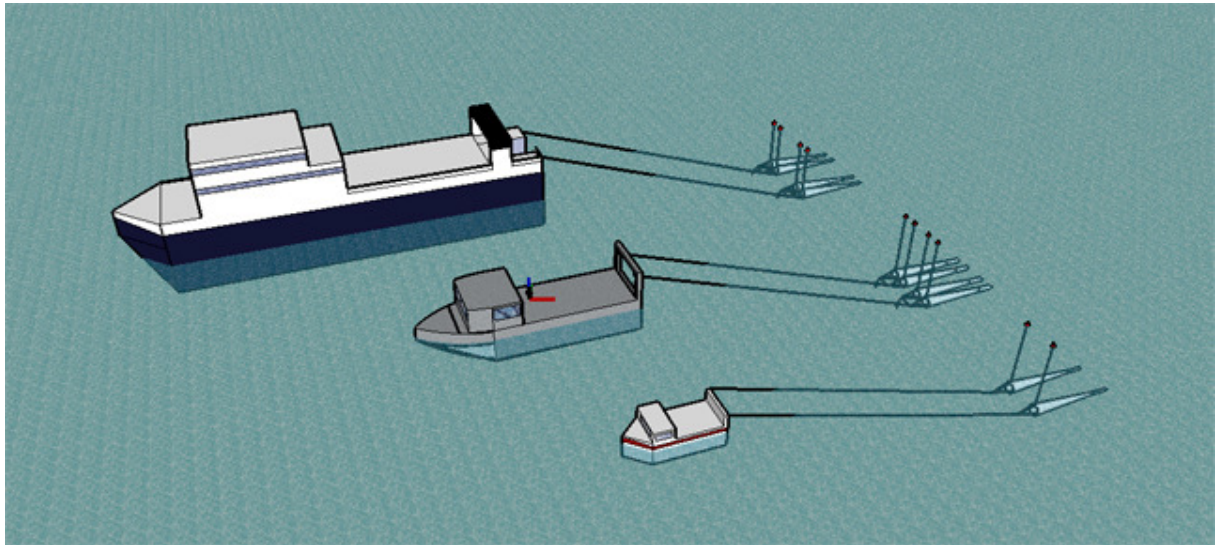


Slepemotstand, effektivitet og fangstsammensetning i fiske med trål tilpasset dyreplankton Forsøk med trål i små skala

av
Trond Larsen



Mastergradsoppgave i fiskerifag
Studieretning fiskeriteknologi
(60 stp)

Institutt for akvatisk biologi
Norges fiskerihøgskole
Universitetet i Tromsø



Februar 2009

Sammendrag

Oppgaven tar for seg hvilken innvirkning størrelsen på maskevidde i planktontrål (spesielt for raudåte, *Calanus finmarchicus*) får på slepemotstand, effektivitet og fangstsammensetning ved forsøk med nedskalerte modeller av de planktontråler som brukes i dag. En kontrolltrål og tre testtråler ble tauet parallelt for å sammenligne fangstmengde og fangstsammensetning, og det ble gjort målinger på slepemotstand for de enkelte trålene.

Resultatene viser at slepemotstanden kan holdes konstant i tråler, samtidig som styrken på nettet økes med større maskevidde og tråddiameter parallelt. Slepemotstanden kan reduseres, men da som følge av redusert styrke, og dermed redusert total størrelse på trålene. Med større bruddstyrke i fremre del av planktontråler kan størrelsen på trålen økes og dermed også båtens fangsteffektivitet.

Økningen av maskevidde fra 475 μm til 750 μm og 1080 μm i den fremre tredjedelen av trålene førte i disse forsøkene til økt fangstrate med henholdsvis 32 % og 27 %. Ved å øke maskevidden i to tredjedeler av trålens hoveddel var det en fangstøkning på 12 % i forhold til kontrollen. Det er noe lavere enn i de to andre testtrålene, og skyldes sannsynligvis utvasking av raudåte gjennom midtseksjonen med maskevidde på 750 μm . Økningen i fangstrater i forhold til kontrollen kommer som følge av gjentetting av nettet i kontrollen og påfølgende reduksjon av silingseffektivitet.

I vann med mye alger/maneter vil fangstratene øke betydelig ved å øke maskevidden. Det forventes ingen reduksjon av fangstrater for testtrålene med fangst i rent vann.

I ettertid av arbeidet med dette prosjektet, delvis som følge av resultatene her, vil åpningsarealet på nye kommersielle planktontråler (type Calanus AS) bli doblet, og fremre del av trålene byttet ut med nett til henholdsvis 1080 μm og 750 μm maskevidde.

Forord

Når jeg nå fullfører fiskerikandidatstudiet ved Norges Fiskerihøgskole vil jeg takke alle som har hjulpet meg med arbeidet med denne oppgaven:

Roger Larsen for god veiledning.

Calanus AS for økonomisk støtte til innkjøp av utstyr. Spesielt takk til Snorre Angell som har stilt opp med hjelp og svar på mange av mine problemer.

Fiskeri- og Havbruksnæringens forskningsfond for stipend til dekking av reiseutgifter og innkjøp av diverse.

Georg Elvebakk for hjelp med statistikken. De øvrige ansatte på NFH som har hjulpet meg og svart på spørsmål: Kurt Tande, Sünnje Basedown, Lasse Rindhal, Manu Sistiaga og Jorge Santos.

Lindgraf & Flintab AS og Bjarne Strand på Nordøya Industrianlegg for lån av vekter. Mannskapet på F/F Jan Mayen, F/F Johan Ruud og F/F Hyas for uvurderlig hjelp under forsøkene.

Pappa, Bjørn Larsen, som stilte M/K Havsula til disposisjon. Elin Sommerseth og Lasse Kristiansen for hjelp med gjennomlesning, og til slutt min samboer Anja Isaksen som har stilt opp for meg gjennom hele prosessen.

Tromsø, februar 2009

Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Historikk.....	2
1.2	Praktisk fiske	3
1.3	Slepemotstand	5
1.4	Fangsteffektivitet.....	7
1.5	Fangstsammensetning	9
1.6	Problemstilling	11
2	Biologi.....	12
3	Materialer og metoder	13
3.1	Beskrivelse av forsøkstråler	13
3.2	Måling av slepemotstand.....	16
3.3	Tråloppsett.....	17
3.4	Tokt	19
3.5	Biologisk prøvetaking	19
3.6	Telling av prøver	19
3.7	Påvirkende faktorer	20
3.8	Metode for analyse	20
4	Resultater.....	21
4.1	Slepemotstand	21
4.2	Fangstvolum	25
4.3	Fangstsammensetning	25
4.4	Påvirkende faktorer	27
5	Diskusjon.....	29
5.1	Rammer og begrensninger under feltstudier	29
5.2	Endring av slepemotstand	29
5.3	Fangsteffektivitet.....	30
5.4	Fangstsammensetning	32
5.5	Påvirkende faktorer	33
5.6	Fremtidig fiske og forskning	33
6	Konklusjon	35
	Referanser.....	36
	Vedlegg	39
	Vedlegg A: Tabelliste.....	39
	Vedlegg B: Figurliste	39
	Vedlegg C: Bildeliste	40

1 Innledning

I følge FAO Fisheries Statistics (FAO 2008) har ikke fangst fra verdenshavene økt de siste 8 årene og de fleste store fiskebestander er maksimalt utnyttet eller overbeskattet. Videre vekst innenfor marin sektor må derfor komme fra havbruk eller beskatning på lavere trofisk nivå. Betydelig vekst innen oppdrett krever tilførsel av store mengder protein, som allerede er en mangelvare på verdensmarkedet. For å møte denne etterspørselen kan en del av svaret være å utvikle moderate fiskerier på dyreplankton (Fosså 2002). Det har i mange år blitt fisket krill (*Euphausia superba*) i Barentshavet (Nicol & Endo 1999), og det har vært et begrenset fiske på raudåte (*Calanus finmarchicus*) i norske farvann (Wiborg og Hansen 1974, Nilsen 2008).

Det har blitt skrevet relativt mye om raudåte de siste årene og det stilles store forventninger til at denne ressursen kan skape industri (fiskeri, prosessering og bioprospektering) på ulike nivåer i norsk fiskeri (Fosså 2002, Wiborg og Hansen 1974). Større og mindre forskningsprosjekter har kartlagt mye av raudåtas biologi og dens utbredelse i norske farvann. Disse prosjektene har i stor grad fokusert på fysiske og biologiske faktorer rundt raudåta (Basedown 2006; Tande 1989; Broms et al. 2008). På fangstsiden har det vært gjort atskillig mindre forskningsinnsats (Fosså 2002). Calanus AS, ved Snorre Angell har vært ansvarlig for fangsten som har foregått de siste årene, og sitter på mye av de empiriske data som gjelder fangst av raudåte.

Mulighetene med å fiske på lave trofiske nivå kan være spennende. I dag kommer en økende del av proteinet i fiskefôr fra terrestriske råstoffer fremfor marine råstoffer (Fosså 2002). Dette er fett og proteiner som kunne vært brukt til humant konsum, så ved å bruke raudåte kan man snu denne trenden. Raudåte er et rent råstoff med god nærings sammensetning og lavt innhold av miljøgifter. Grunnen til dette er at raudåta på grunn av kort levetid ikke vil akkumulere store mengder giftstoffer (som for eksempel dioksiner, PCB og bromerte flammehemmere) slik som fisk og dyr på høyere trofisk nivå gjør (Fosså 2002; Hites et al. 2004). Det er også fullt mulig for de fleste havbruksarter, for eksempel laks, å nyttiggjøre seg næring fra raudåte (Røkke 2007), og den er en naturlig del av kosten til vill fisk (Olsen et al. 2004).

Sammenlignet med andre moderne fiskeri, drives dagens raudåtetraling med et svært lavt teknologinivå. En raudåtetraler i dag har ikke spesiallaget akustisk leteutstyr for å lokalisere

konsentrasjonene av raudåte og de har tungvinte prosedyrer for behandling av raudåta ombord. I tillegg er trålene enda under utprøving og svært små sammenlignet med tilgjengelig motorkapasitet (Angell 2002). Endring i de klimatiske forhold kan også bli en utfordring for kommersialiseringen av raudåtefisket. Temperaturendringer kan føre til endring i raudåtas leveområder (Heath et al. 1999), slik at den kan bli transportert lenger ut fra kysten. Det gjør at det blir viktig å kunne fiske med havgående båter med frysekapasitet (≥ 90 fot). Disse krever også større og mer effektive tråler for ikke å sløse med ressursene. Signaler Calanus AS har fått antyder at det ikke vil bli tillatt med raudåtefangst i kystnære områder på grunn av faren for innblanding av larver og yngel fra andre arter¹. En forbedring av planktontråler med hensyn til størrelse, effektivitet og fangstsammensetning vil øke sjansene for suksess i kommersialiseringen av raudåtefiske.

1.1 Historikk

Raudåte har blitt fangstet i Norge siden slutten av 1950-tallet i Trondheimsfjorden, med totale fangster på noen tonn (7 tonn i 1962). På slutten av 1960-tallet begynte oppdrettere å samle raudåte til fôr med oppankrede feller og det ble gjort forsøk med fangsting av raudåte i Nord-Norge. Rundt 1974 lå årlig fangst på omtrent 50 tonn. Raudåta ble da brukt til forskning, akvariefôr, oppdrettsfôr og noe til humant konsum. Fangstingen ble gjort med små finmaskede håver, noe større firkantede tråler og oppankrede feller. Wiborg og Hansen (1974) konkluderte i sin artikkel med at det ville være mulig å drive kommersielt fiske etter raudåte med både feller og sleperedskaper. I de påfølgende årene har fisket stagnert, men firmaet Norsk Medisinal Union AS har fisket raudåte til forskningsformål siden 1970-årene og fram til 2005 (Nilsen 2008).

Med utspring i grunnforskning utført ved universitetet i Tromsø ble Calanus AS stiftet i 2002 av Kurt Tande, Gunnar Rørstad, Jan Raa og Erik Løvaas, med visjon om å bli ledende på produksjon og salg av produkter basert på raudåte og andre dyreplankton. Calanus AS startet fangst av raudåte i 2003 og tok da opp 16 tonn våtvekt. I 2008 fisket firmaet 90 tonn våtvekt raudåte, og har i dag lisens på fangst av 1000 tonn våtvekt raudåte per år i perioden 2008 – 2012. Denne lisensen er nødvendig, ettersom det 22. mars 2006 ble innført forbud mot fiske etter raudåte, krill og andre dyreplankton i det nordøstlige Atlanterhav, ICES-områdene I-XI (Lovdata.no 2008). Forskriften kom som følge av økende interesse for fangst av raudåte og

¹ Personlig meddelelse: Snorre Angell, Calanus AS, Stakkevollv. 65, 9272 Tromsø.

andre planktonarter i henhold til førevarprinsippet (Fiskeridirektoratet 2005a; Fiskeridirektoratet 2005b). Et forvaltningsregime for raudåte er enda ikke på plass, men Forvaltningsplan for Norskehavet er under utarbeidelse og fangst på dyreplankton vil bli vurdert i denne (Direktoratet for naturforvaltning 2008).

Markedet for produkter av raudåte er i dag akvariefôr, oppdrettsfôr primært til yngel, ingrediensmarkedet, kosttilskudd og forskning. Produktene er i dag kostbare på grunn av de høye fangstutgiftene. I fremtiden kan en se for seg raudåte som mulig proteinkilde både til havbruksnæringa og humant konsum hvis fangstkostnadene reduseres.

1.2 Praktisk fiske

Siden svært lite er skrevet og publisert om fangst og fangstteknologi på raudåte, er bakgrunnen for dette delkapittelet i hovedsak samlet inn gjennom samtaler med Snorre Angell i Calanus AS.

Fisket i dag foregår på båter engasjert av Calanus AS. Under fisket bidrar firmaet med planktontråler, opplæring av mannskap og kunnskap om fangstområder og metoder. Fisket foregår på båter fra 35 fot (M/S Kårstein) og opp til 90 fot (M/S Glomfjord). Trålene som brukes er utviklet av Calanus AS i samarbeid med SINTEF Fiskeri og Havbruk (SFH) og Norges Fiskerihøgskole, har åpning fra 32 til 50 m² og holdes åpen av kiter i forkant av trålen. Kitene som brukes på Calanus-trålene i dag har mindre slepomotstand enn konvensjonelle flytetråldører og fungerer bra ved lave hastigheter (Angell 2002). Hver trål er forbundet til en slepewire via haneføtter, det gjør det enklere å slepe et multitrålsystem (to eller flere tråler samtidig), da hele lengden av trålene kan kjøres inn på tråltromler eller kombinasjons trål/snurrevadtromler.

Dagens Calanus-tråler er bygget opp av vanlig planktonnett av monofilament nylon (PA) med maskevidde på 500 µm i hele trålens lengde og det anvendes et ytternett av reketrålnett. Ytternettet gjøres noen prosent mindre enn planktonnettet og har som funksjon å oppta den største komponenten av slepekraftene og gjennom dette beskytte planktonnettet. Dette gjøres fordi planktonnettet er følsomt for slitasje samt at det er svært tidkrevende å reparere skadet planktonnett sammenlignet med reketrålnett. Innernettet er kun festet til det omliggende ytternettet fremst i trålene, og henger løst bakover i trålen. Innernettets vegger vil derfor være

i konstant bevegelse på grunn av strømningsmønsteret rundt trålen, og bidrar til å holde trålen ren for plankton under tauing.

Calanus-trålene har mye lavere skjæring enn tråler beregnet på fisk, noe som medfører lange belger og stort trådareal. Trålene som anvendes i dag har et areal av planktonduk på opp mot 800 m² for å oppnå høyere vanngjennomstrømning. Fordi det brukes nett med svært liten maskevidde, har tråden lav diameter og dermed lav bruddstyrke, og størrelsen på utstyret begrenses i dag av dette. Båtene nyttiggjør seg derfor ikke særlig stor del av den tilgjengelige maskinkraften. Det er ønskelig å utnytte mer av kraften og man må derfor øke størrelsen på trålene. Fiskeri vil da bli mer effektivt både med hensyn til miljø, driftskostnader og arbeidsmengde for fiskerne.

Planktontrålene er pelagiske tråler og det fiskes i eller nært overflaten, sjelden under 50 meters dyp. Når trålen er tatt inn etter tauing blir fangsten normalt tatt direkte om bord i fartøyet og sekken tømmes i kar med silduk. Under fisket med M/S Glomfjord i 2008 og M/S Båragutt i 2007 ble fangsten pumpet ombord med et system likt det som brukes i pelagisk tråling etter blant annet kolmule. I karet blir fangsten avsilt for vann, og fremmedelementer/synlig bifangst som for eksempel maneter blir fjernet. Behandlingen gir en kompakt masse raudåte og blir så transportert manuelt til fryserne, hvor den blir blokkfrost, pakket og lagret i fryserom til båten kommer på land. Fangsten leveres som annen frossen fangst og transporteres til produksjonsbedriften hvor den blir lagret i fryserom før videre prosessering. Små fartøy uten frysekapasitet lagrer raudåta kjølt i tette poser til de kommer på land, for så fryse den inn på landanlegg. Muligheten for innfrysing av raudåte på små fartøy begrenser områdene de kan fangste i.

Fangsting på raudåte skjer primært under våroppblomstringa (se kapittel 2) og har vært gjennomført fra Stadt og nordover til Sørøya, Finnmark². Kunnskap om strømforhold, upwelling og fiskefelt brukes til å lokalisere gode forekomster av raudåte. Når et område er funnet loddet de beste forekomstene opp med et planktonmeter. Det er det eneste tekniske leteutstyret som har vist seg å fungere godt i praksis og består av en serie håver med 15 cm i diameter som festes på et tau som senkes til ønsket måledybde. Håvene taues så i 15 minutter, hvorpå man kan se om det er fangstbare konsentrasjoner av raudåte i området eller om det er

² Personlig meddelelse: Snorre Angell, Calanus AS, Stakkevollv. 65, 9272 Tromsø.

for stor innblanding av andre arter, for eksempel fiskeyngel eller maneter. For å kunne bestemme hvilket dyp det er mest gunstig å tråle på er dette vital informasjon. Slike målinger gjøres også under tauing, for å se om raudåta har endret dyp, eller om man er kommet inn i områder med uønsket bifangst. Planktonmeteret kan bare slepes ved ca. 1 knop, og kan derfor ikke brukes som leteutstyr under normal seilingshastighet. Plankton og maneter registreres av både ekkolodd og sonar, men signalene blir svært svake i forhold til ekko fra fisk. I praksis er det derfor ikke mulig å anvende eksisterende akustiske hjelpemidler for å lokalisere raudåte spesifikt (Wiebe and Benfield 2003).

Begrensingen på årlig uttak av raudåte ligger nå på markedssiden, da Calanus AS ikke fisker mer enn de kan produsere og selge videre. Etter hvert som markedet utvikles må fangstingen økes og effektiviseres for å levere det markedet krever. Hvis fangstkostnadene kan reduseres vil etterspørselen øke, og en kan på lang sikt se for seg å bruke raudåte som proteinkilde til oppdrettsfisk og til humant konsum.

1.3 Slepemotstand

Slepemotstand har stor innvirkning på raudåtefiskets suksess som kommersielt fiskeri og vil i denne sammenheng bli brukt om krefter som måles direkte på slepewirer under normal tauing. Det er en direkte sammenheng mellom slepemotstand og energiforbruket i fisket, og dermed de totale kostnadene. Den totale slepemotstanden til nettet vil også ha innvirkning på hvor stor bruddstyrke nettet lengst frem i trålen må ha.

For et gjenstand med konstant motstandskoeffisient (C_M) som slepes gjennom vannet, vil motstanden (F) øke med kvadratet av hastigheten, og kan vises med formelen (Karlsen 1997):

$$D = C_M \cdot (\rho/2) \cdot A \cdot v^2, \text{ der}$$

C_M = Motstandskoeffisient

ρ = Vannets tetthet (kg/m^3)

A = Gjenstandens projiserte areal (m^2)

v = Gjenstandens hastighet gjennom vannet (m/s)

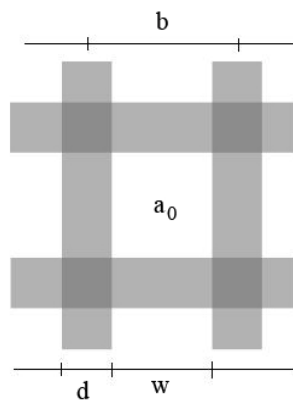
Dette er nødvendigvis ikke det samme for en trål, da trålene er et mer komplekst objekt og kan endre seg i forhold til farten. I en fisketrål vil for eksempel motstandskoeffisienten minke ved økende fart, og slepemotstanden vil øke eksponentielt, men ikke kvadratisk (Karlsen

1997). Motstandkoeffisienten for planktontrål vil også minke ved økning av hastighet (Gjørund 2006). Siden planktontrål har så små maskevidder vil formelen i Karlsen (1997) bli for enkel. Det som får størst innvirkning på slepemotstanden i en planktontrål, i tillegg til tauefarten, er soliditet (S_n), formen på trålen og Reynolds nummer (Re). Soliditet gir forholdet mellom arealet av overflaten til all tråden i trålen og trålens totale areal, og beregnes etter følgende sammenstilling:

$$S_n = 1 - (w^2 / ((w + d)^2)), \text{ der}$$

d = tråddiameter (μm)

w = maskevidde (μm)



Figur 1: En maske i planktonnett, markert med stolpelengde (b), åpent areal (a_0), trådens diameter (d) og maskevidde i nettet (w).

Formelen sier enkelt at vi ved små maskevidder og tykk tråd vil vi få høy soliditet. Hvis maskevidden økes med konstant tråddykkelse vil soliditeten minke. Motsatt, hvis tråddiameter økes med konstant maskevidde vil soliditeten økes. Eventuelt kan både maskevidde og tråddiameter økes for å oppnå konstant soliditet.

Trålens form, i koniske tråler vil det si nettets vinkel i forhold til taueretninga, vil også få direkte innvirkning på målt slepemotstand og energiforbruk i fisket. Jo større vinkel nettet har på taueretningen, jo større motstand vil det lage (Gjørund 2006). Reynoldsnummer (Re) er forholdet mellom de viskøse kreftene som virker på et legeme i fart, og tregheten til objektet (Mann og Lazier 2006). For så liten maskevidde og tråddiameter som det er i en planktontrål vil Re påvirke slepemotstanden betydelig.

I trålene som brukes i dag har ikke slepemotstand vært et stort problem. Det har i hovedsak vært brukt små tråler bak forholdsvis store båter, men etter hvert som trålene blir større og

markedet krever større kvantum raudåte, vil dette forholdet få større betydning. Første generasjons planktontrål med selvspredende kite-vinger ble utviklet i modelltanken i Hirtshals i 2002. Åpningsareal i fullskala på 48 m² og hadde et antatt behov for maskinkraft på 230 HP (Angell 2002). Båten som ble brukt under fiske i 2008, M/S Glomfjord, har til sammenligning 1060 HP (Fiskeridirektoratets fartøyregister 2008) og vil få et betydelig kraftoverskudd også med dobbeltrål. M/K Kårstein (370 HP), som er den minste båten som har blitt brukt under planktonfiske for Calanus AS, har fisket med to tråler på 32 m² som utgjør total slepekapasitet for denne båten. For å effektivisere fangsten for denne båten kan redusert slepemotstand på trålen og økt størrelse kombineres.

Drivstoffkostnadene i norsk fiske har økt betraktelig de siste årene (Fiskeridirektoratet 2008) og det er innført NOX-avgift på fiskebåter (Miljøverdepartementet 2008). For at et nytt fiskeri skal bli en suksess, vil det være en stor fordel at det er mindre ressurskrevende enn eksisterende fiskerier det er naturlig å sammenligne med.

1.4 Fangsteffektivitet

I ethvert fiskeri er det en klar målsetning å gjøre fangsteffektiviteten så høy som mulig. Med planktontrål har det ikke vært gjort gode studier på hvor effektive trålene er, men noen faktorer som får stor innvirkning på dette er identifisert. For alle tråler kan en regne med et teoretisk fangspotensial som sier hvor mye fangst man kan få i en trål med gitte mål, tauetid og slepehastighet. For planktontrål vil det være lik silt vannvolum multiplisert med planktontetthet og trålens fangsteffektivitet (Karlsen 1997). Planktontetthet angir hvor mye plankton det er i vannmassene i g/m³. Fangsteffektivitet er trålens evne til å tilbakeholde planktonet som kommer inn i åpningen (Karlsen 1997) og er forholdet mellom plankton som blir tilbakeholdt i sekken og total mengde plankton som kom inn åpningen. Det betyr at størrelse og adferd til planktonet får stor innvirkning på om det fanges eller ikke. Silingseffektivitet angir hvor mye av vannet i trålens bane som blir silt (Gjøsund 2006). 100% silingseffektivitet betyr at masseflux gjennom åpningen er tilsvarende et like stort areal upåvirket av trålen, som for eksempel hvis man tauer en ring gjennom vannet.

Hvis vanngjennomstrømningen i nettet blir for liten, vil den totale vanngjennomstrømningen i hele trålen bli lavere enn tauefarten. I ekstreme tilfeller blir dette som å tae en bøtte gjennom vannet, eller "bøtteeffekt". Hvis det skjer vil silingseffektiviteten og dermed fangsten i trålen

reduseres. En slik reduksjon av silingseffektivitet påvirkes av tauefart (v) og forholdet mellom åpent nettareal og åpningsareal i trålen (R). For planktontråler vil silingseffektiviteten økes med tauefarten, slik at en må over en viss fart før en kan si at en har tilstrekkelig silingseffektivitet (Gjøsund 2006). Forholdet mellom åpent areal i trålnettet og åpningsarealet fremme i trålen (R) er et forenklet mål, som angir trålens evne til å filtrere vannet som kommer inn åpninga. R gis ved (Harris et al. 2000):

$$R = (\alpha \times (1 - S_n)) / A, \text{ der}$$

α = Totalt areal av trålen (m^2)

S_n = Soliditeten

A = Åpningsarealet på trålen (m^2)

I forskningssammenheng anbefaler Harris et al. (2000) at WP2³ håv har $R > 6$, og Gjøsund (2006) viser klart fordelene med $R > 6$ med figurer, der en så stor R vil gi en buffer mot gjentetting av trålen av alger/maneter. Det vil derfor være sannsynlig at det samme gjelder for kommersielle tråler. Med større R vil imidlertid det totale arealet av trålen øke og en må finne en optimal tilpassning for å unngå for store trådareal og tungvindt håndtering..

Vanngjennomstrømningen kan også minke bakover i trålen selv med høy/fullstendig silingseffektivitet (Gjøsund 2006), uten at dette vil få innvirkning på fangsteffektiviteten. Hvis masker i trålen tettes igjen som følge av alger, fangst eller bifangst, vil R bli mindre, og silingseffektiviteten kan minke (Gjøsund 2006). En annen grunn å holde en såpass stor R i tråler, er å hindre stort trykk på fangsten. Ved å øke R kan en senke trykket bakerst i trålen, og trålen vil derfor være mer skånsom for fangsten. Harris et al. (2000) sier at plankton kan presses ut gjennom maskene i nett på masker som er ned til 75 % mindre enn dyret selv. Forholdsvis høy R kan også motvirke dette.

For å synliggjøre et teoretisk fangstpotensial for en tråler settes det opp et eksempel på er hal med en time tauetid, tauefart på 1 knop, åpningsareal på $50 m^2$ og planktontetthet på $5 g/m^3$ (Wiborg og Bjørke 1969). Med 100 % fangsteffektivitet vil fangsten bli:

$$50 m^2 \times 1852 m/time \times 1 time \times 5 g/m^3 = 463000 g = \underline{463 kg}$$

³ WP2 håv for innsamling av plankton. Se Harris et al. (2000)

For en båt med dobbeltrål, og 20 effektive tauetimer per døgn vil dette gi en daglig fangst på omtrent 18,5 tonn våtvekt raudåte. Noe som absolutt viser at kommersiell fangst er mulig.

Endring i fangsteffektivitet på en ny/eksperimentell fiskeredskap kan være vanskelig å beregne, og en praktisk metode for å gjøre dette er å sammenligne med eksisterende fiskeredskap. Ved å taue to eller flere tråler samtidig kan man finne ut den relative forskjellen i fangstegenskapene til redskapet (Fridman 1986; Wileman 1996). Forskjellig maskevidde har vært prøvd på planktontråler (Wiborg og Hansen 1974), men da sannsynligvis i hele trålen, ikke med differensierte størrelser. Optimal fangsteffektivitet gir raudåtetråling potensial til å bli et kommersielt vellykket fiskeri.

Under antakelse at de trålene som brukes kommersielt (type Calanus AS) siler alt vannet de taues gjennom (~100 % silingseffektivitet), noe som ble bekreftet i modelltanken i Hirtshals (Angell 2002), vil all raudåte som er i vannmassene som tråler siler, blir fanget, og en økning i fangst må komme som resultat av større tråler. Dette vil og gjelde for min kontrolltrål.

1.5 Fangstsammensetning

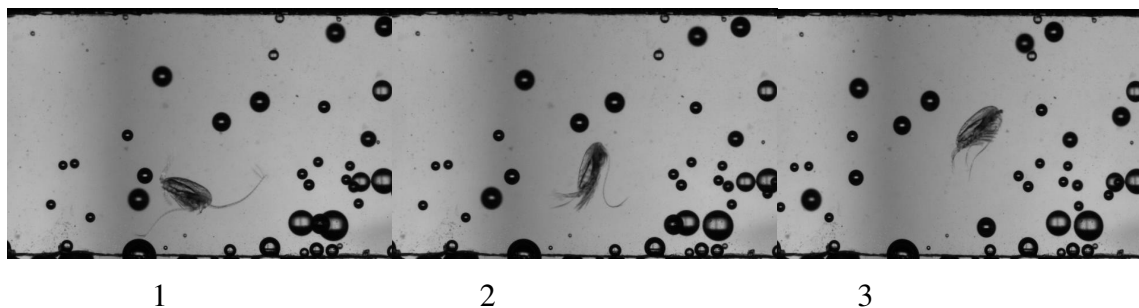
Fangstsammensetningen er avhengig av de berørte organismenes evne til å unngå/unnsnippe fiskeredskapet som benyttes. Ved 100 % silingseffektivitet vil alle organismer som befinner seg i vannmassene foran trålen bli påvirket av trålen. En del av disse vil rømme ut på sidene foran trålen og noen vil rømme gjennom nettet. Størrelsen på organismen, egenbevegelse, reaksjonsmønster og utforming av trålen vil påvirke dette. Små dyr som dyreplankton og fiskelarver/ungel har lav egenbevegelse og vil sannsynligvis ikke klare å unnvike trålen (Harris et al. 2000). Stor fisk fanges ikke i calanus-trålene i dag, noe som kan forklares med at arter med tilstrekkelig egenbevegelse, og som oppdager trusselen en trål utgjør i forkant av trålen, kan unnvike denne. Fangstsammensetning under et planktonfiske er avhengig av hvilke arter som befinner seg i de områder og på de dyp hvor det drives fiske. Jo mer lik en annen art er raudåta i forhold til adferd og morfologi, dess større sjanse er det for innblanding i fangstene.

Størrelsen på trålene kan få innvirkning på fangstsammensetninga, da selv organismer med god egenbevegelse ikke klarer å unnvike store tråler hvis de oppdager dem sent. Planktonmeteret har på den andre siden så små håver at en del organismer lett kan unnvike

denne (Harris et al. 2000), men dette gir likevel en god indikasjon på hva som befinner seg i vannmassene. Høyt vanntrykk i trålen kan presse dyr som er større enn maskene ut av trålen, og det er derfor ikke ønskelig med for høy fart (Harris et al. 2000). For å begrense det indre trykket ved høy hastighet kan R økes, men dette fører da til større slepemotstand.

Med bekymring for bifangst av egg, larver og yngel fra kommersielt utnyttede fiskebestander, har kommersielt fiske etter raudåte møtt en del motstand (Fiskeridirektoratet 2005a; Oddekalv and Ridgeway 2007). Sannheten er at det er gjort lite for å dokumentere den faktiske bifangsten i fiske etter raudåte. En kvantitativ vurdering gjort av fiskerne viser at det er lite store dyr i fangstene, men det mangler en større kvalitativ vurdering. Ved lisensen som Calanus AS fikk for prøvefangst i perioden 2008 – 2012 er det gitt retningslinjer fra departementet/direktoratet som pålegger Calanus AS ta prøver av all fangst for analysere av fangstsammensetning. På grunn av uklarhet rundt hvem som er ansvarlig for disse analysene er ikke dette gjennomført⁴.

Prosjektet "Harvesting zooplankton by bubble flotation" (SINTEF FH NFR-prosjekt nr. 830179) jobber med å bruke luftbobler til å løfte raudåte opp til overflaten for å forenkle fangst. Dette kan gjøres ved at luftbobler fester seg til raudåta og løfter den i vannmassene, eller at luftstrømmen løfter hele vannmassen raudåta står i mot overflaten. Under arbeidet med dette prosjektet viste Jeuthe (2008) at raudåte i gjennomsnitt unnviker fysiske hindringer i 2 minutter. Lignende fluktreaksjoner er observert for andre planktonarter (Buskey og Hartline 2003).



Bilde 1: Bildeserie av raudåte som unnviker luftbobler (SINTEF FH NFR-prosjekt nr. 830179 "Harvesting zooplankton by bubble flotation").

⁴ Personlig meddelelse: Snorre Angell, Calanus AS, Stakkevollv. 65, 9272 Tromsø.

1.6 Problemstilling

For at fangst av raudåte skal kunne utvikles fram mot et vellykket kommersielt fiskeri vil det være behov for å utvikle mer effektive tråler spesialtilpasset fangst av raudåte. Problemstillinger som slepemotstand, fangsteffektivitet og fangstsammensetning er viktige spørsmål denne sammenheng. I denne oppgaven testes fire modelltråler, hvor deler av trålene har nett med større maskevidde enn det som brukes i dagens tråler (type CALANUS A.S). Forskjeller i slepemotstand, fangstvolum og fangstsammensetning mellom de ulike trålene ble undersøkt i forhold til en kontroll med tilsvarende nett og maskestørrelse som de trålene som brukes kommersielt i dag (type Calanus AS).

Problemstillingen i oppgaven ble konkretisert med følgende arbeidshypoteser:

- a) Det vil ikke kunne avdekkes signifikant forskjell i slepemotstand mellom de fire trålene fordi soliditeten holdes tilnærmet konstant. (En usikkerhet ved denne hypotesen kan være at nett med ulik maskevidde blir tettet igjen i varierende grad)
- b) Økning i maskevidde vil ikke føre til signifikant fangsttap for testtrålene 2 og 3, der kun fremre tredjedel av trålene har nett med større maskevidde.
- c) Testtrål 4, med større masker i de to fremste tredjedelene av trålen kan få signifikant fangsttap.
- d) Testtrålene med store masker i forkant vil ha redusert bifangst i forhold til kontrollen.

2 Biologi

Raudåte (*Calanus finmarchicus*) er en hoppekreps (copepod) som normalt blir 2 – 3 mm lang. Den inneholder store mengder fosforlipider, kitin og voksesterer som kan brukes i svært varierte produkter (Wiborg and Hansen 1974). Den er mat for andre planktonarter, store deler av de pelagiske fiskeartene i norske farvann, en del andre fiskearter og pattedyr, og kan regnes som en av grunnsteinene i havet. Raudåte lever i hovedsak av planteplankton (Skjoldal 2004; Saage et al. 2008). Biomassen av raudåte i norske farvann er anslått til 100 millioner tonn. Den årlige produksjonen som langt overstiger dette kan variere med klimatiske variasjoner og sterke årsklasser med fisk som for eksempel hvitting og sild (Skjoldal 2004). Bare 20 % av biomassen vil inngå i den naturlige næringskjeden (Fosså 2002), så det kan være mulig å ta ut store mengder ved fangst. Raudåte alene utgjør opp mot 75 % av totalt mesozooplankton i nordre del av norskehavet (Edwardsen et al. 2006).

Livsfasen til raudåte kan deles opp i flere stadier, der det er en klar forskjell både i oppførsel og nærings sammensetning. Etter at eggene er klekket går raudåta gjennom 6 naupli-stadier (NI – NVI), og så fem copepod-stadier (CI – CV), før den blir voksen og han- eller hunkjønn (Skjoldal 2004). Raudåte kan inneholde store mengder fett, det er for eksempel målt gjennomsnittsverdier for stadiene CIV og CV på henholdsvis 13,64 % og 14,81 % lipidinnhold i forhold til kroppsvekten. Om sommeren kan raudåte ha gjennomsnittlig 18,04 % totalt lipidinnhold, mens det om våren ble det bare funnet bare 4,79 % totalt lipidinnhold (Yusuf et al. 2008).

Om vinteren synker raudåta ned på dypet, og utenfor sokkelen av kysten i Nord-Norge finner vi raudåta på mellom 900 og 1200 meter (Edwardsen et al. 2006). I fjordene og nærmere kysten, der det ikke er så dypt, finner man raudåte nært bunnen. Årsaken til denne ”vinterdvalen” er enda usikker, men det er sannsynligvis for å spare reserver i årstiden med lite planteplankton, samt å unngå predasjon (Skjoldal 2004). Om våren spres raudåte fra få store overvintringssentrum og ut over vannmassene langs norskekysten (Heath et al. 2004) samt inn i Barentshavet (Slagstad & Tande 2007). Fra overvintrende raudåte kommer til overflaten tar det 1 – 2 måneder før neste generasjon har maksimum i biomasse (Saage et al. 2008) og det er under denne oppblomstringen at raudåte opptrer i fangstbare konsentrasjoner nært overflata.

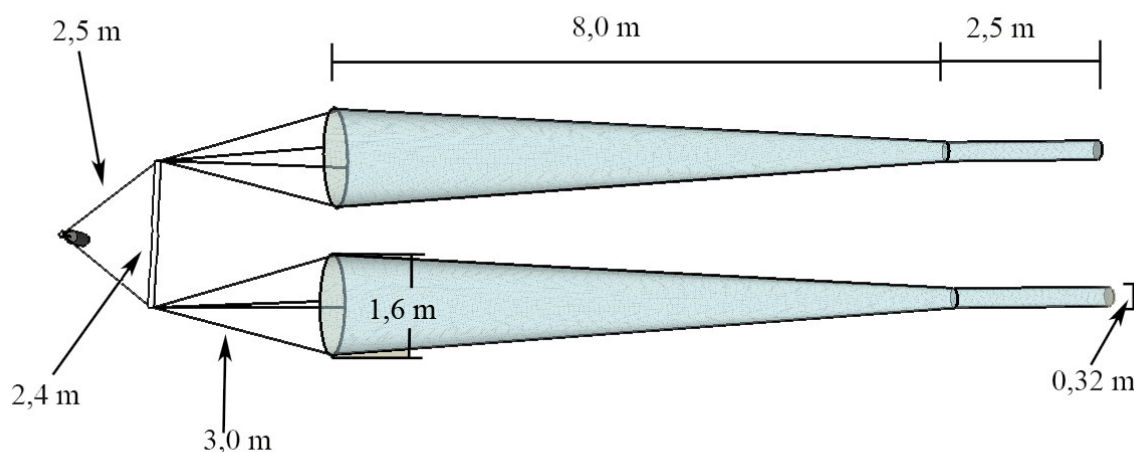
3 Materialer og metoder

3.1 Beskrivelse av forsøkstråler

Til forsøkene ble det brukt fire forskjellige tråler. Trålene hadde lik oppbygging, med unntak av nettet i trålveggen. Trålene har en konisk hoveddel, med en sylinderformet sekk bak. Hoveddelen er 8 meter lang med 1,6 m diameter i åpning i front (2 m^2 , 5 m omkrets). Sekken er 2,5 meter lang og 0,32 m i diameter (1 m omkrets)(figur 2, side 14). Totalt areal av trålen er $26,5 \text{ m}^2$ og $R = 7,4$. Sekken har likt nett i alle trålene og ble laget av nylon (PA) med 466 μm stolpelengde og 200 μm trådtykkelse. Nettet er det samme som brukes i sekken på kommersielle tråler (type Calanus AS), og ble benyttet for ekstra styrke i tilfelle mye fangst.

Trålene ble holdt åpen med en aluminiumsring med 1,6 meter i diameter (30 mm aluminium bolt, valset og sveiset). 3 meter lange haneføtter (8 mm polyanide), fra fire fester på aluminiumsringen, samles i sjakk (1/2" D-sjakk) med snuer (rustfritt stål, 1/2" svivel) for slepewire. Det ble brukt tauslag med 60" blåser i enden for å bestemme tauedyp. Minimum tauedyp var 1,5 meter for at ikke overflatespenninga skulle påvirke målingene. Tauslagene til blåsen ble festet direkte i øvre punkt av aluminiumsringen. Når alle fire trålene ble tauet samtidig, ble to og to tråler på hver side av et børtre tauet parallelt og børtreet festet til slepewire (figur 2, side 14 og bilde 3, side 18), slik at avstanden mellom trålene ble minimum 0,8 m. Børtreet består av et 140 mm aluminiumsrør på 2,4 m som er valset flatt i endene og satt på en 20 mm D-sjakk. D-sjakkelen fra trålene ble festet på ene siden av denne sjakkelen og en lik sjakk fester skrevet i børtreet. 2,5 m foran dette punktet er begge skrevene festet i en stor sjakk, som igjen ble festet i slepewiren. Lodd for holde trålen nedsenket under tauing festes direkte på slepewire (figur 2, side 14).

Trålens hovedmål



Figur 2: Fysiske mål på tråloppsettet, sett ovenfra. Åpning i forkant, diameter 1,6 meter (2 m^2) Åpning i sekk; diameter 0,32 meter ($0,08 \text{ m}^2$). Lengde hoveddel; 8 meter. Lengde sekk; 2,5 meter. Haneføtter i forkant av trål; 3 meter. Bredde på børtre; 2,4 meter. Skrev på børtre; 2,5 meter.

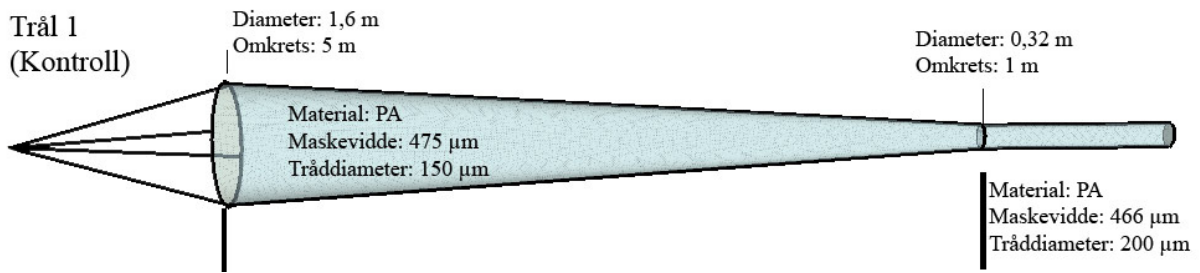
Forskjellen på de fire trålene som ble brukt i forsøkene var på oppbygging av nettet i trålens koniske hoveddel. Kontrolltrålen (Trål 1, figur 3, side 15) hadde nett med maskevidde $475 \mu\text{m}$, tråddiameter $150 \mu\text{m}$ og soliditet $42,2 \%$ i hele trålens hoveddel, et oppsett likt dagens kommersielle tråler (type Calanus AS). Trålen har en total soliditet på 43% .

Testtrålene var konstruert som følger:

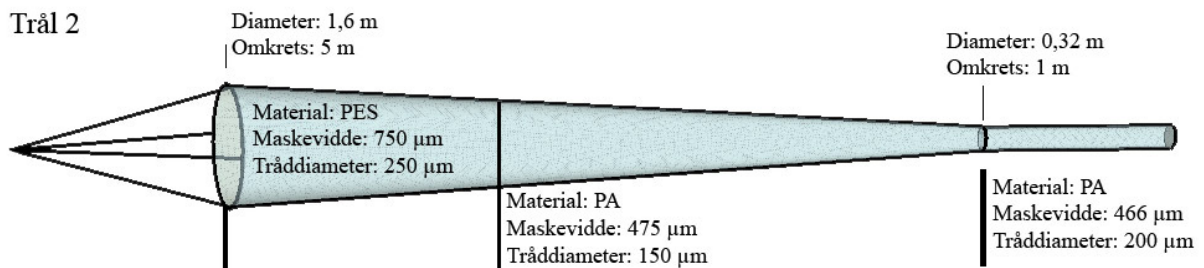
Trål 2 (figur 4, side 15) hadde nett med maskevidde $750 \mu\text{m}$, tråddiameter $250 \mu\text{m}$ og soliditet $43,8 \%$ i fremste tredjedel av hoveddelen ($0 - 2,67 \text{ m}$). Resten av hoveddelen ($2,67 - 8 \text{ m}$) hadde nett med maskevidde $475 \mu\text{m}$, tråddiameter $150 \mu\text{m}$ og soliditet $42,2 \%$. Trålen har en total soliditet på $43,7 \%$.

Trål 3 (figur 5, side 15) hadde nett med maskevidde $1080 \mu\text{m}$, tråddiameter $350 \mu\text{m}$ og soliditet $43,0 \%$ i fremste tredjedel av hoveddelen ($0 - 2,67 \text{ m}$). Resten av hoveddelen ($2,67 - 8 \text{ m}$) hadde nett med maskevidde $475 \mu\text{m}$, tråddiameter $150 \mu\text{m}$ og soliditet $42,2 \%$. Trålen har en total soliditet på $43,4 \%$.

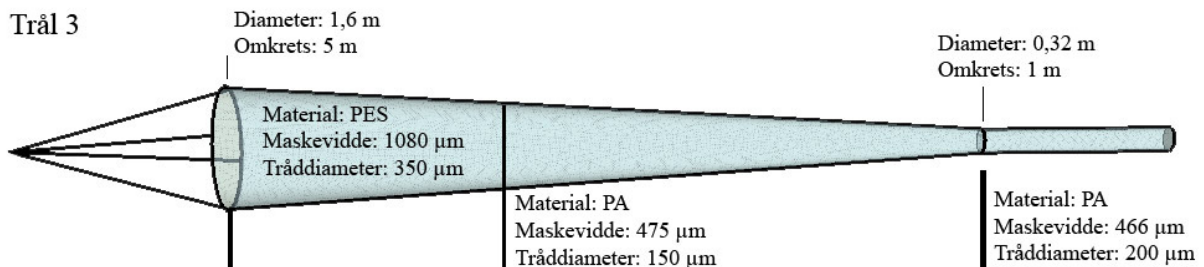
Trål 4 (figur 6, side 15) hadde nett med maskevidde $1080 \mu\text{m}$, tråddiameter $350 \mu\text{m}$ og soliditet $43,0 \%$ i fremste tredjedel av hoveddelen ($0 - 2,67 \text{ m}$), maskevidde $750 \mu\text{m}$, tråddiameter $250 \mu\text{m}$ og soliditet $43,8 \%$ i den midterste delen, ($2,67 - 5,34 \text{ m}$) og maskevidde $475 \mu\text{m}$, tråddiameter $150 \mu\text{m}$ og soliditet $42,2 \%$ i den bakerste delen ($5,34 - 8,00 \text{ m}$). Trålen har en total soliditet på $43,8 \%$.



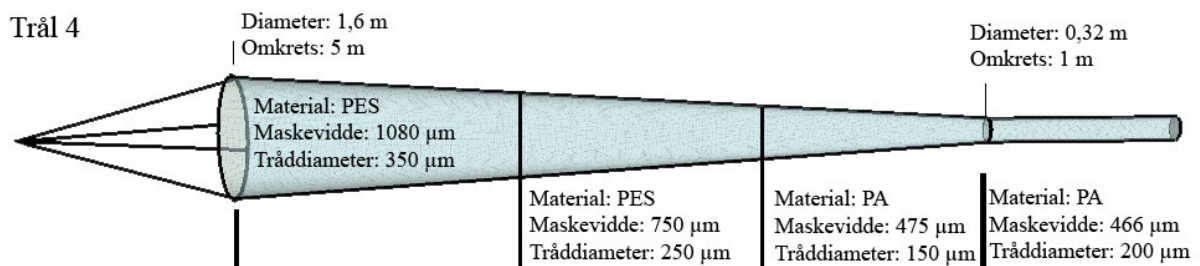
Figur 3: Kontrolltråll. Modell av Calanus-trållene som brukes i dag. Hoveddel har nett med maskevidde 475 µm, tråddiameter 150 µm og soliditet 42,2 %. Sekken har nett med maskevidde 466 µm, tråddiameter 200 µm og soliditet 51,0 %.



Figur 4: Tråll 2. Fremre tredjedel er nett med maskevidde 750 µm, tråddiameter 250 µm og soliditet 43,8 %. Bakerste to tredjedeler har nett med maskevidde 475 µm, tråddiameter 150 µm, og soliditet 42,2 %. Sekken har nett med maskevidde 466 µm, tråddiameter 200 µm og soliditet 51,0 %.



Figur 5: Tråll 3. Fremre tredjedel er nett med maskevidde 1080 µm, tråddiameter 350 µm og soliditet 43,0 %. Bakerste to tredjedeler har nett med maskevidde 475 µm, tråddiameter 150 µm, og soliditet 42,2 %. Sekken har nett med maskevidde 466 µm, tråddiameter 200 µm og soliditet 51,0 %.

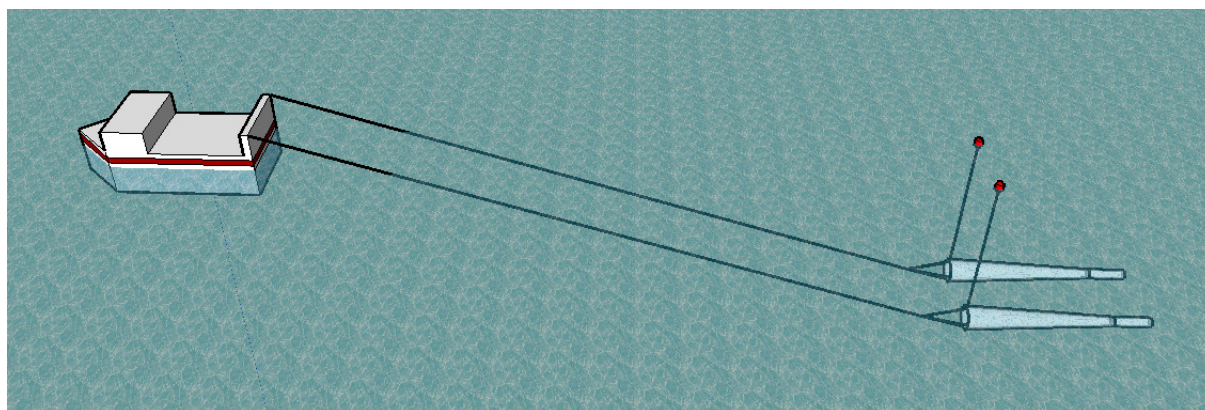


Figur 6: Tråll 4. Fremre tredjedel er nett med maskevidde 1080 µm, tråddiameter 350 µm og soliditet 43,0 %. Midterste tredjedel er nett med maskevidde 750 µm, tråddiameter 250 µm og soliditet 43,8 %. Bakerste tredjedel har nett med maskevidde 475 µm, tråddiameter 150 µm, og soliditet 42,2 %. Sekken har nett med maskevidde 466 µm, tråddiameter 200 µm og soliditet 51,0 %.

I forsøkene holdes soliditeten tilnærmet konstant for å redusere mulige faktorer som kan påvirke resultatene. Det antas derfor at soliditeten i trålene ikke påvirkes av høyere tauehastigheter, da firkantmaskene i en trål ikke vil strekkes og endre fasong slik diamantformede masker gjør (Gjøsund 2006).

3.2 Måling av slepemotstand

Målinger på slepemotstand ble gjort på to og to tråler av gangen (figur 7), og ble målt som direkte belastning på slepewiren. En vekt ble montert ved blokka som slepewiren gikk gjennom (bilde 2, side 17). Når trålene var ute på angitt lengde og rett tauefart oppnådd, ble wiren låst av, slik at all slepemotstanden fra trålene hang i vekten. Slik ble slepemotstand i antall kg målt på to tråler av gangen. I hver gjennomføring ble trål 1 samt en av testtrålene tauet, slik at alle testdata kunne sammenlignes med kontrollen. Under tauing ble det tatt avlesninger med variert tauefart, og en kan derfor se på økningen i slepemotstand ved flere hastigheter. Fart gjennom vannet ble målt med knopmåler⁵ montert ca. 0,4 m under havoverflaten, 0,5 m fra siden på båten. Det ble gjort målinger med kontrollen på begge sider av båten for å se eventuell forskjell mellom styrbord og babord side.



Figur 7: Skisse av to tråler som taues samtidig slik det ble gjort med F/F Hyas og M/K Havsula.

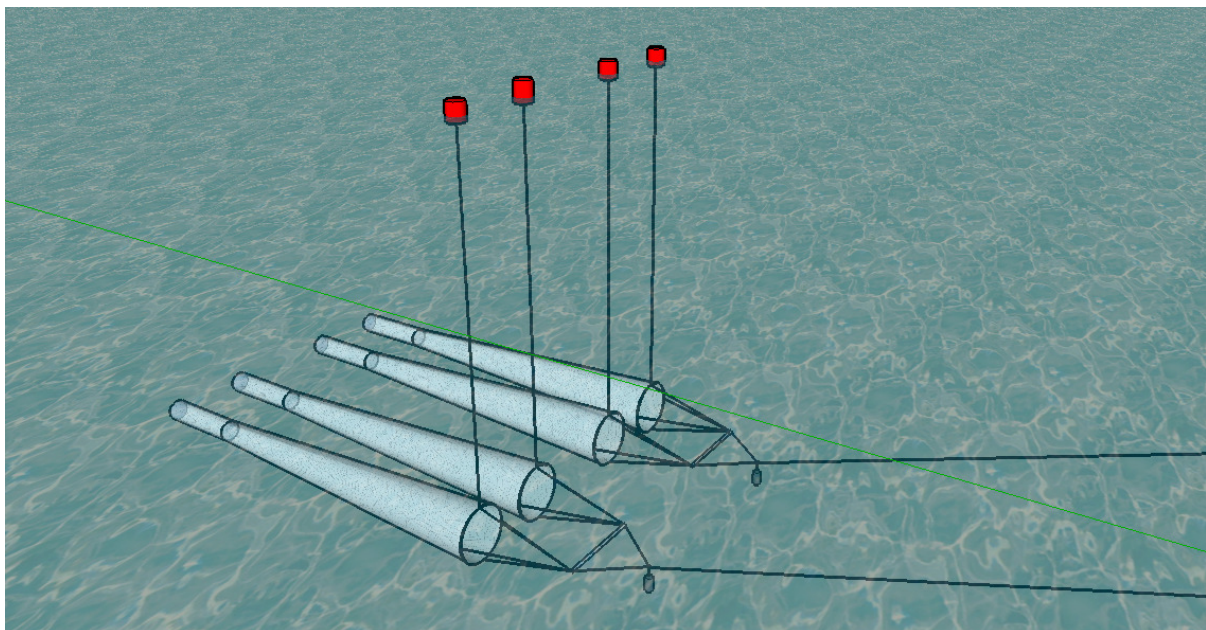
⁵ Höntzsch Instruments, flow measuring instrument, HFA.



Bilde 2: Vekt montert på slepewire, med avlesning inne i båten.

3.3 Tråloppsett

På F/F Jan Mayen og F/F Johan Ruud ble alle fire trålene tauet samtidig (figur 8 og bilde 3, side 18), to tråler i hver slepewire og holdt adskilt med et børtre. Slepemotstand og fart gjennom vannet ble ikke målt på disse halene. Trålenes innbyrdes plassering i forhold til hverandre ble endret mellom hver gjennomføring for å se om plasseringen påvirket resultatene.



Figur 8: Skisse av alle fire trålene tauet samtidig (F/F Jan Mayen og F/F Johan Ruud).



Bilde 3: To modelltråler taues i hver sin slepewire adskilt med et børtre. Slepewire og lodd festes i forkant av børtre. Slag til blåser festes i aluminiumsringene. Bildet er tatt ved skyting av trålene.

Lokalisering av raudåte på toktene ble gjort med planktonmeter, som ved forsøksfisket til Calanus AS (bilde 4). Håvene ble festet med tre eller fem meters mellomrom og tauet i 15 minutter. Hvis det var over 5 ml. raudåte i en håv og lite maneter, ble trålene skutt på det dypet. Ved lite raudåte eller stor innblanding av maneter ble ikke trålen tauet i det området.



Bilde 4: Planktonmeter for lokalisering av raudåte. 6 håver ble festet med 3 eller 5 meters mellomrom og tauet i 15 min.

3.4 Tokt

For å teste fangstegenskapene til trålene ble fire tokt gjennomført på båtene F/F Hyas, F/F Johan Ruud, F/F Jan Mayen og M/K Havsula. Toktene ble gjennomført i perioden mellom midten av mai og slutten av august i områdene mellom Vestfjorden til sørspissen av Sørøya, Finnmark. Valg av tid og sted for forsøkene ble basert på tilgjengelige data om konsentrasjoner og oppblomstring av raudåte, samt egnethet for gjennomføring av forsøkene. Alle forsøk ble gjennomført innaskjærs for å skjerme mot vær og vind. På toktene på F/F Johan Ruud og F/F Hyas ble det kun testet ut utstyr og oppsett, da forholdene ikke lå til rette for målinger. Toktet med F/F Jan Mayen ble gjennomført under prosjektet SINTEF FH NFR-prosjekt nr. 830179. Forsøk ble gjennomført i Andfjorden, Sør-Troms og i Kvæangsfjorden, Nord-Troms/Finnmark i perioden 17. – 25. juni 2008. Alle fire trålene ble tauet samtidig og det ble tatt prøver på fangstvolum, samt prøver til analyse av fangstsammensetning. Toktet med M/K Havsula ble gjennomført i Øksfjord i Nordland, en sidefjord til Vestfjorden, i perioden 28. – 30. august 2008. Det ble gjennomført målinger på slepemotstand, samt at det ble tatt prøver til analyse av fangstsammensetning. Kun to og to tråler ble tauet her.

3.5 Biologisk prøvetaking

Fra alle trålhal som ble gjennomført i forbindelse med denne oppgaven ble det samlet inn biologiske prøver som ble fiksert i reagensrør med etanol. 20 – 30 ml raudåte ble tatt fra midt i fangsten og overført til 50 ml reagensrør i plast. Beholderen ble fylt opp med saltvann til det var 35 ml i den, og så fylt opp til 50 ml med 96 % etanol. Prøvene ble så lagret for å bli analysert på laboratoriet.

3.6 Telling av prøver

For å fastslå fangstsammensetningen ble alle prøvene fra F/F Jan Mayen og M/K Havsula analysert. Prøvene ble tømt over i en enliters beholder og tilført 0,5 liter saltvann. Prøven ble rørt rundt i beholderen til raudåta var homogent fordelt i vannet og en underprøve på 25 ml ble fordelt i tellekammer på en telleplate. Prøvene ble talt under lupe og nok tellekammer ble talt til at antall raudåte identifisert oversteg 100 individer. Alle individ i underprøven ble identifisert etter art eller familiegruppe. På raudåte ble i tillegg stadier (CIII – CV) eller eventuelt kjønn identifisert. Etter at prøvene var talt, ble de på nytt fiksert som under innsamlinga. Identifisering av *C. helgolandicus* til forskjell fra *C. finmarchicus* er vanskelig

og blir vanligvis ikke gjort (Skjoldal 2004). Det blir derfor ikke gjort i disse forsøkene og betyr at en andel av fangsten kan være *C. helgolandicus*.

3.7 Påvirkende faktorer

Sannsynligvis er den største påvirkningsfaktoren alger i vannet med påfølgende gjentetting av trålen. For å forhindre at dette forplantet seg mellom halene ble trålene skylt nøye mellom hvert hal. Bak båten kan også propellstrømmen oppheve den homogene vannmassen og strømforhold kan innvirke på trålene. For å motvirke dette ble trålene tauet langt bak (>150 meter bak) og dypt ned (>15 meters dyp på F/F Jan Mayen).

3.8 Metode for analyse

For teste om det er signifikant forskjell på slepemotstand mellom de ulike tråltypene ble det kjørt en factorial ANCOVA (GLM Univariat, SPSS 15.0), med signifikansnivå $p = 0,05$. Data for slepemotstand ble transformert med den naturlige logaritmen, Ln. Tauefart ble lagt inn som kovariat faktor.

For å teste om det var forskjell i fangstmengde mellom de ulike tråltypene ble det kjørt en Random Factor ANOVA, (GLM Univariat, SPSS 15.0) med signifikansnivå $p = 0,05$. Data for fangstmengde ble transformert med den naturlige logaritmen, Ln. Tilfeldig faktor var halnummer. Det ble i tillegg testet om innbyrdes plassering av trålene bak båten (fra styrbord til babord) hadde signifikant innvirkning med samme metode.

For å teste om det var forskjell i fangstsammensetning ble det kjørt en enveis ANOVA (Oneway ANOVA, SPSS 15.0) med signifikansnivå $p = 0,05$. Også her ble det testet for innvirkning fra trålenes innbyrdes plassering (fra styrbord til babord)

Figurer/tabeller på målinger ble laget i Microsoft Excel 2003 og SPSS 15.0. Skisser av trålene ble laget i Google SketchUp Version 6.4.112.

4 Resultater

Det ble samlet fem gyldige serier med slepemosstandsmaalinger og 14 gyldige serier med data pa fangstmosstand og fangstsammensetning.

4.1 Slepemosstand

Det ble gjennomfort to forsok med slepemosstand. Det ene pa F/F Hvas i Sandnessundet, det andre med M/K Hvasula i Oksfjord. Pa F/F Hvas ble oppsettet testet, men pa grunn av manglende maalinger ble ikke data for mosstand sammenlignet. Et nytt tokt ble satt opp pa M/K Hvasula, der forholdene var bedre og alle maalinger ble utfort med tilstrekkelig mange repetisjoner.

Under slepemosstandsmaalingerne var det gode forhold med klart vann, lite alger, ingen vind, lite strom og noe raudate. Det ble gjennomfort to serier med tral 2 og 3 mot kontrollen, og en serie med tral 4 mot kontrollen. Lite fangst i tralene gjør at fangstoppbygging som ville medfort endring av gjennomstromning i tralene kan bli sett bort fra. Som en ser av bilde 5 (side 22) er det ikke overtrykk i sekken da denne ikke er spilt ut, noe som tyder pa lav hastighet inni sekken og 100 % silingseffektivitet under slepemosstandsmaalingerne (Gjøsund 2006).

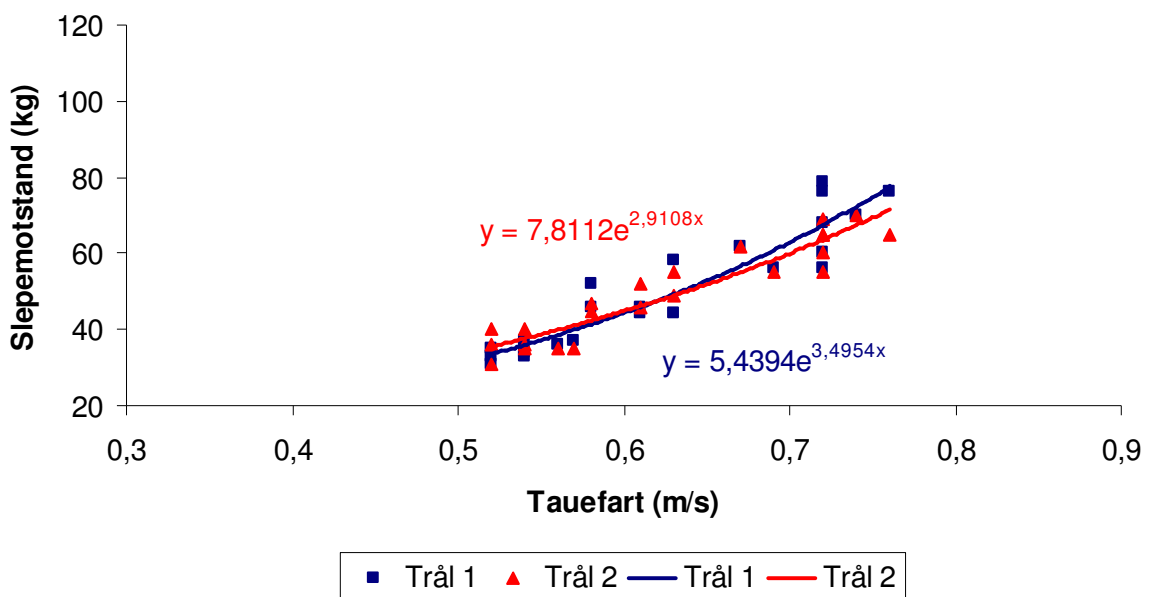
Lignende observasjoner ble gjort for alle traler. Det var ingen alger pa tralene etter halene, noe som viser at alger ikke pavirker mosstandsmaalingerne. Alle maalinger av slepemosstand ble gjort med tralnettene pamontert og det er ikke foretatt kalibrering i forhold til hvor stor andel av mosstanden som forarsakes av slepewire, sleperingen, loddene og blaser.



Bilde 5: Sekken under tauing i lav fart. Ikke overtrykk inni sekken da denne ikke er spilt ut.

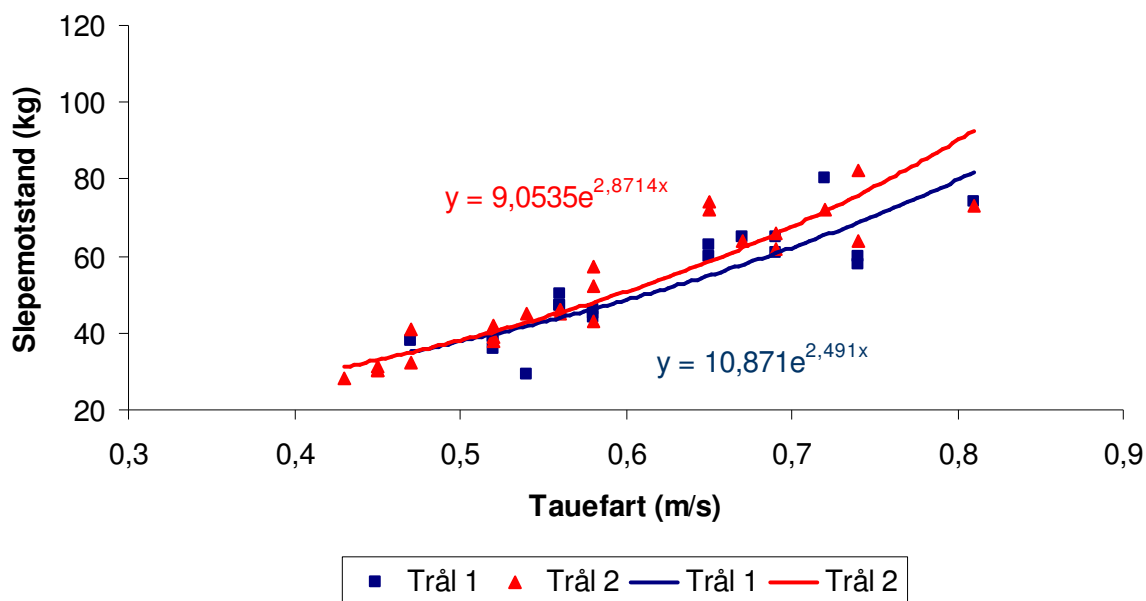
Som vi ser av figurene 9 til 13 (side 22- 24) er det svært liten forskjell i slepemotstand på modelltrålene, men en kan se den eksponentielle tilpasningen til data. Det ble funnet signifikante forskjeller mellom trål 1 og trål 4, ($p = 0,02$, Factorial ANCOVA) ikke mellom noen av de andre trålene.

Trål 1 mot Trål 2, serie 1



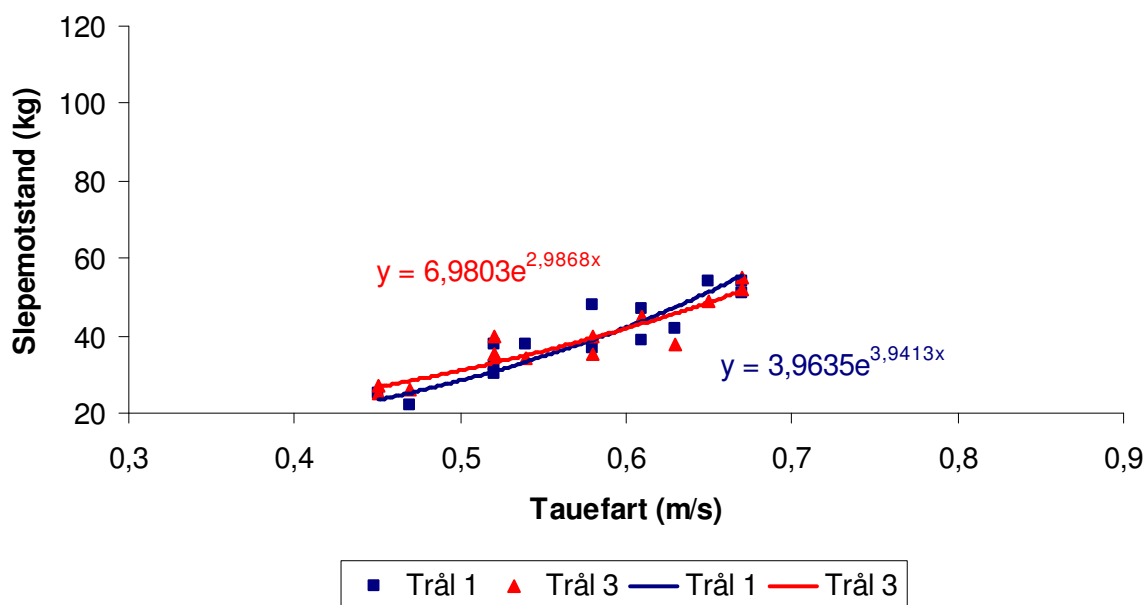
Figur 9: Første parallell mellom kontroll og trål 2. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.

Trål 1 mot Trål 2, serie 2



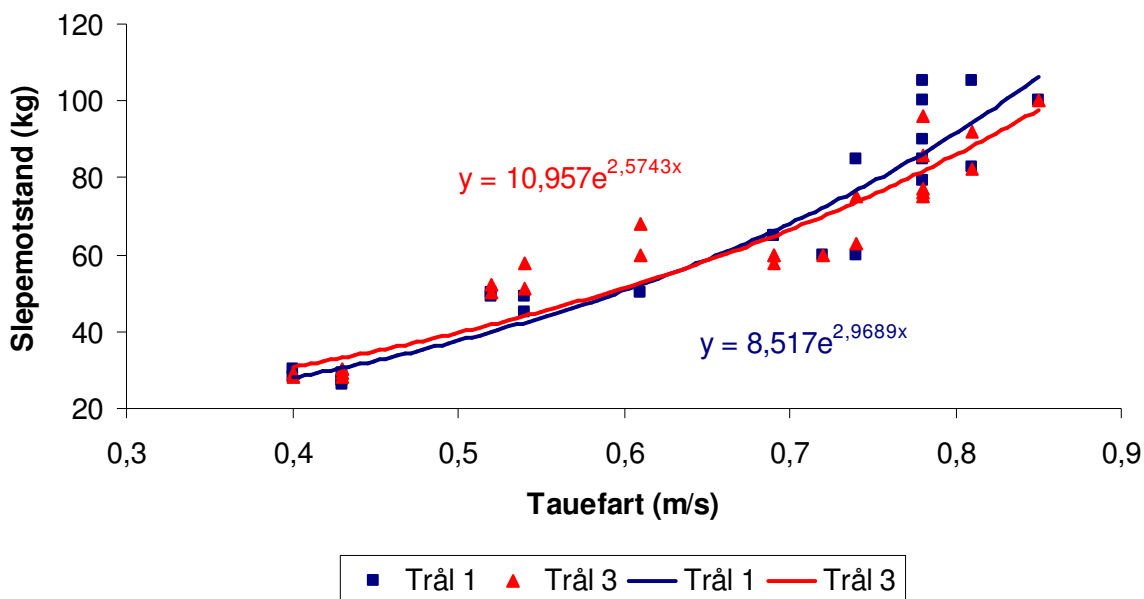
Figur 10: Andre parallell mellom kontroll og trål 2. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.

Trål 1 mot Trål 3, serie 1



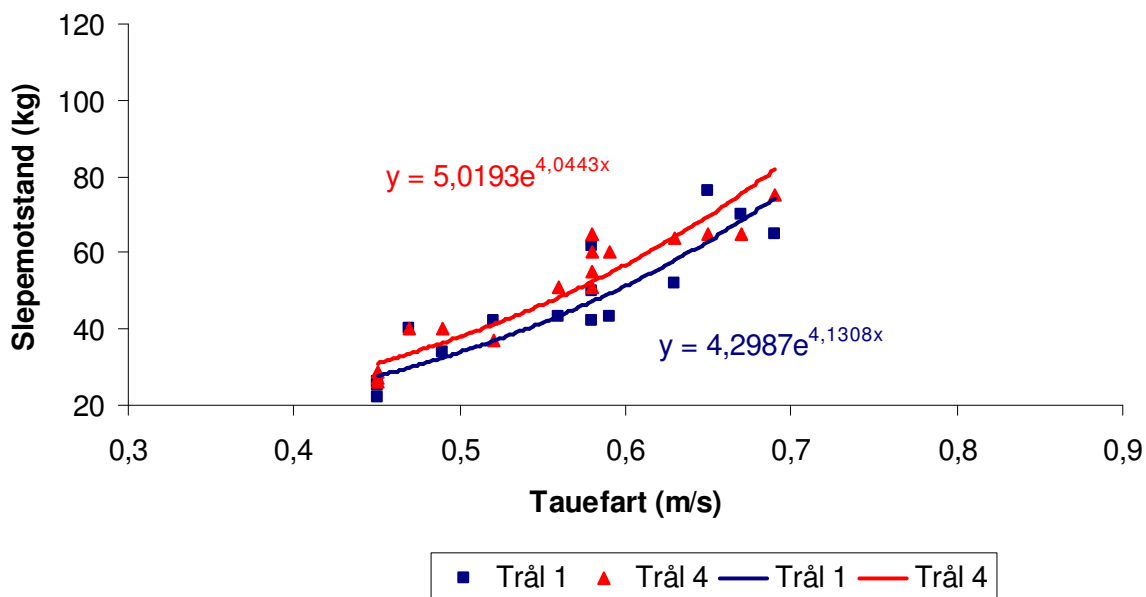
Figur 11: Første parallell mellom kontroll og trål 3. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.

Trål 1 mot Trål 3, serie 2



Figur 12: Andre parallell mellom kontroll og trål 3. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.

Trål 1 mot Trål 4



Figur 13: Parallell mellom kontroll og trål 4. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.

4.2 Fangstvolum

Seks hal med målbare fangstdata ble gjennomført på M/K Havsula, samt åtte hal ombord på F/F Jan Mayen. Fangstene på M/K Havsula var mye lavere enn på F/F Jan Mayen, men tauetid på alle hal var omtrent en time. Tabell 1 viser fangstene for hvert hal og hver trål i antall kg. Det var klar signifikant forskjell i fangstmengde mellom kontrollen og testtrålene ($p \leq 0,032$, Random factor ANOVA), der testtrålene 2, 3 og 4 hadde økning på henholdsvis 32,2 %, 26,9 % og 11,7 % i fangstrater.

Det ble ikke funnet signifikant sammenheng mellom plasseringen (fra styrbord mot babord) av trålene bak F/F Jan Mayen og fangstmengde. ($0,134 \leq P \leq 0,866$, Random factor ANOVA) Test for signifikant forskjell mellom plassering ble ikke utført for data fra M/K Havsula.

Tabell 1: Fangst i kg ved de forskjellige halene gjennomført på M/K Havsula og F/F Jan Mayen. Hal 1 til 6 på M/K Havsula, og hal 7 til 14 på F/F Jan Mayen.

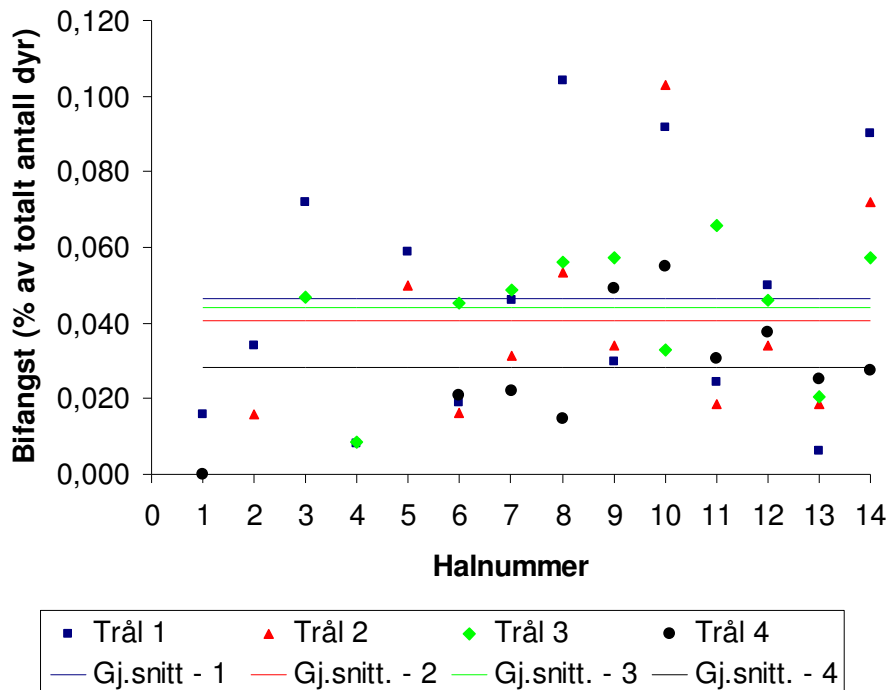
Fangst fra M/K Havsula og F/F Jan Mayen					
	Trål I	Trål II	Trål III	Trål IV	
1	0,352	0,713			kg
2	0,869	1,115			kg
3	0,423		0,531		kg
4	0,442		0,663		kg
5	0,130			0,206	kg
6	1,807			1,917	kg
7	5,503	6,743	6,729	4,943	kg
8	6,193	9,543	9,103	6,163	kg
9	7,047	8,177	9,691	7,417	kg
10	7,907	8,403	9,169	8,453	kg
11	9,373	12,797	14,113	10,923	kg
12	9,443	10,317	9,655	9,409	kg
13	14,961	17,079	13,335	17,901	kg
14	23,947	31,767	30,807	27,587	kg

4.3 Fangstsammensetning

Fangstprøver fra 14 gyldige hal ble analysert. Figur 18 (side 26) viser samlet bifangst i de fire trålene for hvert hal med gjennomsnittet for alle hal som hjelpelinje. Tabell 2 (side 26) viser total bifangstprosent for hver enkel trål og hver enkel art. Det var svært lite bifangst i prøvene, men det som gikk igjen var eksemplarer av *Metridia longa*, *Calanus hyperboreus* og

forskjellige krabbelarver (*Decapoda* spp.) Det var ikke signifikant forskjell på bifangst i forhold til tråltypen ($p = 0,341$, Oneway ANOVA)

Bifangst i Prosent av *C. finmarchicus*



Figur 14: Bifangst i halene som prosent av totalt antall dyr i prøven. Hjelpelinjer viser gjennomsnittlig prosent av bifangst i de enkelte trålene.

Tabell 2: Bifangst i av de forskjellige arter i hver trål, som prosent av total fangst i trålene.

Art	Trål 1	Trål 2	Trål 3	Trål 4
<i>Calanus finmarchicus</i>	95,5 %	95,9 %	95,4 %	97,2 %
<i>Microcalanus pusillus</i>	0,4 %	0,3 %	0,3 %	0,1 %
<i>Decapoda</i> spp.	1,6 %	1,2 %	1,9 %	1,2 %
<i>Oithona</i> spp.	0,3 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %
<i>Temora longicornis</i>	0,2 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %
<i>Portunus puber</i>	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %
<i>Centropages typicus</i>	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<i>Metridia longa</i>	1,3 %	1,6 %	1,6 %	0,7 %
<i>Cladocera</i> spp.	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Fiskelarver	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %
Fiskeegg	0,2 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %
<i>Calanus hyperboreus</i>	0,2 %	0,4 %	0,1 %	0,5 %
<i>Gastropoda</i> spp.	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %
<i>Euphausiacea</i> spp. (Krill)	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
<i>Hydrozoa</i> spp.	0,0 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %
Ukjent	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %
Bifangst totalt	4,5 %	4,1 %	4,6 %	2,8 %

I tillegg ble to prøver av et avbrutt hal analysert. I disse prøvene hadde trål 1 bifangst på 36,1 %, der arten *T. longicornis* sto for 29,5 % av totalen, og trål 4 hadde 21,9 % bifangst, der *T. longicornis* sto for 15,8 % av totalen. Dette halet ble avbrutt på grunn av dårlig vær og tauetiden var kun 15 minutt. Prøven ble analysert for å se om den korte tauetiden fikk innvirkning på fangstsammensetningen.

4.4 Påvirkende faktorer

Det var til tider svært mye alger i vannet som tettet igjen trålene (bilde 6). Det var klar forskjell på trålene, med desidert mest alger på nettet med 475 μm stolpelengde, noe mindre alger i nettet med 750 μm stolpelengde og nesten ingen alger i nettet med 1080 μm stolpelengde. Trålene ble skylt nøye mellom hvert hal for ikke å påvirke datasettene mellom halene.

Det var også store forekomster av maneter i havet der forsøkene ble gjennomført. Prøver med planktonmeter viste hvilke dyp det ville bli minst innblanding, samt områder der det var lite maneter generelt. Likevel ble det noen maneter i fangstene, da dybdefordelingen på maneter endrer seg fra et område til et annet. Siden det antas at manetene er homogent fordelt i vannmassene det ble tauet i, blir ikke maneter tatt hensyn til ved utregning av fangstmengde.



Bilde 6: T.v. Forskjellen på algemengde i nettet på 1080 μm , 750 μm og 475 μm . T.h. Klar forskjell på alger på det grove nettet langt frem i trålen, og det fine nettet bak. Bildet t.v. viser 1080 μm , 750 μm og 475 μm . På bildet t.h. sees de brune algene i nettet med maskevidde 475 μm mot dekket, mens det hvite nettet over har 750 μm maskevidde.

En interessant observasjon som ble gjort under forsøkene var raudåtas bevegelse i vannet. Under måling av tauhastighet sto knopmåleren montert like under havoverflata. Da båten

gikk gjennom særlig store konsentrasjoner, kunne man se raudåte vike fra instrumentet når de traff, eller like før de traff dette. De forflyttet seg 10 – 20 cm vekk fra måleren på et hopp.

5 Diskusjon

En kort sammenfatning av resultatene viser at det var små forskjeller i slepemetstand på trålene, det var signifikant mer fangst i testtrålene enn i kontrolltrålen og det var ingen signifikant forskjell på bifangst i trålene. Mye alger i vannet og store forekomster av maneter påvirket resultatene vesentlig, og forholdene var ikke optimale med hensyn til årstid og geografisk område for oppblomstring av raudåte.

5.1 Rammer og begrensninger under feltstudier

Et arbeid som dette er svært ressurskrevende, da det krever mye toktid og en del dyrt utstyr. Innenfor rammene til dette prosjektet har det vært en utfordring å få gjennomført forsøkene på best mulig måte i henhold til tildelt toktid. Værforhold, hensyn til tilgjengelig raudåte og ønsket innblanding av kommersielle arter i fangstene har ikke vært optimale. Raudåta var allerede begynt å synke mot bunnen under toktet med Jan Mayen, så det var mindre fangst enn det som var ønskelig for beregning av fangseffektiviteten i de forskjellige trålene. Ønsket mengde repetisjoner av forsøkene var og vanskelig å få til, men de data som ble samlet inn var tilstrekkelig for å vise signifikante forskjeller på fangsten. Med større datasett ville det sannsynligvis vært mulig å vise enda klarere forskjeller.

Analyse av fangstsammensetning er svært tidkrevende, og det ble derfor bare analysert underprøver av fangstene. Dette gjorde at yngel som visuelt kunne ses i enkelte av de totale fangstprøvene ikke ble registrert i noen av underprøvene.

5.2 Endring av slepemetstand

Slepemetstanden fra trålene får i hovedsak konsekvenser på to områder: Hvilke kostnader som blir forbundet med tråling og hvor store trålene kan være med hensyn på styrke. Siden alle trålene hadde tilnærmet samme soliditet, ble det antatt at slepemetstanden ville være lik. Mellom kontrolltrålen og trål 2 og 3 viste dette seg å være korrekt. De forskjellene som var mellom datasettene var for små til å avdekke signifikante forskjeller, noe som stemmer med teoriene beskrevet i Gjøsund (2006). For trål 4 var det signifikant forskjell, der trål 4 hadde høyere slepemetstand enn kontrollen. Det er ikke funnet noe i teorien som kan forklare dette,

og det må derfor være andre faktorer som påvirker resultatene som det ikke er tatt hensyn til her. Ved flere repetisjoner ville nok dette kommet klarere frem, men toktiden strakk ikke til.

Endring av maskevidde på bakgrunn av data fra trål 2 og 3 vil ikke direkte føre til reduksjon av driftskostnader. Størrelsen på trålene vil derimot kunne økes betydelig på kommersielle tråler med slik oppbygging siden det er brukt mye tykkere tråd, spesielt nettet med maskevidde 1080 μm og tråddiameter 350 μm . Båtene som i dag bruker relativt små tråler med stor overkapasitet på motorkraft vil derfor kunne fiske mer effektivt ettersom trålstørrelsen og dermed silt volum av vann øker. Hvis M/S Kårstein (370 HP) som er den minste båten i kommersielt fiske brukes som eksempel, så kan en kombinasjon av økt maskevidde og lavere soliditet i forkant av trålene gjøre at denne kan taue større tråler. Ved å bruke 1080 μm maskevidde og kun 250 μm tråddiameter kan en lage større tråler, med relativt lavere slepemosstand og tilstrekkelig styrke. En viss økning av størrelse vil føre til lik total slepemosstand.

Ut fra bilde 6 (side 22) kan en si at det har vært tilstrekkelig vanngjennomstrømning i trålene, da det indre trykket i trålen ikke har vært stort nok til å rette den ut under tauing (Gjøsund 2006). Dette betyr at alger eller oppsamling av fangst ikke har fått innvirkning på forsøkene med slepemosstand, og data fra denne delen av forsøket vil være gyldige for rent vann. For vann med mye alger kunne en forventet et annet resultat som følge av endring av totalt soliditet i trålene ettersom de blir tettet igjen av alger. Det var en eksponentielt voksende kurve på slepemosstanden ved økning av farten (figur 9 – 13, side 22 – 24), som også Karlsen et al. (2003) beskriver. Hvis det hadde vært gjort målinger med større hastighetsspekter, kunne det kanskje vært mulig å se tydeligere forskjell på trålene, da motstandskurvene har litt ulik form.

5.3 Fangsteffektivitet

I denne studien er fangsteffektivitet brukt om trålens evne til å tilbakeholde den raudåta som befinner seg i vannmassene som blir silt. Det er ingen grunn til å anta at de forskjellige trålene har forskjellig innvirkning på raudåta før den er rett fremfor trålens åpning. Det er umiddelbart foran trålens åpning at forskjellene begynner å gjøre seg gjeldende. Som beskrevet i Harris et al. (2000) kan det bygge seg opp en trykkbølge foran trålen hvis denne ikke har tilstrekkelig gjennomstrømning. Trykkbølgen kan få raudåta til å rømme/bli presset

ut på siden av trålen. I tillegg vil ikke alt vannet foran trålen siles i trålen som følge av lav silingseffektivitet, og selv passiv raudåte vil derfor ikke bli fanget i trålen. Fangsttapet som ble observert i kontrolltrålen kan forklares med dette. Det er ingen grunn til å tro at mer raudåte blir vasket ut gjennom nettet i kontrolltrålen enn i testtrålene, og fangsttapet må derfor være i forkant av trålen.

Kontrolltrålen kan sammenlignes med trålen som ble brukt i Hirtshals (Angell 2002), og denne hadde ~100 % silingseffektivitet. Ved fiske i rent vann ble det derfor antatt at trål 1 ville fange tilnærmet all raudåte fra vannet foran trålen. Resultatene viste derimot mer fangst i alle testtrålene, noe som må skyldes et fangsttap i kontrolltrålen på grunn av reduksjon i vannmengden som siles. Det er i hovedsak to ting som kan være skyld i den reduserte silingseffektiviteten. Den ene er gjentetting av trålen av blant annet maneter og alger, og det andre kan være tauefarten kombinert med trålens oppbygging.

Som vist i Enerhaug (2005) vil en fart over 0,5 m/s gi økning i silingseffekt opp mot ~100 % for finmaskede tråler med soliditet $\leq 0,53$. Da soliditeten på mine tråler er under 0,5 og tauefarten var over 0,5 m/s for alle forsøkene på F/F Jan Mayen, kan ikke tauefarten i kombinasjon med soliditeten være den direkte årsaken til fangsttap i kontrolltrålen. Den mest sannsynlige årsaken ligger derfor i gjentetting av nettet pga. alger, som i tillegg til økt total soliditet, vil forårsake en drastisk minking i forholdet mellom åpent filtreringsareal og åpningsarealet på trålen (R). Ved R under 3 vil filtreringseffektiviteten minke drastisk, og dermed også fangsten. For å oppnå en R = 3 må over 50 % prosent av nettet i trål 1 tettes igjen. Sett ut i fra observasjoner av nettet (bilde 7, side 27) er det klart at dette er den sannsynlige årsaken til tapt fangst i trål 1. For å forhindre dette kunne R vært økt ytterligere i utgangspunktet, ved å ha lengre tråler i forhold til åpninga. Dette ville imidlertid ført til større slepomotstand som følge av arealøkningen, større redskaps- og operasjonskostnader, og vil ikke være aktuelt i kommersielle tråler. På testtrålene kan R ha blitt noe redusert som følge av gjentetting av trålene, men ikke nok til å forårsake betydelige fangsttap, og silingseffektiviteten har sannsynligvis vært ~100 %. Forskjellen i fangst mellom testtrålene må derfor tilskrives andre årsaker og den sannsynlige årsaken er utsiling av raudåte gjennom nettet. Dette er mer synlig i trål 4 enn i trål 2 og 3.

Gjentetting av trålens masker på grunn av alger er den største utfordringen med planktonnett (Harris et al. 2000). Med kommersielle tråler ville det vært noe mer bevegelse i nettet under

tauing, som følge av oppbyggingen med ytternett. Sannsynligvis ville derfor ikke nettet i kommersielle tråler blitt tettet igjen like fort, og forskjellene i fangst kan vær noe mindre for kommersielle tråler enn for i mine testtråler.

Som beskrevet i Jeuthe (2008) vil raudåte unnvike fysiske trusler. Dette nok årsaken til at raudåte ikke blir presset ut gjennom maskene fremme i trål 2 og 3. Det virker som raudåte er blitt presset ut gjennom maskene i midtpartiet på trål 4. Dette kan være en kombinasjon av reduksjon i filtrerende nett bak i trålen som følge av gjentetting, og at noe raudåte slutter å bevege seg. Vannmassene vil da stoppe opp før de kommer helt bak i sekken, og raudåte blir vasket ut av trålen.

Fangst av maneter vil kunne påvirke analysene av data. I fangstene fra F/F Jan Mayen kom noe maneter med i målingene, da disse ikke var mulig å fjerne. Dette vil påvirke de prosentvise forskjellene i fangstvolum på raudåte, men i så liten grad at det ble sett bort fra i utregningene.

5.4 Fangstsammensetning

Forsøkene ble gjennomført på en tid av året og med en geografisk plassering som gjorde at det var lite innblanding av andre arter i fangstområdet. Det var likevel noe bifangst i trålene av ikke-kommersielle arter. De minste dyrene ble vasket ut gjennom nettet, noe som viste seg da prøvene fra et avbrutt hal ble talt opp. Når trålene var ute i kun 15 min. var det betydelige mengder av den små planktonarten *Temora longicornis*. De andre halene med tauetid på rundt en time, som ble gjennomført på nøyaktig samme sted, hadde kun enkeltindivid av denne arten. Fiskeegg og små yngel ble antageligvis også vasket ut på denne måten. På figur 14 (side 26) kan en se tendens til noe mindre bifangst i trål 4, men det er ikke funnet signifikant forskjell mellom denne og de andre trålene. Det burde derfor gjøres flere tester med dette for å undersøke om større dataserier kan gi et klart svar. Det har ikke vært mulig å finne publiserte data på fangstsammensetning på håvtrekk med 500 µm maskevidde. De fleste håver som brukes i slik sammenheng har maskevidde fra 180 µm til 300 µm, og blir derfor ikke gjeldende for disse trålene. Prøver som Calanus AS har tatt i løpet av 2008 er enda ikke analysert, så det eneste som foreligger fra kommersiell fangst er anslag på større individer fra fiskerne. Disse data er en visuell vurdering av fiskerne og tar kun for seg betydelig større individer enn raudåte, for eksempel fiskelarver på 20 – 30 mm.

Det var ikke signifikante forskjeller mellom bifangst i de forskjellige trålene. Flere faktorer har vært med å påvirke det resultatet. Først og fremst var det lite innblanding av uønskede arter i vannmassene som forsøkene ble gjort i, og det kombinert med de relativt beskjedene fangstmengdene som ble oppnådd, gjør at det er vanskelig å se store innslag av andre arter. Noe fiskeyngel ble observert i vannmassene bak F/F Jan Mayen i forbindelse med andre forsøk som ble utført på samme tokt. Disse var svømmedyktige og ville sannsynligvis ikke blitt fanget i mine nedskalerte tråler. Egenbevegelsen til fisken var i dette tilfellet tilstrekkelig til å komme seg unna trålene. På kommersielle tråler kan en forvente noe større innslag av disse da trålene er betydelig større.

5.5 Påvirkende faktorer

Det kunne vært montert dekknett i forkant av trålene for å stoppe noe av manetene, men sett i lys av raudåtas evne til å bevege seg unna fysiske hinder kunne dette sannsynligvis påvirket fangsten. Raudåta ville kun behøvd 2 – 3 hopp for å komme seg unna trållåpninga (1,6 m i diameter) og dekknettet ville stimulert denne reaksjonen.

På de kommersielle trålene er innernettet i konstant bevegelse siden det er et strammere ytternett som tar av for mye av slepekraftene. Dette gjør at trålene ikke tettes igjen av alger like fort. I testtrålene som er uten ytternett er det ikke slike bevegelser og det kan derfor forventes at modelltrålene ble tettet igjen noe fortare enn kommersielle tråler ville blitt under de samme forholdene. Slik bevegelse i nettet kunne vært fremprovosert i modelltrålene med en sylindrisk del fremme i trålen, men dette kan påvirke andre egenskaper som for eksempel strømningsmønsteret i og rundt trålen og ble derfor ikke benyttet.

5.6 Fremtidig fiske og forskning

For en fullskala kommersialisering av raudåtefiske er det fortsatt mange brikker som skal på plass. I denne studien har det kun blitt sett på en begrenset del av fangstteknologien. På de minste båtene har man allerede kommet frem til en optimal slepemotstand, men det skal en del prøving og feiling til før man finner den optimale kombinasjonen av maskevidde, tråddiameter, materialstyrke og trålstørrelse, før en kan si at båtene fisker med maksimal effektivitet. På de store båtene har man enda ikke laget tråler med maksimal størrelse, og det

blir der ufordringen i første omgang ligger. Man må finne kombinasjoner av maskevidde, tråddiameter, åpningsareal og styrke som tillater båtene å fiske også under dårlige værforhold.

Kostnadene ved å starte opp med raudåtefiske er ikke like stort som ved mange andre fiskeri. Båtene kan i stor grad bruke utstyr som allerede er tilpasset andre fiskeri, men ombord må det gjøres omfattende endringer for å få en effektiv fangsthåndtering.

Potensialet til et kommersielt raudåtefiskeri kan være betydelig. Med større og mer effektive tråler vil det være mulig å kutte operasjonskostnadene. Da går også prisen på råstoffet ned, og markedet for raudåte vil trolig vokse. På råstoffsidens er det veldig store ressurser å ta av hvis man kan forvalte det på en god måte. Anslaget for biomasse i Nord-Atlanteren er på 100 millioner tonn og et uttak på bare en prosent vil gi fangst på en million tonn. Med dagens pris ville dette gitt en fangstverdi i førstehåndsomsetning på 11 milliarder kroner.

Forvaltninga av raudåte kan bli en av de store utfordringene. Det er i dag ikke et forvaltningsregime på raudåte og det er store hull i kompetansen. Hvordan et slikt forvaltningsregime blir utformet er det i dag for tidlig å si noe om, men som med annet trålfiske kan man forvente at det må foregå utenfor kysten. Dette er i hovedsak for å unngå innblanding av andre arter, og da spesielt yngel av kommersielle arter.

6 Konklusjon

Ved å øke maskevidde og tråddiameter på nettet i planktontråler, kan styrken på trålene økes uten å øke slepemotstanden, og det kan derfor bygges større tråler. Lavere slepemotstand kan oppnås på bekostning av nettets bruddstyrke og begrenser dermed trålens maksimale størrelse. For båter som tauer med optimal utnyttelse av motorkraft i dag kan en øke maskevidden som i testtrålene, men med noe lavere økning i tråddiameter for slik å oppnå en kombinasjon av økt styrke og størrelse.

Nett med maskevidde på 750 μm og 1080 μm vil ikke tettes igjen av alger og maneter like fort som nett med maskevidde på 475 μm . Silingseffektiviteten til tråler med økning i maskevidde i fremre del vil derfor kunne holdes på et høyere nivå over lengre tid i vann med mye alger og maneter, og vil føre til et mer effektivt fiskeri. Fangsttap som følge av redusert silingseffektivitet i kontrollen gjorde at trålene med 750 μm og 1080 μm i fremre tredjedel av testtrålene hadde henholdsvis 32 % og 27 % mer fangst. Testtrålene med større maskevidde i to tredjedeler av trålen hadde noe mindre fangst enn de to andre på grunn av stor maskevidde for langt bak. Når maskene bakerst i trålen ble tettet igjen ble en del raudåte vasket ut gjennom nettet med 750 μm .

Effekten på fangstsammensetning, det vil si forholdet raudåte/bifangst, med økning av maskevidde er usikkert. Forsøk må gjøres i farvann der det er større innblanding av kommersielle arter, og det må gjøres flere tauinger for å oppnå sikre estimat.

Observasjoner gjort under forsøkene og observasjoner gjort av Jeuthe (2008) viser at raudåta har relativt stor egenbevegelse i forhold til fysiske hindringer. Det er dette som gjør at raudåta ikke går ut gjennom de store maskene fremme i trålene, men unnviker trålveggen til den kommer bak i trålen og er fanget. Erfaringer og resultatene fra disse forsøkene kan anvendes direkte i framtidig kommersielt fiske.

Referanser

- Angell, S., 2002. Selvsprende planktontrål - kan gi økt fangstareal. Kystmagasinet. 8 - 2002. Atlantic forlag AS. 22-27
- Basedow, S.L., 2006. The Recruitment period of *Calanus finmarchicus* in oceanic NE Norwegian Sea: Spatial patterns and population dynamics. Dr. Scient. Department of Aquatic BioSciences, Norwegian College of Fisheries Science. pp. 50
- Broms, C.T.Å., Melle, W., Kaartvedt, S., 2008. Oceanic distribution and life cycle of *Calanus* species in the Norwegian sea and adjacent waters. Deep-Sea Research II, In Press. pp. 55
- Buskey, E.J., Hartline, D.K., 2003. High-speed video analysis of the escape responses of the copepod *Acartia tonsa* to shadows. Biology Bulletin 204: 28-37
- Edvardsen, A., Pedersen, J., Slagstad, D., Semenova, T., Timonin, A., 2006. Distribution of overwintering *Calanus* in the North Norwegian Sea. Ocean Science 2: 87-96.
- Enerhaug, B., 2005. Model tests of fine-meshed conical net structures. SINTEF fiskeri og havbruk AS, Rapport nr. SFH80 A053071, Mai 2005. pp 24.
- Fosså, J.H. (red.), 2002. Havets miljø 2002. *Fisken og havet*, særnr. 2, 2002: 121-125
- Fridman, A.L., 1986. Calculations for fishing gear designs. Fishing News Books Ltd. pp 241.
- Gjøvsund, S.H., 2006. Flow through nets and trawls of high solidity. SINTEF Fiskeri og Havbruk, Rapport nr. SFH80 A063012, Jan. 2006. pp 33.
- Harris, R.P., Wiebe, P.H., Lenz, J., Skjoldal, H.R., Huntley, M., 2000. ICES Zooplankton Methodology Manual. Academic Press. pp 684.
- Heath, M.R., Backhaus, J.O., Richardson, K., Slagstad, D., Beare, D., Dunn, J., Fraser, J.G., Gallego, A., Hainbucher, D., Hay, S., Jonasdottir, S., Madden, H., Mardaljevic, J., Schacht, A., 1999. Climate fluctuations and the spring invasion of the North Sea by *Calanus finmarchicus*. Fisheries Oceanography 8: 163-176
- Heath, M.R., Boyle, P.R., Gislason, A., Gurney, W.S.C., Hay, S., Head, E.J.H., Holmes, S., Ingvarsdottir, A., Jonasdottir, S., Lindeque, P., Pollard, R.T., Rasmussen, J., Richards, K., Richardson, K., Smerdon, G., Speirs, D., 2004. Comparative ecology of overwintering *Calanus finmarchicus* in the North Atlantic, and implications for life-cycle patterns. ICES Journal of Marine Science 57: 698-708.
- Hites, R.A., Foran, J.A., Carpenter, D.O., Hamilton, M.C., Knuth, B.A., Schwager, S.J., 2004. Global assesment of Organic Contaminants in Farmed Salmon. Science 303: 226-229
- Jeuthe, H., 2008 Use of bubble flotation to improve copepod fisheries: Laboratory studies on the physical and behavioural interactions of *Calanus finmarchicus* and air bubbles. Department of Aquatic BioSciences, Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø. pp 58.

- Karlsen, L., 1997 Redskapslære og fangstteknologi. Landbruksforlaget. pp 520.
- Mann, K.H., Lazier, J.R.N., 2006. Dynamics of Marine Ecosystems, Biological-Physical interactions in the Oceans. Third edition. Blackwell Publishing. pp 495.
- Nicol, S., Endo, Yoshinari., 1999. Krill fisheries; Development, management and ecosystem implications. Aquat. Living Resour. 12: 105-120
- Olsen, R.-E., Henderson, R.J., Sountama, J., Hemre, G.-I., Ringø, E., Melle, W., Tocher, D.R., 2004. Atlantic salmon, *Salmon salar*, utilizes wax ester-rich oil from *Calanus finmarchicus* effectively. Aquaculture 240: 433-449
- Røkke, M., 2007. Betydning av raudåte under fôring av larver og yngel av torsk. Masteroppgave, Institutt for akvatisk biologi, Norges fiskerihøgskole, Universitet i Tromsø. pp 47.
- Saage, A., Altin, D., Vadstein, O., Sommer, U., 2008. Trophic position of *Calanus finmarchicus* (Copepode, Calanoida) in the Trondheim Fjord. Elsvier 59: 162-172
- Skjoldal, H.R., 2004. The Norwegian Sea Ecosystem. Tapir academic press. pp 559.
- Slagstad, D., Tande, K.S., 2007. Structure and resilience of overwintering habitats of *Calanus finmarchicus* in the Eastern Norwegian Sea. Deep-Sea Research II 54: 2702-2715
- Tande, K.S., 1989. *Calanus* in North Norwegian fjords and in the Barents Sea. Polar Research 10: 389-407
- Wiborg, K.F., Bjørke, H., 1969. Undersøkelser av forekomst og prøvofiske av raudåte i fjorder og kystfarvann mellom Fedje og Boknfjorden i mai-juni 1969. Fiskets gang. 55: 819-822
- Wiborg, K.F., Hansen, K., 1974. Fiske og utnyttelse av raudåte (*Calanus finmarchicus* Gunnerus). Fisken og Havet. Serie B (10): 1-25
- Wiebe, P.H., Benfield, MC., 2003. From the Hensen net toward four-dimensional biological oceanography. Pergamon. 56: 7-136
- Wileman, D.A., Ferro, R.S.T., Fonteyne, R., Millar, R.B., 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark, August 1996. pp 126.
- Yusuf, A.A., Richards, S., Webster, L., Pollard, P., 2008. Lipid composition of the copepod *Calanus finmarchicus* (Gunnerus) from the Irminger Sea in the North Atlantic Ocean Changes with Season and Life Cycle Stages. Asian Journal of Scientific Research. 1: 351 - 362

Internett

Direktoratet for naturforvaltning, 2008. Forvaltningsplan for Norskehavet.
<http://www.dirnat.no/content.ap?thisId=500030930>

FAO, 2008. World capture production. <ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/a1a.pdf>

Fiskeridirektoratet, 2008. Lønnsomhetsundersøkelser for fiskeflåten.
<http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/fiske-og-fangst/statistikk/loennsomhetsundersoekelse-for-fiskeflaaten>

Fiskeridirektoratet, 2005a. Referat sak 27a/2005.
http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/content/download/7895/64180/file/Ref_SAK%2027%20a_Raudate.pdf

Fiskeridirektoratet, 2005b. Vedtak sak 27a/2005.
http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/fiskeri/sakspapirer_referater/sakspapirer_til_regulerin_gsr_det_29_og_30_november_2005/vedtak_sak_27a_2005

Fiskeridirektoratets fartøyregister, 2008. <http://www.fiskeridir.no/register/fartoyreg/>

Lovdata.no, 2008. http://www.lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/usr/www/lovdata/ltavd1/filer/sf-20060322-0347.html&emne=plankton*&

Miljøverndepartementet, 2008.
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/tema/forurensning/luft/Vedlegg-2/Fakta-om-NOx-og-NOx-avtalen.html?id=497837&epslanguage=NO>

Nilsen, G.B., 2008. Begynte å fiske raudåte i 70-årene, nektes i dag. Fiskeribladetfiskaren.no, Harstad. <http://fiskeribladetfiskaren.no/default.asp?side=101&lesmer=9757>

Oddekalv, K., Ridgeway, G., 2007. Miljøvernforbundet går mot fangst av Raudåte.
<http://www.nmf.no/render.asp?articulo=1038>

Vedlegg

Vedlegg A: Tabelliste

Tabell 1: Fangst i kg ved de forskjellige halene gjennomført på M/K Havsula og F/F Jan Mayen. Hal 1 til 6 på M/K Havsula, og hal 7 til 14 på F/F Jan Mayen.	25
Tabell 2: Bifangst i av de forskjellige arter i hver trål, som prosent av total fangst i trålene. .	26

Vedlegg B: Figurliste

Figur 1: En maske i planktonnett, markert med stolpelengde (b), åpent areal (a_0), trådens diameter (d) og maskevidde i nettet (w).....	6
Figur 2: Fysiske mål på tråloppsettet, sett ovenfra. Åpning i forkant, diameter 1,6 meter (2 m^2) Åpning i sekk; diameter 0,32 meter ($0,08 \text{ m}^2$). Lengde hoveddel; 8 meter. Lengde sekk; 2,5 meter. Haneføtter i forkant av trål; 3 meter. Bredde på børtre; 2,4 meter. Skrev på børtre; 2,5 meter.....	14
Figur 3: Kontrolltrål. Modell av Calanus-trålene som brukes i dag. Hoveddel har nett med maskevidde 475 μm , tråddiameter 150 μm og soliditet 42,2 %. Sekken har nett med maskevidde 466 μm , tråddiameter 200 μm og soliditet 51,0 %.....	15
Figur 4: Trål 2. Fremre tredjedel er nett med maskevidde 750 μm , tråddiameter 250 μm og soliditet 43,8 %. Bakerste to tredjedeler har nett med maskevidde 475 μm , tråddiameter 150 μm , og soliditet 42,2 %. Sekken har nett med maskevidde 466 μm , tråddiameter 200 μm og soliditet 51,0 %.....	15
Figur 5: Trål 3. Fremre tredjedel er nett med maskevidde 1080 μm , tråddiameter 350 μm og soliditet 43,0 %. Bakerste to tredjedeler har nett med maskevidde 475 μm , tråddiameter 150 μm , og soliditet 42,2 %. Sekken har nett med maskevidde 466 μm , tråddiameter 200 μm og soliditet 51,0 %.....	15
Figur 6: Trål 4. Fremre tredjedel er nett med maskevidde 1080 μm , tråddiameter 350 μm og soliditet 43,0 %. Midterste tredjedel er nett med maskevidde 750 μm , tråddiameter 250 μm og soliditet 43,8 %. Bakerste tredjedel har nett med maskevidde 475 μm , tråddiameter 150 μm , og soliditet 42,2 %. Sekken har nett med maskevidde 466 μm , tråddiameter 200 μm og soliditet 51,0 %.....	15
Figur 7: Skisse av to tråler som taues samtidig slik det ble gjort med F/F Hvas og M/K Havsula.....	16
Figur 8: Skisse av alle fire trålene tauet samtidig (F/F Jan Mayen og F/F Johan Ruud).	17
Figur 9: Første parallell mellom kontroll og trål 2. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.	22
Figur 10: Andre parallell mellom kontroll og trål 2. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.	23
Figur 11: Første parallell mellom kontroll og trål 3. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.	23
Figur 12: Andre parallell mellom kontroll og trål 3. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.	24
Figur 13: Parallell mellom kontroll og trål 4. Hjelpelinjer er beste tilpasning eksponentiell funksjon av data.	24
Figur 14: Bifangst i halene som prosent av totalt antall dyr i prøven. Hjelpelinjer viser gjennomsnittlig prosent av bifangst i de enkelte trålene.	26

Vedlegg C: Bildeliste

Bilde 1: Bildeserie av raudåte som unnviker luftbobler (SINTEF FH.....	10
Bilde 2: Vekt montert på slepewire, med avlesning inne i båten.	17
Bilde 3: To modelltråler taues i hver sin slepewire adskilt med et børtre. Slepewire og lodd festes i forkant av børtre. Slag til blåser festes i aluminiumsringene. Bildet er tatt ved skyting av trålene.	18
Bilde 4: Planktonmeter for lokalisering av raudåte. 6 håver ble festet med 3 eller 5 meters mellomrom og tauet i 15 min.	18
Bilde 5: Sekken under tauing i lav fart. Ikke overtrykk inni sekken da denne ikke er spilt ut.	22
Bilde 6: T.v. Forskjellen på algemengde i nettet på 1080 µm, 750 µm og 475 µm. T.h. Klar forskjell på alger på det grove nettet langt frem i trålen, og det fine nettet bak. Bildet t.v. viser 1080 µm, 750 µm og 475 µm. På bildet t.h. sees de brune algene i nettet med maskevidde 475 µm mot dekket, mens det hvite nettet over har 750 µm maskevidde.....	27