

# Betydning av raudåte under fôring av larver og yngel av torsk



Hovedfagsoppgave til graden Cand. scient.  
studieretning marin økologi (60 stp)

av

Magnus Røkke

---

Institutt for akvatisk biologi  
Norges fiskerihøgskole  
Universitetet i Tromsø  
Mai 2007





# Innhold

<b>INNHold</b> .....	<b>3</b>
<b>TAKK</b> .....	<b>4</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>5</b>
1.1 PROBLEMSTILLING .....	5
1.2 TORSKEN .....	7
1.3 FØR .....	8
<b>2. MATERIALE OG METODE</b> .....	<b>11</b>
2.1 FELLES PROTOKOLL .....	11
2.2 HØSTPROTOKOLL .....	16
2.3 VÅRPROTOKOLL .....	18
<b>3. RESULTATER</b> .....	<b>21</b>
3.1 HØSTFORSØKET .....	21
3.2 VÅRFORSØKET .....	23
3.3 BILDER AV YNGELEN .....	25
3.4 OVERLEVELSE .....	26
3.3 TEMPERATUR .....	27
<b>4. DISKUSJON</b> .....	<b>28</b>
4.1 METODISKE FORHOLD .....	28
4.2 ERNÆRINGSMESSIGE FORHOLD .....	30
4.3 SAMMENFATNING .....	33
<b>5. REFERANSER</b> .....	<b>35</b>
<b>6. APPENDIKS</b> .....	<b>40</b>
6.1 BESKRIVELSE AV DE FORSKJELLIGE PRODUKTENE .....	40
6.2 EKSTRAHERING AV OLJE FRA CALANUS FINMARCHICUS TIL HØSTFORSØKET .....	41
6.3 EKSTRAHERING AV OLJE FRA CALANUS FINMARCHICUS TIL VÅRFORSØKET .....	42
6.4 FETTSYREPROFIL FOR CALANUS FINMARCHICUS .....	42
6.5 RÅDATA FRA HØSTFORSØKET .....	43
6.6 RÅDATA FRA VÅRFORSØKET .....	45

## **Takk**

Jeg vil takke min veileder Professor, Kurt Tande, for all rettleiding, tålmodighet og hjelp med denne oppgaven. Også en takk rettes til biveileder Førsteamanuensis Erik Løvaas, som sammen med Kurt, var til stor hjelp med å tilrettelegge og veilede prosessen for å ekstrahere raudåteolje i fra raudåten. Raudåteolje ble skaffet til veie av selskapet Calanus AS.

Videre sendes en stor takk til Havbruksstasjonen i Kårvika, Fiskeriforskning og Troms Marin Yngel som bidro med fagkyndig hjelp til å utforme protokoller samt bistå med lokaliteter og annen forefallende hjelp som trengtes på stedet.

Magnus Røkke

– 2007 –

# 1. Innledning

## 1.1 Problemstilling

Akvakultur i Europa domineres av salmonider, havabbor (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) og piggvar (*Scophthalmus maximus*), hvorav de tre sistnevnte er varmekjære søreuropeiske marine arter. Kystvannet i Nord Europa område med temperaturer fra 0 til 20 °C og 10 til 34 ‰ i saltholdighet. Her har oppdrett blitt utviklet omkring salmonider. Imidlertid gir dette miljøet også grunnlag for oppdrett av marine arter slik som torsk (*Gadus morhua*), hyse (*Melanogrammus aeglefinus*), kolmule (*Merluccius merluccius*), steinbit (*Anarhichas* spp.), kveite (*Hippoglossus hippoglossus*), og lomre (*Solea solea*) (Olsen et al. 2004).

I Norge har torsk blitt kultivert i over 100 år, men fortsatt er produksjonen av yngel liten og ustabil. Det som kjennertegner de senere år er at pollproduksjon er blitt mindre, og flere har satsset på et intensivt system. I 2002 ble det produsert ca. 1,6 million torskeyngel derav ca. 50 % ble produsert ekstensivt i poll. Dette har forandret seg i 2003, der det ble produsert 4 millioner yngel intensivt og 1 million yngel ekstensivt (Otterå et al. 2005). Ved årsskifte til 2004 var det omkring 18 yngelanlegg i drift, og hvor to av anleggene drev ekstensivt (Ervik 2003). Nasjonalt er det vilje til å satse tyngre for å fremme kommersiell utvikling av torskeoppdrett. Dette gjøres blant annet ved å bevilge midler til avlsprogrammet for torsk som startet i 2002 ved Havbruksstasjonen i Tromsø, ledet av Fiskeriforskning (Angell-Hansen et al. 2003). Nøkkelen for suksess er en høy og stabil produksjon av yngel av god kvalitet. Det er fortsatt for høye produksjonskostnader av torskeyngel, og disse må ned for å kunne konkurrere med villfanget torsk. Mye satses i å utvikle tørrfôr til torsk, siden store kostnader går med i produksjonen av levendefôr (Otterå et al. 2005). Via avl kan man kanskje i fremtiden få utsatt kjønnsmodningen, forbedre veksten og utvikle mer resistens mot sykdommer. En gjennomgående optimisme omkring torskeoppdrett er støttet av analyser fra SINTEF, Akvaplan NIVA og ECON Senter (Ludvigsen 2002). Det som kan være en bremse for næringa er nok investeringsviljen og pengemangel (Olsen 2003).

Produksjon av torskeyngel er avhengig av levendefôr. Forsøk gjort av Baskerville-Bridges (1999) viser at weaning (fôrtilvenning) til tørrfôr allerede kan skje ved 8 dager

etter klekking. For å holde en høy konsentrasjon av fôrpartikler i vannet var det nødvendig å overføre noe som resulterte i et dårlig karmiljø. For å unngå dette baserer oppdrettsnæringen seg på levendefôr slik som rotatorier (*Brachionus* sp.) og *Artemia* (*Artemia salina*). Disse er uavhengig av sesong, og kan relativt enkelt anrikes med hensyn til næringsinnhold. Men fortsatt mangler det kunnskap om hvordan fôrdyrene best skal anrikes for å dekke ernæringsbehovene til torsk (Ervik 2003). Ved å anrike fôrdyrene med marine fettsyrer, øker overlevelsen hos larvene. DHA (dososaheksaenoic acid) 22:6(n-3) er for eksempel viktig for utvikling av hjerne og retina (Rainuzzo et al. 1997).

DHA er en av de lengste kjedene av HUFA (highly unsaturated fatty acids) i n-3 og n-6 serien. For at normal utvikling skal skje hos fiskelarver, er det viktig med riktig innhold av de essensielle fettsyrene DHA, EPA (eicosapentaenoic acid, 20:5(n-3)) og DPA (dokosapentaensyre, 22:5(n-3)) (Léger et al. 1986; Léger et al. 1987). Ved bruk av oljer fra fiskematerialer som anrikingsmidler, får man et for lavt nivå av DHA, siden mel og olje fra råmaterialet fra fisk er høyere på EPA enn DHA. Riktig larveutvikling og overlevelse er avhengig av riktig DHA:EPA forhold, og siden EPA ikke kan transformeres til DHA hos torskelarver, fokuseres det mye på DHA innholdet i fôr (Barclay et al. 1996). Det er ikke bare DHA og EPA som er viktige for overlevelse, vekst og metamorfose, også AA (Arachidonsyre, 20:4(n-6)) er ansett som viktig, men dette er ikke like påaktet som DHA:EPA forholdet (Gundersen 2002).

Raudåte (*Calanus finmarchicus*) ansees som nøkkelart i nordatlantisk farvann (Hygum et al. 2000), og er i forskjellige stadier et naturlig byttedyr for torsklarver (Løken 1990). Raudåte inneholder mye vokseestere, som den er avhengig av under diapausen om vinteren (Norrbin et al. 1990; Hygum et al. 2000). I den senere tid er olje og pulver fra denne arten blitt kommersielt tilgjengelig og det er derfor interessant å teste i hvor stor grad oljen er et produkt som kan anvendes i startfôring og videre som fôrkomponent til marin fisk. Målsetningen til dette studiet er å se om effekten av raudåteolje er like bra eller bedre enn en kommersiell tilgjengelig olje, når de sammenlignes. Som motpart til raudåteolje valgte vi oljeproduktet DHA Selco fra INVE, som er mye brukt i kommersielle anlegg. Protokollen som ligger til grunn for testene er blitt anbefalt av Fiskeriforskning i Tromsø, Havbruksstasjonen i Tromsø samt en artikkel fra Brown et al. (2003).

## **1.2 Torsken**

### **1.2.1 Biologi**

Torsk (*Gadus morhua*) er utbredt i de fleste områdene på kontinentalsokkelen i Nord-Atlanteren. Den er en langstrakt fisk, ofte svullen buk, har overbitt og en markert skjeggtråd. Undersiden er sølvgrå med en brunspraglete overside (Pethon et al. 1998). Sidelinjen varierer med levested. Den kan bli opptil 1,8 meter lang, over 20 år og oppnå en vekt på over 55 kg (Moen et al. 1999). På bakgrunn av gytevandringen skilles det mellom norsk-arktisk torsk og kysttorsken. Den lever på mellomdypt vann (200-300 m) men er også funnet dypere (>600 m) (Pethon et al. 1998).

I vill tilstand vil det ta fra to til ti år til torsken er kjønnsmoden. I oppdrett tar det kun to år. Med lysstyring kan en manipulere kjønnsmodning slik at kjønnsmodning utsettes. Kjønnsmodningen kan også manipuleres slik at gyting skjer gjennom hele året. Torsk gyter vanligvis i mars/april, eggene er pelagiske og klekking skjer fra to til fire uker etter befruktning, avhengig av sjøtemperaturen (Pethon et al. 1998).

### **1.2.2 Yngel**

Torskens egg og yngel er små og mindre utviklet, noe som gjør yngelproduksjonen vanskelig (Israelsson et al. 2000). Yngelproduksjonsanlegg produserer ofte fra klekking til 5 grams yngel, noe som tar ca. 100 dager. Fisken går da til settefiskanlegg, der de føres opp til 100-200 gram (Ervik 2003).

I vill tilstand er hovedføden hos torskeyngelen raudåte i forskjellige stadier, men undersøkelser av såkalt ”grønn” tarm i de tidlige stadier har vist at de også spiser planteplankton, ciliater, trochophore larver (muslinger) og andre arter av kopepodelarver. Dette tyder på at torskelarver er omnivore i starten (Løken 1990). Torsken er en visuell predator og har en nedre grenseverdi på 0,1 lux for å se byttet (Hauge 1992). Kontinuerlig lys brukes derfor i intensiv oppdrett.

Til startfôring er det til nå mest vanlig å bruke alger, rotatorier og *Artemia* (Olsen et al. 2004). De første 20 til 30 dagene brukes rotatorier, og med en overlapp på 10 dager og fram til dag 60 brukes *Artemia*. Hverken rotatorier eller *Artemia* inneholder den riktige

nærings sammensetningen for torskelarvene ([se kapittel 1.3](#)). Weaning starter ofte rundt dag 30 når yngelen er ca 0,1 gram.

De abiotiske faktorene er også viktig for overlevelsen. Her kan det nevnes at saliniteten bør ligge mellom 31-35 ‰, pH på 7,7-8,5, O<sub>2</sub>-metning mellom 70-140 %, CO<sub>2</sub> innhold på opp til 10 mg L<sup>-1</sup> og NH<sub>3</sub> bør ikke komme over 0,005 mg L<sup>-1</sup>. Klor brukes mye til desinfeksjon og er meget giftig for larvene, det er derfor viktig at innholdet av klor nøytraliseres med for eksempel tiosulfat (Støttrup 2002).

Torskelarvenes plommesekk forsvinner etter 7-9 dager, og fødeopptaket starter 4-5 dager etter klekking (Løken 1990). 2 dager etter klekking er munnåpningen funksjonell og torskelarven kan da filtrere fôrpartikler (>10 µm) med gjellene (Støttrup 2002). Ved klekking er tarmen rett og udifferensiert, og etter 3 dager skjer en muskulær oppdeling (Homme 1991). Det er fôrpartikler som utløser utviklingen av tarm (Støttrup 2002). Den deler seg inn i en fortarm, midttarm og en baktarm. Disse er histologisk og funksjonelt forskjellige (Homme 1991). Men relativt sett endres tarmen lite før metamorfose (ca. ved dag 40 etter klekking) (Hauge 1992), og har ikke fullt utviklet og funksjonell mage og tarm før metamorfose (Homme 1991). Ved dag 40 er larven omtrent 12 mm i kroppslengde.

### **1.3 Fôr**

Størrelse og riktig mengde av fôrorganismer til larven er viktig under oppdrett. Til dette tilfredsstillter rotatorien *Brachionus plicatilis* og nauplien av saltvannskrepsen *Artemia* sp (Støttrup 2000). Rotatorier og spesielt *Artemia* har lav næringsverdier. De har en ukomplett kilde av fettsyrer og må derfor anrikes med marine oljeemulsjoner. Rotatorier og *Artemia* brukes av de fleste oppdrettere i dag, da det ikke finnes noen standard formulert fôr til startfôring av torskelarver. Men *Artemia* er kostbare og produksjonen er ustabil, det forskes derfor mye på å produsere og tilvenne tidligere med formulert fôr (Gundersen 2002).

Proteinbehovet hos torskelyngel er under 53 %, og tåler karbohydratnivåer opptil 15 %. Høy karbohydratinnhold øker leverindeksen. Mer enn 20 % fett i føden er påvist å øke vanninnholdet i lever (Mangor-Jensen 2002), noe som kan gi negative effekter senere



under vekstfasen. Men fettprosent på mindre enn 15 % ga økt kannibalisme. Anbefalinger er derfor følgende: protein 53-65 %, karbohydrater 5-15 % og fett 15-20 % (Mangor-Jensen 2002).

### 1.3.1 Rotatorier

Rotatorier er små dyreplankton (60-360 µm) og forekommer i de fleste salt- og ferskvann. De kjennetegnes ved en krans av cilier rundt munnåpningen, og disse ser ut som hjul i bevegelse når de filtrerer vannmassene for føde. Hovedføden til disse er alger og bakterier som finnes i vannmassene. Ciliene fungerer også som svømmeredskap (Johnsen 1991). De ernærer seg for det meste av nanoplankton opp til ca. 10 µm. Levetiden er opptil 10,5 døgn når de føres med mikroalgen *Isochrysis galbana* ved 20 °C og 20 ‰. Rotatorien har et juvenilt stadium i 1-2 døgn, og kommer deretter i den reproduktive perioden, som varer 6-7 døgn. I gjennomsnitt gir hvert individ 21 avkom (Overrein et al. 1999).

Dyrking av rotatorier består av to faser. Det er en produksjonsfase og en anrikningsfase. I produksjonsfasen dyrkes rotatoriekulturen opp til en ønsket tetthet, og i anrikningsfasen tilsettes næringsstoffer som er viktig for fiskelarvene, slik at den totale næringsverdien i rotatoriene øker. Vanlig våt bakegjær brukes som føde for å holde stamkulturer av rotatorier. Dette er kostnadsbesparende og muliggjør en storskalaproduksjon av rotatorier. Gjær inneholder lite av de næringsstoffer som er vesentlig for vekst og utvikling av larvene, anrikning må derfor utføres. Anrikningsfasen kan utføres på 2 ulike metoder; langtidsanrikning eller korttidsanrikning. Langtidsanrikning er en kombinert vekst og n-3 fettsyre anrikning, og anrikningen skjer gjennom produksjonsfasen. Korttidsanrikning er å justere lipid og n-3 fettsyreinnholdet gjennom en slutføring kort tid før utføring til fiskelarver (Lavens et al. 1996).

### 1.3.2 Artemia

Saltvannskrepsen *Artemia* finnes naturlig i tempererte innsjøer med ekstrem høy saltholdighet. De økologiske betingelsene i disse biotopene er ekstreme (>300 g salt L<sup>-1</sup> vann). På grunn av de svært høye saltkonsentrasjonene, vokser *Artemia* i fravær av predatorer og konkurrenter, noe som fører til svært tette populasjoner. At disse vannmassene regelmessig tørkes ut og fylles igjen er en av årsakene til *Artemia* har

utviklet cysteproduksjon, noe som utnyttes i akvakulturindustrien (Lavens et al. 1996). Cystene er lette å lagre, og kan klekkes etter behov (Støttrup 2002). Dette gjør de meget anvendelige, og er derfor i bruk over hele verden. Opptak av næring hos *Artemia*, begynner ikke før metanauplius I stadiet, ca 6 timer etter klekking.

### 1.3.3 Raudåte

*Calanus finmarchicus* blir vanligvis rundt 2-3 mm lang og veier som voksen omkring 1 mg. Om vinteren er det lite raudåte, og det som finnes holder seg på dypet eller nær bunnen (Hygum et al. 2000; Pasternak et al. 2004). Om våren (mars-april) legger raudåtehunnen noen hundre egg (0,1 mm i diameter) som klekkes i løpet av kort tid. Larvene gjennomgår en rekke nauplius- og kopepodittstadier før de blir voksne (Wiborg et al. 1974).

Fettet de innehar brukes som opplagsnæring noe som gjør at de overvintrende individer har høyt fettinnhold om høsten (Norrbin et al. 1990; Hygum et al. 2000). Men innholdet av fett kan også være høyt tidlig på sommeren i mai og juni, etter våroppblomstringen (Wiborg et al. 1974). Karakteristisk for lipidet i raudåten er en høy andel av vokseestere (Overrein et al. 1999). Disse blir av mange kopepodearter benyttet både som energilager og til oppbygging av gonader, og er godt egnet som anrikningsmiddel for levendefôret til torsk.

## 2. Materiale og metode

Det ble kjørt to serier av eksperimentet, et på høsten 2003 heretter kalt høstforsøket, og et på våren 2004 heretter kalt vårforsøket. I det følgende redegjøres det for protokollene.

Yngelen som er brukt i dette forsøket, stammer fra to forskjellige kilder. Under høstforsøket ble det hentet larver fra Troms Marin Yngel, og til vårforsøket ble det hentet larver fra torskeavlsprogrammet ved Fiskeriforskning i Tromsø.

Raudåteolje ble brukt i begge forsøkene, men to forskjellige metoder for utvinning av oljen ble benyttet. Dette er nærmere beskrevet i [appendiks 6.2](#) og [appendiks 6.3](#).

### 2.1 Felles protokoll

#### 2.1.1 Anriknings- og fôrmidler

Stamkulturen til rotatoriene ble føret med våtgjær og Algamac 2000. *Artemia* ble ikke holdt i en stamkultur, men klekket etter behov. Anrikningsmediet inneholdt Algamac 2000, Algamac 3050 (flake), SSF fiskemel (Sildeolje- og sildemelindustriens forskningsinstitutt) og A1 DHA Selco eller raudåteolje. Dette ble blandet godt sammen i en hurtigmikser i >5 minutter, før utføring til torskelarvene. Nærmere beskrivelse av anriking er gitt under delkapitlene om [\(2.1.1.1\)](#) rotatorier og [\(2.1.1.2\)](#) *Artemia*, samt beskrivelsene av protokollene i kapittel [2.2](#) og [2.3](#).

##### 2.1.1.1 Rotatorier

Tre stk. 300 liters tanker ble vasket med vaskemiddelet Zalo anti-bakteriell, skylt grundig, fylt med 250 liter vann og tilsatt klor (en tank for hhv kulturen, for lagring av vaskevann og til overflytting av kultur). Disse ble desinfisert i omlag 12 timer. Klor ble nøytralisert med tiosulfat. Saliniteten ble regulert med ferskvann og lå mellom 23 og 25 ‰. Tre varmekolber i hver tank ble brukt for å holde temperaturen mellom 22 og 26 °C. Med pointfour diffusor ble oksygen tilført med 1-2 bars trykk for å unngå at oksygenet falt under 4 ppm. Omrøring ble besørget av trykkluft, som ble tilført i fra bunnen.

Stamkultur med rotatorier ble hentet fra Troms Marin Yngel og fraktet i poser til forskningsstasjonen i Kårvika (ca 1 million). Rotatoriene ble så satt ut i en klargjort 300 liters tank.

Røkting av rotatorietankene ble utført to ganger daglig. Det ble målt temperatur, oksygen, tetthet og foretatt en generell sjekk av farge, lukt, skumdannelse etc. Utstyr som var viktig å holde rent ble også sjekket, da særlig O<sub>2</sub>-diffusor og varmekolber. Prøve av kulturen ble lagt i en petriskål og sjekket visuelt i lupe og følgende ble observert:

- bevegelse og hastighet
- vertikalvandring
- renhet i kultur
- klumping
- døde rotatorier
- forhold mellom store / små rotatorier
- eggproduksjon
- fôropptak
- fôrmengde i kulturen
- forekomst av uønskede organismer
- forekomst av hanner

Tabell 1: Tabellen viser fôringsregimet for rotatoriene. Fra hovedkulturen, som fôres med våtgjær og Algamac 2000, ble dagsrasjonen av rotatorier overført i egen anrikningskultur. Anrikningen "Standard" bestod av Algamac 2000 og 3050 (flake), fiskemel og A1 DHA Selco og i "oljegruppe" var A1 DHA Selco erstattet med raudåteolje.

Fôrregime	Våtgjær (g/mill.ind)	Algamac 2000 (g/mill.ind)	Anrikning ("Standard" eller "oljegruppe") (g/l vannvolum i anrikningskaret)
Hovedkultur	2,0	0,3	-
Anrikningskultur	-	-	0,2

Visuell telling av rotatorier ble utført for å fastslå konsentrasjon, og dette ble utført med 0,2 eller 0,5 ml målepipette (avhengig av tetthet). Ny fôrrasjon ble utregnet på grunnlag av observasjonene og telling (se tabell 1). Fôret for rotatoriene ble veid opp og blandet

godt sammen (>5 minutter) i en mikser. Den ferdige suspensjonen ble utblandet i vann, og en IWAKI doseringspumpe sørget for kontinuerlig utføring over døgnet.

Mengde utføring av rotatorier ble beregnet, tatt ut av hovedkultur og plassert i en egen anrikningstank dagen før. Anrikningsmediet ("standard" og "oljegruppe") ble føret til rotatoriene jevnt utover natten med IWAKI doseringspumper. Dagen etter ble kulturene vasket, sjekket for føropptak, dødelighet og renhet, og satt til lagring. Fra lagringstankene ble det videre føret til torskelarvene. Anrikningstankene var 2 stk 100 liters konet tank med lufting, oksygenering og varmekolbe. Lagringstank var av samme type, men kaldt vann ble spylt rundt tanken, slik at temperaturen falt til ca 5-6 °C.

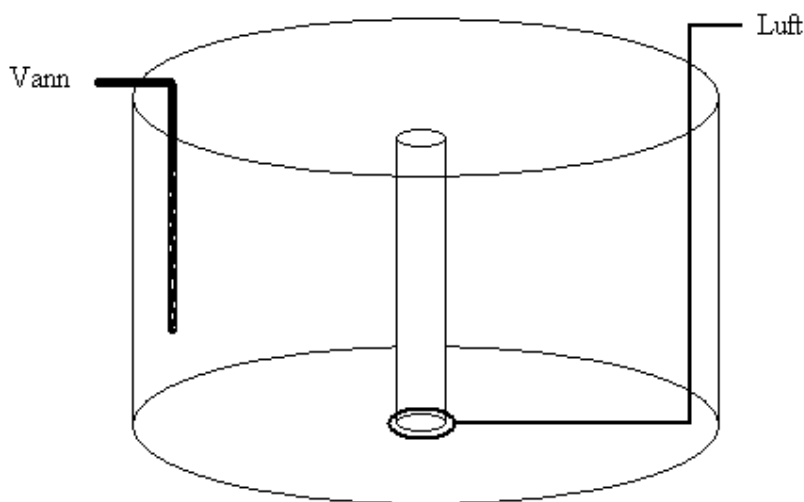
#### 2.1.1.2 Artemia

En liter tørre cyster ble satt til to timers hydrering, i fem liter sjøvann. Kraftig lufting sørget for god omrøring. Disse ble overført til "dekapsuleringskokeren" (en konet tank). I "kokeren" ble det blandet 1 liter ferskvann, 1 liter klor (natriumhypokloritt (>10 %)) og 75 ml lutløsning (kaustik soda). De hydrerte cystene ble helt oppe i tanken. Da fargen ble forandret fra brun/gråhvit til rødlig, ble prosessen stoppet med å tilføre tiosulfatløsning. Deretter ble cystene samlet opp i en silpose og skyllet godt med vann. Vannet røres godt ut av posen, og den noenlunde tørre massen med dekapulerte cyster ble lagret i kjøleskap for videre bruk.

Dekapsulerte cystener ble klekket i en inkubator der volum av vann og antall cyster ble justert etter behov. Inkubatortanken (konet tank) var satt opp med kraftig lufting og varmekolber. Med en temperatur på ca 28 °C, var klekket fullført i løpet av 24 timer. Svak oksygentilførsel ble tilsatt fra bunnen for å få eggskallene til overflaten. Skallene ble fjernet manuelt med en sil, og naupliene ble tappet i en *Artemia* vasker, skyllet godt med temperert sjøvann og overført til anrikningstanker.

#### **2.1.2 Yngelproduksjon**

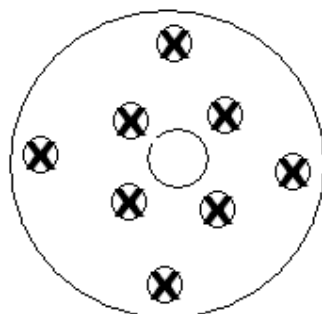
Seks kar på 140 L ble vasket med Zalo anti bakteriell og desinfisert med desinfiseringsmiddelet Virkon. Sentralrør og sentralsil ble vasket, desinfisert og montert. Lufteslange ble lagt rundt sentralrøret for å få omrøring i karet og redusere dannelse av overflatefilm (figur 1). Vannvolumet i hvert kar lå på ca. 110 liter.



Figur 1: Oppbygningen av et larvekar som ble brukt i eksperimentene. Vann kommer inn i et perforert siderør, noe som danner sirkulær strøm. Senterrøret er dekt med sil, og vannvolumet blir justert med en munk i midten. For å få omrøring ble luft tilsatt rundt senterrøret.

### 2.1.3 Prøveuttak

Prøver fra populasjonene ble tatt, hhv hver 4 og 6 dag for høst- og vårforsøket, med et rør som rommet omtrent 100 ml. Uttaket ble utført ved at røret ble stukket ned til bunnen av karet 8 ganger (figur 2) for å samle opp en representativ prøve på til sammen 20 larver (Hagen 1998). Larvene ble målt med i lupe med henholdsvis 6x og 40x forstørrelse for å se lengde og myotomhøyde. Gassblæredannelse og magefyll ble også registrert.



Figur 2: Mønster for uttak av prøve i torskelarvekarene. Røret ble stukket ned til bunnen og tettet i øvre ende før det ble ført opp. Larvene ble samlet i en krystallisjonsskål for videre behandling.

Dødelighet, vekt, lengde, myotomhøyde og mageinnhold ble registrert ut i fra prøveuttakene fra karene. De utplukkede larvene ble undersøkt i lupe der lengde og myotomhøyde ble målt med et måleokular. Det ble også notert forekomst av deformiteter, gassblæreutvikling og mageinnhold. Larvene ble så skyllet med destillert vann for å fjerne saltvannet, lagt ned i en forhåndsveid aluminiumsskål og plassert i cellekammer for lettere å gjenkjenne prøvene. Cellekammeret med prøvene ble plassert i tørkeskap på 60 °C i 24 timer (Strand 2002). Deretter ble larvene veid med Metler MT5 (d = 0,001 mg) analysevekt.

#### 2.1.4 Statistikk

I dette forsøket, sammenlignes de forskjellige konfidensintervallene for å se etter signifikans. Løvås (1999), forklarer følgende:

- Hvis to grupper har konfidensintervaller som ikke overlapper, kan det tolkes at gruppene er signifikant forskjellige.
- Hvis to intervaller overlapper mer enn halvveis, kan det ikke konkluderes at de er forskjellige.
- Hvis to intervaller overlapper mindre enn halvveis, kan det være grunn til å undersøke videre om gruppene er forskjellige.

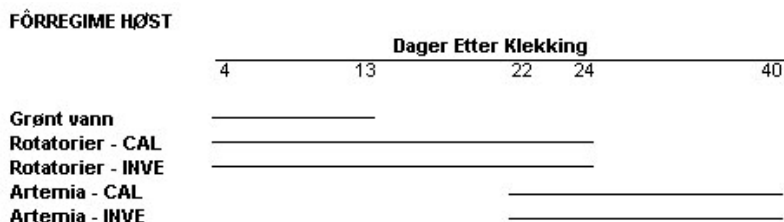
En går ut i fra at tallmaterialet er normalfordelt, og bruker et konfidensintervall som med 95 % sannsynlighet at observasjonen befinner seg i. Dette regnes ut ved følgende formel der  $\sigma$  er definert som standardavviket,  $n$  er antall observasjoner,  $\bar{X}$  viser gjennomsnitt og  $d$  er feilmarginen:

$$[\bar{X} - d, \bar{X} + d] = \left[ \bar{X} - 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{X} + 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right]$$

## 2.2 Høstprotokoll

### 2.2.1 Fôringssoppsett

Høstforsøk 2003 ble utført fra 11. november til 17. desember etter følgende opplegg:



Figur 3: Fôrregimet til torskelarvene i løpet av eksperimentets varighet. Grøntvannsperioden var fra dag 4 til dag 13. Rotatorier ble tilbudt fra dag 4 til dag 24, og *Artemia* ble tilbudt fra dag 22.

#### Forklaringer:

Grøntvann: Instant Algae premium 3600

Rotatorier:

Vekstfase: Våtgjær og Rotimac

CAL: Algamac 2000 og 3050 (flake), fiskemel, raudåteolje

INVE: Algamac 2000 og 3050 (flake), fiskemel, A1 DHA Selco

Artemia:

CAL: Raudåteolje og fiskemel

INVE: Algamac 2000 og 3050 (flake), fiskemel, A1 DHA Selco

Ved høstforsøket ble den kommersielle INVE oljen byttet ut med raudåteolje, for å se om torskelarvenes vekst i lengde, vekt og myotomhøyde ble bedre sammenlignet med INVE produktene. Det ble da definert en standardgruppe som inneholdt INVE olje og en oljegruppe som ble definert som raudåteolje. Fôrdyrene er fra start av forsøket, anriket med hhv INVE olje og raudåteolje (figur 3).

Yngelkarene var plassert etter hverandre, og rekkefølgen ble valgt ut tilfeldig (figur 4).





Figur 4: Oppstilling av karene under høstforsøket. Kar 1, 4 og 6 representerer ”standard” og kar 2, 3 og 5 representerer ”oljegruppe”.

Yngel fra Troms Marin Yngel ble hentet og fordelt i de 6 karene. Tettheten ble målt, og det ble satt ut ca. 8 300 larver i hver av karene, dette tilsvarte en tetthet på ca. 75 larver pr liter. Fram til dag 13 ble det tilsatt 2 gram grøntvann (etter henvisning på pakkeomslaget).

Rotatoriekonsentrasjonen som ble utført, ble prøvd holdt på 4 000 rotatorier pr. liter, og fôring skjedde 4 ganger om dagen. Fôrmengden ble justert opp eller ned avhengig av fôrrester i karene og om larvene hadde fôrdyr i magen. Dette ble også gjort med *Artemia*, men konsentrasjonen ble prøvd holdt på 2 000 *Artemia* pr. liter.

Fôringen med rotatorier foregikk fra dag 4 til 25. *Artemia* ble utfôret fra dag 22 og ut forsøket. Dette er en litt brå overgang, men forekom på grunn av en krasj i kulturen av rotatorier.

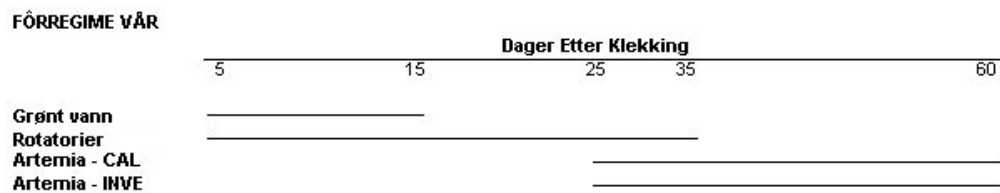
Sifonering (rensing) fra bunnen av karene startet fra dag 17. Avfallet på bunnen ble samlet med en nal og fjernet med en hevert. Dette ble utført en gang hver uke. Dag 14 ble vannkilden byttet ut fra råvann til oppvarmet vann, dette fordi vanntemperaturen begynte å falle under 10 °C. Ved dag 22 ble silduken skiftet fra 500 µm til et 700 µm rundt sentralrøret.

Raudåteoljen ble egenhendig ekstrahert, og nedfrosset. Metoden for ekstrahering er nærmere beskrevet i appendiks [6.2](#).

## 2.3 Vårprotokoll

### 2.3.1 Oppsett og utførelse for vårforsøket

Vårforsøk 2004 ble utført fra 28 april til 24 juni etter følgende opplegg:



Figur 5: Fôrregime til torskelarvene i løpet av eksperimentets varighet. Grøntvannsperioden var fra dag 5 til dag 15. Rotatorier ble tilbudt fra dag 5 til dag 34, og *Artemia* ble tilbudt fra dag 26.

#### Forklaringer:

Grøntvann: Instant Algae premium 3600

Rotatorier:

Vekstfase: Våtgjær og Rotimac

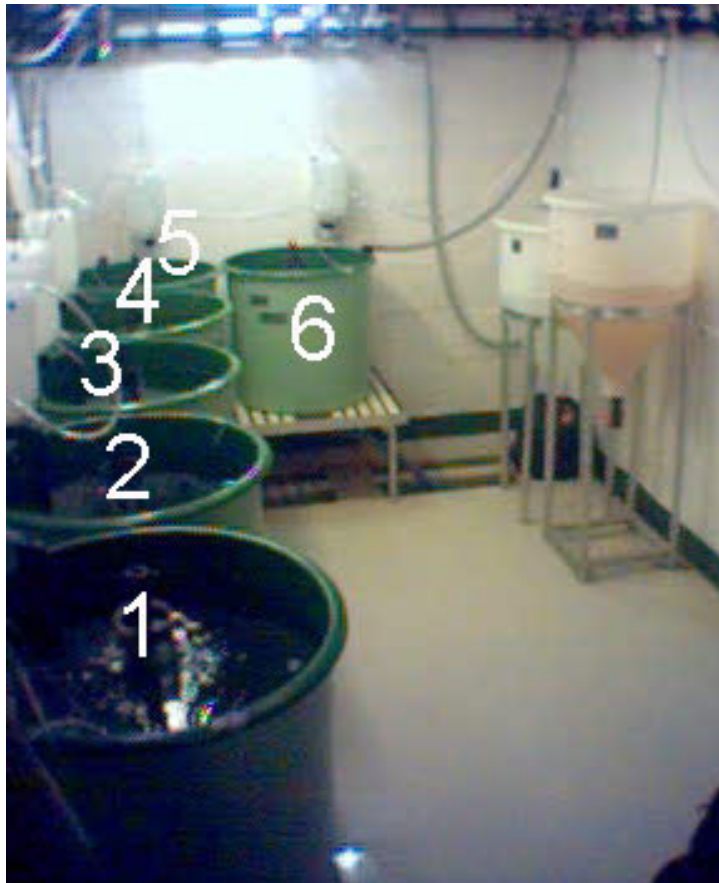
Anrikning: Algamac 2000 og 3050 (flake), fiskemel, A1 DHA Selco

Artemia:

CAL: Raudåteolje og fiskemel

INVE: Algamac 2000 og 3050 (flake), fiskemel, A1 DHA Selco

Vårforsøket ble flyttet til et annet rom, men en brukte samme type yngelkar som under høstforsøket. Her ble også behandlingskarene plukket ut tilfeldig (se figur 6). En viktig forskjell fra høstforsøket, er at differensiering av anrikning, ikke skjedde før ved bruk av *Artemia*. Det ble gjort for å se om raudåteoljen har bedre effekt ved senere introduksjon.



Figur 6: Oppstilling av karene under vårforsøket. Kar 2, 3 og 5 representerer "standard" og kar 1, 4 og 6 representerer "oljegruppe". Oljeanrikningen av *Artemia* skjedde også her.

I hver av karene ble det satt ut ca. 10 000 yngel som da var 3 dager etter klekking, levert fra Fiskeriforskningens Torskeavlprogram. Fødringsregime ble utført etter illustrasjonen i figur 5, og denne gangen ble ikke rotatoriene delt i to forskjellige anrikningsgrupper slik som det ble i høstforsøket. Både standard og oljegruppen fikk standard anriket rotatorier. Differensieringen begynte ved anrikning av *Artemia*. Hver dag ble det føret ca 500 000 individer av rotatoriene i hvert kar. Disse ble fylt i drypptanker som med jevn utdrypping som holdt igjennom natten.



Figur 7: Drypptank med justerbar høyde, polyetylen slange ned i karet, luftslange med lodd for omrøring i drypptanken.

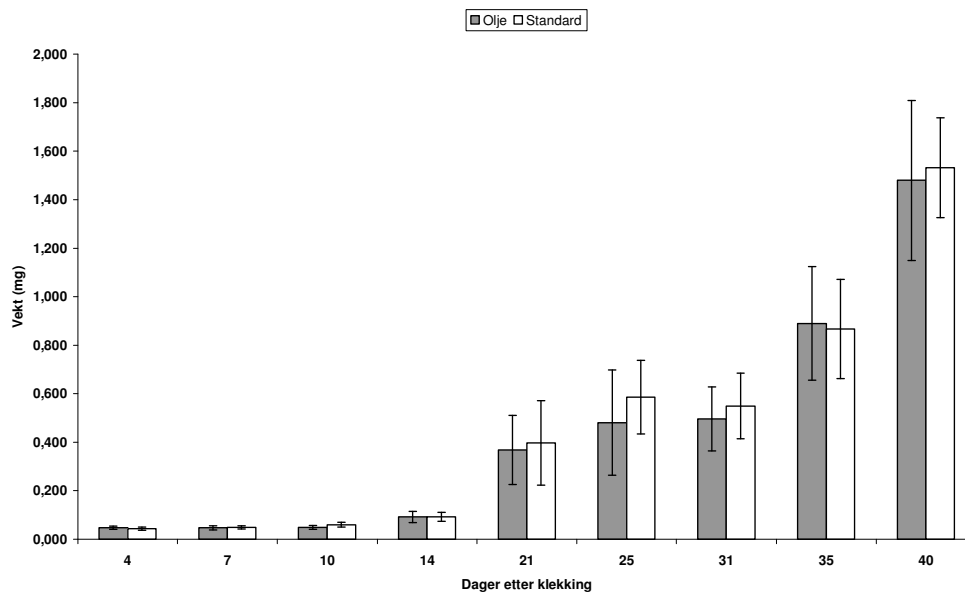
For å unngå underfôring ble fôrrester i karet og mageinnhold i larvene ble sjekket hver dag. Fra dag 26 ble det også fôret ut *Artemia*. Det ble dermed en overlapp på 9 dager, der det ble fôret med 50 % *Artemia* og 50 % rotatorier. Ca 250 000 individer av *Artemia* ble fôret ut til hvert kar via drypptanker (figur 7) hver dag. Konsentrasjonene i torskekarene for rotatorier og *Artemia* ble holdt på om lag hhv. 4 000 ind. pr. liter, og 2 000 ind. pr. liter.

Raudåteoljen til vårforsøket, ble produsert fra frossen raudåte ved Aquarius AS i Lovlund, noe som er nærmere beskrevet i appendiks [6.3](#).

### 3. Resultater

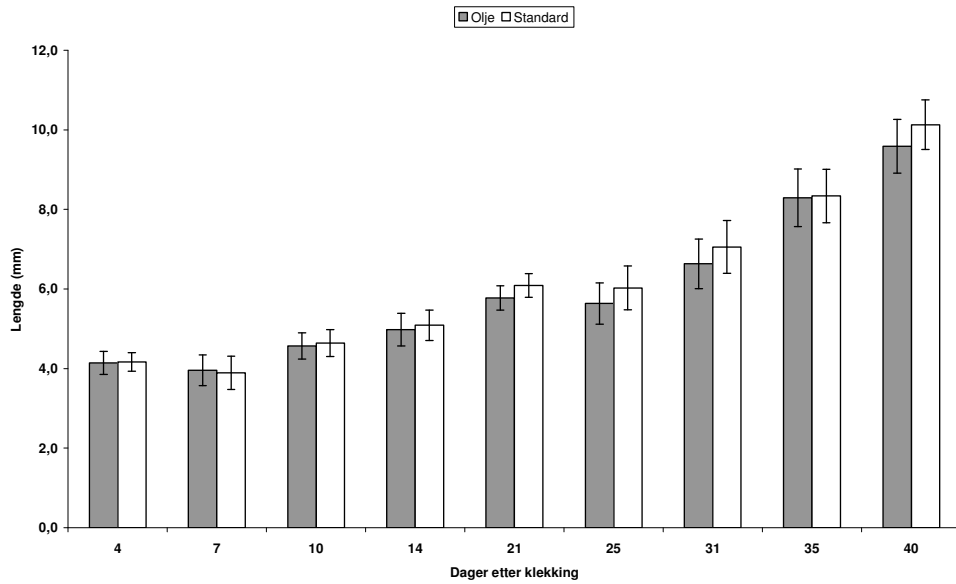
I dette kapitlet vil alle behandlingsgruppene som innholdt raudåteolje defineres som ”oljegruppe”, og behandlingsgruppene med INVE-olje defineres som ”standard”. Disse gruppene er nærmere forklart i figur 3 og figur 5. Resultatene som presenteres er et gjennomsnitt mellom de 3 kontrollgruppene fra hver av behandlingsgruppene.

#### 3.1 Høstforsøket



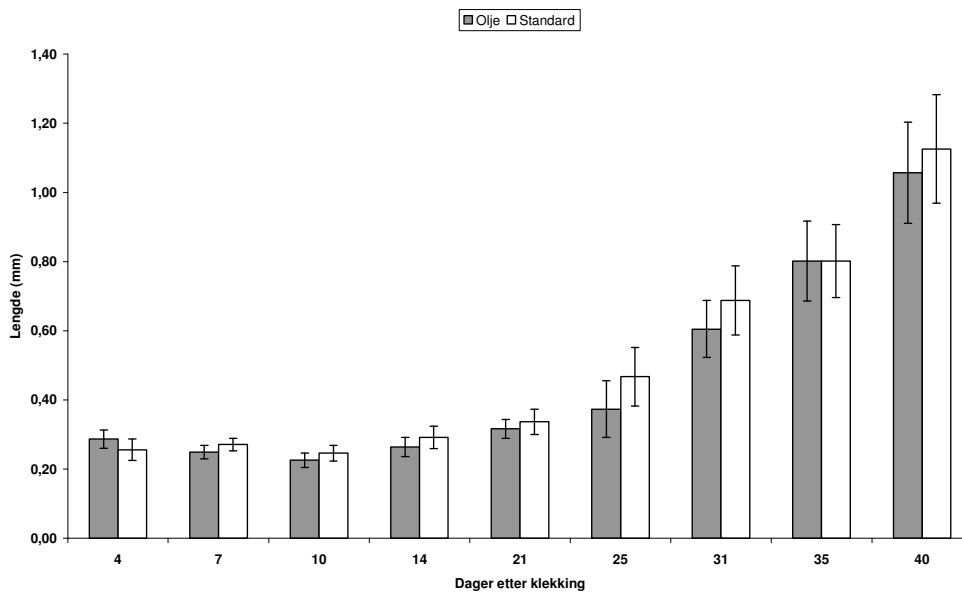
Figur 8. Gjennomsnittlig tørrvekt i mg for høstgruppen plottet mot dager etter klekking. Vertikale linjene viser konfidensintervallet. n = 10 larver per sampling.

De fire første uttakene (d. 4, 7, 10 og 14) viser små variasjoner. Tørrvekten øker også minimalt (0,05 mg i begge gruppene) i denne perioden. Fra uttakene ved dag 21 til 40, øker veksten til hhv 1,111 mg og 1,134 mg for olje- og standardgruppene. Men ser man på konfidensintervallene, er disse overlappene med mer enn halvparten, slik at det ikke kan snakkes om signifikante forskjeller (figur 8).



Figur 9. Gjennomsnittlig lengde i mm for høstgruppen plottet mot dager etter klekking. Vertikale linjer viser konfidensintervallet. n = 20 larver per sampling.

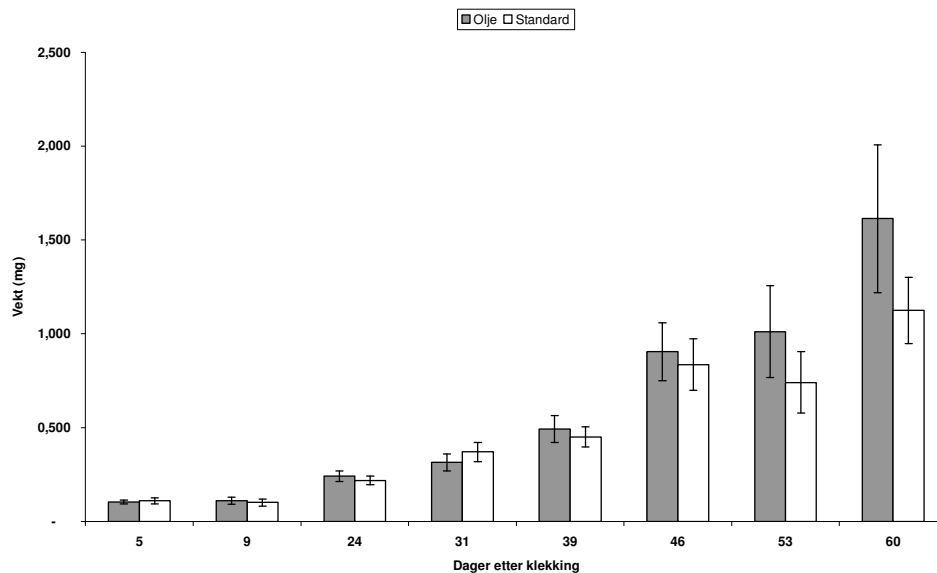
Det er små lengdeforskjeller mellom gruppene. Konfidensintervallene er overlappende under hele forsøksperioden (figur 9). Oljegruppen øker fra 4,1 mm til 9,6 mm og standardgruppen øker fra 4,2 mm til 10,1 mm (dag 4 til dag 40).



Figur 10. Gjennomsnittlig myotomhøyde i mm for høstgruppen plottet mot dager etter klekking. Vertikale linjer viser konfidensintervallet. n = 10 larver per sampling.

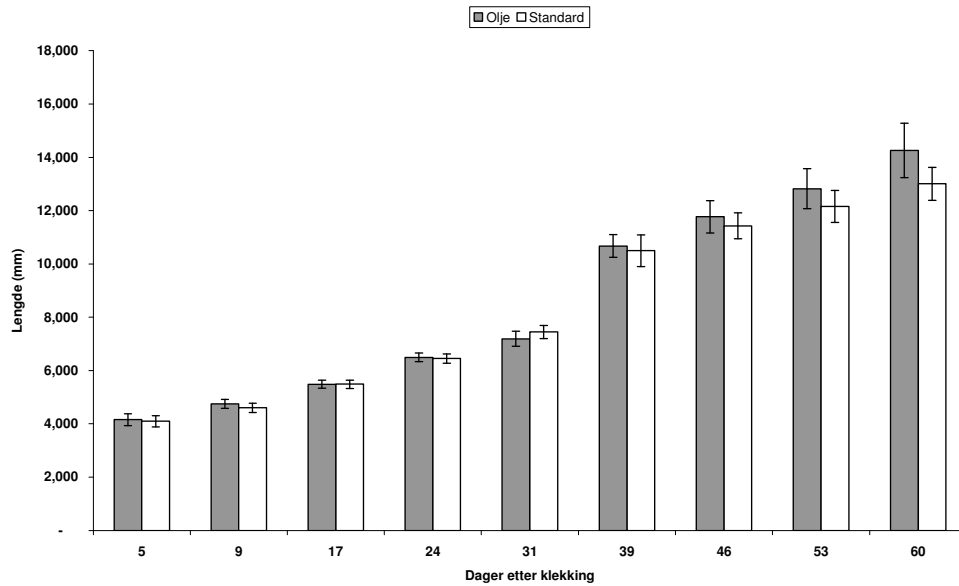
Myotomhøyden holder seg relativt jevnt fram til dag 25, der det øker fram til dag 40. Konfidensintervallene overlapper fullstendig (figur 10). Oljegruppen økte fra 0,29 mm til 1,06 mm i myotomhøyde, og standardgruppen økte fra 0,26 mm til 1,13 mm.

### 3.2 Vårforsøket



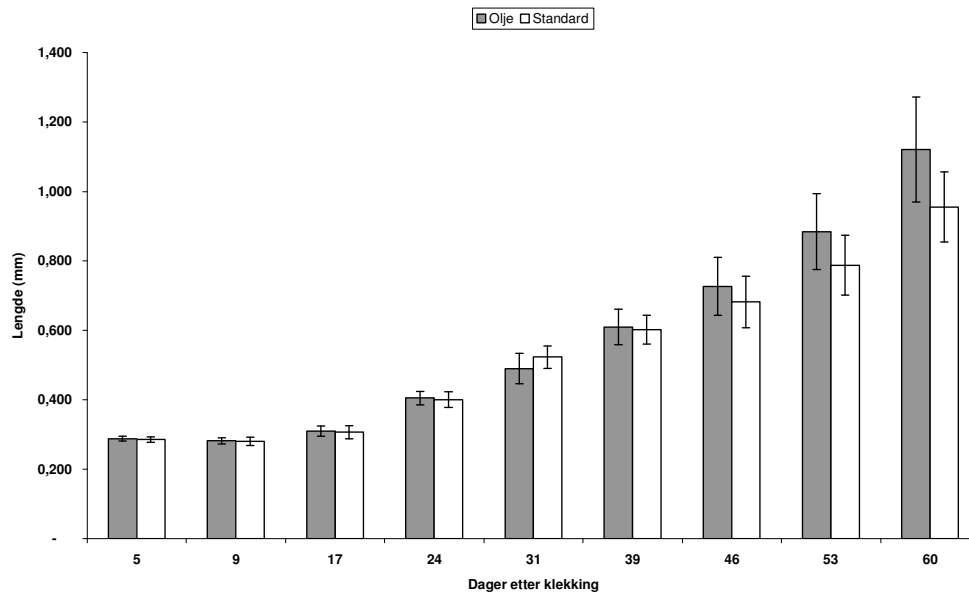
Figur 11. Gjennomsnittlig tørrvekt i mg for vårgruppen plottet mot dager etter klekking. Vertikale linjer viser konfidensintervallet. n = 20 larver per sampling.

Uttaket fra dag 17 er ikke med blant tørrvekt resultatene da disse ble fullstendig kontaminert. Fram til dag 31 er begynner vekten å øke, da særlig olje gruppen. Konfidensintervallet er fortsatt store, men gradvis mindre overlappende utover dag 60. Oljegruppen øker fra 0,103 mg til 1,613 mg og standardgruppen øker fra 0,110 mg til 1,24 mg (figur 11).



Figur 12. Gjennomsnittlig lengde i mm for vårgruppen plottet mot dager etter klekking. Vertikale linjer viser konfidensintervallet. n = 20 larver per sampling.

Gjennomsnittlig kroppslengde øker jevnt mellom gruppene fram til dag 31. Fra dag 31 til 60 øker oljegruppen mer enn standardgruppen. Oljegruppen økte fra 4,2 mm til 14,3 mm og standardgruppen økte fra 4,1 mm til 13,0 med mer (figur 12).



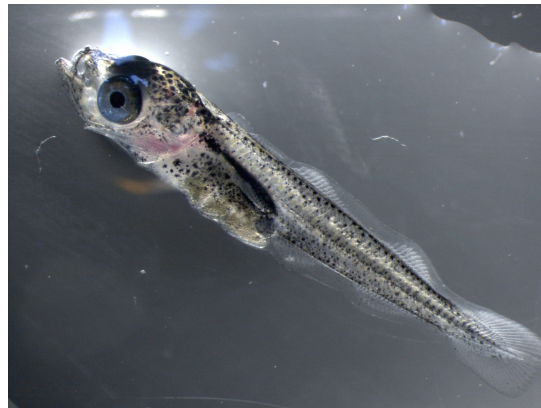
Figur 13. Gjennomsnittlig myotomhøyde i mm for vårgruppen plottet mot dager etter klekking. Vertikale linjer viser konfidensintervallet. n = 20 larver per sampling.



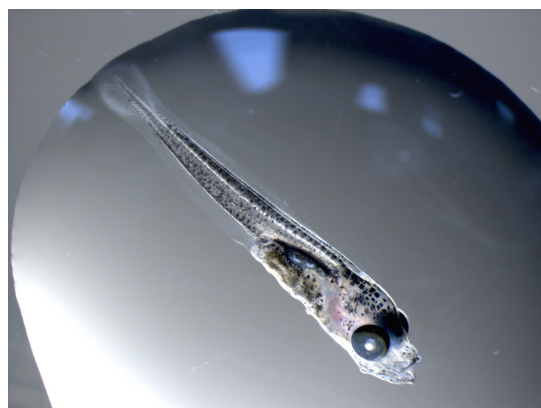
Myotomforskjellene er ubetydelige fram til dag 31, der oljegruppen øker raskere enn standardgruppen. Oljegruppen øker fra 0,29 mm til 1,12 mm. Standardgruppen øker fra 0,29 mm til 0,96 med mer (figur 13).

### **3.3 Bilder av yngelen**

Torskelarver som ble fotografert under lupe ved dag 55 (figur 15 og 15) etter klekking. Uttaksindividene er tilfeldig utvalgt og er derfor ikke nødvendigvis representativt for gruppene.



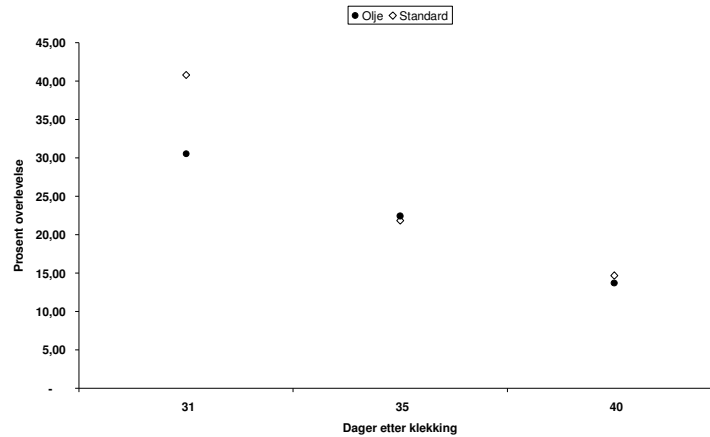
Figur 14: Bilde av torskeyngel 55 dager etter klekking fra oljegruppen. Yngelen har en tydelig gassblære, pigmentert blodmløp og fylt magesekk. Finnene begynner å differensiere seg. Yngelen er pigmentert.



Figur 15: Bilde av torskelarve 55 dager etter klekking fra standard gruppen. Larven har en tydelig gassblære og har en antydning til pigmentert blodmløp.. Finnene er ikke begynt å differensiere seg. Larven er pigmentert.

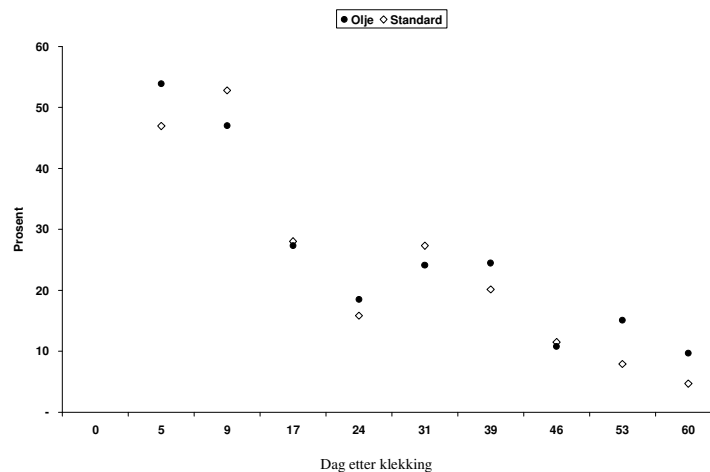
### 3.4 Overlevelse

For å estimere overlevelse ble det utført tre målinger av populasjonen, dag 31, 35 og 40 etter klekking. Overlevelsen ved dag 40 er hos oljegruppen 13,7 % og hos standardgruppen 14,7 % som vist i figur 16.



Figur 16: Olje- og standardgruppene vist som prosent overlevelse henholdsvis 31, 35 og 40 dager etter klekking under høstforsøket.

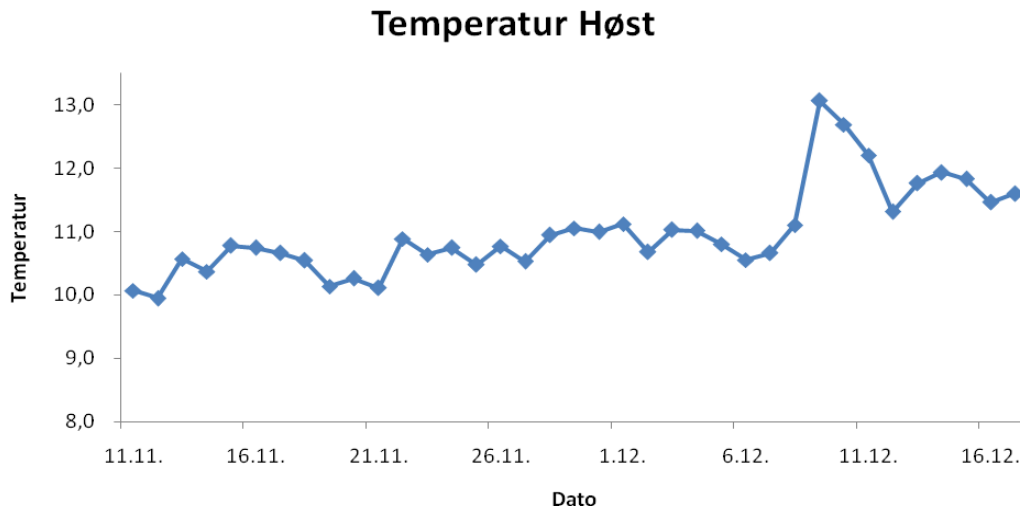
Figur 17 viser prosent overlevelse fram til endt forsøk. Overlevelsen ved dag 60 er hos oljegruppen 9,7 % og hos standardgruppen 4,7 %. Ved dag 40 var den for oljegruppen 24,4 % og standardgruppen 27,3 %. Ved dag 24 går begge gruppene kraftig ned for så å gå opp igjen ved neste uttak, samt standardgruppen ved dag 9. Dette kan skyldes et dårlig prøveuttak.



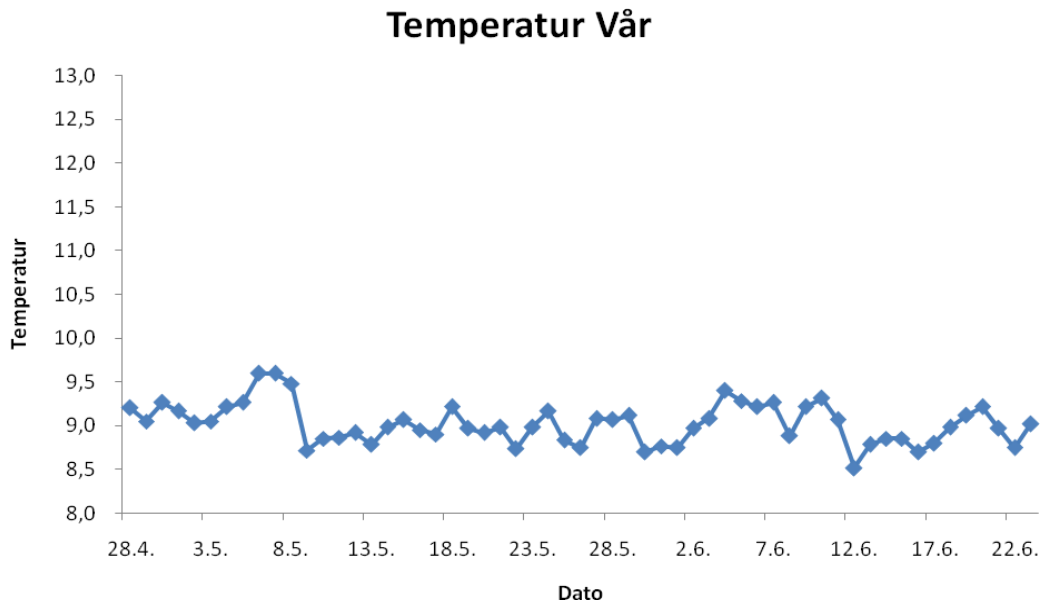
Figur 17: Olje- og standardgruppene vist som prosent overlevelse fra dag 5 til dag 60 etter klekking under vårforsøket.

### 3.3 Temperatur

Figur 18 og figur 19 viser gjennomsnittstemperaturen i alle kar under utførelsen av forsøket. Grafen viser at temperaturen under høstforsøket er noen grader høyere enn under vårforsøket.



Figur 18: Temperaturkurve under høstforsøket fra dag 4 til dag 40.



Figur 19: Temperaturkurve under vårforsøket fra dag 4 til dag 60.

## 4. Diskusjon

### 4.1 Metodiske forhold

Å opprettholde en metode under larvefasen som gir en lik behandling mellom forsøksenhetene er vanskelig i forsøk med torsk. Dette beskrives videre med de faktorer som sannsynligvis påvirker larvene mest. Torskelarvene i dette forsøket ble klekket i klekkeinkubatorer med en temperatur på 8 °C. Dette er innenfor intervallet mellom 6 og 8 °C som litteraturen oppgir som optimal (Baskerville-Bridges et al. 1999; Brown et al. 2003). Det er anbefalt å ikke forandre vanntemperaturen fra klekkeinkubatorer til startfôringskarene. Imidlertid kan det være ønskelig å heve temperaturen, noe som er anbefalt å skje med maksimal 1 °C per dag (Baskerville-Bridges et al. 2000a; Otterlei 2000; Brown et al. 2003). For rask økning i temperaturen vil gi økt dødelighet (Støttrup 2002). Rask temperaturstigning øker også stressresponsen, noe som medfører senket appetitt og økt sjanse for sykdom (Olsen et al. 2004). Stabil temperatur gir de beste betingelsene. Under høstforsøket var vanntemperaturen i startfôringskarene rundt 9 °C ved utsetning, og vanntemperaturen steg raskt opp til 11 °C på ett døgn. Denne temperaturvariasjonen kan ha påvirket høstgruppene. Høstforsøket hadde høyere dødelighet enn vårforsøket, men det kan være mange andre faktorer som påvirker dette, noe som nevnes i senere avsnitt i dette kapittelet.

Temperaturen under høstforsøket var i snitt 1-2 °C høyere enn under vårforsøket. Dette på grunn av råvannets varierende temperaturer i henhold til årstiden, og forskningsstasjonens begrensede mulighet til å justere temperaturen på vannet. Variasjonene i temperatur mellom de forskjellige forsøksenhetene innenfor hver serie er ubetydelige ( $\pm 0,2$  °C). Ved sammenligning mellom høst- og vårgruppen kan betydningen av denne forskjellen favorisere høstgruppen i forhold til vekst, da høyere temperatur kan gi bedre vekst (Steinarsson et al. 1999). Veksten rundt dag 40 hos høstgruppen viser bedre vekst, da denne gruppen er omtrent like stor som vårgruppen ved dag 60.

Røkting under eksperimentet ble foretatt etter de mest oppdaterte protokoller (Støttrup 2002; Brown et al. 2003). Ved fôring med levendefôr blir karbunnen raskt fylt med dødt biologisk materialet (fôrrester), noe som er uheldig da dette kan være grobunn for sopp

og bakterier. For å fjerne dette ble bunnen rensert ved å samle restene med en nal og sifonert ut. Dette ble utført hver uke fra dag 17 under høstforsøket. Under vårforsøket ble det rensert fra dag 11. Rensingen måtte starte litt tidligere ved vårforsøket på grunn av at det oppstod problemer med trådbakterier. Disse bakteriene utviklet lange klebrige tråder der larver satt seg fast og døde. Etter en beskrivelse i Leche et al. (1919), ligner disse bakteriene enten på trikobakterier, som ofte dukker opp i skittent vann, eller *Leucothrix*, en gruppe som danner trådlignende kolonier, og forekommer ofte i klekketanker (Huse 1993). Bakteriene ble uten hell prøvd fjernet med sifonering. En alternativ behandling ble foretatt ved å tilsette en høy konsentrasjon (9,5 g) grønt vann i larvekarene. Algecellene festet seg til trådbakteriene og sank ned til bunnen og restene ble sifonert ut ved dag 20. Synlige bakteriekolonier dukket ikke opp igjen. En annen metode for å motvirke trådbakterier er å øke vannstrømmen. Siden effektene av høy vannstrøm er uklart i forhold til larvene, bør man være varsom med dette.

Under gjennomføringen av forsøkene ble det prøvd å redusere sifoneringen så mye som mulig. Sifonering hadde en tendens til å ta med seg en god del levende larver, særlig i tidlig fase, samt at dette stresset fisken. Attpåtil er det usikkert om den biologiske ”filmen” som legger seg i bunnen er skadelig for larvene.

Under deler av eksperimentet oppstod det problemer med utstyret for vasking både for *Artemia* og rotatoriene. Mye fôrorganismer forsvant ut, og for å motvirke dette ble vasketiden kortet betraktelig ned. Imidlertid førte dette til en større andel oljefilm i overflaten ved høstforsøket enn ved vårforsøket. Oljefilmen kan hindre riktig gassopptak ved dannelse av gassblære da torsken kommer opp i overflaten og svelger luft (Doroshev et al. 1981; Totland et al. 2004), og at det da lettere kan oppstå bakterie- og soppvekst. Larver uten gassblære, eller redusert gassblære, vil bruke mer energi til å holde seg flytende i vannmassene, noe som vil redusere veksten (Strand et al. 2005). Dette er ikke påvist i dette forsøket da utvikling av gassblære til larvene både i vår- og høstforsøket var god.

Ved uttak av larveprøver ble det også tatt ut prøver som ble lagt i 4 % formalin med hexamin. Formalinprøvene var ment som ”backup” i tilfellet noe skulle skje med prøvene under lagring. I de fire første uttakene ved høstforsøket ble prøvene kontaminert med sjøvann, noe som resulterte i feil vekt. For å kompensere for dette uhellet ble

formalinprøvene ved de aktuelle prøvetidspunktene kun veid. Det viser seg at vekten fra disse formalinprøvene gir en lavere vekt ved tilsvarende prøver som ikke har vært lagret i formalin. Shields et al. (1996) har en artikkel som diskuterer formalinets virkning på lengde og vekt, og kommer til at det er signifikante forskjeller i vekten, men ikke lengden. Formalinprøvene ga en vekt som sammenlignet med tall i fra vårforsøket ved samme alder, ikke kan være representative. Resterende tørrvekstprøver igjennom høstforsøket viser ingen signifikante forskjeller.

De faktorer som er nevnt ovenfor, er faktorer som kommer av den tekniske gjennomføring av forsøket, og som kan påvirke vekst og overlevelse. Det skal også nevnes at sammenligning mellom høst- og vårforsøket kan gi et feil bilde, da larvene kom fra to forskjellige leverandører. Kun larvene fra Troms Marin Yngel var fra lysstyrt stamfisk. Sammenlagt gjør dette at de viktigste sammenligningene blir i mellom kontrollgruppene og ikke mellom de to forskjellige forsøkene, da variablene er mange.

For å få et representativt uttak i fra karet, ble det tatt åtte utstikk (ca 800 ml) fra forskjellige plasser i karet under hvert prøvetak. Figur 2 i materiale og metode kapitlet viser uttaksmønstret i karene. Enkelte ganger samlet larvene seg langs kanten, ved bunnen, eller begge deler, og dette kan utgjøre en mulig feilkilde.

## **4.2 Ernæringsmessige forhold**

Raudåteoljen inneholder høy andel av vokseestere (Tande et al. 1988; Pedersen et al. 1992; Jónasdóttir 1999; Hygum et al. 2000; Scott et al. 2000). Torskelarvene har rett etter klekking underutviklet mage og tarmregion, og vokseestere er langkjedete molekyler som torsken kan ha problemer med å fordøye (Kjørsvik et al. 1991; Pedersen et al. 1992; Baskerville-Bridges et al. 2000a). Men det tyder på at larven i løpet av første 14 dagene opptar lipider i større og større grad (Perez-Casanova et al. 2006). I motsetning til høstforsøket, ble det ikke i vårforsøket anrikt med en egen raudåteandel av rotatoriene, men kun med kommersiell DHA "booster". Utsettelsen av differensieringen av anrikningen ble satt til dag 20 ved introduksjon av *Artemia*. Dette er en fase der mage- og tarmregionen hos torskelarver er mer utviklet (Eyjólfur 1978; Fossum 1986; Hauge 1992; Pedersen et al. 1992), og muligens er bedre velegnet for langkjedede vokseestere.

Det meste av anrikning ble utført av forsøkshaver selv, med unntak av standardanrikningen på vårforsøket, der personell ved Havbruksstasjonen i Tromsø stod for dette. Under anrikningen av byttedyrene ble korttidsanrikning foretrukket framfor langtidsanrikning. Dette siden byttedyrenes lipidinnhold akkumuleres i større konsentrasjoner enn ved langtidsanrikning (Olsen et al. 2004), prosessen er også rask og fleksibel. Ved korttidsanrikning produseres det ofte rotatorier med lavere kvalitet, det vil si rotatorier med et for høyt lipidinnhold og næringskvaliteten forringes raskt dersom rotatoriene ikke konsumeres innen en kort periode (Dhert et al. 2001). For å hindre tap av næringskvalitet kan vanntemperaturen senkes til  $< 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , der det totale tapet av komponenter vil komme under 10 % (Øie et al. 2002). Men marine oljer har en tendens til å harskne fort, slik at langtidsanrikning ikke nødvendigvis blir noe bedre (Wiborg et al. 1974). Anrikningen ble tilført to ganger i løpet av 24 timer, og de ferdige anrikede byttedyrene ble lagret i opptil ett døgn i en kjøletank ved 4-6  $^{\circ}\text{C}$ . En hovedforskjell mellom anriket rotatorier og *Artemia*, er at det er vanskeligere å få likevekt mellom fettsyreprofilen i fôret og *Artemia*. Slik at en effektiv anrikning av *Artemia* kan bare skje med en fettrik diett (for eksempel emulgert olje) (Olsen et al. 2004).

Byttedyrtettheten i karene med torskelarver er anbefalt å være henholdsvis ca. 4 000 stk. rotatorier pr. liter, og ca. 2 000 stk. *Artemia* pr. liter (Puvanendran et al. 2003). Dette ble etterstrebet i forsøkene. Under høstforsøket ble det fôret fire ganger i døgnet (0800, 1200, 1600, 2000) med en tetthet på henholdsvis rundt 5 000 hjuldyr pr. liter, og opp mot 3 000 *Artemia* pr. liter. Det ble brukt litt ekstra i forhold til anbefalte konsentrasjoner for å sikre en høyere tetthet over lengre tid, og øke sjansen for at larvene treffer byttedyr.

Ved å se på larvenes magefyll, og rester av byttedyr i vannet før ny utfôring, kunne en subjektivt sjekke om det ble fôret tilstrekkelig (Kjørsvik et al. 1991). Det ble tatt vannprøver før neste utfôring og en kunne finne rester av byttedyr, men i mindre skala sammenlignet med larvenes mageinnhold. Under høstforsøket ble det fôret til fast tid fire ganger i døgnet, noe som ga en høy konsentrasjon rett etter fôring, men i løpet av natten ble fôrtettheten i karene lav. I vårforsøket ble det brukt jevn utfôring via drypptanker, da dette var ressursbesparende.

### **4.2.1 Høstforsøket**

Overlevelsen i høstforsøket synker en god del i begge behandlingsgruppene mot slutten av forsøket. På grunn av noen problemer med utstyret for uttak, ble det kun tatt ut tre prøver til populasjonstelling under høstforsøket. Baskerville-Bridges (1999) og Walden (2000a) med flere, viser at ved ekstensive system ligger overlevelsen opptil 10 %, og ved intensive system fra 10 % til 20 % fram til metamorfosen. Ved slutten av forsøket var det 13,7 % overlevelse på oljegruppen og 14,7 % overlevelse på standardgruppen etter dag 40, noe som viser at overlevelsen holder seg innenfor angitte tall i litteraturen (Walden 2000b; Brown et al. 2003; Puvanendran et al. 2003).

Lengdemålingene på høsten viser små forskjeller mellom gruppene. Standardgruppen øker mer enn olje gruppen mot dag 40 i høstforsøket, men her er det ingen signifikante forskjeller. Ved å sammenligne tørrvekten til larvene, følger begge gruppene hverandre. Olje gruppen og standardgruppen har ved dag 40 like verdier (hhv 1,4 µg og 1,5 µg). Myotomhøyden viser samme tendensen.

Høstforsøket ble avsluttet ved dag 40, da larvene var i ferd med og metamorfisere. Dette er en kritisk periode i larvenes liv og dødeligheten er stor (Hjort 1914; Thorrisson 1994). Virkningene av dietten i dette forsøket, kan også påvirke torsken i senere livsstadier. Men en god utvikling tidlig (Eyjólfur 1978; Baskerville-Bridges et al. 2000b; Perez-Casanova et al. 2006), kan være grunnlaget for videre utvikling, vekst og overlevelse, noe som er viktig i en oppdrettssituasjon. Vårforsøket ble derfor utformet å vare lengre enn fram til metamorfosen.

### **4.2.2 Vårforsøket**

Vårforsøket hadde en overlevelse på 24,4 % i oljegruppen og 20,1 % overlevelse i standardgruppen ved dag 39, like før metamorfosen starter. Ved endt forsøk (dag 60), var det 9,7 % overlevelse i oljegruppen og 4,7 % overlevelse i standardgruppen. Hele perioden viser oljegruppen en høyere overlevelse.

Lengden til larvene som hadde oljetilskudd er større enn standardgruppen. Ved dag 60 er oljegruppen 1,3 mm lengre i gjennomsnitt enn standardgruppen, men disse verdiene er ikke signifikante.



Ved dag 40 lå vekten på henholdsvis i oljegruppen og i standardgruppen på 0,49 µg og 0,45 µg. På dette tidspunktet er det ingen forskjell mellom gruppene. Forskjellen øker merkbart mot dag 60 da oljegruppen var på 1,61 µg og standardgruppen på 1,12 µg. Dette er ikke signifikante forskjeller, men ut i fra dette virker det som effekten av raudåteoljen først har virkning etter metamorfose.

Myotomhøyden i gruppene, er overlappende frem til dag 46, hvor de deretter begynner å vise forskjeller. Ved avslutning på dag 60 er forskjellen på 0,16 mm til fordel for larvene med oljetilskudd. Heller ikke her er forskjellene signifikante.

### **4.3 Sammenfatning**

Sammenlignes overlevelsen mellom høst og vårforsøket, er det en økning på 10,7 % i oljegruppen og 5,4 % i standardgruppen i forhold til høstforsøket. Det vises en større forskjell ved vårforsøket mellom behandlingsgruppene. Lengdeveksten er ved dag 40 ganske lik mellom forsøkene, men tørrvekten er vesentlig forskjellig ved dag 40, omtrent 1 gram større ved høstforsøket. Myotomhøyden var også større ved høstforsøket enn vårforsøket, omtrent 0,4-0,5 µg. Av årsaker nevnt i kapittelet "Metodiske forhold", er det vanskelig å sammenligne de forskjellige forsøkene, men bedre å sammenligne mellom standard og oljegruppene. Der er den største forskjellen først synelig først etter metamorfosen. Her begynner oljegruppen og vokse i fra standard gruppen, og også overlevelsen er høyere. Dette er ikke tilfellet ved høstforsøket, der forsøket ble avsluttet rett før/under metamorfosen, og ingen merkbare forskjeller kan detekteres.

Sammenlignes andre tall i litteraturen, er det mye varierende resultater, men veksten i disse forsøkene er i samme område (Baskerville-Bridges et al. 1999; Planas et al. 1999; Shields 2001; Puvanendran et al. 2003). Overlevelse er også varierende i litteraturen. Faktisk enkelte har fra total dødlighet, der andre har rundt 40 %, men flest ligger mellom 10-20 % (Howell 1984; Rosenlund et al. 1993) overlevelse fram til metamorfose. Dette er begge forsøkene innenfor. Men fram til i dag vil en overlevelse på 10 % fram til ca 0,2 gram være bra (Ervik 2003). De viktigste årsakene til lav overlevelse er feilernæring. (Rainuzzo et al. 1997).

Deformasjoner er et problem i intensiv oppdrett, og en hypotese kan være relatert til fôret (Hamre 2006), der det fokuseres på riktig fettsyresammensetning. Ved metamorfose (rundt dag 40) er det registrert en god del oppblåste svømmeblærer, men årsaken til dette er usikkert. Også deformasjoner i ryggrad, hode og kjeve oppstår, noe man tror er en direkte årsak av oppblåst svømmeblære. Dette er problemer som kun dukker opp ved intensive systemer (Ervik 2003). Under hele forsøket var det registrert minimalt med deformasjoner. Høstforsøket hadde 3-4 deformerte larver, mens det ikke forekom noen deformerte larver i vårforsøket.

Protokoll fra fiskeriforsknings torskeavlsprogram, samt en protokoll fra en artikkel utgitt av Brown et al. (2003), er hovedbasis i disse forsøkene. Dette gir grunnlag for at larvene i dette forsøket får en så optimal behandling ut i fra dagens kjente teknologi og kunnskap. Protokollene er fortsatt under stadig utvikling, da oppdretterne og forskerne oppdager stadig nye ting.

I vår- og høsteksperimentet ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom oljegruppen og standardgruppen. Det vil si at oljen fra raudåta er minst like god som kommersielle oljen fra INVE som den ble testet mot. Raudåteoljen er sannsynligvis bedresammenlignet med INVE-olje. Standardgruppen fikk i tillegg INVE-olje også tilsatt proteiner og vitaminer fra fiskemel samt ekstra DHA/EPA via Algamac serien, noe oljegruppen ikke fikk. Selv om forskjeller i vekst og overlevelse ikke var signifikante, ser man ved vårforsøket, som hadde 20 dager lengre forsøksstid, en større forskjell mellom gruppene enn ved høstforsøket. Oljegruppen viser bedre resultater enn standardgruppen men de er ikke signifikante. Har forsøket strukket seg lengre, kunne en kanskje få en enda klarere forskjell. Enkelte artikler (Baskerville-Bridges 1999; Baskerville-Bridges et al. 2000a; Baskerville-Bridges et al. 2000b) viser at en tidlig weaning påvirker veksten mer enn overlevelsen. Den beste veksten i dette forsøket var de larvene som fikk tilbudt levende fôr, samt de som ble supplementert med tørrfôr. Ut i fra dette tyder det på at den riktige fôrsammensetningen av formulert fôr enda ikke er funnet. Videre bør det sees nærmere på å kombinere oljen med vitaminer, aminosyrer og sporstoffer for å finne det rette weaningfôr. Når en tenker at torskelarver i naturlig tilstand lever av raudåte i forskjellige kopepodestadier, så vil det være naturlig at larvene er tilpasset til næringsinnholdet til raudåten.

## 5. Referanser

- Angell-Hansen, K. and D. H. Nestegard (2003). Forskning - bioteknologi og torsk i oppdrett prioriteres. F.-o. kystdepartementet, Pressemelding. **64**.
- Barclay, W. and S. Zeller (1996). "Nutritional Enhancement of n-3 and n-6 Fatty Acids in Rotifers and Artemia Nauplii by Feeding spray-dried *Schizochytrium* sp." Journal of the World Aquaculture Society **27**(3): 10.
- Baskerville-Bridges, B. (1999). Studies on rearing and early weaning of atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae onto commercial and experimental microparticulate diets. Graduate school. Maine, University of Maine: 162.
- Baskerville-Bridges, B. and L. J. Kling (1999). "Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities." Aquaculture **2000**(181): 61-69.
- Baskerville-Bridges, B. and L. J. Kling (2000a). "Development and evaluation of microparticulate diets for early weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae." Aquaculture Nutrition **6**(3): 171-182.
- Baskerville-Bridges, B. and L. J. Kling (2000b). "Early weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae onto a microparticulate diet." Aquaculture **2000**(189): 109-117.
- Brown, J. A., G. Minkoff, and V. Puvanendran (2003). "Larviculture of Atlantic cod (*Gadus morhua*): progress, protocols and problems." Aquaculture **2003**(227): 357-372.
- Dhert, P., G. Rombaut, G. Suantika and P. Sorgeloos (2001). "Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe." Aquaculture **2001**(200): 129-146.
- Doroshev, S. I., J. W. Cornacchia and K. Hagan (1981). "Initial swimbladder inflation in the larvae of physoclistous fishes and its importance for larvae culture." Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. **178**: 495-500.
- Ervik, A. (2003). Havbruksrapport 2003. Bergen, Havforskningsinstituttet.
- Eyjólfur, F. (1978). Embryonic development of five species of gadoid fishes in Icelandic waters.
- Fossum, P. (1986). "A staging system for larval cod (*Gadus morhua*)." FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.(18): 69-76.
- Gundersen, V. (2002). Anrikning av Artemia og rotatoria med marine fosfolipider. Institutt for marin bioteknologi, Norges fiskerihøgskole. Tromsø, Universitetet i Tromsø: 57.
- Hagen, P. C. (1998). Innføring i sannsynlighetsregning og statistikk, Cappelen Akademisk Forlag.
- Hamre, K. (2006). "Nutrition in cod (*Gadus morhua*) larvae and juveniles." ICES Journal of Marine Science **63**(2006).

- Hauge, B. B. (1992). Utvikling og vekst hos torskelarver (*Gadus morhua* L). Startfôr med planteplankton: et studium med hovedvekt på fordøyelsessystem og assosierte organer. Norges fiskerihøgskole. Tromsø, Universitetet i Tromsø: 99.
- Hjort, J. (1914). "Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research." Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.(20): 1-228.
- Homme, J. M. (1991). Startfôring av torskelarver, *Gadus morhua*; En undersøkelse av "grønn tarm" i det aller første fødeopptaket. Norges fiskerihøgskole. Tromsø, Universitetet i Tromsø: 58.
- Howell, B. R. (1984). The intensive rearing of juvenile cod, *Gadus morhua* L. The Propagation of Cod *Gadus morhua* L. E. Dahl, D. S. Danielsen, E. Moksness and P. Solemdal, Flodevigen Rapportserie. **1**: 657-675.
- Huse, I. (1993). Culture of cod (*Gadus morhua* L.). CRC handbook of mariculture. J. P. McVey. Boca Raton, Fla, CRC Press: 43-51.
- Hygum, B. H., C. Rey, B. W. Hansen and K. Tande (2000). "Importance of food quantity to structural growth rate and neutral lipid reserves accumulated in *Calanus finmarchicus*." Marine Biology **136**(2000): 1057-1073.
- Israelsson, I. and M. K. Lenæs (2000). Levendefôr til marin fiskeyngel : produksjonsmetoder og ernæringskvalitet : en oppgave gitt av SINTEF fiskeri og Havbruk i samarbeid med prosjektet "Havbruk, Skogn". Levanger, Høgskolen i Nord-Trøndelag.
- Johnsen, N. E. (1991). Vitamin C-anrikning av rotatorier (*Brachionus plicatilis*) for marine fiskelarver. Trondheim, Universitetet i Trondheim: 71.
- Jónasdóttir, S. H. (1999). "Lipid content of *Calanus finmarchicus* during overwintering in the Faroe-Shetland Channel." Fish. Oceanogr. **8**(1): 61-72.
- Kjørsvik, E., T. van der Meeren, H. Kryvi, J. Arnfinnson and P. G. Kvenseth (1991). "Early development of the digestive tract of cod larvae, *Gadus morhua* L., during start-feeding and starvation." Journal of Fish Biology **1991**(38): 1-15.
- Lavens, P. and P. Sorgeloos (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture, Food and agriculture organization of the United Nations (FAO).
- Leche, V., G. Lagerheim, G. Nordensvan and T. Westrin (1919). Nordisk familjebok : konversationslexikon och realencyklopedie. Stockholm, Nordisk familjeboks förlag.
- Léger, P., D. A. Bengtson, K. L. Simpson and P. Sorgeloos (1986). "The use and nutritional value of *Artemia* as a food source." Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.(24): 521-623.
- Léger, P., D. A. Bengtson, P. Sorgeloos, K. L. Simpson and A. D. Beck (1987). The nutritional value of *Artemia*: A review. Artemia research and its applications. ecology,

culturing, use in aquaculture. P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Decleir and E. Jaspers, Universa Press, Wetteren. **3**: 357-372.

Ludvigsen, S. (2002). Statlige rammebetingelser for torskeoppdrett. Tromsø, Fiskeridepartementet.

Løken, S. (1990). Næringsøkologi og vekst hos torskelarver (*Gadus morhua* L.) i poll og intensive system. Tromsø, [S. Løken].

Løvås, G. G. (1999). Statistikk - for universiteter og høyskoler. Oslo, Universitetsforl.

Mangor-Jensen, A. (2002). Faktaark: Industriell produksjon av torskeyngel, Forskningsrådet.

Moen, F. E. and E. Svensen (1999). Dyreliv i havet : håndbok i norsk marin fauna. Kristiansund, KOM forl.

Norrbin, M. F., R.-E. Olsen and K. S. Tande (1990). "Seasonal variation in lipid class and fatty acid composition of two small copepods in Balsfjorden, northern Norway." Marine Biology **105**(1990): 205-211.

Olsen, K. E. (2003). "Bare pengemangel kan stanse oppdrettstorsken." Industryreport from Intrafish.

Olsen, Y., E. Kjørsvik and E. Moksness (2004). Culture of cold-water marine fish. Oxford, Fishing News Books.

Otterlei, E. (2000). Temperature- and size-dependent growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Bergen, Department of Fisheries and Marine Biology University of Bergen.

Otterå, H., G. L. Taranger and J. Borthen (2005). Oppdrett av Torsk - næring med fremtid, Norsk Fiskeoppdrett AS.

Overrein, I., J. O. Evjemo, L. Jørgensen, A. I. Olsen and J. R. Rainuzzo (1999). Næringsverdi av frosset raudåte (*Calanus finmarchicus*). Et supplement til Artemia i samband med startfôring av marine fiskelarver. SINTEF rapport, SINTEF Fiskeri og havbruk AS. **STF-80 A99010**: 52.

Pasternak, A., K. S. Tande, E. Arashkevich and W. Melle (2004). "Reproductive patterns of *Calanus finmarchicus* at the Norwegian midshelf in 1997." Journal of Plankton Research **26**(9): 839-849.

Pedersen, T. and B. Falk-Petersen (1992). "Morphological changes during metamorphosis in cod (*Gadus morhua* L.), with particular reference to the development of the stomach and pyloric caeca." Journal of Fish Biology **1992**(41): 449-461.

Perez-Casanova, J. C., H. M. Murray, J. W. Gallant, N. W. Ross, S. E. Douglas and S. C. Johnson (2006). "Development of the digestive capacity in larvae of haddock

(*Melanogrammus aeglefinus*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*)." Aquacultur **251**(2006): 377-401.

Pethon, P. and B. O. Nyström (1998). Aschehougs store fiskebok : Norges fisker i farger. [Oslo], Aschehoug.

Planas, M. and I. Cunha (1999). "Larviculture of marine fish: problems and perspectives." Aquaculture **1999**(177): 171-190.

Puvanendran, V. and J. A. Brown (2003). "Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different prey concentrations." Aquaculture **1999**(175): 77-92.

Rainuzzo, J., K. I. Reitan and Y. Olsen (1997). "The significance of lipids at early stages of marine fish: a review." Aquaculture **1997**(155): 103-115.

Rosenlund, G., I. Meslo, R. Rødsjø and H. Torp (1993). Large scale production of cod. Fish farming technology : proceedings of the First International Conference on Fish Farming Technology, Trondheim, Norway, 9-12 August 1993. H. Reinertsen and N. forskningsråd. Rotterdam, Balkema: 141-146  
XIV, 482 s.

Scott, C. L., S. Kwasniewski, S. Falk-Petersen and J. R. Sargent (2000). "Lipids and life strategies of *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis* and *Calanus hyperboreus* in late autumn, Kongsfjorden, Svalbard." Polar biol **23**(2000): 510-516.

Shields, P. A. and S. R. Carlson (1996). "Effects of Formalin and Alcohol Preservation on Length and Weight of Juvenile Sockeye Salmon." Alaska Fishery Research Bulletin **3**(2): 81-93.

Shields, R. J. (2001). "Larviculture of marine finfish in Europe." Aquaculture **2001**(200): 55-81.

Steinarsson, A. and B. T. Björnsson (1999). "The effects of temperature and size on growth and mortality of cod larvae." Journal of Fish Biology **55**: 100-109.

Strand, E., C. Jørgensen and G. Huse (2005). "Modelling buoyancy regulation in fishes with swimbladders: bioenergetics and behaviour." Ecological Modelling **185**(2005): 309-327.

Strand, H. K. (2002). Utvikling av strategi for tidlig overgang til tørrfôr hos torsk i kommersielle anlegg med ulike produksjonsstrategier, Fiskeriforskning **23**(2002): 13.

Støttrup, J. G. (2000). "The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture." Aquaculture Research **2000**(31): 703-711.

Støttrup, J. G. (2002). Torskeopdræt - forskningsresultater og kundskab om torskeopdræt. DFU-rapport, Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU). **2002**: 94.

Tande, K. S. and R. J. Henderson (1988). "Lipid composition of copepodite stages and adult females of *Calanus glacialis* in arctic waters of the Barents sea." Polar biol **8**(1988): 333-339.

Thorrison, K. (1994). "Is metamorphosis a critical interval in the early life of marine fishes?" Environmental Biology of Fishes **40**(1994): 23-36.

Totland, G. K., H. Kryvi and S. Grotmol (2004). "Torskeyngel med "nakkeknekk" utgjør et av hovedproblemene i intensiv oppdrett i dag." Havbruksrapport 2004: 57-63.

Walden, J. (2000a). "The Atlantic Cod - The potential for farming in Shetland." North Atlantic Fisheries College.

Walden, J. (2000b). "The effects of different live feeding regimes on the growth, survival and fatty acid composition of atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae." 89.

Wiborg, K. F. and K. Hansen (1974). Fiske og utnyttelse av raudåte <Calanus finmarchicus Gunnerus>. Bergen ,.

Øie, G., I. Overrein, J. Rainuzzo, Y. Olsen and K. I. Reitan (2002). Rotatorier i startfôring av torskeyngel - langtidsanriking og korttidsanriking. SINTEF rapport, SINTEF Fiskeri og havbruk AS. **STF-80 A022062**.

## 6. Appendiks

### 6.1 Beskrivelse av de forskjellige produktene

#### *Bakegjær*

Bakegjær er en billig og lett tilgjengelig fôrkilde for rotatorier. De kan vokse og overleve på kun bakegjær som er tilsatt vitamin B<sub>12</sub>.

#### *Fiskemel*

Bestod av proteiner fra råmaterialet av fisk, fiskeolje, vegetabilsk olje, karbohydrater, mineraler og vitaminer. Dette ble brukt på grunn av det høye protein- og vitamininnholdet.

#### *Instant Algae Isochrysis*

Bestod av *Isochrysis* (batch #2296) 1800 formula, og er et marint mikroalgekonsentrat. Dette er en liten brunalge med høyt innhold av DHA. Cellestørrelsen ligger rundt 5-6 µm, og antallet er rundt 4.6 milliarder pr ml. Tørrvekta er 9 % og av dette er proteininnholdet 51 %, karbohydratinnholdet 24 %, lipider 17 % og DHA 10 %. Laget av Reed mariculture Inc, USA.

#### *Instant Algae premium 3600*

Ble brukt til grøntvann. Bestod av *Nannochloropsis*, og er et konsentrat med marine mikroalger. Dette er en grønnalge med størrelse rundt 2-3µm, og antallet er rundt 68 milliarder pr ml. Tørrvekt på 18 %, der protein er 52 %, karbohydrater 12 %, lipider 28 %, EPA 37 %, DHA 0 % og ARA 6 %. Dette kommer også fra Reed mariculture Inc, USA.

#### *Algamac 2000*

Er et algesubstitutt. Et anrikningsmiddel med høy DHA innhold (over 24 %). Laget av Biomarine Inc. Aquafauna. P.O.B.5, Hawthorne, California, 90250 USA.

#### *Algamac 3050 (flake)*

Er lik algamac 2000, men har dobbelt innhold av DHA.



### *Rotimac*

Er en rotatorie diet for oppvekst. Inneholder mye proteiner (37 %), og mye karbohydrater (35%). Lipider ligger på 12 %, slik at Algamac 2000 brukes for å høyne lipidnivået.

Dette ble også brukt noen ganger i stedet for våtgjær og Algamac 2000.

### *Al DHA Selco*

Er en olje produsert av Almiser, S.A. INVE-group, og er beregnet for *Artemia* anrikning.

Det er denne oljen som raudåte oljen kanskje kan erstatte.

## **6.2 Ekstrahering av olje fra *Calanus finmarchicus* til høstforsøket**

Frosset *C.finmarchicus* fra juni 2003 ble fylt ¾ opp i en kolonne som rommet omtrent 9 liter. Denne kolonnen er oppbygd av et rør av plastglass (Plexi). Endene er tettet med lokk som innehar luftekrane i toppen og en uttappingskrane i bunnen. Kolonnen ble fylt opp med hexane. Det er denne hexanen som binder til seg oljen i raudåte. I dette forsøket ble det brukt HPLC n-hexane (95 %) og ren n-hexane.

Etter en drøy time ble hexanen tappet ut av kolonnen og opp i glassflasker. Denne hexanen var nå helt rødlig på grunn av oljen i fra raudåte. Med en Büchi Rotavapor R-124 og Büchi waterbath B-480 ble hexanen destillert. Rotasjonen ble gradvis økt fra 80 RPM og 130 RPM, og temperaturen fra 40 °C til 50 °C. Dette for å få mest mulig hexane ut av oljen. Etter destilleringen ble oljen overført i glassflasker med skrukork, og plassert i et fryserom med temperatur på -20 °C. Denne prosedyren ble gjentatt 5 ganger, slik at tilslutt ble oppnådd et volum på ca 2 liter olje.

Tabell 2: Mengde av raudåte (våtvekt) og mengde ekstrahert olje

Ekstrahering nummer	Vekt av raudåte (g)	Mengde olje ekstrahert (ml)	Utvinning (%)
1	1 335	266	19,9
2	1 338	330	24,7
3	1 525	487	31,9
4	1 543	461	29,9
5	1 750	611	34,9
Totalt	7 490	2 155	28,8

### 6.3 Ekstrahering av olje fra *Calanus finmarchicus* til vårforsøket

Under vårforsøket ble det brukt raudåte-olje, industrielt fremstilt ved Aquarius AS i Lovlund, Nordland. Før anvendelse ble denne sentrifugert i en Labofuge GL (Heraeus Sepatech) i 30 minutter ved 4 000 RPM ved IAB. Dette ble gjort for å separere ut partikler i fra oljen.

### 6.4 Fettsyreprofil for *Calanus finmarchicus*

Fett	Mettede fettsyrer	Umettede fettsyrer
C <sub>14</sub>	8,3 %	1,6 %
C <sub>16</sub>	10,6 %	11,8 %
C <sub>18</sub>	1,3 %	16,3 %
C <sub>20</sub>	–	24,5 %
C <sub>22</sub>	–	25,1 %

Protein	Gram aminosyre pr 100 gram protein
Taurin	1,65
Asparaginsyre	7,37
Threonin	3,25
Serin	3,11
Glutaminsyre	10,20
Prolin	2,94
Glycin	6,89
Alanin	5,85
Valin	6,17
½ Cystin	0,71
Methionin	2,28
Isoleucin	3,72
Leucin	5,92
Tyrosin	3,70
Fenylalanin	2,88
Lysin	6,67
Histidin	1,92
Arginin	7,11
Arnithin	0,62
Tryptophan	1,01

Egenvekt til olje	0,91
Forsåpningsverdi	107-134
Jodverdi	158
Nitrogen	0,10-0,16 %
Uforsåpbar fett	25 %
Astaxanthin i oljen	918 mg / kg



Mytomt høyde (mm)	Magefyll	Gassblære	08.des Dag 31			12.des Dag 35			17.des Dag 40			
			Lengde (mm)	Vekt (mg)	Mytomt høyde (mm)	Magefyll	Gassblære	Lengde (mm)	Vekt (mg)	Mytomt høyde (mm)	Lengde (mm)	Vekt (mg)
	Ja	Ja	10,0	0,677		Ja	Ja	9,6	0,705		10,5	1,081
	Ja	Ja	8,5	0,413		Ja	Ja	7,2	0,265		10,8	1,141
	Nei	Ja	8,6	0,187		Ja	Ja	8,3	0,533		10,2	1,102
	Ja	Ja	7,7	0,401		Ja	Ja	8,3	0,493		11,7	1,411
	Ja	Ja	8,3	0,376		Ja	Ja	9,6	0,690		11,0	1,278
	Nei	Ja	7,7	0,362		Ja	Ja	10,0	0,926		11,0	1,590
	Nei	Ja	9,3	0,659		Ja	Ja	9,2	0,595		11,8	1,591
	Ja	Ja	7,7	0,481		Ja	Ja	9,9	0,806		11,3	1,480
	Nei	Ja	9,3	0,611		Ja	Ja	9,0	0,667		11,3	1,283
	Ja	Ja	7,6	0,383		Ja	Ja	9,3	0,766		9,5	0,879
0,31			5,1		0,51			5,8		0,87	8,9	1,21
0,58			5,2		0,54			5,6		0,84	9,7	1,54
0,49			5,9		0,62			7,2		0,97	7,8	1,08
0,51			8,1		0,67			5,1		0,51	8,3	0,74
0,51			5,0		0,51			7,3		1,00	8,5	1,05
0,58			5,1		0,64			6,4		0,72	10,9	1,64
0,46			5,7		0,64			7,5		0,95	9,0	1,03
0,39			5,8		0,69			5,6		0,59	7,7	1,13
0,49			6,0		0,72			6,6		0,56	9,8	1,26
0,28			5,7		0,62			5,0		0,51	7,7	1,13
	Ja	Ja	8,2	0,203		Ja	Ja	10,1	0,915		9,7	0,591
	Ja	Ja	7,3	0,315		Ja	Ja	8,4	0,558		9,3	0,751
	Nei	Ja	7,7	0,398		Ja	Ja	9,8	0,906		9,3	0,711
	Ja	Ja	7,4	0,374		Ja	Ja	9,2	0,888		9,5	0,819
	Ja	Ja	7,2	0,393		Ja	Ja	9,8	0,896		8,8	0,709
	Nei	Nei	6,7	0,281		Ja	Ja	7,6	0,438		9,3	0,839
	Ja	Ja	7,1	0,466		Ja	Ja	6,8	0,230		10,7	1,318
	Nei	Nei	6,7	0,100		Ja	Nei	8,3	0,527		11,2	1,323
	Ja	Ja	6,3	0,302		Ja	Ja	10,0	0,143		10,0	1,191
	Nei	Ja	7,2	0,348		Ja	Ja	7,7	0,618		7,3	0,488
0,44			4,3		0,69			7,1		0,87	6,2	0,80
0,38			6,9		0,67			6,2		0,74	6,5	0,80
0,36			3,9		0,51			4,6		0,48	8,6	0,77
0,13			4,6		0,59			6,9		0,72	7,6	1,00
0,33			5,3		0,62			5,6		0,67	7,8	1,15
0,44			5,1		0,59			6,7		0,90	8,1	1,36
0,23			5,0		0,51			4,6		0,38	5,8	0,62
0,31			5,0		0,56			5,1		0,87	8,2	1,08
0,21			4,9		0,56			5,8		0,77	7,7	1,00
0,46			5,0		0,59			6,2		0,62	7,7	1,10
	Nei	Nei	7,5	0,496		Nei	Ja	11,2	1,420		11,2	1,707
	Ja	Ja	6,9	0,598		Ja	Ja	8,9	0,679		11,3	1,609
	Ja	Ja	8,8	0,900		Ja	Ja	10,8	1,383		11,0	1,462
	Ja	Ja	8,3	0,386		Ja	Ja	7,8	0,386		11,2	1,355
	Ja	Ja	8,7	0,691		Ja	Ja	8,1	0,704		11,8	1,888
	Ja	Ja	8,4	0,179		Ja	Nei	8,3	0,677		12,7	2,135
	Ja	Ja	8,9	0,595		Ja	Ja	10,8	1,406		9,5	0,929
	Ja	Ja	8,0	0,515		Ja	Ja	9,8	1,126		11,5	1,466
	Ja	Nei	9,8	0,998		Ja	Ja	7,0	0,333		11,0	1,514
	Ja	Ja	8,8	1,269		Ja	Ja	10,7	0,162		11,7	1,608
0,62			4,7		0,49			7,6		0,95	5,8	0,51
0,54			5,7		0,72			7,8		1,00	9,5	1,15
0,51			5,1		0,64			7,9		0,90	9,4	1,15
0,48			5,0		0,67			6,8		0,97	9,8	1,33
0,41			5,3		0,51			8,0		0,95	8,8	1,39
0,46			4,8		0,49			7,5		0,92	8,1	0,97
0,64			5,8		0,67			7,5		0,82	10,2	1,39
0,62			7,7		1,03			7,7		1,28	9,0	0,74
0,18			7,3		0,90			5,8		0,56	8,1	0,59
0,44			6,2		0,90			8,9		1,03	7,4	0,69
	Ja	Ja	8,2	0,496		Ja	Ja	9,8	0,762		10,7	1,516
	Nei	Nei	9,5	0,906		Ja	Ja	10,7	1,204		11,2	1,686
	Ja	Ja	7,5	0,447		Ja	Ja	11,3	1,717		12,0	2,026
	Ja	Ja	7,6	0,328		Ja	Ja	8,6	0,552		11,2	1,525
	Ja	Ja	7,0	0,362		Ja	Ja	10,2	1,221		10,8	1,362
	Ja	Ja	7,7	0,440		Ja	Ja	10,1	0,924		12,0	2,294
	Nei	Nei	10,1	1,442		Ja	Ja	9,7	0,871		12,8	2,421
	Nei	Nei	9,0	0,788		Ja	Ja	12,5	1,914		12,7	2,079
	Ja	Ja	8,5	0,562		Ja	Ja	11,0	1,436		9,5	0,934
	Ja	Ja	7,6	0,481		Ja	Ja	9,3	0,950		11,0	1,389
0,21			8,1		0,89			7,9		0,95	8,3	1,03
0,23			4,8		0,54			8,3		1,08	9,3	1,26
0,54			4,7		0,46			8,5		1,33	9,5	1,00
0,26			6,4		0,72			5,9		0,82	9,0	1,33
0,28			6,5		0,69			8,6		0,80	11,2	1,54
0,64			8,5		0,82			7,5		0,82	8,2	0,77
0,41			5,2		0,54			7,9		1,08	10,1	1,39
0,69			5,8		0,62			6,4		0,62	6,5	0,69
0,23			6,7		0,69			10,1		1,41	9,4	1,18
0,31			5,6		0,51			9,1		0,97	9,3	1,12
	Nei	Nei	7,9	0,547		Ja	Ja	7,3	0,382		12,0	1,960
	Ja	Ja	9,8	0,901		Ja	Ja	10,3	1,282		11,2	1,900
	Ja	Ja	8,9	0,647		Ja	Ja	7,0	0,415		12,8	2,420
	Ja	Ja	8,1	0,504		Ja	Ja	7,5	0,424		11,2	1,490
	Ja	Ja	7,5	0,369		Ja	Ja	9,3	0,988		10,8	1,400
	Ja	Ja	8,1	0,218		Ja	Ja	11,5	1,535		10,8	1,380
	Ja	Ja	6,9	0,384		Ja	Ja	10,2	1,147		11,8	3,970
	Nei	Nei	7,5	0,528		Ja	Ja	9,8	0,915		10,7	1,440
	Ja	Ja	8,4	0,689		Ja	Ja	10,7	1,426		11,2	1,730
	Ja	Ja	8,4	0,664		Ja	Ja	8,3	0,705		10,5	1,330
0,59			6,1		0,54			6,3		0,62	7,5	0,72
0,39			4,6		0,31			7,1		0,62	8,7	1,05
0,36			4,7		0,49			7,2		0,62	10,2	1,18
0,39			6,7		0,80			6,9		0,59	9,2	1,21
0,29			4,8		0,38			8,1		0,85	9,4	0,90
0,38			6,7		0,69			9,0		1,00	9,2	0,87
0,31			4,2		0,33			7,6		0,72	9,0	0,97
0,56			6,8		0,97			8,2		0,69	9,8	1,36
0,31			5,1		0,54			8,6		0,69	10,1	1,18
0,48			7,4		0,82			7,7		0,74	10,4	1,26
	Ja	Ja	7,4	0,428		Ja	Ja	9,8	1,033		10,5	1,475
	Ja	Ja	7,8	0,405		Ja	Ja	9,5	0,889		12,8	2,617
	Ja	Ja	9,4	0,744		Ja	Ja	10,1	1,119		10,5	1,323
	Ja	Nei	9,6	0,931		Ja	Ja	8,8	0,678		11,7	1,734
	Ja	Ja	8,5	0,524		Ja	Ja	10,2	1,053		11,3	1,684
	Ja	Ja	8,8	0,575		Ja	Ja	8,9	0,814		12,7	2,343
	Ja	Ja	8,3	0,524		Ja	Ja	11,5	1,611		10,0	1,399
	Ja	Ja	7,2	0,377		Ja	Ja	10,2	1,069		10,3	1,436
	Nei	Nei	7,0	0,334		Ja	Ja	10,3	1,347		10,7	1,408
	Ja	Ja	7,8	0,469		Ja	Ja	11,2	1,691		12,1	2,092
0,51			5,3		0,49			8,2		0,90	10,5	1,21
0,54			5,9		0,62			6,9		0,64	9,7	0,95
0,26			4,8		0,49			8,8		0,54	10,4	1,36
0,36			8,8		0,72			8,8		0,97	9,0	0,90
0,31			7,8		0,95			7,4		0,64	10,6	1,18
0,26			6,0		0,64			7,3		0,72	10,2	1,21
0,62			5,8		0,79			7,7		0,62	10,7	1,23
0,51			6,6		0,82			9,2		0,82	10,6	1,36
0,39			6,2		0,69			7,5		0,74	10,7	1,33
0,62			8,6		1,23			7,6		0,75	10,6	1,31





