertrykk på fremsiden og overtrykk på baksiden av bladene. Dermed skyves vannet vekk fra propellen, og skroget skyves derfor med like stor kraft andre veien.

Fartøy i dag har utallige ulike utrustninger til fremdrift og manøvrering. De fleste ser gjerne for seg den klassiske løsningen med propellen på en strak aksling og ror helt akterut. Selv om det fortsatt i stor grad forekommer på mange skipstyper, har vi de siste 70-80 årene blitt introdusert for mer moderne måter å manøvrere et skip på. Etterhvert som det er blitt stilt strengere krav og man har fått mer behov for manøvrerbarhet, har spesielt bruken av azimuth-thrustere skutt i været.



### 2.1.1 Konvensjonelt fremdriftssystem

Løsningen med en propell plassert på en strak aksling med ror aktenfor anser vi fortsatt som et konvensjonelt fremdriftssystem, da det fortsatt er i ustrakt bruk innen kommersiell maritim virksomhet.



Figur 1: Konvensjonelt fremdriftssystem. Kilde: (plm.automation.siemens.).

Evnen til å regulere kraften til propellen er en stor del av manøveregenskapene til et skip, og med en type propell som nevnt tidligere har vi to måter å gjøre det på. Den ene er å regulere omdreiningen til propellakslingen slik at propellbladene øker eller minsker hastighet gjennom vannet. Dette medfører lite evne til finmanøvrering på skip der propellakslingen er koblet på en stor, saktegående dieselmotor med dårlig evne til å regulere turtall. Det er en løsning som gjerne benyttes av større havgående fartøy der hastigheten skal være lik i flere dager. Den andre måten å justere skyvekraften på er å regulere stigningen på propellbladene, det vil si vridningen mot propellbosset. Dette gjøres i hovedsak ved hjelp av en hydraulisk mekanisme i propellbosset. Selv om her også brukes forskjellig type propelldesign, vil en propell ved variabel stigning gi ønsket kraft selv om optimalt turtall opprettholdes.

For å styre retningen på skipet brukes ulike typer ror. Roret er alltid plassert like bak propellen, slik at det styrer vannstrømmen i ønsket retning. Konvensjonelle ror har ingen effekt med mindre det går en vannstrøm over roret som man oppnår ved at propellen skyver

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

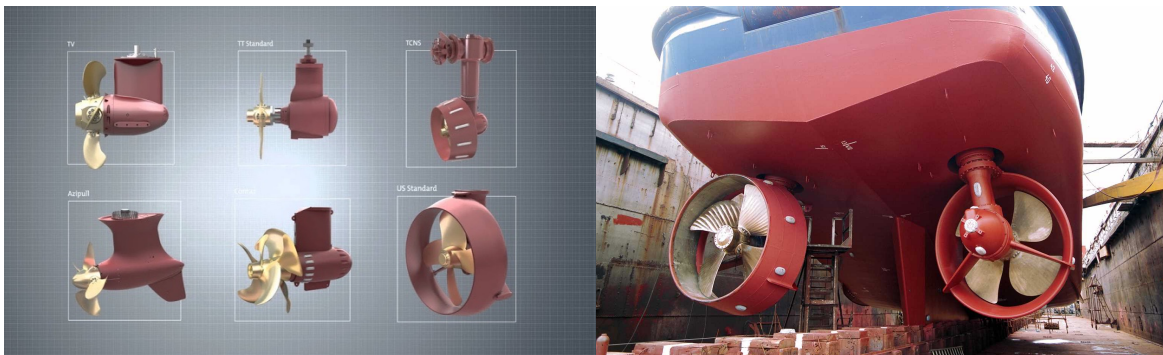
vannet i en hastighet større enn vannet rundt. De fleste moderne ror har en utforming som ligner en fly-vinge, som skaper under – og overtrykk på hver sin side av roret uten at vannstrømmen brytes opp og roret «staller» (Kjerstad, 2008, pp. 1-13). Når roret befinner seg helt akterut vil den skyve hekken til én side, mens baugen beveger seg motsatt retning og skipet endrer retning. Et sted mellom baugen og roret finner vi et tenkt sted på skroget som kun dreier rundt seg selv horisontalt, kalt «pivot-punktet».

Denne typen fremdriftssystem vil være det gruppen finner på fartøystypene oppgaven vil dreie seg om, da dette er kjent som løsningen som gir størst mulig skyvekraft, noe som er essensielt ved sleping og tauing.

### 2.1.2 Azimuth-thrustere

Azimuth-thruster, eller bare azimuth, er en innretning som gir oss mulighet til å dreie en undervannspjelle 360 grader rundt sin egen akse, samtidig som den gir fremdrift. Dermed gir den også styring til skipet ved å skyve vannstrømmen i ønsket retning. Vanligvis plasseres to av disse akterut under skipet, selv om her finnes unntak som vi skal se nærmere på. Bruken av azimuth-thrustere finner vi i stor grad i offshore-næringen, i passasjertrafikk og på taubåter (Navyhistory, 2012).

Det finnes en rekke ulike varianter av azimuth-thrustere som følge av ulike produsenter, men også ulike bruksområder. Her varierer det blant annet mellom løsninger der elektromotoren som driver selve propellen er plassert i selve skipsskroget, eller som produsenten ABBs løsning der den befinner seg i undervannshuset på selve thrusteren, kalt Azipod®.



Figur 2: Varianter av azimuth-thrustere, samt illustrasjon i full størrelse. Kilde: (Rolls-Royce), (Kongsberg Maritime)

### 2.1.3 Voith Schneider

Voith Schneider er et fremdriftssystem som skiller seg ut fra de mer konvensjonelle innretningene, der et antall «vinger» er montert på en roterende skive i skroget. Dette kalles for «sykliomdrift» (imcbrokers.com, 2007). Systemet gir en fenomenal manøvreringsevne ettersom man har mulighet til å justere vridningen til vingene på en slik måte at den skyver vann i ønsket retning uten å måtte endre retning på hele apparatet. Voith Schneider er utbredt på taubåter, men finnes også på større offshore fartøy som vist på North Sea Giant på figur 3 under.



Figur 3: North Sea Giant utstyrt med Voith Schneider. Kilde: (North Sea Shipping).



Figur 4: Voith Schneider-propellen i full størrelse. Kilde: (Voith).

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

#### 2.1.4 Dysepropell

Dysepropell består av en konvensjonell propell med en ringformet dyse rundt. Selve dysen har et tverrsnitt som en hydrofoil, som skaper over – og undertrykk over dysen som bidrar til å gi skyv (Kjerstad, 2017, pp. 1-24).

Dysens utforming gjør at vannets akselerasjon blir mindre over propellen, noe som øker virkningsgraden betraktelig. På fartøy som driver med tauing vil en løsning med dysepropell i mange tilfeller være å foretrekke da det gir en mer rettet vannstråle mot roret, noe som øker svingeffekten.



Figur 5: Dysepropellen i full størrelse. Kilde: (Kystmagasinet).

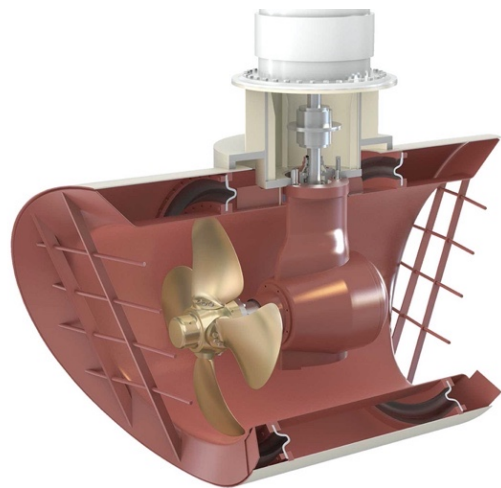
#### 2.1.5 Rortyper

Konvensjonelle ror er avhengig av en vannstrøm med hastighet større enn skroget har gjennom vannet for å være effektivt, og er derfor i alle tilfeller plassert like bak propellen. Forenklet kan vi skille mellom ror med og uten bevegelige flaps. Et såkalt Becker-ror er utstyrt med nettopp en slik flaps i bak-kant som øker vinkelen i forhold til senterlinjen med det dobbelte av resten av roret. Et slikt ror kan gi 70-80% økt sidekraft sammenlignet med et ror uten flaps (Kjerstad, 2017, pp. 1-16).

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

### 2.1.6 Tunnel-thruster

Tunnel-thrusterne er designet for å kun gi kraft i tverrskips retning for å øke manøvrerbarhet. Da den er plassert inne i en tunnel i skroget vil den ikke ha noen effekt over en viss hastighet, men være til stor hjelp ved manøvrering i hastigheter mellom 0 og 3 knop. Avhengig av type skip er disse plassert lengst mulig mot forre eller aktre perpendikulær for størst mulig effekt. Disse propellene er i de fleste tilfeller drevet av en elektrisk motor som får sin kraft fra en elektromotor ombord.



Figur 6: Tverrsnitt av tunnel-thruster. Kilde: (Kongsberg Maritime).

### 2.1.7 Generatorer

Behovet for produksjon av elektrisk strøm ombord vil naturlig nok være avhengig av forbruket. Her velges løsninger basert på behov, og ikke minst hva slags fremdriftssystem vi har med å gjøre. På et PSV-fartøy vil en typisk løsning være 3-4 dieselgeneratorer som forsyner en hovedtavle med strøm, i tillegg til en nød-generator. Fra hovedtavlen blir elektrisiteten distribuert til forbrukerne om bord, der mesteparten går til thrustere, kraner, pumper og annet utstyr som trekker mye strøm. Dette prinsippet kalles for diesel-elektrisk fremdriftssystem. En fabrikktråler vil også ha et behov for større mengder strøm, da fryserom og fabrikkutstyr krever dette for å operere. En annen løsning som forekommer er en akselgenerator som benytter seg av kraft fra skipets hovedmotor til å generere strøm til bruk ombord. Dette vil være å finne på skip som har diesel-mekanisk fremdrift, og dermed et mindre strømforbruk.

## 2.2 Skrogtyper

Motstanden vannet gir mot et skrog og hvordan skipet oppfører seg gjennom vannet spiller inn på utforming og skrogtype. Også her, som nevnt over, vil dette være avhengig i type operasjon og arbeidsoppgaver fartøyet er ment å operere i. Skroget kan eksempelvis være utformet for mest mulig fart gjennom vannet, stabilitet, is-navigering eller hvordan det bryter sjø/bølger.

Når man snakker om fremdriftssystemene, propell/ror-typer, thrustere (som nemt over) etc. snakker man om krefter som er under direkte kontroll. Krefter som spiller inn på skrogtyper og utforming er derimot krefter som ikke er under direkte kontroll. Her snakker man om:

- Skipets treghetskrefter og momenter
- Hydrodynamiske treghetskrefter og momenter
- Hydrodynamiske dempingskrefter og momenter

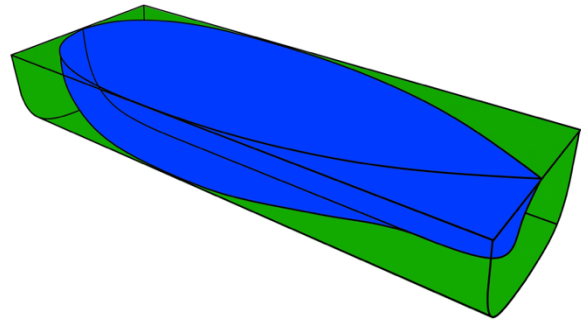
(Kjerstad, 2017, pp. 1-1)

Når man snakker om skipets treghetskrefter og hydrodynamiske treghetskrefter/dempingskrefter snakker man stort sett om utformingen på skroget og hvordan vannstrømmingene fungerer rundt dette. Terminologi som beskriver disse kreftene er «formkoeffisienter». Dette er en felles betegnelse for koeffisientene som brukes til å beskrive skrogets form på en enkel måte og hjelper til å sammenligne det ulike skrogformene. Disse koeffisientene karakteriserer egenskapene til et skip og vil si noe om lasteutnyttelse og motstanden fartøyet har i vannet. Det er derfor viktig å sette seg inn i hvilken skrogutforming som vil gjøre seg gjeldene og blir mest gunstig for operasjonen før man bestemmer seg for type skrog. Man deler videre inn formkoeffisientene i fire ulike verdier:



### Blokk-koeffisient (CB)

Blokkkoeffisient (forkortet CB) er et uttrykk for forholdet mellom volumet av et skipsskrog under vann (blå figur) og volumet av en rektangulær blokk med samme lengde, bredde og dybde. (grønn figur). Denne vil variere fra fartøy til fartøy, alt etter arbeidsområde og hensikten fartøyet er konstruert for. Dette kan eksempelvis være 0,5 for slanke



Figur 7: Illustrasjon av Blokk-koeffisient. Kilde: (Grieg Medialog AS).

hurtige skip, til rundt 0,9 for lekterlignende fartøyer. Blokk koeffisient på rundt 0,5-0,7 vil kunne være bra med hensyn til fart gjennom vannet, samtidig så dette vil kunne gå utover stabilitet og lasteevne. Større tankskip og container skip vil ofte ligge på rundt 0,8 da disse er konstruert for å ta med mye last, der farten gjennom vannet er mindre vesentlig. Så her igjen vil arbeidsområde og virkemåte for fartøyet spille inn på valg av skrog-type.

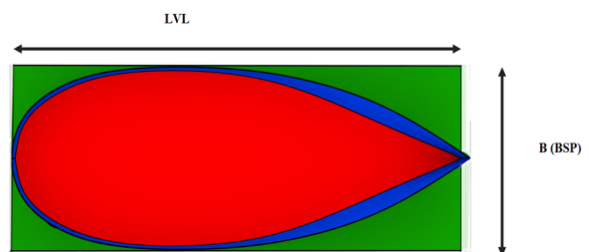
#### FORMEL FOR CB

$$CB = \frac{\nabla}{L \times B \times T} \quad \nabla = \text{volumdeplasement (m}^3\text{)}, LPP \text{ (m)}, B \text{ (bredde) (m)}, T \text{ (dypgående) (m)}.$$

Formel 1: Formel for utregning av CB. Kilde: (Grieg Medialog AS).

### Vannlinjearealet koeffisient (CW)

Vannlinjearealet koeffisient (forkortet CW) er et uttrykk for forholdet mellom arealet skipet har ved vannlinjen (rød) og arealet til et rektangel som tangerer største bredden ved vannlinjen og lengste lengde ved vannlinjen (grønn). Vannlinjearealets størrelse og form vil har stor betydning for skipets stabilitet (Grieg Medialog AS, 2020).

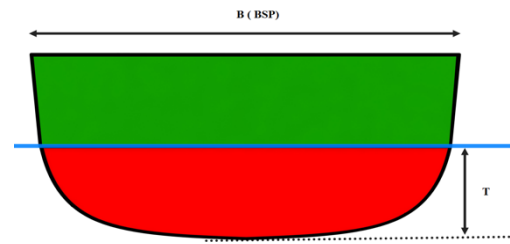


Figur 8: Illustrasjon av CW. Kilde: (Grieg Medialog AS).

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

### Midtpantkoeffisient (CM)

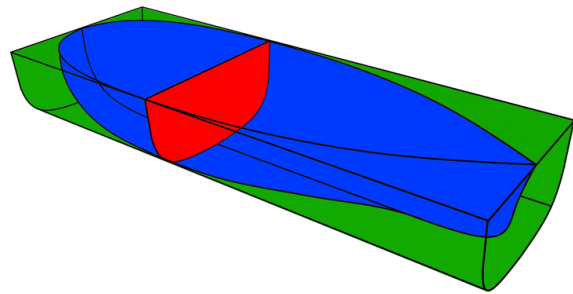
Midtpantkoeffisient (forkortet CM) er et uttrykk for forholdet mellom arealet over vannlinjen (grønn) og arealet under vannlinjen (midtpant arealet) ved midtpantet. CM vil da bli det røde arealet dividert på rektangelet  $BSP \times T$  (se figur). CM vil derfor variere med dypgående for et og samme skip (Grieg Medialog AS, 2020).



Figur 9: Illustrasjon av CM. Kilde: (Grieg Medialog AS).

### Prismatisk koeffisient (CP)

Prismatisk koeffisient (forkortet CP) er et uttrykk for fartøyets linjeføring mot endene. Man kan kalle det fyldigheten til volumdeplasementet mot endene. På figuren til høyre viser det blå fartøyets volumdeplasement, det grønne er en rektangulær kasse som er like lang, bred og



Figur 10: Illustrasjon av CP. Kilde: (Grieg Medialog AS).

høy som volumdeplasementet (volum av skroget under vannlinjen). Det røde viser midtpant arealet under vannlinjen. En høy CP betyr at volumdeplasementet er forholdsvis fordelt mot endene av fartøyet (Grieg Medialog AS, 2020).

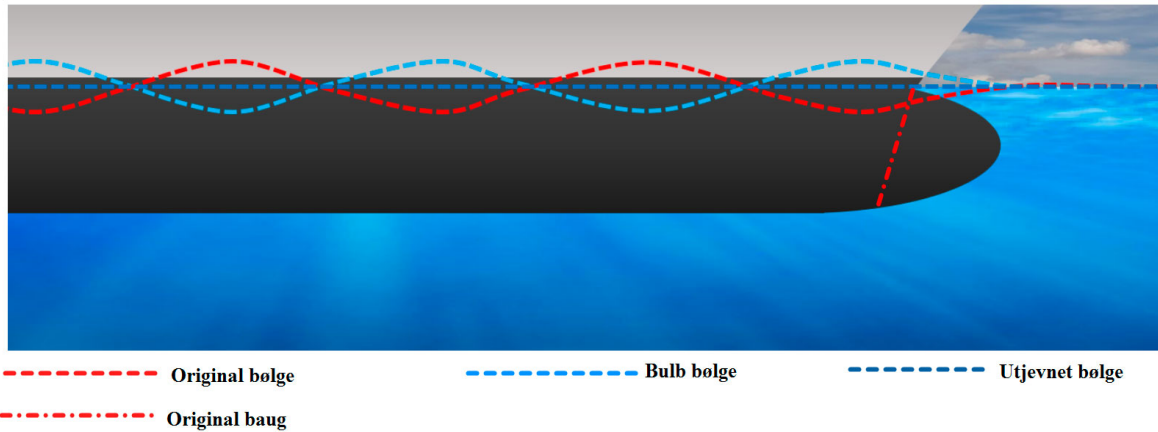
Koeffisientene nevnt over er viktig å ta i betraktning når man skal velge skrog og skrogutforming til et fartøy. Her må man se på operasjonsområde og arbeidsområde fartøyet er beregnet til å operere i. Det kan være at fartøyet skal kunne laste tungt, være mest mulig stabilt, eller være smidig og hurtig.

### 2.2.1 Baugtyper

Andre element som spiller inn på skrogets egenskaper er hvordan baugen på fartøyet er konstruert. Man har eksempelvis bulb-baug som er en vanlig skrogutforming på skip. Bulben er et kuleformet utspring helt forut på skipet under vannlinjen. Ved å montere bulb på et skip vil man kunne oppleve bedre motstandsegenskaper i sjøen. Prinsippet bak bulben er at den vil lage et bølgesystem som er i motfase med skrogets eget bølgesystem som vist på figur 11 under. Dette vil gjøre den totale bølgen mindre enn den ellers ville vært, noe som igjen reduserer motstanden.



## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep



Figur 11: Bølgesystemet ved bulb-baug. Kilde: (Grieg Medialog AS).

Eksempel på andre baugtyper er Ulstein Group sin «X-Bow». På dette designet er baugen vendt innover mot akterenden på skipet isteden for skrått utover som konvensjonelle skrog har. X-Bow skrogene vil ha en større oppdrift foran og skal, ifølge Ulstein Group, gi forbedrede sjøegenskaper i møtende sjø. Den ekstra oppdriften vil gjøre at baugen «flyter» over møtende bølger, mens konvensjonelle skrog ville måtte bryte seg gjennom.



Figur 12: Illustrasjon av Ulstein Group sin "X-Bow" på fartøyet Island Intervention. Kilde: (Ulstein Group).

## 2.3 Fartøy som driver med tauing

For fartøy som tauer vil det være mer utfordrende å svinge i forhold til hva det ville vært dersom det samme fartøyet ikke hadde tauet. Tauing har en direkte konsekvens på manøvrerbarheten til fartøyet. Dette er skipsbyggere og designere fullt klar over. Det er derfor viktig å ha stor manøvrerbarhet for å kunne operere effektivt. For å kunne oppnå dette må sleperen helst være festet foran propellere og ror. Dersom sleperen er fast helt akterut, for eksempel i tauepinner eller hekkull vil skipet være betydelig vanskeligere å styre med stram sleper. På ankerhåndterer blir dette problemet tatt hånd om ved at slepevaier går gjennom et slepeøye som er plassert 1/3 skipslengde lengre frem på dekk. Det kan også vandre fritt fra «krosstreet» som er like bak slepevinsjen. Ved en slik løsning vil sleet kunne vandre helt fritt over hekken, bare hindret av stopperen på rekken (railen). Ulempen med en slik løsning er naturligvis at det vil være svært farlig for folk å bevege seg på akterdekk under sleping. I tillegg vil det kunne oppstå kraftige krenagemoment dersom sleperen av en eller annen grunn står tverrskips og strammes opp. Av denne grunnen er det fastsatt spesielt strenge krav til stabilitet og ytelse på slepebåter (Kjerstad, 2017, pp. 1-85).

### 2.3.1 Trålere

På verdensbasis er trålerne den dominerende fartøystypen og den som tar størst mengde fisk. Det finnes flere ulike trålere som blir skilt mellom redskapstyper, og til en viss grad hva de fisker. I denne oppgaven skal vi konsentrere oss om bunntål.



Figur 13: Illustrasjon av Tråler. Kilde: (Havfisk)

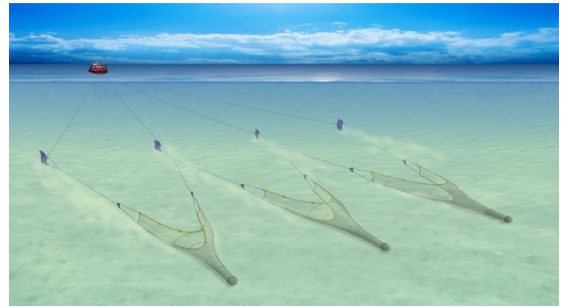
De fleste konvensjonelle trålere benytter bunntål da dette er mest hensiktsmessig. I Norge er det forbudt å benytte flytetål i forbindelse med torskefiske. Fiskeslagene oppholder seg i hovedsak langs bunnen. De mest typiske fiskeslagene er torsk, sei, hyse, blåkveite, uer og reker. Dersom fartøyene er utstyrt med fabrikk eller fryseri for behandling av fangst kalles de gjerne fabrikktråler eller frysetrålere (Kjerstad, 2017, pp. 1-124).

De viktigste fiskefeltene for Norge er Barentshavet, langs Eggakanten sørover Norskekysten og i Nordsjøen. Norske båter har ofte særskilte kvoter i andre land sine økonomiske soner som for eksempel fiskefeltene i land som Canada, Grønland og Island.

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Bunntålen taues vanligvis ikke dypere enn 600 meter og farten vil for det meste ligge mellom 2 og 6 knop. De fleste trålere i dag er rigget for å taue med to eller tre tråler samtidig.

De er også utrustet med kraftige tauevinsjer som hovedvainerene er spolet inn på. Hovedvainerene er festet i tråldører og lodd som igjen er knutepunktene mellom trålene. Dørene er utformet på den måten at når du blir tauet gjennom vannet, skaper de en kraft som gjør at de blir skjøvet utover. Det er dørene som står



Figur 14: Illustrasjon av trippeltrål langs havbunnen. Kilde: (Seafish)

for spredningen til trålene og effektiviteten til tråldørene er vitale for fisket. Ved dobbeltrål vil det være et lodd som knytter sammen trålene på midten. Videre har trålere et kraftig overbygg på fremre del av skroget. Maskinkraft og tauekraft er elementer som er viktige og ofte begrensede i dagens trålflåte.

### 2.3.2 Ankerhåndteringsfartøy

Ankerhåndteringsfartøy (også kalt AHTS) er en skipstype som er utstyrt med kraftige vinsjer som gjør fartøyet i stand til å taue tunge gjenstander, samt ankre opp eksempelvis oljeplattformer. Når vi snakker om tauekapasiteten til en ankerhåndterer kaller vi dette for «bollard pull». Her er det ofte kamp mellom rederiene om å ha de største



Figur 15: Fartøyet "Island Victory". Kilde: (Island Offshore Group)

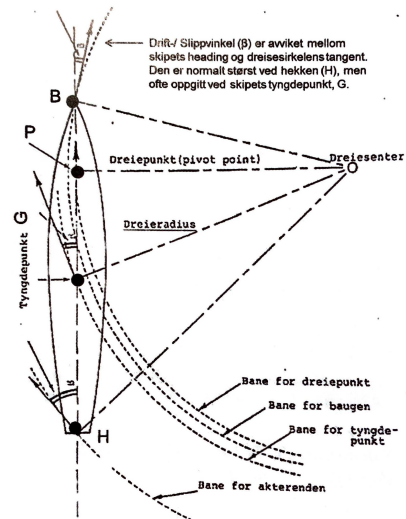
maskinene samt tyngden nok til å kjempe om den største bollard pullen. Per dags dato er Island Victory den kraftigste med sine 477 tonn bollard pull (Island Offshore Group, 2020).

I tillegg til å håndtere ankere, blir disse fartøyene også brukt til tauing av eksempelvis FPSO, tankere og større cruiseskip. Det som skiller AHTS fra en vanlig PSV (plattform supply vessel) er de store vinsjene på dekk, samt hekkrollen bak på ankerhåndteringsfartøyet. Nyere og moderne ankerhåndterere er som regel utstyrt med flere komponenter som gjør den i stand til å løse flere ulike operasjoner, blant annet forsyning, Rov-operasjoner, Subseaoperasjoner, sikkerhets/redningsoperasjoner etc.

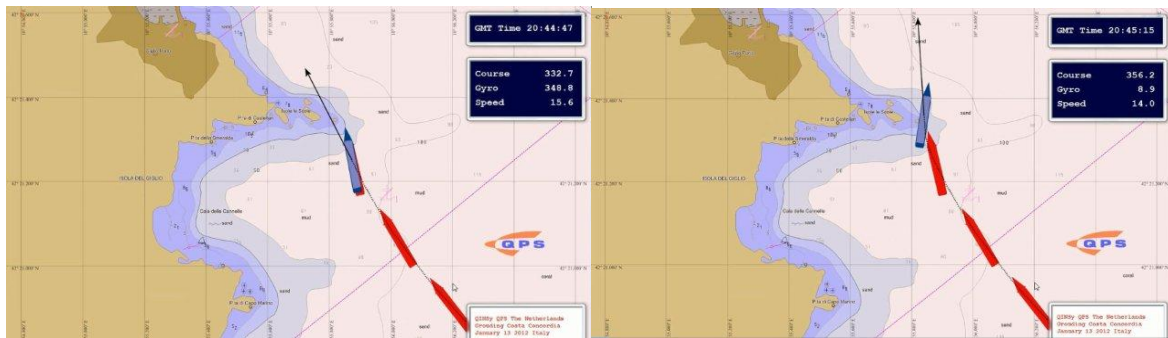
## 2.4 Pivotpunktet

Ved manøvrering av skip er det viktig å ha kjennskap til hvor skipets dreiesenter ligger. Pivotpunktet eller båtens svingesenter er det punktet båten til enhver tid svinger rundt. Dette punktet er dynamisk og endrer seg ut ifra båtens utforming, lastekondisjon, fart gjennom vannet, og ytre påvirkninger som slep, strøm, vind etc. Pivotpunktet vil alltid flytte seg i den fartsretning båten beveger seg i (Kjerstad, 2017, pp. 1-11).

Ved kjennskap til pivotpunktet vil man skape en forståelse for hvordan skipets ender vil bevege seg i forhold til banen skipet holder i svingen (se figur 16). Det er viktig å ha forståelse for at akterenden til et skip vil ha betydelig større bane enn dreiepunktets bane (Kjerstad, 2008). Dette illustreres ved manøveren til cruiseskipet Costa Concordia i januar 2012 da kapteinen vurderte svingen som trygg. Her lå pivotpunktet så langt fremme på skipet at akterenden på det 290 meter lange skipet hadde enn mye større bane enn det baugen hadde. Denne feilvurderingen resulterte til at fartøyet grunnstøtte og 33 personer mistet livet (Safety4sea, 2018).



Figur 16: Pivot punktets plassering i en sving og følgende bane til skipet. Kilde: (Kjerstad, 2017, pp. 1-11)



Figur 17: AIS track fra da cruiseskipet Costa Concordia grunnstøtte i 2012. Kilde: (Hamilton).

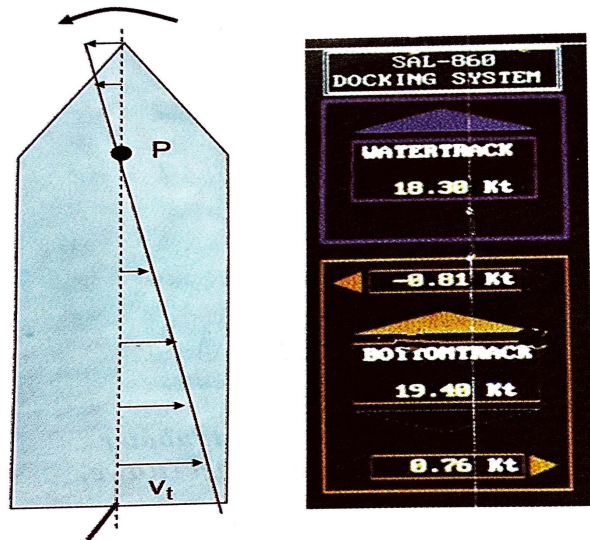
Pivotpunktet er det punktet hvor skipet ikke har noen tverrskip forflytning. Plasseringen av punktet vil variere etter skipets hastighet og blokkoeffisient. Ved normal fart gjennom vannet vil det ligge ca. 1/6 skipslengde bak skipets forre perpendikulær, ganske nær skipets



## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

baug. Dersom skipet er utstyrt med nøyaktig docking log (se figur 18) vil det være mulig å se at tverrskipshastigheten er forskjellig forut og akterut. Man kan ut av dette få kjennskap til hvor pivotpunktet befinner seg (Kjerstad, 2017, pp. 1-11).

Plasseringen til dreiepunktet vil som nevnt være direkte avhengig av skipets fart. Ligger skipet i ro vil pivotpunktet ligge i skipets tyngdepunkt. Med en gang skipet gjør fart gjennom vannet vil pivotpunktet bevege seg i fartsretningen.



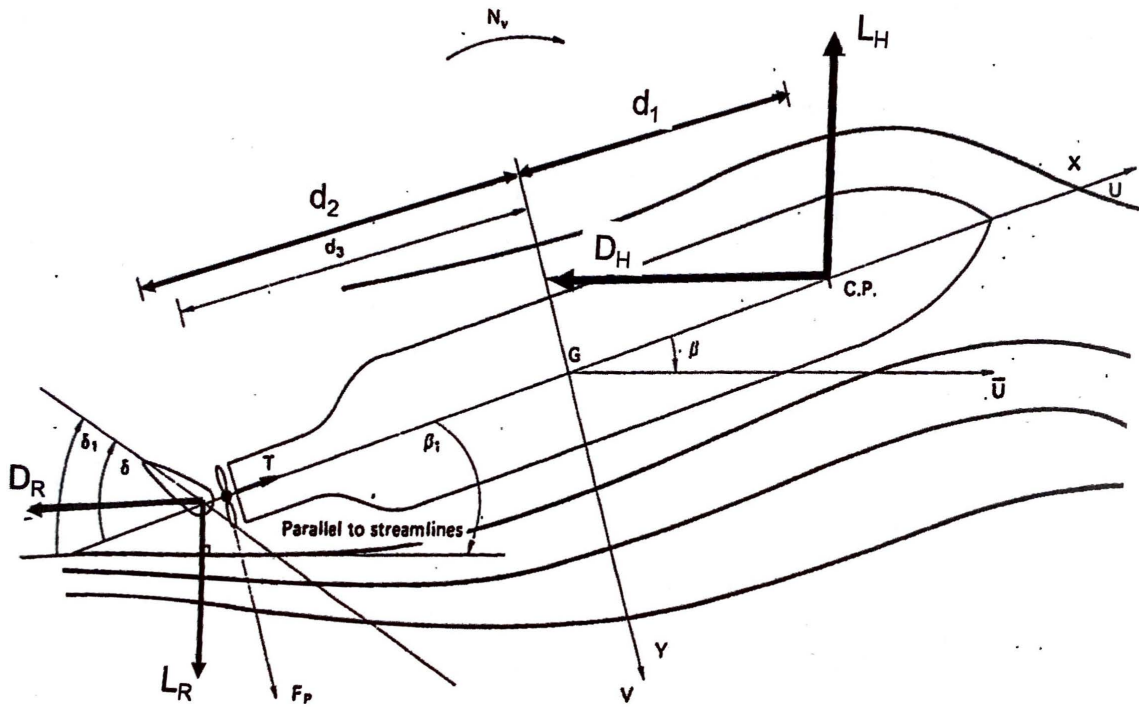
Figur 18: Illustrasjon av "docking log". Kilde: (Kjerstad, 2017, pp. 1-11)

Ved bruk av taubåter må man være ekstra oppmerksom på at taubåtens kraft vil danne et kraftpar med moment som er gitt av taubåtens kraft, multiplisert med avstanden til pivotpunktet. Ved bruk av side-thrustere vil man også oppleve det samme fenomenet. Her er det også et moment som er gitt av thrustens kraft multiplisert med avstand til pivotpunkt. Dersom tunell-thruster ligger i samme punkt som pivotpunktet vil den ikke ha noe effekt. Derfor er det lite effekt ved bruk av tunell-thruster når skipet gjør fart gjennom vannet. I ekstreme tilfeller kan pivotpunktet ligge foran tunell-thruster og ved bruk av thruster vil man kunne oppleve at skipet dreier motsatt av det som det normalt ville gjort dersom det hadde ligget i ro.

### 2.4.1 De tre fasene i en sving

Vil man forstå karakteristikken i en sving kan man studere strømmingen rundt skipet og roret i forskjellige faser gjennom svingen.

#### 1. fase av sving



Figur 19: Illustrasjon av strømmingene rundt skipet i første fase av svingen. Kilde: (Kjerstad, 2017, pp. 1-13)

Figur 19 viser at i første fase i svingen, i det roret blir lagt over til skipet begynner å svinge, vil ha en avdrift. Dette er en følge av rorets løft. Dreiemomentet som vil bli gjeldende fra roret under svingen er gitt av løftet multiplisert med avstanden til tyngdepunktet. Samtidig vil skipet oppleve en bremsende kraft som følge av rorets drag.

$$\text{Dreiemoment} = \text{Løft} \times \text{Drag}$$

#### 2. fase av sving

I perioden hvor skipet har oppnådd svingrate (ROT) vil vi i tillegg til det som er beskrevet i den første fasen få et dreiemoment til. Dette er gitt av skrogets hydrodynamiske løft og avstanden fra pivotpunktet til skipets tyngdepunkt.

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

I denne fasen vil man samtidig bli en økende bremsende kraft fra skrogets drag. ROT vil raskt bygges opp, før det vil avta noe. Svingeradius vil blir noe redusert.

$$\text{Dreiemoment} = (\text{løft fra ror} \times \text{drag fra ror}) + (\text{løft fra skrog} \times \text{drag fra skrog})$$

### **3. fase av sving**

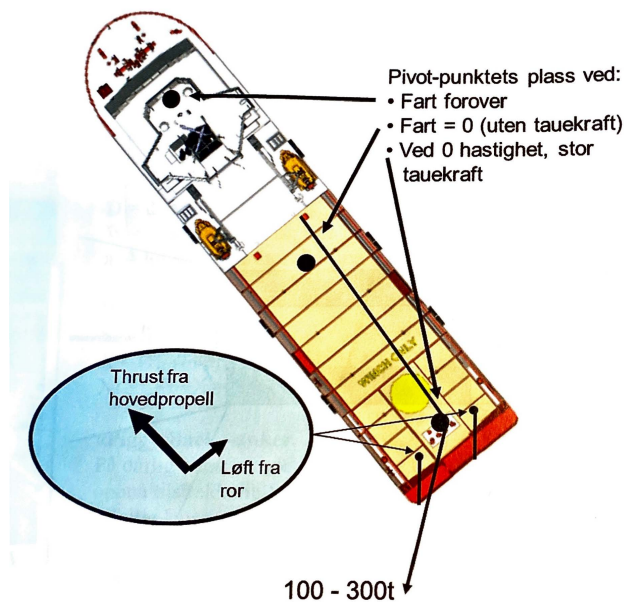
Skipet har nå oppnådd konstant ROT. Det vil si at det er balanse mellom ror-, propell- og hydrodynamiske krefter. Resultatet av konstant fart og ROT fører til at svingeradius også vil være konstant. Dreiesirkelen vil ikke være avhengig av skipets fart. Dette er forutsatt at vinkel på ror holdes konstant.

Ved manøvrering hvor vind er av en signifikant størrelse, vil skipets dreiesirkel variere. Den varierer ut ifra hvor angrepspunktet på vinden er satt og styrken på vinden. Her er momentet gitt av avstand mellom angrepspunkt og pivotpunktet (Kjerstad, 2017, pp. 1-13).

## 2.5 Styreproblemer ved tauing

Ankerhåndteringsfartøy og taubåter kan være utfordrende å manøvrere når store slepekrefter er opplagret langt bak på skipet. De vanligste opplagringspunktene vil være haikjeft eller tauepinner på en ankerhåndterer, og i blokkene på en tråler. Grunnen til disse utfordringene er, som nevnt tidligere i oppgaven, at pivotpunktet vil ved lave hastigheter flytte seg bakover. Et skip som ikke gjør fart gjennom vannet vil svinge rundt opplagringspunktet for slepet. Dette kan sammenlignes med når skipet går fra kai ved å gå i spring.

Figuren 20 viser en situasjon hvor en ankerhåndterer gir fullt ror utslag mot babord i et forsøk på å svinge mot babord. I dette tilfelle legger vi til grunn at skipet har stor påstand i slepet. Hastigheten er tilnærmet null. Skipet vil da dreie rundt opplagringspunktet på hekken. Visningen som etterhvert vil komme på slepeline kan komme av strømkrefter, direkte følge av egen bevegelse, eller på grunn av at rigg ikke gir etter line i samme hastighet som skipet drar. Ser man nærmere på



Figur 20: Illustrasjon av pivotpunktets forflytning ved ytre påkjenninger i opplagringspunkt. Kilde: (Kjerstad, 2017, pp. 1-84)

kreftene fra ror og propeller vil man se at skipet ikke vil dreie på samme måte som om når skipet var i fart. Siden ror sitter på omtrentlig samme linje som opplagringspunktet vil dette føre til at skipet blir forflyttet tverrskips ut til styrbord. Dette er det motsatte av hva man ønsket skulle skje.

Studerer man nærmere kraftparet som thrust fra hovedpropellene vil danne i forhold til dreiepunkt vil man se at disse vil bidra til å dreie skipet. Vi går ut ifra at hovedpropellene yter lik kraft. Propellen som har lengst arm til dreiepunktet vil skape det største dreiemomentet. På figuren er det tegnet inn en ankerline på styrbord tauepinne. Dette vil forårsake at skipet vil kunne dreie styrbord. Dette skjer samtidig som det blir thrustet styrbord som en følge av løftet fra begge ror.

Man ønsker å få skipet opp mot babord slik intensjonen var. Løsningen her vil være avhengig av hastighet, skipets utrustning, strøm, vind, osv. Går man ut ifra at farten er tilnærmet null



## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

kan man tenke seg at man kan bruke tunell-thruster foran for å skape et dreiemoment. Pivotpunktet er i dette tilfelle langt bak og armen til tunell-thruster foran er lang. En eventuell azimuth thruster foran kan også være noe man kan vurdere. Denne kan man benytte på den måten at den bidrar til både dreiemoment, samtidig som man får thrust forover. For eksempel 45 grader mot babord. Ror bak bør benyttes minst mulig for å forhindre tap av thrust forover. De kan samtidig skape et skyv mot styrbord, om hastigheten nærmer seg null, som ikke er ønskelig. Dersom skipet fortsatt dreier styrbord bør man vurdere å redusere kraft på babord propell. Et annet alternativ er å slakke på vaieren slik at man kan få fremdrift å deretter klare å gå skipet opp mot kreftene (Kjerstad, 2017, pp. 1-84).

## 2.6 Stabilitet ved skip som tauer

Fartøy som tauer vil normalt ha god stabilitet. Lavt tyngdepunkt og god bredde i vannlinjen fører til god stabilitet. Når det gjelder stabiliteten til en ankerhåndterer vil denne bevares ved bruk av låsing av ankerline i haikjeft og tauepinner. Disse hjelpemidlene bidrar til at en ankerline ikke skal gi et kregende moment. Et poeng for å redusere eventuelle kregende moment er at det er liten vertikal avstand mellom skipets tyngdepunkt og tauepinner. Dette medfører dog et problem. Lavt dekk gjør at reststabiliteten blir liten. Det vil si at det skal lite kregning til før man får dekket i vann. Kommer dekket i vann fører dette til en dramatisk og kritisk forverring av stabilitet. Operasjonelle forhold som kan skape slike kritiske stabilitetssituasjoner er:

- Vekt fra reservevaier, slakke bunkerstanker, tomme kjetting-kasser, anker og utstyr på dekk, osv.
- Stabilitetstank, som i hovedsak er en slakk tank, er vanligvis plassert aktenfor midtskips, under hoveddekk. Man bør unngå å bruke denne under ankerhåndtering da det vil heve det teoretiske tyngdepunktet.
- Man bør aldri la ankerline belastes når et ikke er låst i tauepinner i skipets senterlinje.
- Man må også være obs på å ikke få høy påstand på ankerline om den står på tvers av skipets heading.
- Ikke legg ror i samme retning som visning til ankerline. Dette vil øke kregemoment.
- Akterlig trim bør unngås da dette minimerer fribord og reststabilitet. Kregning vil normalt føre til mer akterlig trim.

Opplever man at skipets kregning øker under ankerhåndtering må man straks redusere kraft på vinsj og fremdriftssystemer (Kjerstad, 2017, pp. 1-84).

### **3 Metode**

Formålet med denne oppgaven var å undersøke hvordan pivotpunktet endrer seg under tauing, samt hvordan dette påvirker rorbruken. Gruppen bestemte at vi ville innhente informasjon utenfra, men også gjøre noen egne forsøk. Hensikten med det var at vi skulle få nyttig informasjon fra erfarne navigatører som håndterer problemstillingen til daglig, som vi kunne sammenligne med egne forsøk. Dermed kunne gruppen på best mulig vis være kritiske til egne resultat, ved at vi innhentet lignende verdier fra navigatører med erfaring på området. Gjennom disse funnene håpet gruppen på å finne noen tips/råd som kan bli nyttig for ferske navigatør, uten å ha erfaring fra nevnte bransjer.

For informasjon om hvordan navigatører takler denne problemstillingen i sitt daglige arbeid bestemte vi oss for å gjennomføre kvalitative intervju av minst 2 navigatører, en fra ankerhåndteringsfartøy og en fra tråler. Dette ble bestemt av den enkle grunn av at det var disse to bransjene vi ville se nærmere på i forbindelse med problemstillingen.

Da det vanskelig lar seg gjøre å gjennomføre forsøkene i ekte fartøy med våre ressurser, vil vi benytte oss av simulatormulighetene vi har her på Campus Ålesund. Vi mener det vil kunne gi oss en del sammenligningsgrunnlag mot det navigatørene vi intervjuer sier.

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

### **3.1 Forkunnskap og litteraturstudier**

Til teoridelen benyttes litteraturstudier, samt forkunnskap fra faget Navigasjon 3-Seilas og Manøvrering (TN203611-001 og TN203611-002). Dette faget består av en teoridel og en simulatordel, der begge delene gir en solid innføring i hva som skjer med fartøyet under manøvrering, dog mest uten slep. Likevel gir det oss et godt teoretisk grunnlag å bygge videre på når vi skal undersøke manøverkarakteristika under tauing.

Faget ble undervist av Tron Resnes, som jobber som universitetslektor ved NTNU, og Arnt-Håkon Barmen, Prosjektleder Dynamisk Posisjonering og simulatorinstruktør. Pensumlitteratur til faget er Norvald Kjerstads «Fremføring av skip med navigasjonskontroll», og er vår fremste kilde til teoridelen i denne oppgaven når det gjelder manøvrering, og generelt om krefter som virker inn på et fartøy.

### 3.2 Kvalitativt intervju

Grunnen til at vi valgte kvalitativt intervju som intervjumetode var at vi hadde spørsmål som kunne kreve noe forklaring til intervjuobjektet, og vi var opptatt av at vedkommende fullt ut skulle forstå hva vi spurte om. Dette vil være viktig da terminologien mellom de to bransjene kan bli brukt om hverandre, uten å nødvendigvis mene det samme.

Med bakgrunn i noen få kvalitative intervju får vi ikke noe grunnlag til å generalisere informasjonen vi henter ut (Øyen, Solheim, 2013). Det er heller ikke hensikten med oppgaven. Det vi derimot får er navigatørens egne vurderinger rundt problemstillingen, noe vi syntes ville vært problematisk å få belyst gjennom en kvantitativ spørreundersøkelse. Da vi har spesifikke ønsker om fartøystyper vi ønsker informasjon fra, er det lettere for oss å verifisere at intervjuobjektene faktisk har relevant erfaring ved personlige intervju, enn om vi skulle distribuert spørreskjema via mail eller på internett.

Intervjuene ble gjort personlig med gruppen tilstede, der vi med skriftlig tillatelse fra intervjuobjektet gjorde opptak av intervjuet med en definert begynnelse og avslutning. Dette gjorde at alle i gruppen kunne rette all oppmerksomhet mot objektet, og komme med oppfølgingsspørsmål der det måtte være nødvendig. Vi synes imidlertid at objektene svarte såpass grundig for seg at vi vurderte spørsmålene vi hadde forberedt som tilstrekkelige.

Intervjuobjektene ble presentert for spørsmålene vi hadde forberedt, slik at eventuelle uklarheter eller spesifiseringer rundt spørsmålene kunne avklares på forhånd.

Lydopptak:

Ifølge Datatilsynet kan lydopptak finne sted hvis;

- Det er et rettslig grunnlag for lydopptak
- De som tas opp blir informert
- Det kun skjer til klare formål, opptaket er relevant for formålet
- Informasjonssikkerheten er tilfredsstillende ivaretatt.

(Datatilsynet, 2018)

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Våre intervjuobjekter fikk valget mellom å gjennomføre intervjuet der vi gjorde lydopptak, mot å la en i gruppen skrive referat undervegs. Vi fremla et skriftlig dokument der vi opplyste om hensikten med opptaket, samt at opptaket ville bli slettet så snart transkriberingen var fullført. Selv om ikke opptakene inneholder navn på intervjuobjektene, er et lydopptak som personopplysninger å regne da stemmen kan gjenkjennes (Datatilsynet, 2018).

### 3.3 Forsøk i simulator

Vi er så heldige at skoledagene våre tilbringes på NMK ved Campus Ålesund. Her har vi, med litt assistanse, tilgang til skipssimulatorer levert av Kongsberg. De forskjellige broene har noe ulik utforming hva angår utstyr, men drives av samme programvare over en felles server, K-SIM®. Ved å benytte oss av funksjoner som å feste anker i havbunnen for så å justere motstand i dette, var det mulig for oss å finne ulike terskler for hvilken rorbruk som kunne gi ønsket eller forbedret effekt i taueoperasjonen. Gjennom forsøkene ville gruppen teste ut hvordan en modell av tråler samt en modell av AHTS oppførte seg i sving med en ytre påkjenning på skipet.

Per dags dato har vi tilgang på en modell av ankerhånderingsfartøy i skolens simulator, men foreløpig ligger ingen trålere i databasen. Heldigvis har vi takket være OSC ved NMK fått lov til å gjennomføre forsøket i deres simulatoranlegg, som har en trålmodell. Som nevnt tidligere vil skrogutforming, propell- og ror-utrustning samt opplagringspunkt ha innvirkning på manøverkarakteristikk, dermed antar vi at rorbruken kan virke annerledes inn på svingen mellom skipstypene.

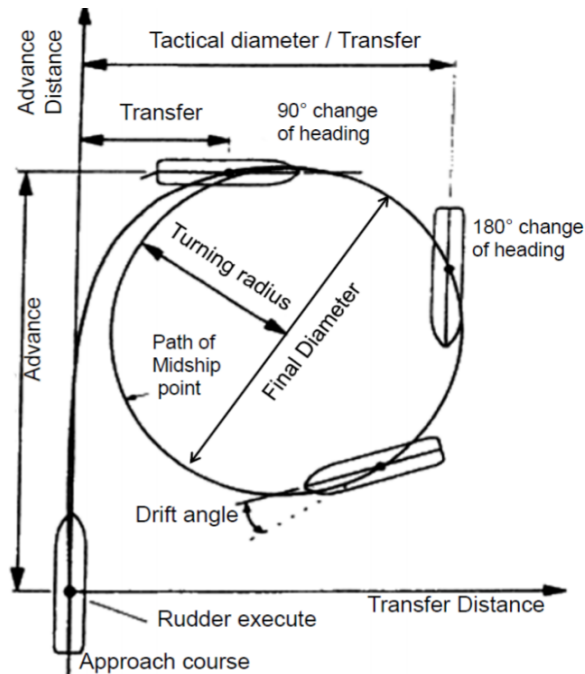
Gjennom utarbeidet fremgangsmåte var planen at gruppen skulle kjøre forsøk på de to skipene der vi undersøker ønskede verdier og svingdata fra simulatoranlegg. Dessverre slo Covid-19 pandemien ut for fullt i det vi var i slutfasen av forberedelsene til forsøk med trålermodellen. Dette førte til at Campus stengte for oss studenter, i tillegg til at aktiviteten hos OSC så vidt oss bekjent ble sterkt begrenset. Derfor måtte vi på et tidspunkt bestemme oss for å gjøre ferdig oppgaven uten simulatorforsøk med tråler. Gruppen mener imidlertid at vi med grunnlag i intervju av trålerkaptein, samt i svært nyttige samtaler med trålavdelingen hos Kongsberg Maritime har belegg for å gjøre oss noen tanker rundt problemstillingen.

### 3.3.1 Fremgangsmåte simulator

For å få noe sammenligningsgrunnlag mellom tråler og AHTS, ville gruppen utarbeide en enkel forsøks-mal som vi ville følge. Selv om sammenligning av disse båttypene ikke er selve hensikten med oppgaven, kan det være interessant å se på likheter/ulikheter når det gjelder taktikken bak manøvreringen. Derfor må vi følge faste parametere når vi gjennomfører forsøkene, og gjennomføre lik manøver på begge skipene.

For å gjøre premissene så enkle som mulig, og for klarest mulig resultat, vil vi gjennomføre en 90 graders kursendring med fartøyene, der vi vil hente ut trackplot fra programvaren i simulatoren.

Det vi får ut av dette forsøket er blant annet verdiene «advance» og «transfer» (se figur 21). Disse verdiene sier noe om hvor bra fartøyet svinger ved de ulike ror-ordrene. Vi håper også at vi kan få et bilde på hvordan pivotpunktet endrer seg når vi svinger med slep ved å undersøke tverrskipshastigheten i baugen sammenlignet med tverrskipshastigheten i hekken. Dette er mulig med hjelp av et «conning-display», som gir rask oppdatert informasjon om tverrskipshastighet i



Figur 21: Manøverprøve med de tilførende verdiene "Advance" og "Transfer". Kilde: (Kjerstad, 2017, pp. 1-3)

baugen, midskips og i hekken. I tillegg gir den ROT og hastighet langs skips. På moderne fartøy kan det også vise dreieretning og pådrag på de ulike thrustere man har tilgjengelig.

Advance: avstanden fra ror-endringen blir initiert til skipet har fått en kursendring på 90 grader.

Transfer: avstand fra opprinnelig kurslinje til punktet der 90 graders kursendring er oppnådd.



## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

De 2 parameterne vi vil variere på er rorbruk og påstand, der vi undersøger hastighet, ROT og advance/transfer.

Tabell 1: Mal for simulator forsøk.

ROR/PÅSTAND	Hastighet start/slutt	Max ROT	Advance/Transfer
Rorvinkel 1/Motstand 1	Knop X/ Knop Y	°	NM / NM
Rorvinkel 2/Motstand 1	Knop X/ Knop Y	°	NM / NM
Rorvinkel 3/ Motstand 1	Knop X/ Knop Y	°	NM / NM
Rorvinkel 1/Motstand 2	Knop X/ Knop Y	°	NM / NM
Rorvinkel 2/Motstand 2	Knop X/ Knop Y	°	NM / NM
Rorvinkel 3/Motstand 2	Knop X/ Knop Y	°	NM/ NM

#### **4 Intervju ombord**

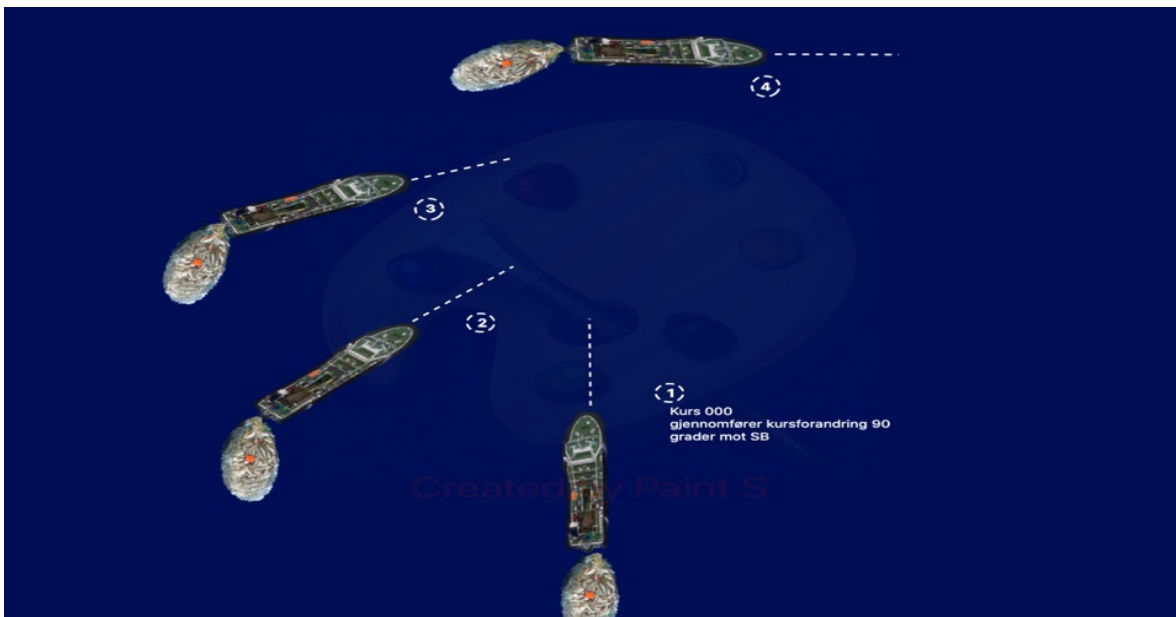
For å lære om erfaringer og metoder rundt problemstillingen har gruppen valgt å gjennomføre to kvalitative intervju. Gruppen har laget ett sett med spørsmål som stilles både til en kaptein på tråler og kaptein på ankerhåndtering. Gjennom disse spørsmålene ønsker gruppen å lære om erfaringer og tanker rundt vår problemstilling samt se etter forskjeller og likhetstrekk mellom de to bransjene. Begge intervjuobjektene opplever utfordringer knyttet til manøvreringen ved ytre påkjenninger og har, gjennom sin lange erfaring, gjort seg opp tanker og ideer rundt disse utfordringene.

#### 4.1 Tråler

Gruppen intervjuet en kaptein på en tråler som fisker hvitfisk og reker. Intervjuobjektet har vært kaptein på tråler i over 20 år. Han har god erfaring når det kommer til situasjoner og tilfeller som kan forekomme ved manøvrering av trål under fiske. Etter intervjuet med denne kapteinen har gruppen fått bekreftet ulike teorier vi hadde sett for oss.

Under har vi sammenfattet det gruppen mener er det viktigste fra intervjuet.

Under intervju med kaptein på tråler blir spesielt været nevnt som en utfordrende ytre påkjenning på fartøyet, i tillegg til selve slepet. I tilfeller der vind og bølger gjør det ekstra krevende å få fartøyet til å gjøre kursendring mot elementene, kan intervjuobjektet fortelle at man da vil «skyte vaier» for å lettere få fartøyet mot ønsket retning. Det vil si å slakke ut vaieren til bruket slik at slepet oppleves som om det gir mindre motstand, og vil derfor gi navigatøren et vindu der fartøyet lettere kan endre kurs.



Figur 22: Illustrasjon av kursforandringen til en tråler med stor påkjenning i opplagringspunktet. (Egen illustrasjon)

Når en slik øvelse utføres, vil man gjerne overkompensere kursendringen med 30-40 grader. Når slakkingen av vaier avsluttes vil motstanden i bruket igjen øke, og vil trekke fartøyet tilbake mot den egentlige ønskede kursen.

Dersom værforhold i kombinasjon med sterk strøm gjør det for utfordrende å manøvrere fartøyet på ønsket måte, har trålere en mulighet til å redusere størrelsen på bruket ved å gå

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

fra trippel til dobbelt/enkelt-trål. Dette reduserer motstanden i slepet betydelig, og gjør følgelig fartøyet mer manøvrerbart. Bakdelen med dette er at fisket blir kraftig redusert.

Videre kan trålkapteinen opplyse om at timing for svingene er viktig å tenke på, da en manøver gjerne planlegges en time i forkant. Selve kursendringen i seg selv tar også tid, og det kan ta opp til 45 minutter å gjøre en 360-graders kursendring med rekebruk. Med fiskebruk etter seg går det en del raskere, og er derfor ikke like en like utfordrende øvelse når det gjelder manøvrering.

På spørsmål om intervjuobjektet har noen spesielle triks eller hjelpemidler for å lettere gjennomføre en kursendring, svarer kapteinen at slakking av vaier er det mest brukte. Selv om trålere ofte er utstyrt med tunell-truster i baugen, blir denne ikke brukt til å hjelpe fartøyet til å endre heading. Det har blitt forsøkt på intervjuobjektets fartøy, men ga liten til ingen effekt.

Intervjuobjektet fikk også direkte spørsmål om det var aktuelt å benytte seg av «motsatt» ror, hvorpå vi fikk et kontant «nei».

Et viktig moment for hvordan fartøyet oppfører seg i sving er plasseringen av slepets opplagringspunkt. Dette lar seg vanskelig endres underveis, og plasseringen av utrustning på trålere er i utgangspunktet optimalisert mest mulig fra før. Man har likevel mulighet til å «legge inn» styrbord isdavit mot senterlinjen dersom en styrbord sving er vanskelig å få til.

Selv om roret normalt styres av autopilot under tauing, vil navigatøren her ha mulighet til å stille inn ønskede parameter. Maks rorvinkel blir i vårt intervjuobjekts tilfelle satt til 25 grader. Dette er for å begrense tap av tauekraft, belastning på maskin og drivstofforbruk.

## 4.2 AHTS

Gruppen gjennomførte kvalitativt intervju av tidligere kaptein/navigatør med erfaring fra flere offshore-rederier. Intervjuobjektet har arbeidet på flere fartøystyper, både innen offshore, ankerhåndtering og innenriks rutefart. Kapteinen har deltatt i flere store offshore operasjoner, både innen slep og ankerhåndtering. Dette gjør intervjuobjektet svært kvalifisert til å bistå i gruppens problemstilling.

Under har gruppen sammenfattet sentrale punkt fra intervjuet.

Under ankerhåndteringsoperasjoner der man har opplagringspunkt i tauepinnene opplever vårt intervjuobjekt at fartøyet får sterkt begrenset ror-effekt. Dette skyldes at tauepinnene er plassert like over rorstammen, slik at ved belastning i slepet vil pivot-punktet praktisk talt ligge i roret. Det vil bety at rorbruken her vil representere en sideveis forflytning av fartøyet, ikke nødvendigvis en kursendring. Her kommer tunnelthrustere og forlige azimuth-thrustere til sin rett, da disse blir brukt til å gi baugen tverrskips moment til å opprettholde og kontrollere fartøyets heading.

Ved ytre påkjenninger som vind og strøm under slep, vil man være svært utsatt under en operasjon der opplagringspunktet er tauepinner. Da er man avhengig av at forre tunell- og azimuth-thrustere er kraftige nok til å holde baugen imot elementene. Effekten av tunnelthrustere vil avta og forsvinne dersom hastigheten gjennom vannet overstiger 2-3 knop. Dersom det skjer, vil man ha liten kontroll over headingen til fartøyet, fordi man vil kun ha rorene å hjelpe seg med. Dersom disse brukes med stor vinkel vil mye av skyvekraften fremover gå tapt, og man vil ha problemer med å opprettholde ønsket påstand i slepet. Vårt intervjuobjekt kunne fortelle oss at en forlig azimuth-thruster ikke nødvendigvis bør posisjoneres 90° av fartsretning, men bør skråstilles noe slik at den bidrar til skyv fremover.

På spørsmål om hurtig slakking av vaier var et alternativ under en ankerhåndteringsoperasjon for et øyeblikks forbedring i svingegenskaper, var ikke dette et virkemiddel brukt i denne bransjen. For å oppnå en «free-floating vessel» tilstand vil vinsjene måtte skyte ut vaier raskere enn det som er praktisk mulig på mange ankerhåndteringsvinsjer, som vårt intervjuobjekt oppgir å være cirka en skipslengde i minuttet.

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

På en ankerhåndterer har man mulighet til å opplagre et slep flere steder på fartøyet, avhengig av hva slags taueoperasjon som foregår. Som nevnt tidligere vil pivotpunktet være sterkt påvirket av nettopp dette, noe som bekreftes i vårt intervju med AHTS-kapteinen. Dersom slepet ikke trenger å være opplagret i tauepinnene vil pivotpunktet befinne seg lenger frem på fartøyet, og man vil oppleve mer svingeffekt fra rorene.

Gruppen spør om bruken av «motsatt» ror forekommer i ankerhåndtering, og vi får bekreftet at dette blir brukt. Da ikke for å endre kurs, men for å sørge for sideveis forflytning på hele fartøyet. Headingen blir gjerne styrt av autopiloten, mens navigatøren selv styrer ror for å kontrollere tverrskips forflytning av hekken. Så lenge opplagringspunktet befinner seg ved rorene, vil man måtte bruke ror motsatt enn ved «free-floating vessel». Kapteinen tror det har vært ulykker offshore der årsaken kan skyldes at navigatøren ombord har brukt ror som normalt, som man ville gjort dersom skipet var «free-floating», og dermed fått uønsket effekt av rorbruken.

Krengning er et moment som kan være begrensende for ankerhåndteringsoperasjoner. Ifølge vårt intervjuobjekt er det særs viktig å kjenne båtens begrensninger. Man skal ha oppslått en plansje på bro der maks belastning ut fra gitt vinkel er oppgitt. Tidligere hadde man mulighet til å kjøre vaieren opp på «cargo-railene», altså et stykke frem langs skutesisida. Det krevde forsiktighet med tanke på påførte krefter i vaieren. Det var her også en utfordring at vaieren var lett å få opp på cargo-railen, men vanskelig å få ned igjen.

Gasspådrag og rorbruk overveies undervegs i løpet av en operasjon, da bollardpull gjerne er forhåndsdefinert. Man har som navigator derfor en idé om hvor mye ror man bruk for, og i en situasjon der en har 200 tonn i vaieren vil rorbruken ofte begrenses til 10°. Da har thrustere i baugen nok med å henge med for å holde baugen «oppe».

Gruppen lurte på om det kunne være et hjelpemiddel å bruke differensielt pådrag på hovedpropellene som virkemiddel for å bedre sving, men erfaring tilsa at det har svært begrenset effekt. På spørsmål om hvordan han kunne tenke seg endringer i skipsdesign på AHTS-fartøy med tanke på svingegenskaper, svarer han at bredden er det viktigste. Dette fordi stabilitet ofte er begrensende for hvor mye krefter en kan tilføre, som igjen kan begrense manøvrerbarhet. Med økt lengde får man også en større effekt av baug-thrustere.

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Alt i alt er vårt intervjuobjekt av den oppfatning at det er en gyllen middelvei av gode løsninger som skal til.

### 4.3 Sammenligning

Etter intervjuene med kaptein fra både tråler og ankerhåndterer satt gruppen igjen med god kunnskap som bidrog positivt til løsningen av vår problemstilling. Dette kom godt med når gruppen begynte drøftingen rundt vår problemstilling. Vi skal nå ta for oss noen utvalgte tema fra intervjuene å se på likhetstrekk og forskjeller mellom de to operasjonene.

Selv om begge kapteinene driver med tauing er likevel situasjonene disse kapteinene møter noe forskjellige. Begge intervjuobjektene opplever utfordringer knyttet til den ytre påkjenningen som påvirker skipet selv om utførelsen av jobben er forskjellig. I ankerhåndtering er det normalt ikke mye fart gjennom vannet når man eksempelvis legger ut anker eller strammer opp ankerlinene. Dette gjør at man på ankerhåndteringsfartøylene benytter seg av de kraftige thrusterene man har utstyrt i baugen for å kontrollere ønsket retning på fartøyet. I tråler sammenheng nevner intervjuobjektet at de fisker med en fart på rundt 2 knop ved rekefiske og 4-5 knop ved vanlig fiske. Siden disse fartøystypene ikke er like godt utrustet med kraftige azimut-thruster, eller tunell-thruster som det ankerhåndterings fartøylene har, vil man ikke på trålere oppleve noe særlig effekt ved bruk av thruster for å oppnå ønsket retning på fartøyet. Dette har også med at strømmingene langs skipet når man kommer over ett par knop, gjør at thrusterene mister effekten.

Begge intervjuobjektene er enig om at opplagringspunktet på slepet spiller en stor rolle for manøvreringsegenskapene til fartøyet. På ankerhåndterer er fartøyet utrustet med slepe-øye midt på dekk som gjør at man kan samle opplagringskreftene lengre frem på fartøyet. Dette gjør man for å forsøke å flytte pivotpunktet lengre frem, slik at man kan tilnærme seg «free floating vessel» og få ønsket svingeffekt av rorene. På tråleren forteller intervjuobjektet at man har sett på muligheten for å få til hydrauliske styrbare trålblokker som kan styres både i lengderetning og tverrskip på fartøyet. Dette vil kunne flytte opplagringspunktet på slepet og dermed flytte pivotpunktet mer mot en ønsket posisjon, som igjen øker evnen fartøyet har for manøvrering under slep. I tillegg til dette er tråleren utrustet med is-daviter som skal kunne legges innover og på denne måten kunne sentrere opplagringskreftene på trålen. Dette kan være med på å øke effekten av ønsket sving.

Ved spørsmålet om bruken av motsatt ror var det stor forskjell på svarene fra intervjuobjektene. Kapteinen på tråler hadde ikke noen erfaringer eller meninger rundt dette, da det ikke var noe relevant for operasjonen deres. Intervjuobjektet fra ankerhåndtering derimot kunne fortelle at de alltid benytter seg av det de kaller motsatt ror ved slep av



## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

ankerline. Dette er i situasjoner hvor fartøyet ikke har særlig farten gjennom vannet. Intervjuobjektet kunne fortelle at når vaieren er opplagret i tauepinnene bak på hekken, ligger opplagringspunktet samtidig rett over rorene. Dette fører til at pivotpunktet til fartøyet også vil ligge i dette område. Dermed benytter man motsatt ror på ankerhåndterer for å oppnå en sideveis forflytning på hekken. Videre forteller intervjuobjektet at fartøyet ligger inne med autoheading, som gjør at thruster-utrustningen fremme på fartøyet ligger automatisk og holder fartøyet i valgt retning. Dermed benytter de motsatt ror for å flytte hekken på fartøyet i ønsket retning, så følger baugen automatisk etter. Intervjuobjektet kunne fortelle at det å bruke motsatt ror for å kontrollere hekkens forflytning er nøkkelen til å slepe ut ankerline.

På spørsmålet som omhandlet de å «slakke på vaier» for å oppnå en rask kursendring, var det noe uenighet mellom intervjuobjektene. På ankerhåndtering kunne intervjuobjektet fortelle at for å få noe effekt av dette, måtte man ha slakket veldig fort. Samtidig mener han at vinsjene ikke er raske nok, men at noen trålere kunne se effekt ved at denne fartøystypen som oftest har pivotpunktet litt lengre fremme på fartøyet enn det de har. Kapteinen på ankerhåndtering mener derfor at bruken av baug-thrusterene er å foretrekke og at han personlig ikke har noen god erfaring med å slakke på vaier. Intervjuobjektet fra tråler derimot kunne fortelle at det er vanlig for dem å «skyte» vaier/slakke på vaier for å oppnå ny ønsket heading. Kapteinen på tråler kunne informere om at dette er for dem en svært effektiv måte å svinge på. Metoden er at man slakker fort ut på vaieren som er festet i trålen, som skaper en slakk i vaieren som gjør det mulig å raskt endre kurs. Når fartøyet er på kurs strammer man så inn vaieren igjen. Videre kunne intervjuobjektet fortelle at det gjerne er en kombinasjon av slakke i vaier og større fart gjennom vannet som gjør svingen lettere.

Når det kom til spørsmålet rundt vær, vind og strøm var begge intervjuobjektene svært enig om at dette hadde stor betydning for manøvreringsegenskapene til fartøyene. For ankerhåndtering gikk dette mest ut på faktoren om å klare å holde fartøyet i ønsket posisjon med ønsket heading. For tråleren gikk dette ut på både svingegenskapene, samt kvaliteten på fiske.

## 5 Forsøk Simulator

Gruppen har gjennom forsøk i NTNUs egne skipssimulatorer kommet frem til manøverprøver og observasjoner av AHTS. Simulatoren er levert av Kongsberg og opererer med programvaren K-SIM®. Alle forsøkene har blitt gjennomført på NMK (Norsk Maritimt Kompetansesenter) i Ålesund.

Under forsøkene ville gruppen se på hvordan fartøyene oppførte seg ved en 90 graders kursforandring ved ulike påkjenninger på skroget. Den ytre påkjenningen ble justert ved å endre tyngden på slepet. Gruppen hadde planlagt to forsøksdager, en med AHTS, og en med tråler, men som nevnt stengte NMK ned virksomheten før vi rakk trålerforsøket. Under forsøket ble det gjort observasjoner angående hvor lang tid fartøyet trengte på å fullføre svingen, samt observasjoner på «conning» displayet om bevegelsen fartøyet hadde i tverskipsretning. Gruppen gjorde flere interessante funn ved at fartøyene gikk over til en motsatt ROT enn svingen som ble lagt opp, noe som resulterte i en stor advance under svingen. Dette vil gruppen se nærmere på under drøftingen.

### **Feilkilder:**

Gruppen er av den oppfatning at forsøket vi gjennomførte i simulator vil være relativt fri for store feilkilder, da vi i stor grad kontrollerte forholdene i simuleringen selv. For å gjøre forsøkene så sammenlignbare som mulig valgte vi å utelate flere ytre påkjenninger enn ankeret vi hadde på slep. Det vil si at vind, vær og strømforhold ikke hadde noen innvirkning på fartøyet under forsøket. Dette er en av de store fordelene med å gjennomføre forsøk i simulator; man får svært konsise resultat.

Under forsøket observerte vi imidlertid at vanddybden endret seg marginalt, noe som kunne gi utslag på visningen til vaieren. Dette var dog ikke mer enn ca 20 meter. Vi mener at dette ikke ga merkbart negative utslag på forsøket, da vi opererte på en dybde på over 300 meter.

## 5.1 AHTS

Når vi skulle gjennomføre dette forsøket benyttet vi oss av skipsmodellen «MSV/Challenger 1». Dette er en Multi Purpose Supply Vessel som vil si at den har kapasitet til ankerhåndtering, samt transport av utstyr/offshore containere. Dette fartøyet er svært godt utstyrt med mye kraft og flere fremdriftssystem. For å få best mulig sammenligning opp mot tråler-modellen i det andre forsøket, har gruppen kun benyttet hovedmaskinene med kontrollerbar pitch propeller og ror. Vi opererte på en dybde på 300 m, med 634 meter uthalt vaier. Ankeret vi satte ut var et Flipper Delta på 10t. Videre justerte gruppen friksjonen ankeret hadde til havbunnen for å oppnå ønsket tension og fart under forsøket.



Figur 23: Bilde av fartøyet som ble benyttet «MSV/Challenger». (Skjermdump fra simulatoren).

Tabell 2: Generelle data om fartøyet.

L.O.A	111 m
Beam	21 m
Dypgang (lastekondisjon)	6 m
Deplasement	9317 t

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Cb	0,81
Hovedpropulsjon	2 x 3398 hk kontrollerbar pitch propeller
Andre thrustere	2 x 1686 hk elektrisk kontrollerbar pitch tunnel 1 x 1428 hk elektrisk kontrollerbar pitch azimuth 2 x 3807 hk elektrisk kontrollerbar pitch azimuth
Bollard pull	350 t
Ror	2 x «Normal» med maksutslag 35°

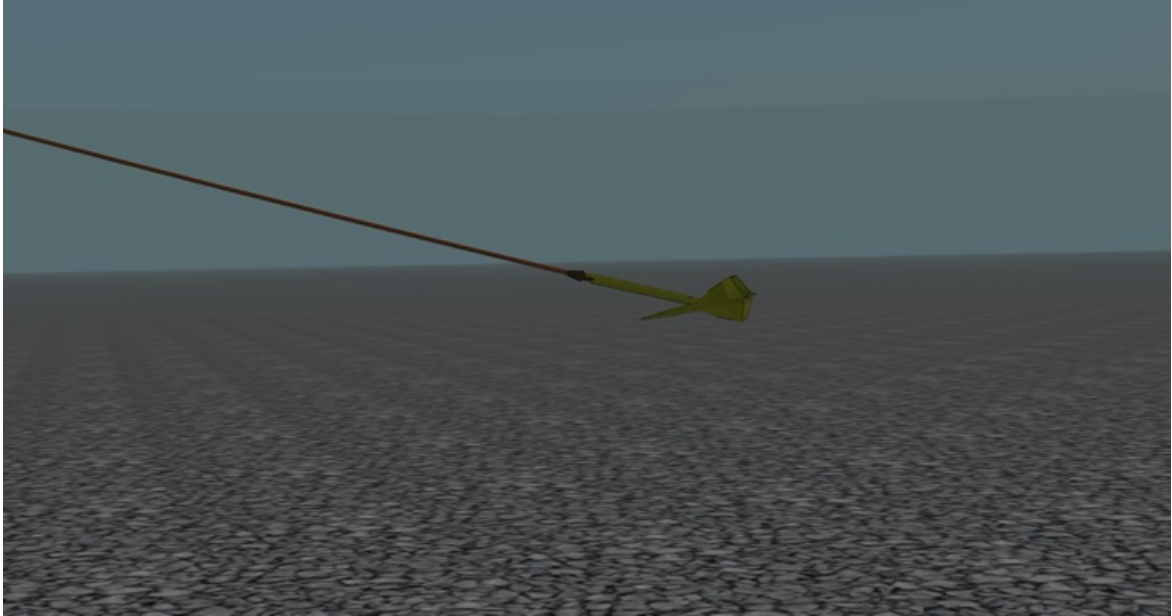
### 5.1.1 Fremgangsmåte

Gjennom forsøket benyttet gruppen seg av instruktørstasjonen på DP-laben i 4. etasje på NMK i NTNU sin avdeling. Fartøyet ble plassert på Trollfeltet i Nordsjøen der dybden lå stabilt på rundt 300m. Videre ble hoved-vinsjen midt på fartøyet benyttet og vi monterte på 268mm vaier med lengde på 1000m. Vi monterte så på ankeret og halte ut 634m. Styrepinnene på dekk ble benyttet for å holde mest mulig retning på vaieren.



Figur 24: Skjermdump av fartøyet med vaieren mellom styrepinnene.

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep



*Figur 25: Skjermdump av ankeret på havbunnen.*

Når oppsettet var klart satte vi full fart fremover i kurs 000°. Videre justerte vi friksjonen til ankeret slik at vi oppnådde ønsket fart/tension. Ut fra malen vår skulle vi gjennomføre første del av forsøket med en fart på 10 knop. Når farten og kursen stabiliserte seg startet vi forsøket. Tabellen under viser verdiene gruppen fikk ut under de ulike gjennomføringene.

De tre første forsøkene blei gjennomført med en fart på 10 knop. Dette tilsvarer en påstand fra ankeret tilsvarende 69 tonn. På de tre siste forsøkene ble påstanden fra ankeret tilpasset slik at vi endte opp med en fart i underkant av 2 knop. Dette tilsvarer en påstand fra ankeret tilsvarende 95 tonn.

## 5.1.2 Resultat

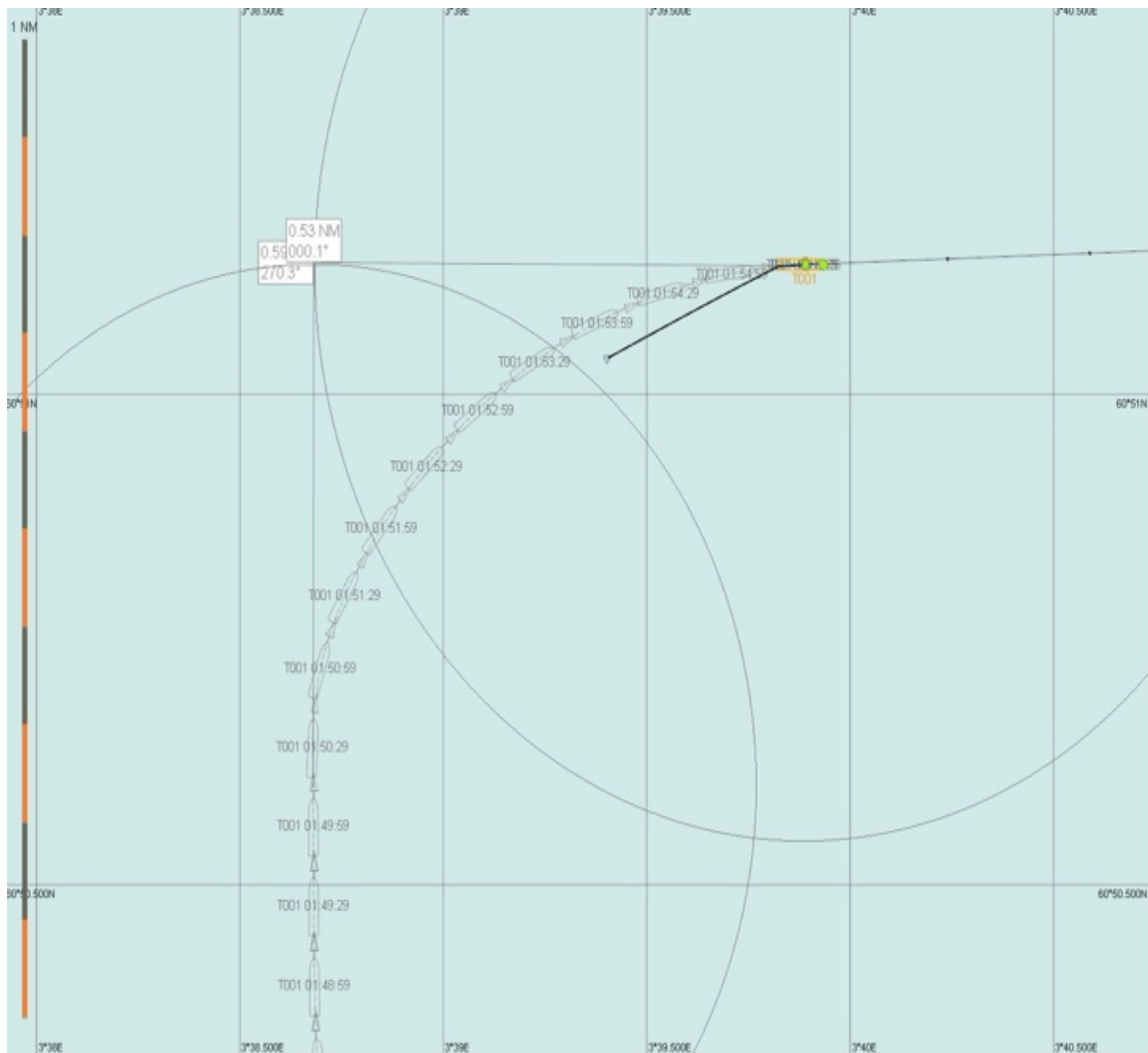
Tabell 3: Resultat forsøk AHTS

<b>ROR/Tension</b>	<b>Hastighet start/slutt</b>	<b>Max ROT</b>	<b>Advance/Transfer</b>
10°/69t	10,5 / 11,5	33°	0,54 NM / 0,59 NM
20°/69t	10,55/11,4	54°	0.30 NM / 0,31 NM
30°/69t	10,8/12,3	68°	0,22 NM / 0, 20 NM
10°/95t	1,5/3	s19°/p6°	1,69 NM / 1,60 NM
20°/95t	1,5/2,9	s31°/p16°	1,15 NM / 1,20 NM
30°/95t	1,5/3,47	s42°/p23°	1,01 NM/1,10 NM

**Forsøk 1 observasjoner:**

**10 grader styrbord ror og 10 knops hastighet**

Da gruppen la roret 10 grader styrbord observerte vi en hurtig økning i ROT til 33 grader styrbord. Svingeraten falt gradvis mot 14 grader og stabiliserte seg. Dette skjer etter at vaier har kontakt med taupepinne og blir da det nye opplagringspunktet. Vi observerte at hastigheten økte med 1 knop og registrerte at påstanden økte fra 69 til 70 tonn når slepet stabiliserte seg. Det tok skipet i underkant av 5 minutt og 30 sekunder å gjennomføre en 90-graders kursendring. Vi registrerte også at helt i starten av svingen ville hekken bli forflyttet en halv skipsbredd babord.



Figur 26: Trackplot fra forsøk 1. (Skjermdump fra simulatoren).

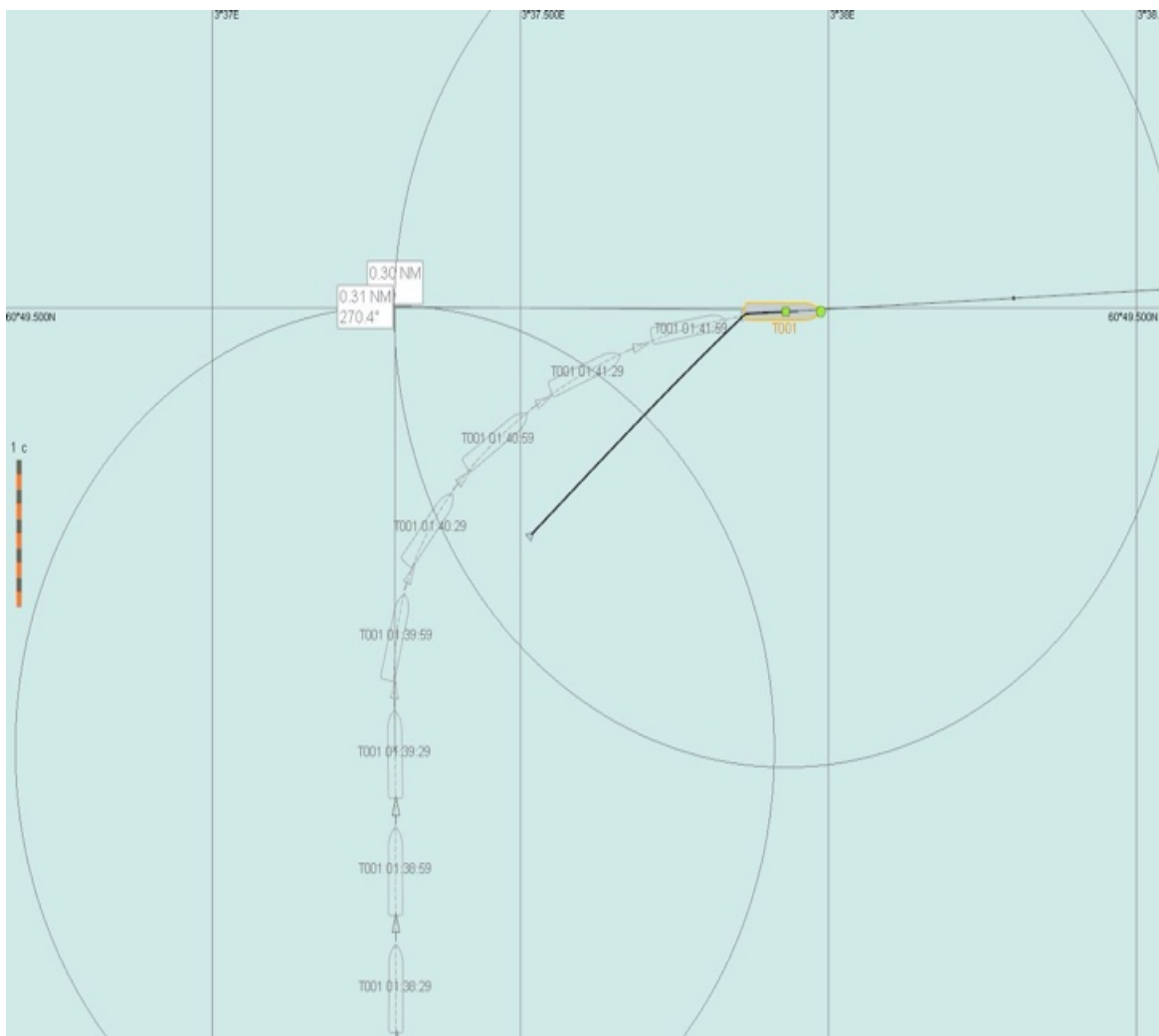
## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

### **Forsøk 2 observasjoner:**

#### **20 grader styrbord ror og 10 knops hastighet**

Gruppen observerte en hurtig økning i styrbord ROT til 54°. Fra den traff tauepinner mistet den nok en gang ROT og denne stabiliserte seg på 25°. Hastighet økte igjen, men denne gang var den opp med 0,85 knop. Påstanden falt mot slutten fra 69 til 66 tonn. Ved 20 grader ror er advance 0,30 og transfer 0,31. Advance ble redusert med 0,24nm og transfer med 0,28nm i forhold til 10 grader ror utslag.

Tiden det tok å gjennomføre en 90-graders kursendring var i underkant av tre minutter. Vi registrerte at hekken igjen ble presset ut i starten av svingen. Det var snakk om en skipsbredd en liten periode.



Figur 27: Trackplot fra forsøk 2. (Skjermdump fra simulatoren).

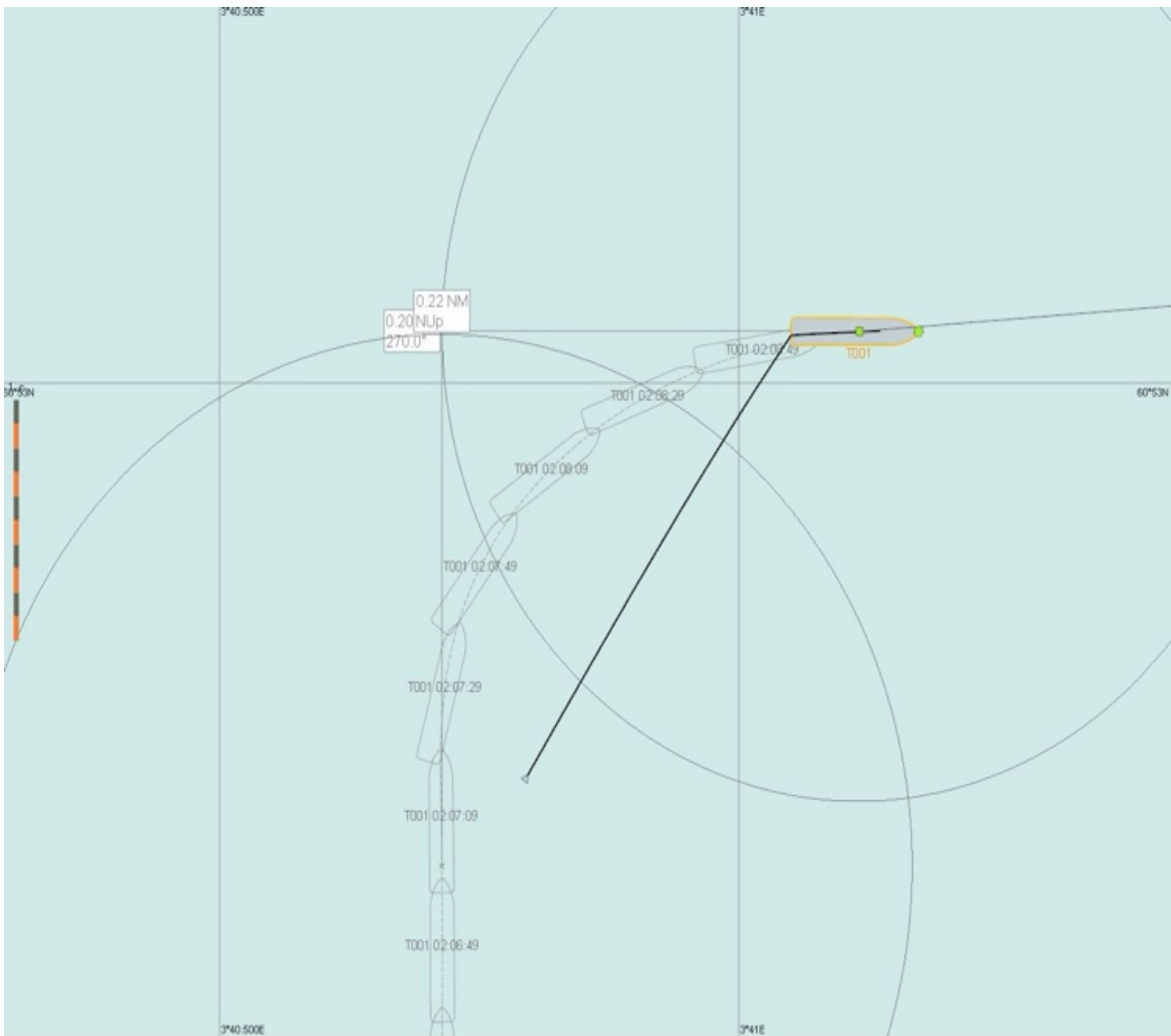


**Forsøk 3 observasjoner:**

**30 grader styrbord ror og 10 knops hastighet**

Gruppen observerte en hurtig økning i styrbord ROT til 68°. Den stabiliserte seg på 36° etter den hadde konstant kontakt med tauepinne. I dette tilfellet økte hastigheten gjennom svingen med 1,5 knop. Påstanden gikk ned til 63 tonn. Ved 30 grader styrbord ror er advance målt til 0,22nm og transfer målt til 0,20nm. I forhold til 20 grader ror ble advance redusert med 0,08nm og transfer med 0,09nm.

Tiden det tok å gjennomføre 90-graders kursendring var i overkant av to minutter. Hekken sklei ut til babord med en størrelse i overkant av en skipsbredde. Vi så gjennom hele svingen at hekken hadde en større svingesirkel enn baugen på skipet.

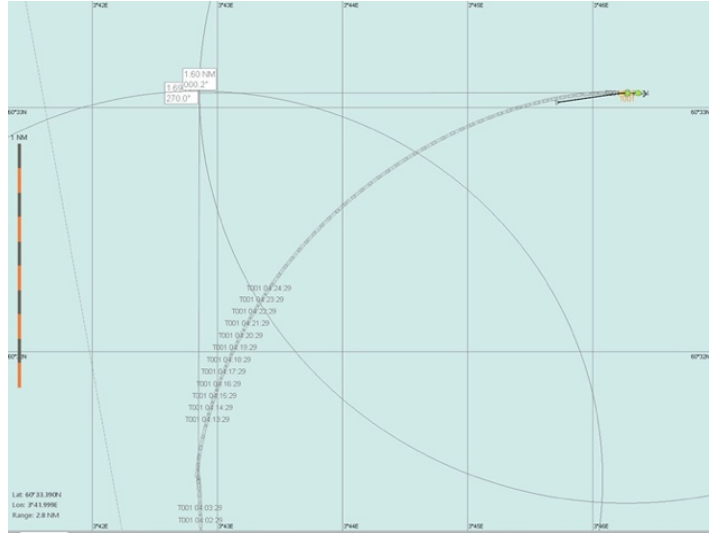


Figur 28: Trackplot fra forsøk 3. (Skjermdump fra simulatoren).

### **Forsøk 4 observasjoner:**

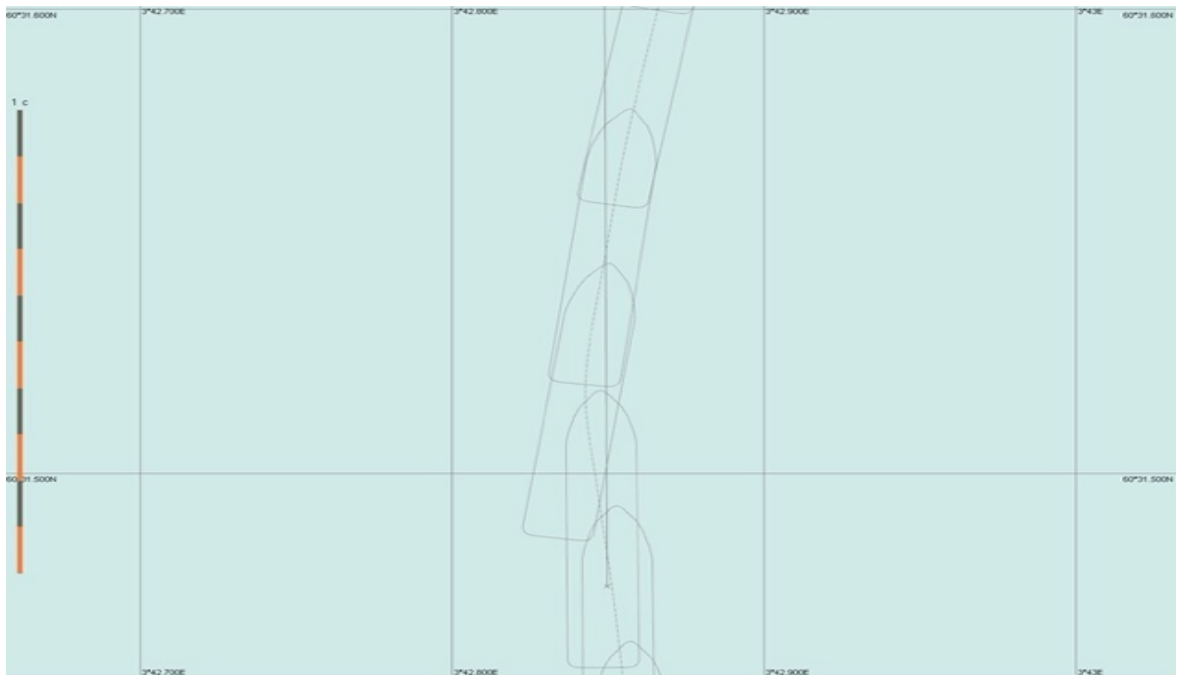
#### **10 grader styrbord ror og 1,5 knops hastighet**

Gruppen observerte en hurtig økning i ROT mot styrbord. Denne ble målt til 19° på det meste. Da vaieren traff styrbord styrepinne fikk vi ROT på 6° mot babord. Denne babord kursendringen varte i 20 sekunder før den begynte å opparbeide seg styrbord ROT. Skipet tauet vesentlig tyngre enn forrige test. Dette resulterte i en mye lengre og slakkere sving.



Figur 29: Trackplot fra forsøk 4. (Skjermdump fra simulatoren).

Skipet la seg stabilt på 1 til 2 ° ROT mot styrbord. Hastigheten økte gjennom svingen til 1,5 knop. Transfer og advance ble målt til henholdsvis 1,69nm og 1,60nm. En 90-graders kursendring ved 10 grader styrbord ror og 1,5 knops hastighet tok i dette tilfellet omlag 90 minutter. Det ble også her observert en sideveis forflytning av hekken i motsatt retning av ønsket sving i startfasen av svingen.



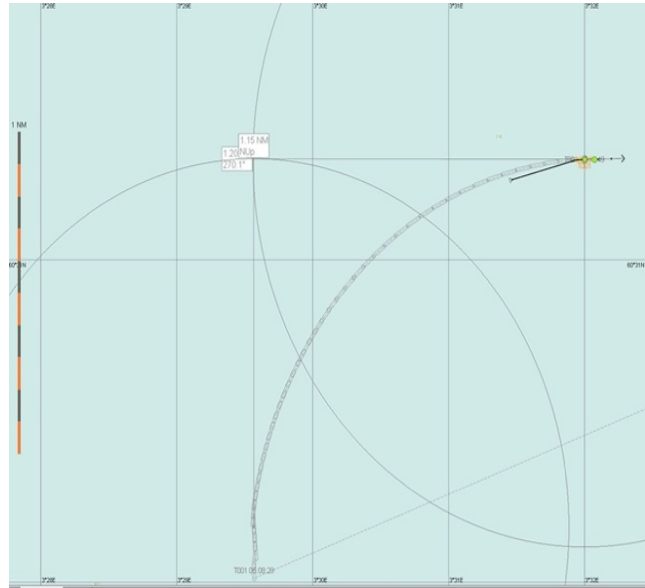
Figur 30: Observasjon av sideveis forflytning på hekken når vaieren traff styrbord styrepinne. (Skjermdump simulator).

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

### **Forsøk 5 observasjoner:**

#### **20 grader styrbord ror og 1,5 knops hastighet**

Styrbord ROT økte og var i det meste opp mot 31°. Da den traff babord styrepinne fikk vi en stor endring i ROT. Vi gikk fra styrbord ROT til babord. Her var vi oppe i en maksimal ROT på 16 grader babord. Dette var bare for en liten periode og den gikk ganske snart over i styrbord ROT igjen. Den økte til 11° styrbord, før den omsider ble stabilisert på 2°. Hastigheten økte i løpet av svingen og var i det meste oppe i 2,9 knop.



Figur 31: Trackplot fra forsøk 5. (Skjermdump fra simulatoren).

Transfer og advance ble målt til henholdsvis 1,15nm og 1,20nm. Dette tilsvarte en redusering på 0,54nm på advance og 0,40 på transfer. Svingen tok omlag 45 minutter. Vi observerte at hekken fikk en sideveis forflytning i motsatt retning av ønsket sving i startfasen av svingen.



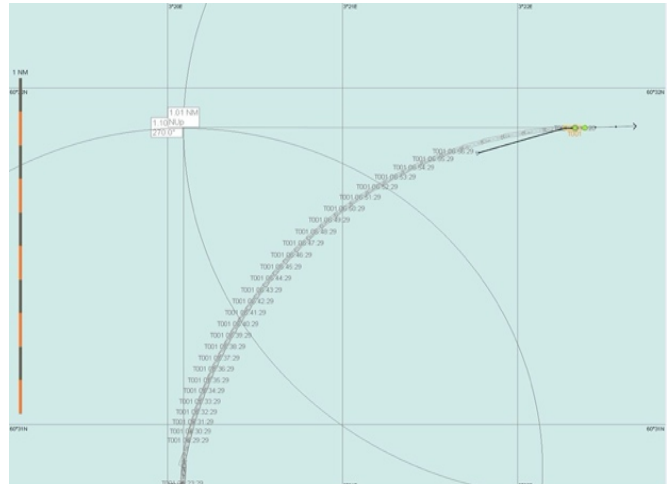
Figur 32: Observasjon av sideveis forflytning på hekken når vaieren traff styrbord styrepinne. (Skjermdump simulator).

Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

### **Forsøk 6 observasjoner:**

#### **30 grader styrbord roro g 1,5 knops hastighet**

Styrbord ROT økte mot 42°. Da den traff styrbord styrepinne fikk vi en voldsom endring i ROT, og den gikk til babord 23°. Etter ei stund gikk den tilbake til styrbord ROT, og var oppe i 15 grader før den gikk til babord igjen. Den var oppe i 8 grader babord ROT før den etter en stund ble stabilisert på 2 grader styrbord. Vi erfarte at heading ble veldig variabel når vaier



Figur 33: Trackplot fra forsøk 6. (Skjerm dump fra simulatoren).

traff styrepinne. Den ble liggende å pendle mellom styrbord og babord ROT før den etter en stund klarte å stabilisere seg på ønsket sving. Farten økte gjennom svingen og var på det meste oppe i 3,47 knop.

Transfer og advance ble målt til henholdsvis 1,01 og 1,10. dette tilsvarte en reduisering på 0,14 på advance og 0,10 på transfer. Svingen tok omlag 40 minutter. Man ser at hekken her får en enda større sideveis forflytning i motsatt retning av ønsket sving i startfasen av svingen.



Figur 34: Observasjon av sideveis forflytning på hekken, samt «conning» displayet. (Skjerm dump simulator).

## **5.2 Tråler**

Gruppen hadde planlagt å gjennomføre forsøk i simulator med trålermodell. Det var allerede avtalt med OSC vedrørende lån av simulator på deres anlegg på NMK i Ålesund. Dessverre kom viruset Covid-19 som endret mulighetene gruppen hadde til å gjennomføre dette. OSC, som veldig mange andre, stengte dørene etter myndighetenes retningslinjer. Gruppen har foretatt en analyse av situasjonen og har gjennom samtale med veileder kommet frem til å fortsette drøfting og slutføring av oppgaven uten dette forsøket, da denne situasjonen er utenfor vår kontroll. Gruppen mener at vi likevel har innhentet nok kunnskap gjennom gode intervjuer, samt AHTS forsøk i simulator, til å slutføre oppgaven men gode drøftinger og en relevant konklusjon.

## 6 Drøfting

I denne delen av oppgaven vil gruppen drøfte funnene vi har gjort i forbindelse med denne bacheloroppgaven. Her vil gruppen undersøke virkningene av forskjellige opplagringspunkt og rorbruk har på manøveregenskapene til et skip.

Under forsøk i skipssimulatoren forsøkte gruppen å få frem hvordan skipet fikk en sideveis forflytning til motsatt side av det man ønsket ved inngangen til svingen. Dette kommer som forventet tydeligst fram i den delen av forsøket som ble gjennomført med stor påstand og ergo mindre hastighet. Som vi nevner tidligere i oppgaven vil et fartøy som innleder en sving oppleve en stor sideveis forflytning av akterenden til skipet. Baugen vil også bevege seg sideveis, dog med motsatt (riktig) retning, slik at skipet oppnår rotasjon og således en kursendring. Det vi ser når vi innleder en sving med slepet opplagret i tauepinnene, er at både akterenden og baugen får et sideveis skyv motsatt vei av det man ønsker. Dette skyldes en rekke faktorer, og i hvor stor grad det skjer vil variere stort mellom det enkelte tilfelle.

Under gjennomføring av våre simulatorforsøk med høy påstand kunne vi tydelig observere at så lenge vaieren fikk bevege seg fritt mellom tauepinnene fikk vi en «normal» respons på rorbruken ved at ROT økte mot riktig retning. Dette skyldes at så lenge vaieren ikke påvirkes av tauepinnene vil i praksis opplagringspunktet befinne seg i krosstreet. Det betyr ikke at slepet er uten betydning for manøvreringsevnen til fartøyet, men det gjør at pivotpunktet vil befinne seg langt nærmere baugen der det også befinner seg under vanlig seilas. Dette vil nærme seg tilstanden vi kaller «free floating vessel».

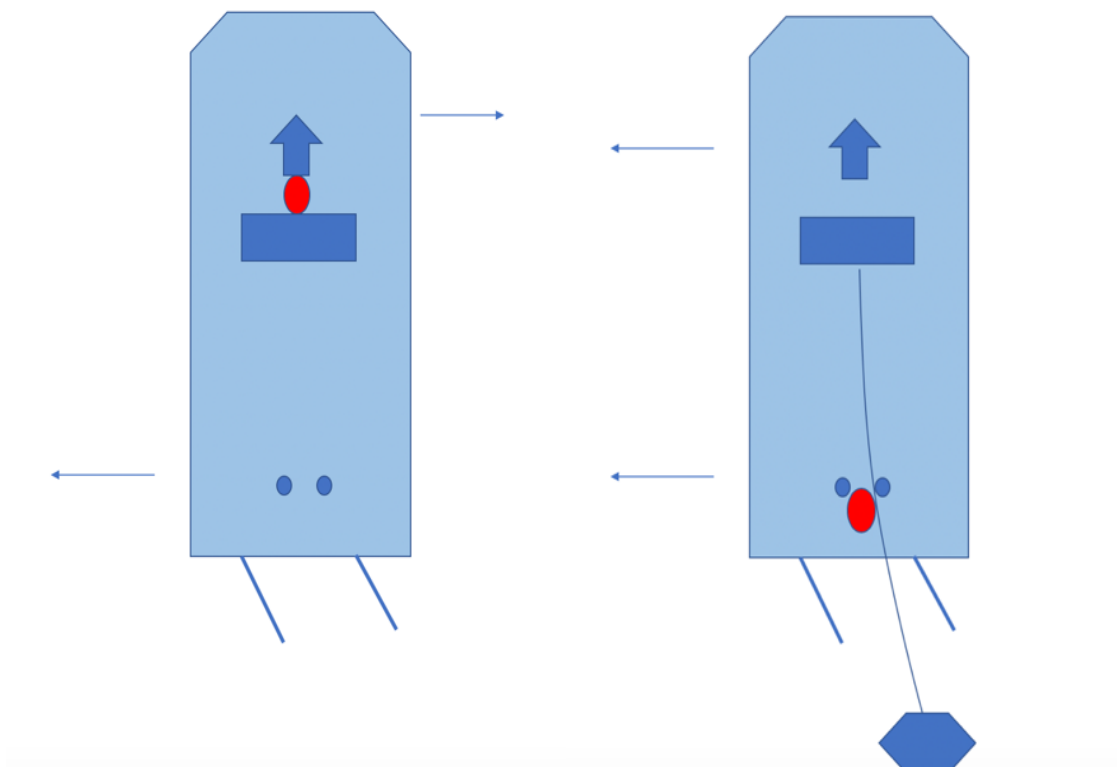
Denne tilstanden varer imidlertid ikke lenge da avstanden mellom midtskipet og tauepinnene er relativt liten. Når fartøyet hadde snudd seg så mye at vaieren traff tauepinnen ble baugen slengt tilbake mot babord slik at hele fartøyet på et tidspunkt befant på babord side av den opprinnelige kurslinjen, selv om vi styrte styrbord. Dette kan sees best på trackplot av forsøk 4 og 5. Dette mener vi gir en indikasjon på at ved betydelig motstand i slepet vil pivotpunktet flytte seg akterover mot opplagringspunktet for slepet, noe som endrer manøverkarakteristika betydelig.

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Under intervjuet med navigatøren med erfaring fra ankerhåndtering, får vi det klart for oss at det er betydelig forskjell på manøvreringsevne om slepet er opplagret i krosstre kontra tauepinner. Det som også kom frem var at hastighet fremover er svært begrenset når man driver med ankerhåndtering. Derfor har de hydrodynamiske kreftene nevnt i punkt 2.2 nesten ingen innvirkning på pivotpunktets plassering. Pivotpunktet vil derfor bli det samme som opplagringspunktet i disse tilfellene. På en typisk ankerhåndterer vil tauepinnene befinne seg omtrent rett over rorstammen. Dette vil si at roret ikke vil ha den samme «armen» mot pivotpunktet til å skape dreining rundt dette, fordi avstanden er tilnærmet 0.

Det som skjer når roret dreies blir at hele fartøyet flytter seg mer eller mindre sidelengs. Det er dette vi ser antydning til under simulatorforsøket. Effekten vil imidlertid komme klarere fram ved lavere hastighet (ned mot 0 knop) og høyere påstand i slepet. Dermed vil rorbruken ved et slikt slep bli en helt annen enn ved vanlig seilas under fart.

Figur 35 viser hvordan et fartøy med og uten et tungt slep opplagret i tauepinnene forflytter seg forskjellig, selv med lik rorbruk. Den røde sirkelen viser hvor på fartøyet vi tenker oss pivotpunktet befinner seg. Pilene indikerer hvilken retning fartøyet beveger seg.



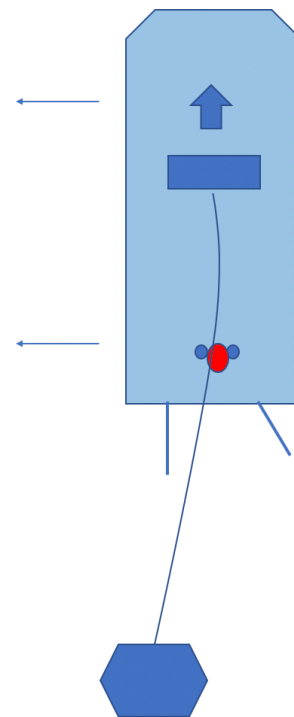
Figur 35: Egen illustrasjon av bevegelsen til fartøyet, samt pivotpunktets plassering, med og uten slep.

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Under intervjuet med ankerhåndterings- navigatøren kom det fram at der slike operasjoner blir utført vil man måtte manøvrere på en annen måte enn under vanlig seilas. Hoved-rorene vil i større grad ha som funksjon å skape en sideveis forflytning av fartøyet dit man ønsker at for eksempel et anker/ankerkjetting skal plasseres, mens en baug-azimut vil ha som hensikt i å opprettholde ønsket heading på fartøyet. Det er fordi pivotpunktets plassering nå gir thrustere plassert i baugen mulighet til å skape dreiemoment som følge av armen de har mot opplagringspunktet.

Et viktig moment i en ankerhåndteringsoperasjon er å yte bollard-pullen som kreves for å strekke ut vaieren eller kjettingen. Derfor ønsker man å unngå for store rorvinkler under operasjonen. Det har sin enkle forklaring i at rorene vil lede vannstrømmen fra propellene i sideveis retning som fører til at kraftresultanten rett akterover reduseres, og dermed vil strekket svekkes. I vårt intervju med navigatøren med erfaring fra ankerhåndtering blir vi forklart at en metode som brukes er å kun bruke ett av to ror til å sørge for den sideveis forflytningen. På den måten vil den ene propellen yte 100% i riktig retning, mens man sørger for noe skyv fremover samtidig som man får sideveis kraft fra den andre propellen der man svinger roret. Roret man helst vil ha vinkel på er roret på le-siden, slik at vannstrømmene ikke interferer med hverandre.

Figur 36 illustrerer en slik differensiell rorbruk som gir ønsket sideveis forflytning samtidig som man har nok kraft framover til å opprettholde påstand i slepet.



Figur 36: Egen illustrasjon av hvordan "motsatt ror" vil kunne gi ønsket sideveis forflytning.



## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Gjennom innhentingen av teorien, samt intervjuene kan gruppen se noen likheter mellom ankerhåndterere og trålere når det gjelder manøvrering under tauing. Dette kommer tydelig frem på trackplot, der båten har en liten sideveis forflytning i motsatt retning. Dette ser man også veldig synlig på propellstrømmen bak båten.

Imidlertid er trålerens sideveis forflytning så liten at motsatt rorbruk ikke vil være til noen stor nytte. Dette tror vi blant annet skyldes den høyere hastigheten som forekommer under fiske enn under ankerhåndtering. Gjennom teorien gruppen har innhentet, vet vi at pivotpunktet er ett dynamisk punkt som vil flytte seg i fartsretningen. En tråler opererer som regel i hastigheter over 2 knop, noe som er med på å muliggjøre en «normal» sving, der baugen svinges mot ønsket heading.

Et virkemiddel tråleren har som ankerhåndteringsfartøy ikke får benyttet seg av, er muligheten til å skyte vaier. Dette gjøres som nevnt tidligere for å kjøpe seg litt tid der påstanden på vaieren ikke er fullt så stor. Da har man et tidsvindu der fartøyet vil opptre nærmere «free floating vessel», Dette gir mulighet til å få baugen mot ønsket retning, og videre holde på kursen ved hjelp av hastigheten man har. Dette gir gruppen et inntrykk av at fartøyet blir lettere å svinge desto høyere farten er.

Hoved-vaierne på en tråler er opplagret i trålblokker (se figur 37 under). Dette gjør at de ikke har samme frie spillerom tverrskips som vaieren på en ankerhåndterer. I våre forsøk ser vi en negativ effekt på svingen når vaieren treffer tauepinnen etterhvert som visningen på vaieren øker. På en tråler er trålblokkene hengslet i overkant og henger fritt. Vaieren får likevel et mye mindre spillerom når båten svinger. Dette er minimalt i forhold til avstanden mellom tauepinnene på en ankerhåndterer og har tilnærmet ingen effekt på manøvrerbarheten. Trålere har mindre variasjon i svingeraten i forhold til ankerhandler, nettopp fordi vaieren ikke har mulighet til å bevege seg fritt tverrskips.



Figur 37: Opplagringspunkt i trålblokker ombord i tråler. (Eget foto).

I samtaler med trål-avdelingen hos Kongsberg Maritime i Ålesund, diskuterte vi muligheten for å flytte trålblokkene lenger frem på fartøyet. Vår hypotese var at dersom opplagringspunktet ble flyttet fremover, ville pivotpunktet bevege seg nærmere baugen og dermed gjøre tråleren lettere å svinge. Vi kom frem til at det vanskelig lar seg gjøre å flytte trålblokkene frem, da vaieren under tauing går tilnærmet rett ned i sjøen. Hvis blokkene blir flyttet frem vil det føre til at vaieren vil treffe kanten på slippet akterut. Dette gjør først og fremst dekket til et svært farlig sted å oppholde seg da vaieren vil kunne bevege seg sidelengs over akterenden av dekket. For det andre vil punktet der vaieren treffer slippet bli en del av det nye opplagringspunktet, da vaieren vil ligge og presse på stålet i slippet og på dekk. Dette gjør at pivotpunktet ikke vil bevege seg merkbart lenger frem på fartøyet, og den ønskede effekten uteblir.

Når det gjelder virkemidler som båtene bruker for å forbedre svingegenskapene er det litt variasjon. Dette har en naturlige grunn da båtene er beregnet for to ulike formål. Ankerhåndteringsfartøyet på sin side er veldig godt utrustet når det kommer til thrustere og

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

manøvreringsevne. Den har en kraftig forlig azimuth-thruster som blir brukt til å opprettholde heading mens hoved propellene akterut hovedsakelig blir brukt for å få mest mulig kraft fremover eller sideveisforflytning på hekken. Trålere derimot er ikke utrustet med azimuth-er hverken i baugen eller som hoved-propulsjon. Trålere er utrustet med konvensjonelt fremdriftssystem, gjerne med tunnel-thrusterer fremme. Disse er dog små i forhold til fartøyet og er ikke egnet til bruk under fiske. Det ble gjort forsøk på tråleren til vårt intervjuobjekt der tunnel-thrusteren framme ble forsøkt brukt til å forbedre svingen. Dette gav liten til ingen effekt da en hastighet over 2,5 knop ga ingen merkbar effekt av bruk av forlig truster. Dette støtter oppunder teorien som sier at når båten har nådd en gitt hastighet, vil thruster virke mot sin hensikt. Trålere har egne måter for å håndtere svinger på. Det er som sagt vanlig å slakke vaier eller kjøre is-daviter på båter hvor det er mulig.

Når det kommer til utrustningen på tråleren kunne tråler-avdelingen på Kongsberg informere at det kapteinene på trål var interessert i var å korte ned lengden på skipet, samtidig som ror-arealet økte. Dette viser igjen til funnene vi har gjort oss ved at trålere ikke er like godt utrustet som eksempelvis en ankerhåndterer. Dette fører til at ved manøvrering av trålere blir man enda mer avhengig av virkingen rundt roret og effekten vannstrømmingene har rundt dette. Derfor er man på trålavdelingen opptatt av skrogutforminger som gir gunstige vannstrømninger til roret samt at forholdet mellom ror-areal og dysen rundt propellen er optimalisert med tanke på nettopp disse strømmingene og løftet dette gir.

Dette er derfor et større fokus enn å forflytte opplagringspunktet på skipet.

Opplagringspunktet for slepet har veldig mye å si for manøvrerbarheten på tråleren. Per dags dato er det lite som lar seg gjøre for å endre dette. Det som lar seg gjøre er som nevnt å kjøre is-daviter. Man legger inn den daviten som er på den siden man ønsker å svinge til. Opplagringspunktet til vaieren får da en sideveis forflytning i overkant av to meter. Etter samtaler med skipsdesign har man sett på om det er en mulighet for å kjøre blokkene sideveis. Dette medfører dog utfordringer når det kommer til reststabilitet. Som nevnt tidligere er det forsket på hydraulisk styrte trålblokker i lengderetning. Dette medfører utfordringer når det kommer til vaierens spillerom under manøvreringen av fartøyet, da vaieren vil kunne treffe skutesiden og andre hinder på dekk.

## 7 Konklusjon

Gruppen vil nå oppsummere funnene og tankene vi har gjort oss gjennom denne bacheloroppgaven. Gjennom drøftingen har gruppen funnet frem til metoder og tanker rundt situasjoner ved ytre påkjenninger som endrer pivotpunktets plassering.

Til problemstillingen om det er aktuelt å bruke motsatt ror som følge av pivotpunktets forflytning er svaret for ankerhåndtering ja. Rorbruken er svært annerledes enn under vanlig seilas, og krever en forståelse av hvordan pivotpunktet endres i takt med de forskjellige måtene å taue eller slepe på. Her blir rorbruken fokusert til sideveisforflytning av hekken, mens en benytter kraftige azimuth-thrustere i baugen til å holde ønsket heading. For trålere er det ikke nødvendig med denne type rorbruk.

Et viktig moment begge typer fartøy må ta i betraktning under tauing, er stabilitet. Dette må i mange tilfeller veie tyngre enn evnen til å svinge, og kan derfor ende opp med å begrense muligheten for å flytte opplagringspunktet.

Noe av det viktigste i forbindelse med tråling er at man skal prøve å finne en god balanse som tilfredsstillende både optimalt fiskeri, stabilitet, drivstofforbruk, arbeidsmiljø ombord og som samtidig lar seg gjøre når det kommer til fartøyets manøvreringsevne. Alt dette må hele tiden bli vurdert og lykkes man med dette vil man ende opp med det beste resultatet til slutt.

## 8 Bibliografi

- Datatilsynet, 2018. *Datatilsynet*. [Internett]  
Available at: <https://www.datatilsynet.no/personvern-pa-ulike-omrader/overvaking-og-sporing/lydopptak/?id=2344>  
[Funnet 11 mars 2020].
- Egersund Herøy, 2014. *Egersund Herøy*. [Internett]  
Available at: <http://www.egersundheroy.no/fiskeri/bunntål/reke>  
[Funnet 5 Februar 2020].
- Grieg Medialog AS, 2020. *Marfag e-bøker*. [Internett]  
Available at: <https://www.marfag.no/k12/1-skipets-dimensjon-og-form>  
[Funnet 23 Januar 2020].
- Hamilton, J., 2012. *Studying the Costa Concordia Grounding*. [Internett]  
Available at: <https://perspectives.mvdirona.com/2012/01/studying-the-costa-concordia-grounding/>  
[Funnet 5 Mars 2020].
- Havfisk , 2019. *Nordtind*. [Internett]  
Available at: <http://www.havfisk.no/no/flaten/oversikt-over-flaten/nordtind>  
[Funnet 12 Februar 2020].
- imcbrokers.com, 2007. *www.imcbrokers.com*. [Internett]  
Available at: <http://www.imcbrokers.com/blog/overview/detail/propulsion-voith-schneider>  
[Funnet 6 februar 2020].
- Island Offshore Group, 2020. *MV Island Victory*. [Internett]  
Available at: <https://www.islandoffshore.com/vessel/mv-island-victory>  
[Funnet 5 Februar 2020].
- Kjerstad, N., 2008. *Fremføring av skip med navigasjonskontroll*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Kjerstad, N., 2017. Fremføring av skip med navigasjonskontroll. I: *Pivot punktet - skipets dreiesenter*. 4. utgave red. s.l.:Fagbokforlaget, pp. 1-11.
- Kongsberg Maritime, 2020. *Kongsberg*. [Internett]  
Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/propulsors-and-propulsion-systems/thrusters/tunnel-thrusters/super-silent-tunnel-thruster/>  
[Funnet 1 April 2020].
- Kongsberg, 2020. *THRUSTERS*. [Internett]  
Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/propulsors-and-propulsion-systems/thrusters/>  
[Funnet 12 Mars 2020].
- Kvale, S. & Brinkmann, S., 2012. *Det Kvalitative Forskningsintervju*. 2. red. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Kystmagasinet, 2016. *Kystmagasinet.no*. [Internett]  
Available at: <https://www.kystmagasinet.no/nyheter/motor-fremdrift/nytt-propellanlegg-reduerte-drivstofforbruk/>  
[Funnet 24 04 2020].
- mfm, u.d. [Internett].
- Navyhistory, 2012. *Navyhistory.com*. [Internett]  
Available at: <https://www.navyhistory.org.au/azimuth-thruster-propulsion-systems/>  
[Funnet 6 februar 2020].
- North Sea Shipping, 2012. *tu.no*. [Internett]  
Available at: <https://www.tu.no/artikler/industri-prestisjepris-til-gigant/238750>  
[Funnet 6 februar 2020].

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

plm.automation.siemens, 2020. *plm.automation.siemens*. [Internett]

Available at: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/webinar/simulating-ship-self-propulsion/38183>

[Funnet 12 03 2020].

Rolls-Royce, 2015. *Youtube - Rolls-Royce | Thruster Support Pool*. [Internett]

Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=3pTCjAy-pIU>

[Funnet 12 Mars 2020].

Safety4sea, 2018. *Maritime history: Costa Concordia disaster*. [Internett]

Available at: <https://safety4sea.com/maritime-history-costa-concordia-disaster/>

[Funnet 5 Mars 2020].

Seafish, 2019. *Multi Rig Trawl - nephrops triple rig*. [Internett]

Available at: <https://seafish.org/gear-database/gear/multi-rig-trawl-nephropsgroundfish-triple-rig/>

[Funnet 5 Mars 2020].

Ulstein Group, 2020. *X-BOW*. [Internett]

Available at: <https://ulstein.com/innovations/x-bow>

[Funnet 24 Januar 2020].

Voith, 2020. *voith.com*. [Internett]

Available at: <http://www.voith.com/ca-en/products-services/power-transmission/vessel-propulsion-systems/voith-schneider-propeller-12370.html>

[Funnet 12 mars 2020].

Øyen, Solheim, 2013. *Akademisk Skriving - en skriveveiledning*. I: s.l.:Cappelen Damm Akademisk.

## 9 Vedlegg 1, transkribering av intervju

### 9.1 Tråler

#### *Opplever du problemer når det gjelder fartøyets manøvreringsevne under tauing?*

- «Ja. Fart er vesentlig for manøvrerbarheten til fartøyet. Oppplagringspunktet til trålen er bak roret. Dette er ikke optimalt for svingegenskapene. Det tunge slepet og endring av headingen fører til at skipet får en liten sideveis forflytning til motsatt side av ønsket retning. Skipet vil etterhvert som svingen utvikler seg nærme seg ønsket kurs, men vil ha en lang svingekurve. Dette avhenger av hvor tungt slepet er, vindforhold og strømforhold.»

#### *Hvor stor påvirkning har dårlig vær/vind/strøm under slep? Og hvilke tiltak gjøres?*

- «Vind, strøm og bølgehøyde har stor betydning for svingegenskapene og mulighetene for fiske. Tråleren har vanskeligheter med å svinge mot strøm eller vind som kommer rett inn fra siden som den svinger mot når den tauer.

Dersom det å svinge under dårlig vær blir så krevende at det går utover kvaliteten på fisket, finnes det flere tiltak som kan bli gjort for å bedre svingegenskapene og redusere påvirkningen av ytre påvirkninger. Man prøver gjerne å gi et gasspådrag samtidig som man øker rorvinkelen. Dette gasspådraget må tilpasses trålen slik at den har best mulig arbeidsforhold på bunnen. Gir man for mye gass vil bruket heve seg fra bunnen. Det er ikke optimalt for fisket.

Har man fortsatt problemer med å svinge vil man i neste omgang prøve å «skyte» vaier (slakke vaier) i det man svinger. Gitt at man tauer med en vaierlengde på 600 meter vil man gjerne før en sving redusere denne til 400 meter. Man bruker da gjerne å slakke 200-400 meter avhengig av hva som er nødvendig. Man overkompenserer og svinger gjerne 30 – 40 grader over den kurs man ønsker. I det man slutter å slakke vaier vil båten få problemer med å holde seg på kurs og sige sakte tilbake igjen. Man ønsker å ha vinden/strømmen i siden slik at man omsider ender opp på ønsket kurs. Man tar inn vaieren litt etter litt. Dette tilpasser man etter forholdene. Målet er å ende opp på ønsket kurs etter at vaier er på ønskelig lengde igjen. Dette er en effektiv måte å svinge på. Man skaper et slakke i tauevaier som gjør det mulig å endre kurs. Det er gjerne en kombinasjon av slakke i vaier og større fart gjennom vannet som gjør svingen lettere.

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Ved veldig dårlig vær med vind, strøm og høy sjø vil det være tilnærmet umulig å dra tunge slep. Et iverksettende tiltak er å redusere antall tråler i bruk fra tre til to (eventuelt en). Dette vil forbedre manøvrerbarheten betydelig. Dersom været er så dårlig at det fortsatt er problemer med manøvreringen vil dette være på et punkt hvor været uansett er så dårlig at det vil øke risikoen til mannskap på dekk, da store vannmasser på dekk og mye bevegelse i båten vil by på utfordringer. Dette er ikke et ønsket tilfelle da sikkerheten til mannskap på dekk er det viktigste. Da vil båten bli liggende på været uten å fiske eller stime til et nytt felt med bedre vær.»

### ***Hva synes du er de største utfordringene rundt manøvrering under et slep?***

- «Å oppnå ønsket sving under ulike påkjenninger fra blant annet strøm, vind og slep kan være krevende. Det som har størst betydning er strømmen. Har man storm inn på ene siden og strøm inn fra andre siden er det strømmen som er begrensende. Farten har stor betydning for manøvrerbarheten her.

God timing for svingene er også viktig å tenke på. Man må gjerne planlegge en sving en time i forkant. Fisker man reker foregår dette i en hastighet på omlag to knop i forhold til fisk hvor man gjerne ligger i 4-5 knop. Det er tyngden på bruket og motstanden de forskjellige brukene får gjennom vannet som er begrensende. For å svinge 360 grader må man regne med at det tar 30-45 minutter med rekebruk. Det er heller ikke gitt at man klarer å svinge rundt i det hele tatt. Med fiskebruk derimot kan man gjøre tilsvarende sving på 10 minutter. Man er altså ikke like påvirket av været med fiskebruk. Det er fordi det er lettere og har mindre motstand. Man registrerer at ved å øke rorbruken fra 20 grader til 45 grader øker forbruket med 200 liter i timen. Dette er selvfølgelig forskjellig fra båt til båt. Det er en betydelig oppgang som må sammenlignes med hvor mye bedre svingen blir kontra den økte driftskostnaden. Samtidig er effektivt fiske det viktigste.»

### ***Hvilke triks/ virkemidler bruker du for å få til sving slik du ønsker?***

- «For å gjennomføre en effektiv sving vil man gjerne skyte vaier for å få en god sving. Man slakker med en hastighet på 20-40 meter i minutter. Dette skjer i små omganger for å tilpasse svingen. Man må være oppmerksom på at man ikke må slakke så fort at tråldørene legger seg flate på bunnen og reduserer åpningen på trålen. Dersom været er en hindring for effektivt fiske, vil det blir vurdert å redusere antall tråler fra tre til to/en. Dette reduserer



## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

vekten som blir dratt på havbunnen betraktelig og vil bedre manøvrerbarheten og effektiviteten på fisket.

Det har også blitt sett på om man kan benytte thruster i baugen for å endre heading under tauing. Dette har liten effekt på aktuell båt. Thrusteren på aktuell båt er ikke den største og virkningen er liten til ingen. Ved fart over 2,5 knop er thruster ikke brukbar.»

### ***Hvor viktig anser du opplagringspunktet for slepet å være for manøvreringsegenskapene?***

- «Opplagringspunktet er veldig viktig. Det er på denne båten ikke de store endringene som lar seg gjøre i praksis for å flytte opplagringspunktet når det taues. Båten er utstyrt med isdaviter som skal kunne legges inn i slippet for å skåne vaier for is, når det taues i is. Har man problemer med for eksempel en styrbord sving kan man med fordel legge styrbord isdavit inn til senter og ned i slippet. Man har sett på muligheten for å få til hydrauliske styrbare trålblokker som kan styres både i lengderetning og tverrskips. Dette hadde hatt store fordeler for svingeevnen til båten. Det har dog noen utfordringer når det kommer til tilrettelegging i skutesiden for trålvajer og reststabilitet.»

### ***Er det situasjoner der du ser det er hensiktsmessig å bruke «motsatt» ror?***

-«Nei.»

### ***Hvor mye hensyn må du ta til krenkning ved stor retningsendring under slep?***

- «Krenkning vil med mindre det er ekstremvær ikke være begrensende når man tauer. Man skal likevel være bevisst på at en krenkning vil oppstå og være bortimot konstant gjennom hele svingen. Man må regne med å krenge bortimot 5 grader gjennom en vanlig sving. Stabiliteten på båten er god. Det som blir tatt hensyn til når det gjelder tauing er inventaret, lastforskyving i lasterommet og arbeidsforhold til mannskap.»

### ***Før gjennomføring av sving, er rorvinkel og gasspådrag gjennomtenkt?***

- «Sving under tauing gjennomføres normalt på autopilot. Gasspådrag vil være tilpasset en kombinasjon av effektivt fiske og forbruksoptimert turtall hvor man samtidig har god nok taukraft. Det finnes autopiloter som har moduser for tauing, med dette har ikke vi. Vi bruker å sette en limit på 25 grader rorvinkel. Så høy rorbruk er ikke ønskelig under tauing, da man

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

mister tauekraft. Det blir også tungt for maskinen. Man kan risikere overbelastning ved stor rorvinkel og høyt gasspådrag over lengre tid.

Gasspådraget blir tilpasset slik at man holder den farten man trenger for å opprettholde effektivt fiskeri. Man ligger vanligvis på 80-90% gasspådrag. Dette er avhengig av strøm og vind.»

## 9.2 AHTS

***Opplever du problemer når det gjelder fartøyets manøvreringsevne under tauing der opplagringspunktet er haikjeft eller tauepinner?***

- «Ja, det gjør jeg. I de tilfellene der du har opplagringspunktet i tauepinnene vil ror-kreftene være veldig begrenset. Dette fordi rorene ligger rett under tauepinnene. Dette betyr at pivotpunktet ligger i roret. Dette vil føre til at roret og rorbruken fører til ei sideveis forflytning heller enn ei kursendring. Dette gjør at man blir avhengig av å bruke tunell-thrusterne eller azimuth-thrusterne i baugen for å kunne kontrollere headingen til fartøyet. Hvis du derimot bruker slepeøye, som er plassert lengre fremme på fartøyet, vil dette føre til at man flytter pivotpunktet på skipet lengre frem og du tilnærmer deg «free floating vessel».»

***Hvor stor påvirkning har dårlig vær/vind/strøm under slep? Og hvilke tiltak gjøres?***

- «Om vi fortsatt er (har opplagringspunkt) i tauepinnene, som jeg regner med at dere er, så er man veldig utsatt for vind, vær og strøm. Man kommer til et punkt der det blir baug-thrusterene, og hastigheten fartøyet har gjennom vannet, som definerer om du klarer å holde headingen eller ikke. Baug-thrusterene vil ha effekt opp til et par knop, men oppover et par knop vil strømningene langs skipet føre til at man mister effekten av disse. Da har man kun roret igjen, og med pivotpunktet i rorstammen vil man ikke ha noe særlig effekt på headingen. Da vil man bare drifte med været. For å holde headingen er man med andre ord avhengig av å bruke både tunnel-thrusterene i baugen og azimuth-thrusterene i baugen for å opprettholde heading. Man setter allikevel ikke den forre azimuth-thrusteren helt 90° (rett sidelengs). Den burde ha litt vinkling fremover, og det er kun basert på erfaring. Viss du vinkler den litt fremover, oppnår man bedre trekkraft på thrusteren. Ikke bare oppnår man mest moment sideveis, men man får også litt trekkraft framover.»

***Bruker du vinkling på rorene, eller prøver du å ha de mest mulig rett frem for å ikke miste thrust fremover?***

- «Med slep eller uttauing, som er sikret i tau-pinnene, bruker man kun rorene for å oppnå en sideveisforflytning på hekken. Dette for å kompensere for strøm og vind. Og da fortrinnsvis bruke le ror motsatt vei. For da har du uforstyrret propellstrøm på lo side.»

***Hva synes du er de største utfordringene rundt manøvrering under et slep?***

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

- «Vi holder oss da til slep av ankerline, for å holde det mest relevant for en ankerhåndterer. I slike situasjoner ligger vi stort sett på auto heading, der at vi justerer «setpoint» på gyroen. For å justere headingen, benytter vi oss enten av DP'en eller joysticken, og så justerer vi kun sideveisforflytning med ror. Det jeg ser på som den største utfordringen, så er dette når man har kraftig vær eller kraftig strøm inn i sida på fartøyet, der vil man oppleve å ha problemer med å ha nok kraft på baugen. Dette løyser vi med å få baugen opp mot været. På denne måten bruker man hovedkrafta. Isteden for enn rett vinkel på lina du skal taue, så bruker du enn liten sideveis vinkel. Problemet er da at dersom man ikke er proaktiv, så vil baugen falle av før du rekker å få fartøyet opp mot været. Viss baugen først har falt av, og man ikke klarer å få den opp igjen, så sliter man.»

### ***Hvilke triks/ virkemidler bruker du for å få til sving slik du ønsker?***

- «Om man har alt sikret i tauepinnene så er man dønn avhengig av baug-thrusterene. Man kan selvfølgelig benytte ulikt moment på hoved propellene, men det har en veldig begrensa effekt.»

### ***Er det et alternativ å «slakke på vaier» for å oppnå en rask kursendring?***

- «Man skal slakke veldig fort hvis man tenker at man skal gå fra en slepe-operasjon til «free floating vessel» kun ved å slakke på vaier. Noen trålere kan se effekt av det, men disse fartøyene har som oftest pivotpunktet litt lengre fremme på fartøyet enn hva vi har. Så det blir lettere å få enn forflytning av kreftene. Trikset er heller bare å bruke baug-thrusterene for det de er verdt og så kan man selvfølgelig prøve å slakke, men jeg har ingen god erfaring med det. Vinsjene er ikke raske nok rett og slett. Man kan sette opp dynamisk brems og justere strekkkontrollen ned, men då har du ei RPM-begrensning på 130 RPM på ankerhåndterings vinsjene. Dette vil gi deg en «paid-out speed» på, som varierer fra båt til båt, men rundt 60-80 meter i minuttet. Dette er jo ei skipslengde i minuttet, ergo så er det ikke så veldig raskt. Man får ikke den farta man trenger til at man oppnår særlig effekt på det.»

### ***Hvor viktig anser du opplagringspunktet for slepet å være for manøvreringsegenskapene?***

- «Det er viktig. Slik som tauepinnene er plassert på de aller fleste ankerhåndterings fartøyene så ligger disse rett over roret. Ergo så ligger pivot punket i de aller fleste tilfellene rett over roret. Dette vil gjøre at roret kun vil ha effekt på sideveis forflytning. Man vil ikke

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

få noe svingeffekt ut av det. Dette gjør at viss man skal slepe annet enn akkurat ei ankerline ut, så er det viktig å frigjøre vaieren fra tauepinnene. Dette gjør at man får pivotpunktet lengre frem på fartøyet og får noe manøverevne ut av rora dine.»

### ***Viss du då har litt fart fremover? Siden pivotpunktet følger fartsretning***

- «Det er sjeldent at vi tauer i noe særlig fart med alt sikra i tauepinnen. Dette er ganske enkelt fordi at man mister så mye manøvreringsevne ved å sikre vaieren i tauepinnene. Men vi har eksempelvis slept rigg over lengre distanser, som vi sikret i tauepinnene. Når man oppnår fart gjennom vannet får man litt manøverevne. Men med en gang man får belastning på vaieren, og får sideveis krefter på tauepinnene, vil jo pivotpunktet flytte seg bakover igjen. Dette fører til at roret vil på en måte miste svingkrafta på fartøyet.»

### ***Merker du at ROT pendler mellom stb/bb heading under enn sving?***

- «Ja det gjør jeg. Om vaieren er sikra i tauepinnene, og man prøver å foreta en 90° kursforandring, så vil det ta lang tid før man klarer og gjennomføre svingen. Dette er rett og slett fordi kreftene som påvirka skipet tverrskips i baugen vil motvirke svingen din. Det er derfor helt umulig å beregne hvor lang tid man kommer til å bruke på svingen. I de tilfellene vi har slept med vaier sikra i taupinne, vil vi alltid hatt azimuth-thruster i baugen til å kontrollere headingen vår med.»

### ***Er det situasjoner der du ser det er hensiktsmessig å bruke «motsatt» ror?***

- «Ja. Då snakker man om motsatt ror med hensyn på å få sideveis forflytning på hekken siden man ikke vil få noe særlig kursendrings effekt. Når vi sleper ut ankerline så bruker vi alltid det man kaller motsatt ror så lenge vi ligger på autoheading. Da er det autoheadingen som kontrollerer baugen, og det eneste vi ønsker er å kontrollere sideveisforflytningen på hekken. Då bruker vi alltid motsatt ror. Det å kontrollere hekkens forflytning ved bruk av rorene er nøkkelen til å slepe ut ankerline. så får baugen følge etter. Problemet med å bruke «rett ror», altså babord ror for å få babord sving, er at man er nødt til å ha «free floating vessel» eller fart gjennom vannet for å oppnå enn ønsket effekt. De største ulykkene vi har sett innen offshore, med hensyn til manøvrering, er rett og slett at de har brukt roret som om skipet var «free floating». I disse situasjonene burde man brukt motsatt ror, men på grunn av manglende manøvreringskunnskaper, har de brukt roret som om skipet var fritt.»

### ***Hvor mye hensyn må du ta til krenkning ved stor retningsendring under slep?***

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

«Her er nøkkelen at man er nødt til å kjenne båtens begrensninger. Krava som ble innført i 2007-2008 er at vi på bro skal ha oppslått en plansje med maks belastning ut fra gitt vinkel i fra 0 til 90. Altså 0 er loddrett og 90 er vannrett. I tillegg til dette må man kjenne begrensningene til skipet. Dette kommer som en direkte oppfølging av Bourbon Dolphin ulykken. På mindre fartøy må man være ytterst forsiktig med hvor mye man tør å trekke på sideveis. Tidligere var ankerhåndtererne designa slik at vaieren kunne gå opp på cargo railen og vaier stoppet befant seg då ganske langt fremme på midtskipet. Her må man være forsiktig med hvor mye krefter man påfører. Utfordringen med å ha det slik er at det er ingen problem med å få vaieren opp på cargo railen, men du har problemer med å få den ned igjen. Dette har vi erfart mange ganger.»

### ***Hvor stor krengevinkel er normalt gjennom en retningsendring?***

- «Man må alltid holde seg innenfor krava til Sjøfartsdirektoratet. Man skal aldri ha krengevinkler som er større enn 50% av GZ-maks. Man skal ikke ha krengevinkler som overstiger 15°. Man skal heller ikke ha krengevinkler som er større enn at dekket går i vann. På mindre båter er det ikke masse som skal til.»

### ***Før gjennomføring av sving, er rorvinkel og gasspådrag gjennomtenkt?***

- «Ja. Den bollard pullen som vi benytter i slepingen er gjerne forhåndsdefinert. Skal man slepe ut ankerline har man gjerne begrensninger ved at man er nødt til å holde minimum ett gitt antall tonn. Man har aldri lov å påvirke ankerlinen mer en eksempelvis 180 tonn. Så den såkalte, kall det gasspådrag eller tension som vi påvirker systemet med, den er på en måte gitt. Så må vi begrense rorbruken ut ifra hvor mye bollard pull vi bruker. Ligger man og tauer med 200 tonn på en ankerhåndterer, så er det sjeldent man har bruk for 10° ror. Fordi at man har så stort utslag og man har så masse krefter som påvirker fartøyet. Hvis man da i tillegg ligger på auto heading, med vaieren sikra i tauepinnene og bruker 10° ror på begge propellene, så har baug thrusterene rikelig nok med å følge med. De klarer stort sett ikke å følge med heller fordi ror-kreftene blir så enorme.»

### ***Dersom du hadde vært skipsdesigner, er det noe du ville gjort annerledes eller endra i forholdt til dagens AHTS for å gjøre de mer svingedyktige under tauing?***

- «Det som er viktig for en ankerhåndterer er egentlig bredden. Dette gjør at man har stabilitet til å kunne bruke de kreftene man vil bruke. Det med stabilitet er ei utfordring.

## Pivotpunktets dynamiske forflytning under slep

Frem til 2007 så var stabilitet for offshore fartøy sett på som ett «ikke-problem». Så dersom en skal påvirke skipsdesign så er å få bredere fartøy til å gi deg den stabiliteten man trenger. Dess lengre fartøy man har, dess enklere er det å flytte baugen. Samtidig så kommer man inn i et miljø faktor med hensyn på hvor mye thruster-kapasitet fartøyet skal ha. I den ideelle verden skulle vi jo hatt ett par tusen kW per thruster i baugen. Da er man sikker på at baugen ikke faller av. Men så kommer det igjen det at du skal ha grønt «footprint» samtidig som man skal ha nok generator kapasitet til å produsere strømmen man trenger. I tillegg skal man ha nok bullard pull etc. Så vi får tro at det er en gylden middelvei.»