Torskeopdræt – forskningsresultater og kundskab om torskeopdræt

Josianne G. Støttrup

August 2002

Danmarks Fiskeriundersøgelser

Afdeling for Havøkologi og Akvakultur

Charlottenlund Slot

2920 Charlottenlund

Danmark

ISBN: 87-90968-26-3

DFU-rapport 107-02

FORORD

Dansk.

Denne rapport er et af produkterne fra "Udviklingsprojekt til opdræt af torsk i landbaseret akvakulturanlæg". Projektet er opdelt i 3 faser med et forprojekt som første fase, finansieret af FIUF midler (finansiering til udvikling af fiskerisektoren med 50% EU-midler). Formålet med forprojektet var at skaffe et videnskabeligt sikkert og teknisk fagligt kompetent grundlag til beskrivelse og projektering af et efterfølgende konkret udviklingsprojekt, som skal tjene til at udvikle dansk landbaseret opdræt af torskeyngel og torsk til konsum.

Forprojektet bestod af tre dele:

1. Indsamling og analyse af videnskabelig litteratur vedr. torskeopdræt. Kontakt til forsknings- og udviklingsmiljøer i udlandet.
2. Indhøstning af teknisk faglig viden og erfaring i udlandet angående torskeopdræt.
3. Resultaterne af punkt 1 og 2 indarbejdes i beskrivelsen af et konkret projekt til udvikling af landbaseret torskeopdræt omfattende skitseprojekt af et 100 tons recirkuleret forsøgsanlæg i Hanstholm og analyser af de teknologiske, videnskmæssige, økonomiske og markedsmæssige forudsætninger for en fremtidig kommerciel produktion.

Nærværende rapport er resultatet af ovenstående punkt 1. Rapporten indeholder en beskrivelse af alle aspekter af torskeopdræt, herunder stamfisk, produktion af æg og larver, produktion af levende foder, larve- og yngelopdræt og videreopdræt til konsumfisk. Endvidere er særlige aspekter såsom kannibalisme, fodringsstrategier, sygdomme og sygdomsforebyggelse også behandlet særskilt i rapporten. En beskrivelse af projektets indhold og deltagere samt en række rapporter genereret af projektet findes på nettet på: www.akvatorsk.difres.dk. Disse rapporter kan også rekvireres hos Josianne G. Støttrup, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Charlottenlund Slot, 2920 Charlottenlund.

En stor tak går til Helge Paulsen, DFU, Hirtshals for konstruktiv kritik af hele rapporten, gode råd og gode billeder, samt for de mange sproglige forbedringer. Ligeledes en stor tak til Inger Dalsgaard, Fiskepatologisk Laboratorium, DFU, for konstruktiv kritik af kapitel 6, samt til Kurt Buchmann, Det Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole,

Frederiksberg for mere detaljerede oplysninger vedrørende parasitter samt mange gode billeder og tegninger. Endelig en stor tak til Lilian Andersen og Grethe Hedeager for korrekturlæsning. Fejl, sproglige eller faglige, der stadig kan forekomme i teksten skyldes alene forfatteren. Rapporten er på dansk.

English

This report is one of several products from "Project for the development of cod production in land-based aquaculture units". The project is divided into 3 phases, with a pilot project financed through FIUF (Financial Instrument for the Development of the Fisheries Sector, 50% of which are EU-funds). The purpose of the pilot project was to establish a sound scientific base and technically competent foundation for the description and planning of a subsequent detailed development project, which will serve to develop Danish land-based production of cod juveniles and cod for consumption.

The pilot project consisted of:

1. Compilation and analysis of scientific literature on cod production. Contact with foreign research and development units.
2. The acquisition of technical scientific knowledge and experience concerning cod production from abroad.
3. The results from 1 and 2 should be worked into a description of tangible project for the development of a land based cod production unit including a sketch plan for a 100 ton recirculation trial unit in Hanstholm and analysis of the technological, scientific, economical and market requirements for a future commercial production.

The present report comprises the results obtained from the first item. The report deals with all aspects of cod production including a description of the broodstock, production of eggs and larvae, larval rearing, juvenile rearing and ongrowing. Further, particular issues such as cannibalism, feeding strategies, diseases and prophylaxis are also dealt with separately in the report. A description of the project, the members and a number of reports generated through the project can be located on the website: www.akvatorsk.difres.dk. These reports can also be obtained through Josianne G. Støttrup, Danish Institute for Fisheries Research, Charlottenlund Castle, 2920 Charlottenlund.

Sincere thanks are due to Helge Paulsen, DFU, Hirtshals, for constructive criticism of the manuscript, good advice, good pictures and language improvements throughout. Thanks are also due to Inger Dalsgaard, Fish Pathology Laboratory, DFU, for constructive criticism of Chapter 6 and to Kurt Buchmann for more detailed information on parasites and the loan of pictures and drawings. I would also like to thank Lilian Andersen and Grethe Hedeager for their untiring help with the proof-reading. Any mistakes, language- or science-wise are entirely the author's. The report is in Danish.

Indholdsfortegnelse

1. Produktion af nyklækkede torskelarver

1.1. Kønsmodning og gydning i naturen 5

Kønsmodning i naturen 5

Gydning i naturen 6

1.2. Hold af stamfisk 7

Anskaffelse af stamfisk 7

Hold af stamfisk i netbure 8

Hold af stamfisk i kar på land 9

Fodring af stamfisk 10

Stamfisk og sygdom 10

Styring af kønsmodning 11

1.3. Befrugtning og indsamling af æg 13

Naturlig gydning i karanlæg 13

Om bord på et skib 14

1.4. Æginkubation 14

Bakteriebekæmpelse i inkubationsfasen 19

2. Produktion af torskeyngel

2.1. Hold af blommesæklarver 20

Blommesækstadiet 20

2.2. Larveopdræt 21

Planteplankton 21

Dyreplankton 23

Vandlopper 23

Hjuldyr 24

Artemia 24

2.3. 'First feeding' og larvestadiet 26

Ekstensive systemer 27

Intensive systemer 29

Øvrige opdrætsbetingelser 31

Vækst 34

Temperatur-afhængig vækst 34
Energibehov 36
2.4. Levende foder produktion 37
Produktion af alger i intensive systemer 37
Algevækst 40
Vandloppe produktion i ekstensive systemer 42
Hjuldyr produktion i intensive systemer 43
Produktion af Artemia nauplii 46

3. Fodring af torskelarver
3.1 Larvestadiet 50
Byttedyrstørrelse 50
Byttedyrtætheder 51
Fodringshypppighed 53

4. Kannibalisme og aggressiv adfærd
Størrelsesrelation 54
Fodertilgængelighed 55
Fisketæthed 55

5. Tilvænning til tørfoder og fodring af torskeyngel
5.1 Foder tilvænningstidspunkt 56
5.2 Tørfoder til tilvænning af torskeyngel 57
5.3 Fodring af juvenile torsk 58
Tørfoder til torskeyngel 58

6. Sygdomme, forebyggelse og behandling
6.1 Sygdomsforebyggelse 60
6.2 Vaccinering 61
6.3 Sygdomme og deres behandling 61
Parasitter 62
Bakterielle sygdomme 67
Virussygdomme 70
Svampeinfektioner 71

7. Videreopdræt i kar på land
7.1. Hold af torsk 73
Temperaturkrav 73
Kartype til torskeyngel 75
Størrelsessortering 76
Forsinket kønsmodning 76
7.2. Foder og fodring 78
Foder til torskeyngel 78
7.3. Forventet vækst fra 2 til 5 kg 79

8. Referencer 81

9. Supplerende litteratur 85

1. Produktion af nyklækkede torskelarver

1.1. Kønsmodning og gydning i naturen

Kønsmodning i naturen

Generelle oplysninger om torsk, deres vækst og øvrige biologiske forhold findes i fiske-databasen "Fishbase" (www.fishbase.org)

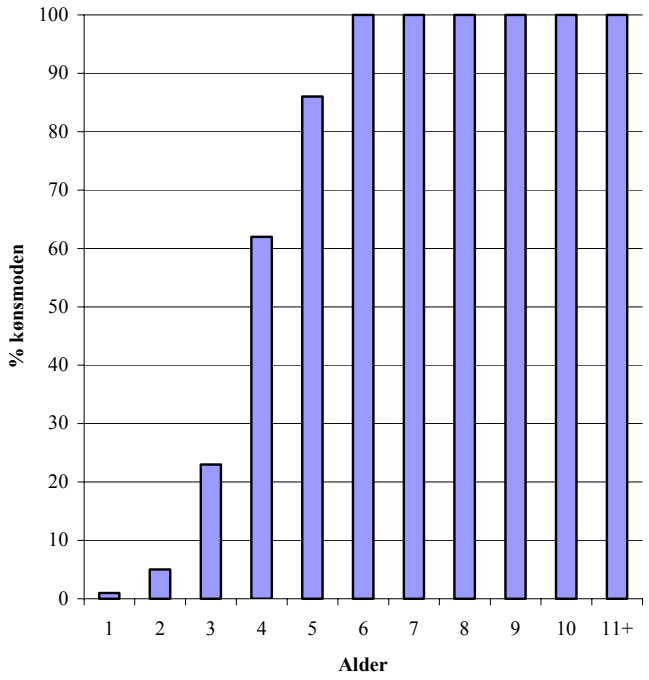

Fig. 1.1. Kønsmodning af torsk i Nordsøen. Data fra ICES (1).

Nordsø-torsk bliver kønsmodne i naturen ved en alder på 3-5 år. (Fig. 1.1). Kønsmodningen er en meget energikrævende proces der medfører at væksthastigheden reduceres og der mobiliseres energireserver fra leveren. Aldersfordeling for de enkelte længde intervaller er givet i Fig. 1.2, der er baseret på tal fra Nordsøtorsk og er taget fra DFUs Fiskebiologidatabase.

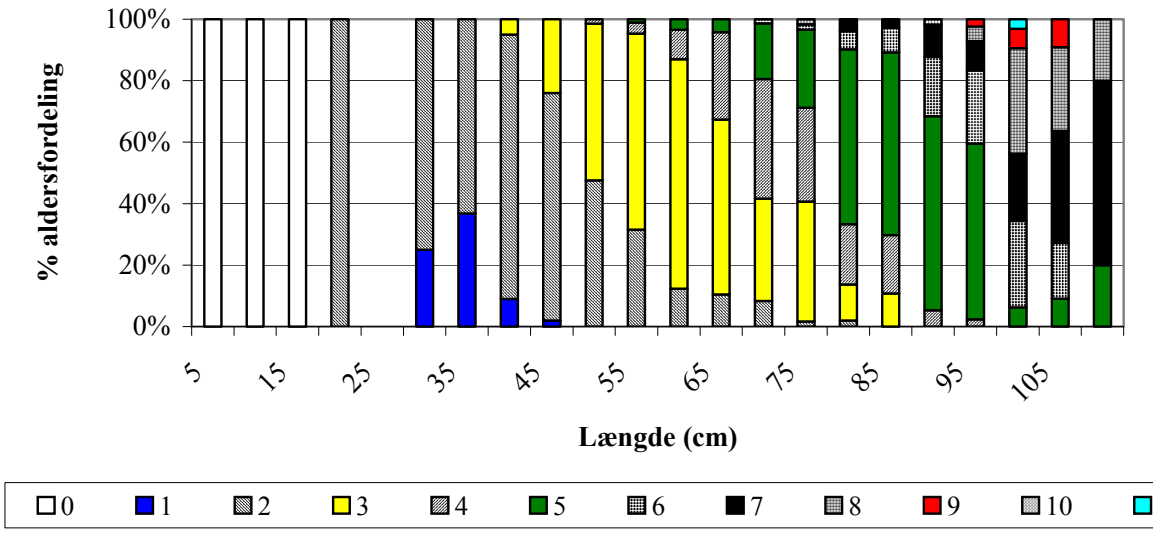

Fig. 1.2. Længde-alders relation for Nordsøtorsk. Data fra DFUs Fiskebiologidatabase. Da de mindste størrelser er repræsenteret af få fisk, kan aldersfordeling være lidt misvisende for størrelserne <45 cm.

Gydning i naturen

Torsk i Nordsøen vandrer om efteråret til gydeområderne for at mødes med artsfæller. Gydningen foregår i perioden december til maj. Denne periode dækker den tid torskebestanden gyder, idet den enkelte hun gyder over en kortere periode. Hannen og hunnen svømmer med bugen mod hinanden, mens kønsprodukterne sprøjtes ud og bliver blandet sammen. Hunfiskene gyder i portioner med intervaller på 2-3 dage. En torsk i god kondition (ernæringstilstand) kan gyde op til 20 gange med op til 750.000 æg pr. gang (H. Paulsen pers. komm.) over en periode på 40-60 dage. Førstegangs-gydere har ofte en lavere fekunditet og producerer mindre æg end ældre gydefisk.

Torsken har en høj fekunditet, og en fisk i god kondition kan producere 1,5 liter æg pr. kg kropsvægt (2). De første portioner er oftest mindre og kan være af varierende eller lav kvalitet, hvilket betyder at der er mange æg der går til grunde, og de er ikke særlig levedygtige. Større fisk gyder flere æg, og fisk af samme længde, men som har større vægt, gyder flere æg. Forholdet mellem fiskens fekunditet og dens størrelse og kondition er fundet at være (2):

F = 0,20 x L + 4.32 x K – 14,20, hvor F er fekunditeten (mio. æg), L er kropslængden (cm) og K er konditionen (K= (vægt (g)/længde³(cm)) x 100).

Dette betyder at en fisk på 60 cm som vejer 2,16 kg (K = 1) og dermed en almindelig kondition forventes at producere 2,12 millioner æg, mens en fisk af samme længde men en vægt på 3,24 kg (K = 1,5), dvs. en fisk med meget god kondition (oftest opdrætsfisk), kan producere 4,28 millioner æg i løbet af en gydesæson.

Æggenes størrelse og kvalitet varierer gennem gydesæsonen således at den bedste kvalitet typisk fås fra æg fra omkring 5. gydeportion (O. Kjesbu, pers. komm).

1.2. Hold af stamfisk

Anskaffelse af stamfisk

Fiskene kan enten stryges direkte efter fangsten, f. eks. om bord på et skib/kutter, eller de kan holdes som stamfisk. Fordelene ved at holde stamfisk er at man på den måde bedre kan sikre ægleverancer, udvide perioden for ægproduktion ved styring af kønsmodning og have bedre muligheder for at styre ægkvaliteten. Vilde torsk er forholdsvis nemme at holde i fangenskab, tilpasser sig hurtigt opdrætsbetingelser og er nemme at vænne til tørfoder. Indfanges torsk til anvendelse som stamfisk må fangstmetoden være skånsom for at forhindre sår. Indfangningen bør ske fra vanddybder under ca. 10m, da der ellers kan opstå problemer med at udtømning af luft i svømmeblæren. I (2) foreslås at man i tilfælde af opsvulmet svømmeblære prikker i svømmeblæren med en kanyle som føres ind via rygmuskulaturen og holdes der, indtil overtrykket er boblet væk. Det anbefales at fange stamfisk et år inden de skal bruges til at producere æg til opdræt. Fisk med store sår og andre læsioner bør kasseres. Det anbefales kun at bruge fisk der er > 3 kg som stamfisk, for at forhindre at man kommer til at avle på fisk med tidlig kønsmodning (se endvidere kapitel 7).

På skibene holdes fisk i en brønd eller i et kar med vand. Transporten på land kan foregå i fisketransportkar med bil, hvor både temperaturen og iltmætning kan moniteres og styres. Med god ilttilførsel kan der transporteres op til 100 kg/m³.

Temperaturen bør være så nær den normale vandtemperatur som muligt, dog ikke over 15ºC. Iltmætningen bør være min. 70%. Tilsyneladende kan torsk godt tåle en overmætning af op til 200% (2).

Hold af stamfisk i netbure

Holdes fiskene i netbure (Fig. 1.3) anbefales dybe netbure (5-10m), da fiskene søger mod bunden for at komme væk fra det stærke sollys og den høje temperatur i overfladen om sommeren (2). De større fisk har det bedst i store bure (5 x 5 m eller 10 x 10 m). Torsk kan godt tåle op til 16-17ºC og ned til 3-5ºC, men der opnås bedst vækst (og appetit) ved ca. 12ºC. Når temperaturen er over 12ºC er der forøget risiko for udbrud af *Vibrio* infektion. Risikoen er særligt stor når temperaturen når over 17ºC. Oplysningerne er baseret på norske erfaringer, og det er muligt at Nordsøtorsk fra vores kyster er mere tolerante overfor højere temperaturer. Indtil dette er undersøgt er det derfor vigtigt, at man er opmærksom på sammenhæng mellem temperatur og *Vibrio* udbrud. Torsk kan ikke tåle stærkt sollys og skal derfor kunne søge mod dybere lag i sommerperioden. Et skyggenet er nødvendigt. Fodring kan ske via automater som ses midt på billedet.

Når torskene nærmer sig kønsmodning flyttes de til andre bure med mindre maskestørrelse eller i store plastikposer i vandet. Disse er monteret tilløb og afløb. Hannen og hunnen 'leger' i disse anlæg, og æggene befrugtes i vandet. De pelagiske æg flyder på overfladen i saltvandet og opsamles i et net (350 µm) placeret i afløbet. Dette net tømmes dagligt og æggene kan anvendes til opdræt af fiskelarver.

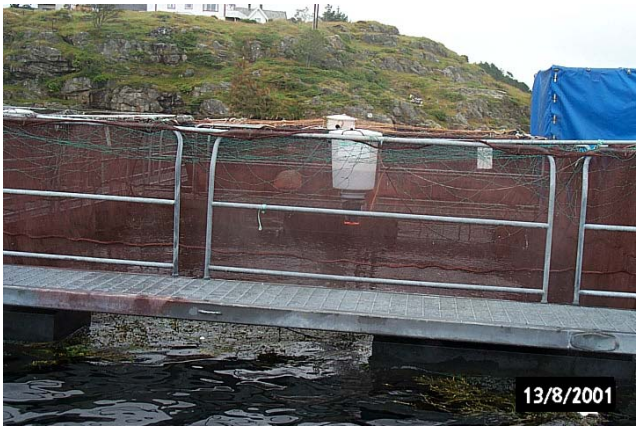

Fig. 1.3. Netbure til stamfisk anvendt ved Parisvatnet, Norge. Foto: Josianne G. Støttrup

Hold af stamfisk i kar på land

Holdes fiskene i kar på land (under tag) er det godt med store kar på ≥3 m i diameter og ≥1 m i dybden (Fig. 1.4). Fordelen ved kar på land er at man har bedre mulighed for at styre temperatur, lysstyrke og dagslængde. Endvidere har man ved hold i kar ikke behov for at håndtere fiskene, og

Fig. 1.4. Kar med torskestamfisk, Austevoll Havbrugsstation, Norge. Foto: Josianne G. Støttrup.

dermed mindskes stress og risikoen for at fiskene enten holder op med at gyde, eller at ægkvaliteten bliver ringe. Tætheden kan være op mod 30-35 kg/m³. Moderfisk blev i Austevoll holdt i 3m kar (tæthed: på 7-9 kg/m³) og en vandudskiftning på 70-80 l/min (15). Det er en fordel at holde karenhederne adskilte i tilfælde af uheld. Samtidig kan man mærke de enkelte individer i hvert kar for at få overblik over de fisk, der er bedst egnet som stamfisk. Fiskene kan mærkes med frysemærker eller knapmærker, og beskrivelser samt metoder til mærkning findes på www.hafro.is/catag/. Fiskene bør sorteres efter størrelse og køn, dels for at forhindre at de store fisk generer de små, dels for at sikre at der er fisk af begge køn. I anlægget i Norge på Austevoll Havbrugsstation var der i et kar på 7 m³ 15 hunner og 10 hanner. I indendørs anlæg er det vigtigt at regulere dagslængden således at den følger naturens gang, for at sikre at fiskene får de rigtige signaler til kønsmodning.

Det er vigtigt at monitere temperatur, saltholdighed og ilt dagligt, samt observere og føre journal over appetitten hos stamfiskene, fodermængde, dødelighed, samt oplysninger om behandlinger, vejninger osv. I gydesæsonen registreres yderligere

ægmængden (i liter) produceret dagligt. En liter rognmasse indeholder omkring 500.000 æg, når ægstørrelsen er omkring 1,4 mm. Er æggene meget små (ca. 1,2 mm) vil en liter rogn indeholde omkring 800.000 æg.

Lysintensiteten for stamfisk på Austevoll Havbrugsstation er blevet målt til 1807 lux eller 35,3 µE/m²/s (15). Dette blev opnået med 2 x 36 W Osram 72 Biolux lysrør ca. 60 cm over vandoverfladen.

Temperaturen kan holdes konstant i hele perioden for eksempel ved 6ºC, 8ºC eller 10ºC. Dette er hensigtsmæssigt, når man ønsker at få torsk til at gyde midt på sommeren eller i efteråret. I gydeperioden må temperaturen ikke overstige 10ºC (2). Ønsker man en vækst efter gydning kan man lade temperaturen stige til 12ºC et stykke tid, for så at sætte temperaturen ned til gydetidspunktet.

Fodring af stamfisk

Fiskene kan fodres med tørfoder, selvom de hellere vil spise opskåret fisk (vådfoder) eller mere vandholdige typer foder end det kommercielt tilgængelige tørfoder. Stamfisken skal have tilført vitaminer og mineraler for at sikre en god ernæringstilstand. Dette er især vigtigt op til gydning. Ved Austevoll Havbrugsstation fodres de nyindfangede fisk på 2-3 kg med foderpiller fra ”Danafeed”, foderstørrelse 10 mm.. Efter en tilvænningsperiode fodres med 15mm piller. Fisk på omkring 4-6 kg får 20 mm pellets (van der Meeren, pers. komm.).

Stamfisk og sygdom

Da vildfisk kan være potentielle bærere af sygdomme bør deres sundhedstilstand undersøges ved ankomsten til opdrætsanlægget. Nye fisk til bør være i karantæne i et år, før de blandes med de øvrige stamfisk. En række sygdomme kan smitte fra forældrefisk til afkom (vertikalt), og derfor er det vigtigt med kontrol (2). Virussygdommen infektiøs pankreasnekrose (IPN) og den bakterielle sygdom fisketuberkulose *Mycobacterium* spp. formodes at smitte vertikalt. Hos stamfiskene i opdræt er det især *Vibrio* udbrud og angreb af *Trichodina,* man skal være særlig opmærksom på. *Vibrio* udbrud forekommer oftest i efteråret, og senere end hos torskeyngel. Syge store fisk mister appetit, bliver grålige

og får opsvulmede ryg- og brystfinner samt en øget dødelighed (se endvidere kapitel 6). *Trichodina* angrebene behandles med formalin (1:4000 formalinvand i 30 minutter). Det er kutyme at behandle nyindfangede fisk med formalin profylaktisk. Fiskene skal sultes inden behandling. (Mere information om sygdomme og sygdomsforebyggelse under kapitel 6).

Styring af kønsmodning

Kønsmodningen er primært styret af dagslængden. Derfor kan man styre kønsmodningen ved at ændre dagslængden f.eks. kan man ved hjælp af en lyskilde og en timer ændre dagslængden en gang om ugen (trinvis) eller endnu bedre via computer-styring justere lysperioden dagligt, samt en langsom ændring af lysstyrken fra mørk til lys og omvendt (2). Når fiskene holdes i kar på land er det vigtigt at sørge for en styring af

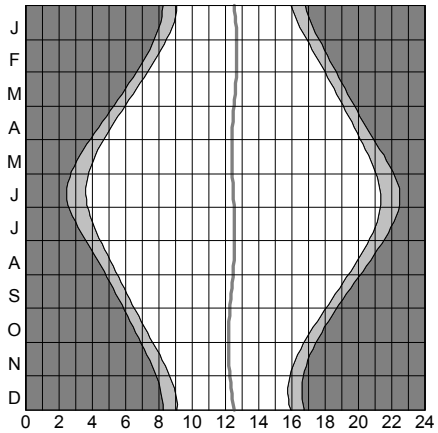

Fig. 1.5. Lysperioden for hele året kan programmeres efter denne årsoversigt for daglængde gennem året. Her ved Thyborøn. Nat, tusmørke og dag. Kilde: Almanac, Internet: www.naksov-gym.dk/almadk/

lysperioden så den ligner den naturlige. Hvis man ønsker at producere æg året rundt, kan man ved at anvende lysstyring få fiskene til at tro, at det er januar når det er juli, og dermed få dem til at gyde i juli måned. Det er også muligt at 'komprimere' året ved at gennemføre et årsforløb (se Fig. 1.5) i ændring af lysperioden i f. eks. 8 måneder. Fiskene vil da begynde at gyde hver 8. måned.

Ved nyanskaffelse af stamfisk:

- gerne op til 1 år før behovet (tilvænning, sygdomskarantæne, sikre at de ikke er smittebærere)
- > 3 kg ved fangsten
- behandles profylaktisk med formalin

Hold af stamfisk tillader:

- naturlig gydning
- styring af gydesæson
- prævention af vertikal sygdomssmitte

Hold af stamfisk kræver opsyn med:

- temperatur og vandtilførsel, iltspænding (< 14ºC og < 10ºC ved gydetidspunktet)
- dagslængde/lys styring
- fodring
- sygdomstegn

Gydebestanden:

- tæthed: op til 30-35 kg/m³.
- temperatur: < 14ºC og < 10ºC ved gydetidspunktet.
- lysintensitet: omkring 35 µE/m²/s, variabel dagslængde

1.3. Befrugtning og indsamling af æg

Befrugtede æg kan enten indsamles fra naturlig gydning i kar eller fra strygning af gydemodne indfangede fisk. Æg fra naturlig gydning må foretrækkes da kvaliteten normalt bliver betydelig bedre end fra strygning. Ovulationsrytmen hos torsk er således at der typisk modnes en portion æg ca. hver tredje dag. Æggene skal befrugtes indenfor en periode af omkring 4 timer fra ovulationstidspunktet for at udvikles normalt. Da det ikke er et pålideligt kriterium for modne æg at rognen "løber" fra hunfisken, kan det være vanskeligt at konstatere om æggene er modne til befrugtning og dermed opnå en acceptabel kvalitet af æg ved strygning.

Naturlig gydning i karanlæg

Ligesom i netbursanlæg, 'leger' hannen og hunnen i de landbaserede karanlæg, og æggene befrugtes i vandet. De pelagiske æg flyder på overfladen i saltvandet ved saltholdighed $\geq$ 34,5‰, mens de ved en saltholdighed på omkring 33-34,5‰ kan være fordelt i vandsøjlen og ved lavere saltholdighed vil have tendens til at synke (42). Æggenes flydeevne varierer afhængigt af ægvolumen. Afløbet føres til et kar, hvori der opstilles et net (350 µm) som opsamler de befrugtede æg (Fig. 1.6). Dette net tømmes dagligt, og de levedygtige æg separeres fra de døde i en høj 2-5 liter kande. Døde æg synker til bunds, og de flydende æg overføres til klækkekar.

Fig. 1.6. Opsamling af æg fra stamfiskkar foregår i et net (350 µm) placeret ved overfladeafløbet. Foto: Josianne G. Støttrup.

Om bord på et skib

Hunnen stryges for æg, så snart den er på dækket. Rognen skal flyde let. Befrugtning kan ske enten direkte ned i æggemassen eller ved at et sæden (så meget som muligt) kommes i æggemassen, derefter omrøres og tilsættes ½-1 liter vand. De befrugtede æg anbringes i en spand med saltvand. Efter 1-2 timer vaskes de flydende æg igennem en si på 0,5 mm og holdes i beholdere eller spande indtil de kan overføres til klækkeriet. Bundfaldet er ubefrugtede æg, der kasseres. Hvis befrugtningen er dårlig, dvs. et stort antal æg på bunden bør det overvejes at kassere alle æg.

Fig. 1.7. "Tør" befrugtning af torskeæg. Æg og sæd direkte fra fiskene blandes før tilsætning af vand. Efter forsigtig omrøring tilsættes saltvand og efter ca. 2 min. overføres til inkubationskar. Foto: Helge Paulsen.

1.4. Æginkubation

Torskeæg er 1,1-1,5 mm i diameter og vejer omkring 0,12 mg i tørvægt. Ægstørrelsen varierer med moderfiskens oprindelse, størrelse, alder og kondition samt tidspunktet i gydesæsonen (3). Efter befrugtningsprocessen observeres ofte tre slags æg; de

befrugtede, de aktiverede og de ubefrugtede (2). Ved befrugtning svulmer æggene, og æggeskallerne hærdner. Torskeæg er runde, uden mærker, og celledeling er nem at iagttage (Fig. 1.8). De har ingen oliedråbe.

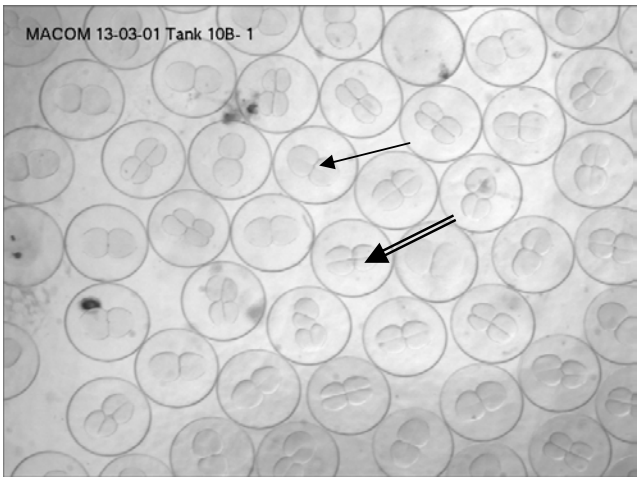

Fig. 1.8. Billedet viser torskeæg ved hhv. 2- (Pil) og 4-celledeling (dobbelpil). Foto: Helge Paulsen.

Aktiverede æg har samme udseende som befrugtede æg, men celle-delingen kommer ikke i gang. Ubefrugtede æg ser meget 'ru' ud på overfladen (Fig. 1.9).

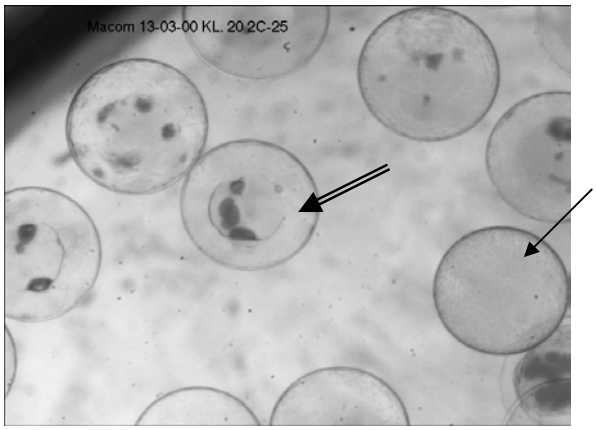

Fig. 1.9. Billedet viser ubefrugtede torskeæg (Pil) og enkelte æg med indskrumpet eller dehydreret blomme (dobbelpil). Foto: Helge Paulsen.

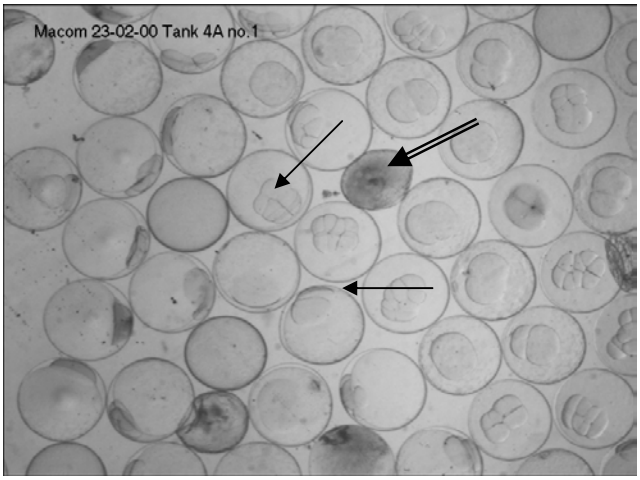

Fig. 1.10. Billedet viser asynkron og irregulær celledeling (pil), samt døde (dobbelpil) og ubefrugtede æg. Foto: Helge Paulsen.

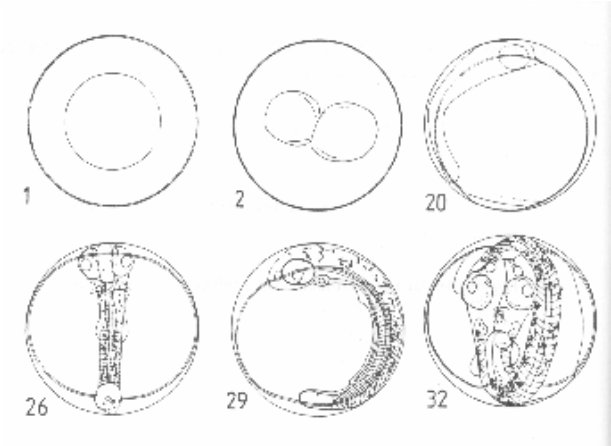

Fig. 1.11. Udvikling af torskeæg i mørke ved 7,2ºC. Fra (2).

Det er en god idé at indføre et rutinecheck i inkubationsstadiet for at kunne sortere mellem gode og dårlige hold af æg. Der er en god sammenhæng mellem antal af deforme æg af dårlig kvalitet og klækningsprocenten (4). Da æg med unormal udvikling kan iagttages tidligt (se Fig. 1.10), kan antallet bruges som indikator for ægkvaliteten for den enkelte batch. En ægprøve på omkring 40-50 æg tages ca. 4-6 timer efter befrugtning. Her tælles kun de æg der har normal celledeling, dvs. æg med ensartede celler. Sådanne observationer er nemmest inden 128 celle-stadiet, da det senere er sværere at iagttage deformiteter (4). Befrugtningsprocenten opgøres ved at tælle den andel af æg, der bliver befrugtede i forhold til det totale antal æg, der er gydt. Ifølge (5) er befrugtningsprocenten en god indikation af ægkvaliteten, selvom en høj befrugtningsprocent ikke altid betyder en god udvikling hos æg og larver (6).

Inkuberes torskeæg ved 5ºC, klækker de efter to uger (13-14 dage), ved 7ºC tager det 9-10 dage. Generelt regner man med omkring 70 døgngrader til klækning når æg

inkuberes ved 7ºC eller derunder. Ægudviklingen er langsommere ved højere temperatur og man kan forvente omkring 80 døgngrader ved temperatur på 8ºC og højere. Æggene bør ikke udsættes for temperaturer over 12ºC. Figur 1.11 viser torskeæggets udvikling, og i Tabel 1.1 er angivet tiderne, hvor udviklingsstadiet kan forventes ved inkubering ved 7,2ºC i mørke. Mange steder inkuberes torskeæg i mørke.

Tabel 1.1. Tidspunkt for de forskellige udviklingsstadier afbildet i Fig. 1.11. Fra (2).

Stadium nr.	**Timer fra befrugtning**	**Beskrivelse**
1	2	Befrugtede æg
2	4	To celle stadiet
20	96	kimskivestadiet (=linsestadiet)
26	146	Fosteret bevæger sig i ægget
29	178	Første hjerteslag ses
32	216	Klar til klækning

Inkubatorer til torskeæg ligner dem man generelt anvender for marine fiskeæg. De er cylindriske, med konisk bund, med luftsten placeret centralt eller en luftring omkring et centralt filter (se Fig. 1.12). Denne beluftning sørger for en kontinuerlig opadgående vandbevægelse i karret. Vandtilførsel er placeret ved eller under vandoverfladen og på en måde at det skaber cirkulær, i sidste tilfælde, opadgående vandbevægelse. I nogle inkubatorer er vandtilførslen fra bunden. Døde æg bør fjernes dagligt, og disse registreres for at holde øje med

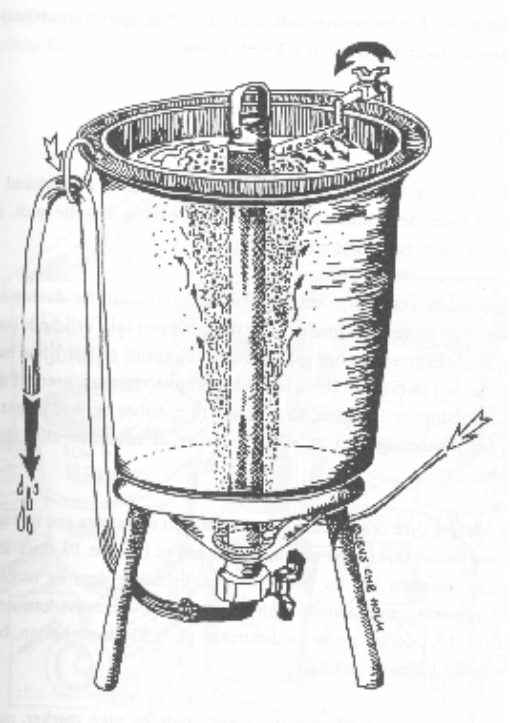

Fig. 1.12. Inkubator til klækning af æg af pelagiske fiskearter. Fra (2).

ægbeholdningen. Vand og luft standses i nogle minutter, hvorefter døde æg fjernes fra bunden igennem en bundhane (Fig. 1.12) eller man kan anvende en hævert.

Bruger man en hævert, og har man flere inkubatorer samtidig, må man enten desinficere hæverten hver gang eller bruge forskellige. Døde æg registreres f.eks. som antal ml og trækkes fra det oprindelige antal ml æg overført i starten af inkubationen. Andre inkubatorer har udløbet midt i karret i stedet for i bunden. Fig. 1.13 viser en inkubator anvendt i Danmark (FISHCON APS 1991, Knud Rasmussen pers.komm). Denne type inkubator har været anvendt til torsk og til andre marine fiskearter såsom skrubber på Venø Fish Farm. Volumen er på 55 liter, og den kan rumme 300-400.000 torskeæg. Indløbet er ved overfladen som i den norske model og luftsten placeres ved siden af udløbsristen. Vandgennemstrømning er 1 l/min ligesom i det norske system. Konstruktionen placeres i aluminium eller rustfrit stålstativ med dobbelthylde.

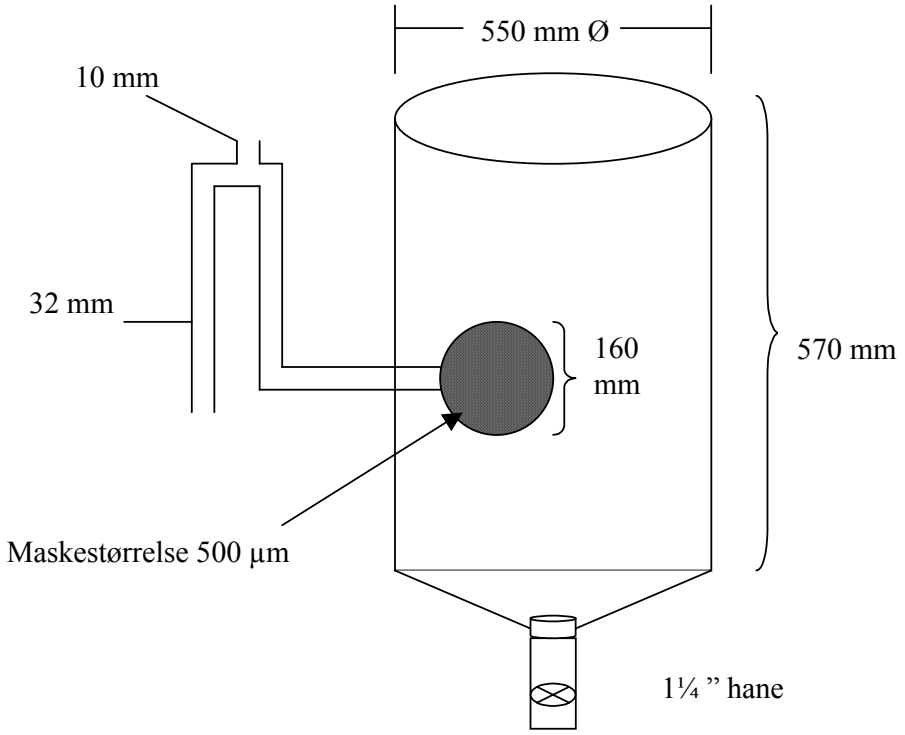

Fig. 1.13. Tegning efter Knud Rasmussen (FISHCON APS 1991 design) af inkubator til æg af torsk og andre marine fiskearter med pelagiske æg. Indløbet er ved overfladen, volumen er 55 l og vandgennemstrømning 1l/min.

Inkubation af torskeæg:
Antal æg /l: 3500-7300 æg/l
Turbulens: Luftsten
Vandgennemstrømning: 1 l/min
Temperatur: 6-8 ºC
Lysforhold: Mørke halvmørke
Saltholdighed: >32‰

Bakteriebekæmpelse i inkubationsfasen

Torskeæg kan behandles med 200 ppm formalin i 10 minutter inden de overføres til klækkekarrene (200ppm = 1g formalin (37% opløsning) pr. 2 l vand). De kan genbehandles 1 dag før klækning (7). Afhængig af vandkvaliteten og partikler i vandet kan saltvandet behandles med filtre (hjul-, sand- eller patronfilter) samt UV.

Kontrol af ægkvalitet.

1. ved befrugtning (æg der synker ved 34 psu kasseres).
2. ved 2-8 celle deling, få timer efter befrugtning. Antal deforme i forhold til normale æg tælles. Er det >50% deforme æg kasseres holdet (kasseringsprocenten kan rykkes med indhøstet erfaring).

Behandling.

1. 200 ppm i 10 min. lige før de overføres til klækkekarrene
2. 200 ppm i 10 min. dagen før forventet klækning.

2. Produktion af torskeyngel

2.1. Hold af blommesæk larver

Blommesæk stadiet

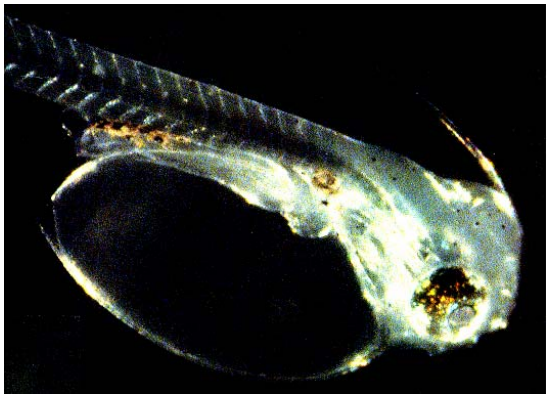

Fig. 2.1. Nyklækket torskelarve med stor blommesæk.

Når torskelarven klækker er den 3,5 – 4,0 mm lang med en stor blommesæk, som den ernærer sig af (2). Tarmen er et simpelt lige rør med både mund og anus lukkede, og øjet mangler pigment. To dage gammel er munden åben, og anus bliver funktionel kort herefter (2-3 dage gammel). I denne periode udvikles tarmen og fordøjelsessystemet, øjnene og de motoriske funktioner. Larven er dog stadig afhængig af blommesækken og er relativt inaktiv. Larven indtager vand igennem munden og bruger gællerne som filterapparat for at tilbageholde planteplankton > 10 µm. Når larven er 5 mm lang eller 3-5 dage efter klækning, afhængig af temperaturen, begynder den aktivt at indtage føde i form af dyreplankton. Blommesækken er opbrugt efter ca. en uge, afhængigt af temperaturen.

De nyklækkede larver tåler ikke luftbobling, som derfor må afkobles lige før klækning (2). Ligeledes reduceres vandstrømmen. Når æggene er klækket, kan klækkeprocenten beregnes og anvendes som indikation for larvekvalitet. Døde larver og æggeskaller fjernes dagligt. Det har vist sig hensigtsmæssigt at sætte larverne ud i produktionsbassinerne når de er to dage gamle og har en funktionel mund, for at give dem mulighed for at supplere ernæringen med planteplankton i den korte periode, indtil de er i stand til at angribe og fange dyreplankton.

Larverne overføres fra inkubatorerne til bassinerne i plastikposer i transportkasser (2). I nogle tilfælde er det æg der overføres til karrene eller bassinerne dagen før forventet klækning og lige efter behandling med antibiotika. Normalt og ved kortere transporter er det ikke nødvendigt med ilttilførsel. Larverne må skærmes mod lys og opvarmning under

transporten. Man skal sikre, at temperaturen i bassinerne ikke afviger med mere end 2ºC. Hvis den gør det, må man langsomt (ca. 1ºC/time) adaptere fiskene til temperaturen i inkubationskarret.

2.2. Larveopdræt

I modsætning til opdræt af laksefisk, hvor de nyklækkede larver er store og veludviklede, er nyklækkede larver af marine fisk generelt meget små og mangler udvikling af bl.a. mave-tarm systemet og fordøjelsesorganer. Denne forskel gør, at hvor man kan fodre laks- og ørredyngel med tørfoder fra første fødeindtagelse, må man dyrke eller skaffe levende foder til marine fiskelarver.

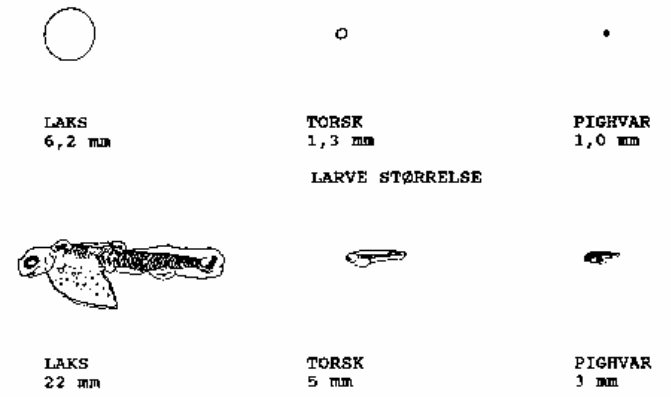

Fig. 2.2. Størrelser af æg og larver af laks, torsk og pighvar.

Planteplankton

Planteplankton er primærproducenterne i havet. De omdanner næringsstoffer i vandet, primært kvælstof og fosfor, til organisk stof, ved hjælp af sollys. Der findes flere end titusind arter fordelt på 15 større klasser.

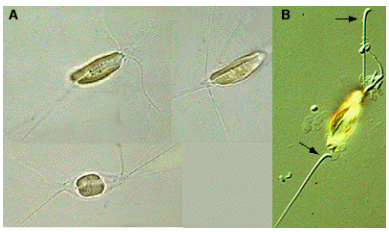

Fig. 2.3a. Billede af en flagellat; *Chrysochromulina parkeae.* Fra www.marbot.gu.se.

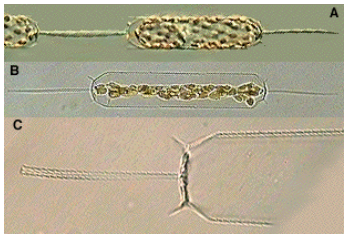

Fig. 2.3b. Billede af en kiselalge; *Ditylum brightwellii*. Fra www.marbot.gu.se

I intensive akvakultur systemer dyrkes mange af disse organismer i monokultur som foder til dyreplankton (se afsnit 2.4 for selve dyrkningsmetoder). Det drejer sig primært om små pelagiske fritlevende arter på 2-15 µm og omfatter både flagellater og kiselalger. Dyrkningen er baseret på renkulturer der dyrkes på sterile nærings-medier fremstillet af rene næringssalte. Fra disse renkulturer overføres alger til plastposer på 100-200 liter anbragt i stativer med meget høj lysintensitet. Her dyrkes algerne til anvendelse som foder.

I ekstensivt opdræt i udendørs bassiner er der tale om flere arter der forekommer samtidigt. Hvilke arter der forekommer afhænger til dels af næringsstofferne i vandet. Lavt kvælstofindhold (< 0,5µM (8)) fremmer forekomst af mindre flagellater. Disse små flagellater synes at fremme opblomstring af små dyreplankton såsom tintinnider (30-200 µm) og hjuldyr (100-400 µm). Ved større kvælstofkoncentrationer over 5 µM blev der observeret større kiselalger (8) der er bedre fødeemner for det dyreplankton larverne foretrækker. For at fremme produktionen af kiselalger tilsættes ofte silikat i form af vandglas.

Forekomst af alger i vandet i fiskelarvekarret menes også at være gunstig for:

- Første fødeindtagelse (indtagelse af alger før første fødeindtagelse menes at fremme udvikling af fordøjelsessystemet)
- vandkvaliteten i larveopdrættet (algerne menes at fungere som buffer/bakteriehæmmende)
- opretholde næringsindholdet i levende foder i fiskelarvekarret

Dyreplankton

Blandt naturligt dyreplankton er vandlopper langt de vigtigste foderorganismer til marine fiskelarver. Andet dyreplankton, som fungerer som foderorganismer til fiskelarver i ekstensive systemer, er tintinnider og hjuldyr. Larver af rurer, snegle, muslinger, børsteorme og søpindsvin kan også tjene som foderorganismer, men kan også konkurrere med fiskelarver eller med vandlopper i systemet.

I dyreplanktonet kan der også være larver af arter som vokser til rovdyr i systemet eller er konkurrenter til fiskelarverne. Det drejer sig f.eks. om gopler (vandmænd, ribbegopler) og pileorme.

Vandlopper

Vandloppelarver hedder nauplier. Vandlopper gennemgår 6 naupliestadier og 5 copepoditstadier før de bliver voksne hanner eller hunner (Fig. 2.4). Almindeligt forekommende pelagiske arter i danske kystnære farvande og i udendørs kulturer hører til de calanoide vandlopper: *Acartia* sp., *Centropages* sp., *Temora* sp., *Pseudocalanus* sp. De har til fælles at de har lange antenner forrest på kroppen. De nyklækkede nauplier er omkring 80-120 µm og de fleste voksne bliver 1-2 mm. To andre grupper af vandlopper, harpacticider og cyclopoider er også vigtige foderorganismer til fisk. Harpacticider har korte antenner, og hunnerne bærer på 1 eller 2 ægsække. Blandt denne gruppe er arter af *Tisbe*, *Tigriopus* og *Euterpina* vigtige i akvakultur sammenhæng. De fleste er bentiske (bundlevende), men en del arter har pelagiske nauplier. De fleste voksne bliver omkring 1 mm. Cyclopoide vandlopper har antenner der er længere end hos harpacticider og kortere end hos calanoider. Hunnerne bærer på 2 ægsække og er 0,5-1,0 mm store. I denne gruppe er arter af *Oithona* og *Oncaea* vigtige foderorganismer til fisk.

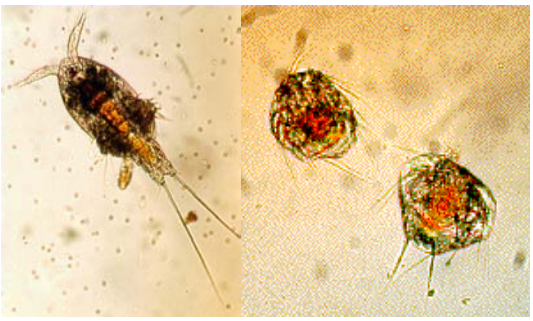

Fig. 2.4. Billede af en hapacticid vandloppe. Voksen (tv) og nauplier (th); *Tisbe holothuriae*. Billede af Josianne G. Støttrup

Hjuldyr

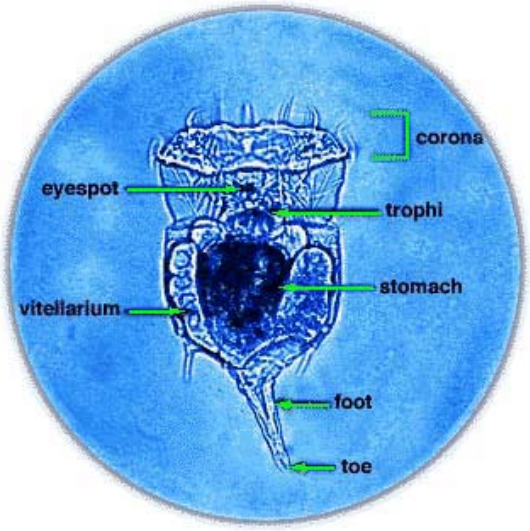

Fig. 2.5. Billede af et hjuldyr. Fra:http://www.ucmp.berkeley.edu/phyla/rotifera/rotifera.html.

Hjuldyr er små arter af dyreplankton (100-400 µm) som primært lever i ferskvand, men der findes også hjuldyrarter i havvand (Fig. 2.5). I udendørsbassiner observeres de oftest i starten, hvor de forekommer i store mængder. De filtrerer alger, og fordi de har en væsentlig kortere livscyklus er de ofte i stand til at udkonkurrere vandlopperne. De har både kønnet og ukønnet formering, men hanner ses meget sjældent. I havvand er arterne hørende til slægterne *Synchaeta* og *Brachionus* de vigtigste (2). I akvakultur er to *Brachionus* arter de hyppigst anvendte: den større *B. plicatilis*, og den mindre art *B. rotundiformis*. Til torskeopdræt er *B. plicatilis* størrelsesmæssigt den bedst egnede.

Artemia

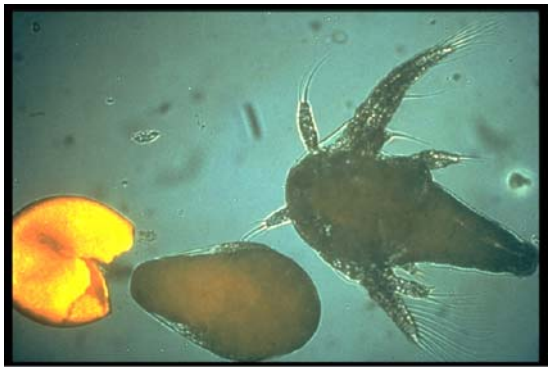

Fig. 2.6. Billede af nyklækkede *Artemia* nauplier. Fra:http://allserv.rug.ac.be/~jdhont/larvi01/img/nauplius.jpg.

Artemia nauplier er forholdsvis nemme at anskaffe, idet hvileæg (cyster) kan købes fra forhandlere og disse kan klækkes i løbet af et døgn (Fig. 2.6). De er små krebsdyr, der høstes som hvileæg fra saltsøer verden over. Afhængig af deres oprindelse har *Artemia* forskellig størrelse, næringsindhold, temperaturafhængig klæknings-, vækst- og udviklingsrate. Det er derfor vigtigt at kende den type man køber, og at man undersøger vigtige detaljer omkring dens temperaturafhængige klækningstid, størrelse og næringsindhold ved anskaffelse af *Artemia* fra nye firmaer, steder eller områder.

I det første nauplie stadie er den omkring 400-500 µm i længde og har en brun-orange farve, et rødt øje samt 3 par ben som ses i billedet (Fig. 2.6). I dette stadie spiser den ikke, men når den når det næste stadie efter 8-12 timer begynder den at tage føde til sig. I starten er det små partikler op til 50 µm, men senere kan den indtage lidt større partikler. Udviklingstiden fra nauplie til voksen er kort og varer omkring 8 dage. Hvor mange stadier den gennemgår er der uenighed om i litteraturen, men der er blevet beskrevet 1 nauplie stadie, 4 metanauplie stadier, syv postmetanauplie stadier samt fem postlarvale stadier. Kønsudviklingen starter omkring det 10. hudskifte. Hunnerne bærer æg i en ægsæk, hvor æggene udvikler sig og klækker direkte i vandet. Under ekstreme forhold som for eksempel høj saltholdighed eller lavt iltindhold, udvikler embryonerne sig kun til et bestemt stadie, hvorefter de omgives af en fortykket skal og går i dvale som cyster. Disse frigives af hunnen direkte i vandet. Hver hun producerer op til 300 nauplier eller cyster hver 4. dag.

2.3. 'First feeding' og larvestadiet

Omkring 3-5 dage efter klækning, afhængig af temperaturen, er torskelarven i stand til at angribe og indtage dyrefoder. Den har endnu en rest af blommen, som varer frem til 7-10 dage efter klækning. Mave-tarmsystemet hos den nyklækkede larve består af et rør dannet af udifferentierede cylindriske celler (9). Når larverne begynder at spise, bliver disse celler differentierede, og tarmlumen begynder at danne folder. Spiserøret med tilhørende slimceller er ligeledes udviklet på dette stadium. Dette betyder, at de elementære fordøjelsesprocesser fungerer allerede ved første indtagelse af ekstern ernæring, men der sker stort set ingen ændring i mave-tarmsystemet før ved metamorfosen, hvor maven og tilhørende kirtler dannes. Dannelsen af et egentligt tarmsystem begynder, når torske-larverne er omkring 12-15 mm og er færdigdannet når de er 40 mm. Torskelarver er observeret med algerester i maven inden de er begyndt at indtage dyreplankton (10). Selvom energibidraget fra algerne ikke menes at have særlig betydning for torskelarvernes metabolisme, menes den tidlige algeindtagelse at have betydning for larvens videre-udvikling, dels ved at fremme indtagelse af dyreplankton, aktivere fordøjelsesorganer og fremme tarmflora (11, 12, 13). Alt sammen noget der bidrager til en bedre vækst og overlevelse.

De første fødeorganismer er i størrelsesorden 80-250 µm og består typisk af hjuldyr, tintinnider og vandloppenauplier. Da torskelarverne er opportunistiske, spises de byttedyr der er flest af i det størrelsesinterval, der passer til mundstørrelsen. Det er vigtigt at sørge for nok byttedyr af den rigtige størrelse, da fiskelarven sluger byttedyret helt. Efterhånden som larverne bliver større indtager de stadig større byttedyr, og energimæssigt er det en fordel at fange de størst mulige byttedyr (Tabel 2.1).

Art	Energi per ind. (J)	Energiindhold (J/mg TV)	Omtrentlig størrelsesinterval (µm)
Vandloppe nauplie*	0,0018	20,7	≈80-250
Copepodit*	0,089	21,3	≈120-350
Voksen vandloppe	0,28	26,7	≈250-600
Hjuldyr	0,0033	20,6	≈90-350

Tabel 2.1. Energiindhold i forskellige foderorganismer og omtrentlig størrelsesinterval for gruppen.
* gennemsnit af 5 arter. Fra 2,16,17. Størrelsesintervallet er ikke baseret på samme data.

Ekstensive systemer

Ekstensive systemer er en betegnelse, man anvender for opdræt at fiskeyngel i udendørs systemer på naturligt forekommende alge- og dyreplankton, gerne med tilsætning af næringssalte, men uden særlig mulighed for styring af fødetætheder, fødesammensætning, temperatur m.v. Ved semi-ekstensive (også betegnet semi-intensiv) tilfører man systemet dyrket dyreplankton for at supplere foderet. I intensive systemer produceres foderet på anlægget, og fiskelarverne opdrættes i kar på land, hvor der er mulighed for kontrol af fysiske og biologiske parametre.

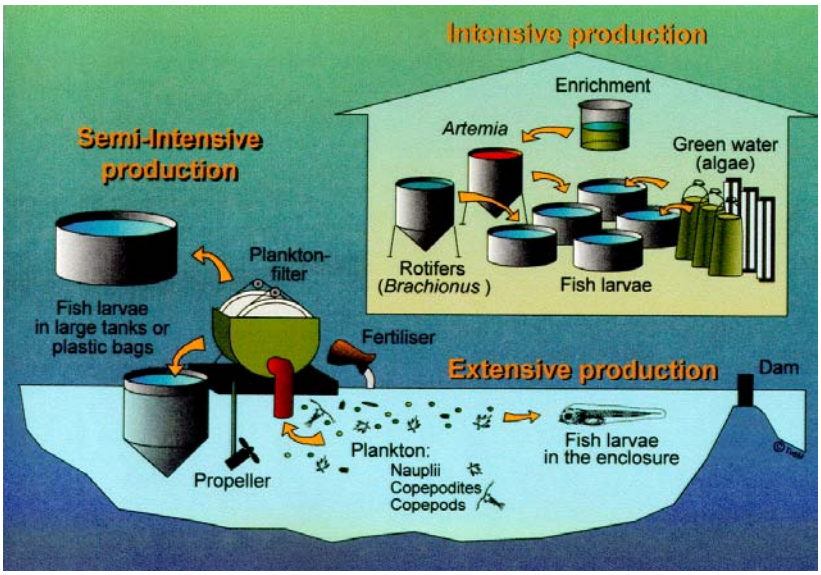

Fig. 2.7. Skematisk tegning af forskellige produktionsmetoder. Produceret af Terje van der Meeren, Norge.

I nogle af de norske ekstensive systemer starter man med at dræbe alle fisk med rotenon, (0,5–1,0 mg per liter) for derefter at kunne starte et opdræt uden potentielle rovdyr (2). Døde eller døende fisk indsamles så de ikke rådner i bassinet. Rotenonen nedbrydes i løbet af 3-4 uger. Planteplankton produktionen sættes i gang 7-10 dage før overførsel af fiskeyngel ved tilførsel af kommercielt tilgængelig gødning (NKP) tilsat silikat (vandglas) for at fremme produktionen af kiselalger. I årene 1988 og 1989, i Parisvatnet, en naturlig saltvandssø på 270 000 m³ (poll), benyttede man 300 kg (21-4-10; NKP) + silikat (1900 l vandglas) hvert år. Der tilsættes 50 kg hver gang, som opløses i ferskvand og spredes over hele arealet. Danske udendørsbassiner (≈2000 - 2500 m³) er typisk udgravede jorddamme eller betonbassiner. Disse bassiner kan tømmes for vand og fyldes op med filtreret havvand. Ved at anvende filtre på mellem 20 og 40 µm overføres naturligt planteplankton, mens det meste dyreplankton holdes tilbage.

Fig. 2.8. Vandet tilføres UNIK filter fra den ene side og føres igennem 2 filtre af forskellig størrelse monteret på 2 roterende hjul. Til venstre ses vanddyser, der spuler vand tilbage gennem filteret og dermed presser de fangede zooplankton væk fra filteret til et opsamlingsrør, der føres ud ved siden af UNIK filteret (ses i billedet til højre). Fotos. Josianne G. Støttrup.

Når planteplankton produktionen er i gang, kan dyreplankton filtreres fra havvandet og overføres til bassinerne eller pollene. Et UNIK filter (Fig. 2.8) har været anvendt i mange anlæg i mange år. Denne filtertype består af et kar med to roterende filtre i. Det første filter tillader kun dyr under en vis størrelse at passere igennem. Disse kan så samles i det næste filter som ved hjælp af dyser med stærke vandstråler spuler dyreplankton over på et opsamlingsrør og videre til et opsamlingskar. På denne måde kan man ved at anvende to filtre på f. eks. 80 og 250 µm opsamle dyreplankton i størrelsesfraktionen 80- 250 µm, hvilket hovedsageligt består af vandloppenauplier. Et større første filter (350 µm) giver større dyreplankton, og her vil de større copepoditter kunne høstes. Ved at skifte begge filtre til hhv. 250 og 600 µm kan man selektivt opsamle de voksne vandlopper. Denne type filter kan opkoncentrere vandlopper fra en vandmængde på 1-5 m³ per min. Et større filtersystem baseret på samme princip, men som flyder i vandet, der hvor plankton filtreres, har en kapacitet på 35 m³ per min og anvendes ved ekstensiv opdræt af torsk i Parisvatnet i Norge.

Det er vigtigt, at det antal fiskelarver der sættes ud i bassinet svarer nogenlunde til den beregnede kapacitet set ud fra levende foderproduktion (uddybet i kapitel 3). Ligeledes, og specielt for torsk, er det vigtigt, at man udsætter æg eller larver fra samme gruppe for at sikre ensartet størrelse og udviklingstrin, dvs. fra en batch.

Intensive systemer

I de seneste år er udviklingen fokuseret på opdræt af torskelarver i kar på land, baseret på levende organismer produceret i klækkeriet. Fordelen er, at der dermed kan produceres torskeyngel året rundt, og at man har en mere sikker leverance af foderorganismer. Problemer som endnu ikke er løst fuldt tilfredsstillende er produktion af hjuldyr og et tilfredsstillende næringsindhold i levende foder.

Eksempel: semi-intensivt opdræt i Norge:

I Norge er torskelarver blevet opdrættet i 500 l firkantede fiberglas kar på naturlig zooplankton (14). Zooplankton bestod af tintinnider, hjuldyr samt nauplier og større vandlopper fra alle tre grupper: calanoider, harpacticider og cyclopoider. Frem til fiskelarverne målte 12 mm i standard længde blev de tilbudt zooplankton i størrelsesfraktionen 80-250 µm; indtil 15 mm fik de zooplankton i størrelsesintervallet 80-350 µm og de større torskelarver fik zooplankton i størrelsesintervallet 80-2000µm. Zooplankton tæthed i larvekarrene blev holdt på omkring 1000/l. Der blev tilsat alger i form af *Isochrysis galbana* og *Rhodomonas baltica* flere gange pr. uge til fiskelarvekarrene. Dette var et forsøgsopdræt, og fiskene blev opdrættet ved forskellige temperaturer. Der blev fodret 4-5 gange dagligt. Fisk opdrættet ved op til 10ºC blev tilvænnet til opdrætstemperaturen over en dag. Fisk ved højere (12 og 14ºC) temperatur blev tilvænnet over 5 dage.

Tabel 2.2. Fodrings strategi for torskelarver i intensiv opdræt i USA (7)

Larvestørrelse i mm	Produceret zooplankton
<7	Næringsberigede hjuldyr
>7	Hjuldyr og GSL *Artemia* nauplii. Samme berigningsemulsion
»8,5	Kun *Artemia* nauplii

Eksempel: intensivt opdræt i USA:

I USA blev torsk opdrættet i mindre kar på 22 l og fodret med hjuldyr *Brachionus plicatilis* og Great Salt Lakes (GSL) *Artemia* nauplii (7). Fodringen foregik 4-5 gange dagligt. I dette system blev torskelarverne opdrættet ved forskellige tætheder op til 300/l. Væksten var den samme

uanset larvetæthed med en daglig tilvækst på ca. 9,7% . Overlevelsen til dag 36 var lavest ved 300/l (19%) i forhold til 30-37% ved de andre tætheder (50, 100 og 200/l). I forsøget blev temperaturen langsomt øget fra klækketemperaturen 6-8ºC med 1ºC dagligt til 10-11ºC.

Hos torskelarver fyldes svømmeblæren med luft inden de er 10 dage gamle. Hos andre fiskearter med lignende udvikling af svømmeblære har man fundet det nødvendigt at holde vandoverfladen klar for overfladefilm, der især dannes ved fodring med hjuldyr i intensive systemer. Denne film kan forhindre fiskelarverne i at komme til overfladen og består af høje koncentrationer af mikroorganismer. Der findes ikke i litteraturen oplysninger om dette er et problem i forbindelse med torskeopdræt, men anbefales i starten indtil dets nødvendighed er blevet belyst. Der findes anordninger til dette formål (se tegning på Fig. 2.9), som kan laves af 2 PVC rør, hvor det ene er bøjet i U-form og lukket i enderne.

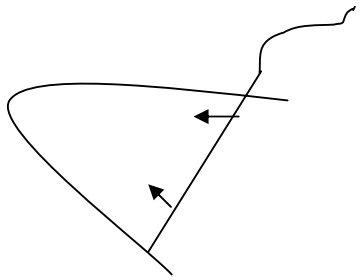

Fig. 2.9. Anordning til at 'skimme' overfladen.

Det andet er svejset ovenpå U-røret, på tværs af 'U' åbningen. På tværrøret laves der en række huller, den ene ende lukkes, mens den anden ende kobles til en luftpumpe-/luftsystemet. Dyserne skal pege skråt nedad mod vandoverfladen, således at luften 'skubber' overfladevandet mod den lukkede ende af U-formen, og overfladefilmen opsamles her. Med en kop kan den opkoncentrerede film fjernes et par gange om dagen. Konstruktionen er simpel, men meget effektiv.

Karstørrelsen har stor betydning for fiskemiljøet og for produktionsdrift i et klækkeri. Mange vælger mange kar med små volumener (300-1000 l). Fordelen er at man kan koncentrere sig om de kar hvor fiskene trives og kassere resten uden det store tab. Til gengæld kræver mange små kar en masse arbejdstimer til rengøring, til en nøje daglig justering af byttedyr i karrene, osv. De er også dyrere i investering. I nogle virksomheder

har man valgt at anvende få, store kar for på den måde at producere flere fisk på en gang uden større arbejdskraftbehov. Til gengæld vil et svigt i produktion i et kar betyde stort tab af yngel og sandsynlighed for at resten af anlægget står tomt pga. den manglende produktion af yngel til videre opdræt.

Øvrige opdrætsbetingelser

Turbulens er vigtig for larvernes muligheder for at fange byttedyr (18). I naturen dør der 10% larver pr. dag, En del af den høje dødelighed kan tilskrives sult - at de ikke fanger nok byttedyr. Dette kan skyldes lav byttedyr tæthed eller en meget spredt forekomst af byttedyr. Derfor er høj kontakt-hyppighed mellem byttedyr og fiskelarve vigtig. Kontakthyppigheden stiger med stigende turbulens til et maksimum, hvorefter den falder (19, 20). En høj kontakthyppighed kan således opnås dels ved høje byttedyrskoncentrationer, og dels ved turbulens i karret.

I tilfælde hvor der tilsættes alger bør lysintensiteten øges for at sikre, at algerne overlever og vokser langsomt i karrene. I intensive systemer anvendt i USA, hvor torskeæg blev inkuberet i totalt mørke, blev lysintensiteten for fiskelarverne øget til 0,126 µEinsteins/m²/s i løbet af opdrætsperioden (7). De blev holdt i kontinuerligt lys.

Saltholdigheden er de totalt opløste uorganiske salte i vandet og registreres som g salte per kg vand, således at 1 g salte pr. kg vand er 1‰. Saltholdigheden bør være mellem 31-35 ‰ og ikke under 20‰.

pH er et mål for surhedsgraden i vandet. En pH på 7 er neutral, højere tal indikerer basisk, lavere end 7 sur. pH bør holdes omkring 8,0 (7,7 – 8,5) (2).

Iltmætningen bør ligge mellem 70% og 140% (2). Utilstrækkeligt iltindhold i vandet er sundhedsskadeligt for fisk og kan være årsag til nedsat vækst eller sygdom. Overmætning kan være et problem for fiskelarverne, specielt hvis vandet er mættet med kvælstof. Problemerne kan reduceres ved at øge vanddybden eller sænke temperaturen. Iltforbruget (Q) i larvestadiet frem til omkring 1,3 mg tørvægt er fundet til :

$$Q = 1{,}827 DW^{1{,}107}, \qquad (2.1)$$

hvor DW er larvetørvægten (16).

Kuldioxid udvikles af alle levende organismer ved deres stofskifteprocesser. I vand vil en del af den udviklede kuldioxid findes som frit kuldioxid (CO_2) mens resten vil findes som hydrogenkarbonat ion (HCO_3^-). Balancen mellem de to former bestemmes af pH værdien, temperaturen og det atmosfæriske tryk. Højt kuldioxidindhold i vandet sænker pH i vandet og i blodet, og hæmmer dermed blodets iltoptaglse fra vandet. I iltmættet vand kan et kuldioxidindhold op til 10mg/l tolereres.

Problemer med ammoniak i karrene kan undgås hvis niveauet i karrene holdes under 0,005 mg NH_3/l.

Frit klor i vandet bør undgås. Da klor, i form af natriumhypoklorit (Klorin®), anvendes i opdræt til rensning og desinfektion af kar og udstyr bør udstyret renses godt før det anvendes til fisk. Selv meget lave indhold på 0,1 – 0,3 ppm (svarende til ca. 1ml Klorin opløsning pr. 1000 l vand) er skadelige for fisk.

Tungmetaller er toksiske for fisk, selv ved lave koncentrationer, og bør derfor undgås. Kilder er spildprodukter fra industrien eller pumper/rør/andet udstyr med indhold af f.eks. kobber eller lign. metaller. For at undgå forurening med tungmetaller anvendes udstyr af plast eller syrefast rustfrit stål.

Turbiditeten er et mål af vandets lysgennemtrængelighed og dermed for mængden af suspenderet stof i vandet i form af silt, fækalier og foderrester. Disse partikler er grobund for bakterier, som dermed øges i antal og forbruger ilt i vandet. En øget turbiditet kan også give irritation af hud og gæller hos fisk, ændre lysforhold i karrene, og kan øge sygdomsrisikoen. Partikulært materiale kan fjernes ved en god mekanisk filtrering (2).

Opdrætsbetingelser i intensivt larve opdræt:

- Tæthed: 50 – 200 larver/l
- Lys: Ved algetilsætning og ingen vandudskiftning skal der være en højere lysintensitet for at holde algerne i (lav) vækst (eg. 2 x40W neonrør ca. 50 cm fra overfladen), mens ved daglig algetilsætning og vandgennemstrømning behøver lysintensiteten ikke være så høj.
- Temperaturen: Langsom/trinvis opvarmning fra æginkubationstemperatur (6-8ºC) til 9ºC i blommesæksfasen til 14ºC ved etableret first-feeding.
- Turbulens: Igennem beluftning, svag opadgående strøm, ikke for kraftig.
- pH: ca. 8
- Saltholdighed: 31-35‰ (ikke under 20‰).
- Iltmætning: 70-140%
- < 0,005 mg NH_3/L.

Sikkerhedsforanstaltninger

- Hygiejne: Hyppig rengøring efterfulgt af desinfektion af kar og udstyr. Desinficeringsmidler består af bl.a. klorin, varme, damp, formalin. Overflade- rensning af vand i opdrætskar. Anvendelse af separat udstyr pr. kar.
- Begrænset adgang til forskellige faciliteter, brug af fodbad, ingen overførsel af udstyr imellem enheder.
- Vandbehandling af indkommende eller recirkulerende vand. Denne omfatter filtre, UV, ozon.
- Vandbehandling af spildevandet.
- Rent foder
- Hurtig og ansvarlig deponering af døde organismer for at forhindre infektions- og sygdomsspredning.

Vækst

Hos larver måles længde som ”standard-længde” (SL) fra snudespidsen til enden af rygstrengen, mens den hos metamorfoserede individer og ældre individer måles som ”totallængde” (TL), fra snudespids til spidsen af halefinnen.

Væksten kan beregnes enten som længde vækst eller som vægt vækst (baseret på enten våd vægt (VV) eller tør vægt (TV). Tørvægtsbestemmelse er vanskelig på fiskelarver pga. den lave vægt, men vil kunne beregnes ud fra formlen:

$$TV = 0{,}000366 * SL^{3{,}5914} \qquad (2.2)$$

(mg), hvor SL er standardlængden i mm (2).

Væksten kan udtrykkes dels som absolut vækst i mm/dag eller µg/dag eller som specifik vækstrate i %/dag baseret på enten længdemål eller vægtmål.

Den specifikke vækstrate {SVR } beregnes ud fra:

$$SVR = 100(e^{g} - 1) \qquad (2.3)$$

hvor g (der også kaldes den instantane vækstrate) fås fra:

$$g = \frac{\ln V_2 - \ln V_1}{t_2 - t_1} \qquad (2.4)$$

hvor V_1 og V_2 er start (tiden t_1) og slut (tiden t_2) længde eller vægt.

Temperatur-afhængig vækst

Temperaturen er den faktor, der har størst betydning for væksthastigheden. Torskens optimale temperatur for vækst ændres med alderen, og det er i opdrættet vigtigt at udnytte denne viden for at opnå størst vækst og bedste foderkvotient. For torskelarverne er temperaturoptimum mellem 14 og 16ºC i

perioden 2-56 dage efter klækning (4-40 mm; 0,03-100 mg). Sammenhængen mellem temperatur og væksthastighed er i (14) fundet at være:

$$SVR = -0{,}837 + 1{,}981T - 0{,}00250T^3 \qquad (2.5)$$

Vækstraten er størst når fiskene er omkring 1 mg, og den største vækst sker i intervallet 0.1-1 mg med en specifik vækstrate op imod 25%/dag. Vækstraten falder til omkring 7%/dag, når fiskene når omkring 100 mg i vægt.

Temperaturen ved klækning bør være 5-7ºC og ikke over 10ºC (2). Derfor bør der være mulighed for en langsom opvarmning igennem blommesæksfasen fra klækketemperatur på 5-7ºC til larveopdrætstemperatur på 12-14ºC.

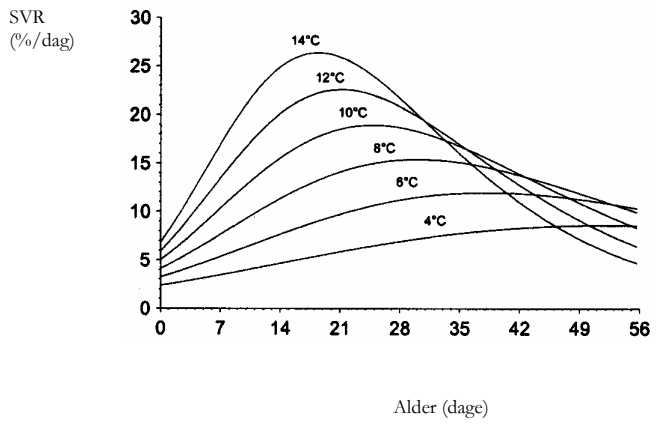

Fig. 2.10. Beregnet specifik vækstrate for torskelarver (14).

Som tommelfingerregel kan man sætte nogle mål for væksten hos larverne, således at hvis de ikke når den forventede vækst i løbet af de første 10 dage, så bør larveholdet kasseres, og der gøres plads til et nyt forsøg. Således kan man have følgende mål for væksten:

Ved en temperatur > 6 ºC bør SVR være > 8% (2) og ved en temperatur > 8 ºC bør SVR være > 10% (14). Dette kan bruges som en pegefinger for udviklingen i et opdræt, hvor man kan beregne en forventet minimum størrelse ved et givet tidspunkt for en given batch og bruge denne som beslutning for, om man fortsætter med opdrættet eller man bør starte på ny.

Tabel 2.5. Den forventede minimum vægt og længde efter 10 dages fodring for torskelarver opdrættet ved forskellige temperaturer. Beregning er baseret på vægt-specifikke vækstrater fra Otterlei et al. 1999, en startlængde på 5 mm (ca 3-5dg. gamle) og længde-vægt relation fra ligning 2.2.

Vandtemperatur (ºC)	SVR (%/dag)	TV (mg) efter 10 dages fodring	Længde (mm) efter 10 dages fodring
>6	8	0,26	6,19
>8	11	0,34	6,69
>10	14	0,44	7,20

Energibehov

Det daglige energibehov for den enkelte larve er afhængig af vækstraten, som er primært afhængig af temperaturen. Larverne spiser en daglig ration der svarer til 40 - 160% af deres tørvægt (21).

2.4. Levende foder produktion

Produktion af alger i intensive systemer

De algearter der anvendes i akvakultur er generelt fritlevende nannoplankton i størrelsesinterval 2-20 µm. Hyppigt anvendte alger i kultur som foder til hjuldyr eller til copepoder er *Isochrysis galbana*, *I. affinis galbana* (klonen "T-iso"), *Pavlova lutheri*, *Tetraselmis suecica*, *Chaetoceros gracilis*, *C. calcitrans* og *Nannocholoropsis occulata*.

De fleste kulturer, der anvendes i akvakultur indeholder også bakterier i små mængder. Dette er som regel ikke noget problem så længe algerne er i vækst, men bakterierne kan udkonkurrere algerne hvorefter kulturen kollapser. Kontamination med ciliater kan også være et problem og forårsage kultur kollaps.

Stamkultur og starterkultur

Algekulturer holdes ofte i små mængder i et reagensglas, hvorfra en kultur startes (startkultur). Disse kulturer holdes så sterilt som muligt. Dette betyder at alle varer der kommer i kontakt med kulturen autoklaveres (steriliseres ved 120ºC i 20 min) og saltvandet pasteuriseres (82ºC ved 1 bar i 30 min) inden brug. Pipetter, glashalse osv. steriliseres enten ved brug af sprit eller flamberes over en åben flamme i forbindelse med overførsel af algen fra en beholder til en anden. Halvdelen af startkulturen overføres sterilt til en ren beholder som suppleres med samme volumen sterilt saltvand tilsat næringssalte. Næringssalte blandes efter kendte opskrifter; f/2 eller Conway media (40, 41) er blandt de mest anvendte. Kulturen kan efter nogle dage igen suppleres med sterilt saltvand, således at volumen fordobles med nogle dages mellemrum.

Batchkultur

Når volumen er omkring 1 liter tilsættes der sterilfiltreret luft (0,2µm) således at kulturen bobles igennem og kulturen omrøres. CO_2 tilsættes kulturen kontinuert eller et par gange dagligt. Kulturen kan herefter høstes jævnligt ved at udtage et volumen med alger og tilsætte det samme volumen sterilt saltvand tilsat næringssalte. Fortyndes kulturen for

meget ved supplering af saltvand, kan den akklimatiseringsfase, hvor algerne er få og vokser langsomt vare for længe med stor risiko for at bakterierne overtager kulturen. Holdes kulturen i dens eksponentielle fase deler cellerne sig aktivt og er ikke næringssalt-begrænset. Hvis kulturen suppleres jævnligt med saltvand kan den opretholdes i denne fase. Dog vil det være nødvendigt at skifte jævnligt over til nye, sterile beholdere fordi algevæksten på flaskesiden vil nedsætte den mængde lys der trænger igennem og væksten vil falde. Hvis kulturen ikke fortyndes vil den eksponentielle vækst ikke kunne opretholdes pga. lys og næringssalt begrænsning. Den vil derefter holde op med at vokse og med tiden dø ud.

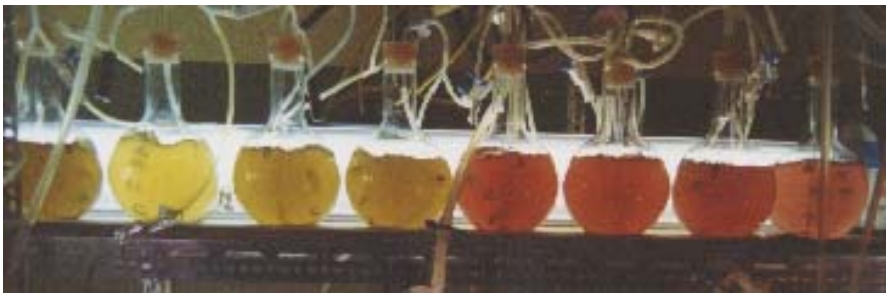

Fig. 2.11. Algekultur i glas kolber som kan steriliseres. Igennem silikone proppen er der kobling til luft og $C0_2$, saltvand og næringssalte samt mulighed for manuel aftapning. Lysstofrør i baggrunden. Foto: Josianne G. Støttrup.

Fig. 2.12. Algekultur i Nalgene® flasker som kan steriliseres. Igennem låget er der kobling til luft, $C0_2$ (bemærk sterilt luftfilter), næringssalte og saltvand samt mulighed for manuel aftapning. Lys fra lysstofrør i baggrunden. Foto: Josianne G. Støttrup

I akvakultur hvor der skal produceres store mængder alger hver dag, anvendes store engangsposer til algedyrkning i batchkulturer. Poserne anbringes i stativer for at holde på formen når de er fyldt med vand. Poserne flydes op med sterilfiltreret (0,22 µm) saltvand (kan også være UV-behandlet), og næringssalte tilsættes, hvorpå der tilsættes alger nok til at de umiddelbart kan vokse eksponentielt. Luft og CO_2 kan tilsættes ved at man punkterer posen tæt ved bunden med en mikropipette som er sat på luftslangen. Pipetten sidder fast i hullet som dermed forhindrer tab af alger. Andre foretrækker at anvende et langt rør der sættes ned fra oven for at sikre at der ikke sker uheld og tab af alger. Efter et antal dage (oftest 5-8 dage afhængig af temperatur, lysforhold og algearten) har algekulturen nået den ønskede koncentration, og posen høstes.

Fig. 2.13.
Dyrkning af alger i poser i et semi-kommercielt forsøgsanlæg. Foto: Josianne G. Støttrup

Kontinuerlig kultur

I kontinuerlige kulturer tilsluttes pumper til kontinuerlig tilsætning af sterilt saltvand og næringssalte. Da volumen i beholderen holdes konstant vil det tilsvarende volumen der tilsættes produceres. Algevæksten kontrolleres igennem fortyndningsraten. Oftest er $C0_2$ dosering automatisk, og der overføres en konstant daglig dosis eller dosering kontrolleres af en pH meter. Kontinuerlige kulturer kan holdes kørende i over 1 år selv om de ikke er bakteriefrie; bare de er frie for ciliater og andre kontaminanter (43). Der stilles derfor krav

til en steril og tæt beholder, og produktionen løber igennem et dråbeglas for at forhindre uønskede organismer at trænge ind i kulturen.

Fig. 2.14. Kontinuerligt algedyrkningssystem på Nordsøcentret, producerende dagligt 60 liter af hhv. *Isochrysis galbana*, *Rhodomonas baltica* og *Tetraselmis suecica*. Den daglig pasning bestod af en pH måling. Rengøring af den indre del af beholderen var overladt til en population af *Tisbe holothuriae*. Kulturen fungerede uafbrudt i 7 måneder før den blev taget ned og flyttet. Foto: Josianne G. Støttrup.

Algevækst

Væksten i en algekultur kan følges ved at tælle celleantal i et volumen på forskellige tidspunkter. Tællingen kan foregå under mikroskop ved anvendelse af et tællekammer specielt designet til at tælle blodceller med, men som også er velegnet til tælling af enkelte algeceller. Mikroalgeceller kan også blive større frem for at dele sig, men denne vækst registreres normalt ikke i akvakultur, hvor man primært interesserer sig for celledeling som vækstmål.

Fordoblingstiden DT kan beregnes ved :

$$DT = \log(2)/([\mathrm{Log}\,(C) - \mathrm{Log}\,(C0)]/(t-t0)). \qquad (2.6)$$

Vækstraten for en algeart kan variere meget og fordoblingstiden varierer fra <1 – ca. 3/dag selv under stabile kulturbetingelser, dvs. stabil lysintensitet og temperatur. Fordoblingstiden for de fleste arter ligger på omkring 1.

Temperaturen er vigtig for kulturen, idet den optimale temperatur er forskellig for forskellige arter. De fleste arter vokser dog godt ved 25ºC, en pH omkring 7-7,5, en saltholdighed på 25-30‰ og kontinuerligt lys på 130-160 µEinstein/m^2/sek. Beholderen skal være gennemsigtig for at tillade at lyset trænger igennem og bør ikke være for tyk, da algerne ellers vil skygge for hinanden og blive lysbegrænset på trods af omrøring i kulturen.

Vandloppe produktion i ekstensive systemer

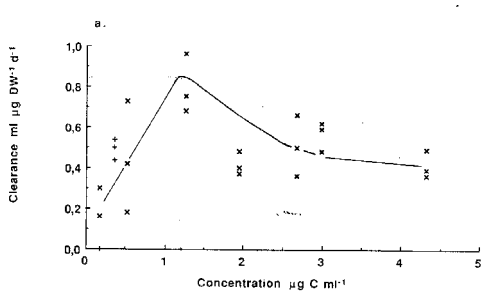

Fig. 2.15. Vandloppe filtrationsrate i relation til algekoncentration i mediet. Fra (22).

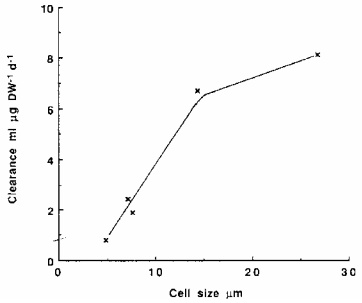

Fig. 2.16. Den maksimale vandloppe filtrationsrate i forhold til stigende algestørrelser. Fra (22).

Vandlopper produceres i selve fiskelarvebassinet eller i et separat bassin, hvorfra de filtreres, opkoncentreres og overføres til fiskelarve-bassinerne efter behov. De pelagiske vandlopper filtrerer vandet for alger. Den mængde de filtrerer er afhængig af bl.a. vandloppestørrelse, alge-størrelse og algemængden i vandet (22). Filtrationsraten stiger med stigende algemængde til et maksimum hvorefter den falder (Fig. 2.15). Maksimum filtrationsraten stiger ved større algestørrelse til et maksimumniveau (Fig. 2.16). Blandt de hyppigt forekommende arter i danske farvande er særligt *Acartia tonsa* blevet studeret (22). Den maksimale filtreringsrate ved forskellige algestørrelser blev målt til 4,4 ml/ind/dag på små alger (5 µm) og 41,4 ml/ind/dag på større alger (27 µm) (estimeret fra (22) hvor der er omregnet fra ml/µg tørvægt/dag til ml/ individ/dag). Dette betyder, at et individ kan filtrere mellem 106 – 994 ml i døgnet ved en algekoncentration med maksimal filtrationsrate. Fødeindtaget i de samme forsøg svarede til et dagligt indtag mellem 3.3 - 8.3 µg C per ind. Når vandloppen er voksen standser den somatiske vækst, og foderet udnyttes til ægproduktion. Ægproduktionen varierer fra 618-1673 ng C/♀/dag svarende til en daglig produktion på 14-37 æg/♀ (estimeret for *A. tonsa* på 4 forskellige alger (22)).

Primærproduktionen i et område som Kattegat ligger på omkring 500 mg C/m³/dag i sommer-halvåret med en forårstop på 2500mgC/m³/dag, og en mindre efterårs-top (Kattegat 82-92, Nordjyllands Amt, (23)). Denne produktion er rigelig til at dække vandloppernes behov.

Hvis man antager, at føden er ikke begrænsende for vandlopperne, at den ægproducerende population er på 50/l, at den gennemsnitlige ægproduktion er på 25 æg/♀/dag samt at 70% af æggene klækker til nauplier, kan man forvente en produktion på 875.000 nauplier/m³/ dag, hvilket vil være tilstrækkeligt til en produktion på 1-2 torskelarver/l i de første 15-20 dage.

Risikoen for overførsel af parasitter som bruger vandlopper som mellemvært er høj når vandlopperne høstes direkte fra naturen og fodres fiskelarverne. En metode der nedsætter denne risiko er at starte bassinerne et stykke før tilsætning af fiskelarverne og lade de voksne påbegynde nauplieproduktionen før man tilsætter fiskelarverne. De nyklækkede fiskelarver spiser nauplierne som ikke indeholder parasitter. Overførsel af parasitter kan forhindres ved opstart af vandloppekulturen fra hvileæg som får lov at overvintre i mudderlaget i bassinbunden. En alternativ metode er at dyrke vandlopperne i et separat bassin og bruge nauplierne herfra til opstart af bassinerne til fiskelarveopdræt.

Hjuldyr produktion i intensive systemer

Hjuldyr produceres som regel i **batch kulturer**. Der er udviklet forskellige produktionsmetoder. Herunder beskrives den produktionsmetode som virker mest stabil (24,25). *Brachionus plicatilis*, som er den art der størrelsesmæssigt bedst egner sig til torsk, vokser bedst ved 20-25ºC. En femtedel af en kultur anvendes til at starte en ny kultur op med forholdsvis lav tæthed, 200-300 individer/ml. Der fodres 3-5 x dagligt med bagegær opslemmet i vand (1-4 g pr. million dyr), og der tilsættes dagligt saltvand, således at tætheden bevares eller stiger svagt (op til 500 dyr/ml). Dette forhindrer for meget foderspild, som kan forårsage dårlig vandhygiejne og et efterfølgende kollaps af kulturen. Efter 4-5 dage har man så en kultur med femdobbelt volumen og en hjuldyr tæthed på 300-500 dyr/ml. Beholderen tømmes, og de opkoncentrerede hjuldyr 'skylles' i ferskvand i ca.15 min. for at fjerne ciliater og andre ikke-ønskede organismer. Hjuldyr kulturen kan trives på gær alene, men gærfodrede hjuldyr kan ikke direkte anvendes som foder til marine fiskelarver, da deres næringsværdi er meget ringe. Derfor skal de før anvendelse beriges med en egnet berigelses-emulsion f.eks. Algomac® eller Super Selco®. Begge produkter indeholder rigeligt med polyumættede fedtsyrer og er lige egnede. I nogle tilfælde beriges hele kulturen, og så opdeler man kulturen med ca. 4/5 som fodres til fiskelarverne, og den resterende 1/5 anvendes til opstart af ny kultur. Den tomme beholder vaskes, skylles og fyldes med 10 ppm Klorin® (natriumhypoklorit) (= 10ml Klorin pr. 100 liter beholder) i 24 timer. Tilhørende udstyr såsom filter osv. lægges i beholderen til samtidig desinficering. Derefter skylles beholderen og det tilhørende udstyr grundigt før den næste kultur startes op. Beholderens størrelse kan variere fra 3 – 10 m^3.

I starten er det 'normalt' med kollaps af en kultur pr. uge, og derfor må man overproducere for at reducere risikoen for at mangle levende foder en dag. Her er valget af små, men flere kar en

bedre strategi. I tilfælde hvor der findes stort kendskab og erfaring blandt medarbejderne, kan karrene være større og færre, hvilket reducerer arbejdsbelastningen.

En anden mulighed er kølig opbevaring af en overskudsproduktion i tilfælde af svigt i systemet. Hjuldyr opbruger primært lipider, især de flerumættede lipider, når de sulter ved høj temperatur. Faldet i energiindholdet er korreleret til stigende temperatur, og dermed vil en kølig opbevaring bremse faldet i næringsværdien.

Det tilrådes, at berigning sker ved lav temperatur, idet hjuldyr opkoncentrerer 3-5 gange mere total fedt ved 10 ºC end ved 25 ºC (26). De opkoncentrerede og skyllede hjuldyr kan overføres direkte i beholdere med vand af en lavere temperatur, klar til berigningsprocessen. I opdrætssammenhæng kunne proceduren være som skitseret i Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Forventet batchforløb ved produktion af hjuldyr ved 25°C i et 3m³ kar med en start kultur på 200 hjuldyr/ml i 600 l og en vækst på 0,5. Produktionen er her 255 millioner hjuldyr/m³ på fem dage.

Dag	**Beskrivelse**	**Temperatur**	**Hjuldyr koncentration/ml (> d2, før volumen justering)**	**Volumen**
1	Opstart	25 ºC	200 (total: 120 mio. hjuldyr)	600 l saltvand
2	Kultur	25 ºC	330	1200 l
3	Kultur	25 ºC	272	2500 l
4	Kultur	25ºC	215	3000 l
5	Høst	25ºC 10 ºC	296 (887 mio. hjuldyr)	
	Rens,15 min	8- 10ºC ferskvand	alle hjuldyr	
	Berigning, 6-8 t check	10ºC saltvand	alle hjuldyr	1000 l
	Fodring til larver eller opbevaring	larve kar/ opbevaring v.10ºC.	767 mio. hjuldyr, opbevaring max 1000/ml, +luft, – fodring.	
	Opstart ny kultur	25ºC	120 mio. hjuldyr	600 l

Der er også udviklet kontinuerlige systemer til dyrkning af hjuldyr, men disse vil kræve et godt kendskab til hjuldyr og til produktion af levende organismer, før der kan sikres en stabil produktion.

Produktion af Artemia nauplii

Fig. 2.17. Høst af Artemia cyster fra Great Salt Lakes i USA.. Billedet fra:http://allserv.rug.ac.be/~jdhont/et/courses/artemia/arc02.htm

Cyster af saltsøkrebsen *Artemia* høstes fra store saltvandssøer, som vist på luftfotografiet til venstre fra Great Salt Lakes i USA. Cysterne flyder på overfladen hvorfra de indsamles, dehydreres og sælges. Great Salt Lakes (GSL) *Artemia* nauplii er velegenede til opdræt af torsk. De forhandles i dåser, og der afvejes det antal gram der svarer til den mængde man ønsker klækket. Det forventede antal æg pr. g tørstof samt temperaturafhængig klækningsprocent angives normalt sammen ved købet. Artemia leveres enten med den yderste skal, enkapsulerede, eller med den yderste skal fjernet (dekapsulerede).

Dekapsulerede cyster foretrækkes af flere grunde (44):

- Den yderste skal er befængt med bakterier, svampe og andre organiske kontaminanter som fjernes igennem depkapsuleringsprocessen.
- Ved dekapsuleringen fjernes de tomme skaller som ellers kan havne i fiskelarvekarrene og blive spist af fiskelarverne. Skallerne er ufordøjelige.
- Nyklækkede nauplii fra dekapsulerede cyster har et højere energiindhold og individvægt end nyklækkede nauplii fra ikke-dekapsulerede cyster.
- I nogle tilfælde forbedres klækningsprocenten ved dekapsulering.
- Der kræves mindre lysintensitet for dekapsulerede cyster.

Før dekapsuleringen skal cysterne hydreres, idet cysterne nemmere kan dekapsuleres når de er runde i formen. Dette gøres ved iblødsætning i ferskvand i 1-3 timer. Efter hydrering er cysterne runde i formen (Fig. 2. 18 + 2.19), og dekapsulering kan nu foregå mere effektivt.

Metoder til hydrering, dekapsulering og klækning er velbeskrevet i Manualer af *Artemia* Reference Systems og er summeret i tekstbokse i dette kapitel.

Procedure for iblødsætning:

- <100 g cyster per 1 l vand ved 25ºC.
- Konisk beholder med beluftning fra bunden.
- Beluftes i vandet i 1-3 timer indtil cysterne har indtaget den afrundede form.
- Opsamles på 125 µm filter og overføres til dekapsulering

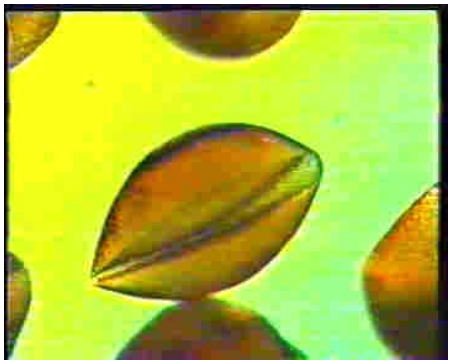

Fig. 2.18. En *Artemia* cyste før hydrering. Fra: http://allserv.rug.ac.be/~jdhont/et/courses/artemia/arc02.htm

Selve dekapsuleringen foregår ved hjælp af natriumhypoklorit. Efter processen skal sporene af natriumhypoklorit fjernes ved en deaktiveringsproces som beskrevet nedenfor. Det er vigtigt at sørge for at natriumhypoklorit fjernes fra vandet, da det er giftigt for de nyklækkede nauplier selv i små koncentrationer. Effektiviteten af denne deaktivering kan efterprøves ved at dyppe nogle cyster i en indikatorblanding, også beskrevet nedenfor. Billede 2.19 viser en hydreret *Artemia* cyst.

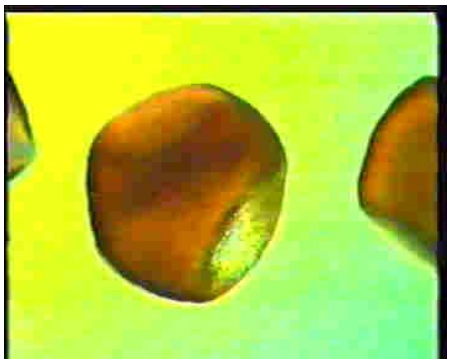

Fig. 2.19. Billedet viser en hydreret *Artemia* cyste, der har den afrundede form, der gør dekapsulering nemmere. Fra: http://allserv.rug.ac.be/~jdhont/et/courses/artemia/arc02.htm.

Procedure for dekapsulering:

- Natriumhypoklorit NaOCl (Klorin - frisk produkt 11-13% w/w; aktiv procentindhold falder med ca. 1%/måned ved kølig, mørk opbevaring); 0,5 g aktiv stof (= 5ml Klorin)/g cyster.
- En base for at holde pH>10 tilsættes som NaOH 0,15 g/g cyster.
- Saltvand indtil man får et slutvolumen på 14 ml/g cyster.
- Den afvejede mængde cyster kommes i.
- Det hele køles ned til 15-20ºC ved at sætte det hele i vandbad med is.
- Cysterne holdes i suspension vha. beluftning i 5-15 min.
- Kontroller temperaturen – den må ikke overstige 40 ºC.
- Når cysterne er blevet orange fjernes de fra hypoklorit blandingen på en 125 µm sigte og skylles i vand indtil klorlugten er væk.

Procedure for deaktivering:

- Cysterne dyppes (<1min) i 0.1 N HCl eller i 0.1% $Na_2S_2O_3$.
- Hældes i 125 µm sigte og renses i vand.

Korttidsopbevaring:

- 0-4ºC op til en uge.

Længere opbevaring:

- Cysterne dehydreres i saltopløsning
- 0-4ºC i en længere periode (> en uge op til ca. 1 år).

Artemia nauplier klækkes i kar med konisk bund, kraftig omrøring eller beluftning og belysning i løbet af 18-24 timer afhængig af stammen og temperaturen. Den optimale inkubationstemperatur for GSL *Artemia* er 25ºC. Der findes et hav af gode råd om specifikke emner såsom hvordan man separerer de døde æg fra de nyklækkede nauplier. På markedet findes der specielt udstyr (filtre) til nænsom opkoncentrering af dyrene. Det første nauplie stadie spiser ikke, og det nytter derfor ikke at berige dette stadium. Nauplierne vokser meget hurtigt, specielt ved 25ºC og samtidig falder energiindholdet dramatisk. Det optimale er derfor en synkron klækning. Umiddelbart efter

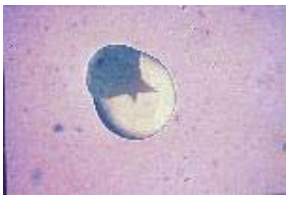

Fig. 2.20. *Artemia* nauplie ved at klække. Fra: http://allserv.rug.ac.be/~jdhont/et/courses/artemia/arc02.htm

klækning tømmes klækkekarret, nauplierne opkoncentreres og skylles kortvarigt i ferskvand og opbevares køligt (8-10ºC) inden de fodres fiskelarverne. Vokser *Artemia* nauplier igennem til metanauplie stadierne inden de bliver anvendt som foder, eller ønskes der fodret med større individer, kan de første metanauplie stadier med fordel beriges med Super Selco som er et velegnet berigningsprodukt, når *Artemia* anvendes til marine fiskelarver (For en kort beskrivelse af udviklingsstadierne hos *Artemia* se afsnit 2.2).

Forløb ved *Artemia* klækning:

1. Den mængde dehydrerede cyster der skal anvendes afvejes.
2. Cysterne hydreres
3. Cysterne dekapsuleres
4. Cysterne deaktiveres
5. Cysterne klækkes
6. Nauplier og cyster skilles ad ved høst af nauplier
7. Nauplier fodres direkte til fiskelarver eller
8. Nauplier vokser videre til metanauplie stadier (8-12 timer) og de fodres/beriges med f.eks. Super Selco.

3. Fodring af torskelarver

3.1. Larvestadiet

Byttedyrstørrelse

Allerede i larvestadiet er fodringsstrategien vigtig, idet foderstørrelsen kan bruges til at regulere væksten og dermed mindske størrelsesvariationen. Larverne har en meget høj vækstrate op til 20%/dag. De larver der er i stand til at indtage de største byttedyr får en hurtigere vækst og dermed større overlevelse end larver med en lavere væksthastighed. Hvis en fiskelarve har svært ved at fange eller indtage foderet fordi det er for stort, vil den bruge mere energi på at fange og bearbejde byttedyret og dermed vokse langsommere end de øvrige larver. Ved at holde max. størrelsen af byttedyrene indenfor et størrelsesspektrum der passer for alle fiskelarver i gruppen, kan man undgå en for stor størrelsesspredning.

Tabel 3.1. Levende foder anvendt til torskelarver i intensiv opdræt. SL er standard længde, TL er total længde (14).

Larvestørrelse i mm (SL)	Naturlig zooplankton størrelse i µm (TL)
<12	80-250
12-15	80-350
>15	80-2000

I eksperimentelle, intensive systemer i Norge er torskelarver blevet fodret med naturlig zooplankton af forskellig størrelse afhængig af larvernes størrelse (Tabel 3.1; 14).

Det er påvist at torskelarver i naturen i størrelsesintervallet 4-10 mm (SL) indtager partikler i størrelsesintervallet 80-400 µm (TL).Større larver op til 14 mm var i stand til at indtage partikler helt op til 1200 µm (TL) (Tabel 3.2; 27). I opdræt er det mest hensigtsmæssigt at fodre med et snævrere størrelsesinterval. Specielt bør man undgå at anvende organismer, som størrelsesmæssigt ligger i nærheden af den øvre grænse for hvad larverne er i stand til at fange og indtage. Denne strategi mindsker størrelsesforskellen mellem fiskelarverne fra

Tabel 3.2. Størrelsesforekomst af naturlige foderorganismer i maver på vilde torskelarver. (27)

Larvestørrelse i mm (SL)	Naturlig zooplankton størrelse i µm (TL)
4 - 10	80 – 400
10 - 14	200 – 1200
- 200	- 1800

samme hold. En for stor størrelsesspredning hos fiskelarverne fremmer kannibalistisk adfærd.

I opdrætsforsøg i USA, hvor torskelarverne fodres med hjuldyr og Great Salt Lakes (GSL) *Artemia* nauplier, er størrelsesintervallerne for byttedyr rimelig snævre, da man anvender én hjuldyr art og en stamme af *Artemia*. Et snævert størrelsesinterval af byttedyr kan være en fordel fordi det hjælper til at udjævne væksten hos fiskelarverne og dermed bevare et lille størrelsesinterval hos denne gruppe. Med *Artemia* kan man opretholde snævre størrelsesintervaller over et stort størrelsesspektrum ved at lade dyrene vokse til den ønskede størrelse inden man anvender dem som foder og samtidig sørge for at overskudsfoderet skylles ud.

Byttedyrtætheder

I ekstensive systemer er der oftest ikke mulighed for kontrol over dyreplankton tætheden. Selv korte perioder med ringe forekomst af byttedyr i den størrelse, der kan spises af fiskelarverne, kan være årsag til stor dødelighed og derved et ringe udbytte af opdrættet. For at dække sit energibehov, skal den enkelte fiskelarve være i stand til at indtage op til flere hundrede organismer dagligt. De små larver har en begrænset søgeafstand, og kan effektivt afsøge <0.1 l/time som små og op til 10 l/time når de er større (28; 29). Den rumlige fordeling af dyreplankton varierer dagligt både vertikalt og i mindre grad horisontalt (30). Zooplankton samler sig typisk i mindre områder med meget høje tætheder, såkaldte patches. Da der er alger tilstede i de ekstensive systemer, mister vandlopper ikke deres næringsværdi, og på grund af deres heterogene fordeling og fiskelarvens begrænsede søgeafstand er høje tætheder af byttedyr at foretrække. Det kan dog være et problem at sikre tilstrækkeligt med byttedyr i det ønskede størrelsesinterval, da vandlopperne i systemet vokser. Der vil ofte være perioder der er domineret af nauplier mens der i andre perioder hovedsageligt vil være voksne copepoditter. En del af kunsten i det ekstensive opdræt er derfor at synkronisere zooplankton størrelsesspektret med larvernes behov. Det kan gøres gennem at starte og tilføre gødning til det ekstensive system i en passende tid før larverne skal tilsættes. Det er således ikke nok at tælle det totale antal byttedyr, men det er nødvendigt at registrere størrelsesfordelingen og relatere det til fiskelarvestørrelsen.

Det er endvidere vigtigt at afpasse det antal af æg/larver man sætter ud i forhold til systemets ydeevne mht. produktion af byttedyr. I de tidlige norske ekstensive opdræt blev der sat så mange æg eller larver som muligt ud i bassinerne eller pollene i det håb at nogle ville overleve (>100 /m²; >20/m³) (31). Disse larver er dog konkurrenter om det samme foder, og foderet slipper hurtigt op. Dyreplankton mængden svigtede pludseligt, da fiskelarverne var omkring 15 mm i længden (16). Den resulterende kannibalisme gør systemet mindre effektivt, idet man hermed introducerer et ekstra led i fødekæden med stort energitab som følge. Denne tidlige kollaps i dyreplankton mængde og den efterfølgende kannibalisme kunne have været forhindret ved at reducere det antal larver der tilsættes bassinet/pollen i starten, eller ved tilsætning af ekstra foder (32). Problemet blev også forværret af, at der oftest blev udsat larver fra forskellige grupper (med forskellige størrelser) (2). Denne praksis blev standset midt i 90'erne for at reducere kannibalismen (31). Udsætning af flere hold larver i samme opdræt kan dog anvendes for lade de mindste larver omsætte en overskydende nauplieproduktion og senere tjene som føde for de ældre larver.

Et bassin på 2.500 m³ forventes at kunne producere 2,5 kg zooplankton dagligt (Knud Rasmussen, pers. komm.). Sætter man vandindholdet til 90% svarer det til 250 g TV /dag. Hvis nauplierne *vægtmæssigt* udgør 20% af dette, vil nauplii høsten af denne produktion kunne anvendes til at producere omkring 190.000 fiskeyngel de første 15 dage. I det videre forløb vil produktionen ikke kunne følge med, men der vil være mulighed for at supplere med *Artemia* nauplier eller indpumpet zooplankton. I et system hvor produktionen gerne skulle kunne følge med fiskelarvevæksten i bassinet, er det derfor nødvendigt, at det antal der sættes ud er væsentlig mindre end bærekapaciteten, således at foderet ikke bliver spist op i løbet af få dage. I intensive systemer fodres normalt med hjuldyr til en koncentration på 5 hjuldyr/ml. Der fodres op til 2 x dagligt. Hvis larvetætheden er høj (>100/l) vil der være mindre end 50-100 byttedyr pr. larve. Det betyder at hjuldyr tilsætningen ikke kommer til at dække behovet, og det kan resultere i lavere vækst og større problemer med kannibalisme. På den anden siden vil overfodring resultere i at der bliver hjuldyr tilbage i fiskelarvekarret, og de vil indenfor 1 døgn miste en stor del af deres næringsværdi. Ved meget høje fiskelarvekoncentrationer (op til 300 larver/l) blev der i et eksperimentelt opdræt fodret 4 x dagligt, og med hjuldyr mængder der svarer til 23/ml. Hyppig fodring er især vigtig i de tilfælde hvor der er høj vandgennem-strømning, og dyreplankton vaskes ud. Denne strategi sikrer til gengæld, at der hele tiden tilføres foder af høj næringsværdi

(nylig beriget), og at der er tilstrækkelig med foder i dagsperioden. I forsøget blev *Artemia* nauplier tilsat i mængder der svarer til 3-6 nauplier/ml ved hver fodring.

Fodringshyppighed

Hyppigheden varierer afhængig af fodertypen. Levende foder som produceres i laboratoriet og beriges mister som nævnt værdien af berigningen ved ophold i fiskelarvekarret. Derfor er det vigtigt, at foderet enten spises op eller at det 'vaskes ud' dagligt. I ekstensive systemer er der konstant foder til fiskene, og der skal sørges for en konstant høj koncentration af levende byttedyr af en passende størrelse. Er der utilstrækkeligt med foder må der suppleres med dyrkede organismer eller indpumpet zooplankton. I disse systemer er det ikke nødvendigt at berige foderet.

I intensive systemer hvor man udelukkende bruger hjuldyr og *Artemia* nauplier, er det nødvendigt dels at berige disse før fodring, og at disse ikke opholder sig i fiskelarvekarret i mere end 1 døgn. Her er hyppig fodring og god vandudskiftning, der fjerner overskudsfoder, en god strategi. Ulempen ved denne strategi er et stort foderspild, som kan være omkostningsfuldt for et klækkeri. Alternativet er en meget nøje kontrol af foderet og fodringen, men dette kan også være arbejdskrævende, giver problemer med opretholdelsen af god karhygiejne, og forudsætter brugen af færre, men større kar.

Fodring med levende byttedyr.
Ekstensive systemer:

- monitering (og evt. justering) af foderet mht. mængden af størrelsesrelevant fraktion (nauplier - copepoditter)

Intensive systemer:

- sikre tilstrækkelig (biomasse) foder af den rigtige størrelse
- flere gange daglig justering/tilførsel af nyberiget foder
- fjernelse af 'gammelt' levende foder i karret

4. Kannibalisme og aggressiv adfærd

Den tilgængelige fodermængde i et ekstensivt system er begrænsende for produktionen af juvenile. Kannibalisme reducerer det produktive potentiale af indtaget dyreplankton energi ved at tilføje systemet et ekstra led i fødekæden, hvilket svarer til at omkring 60% af indtaget dyreplankton energi går tabt ved tilføjelsen af dette ekstra led i fødekæden (16).

Kannibalisme skyldes genetiske og adfærdsmæssige årsager (33). Den genetiske årsag er de størrelsesforskelle som forårsages af genetiske forskelle i vækstrater. Størrelses-variationen er også den principielle årsag til aggressiv adfærd (agnostic behaviour, mobning), og det kan være svært at skelne mellem disse årsager. Størrelsesvariationen kan ses som både årsag og konsekvens af kannibalisme. Adfærdsrelaterede faktorer er social dominans, eller miljøfaktorer såsom begrænsede mængder af alternative byttedyr, næringsindholdet i det tilgængelige foder eller byttedyr, der ikke kan tilfreds-stille fiskelarvernes energibehov. Andre miljøfaktorer såsom populationstæthed, skjulesteder, lys og fodringsstrategi kan også have indflydelse på kannibalismens omfang. Nogle af disse faktorer har været undersøgt for torsk.

Størrelsesrelation

Kannibalisme hos torsk er som hos andre arter en størrelses-selektiv proces, der oftest begrænses af rovdyrets mundstørrelse (32). Kannibalisme problemet hos torsk bliver synligt, når fiskelarver når omkring 17 mm, lige omkring metamorfosen. Kannibalisme indtræder, når forholdet mellem max:min længde hos fiskene er 1,5 og er den største årsag til dødelighed når forholdet når 2 (32). Tilsyneladende har torsk i størrelsesintervallet 20-30 mm større sandsynlighed for at udvise kannibalistiske adfærd end ved andre størrelser pga. vækst karakteristika vedrørende forholdet mellem mundstørrelsen og kropshøjden eller længden. Symptomerne er en stor dødelighed og er ikke begrænset til de fisk, der bliver spist helt eller delvis af deres artsfæller, men omfatter også de fisk der dør pga. skader fra angreb og stress, selvom det her er vanskeligt at skelne mellem kannibalisme og aggressiv adfærd. Derfor er det vigtigt, at man sorterer efter størrelse, når fiskene er ca. 17 mm, og at man sørger for rigeligt med egnet foder.

Der er ikke observeret kannibalisme hos juvenile fisk på eller større end 10 g med en størrelsesforskel under 1,5 (32). Den generelle tendens til dominans af større individer med mobning af mindre individer gør det vigtigt med jævnlig størrelsessortering af fiskene.

Fodertilgængelighed

Torskelarver er mere selektive i forhold til deres byttedyr med stigende koncentrationer af byttedyr. Dvs. ved lave byttedyr koncentrationer øges deres søgeadfærd og samtidig falder deres selektivitet. Selvom tilstrækkeligt med foder ikke løser problemet med kannibalisme, medvirker det til at mindske problemet (34). I forsøg med sultede 0,2 g fisk (omkring 25 mm) kunne kannibalisme reduceres fra 4% til 0% i løbet at 2 uger, når de igen blev fodret med dyreplankton, samtidig med et markant fald i den naturlige dødelighed (primært fisk der dør af skader). Fortsat kannibalisme hos fisk der blev fodret med tørfoder blev tilskrevet en dårlig foderkvalitet og ikke et irreversibelt kannibalistisk træk. Foderet skal være optimalt, hvad angår størrelse, næringsindhold og tiltrækning, således at fiskene *foretrækker* det foder, der tilbydes.

Fisketæthed

Kannibalisme hos torsk er mindre udpræget ved lav fisketæthed. I forsøg med torskeyngel var kannibalisme mere udtalt ved 1000 fisk/m³ end ved 100 fisk/m³. Ved den høje tæthed blev der observeret et tab på 5% der skyldtes kannibalisme i løbet af 8 uger. Tabet på 5% er overkommeligt i en opdrætssituation, hvis man samtidig kan styre den oftest høje naturlige dødelighed der følger med kannibalisme eller aggressiv adfærd, hvor fiskene dør af skader fra angreb (32).

Kannibalisme kan undertrykkes ved

- opstart af larveopdræt med kun 1 hold ad gangen i samme kar/bassin
- størrelsessortering af individer (især omkring 17-20 mm)
- rigeligt med egnet foder (størrelse, mængde, næringsindhold, appetitlighed).

5. Tilvænning til tørfoder og fodring af torskeyngel

5.1. Foder tilvænningstidspunkt

I naturen har torsk et forholdsvis langt pelagisk stadie (2-6 måneder), og de juvenile fisk er store (30–100 mm i total længde) før de forlader den pelagiske zone og søger mod bunden. Denne ændring i habitat er knyttet til en diætændring til byttedyr på og lige over havbunden, samt ændring i mundformen således at overkæben bliver længere end underkæben.

I opdrættet ønskes tilvænning til tørfoder så tidligt som muligt for at afkorte den fase hvor fodring med levende foder er nødvendig. Samtidig kan en for tidlig tilvænning være årsag til stor dødelighed eller en væsentlig svækkelse af sundhedstilstanden hos torskeyngel. Derfor er tidspunktet for tilvænningen afgørende for en biologisk og økonomisk optimal opdrætsstrategi.

Der er udviklet et mikropartikulært produkt af firmaet Kyowa Hakko Kogyo, Tokyo, Japan (BioKyowa ™) som tillader at tilvænningen kan ske allerede fra dag 7. Foreløbig er produktet dog ikke anvendt i kommercielt opdræt idet der følger mange problemer med især at opretholde gode hygiejniske forhold i fiskelarvekarrene. Tilvænningen sker oftest over en periode, hvor man samtidig fortsat fodrer med levende foder (co-feeding). Mængden af levende foder nedtrappes med tiden indtil man kan fodre med tørfoder.

De fleste steder påbegynder man tilvænning til tørfoder, når fiskelarverne er 48- 57 dage gamle (fra klækning). Mængden af levende foder reduceres gradvist over 1 uge, mens der håndfodres med én til et par timers mellemrum eller kontinuerligt med automatiske foderautomater. Torsk foretrækker at tage foderet, mens det falder igennem vandsøjlen frem for at afsøge bunden for foder (35). Derfor er det vigtigt at sørge for regelmæssige 'drys' fra oven og i mængder, der bliver spist af torskene uden for meget spild. Det er dog

en fordel i den første periode at fodre manuelt i dagtimerne for på den måde at tilpasse behovet og sikre at alle fisk har 'adgang' til foderet.

I ekstensive opdræt kan tilvænningen gennemføres i larveopdrætsbassinerne, hvor der vil være naturligt plankton som supplement. Dette giver mulighed for at udskyde det tidspunkt hvor yngelen må overføres til opdrætskar. Derved kan dødeligheden ved overførslen reduceres. Når fiskeyngel er blevet tilvænnet tørfoderet kan man gå over til automatiske foderautomater og fodre i hyppige intervaller døgnet rundt (hvis lyset er tændt døgnet rundt) eller i lystimerne.

5.2. Tørfoder til tilvænning af torskeyngel

Som allerede nævnt er der udviklet et mikropartikulært produkt af firmaet Kyowa Hakko Kogyo, Tokyo, Japan (BioKyowa ™) hvor tilvænning fra dag 7 er lykkedes med BioKyowa 250-A (<250 µm). Foderet blev tildelt automatisk hver anden time sammen med *Artemia* nauplier, hvis mængde blev nedtrappet i løbet af 14 dage. Ved en længde på 13-15 mm blev torskelarverne tilvænnet BioKyowa A-400 (250-400 µm) og ved 18-20 mm til BioKyowa B-700 (400-700 µm) (Internet; www.umaine.edu/aquaculture/).

Firmaet Dana Feed har ligeledes udviklet et tørfoder til anvendelse i torskeopdræt. Dana Feed kan tilbyde to fodertyper som tørfoder til juvenile torsk: Dan-ex 1362 med 13% fedt og 62% protein og Dan-Pel 1656 som er et lignende granulat med lidt større fedtindhold og lidt lavere proteinindhold (16% fedt; 56% protein). Den mindste størrelse er 400 µm . Der arbejdes fortsat med videreudvikling af tørfoder til torskeyngel og Fig. 5.1. viser resultater fra et foderforsøg gennemført i 2001 med forskellig slags tørfoder til torskeyngel.

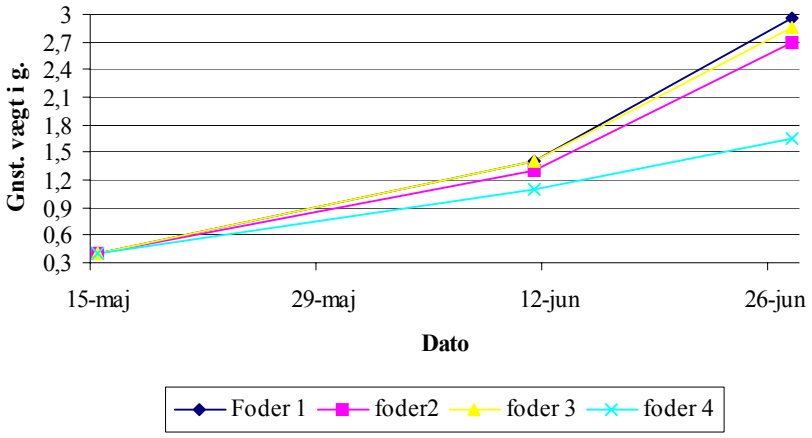

Fig. 5.1. Vækst hos torskeyngel på fire forskellige slags foder. (37).

5.3. Fodring af juvenile torsk

De tilvænnede juvenile kan efter tilvænning til tørfoder overføres til andre kar der egner sig til videreopdræt. Fisketætheden i karrene kan være større end ved tilvænningsstadiet hvor der er større behov for opsyn med hver fisk. Fisketætheden kan være op til 40-50 kg/m³ (van der Meeren, pers. komm.), men oftest vil det være mere fordelagtigt og med mindre risiko for tab at holde juvenile fisk ved betydeligt lavere tætheder. Fodrings-automater kan med fordel anvendes til fodring af torskeyngel. Der mangler dog systematiske undersøgelser der belyser forholdene mellem fisketæthed, vækst og dødelighed i de forskellige kartyper.

Tørfoder til torskeyngel

Dana Feed producerer et foder der er egnet til torskeyngel. Firmaet producerer ekstruderet foder ned til 1 mm i størrelsen, som dermed tidligere kan erstatte granuleret foder og reducere forekomst af støv og fine partikler i fiskekarrerne. Torskefoderet indeholder mindre fedt end et tilsvarende laksefoder og mangler pigment. Protein i foderet er den vigtigste kilde til energi (opbygning af muskel-væv og vedligehold), men er en kostbar energikilde. Fedt i foderet er vigtigt som energi til vedligehold, men behovet for fedt er ikke særlig højt og leveren påvirkes af fedtindholdet

og fedtsyresammensætningen i foderet. Kulhydrater er ikke vigtige som energikilde til torsk, men er en billig energikilde og et højt indhold i foderet resulterer i en høj foderkvotient. På nettet findes information om yngel og voksefoder til torsk (http://www.danafeed.dk).

Yngelfoderet (Dan-ex 1362) med et højt proteinindhold har vist sig at være vigtigt for en god vækst og overlevelse hos marine fiskearter, så som helleflynder, pighvar og torsk. Foderet som er i form af granulat fås i 5 forskellige størrelser: 0,4 – 0,6 – 1,0 – 1,3 – 1,8 mm, således at man kan fodre de voksende fisk med stadig stigende foderstørrelser. Foderets omsættelige energi ligger på omkring 4.000 kcal. Tabel 5.1. viser størrelsesforhold mellem foderet og fiskeyngel anvendt i et forsøgsopdrætsanlæg i UK.

Tabel 5.1. Størrelsesforhold mellem torskeyngel og foderstørrelse.

Fiskestørrelse (g vådvægt)	Fiskefoder type	Fiskefoder størrelse i mm
1-4	granulat	0,9 – 1,5
3-12	granulat	1,4 – 2,3
10 – 30	pellet	2,3
25-30	pellet	3,5

Trouw Aquaculture har også arbejdet med udvikling af et foder til torskeyngel og har 5 forskellige størrelser af granulatfoder og en pellet på 2,3 mm. Protein/fedt indholdet er hhv. 60 og 12%. Forsøg med forskelligt indhold af protein (48 og 58%) og forskelligt indhold af fedt (12 og 16%) viste ingen forskelle i vækst, FCR (Food Conversion Ration; foderkvotient) eller konditionsfaktor (36).

Fodring kan ske kontinuert via automater, der sikrer at foderet fordeles over hele karret. Fodringsmængden estimeres ud fra den totale fiskebiomasse i karret og den forventede totalvækst og justeres efterhånden for at sikre at fisken får nok at spise for at opnå den forventede vækstrate samtidig med at foderspildet er minimalt. Forholdet mellem den mængde foder der anvendes og kg fisk der produceres, foderkvotienten, er et udtryk for bl.a. hvor godt disse forhold styres i den daglige drift.

6. Sygdomme, forebyggelse og behandling

6.1. Sygdomsforebyggelse

For at forebygge sygdom er det nødvendigt at kende hvilke risici, der er i torske-opdræt. Mange af de sygdomsfremkaldende parasitter, bakterier og vira findes i havvandet, men det er ikke altid givet at deres forekomst er lig med sygdomsudbrud. Andre faktorer har således en afgørende betydning for sygdomsudbrud, som ikke umiddelbart forbindes hertil. Det drejer sig om fysiske forhold som temperatur, ilt osv., og biologiske forhold såsom hygiejne, ernæring, fisketæthed osv. Til sygdoms-forebyggelse hører dermed både sikkerhedsforanstaltningerne noteret i kapitel 2, optimale opdrætsbetingelser og en stabil drift med karantæne, desinfektion og god karhygiejne.

For enkelte sygdomme er der mulighed for vaccination som en supplerende foranstaltning. På sigt kan der være tale flere muligheder for sygdomsforebyggelse. Der arbejdes med udvikling af immunstimulerende stoffer og probiotika, der kan medvirke til at forhindre sygdomsudbrud og dermed medvirke til en stabil produktion og nedgang i brug af antibiotika.

Fiskesygdomme kan spredes på mange måder. Sygdommen kan introduceres i anlægget igennem vandet, igennem fiskeæg, fra fugle og deres afføring, igennem kunder, besøgende, transportvogne og sågar igennem de redskaber der anvendes på anlægget. Risiko for fiskesygdomme kan minimeres ved køb af æg fra sygdomsfrie farme og desinficering ved ankomst, eller hvis man producerer egne æg ved at kontrollere moderbestanden hyppigt for at sikre sygdomsfrie afkom. Hvor det ikke er muligt bør de holdes i karantæne, væk fra de andre fisk på anlægget. Besøgende på anlægget skal have rent tøj, og støvler/sko skal desinficeres ved indgangen til anlægget. Biler og besøgendes biler bør holdes væk fra anlægget, og transportbiler desinficeres før indgangen til anlægget. Alt udstyr på anlægget holdes særskilt og bruges på specifikke opgaver og i de respektive afsnit. Enkelt udstyr kan være

karspecifikt. Hvor det ikke er muligt at holde udstyr adskilt, bør det desinficeres efter brug eller så hyppigt som muligt.

6.2. Vaccinering

Fiskene vaccineres for at reducere risikoen for sygdomsudbrud og dermed nedsætte eller undgå brug af medicin. I akvakultur er vaccination økonomisk fordelagtig, idet det er langt billigere at forebygge end at behandle med medicin. Det er kun sunde fisk der kan vaccineres, og selvom vaccination ikke giver 100% beskyttelse, vil vaccinerede fisk have mindre risiko for sygdomsudbrud. Man har hidtil kun haft held med at fremstille vacciner mod bakteriesygdomme hos fisk, men der arbejdes på at udvikle vacciner både mod virus og parasitter (46).

Vacciner er antigener der stimulerer et specifikt immunrespons imod et bestemt patogen. Vacciner findes i tre former: levende, inaktiverede eller vektor vacciner (www.umaine.edu), men i Danmark anvendes kun inaktiverede vacciner. Patogener inaktiveres igennem varme, strålebehandling eller med formalin. Denne type vaccine skal indsprøjtes i hver fisk, og der anvendes forholdsvis store mængder vacciner for at sikre et immunrespons.

Der går minimum 3-4 uger efter vaccinering, før fisken har udviklet beskyttelse mod sygdommen. Her betyder det noget hvor stor fisken er når den vaccineres. Håndteringsstress i forbindelse med flytning og vaccinering kan i sig selv udløse sygdom, og vaccinering af syge fisk gør kun situationen værre. Vacciner har en begrænset holdbarhed, hvorfor fisken senere skal genvaccineres.

6.3. Sygdomme og deres behandling

Ved opdræt af fisk kan behandling ikke undgås. Nødvendig dosis og behandlingens varighed er oftest afhængig af temperaturen. Før der behandles skal der diagnosticeres i samarbejde med en dyrlæge.

Diagnostikken kan enten foregå på selve anlægget eller der kan sendes fiskeprøver til et laboratorium. Hvis der skal sendes prøver til undersøgelse eller diagnostik, kan døde fisk ikke bruges. Allerede efter 5 minutter er diagnostikken umulig. Fisken må ikke fryses, da det ikke kan bruges til histologiske eller bakteriologiske undersøgelser. Små fisk kan nemt transporteres i plastikposer fyldt med vand/ilt (1/3 vand og 2/3 ilt). Poserne ankommes i vandfast beholder (køletaske er egnet). Jo større fisken er, jo færre fisk kan der transporteres ad gangen. Fiskene pakkes med kølelegemer i bunden og på siderne for at holde temperaturen nede. Modtagelsen af pakken aftales for at sikre så kort en transporttid som muligt.

I det følgende omtales de hyppigst forekommende sygdomme i torskeopdræt, mulige behandlingsmetoder og forebyggelse. Informationerne stammer fra (2, 45, 46, 47), og forskellige steder på Internettet heriblandt (http://www.afip.org/vetpath/POLA/fish_diseases.txt og http://www.industry.fo/Evnir/Aling/VESO-fragreiingar/Delprosjekt%202%20-%20endelig%20rapport.PDF).

Parasitter

Torsk er udsat for en række arter af parasitter som lever inde i fisken (endoparasitter) eller på fiskens overflade (ektoparasitter). Til sidstnævnte hører mange arter fra forskellige grupper fra protozoer til krebsdyr. Følgende har der været mest fokus på i forbindelse med torskeopdræt. Der er enkelte parasitter der har været fundet på Østersøtorsk som ikke er nævnt her men information herom findes i (49).

Protozoer

Blandt de protozoer som forårsager sygdomme hos fisk er ciliater, flagellater og amøber. De fleste af disse er ektoparasitter og kan forårsage problemer af forskellig art. De kan invadere gællerne og huden og forårsage sekundære bakterielle infektioner samt stress. Gællerne reagerer med at cellerne vokser i størrelse, og ved dannelse af større mængder slim. Dette fører til problemer med iltoptagelse og osmoregulering. Ved invasion i huden sker der også en overproduktion af slim og sårdannelse. Sårene kan inficeres af bakterier der yderligere kan stresse fiskene.

Ichthyobodo spp.

Denne encellede flagellat, tidligere kendt som *Costia*, er observeret i torskeopdræt. Arten optræder i tre morfologiske former; en dråbe- eller pæreformet fastsiddende, en bønneformet fritsvømmende og en cysteform.

I den fastsiddende form fæstner den sig til celler på hud eller gæller. Den kan være svær at se i alm. mikroskop, men kan observeres i histologiske præparater som en pæreformet struktur (8-12 µm). Den ernærer sig normalt af dødt, afstødt cellemateriale, og når fisken er i sund tilstand er den i stand til at holde bestanden af parasitter nede. Når fisken svækkes af en eller anden årsag, er parasitten i stand til af formere sig hastigt og angriber da levende celler.

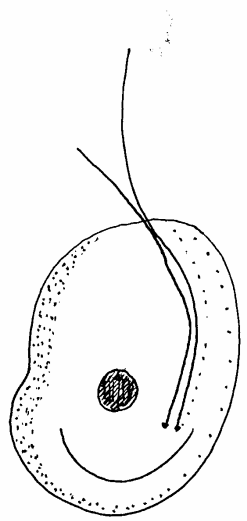

Fig. 6.1. Illustration af *Ichthyobodo*. Venligst udlånt af Dr. Kurt Buchmann, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg, DK.

Den fritsvømmende form (Fig. 6.1) har to par flageller, men det er kun det ene par lange flageller, der er synlige i mikroskopet ved observation af afskrabning af hud eller gæller. Det er sandsynligvis dette stadie, der er ansvarlig for smitteoverførsel. Cysten menes at blive dannet ved ugunstige miljøforhold i hud eller gællevævet. Der er usikkerhed om, hvorvidt arten også har en hvileform.

Trives i 10-20ºC, hvor der kan observeres store mængder fritsvømmende parasitter, mens aktiviteten falder markant under 8ºC , og den mindre skadelige cysteform dannes.

Iagttages på fisk der er urolige og gnubber sig mod karvæg. En øget slimproduktion vil give fisken et mere gråblå udseende. Når fiskene angribes i gællerne, stiller de sig højt i karret ved vandindløbet og har en forhøjet åndedrætsfrekvens (2). Fisken virker sløv og mister appetitten. Angriber primært fiskeyngel, men også ældre fisk i dårlig kondition kan rammes af infektion. Behandles bedst med formalin (ca. 80 ppm formaldehyd) (45).

Trichodina spp. (ciliat)

Der er mange arter *Trichodina*, og parasitten er kendt fra både fersk- og saltvand (se billedet Fig. 6.2). Enkelte arter kan tåle et bredt spekter af saltholdigheder. Den er cirkelrund, op til 100 µm i diameter og optræder oftest sammen med *Ichthyobodo.* Angrebne fisk gnider sig oftest på bunden og på kanten af karret. I tilfælde hvor gællerne er angrebne, kan de observeres ved vandindløbet og med forhøjet pustefrekvens. Ligesom hos fisk som angribes af *Ichthyobodo* vil fisk på grund af øget irritation og øget slimbehandling få et grå/blå skær i huden. Diagnosticeres ved mikroskopering af skrab af hud eller gæller.

Behandles med formalin.

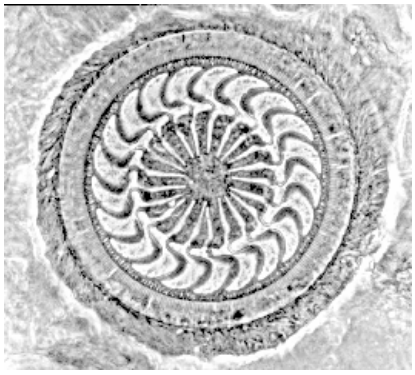

Fig. 6.2. Billede af en *Trichodina*. Venligst udlånt af Dr. Kurt Buchmann, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg, DK.

Orme (metazoer)

Her omtales to arter som kan forekomme hos torsk.

Gyrodactylus sp. (fladorm, monogen)

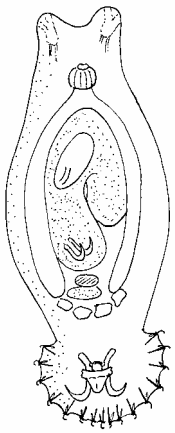

Fig. 6.3. Illustration af *Gyrodactylus* sp. Venligst udlånt af Dr. Kurt Buchmann, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg, DK.

Mest kendt som lakseparasit, men har forårsaget op til 50% dødelighed hos rødspætter i opdræt og er observeret på torsk og helleflynder i opdræt. Der finder 350 arter, som er relativt værtsspecifikke. Den er 0,5–0,8 mm lang og kan gennemføre hele livscyklusen på samme vært (Fig. 6.3 og 6.4). Parasitten er ikke i stand til at svømme, derfor smittes via direkte kontakt. Den er også i stand til at løsgøre sig fra værten og ligger på bunden til en ny fisk lægger sig på bunden. Ved kraftige angreb ses øget slimproduktion, sårdannelser og finneslitage. Kan observeres i afskrab fra hud eller gæller under mikroskopet. Kan behandles med formalin.

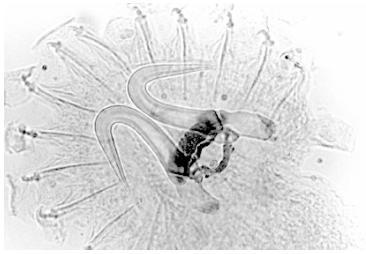

Fig. 6.4. Billede af fasthæftnings-kroge af *Gyrodactylus*. Venligst udlånt af Dr. Kurt Buchmann, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg, DK.

Cryptocotyle lingua (hudikte)

Denne fladorm (trematode) optræder i huden og yderste muskellag som sorte prikker, som er indkapslede larver af ikten (sortpletsyge) (Fig. 6.5 C). Snegle er obligatorisk mellemvært, og parasitlarverne formerer sig aseksuelt. Larverne frigøres i foråret, når temperaturen stiger, og de må finde sig en fiskevært indenfor kort tid (Fig. 6.5). Infektionsrisikoen er derfor størst i forårsmånederne. Ingen specifik temperatur er identificeret som værende udbruds-fremkaldende, men saltholdighed er vigtig og der er færre gener ved en saltholdighed under 18‰ (47). Infektion hos fiskeyngel kan være letale fordi der opstår en fysiologisk ubalance når organismen trænger ind igennem huden. Det er især netburs-opdræt der generes af infektioner fordi det er svært at isolere fiskene fra smittekilder. Hos de ældre fisk er det primært et levnedsmiddelhygiejnisk problem. Sygdommen kan undgås ved at sørge for dybvands-indtag, samt behandling af vandindtaget med f.eks. UV. Ingen behandlingsmulighed.

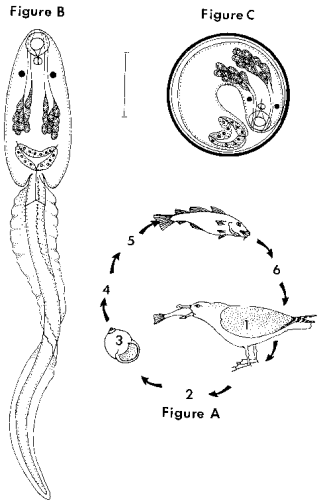

Fig. 6.5. Livscyklus af *Cryptocotyle lingua* (1-søfugl som vært, 2- fritsvømmende stadie, 3- snegl, 4-fritlevende stadie, 5-fiskevært, 6-fritsvømmende stadie. Fra: (http://ourworld.compuserve.com/homepages /BMLSS/atherina.htm).

Krebsdyr

Lernaeocera branchialis (gælleorm)

Dette krebsdyr sidder på torskegæller og volder dér store problemer. Det har en karakteristisk S-formet krop (fig. 6.7). Det er hunnen der er parasitisk og forårsager anæmi hos stærkt angrebne fisk. En obligatorisk mellemvært er bl. a. fladfisk (Fig. 6.6) og dermed kan infektion undgås ved at sørge for dybvandsindtag, samt behandling af vandindtaget med f. eks. UV.

Parasitter er nemme at diagnosticere (se billedet).

Behandles med formalin.

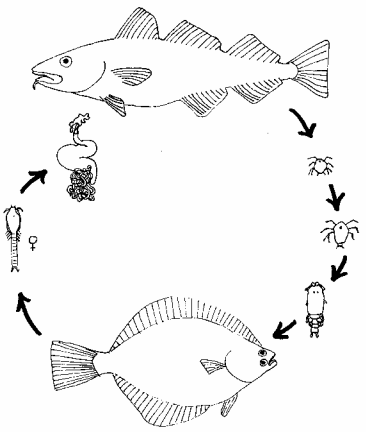

Fig. 6.6. Illustration af livscyklus af *L. branchialis*. Venligst udlånt af Dr. Kurt Buchmann, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg, DK.

Fig. 6.7. Billede af *L. branchialis*. Venligst udlånt af Dr. Kurt Buchmann, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg, DK.

Caligus spp

To arter er fundet hos torsk, *C. elongatus* og *C. kurtus* (torskelus), men sidstnævnte er mest almindelig forekommende. De voksne snyltere på 6-7 mm bevæger sig rundt på fiskens overflade og kan i perioder forlade værten (45). Parasitten lever af blod og vævsvæske fra værten. Diagnosticeres igennem visuel inspektion af hud og gæller (Fig. 6.8).

Kan behandles med formalin.

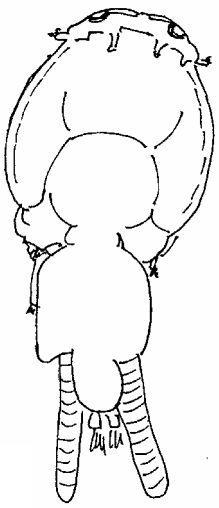

Fig. 6.8. Illustration af *Caligus*. Venligst udlånt af Dr. Kurt Buchmann, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg, DK.

Endoparasitter

Endelig er der endoparasitter som kan føres med foderet (f.eks. levende foder såsom vandlopper, der er obligatorisk vært for flere arter som inficerer marine fisk, eller ved brug af ubehandlet frisk fisk som foder). Infektion kan forebygges ved at fodre som minimum 1. generation af vandlopper (se sektion 2.4) og frosne eller på anden vis behandlede fisk/råvarer.

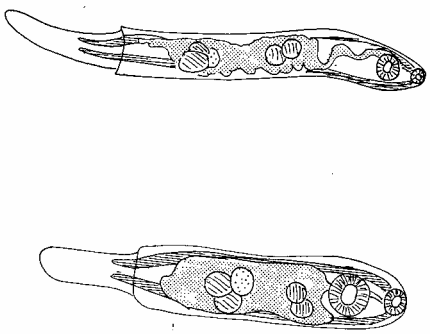

Fig. 6.9. Illustration af to *Hemiurus* arter; ikter som fås ved indtagelse af vandlopper. Venligst udlånt af Dr. Kurt Buchmann, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg, DK.

Mens vilde torsk er befængt med bændelorm og rundorm, har de foreløbige erfaringer med opdrættede torsk vist en meget lav forekomst eller fuldstændig fravær af disse parasitter.

Behandling af parasitter

De fleste parasitangreb kan behandles med formalin. Der kan anvendes 1:4000 – 1:6000 formalin:vand i 30 - 60 min. Det svarer til 1 ml formalin (kommercielt tilgængelig 37-40%) i 4 eller 6 l saltvand.

Caligus sp. kan behandles med hydrogenperoxid, men det vides ikke om det kan bruges til behandling af parasitter hos torsk.

Bakterielle sygdomme

En række bakterielle sygdomme er kendt hos forskellige opdrætsfisk. Modtagelighed for de enkelte sygdomme er forskellig fra fiskeart til fiskeart. I det følgende er omtalt de mest almindelige bakterielle sygdomme hos torsk

Vibriose – *Vibrio* spp.

Hos torsk er *V. anguillarum* (klassisk vibriose) mest forbundet med stort tab i produktionssystemer.

V. anguillarum har temperatur optimum i temperaturintervallet 15-18ºC. I torskens første leveår forekommer der oftest om sommeren stor dødelighed uden væsentlige

sygdomstegn, og sygdommen kan derfor være vanskelig at diagnosticere. Det er især ved temperaturer over 10-12 ºC at vibrioseudbrud hos torskeyngel oftest er observeret. Sygdomstegn er blødninger ved finnebasen, omkring munden og på bugen. Blødninger kan udvikle sig til større sår på overfladen. Vibriose er en typisk stress sygdom der kan bryde ud når fiskene har været udsat for belastende miljø-forhold. Værdifulde enkeltfisk kan behandles med antibiotika. Sygdommen kan effektivt forebygges gennem vaccination.

Tidligere var der ingen specifik vaccine for torsk på markedet. *V. anguillarum* serovariant O2 var den der var oftest anvendt på torsk. Kommerciel vaccine til laks (vandbaseret) indeholder både O1 og O2A, men ikke O2B som ofte isoleres fra torsk. Intervet Norbio i Bergen har i samarbejde med Havforskningsinstituttet udviklet en vaccine mod flere serotyper vibriose hos torsk. Der er foreløbig ingen oplysninger om hvilke serotyper den indeholder. Vaccinen gives som bad når torsken er 0,5–1,0 g og gentages med dyp (ca.30 sek.) når fisken er 2-3 g. Torsken kan derefter stikvaccineres hvert efterår/vinter. Torsk fra et tidligere dansk opdræt blev alvorligt inficeret med serotype 04 og der er identificeret både 02, 04 og 06 i torskelarver, dog uden at det er undersøgt om de er patogene (48). De samme serotyper er dog også fundet hos syge torsk.
Kan behandles med antibiotika.

V. salmonicida (koldtvandsvibriose) og *V. viscosus* (vintersår) har også været forbundet med tab i torskeopdræt.
Udbrud af *V. salmonicida* optræder primært om vinteren, oftest den første vinter i havet. Fisken bliver slap og blødninger omkring bugfinne basis og anus kan iagttages. Forebygges med vaccine og kan behandles med antibiotika.
V. viscosus udbrud ses ligeledes oftest om vinteren. De ses som runde hudlæsioner på fiskene og forårsager op til omkring 10% dødelighed ved et udbrud. Forebygges med vaccine og kan behandles med antibiotika.

Aeromonas salmonicida, atypisk furunkulose
Smitter gennem introduktion af smittebærere i systemet og spredes via foderet, kontamineret vand, kontaminerede æg eller redskaber der er kontaminerede. Der vides meget lidt om, hvorvidt den overlever udenfor værten, men den kan overleve i nogle

uger i sediment og i vandet. Sygdommen giver overfladisk sårdannelse på huden. Sårene er oftest gråhvide, mere blodige i centrum af såret. Sygdomsudbrud hos alle fiskealdre, primært ved temperatur over 8ºC og størst risiko ved temperaturer på 15-18ºC. Udbrud udløses af stress, f.eks. som resultat af håndtering, transport, lavt iltindhold eller ved høj tæthed. Tegn på sygdom er sløvhed, tab af orienteringen i vandet, sårdannelse af forskellige størrelser og dybder.
Kan behandles med antibiotika oralt igennem foderet men det kræver en hurtig diagnose (dvs. at fiskene stadig spiser). Resistens mod tetracycliner og trimetroprim/sulfadiazin er registreret. Det viser at ved de bakterielle infektioner er det nødvendigt med en korrekt laboratoriediagnose.

Yersinia ruckeri rødmundsyge
En typisk ferskvands sygdom forårsaget af bakterien *Yersinia ruckeri*, hvor en serotype I er blevet påvist på torsk. Dødeligheden er dog lav i saltvand. Sygdommen optræder oftest i forbindelse med stresspåvirkninger som håndtering, vand- eller iltmangel, hurtige temperaturændringer osv. Smittestoffer skilles ud fra tarmen og derfor er vandbåren smitte den dominerende. Sygdommen er også påvist i fækalier fra fugle og pattedyr, hvilket i udendørssystemer kan give problemer med sygdomskontrol og –spredning. Der er udviklet en vaccine for laksefisk.

Finneråd
Finneråd ses som forskellige grader af vævsødelæggelser i finnerne og i huden. Opstår oftest i forbindelse med skader som følge af håndtering, aggression eller ektoparasit angreb. Der er ikke angivet en specifik bakterietype som årsag til denne lidelse. I de fleste tilfælde er der blevet isoleret bakterier tilhørende grupperne *Aeromonas, Pseudomonas, Vibrio* og *Flexibacter*. Disse bakterier optræder i slim og tarmen hos fisk, og derfor menes angrebene at være forbundet med dårlige hygiejniske forhold i kar eller meget stressende forhold for fiskene, dårlige driftsrutiner.
Behandles med formalin eller antibiotika, men oftest er behandling ineffektiv så længe man ikke har fjernet årsagen til sygdomsudbruddet.

Fisketuberkulose (*Mycobacterium marinum*)
Udbrud af fisketuberkulose er observeret hos torsk og der kan være udbrud på et hvilket som helst tidspunkt af året. Fisken bliver apatisk, huden misfarves og den får

fremtrædende øjne. Den spredes via foderet (fodring med frisk fisk) eller trænger igennem sår på overfladen. Der findes ingen reelt effektiv behandling. Sygdomsudbrud kan forebygges dels via karantæne for vildindfanget moderfisk og ved at holde sig til tørfoder. NB. Kan angribe mennesker igennem sår på fingre/hænder og forårsager lokalt alvorlige infektioner.

Virussygdomme

IPNV – Infektiøs pankreasnekrose virus.
Denne virus, IPN er påvist hos torsk og fundet som årsag til stor dødelighed hos pighvar og helleflynder. Smitter fra individ til individ og fra moderfisk til afkom. Derfor er det igen vigtigt med introduktion af vilde moderfisk. Sygdommen er akut, og dødeligheder op til 90% forekommer. Fisk ældre end 6 måneder viser sjældent tegn på sygdommen, men kan være sygdomsbærere. Virus vokser ved 4-26ºC, men dødelighed er mindre ved <5ºC og > 16ºC. Virus er meget resistent, kan tåle udtørring og kan overleve i sediment eller i vandet i op til flere uger, men er meget sårbar overfor desinfektion med klorin, formalin eller ozon. Særlige sygdomstegn er hurtige roterende bevægelser, eller 'proptrækker' svømmebevægelser, mørkfarvning af huden og udspilen af bugen.
Ingen decideret behandling, men sænkning af temperaturen nedsætter dødeligheden. Overlevende er smittebærere. Forebyggelse, IPNV fri rogn og stamfisk.

VENV – Vital erythrocytisk nekrose virus
Denne virus er udbredt hos vilde torsk og observeret i opdrætstorsk i Skotland. For at undgå infektion er det vigtigt at man sørger for ordentlig karantæne ved indsamling af vildfisk og destruktion efter slagtning, idet blodet er en vigtig smittekilde, og dermed kan smitte ske vertikalt. Muligheden for behandling kendes ikke.

CUS (Cod ulcus syndrome)
Det vides ikke om denne sygdom er forårsaget af en virus eller ej. Der er tale om en kronisk sårsygdom, og den er almindeligt forekommende hos vild torsk samt observeret hos opdrætstorsk. Der er lav dødelighed, men sygdommen kan bane vej for sekundære infektioner.

VNNV (viral nervous necrosis virus, nodavirus)

Denne patogene virus har været observeret hos pighvar og helleflynder (47) og endda hos torsk i UK (I. Dalsgaard, pers. komm.). Sygdommen kan overføres både vertikalt og horisontalt. Fiskene mister appetitten og ligger i vandet med hovedet ud af vandet. Hos fiskelarver kan den forårsage op til 90-100% dødelighed indenfor få dage. Hos større fisk er udviklingen langsommere i starten (f.eks. 5% per dag), men kan efter nogle uger udvikle sig til 50%. Den kan forebygges i landbaserede anlæg ved at behandle (sterilisere) indtagsvandet samt ved at sørge for at moderfiskene er fri for sygdommen.

Der findes ingen vaccine eller behandlingsmulighed. Ved sygdomsudbrud kan den holdes nede ved at mindske stress hos fisk og ved normal hygiejne.

Svampeinfektioner

Torsk kan også inficeres af svampe, hvis man ikke sørger for en ordentlig hygiejne eller ordentlig opbevaring af foderet.

Ichthyophonus hoferi

Denne svampeart er set hos mange marine arter og et sygdomsangreb er fatalt indenfor 3 måneder (47). Sygdommen kan overføres igennem indtagelse af inficerede fisk. Det er muligt at dyreplankton også er involveret i sygdomsoverførsel, men det er ikke påvist endnu.

Exophiala salmonis

E. salmonis forventes at kunne angribe alle fiskearter (47). Spredningsvejene er ikke helt forstået endnu, men menes at kunne være forårsaget af foder der er blevet for gammelt. Her bør man derfor se nøje efter datomærkning samt opbevare foderet ordentligt. Der er ingen behandlingsmulighed. Fiskene skal destrueres da toksinerne kan være giftige for både mennesker og dyr.

Sygdomsforebyggelse:

- daglig rengøring, udstyr desinficeres i Klorin og skylles grundigt bagefter
- hvert kar sit udstyr
- begræns 'trafikken', brug fodbade ved indgangen
- hyppige fodringer med egnet foder, begræns overfodring, fjernelse af overskudsfoder
- daglig observation af fisk, ved mistanke – undersøg fiskene, vær mistænksom hvis de mister appetitten
- hold temperaturen nede (f.eks. <16ºC)
- indtagsvandet behandles før det tilføres systemvandet, eller holdes særskilt
- undgå for høje (eller for lave) fisketætheder
- vaccination

7. Videreopdræt i kar på land

Torsk opdrættes i dag kommercielt i Norge og Skotland. Opdrættet foregår i netbure. I Danmark må opdræt i landbaserede anlæg anses for mest realistisk bl.a. af miljøhensyn.

	NETBURE	LANDBASERET
FORDELE	Lave etableringsomkostninger Ubegrænset vandudskiftning Lave driftsomkostninger Know-how fra lakseopdræt	Mulighed for rensning af vand Styring af temperatur Mulighed for recirkulering Lysregulering God hygiejne/let rensning
ULEMPER	Miljøbelastning Risiko for for høje temperaturer Følsom for vejrlig Risiko for forurening/toksiske alger Transport fra og til land Risiko for isdække Udslip af fisk Sygdomsrisiko Begroning	Høje etableringsudgifter Høje driftsudgifter

Fordele og ulemper ved netbure kontra landbaserede anlæg vil på de fleste punkter være ens for ørredopdræt og for torskeopdræt og kun forhold der er specielle for torskeopdræt vil blive omtalt i det følgende.

7.1. Hold af torsk

Temperaturkrav

Sammenhængen mellem kropsvægt og temperatur der giver maksimal vækst er undersøgt for Nordsøtorsk (38).

Sammenhængen kan udtrykkes ved:

$$T_{opt.G} = 18.28 - 1.43 \ln W$$

hvor T er temperatur i ºC og W er gram i vådvægt (38). Opt G er den bedste vækst ved en given temperatur.

Denne relation betyder at den optimale temperatur falder fra 17ºC for 2 g fisk til 8ºC for 2000 g fisk. Det er ikke undersøgt, men meget sandsynligt, at temperaturkravene er forskellige for torsk fra forskellige områder.

En fordel ved at opdrætte fisk i karanlæg på land er, at temperaturen kan holdes på det optimale igennem opdrættet og dermed forkorte vækstperioden. I norske netbure er opnået en vådvægt på 3,7 kg fra en startvægt på 120 g i løbet af omkring 1½ år (Fig. 7.1).

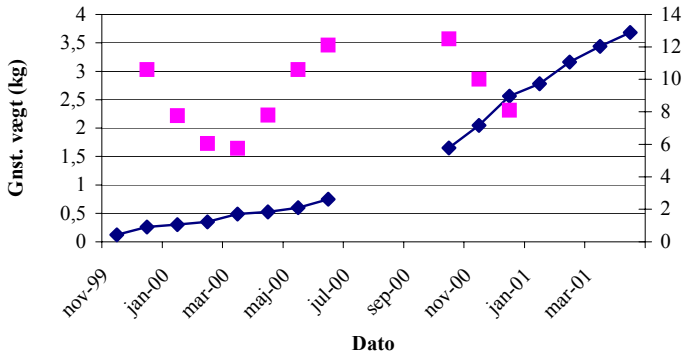

Fig. 7.1. Vækst hos torsk i netbursanlæg. Tegnet efter (37). Linie diag. er vægt, aksen til højre og de kvadratiske punkter er temperatur.

I tabel 7.1 er angivet den optimale temperatur, der gav bedst vækst (G max) og den optimale temperatur der gav bedst foderkvotient for forskellige fiskestørrelser.

Tabel 7.1. Den optimale temperatur for vækst (G_{max}) og for foderkovtient FC_{min} for forskellige størrelser af torsk. G_{max} er udtrykt som specifik vækstrate (vægt -%/dag). (38).

Vægt g	Optimaltemperatur ºC	G_{max} %/dag	Optimal temperatur ºC	FC_{min}
2	17	5,8	16	0,64
12	16	3,3	12,5	0,6-0,9
30	13	2,3	12	0,67
100	10	0,8	10	0,92
450	9	0,7	8	2,46
900	8	0,6	7	2,37
2200	8	0,3	8	2,18

Tallene i tabellen er for fisk holdt i rektangulære kar (90 x 90 x 30 cm; 2 g) eller i cirkulære kar (2.9 m Ø og 0.8 m dyb; ≥12 g), under naturlig fotoperiode og lysintensitet på 25 lux. De blev fodret 3-5 gange dagligt på kommercielt foder (2-100g = Vextra; >450 g = lodde og rejer eller kun lodde (den største gruppe).

Temperaturen bør holdes under 12ºC for at undgå sygdomsudbrud og gerne over 10ºC for at opnå maksimal vækst. Dog er den optimale temperatur for vækst 8-9ºC for de større fisk (>450 g) og 7-8ºC hvad angår foderkvotient på "våd" foder (se Tabel 7.1).

Kartype til torskeyngel

I de fleste opdrætsanlæg anvendes cirkulære eller rektangulære kar med afrundede hjørner til den videre opvækst. Oftest er de 2-3 m i diameter (runde) eller 2x2 m (rektangulære kar) og > 0,5 m i dybden. Vandindtaget er tæt ved karvæggen og skråt ind mod vandoverfladen for at skabe en cirkulær vandbevægelse. I enkelte tilfælde passeres vandet igennem et rør der er placeret tæt ved karvæggen med huller hvorigennem vandet passerer ud i karret. Hullerne placeres skråt ind mod midten af karret i en vinkel der maksimerer vandets cirkulære bevægelse. Vandcirkulationen giver maksimal iltfordeling i karret samtidig med at den er selv-rensende, idet partikulært materiale (foderrester og fækalier) samles centralt på bunden. Vandet ledes ud af et centralt placeret dræn ved karbunden, og herfra fjernes det opsamlede partikulære materiale kontinuert. I enkelte anlæg har man placeret airlift systemer 1-2 steder i karret oftest tæt ved væggen og i et hjørne i de rektangulære kar. Airlift systemet sikrer gode iltforhold også ved karbunden.

I de senere år har man afprøvet raceways eller længdestrømskar. Raceways er aflange kar med afrundede eller firkantede ender og en væg i midten. Vandet ledes rundt i en oval bevægelse.

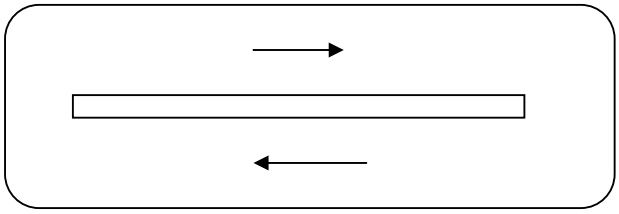

Fig. 7.2. Et diagram af et raceway system med væg i midten. Pilene viser vandstrømsretning.

Længdestrømskar er et aflangt kar med vandindtag i den ene ende og vandudtag i den anden. Der er udviklet forskellige anordninger ved vandindtaget, der sikrer en jævn vandstrøm igennem hele karret. Der kan være problemer med at sikre en jævn fordeling af foderet eller med at sikre en selv-rensende effekt i disse typer af kar. Fordelen ved raceways eller længdestrømskar er, at de optager væsentlig mindre plads end de runde eller firkantede. Kar type, kar udformning, flow osv. er omtalt i en rapport udarbejdet af Cimbria og omtales ikke videre i denne rapport.

Karudformningen for de større fisk er magen til dem man anvender for fiskeyngel, men oftest er de større for at minimere karvægs effekten på fiskene.

Størrelsessortering

Sortering efter størrelse er nødvendig i de fleste fiskeopdræt, men er især vigtig ved opdræt af fisk som torsk med tilbøjelighed til kannibalisme. Den første sortering kan ske på en 2 mm rist. I UK sker den første sortering efter 55 dage og derefter hver 7-10 dage. SeaFish, der starter ved en 3 mm rist, er i tvivl om ikke det allerede er for sent. Det er muligt, at maskiner udviklet til størrelsessortering af ørredyngel kan anvendes eller modificeres til anvendelse til torskeyngel.

Forsinket kønsmodning

Tidlig kønsmodning (efter 2 år) kan være et alvorligt problem i on-growing produktion af torsk, idet kønsmodning fører til vægtttab (Fig. 7.3) og en dårligere foderudnyttelse. Hantorsk kan kønsmodne allerede som et-årige. Der har været forskellige teorier om hvad der styrer kønsmodningen hos torsk, og nogle af disse parametre har været undersøgt bl.a. i Norge. Her har man set på lysperiode, motion og ernæring som mulige faktorer for styring af kønsmodningen. De foreløbige resultater har vist, at lysperioden har størst effekt på kønsmodningen idet kontinuerlig belysning udskyder kønsmodningen (37). I netbursanlæg anvendes undervandslys som styres til at sikre en vis minimum lysstyrke døgnet rundt (Fig. 7.4). Dette kan forsinke kønsmodningen

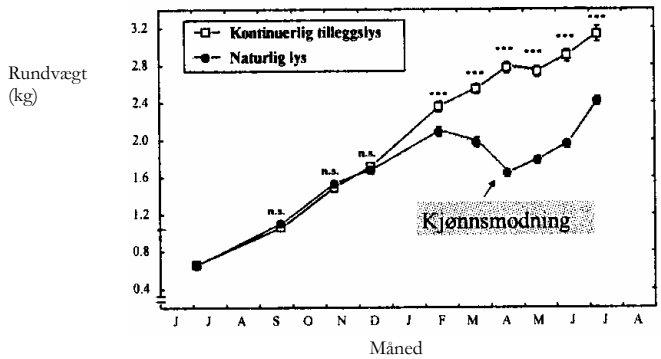

Fig. 7.3. Sammenhæng mellem kropsvægt og alder ved kontinuerlig belysning og naturlig døgnrytme. Kønsmodningen kan forsinkes ved at eksponere torsk for kontinuerligt lys. Fra 37.

op til 1 år. I intensive systemer kan anvendelse af kontinuerligt lys ligeledes forsinke kønsmodningen op til 1 år. Endvidere har forsøg med torsk fodret med en lav ration i løbet af deres første år og til mæthed i det andet år vist, at kun 40% af hunnerne blev kønsmodne, mens over 80% af kontrolgruppen på høj ration det første år blev kønsmodne som 2-årige (37). Normalt er en reduceret fodring ikke ønskelig da det medfører reduceret væksthastighed og højere foderkvotient. Strategien er derfor knap så interessant i akvakultursammenhæng. Motion har til gengæld ingen effekt på kønsmodningen (37).

Fig. 7.4. Billede af et norsk netbursanlæg med undervandslys, der modvirker kønsmodning. Foto. Josianne Støttrup.

7.2. Foder og fodring

Foder til torskeyngel

Dana Feed's "voksefoder" (Dan-Ex 1562) kan anvendes til de lidt større fisk. Foderet fås i form af pellets i størrelser 2 – 3 – 4 – 5 – 7 – 9 – 11 – 13 - 15 mm med et proteinindhold på 58% og fedtindhold på 15%. Foderkvotienten for torsk fodret med Dan-Ex 1562 fra 120 g til 2,6 kg og fra 180 g til 1,75 kg over en periode på 14 måneder har ligget på hhv. 0,9 og 0,8 (37). De største foderpillestørrelser er blevet videreudviklet og har fået en ændret form, der nedsætter synkeraten og medfører en hurtigere fordøjelse og en bedre energiudnyttelse. Det fremtidige arbejde med foderudvikling fokuserer på hurtigere vækst hos torsk samt billigere foder. Forskning indenfor området omfatter :

- foder til tidlig tilvænning til tørfoder
- forbedret smag samt højere fordøjelighed og vækstrate
- afprøvning af bløde piller kontra tørfoder
- fodersammensætning (olie, proteiner, vitaminer, mineraler)

Fiskene fodres nemmest igennem foderautomater. Disse kan indstilles til at fodre kontinuerligt eller med intervaller. Fodring kan ske døgnet rundt for fisk, der eksponeres til kontinuerligt lys.

De problemer der har været fremført hvad angår kvaliteten hos opdrætstorsk er:

- stor lever
- tynde bugklapper
- mørk hudfarve
- sej konsistens
- anden smag
- ikke særlig velegnet til frysning (37)

I Norge er man begyndt på kontrollerede forsøg for at få belyst om der reelt er forskelle mellem vilde og opdrætsfisk og om disse forskelle har betydning for produktkvaliteten og dermed prisen på produktet. Resultater fra de første forsøg blev fremlagt ved et netværksmøde i februar 2002 i Norge. Igennem kontrollerede sensoriske analyser er man kommet frem til, at konsistens og farve er forskellige for vilde og opdrætstorsk, idet opdrætstorsken er mindre saftig (mere sej) og kødet er hvidere (37). Konsekvensen af disse forskelle er dog endnu ikke belyst.

7.3. Forventet vækst fra 2 til 5 kg

Væksten for fisk større end 2 kg er ikke blevet undersøgt i laboratoriet. En eksponentiel model passede bedst til data fra forskellige torskestammer i Nordatlanten (39). I Fig. 7.5 er afbildet forskellige vækstforløb baseret på denne model og ved forskellige temperaturer. Det ses at 5 kg først nås efter 10 år ved en lav temperatur (4ºC), mens fisk ved 12ºC forventes at blive 5 kg efter 3 år og ved 10ºC efter 4 år.

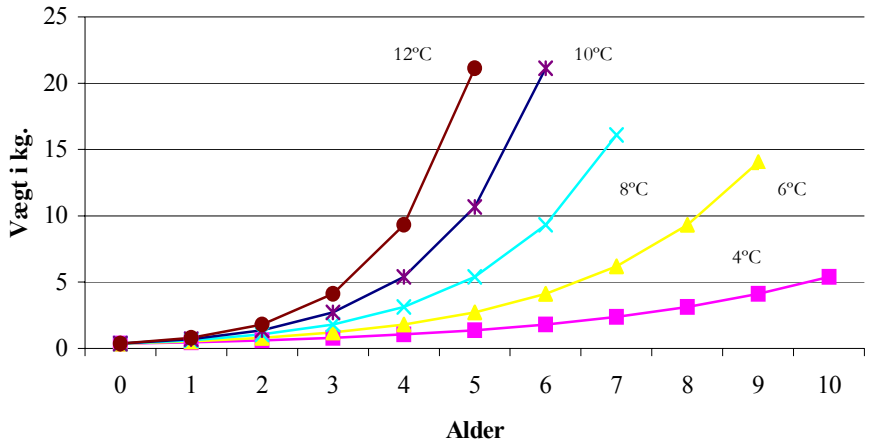

Fig. 7.5. Torskevækst beregnet ud fra en model der bedst passede data fra forskellige torskestammer i Nordatlanten (39).

Som vist i tabel 7.1 forventes den specifikke vækstrate for fisk større end 2 kg ved 8ºC at være 0,3%. Der findes nyere upublicerede data for videre vækst fra eksisterende netburs-

anlæg (se Fig. 7.1), hvor den aktuelle vækst fra omkring 2 til 3,7 kg er blevet registreret under naturlige temperaturforhold. Væksten svarer til en daglig tilvækst på 0,38%. Da en del af denne vækst er sket over vinterperioden, hvor temperaturen har været under 8 ºC , forventes en større tilvækst i landbaserede anlæg med stabil temperatur nærmere det optimale for vækst. Vækstraten fra 4 til 5 kg forventes at være på samme niveau, omkring 0,3%.

Kønsmodning som omtalt under afsnit 7.1 fører til vægttab, men kan forsinkes det første år. Bliver fiskene opdrættet til 5 kg kan man dog ikke undgå kønsmodning. Selvom fiskene taber i vægt indhentes dette vægttab rimelig effektivt i månederne efter kønsmodningen. Hvor hurtigt dette sker er ikke veldokumenteret. I produktionsfasen vil kønsmodning betyde en periode hvor fiskene ikke vil kunne sælges og dermed en pause i levering, med mindre produktionen indrettes sådan, at kønsmodning styres forskelligt i de forskellige fiskekar, således at fiskene bliver kønsmodne på forskellige tidspunkter.

8. Referencer

1. Anon., 2001. Report of the Working Group on the Assessment of demersal stocks in the North Sea and Skagerrak. ICES CM. 2001, ACFM:07.
2. Holm, J.C., Svåsand, T., Wennevik, V. 1991. Håndbok i torskeopdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon. Havforskningsinstituttet, Bergen.
3. Marteinsdottir, G., Steinarsson, A. 1998. Maternal influence on the size and viability of Iceland cod *Gadus morhua* eggs and larvae. Journal of Fish Biology, 52: 1241-1258.
4. Kjørsvik, E. 1994. Egg quality in wild and broodstock cod *Gadus morhua* L. J. World Aqua. Soc., 25: 22-29.
5. Kjørsvik, E., Stene, A., Lønning, S. 1984. Morphological, physiological and genetical studies of egg quality in cod (*Gadus morhua* L.). In: Dahl, E., Danielssen, D.S., Moksness, E., Solemdal, P. (eds). The propagation of cod *Gadus morhua* L. Flødevigen rapportserie 1: 67-86.
6. Kjørsvik, E., Mangor-Jensen, A., Holmefjord, I. 1990. Egg quality in fishes. Advances in Marine biology, 26: 71-113.
7. Baskerville-Bridges, B., Kling, L.J. 2000. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. Aquaculture, 181: 61-69.
8. Naas, K.E., van der Meeren, T., Aksnes, D.L. 1991. Plankton succession and response to manipulations in a marine basin for larval fish rearing. Marine Ecology Progress Series 74, 161-173.
9. Pedersen, T., Falk-Petersen, I.B. 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, 41: 449-461.
10. van der Meeren, T. 1991. Algae as first food for cod larvae, *Gadus morhua* L.: Filter feeding or ingestion by accident? Journal of Fish Biology, 39: 225-237.
11. Naas, K.E., Næss, T., Harboe T. 1992. Enhanced first feeding of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) in green water. Aquaculture, 105: 143-156.
12. Hjelmeland, K., Pedersen, B.H., Nilssen, E.M. 1988. Trypsin content in intestines of herring larvae *Clupea harengus*, ingesting inert polystyrene spheres or live crustacea prey. Mar. Biol., 98: 331-335.

13. Skjermo, J., Vadstein, O. 1993. The effect of microalgae on skin and gut microbial flora of halibut larvae. In: Reinertsen, H., Dahle, L.A., Jørgensen, L., Tvinnerein, K. (eds.). Proceedings from the international conference on Fish Farming Technology, Trondheim, Norway, 1993: 61-67.
14. Otterlei, E., Nyhammer, G., Folkvord, A., Stefansson, S.O. 1999. Temperature- and size-dependent growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*): a comparative study of Norwegian coastal cod and northeast Arctic cod. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 2099-2111.
15. van der Meeren, T. 2001. Yngelproduksjon av gadoider: utvikling av intensiv oppdrettsmetode for torsk og hyse. Fisken og Havet 2, pp 25.
16. Blom, G., Otterå, H., Svåsand, T., Kristiansen, T.S., Serigstad, B. 1991. The relationship between feeding conditions and production of cod fry (*Gadus morhua* L.) in a semi-enclosed marine ecosystem in western Norway, illustrated by use of a consumption model. ICES Marine Science Symposia, 192: 176-189.
17. Støttrup, J.G., Norsker, N.H. 1997. Production and use of copepods in marine fish larviculture. Aquaculture, 155: 231-247.
18. MacKenzie, B.R., Kiorboe, T. 1995. Encounter rates and swimming behavior of pause-travel and cruise larval fish predators in calm and turbulent laboratory environments. Limnology and Oceanography, 40: 1278-1289.
19. Sundby, S. 1992. A "turbulent" environment best for cod larvae. Institute of Marine Research News, 8: 2pp.
20. Sundby, S., Ellertsen, B., Fossum, P. 1994. Encounter rates between first-feeding cod larvae and their prey during moderate to strong turbulent mixing. ICES Marine Science Symposia, 198: 393-405.
21. van der Meeren, T., Næss, T. 1993. How does cod (*Gadus morhua*) cope with variability in feeding conditions during early larval stages? Marine Biology, 116: 637-647.
22. Støttrup, J.G., Jensen, J. 1990. Influence of algal diet on feeding and egg production of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 141: 87-105.
23. Anon., 1994. Kattegat 1982-92. En sammenstilling af resultater fra Nordjyllands Amts recipienttilsyn i de kystnære dele af Kattegat. Nordyllands Amt, Miljøkontoret, Ålborg, DK.

24. Lubzens, E., Minkoff, G., Barr, Y., Zmora, O. 1997. Mariculture in Israel-Past achievements and future directions in raising rotifers as food for marine fish larvae. Hydrobiologia 358: 13-20.
25. Lubzens, E., Zmora, O., Barr, Y. 2001. Biotechnology and aquaculture of rotifers. Hydrobiologia, 446/447: 337-353.
26. Lubzens, E., Rankevich, D., Kolodny, G., Gibson, O., Cohen, A., Khayat, M. 1995. Physiological adaptations in the survival of rotifers (*Brachionus plicatilis* O.F. Muller) at low temperatures. Hydrobiologia 313/314: 175-183.
27. Fossum, P., Ellertsen, B. 1994. Gut content analysis of first-feeding cod larvae (*Gadus morhua* L.) sampled at Lofoten, Norway, 1979-1986. ICES Marine Science Symposia, 198: 430-437.
28. Blaxter, J.H.S., Staines, M.E. 1971. Food searching potential in marine fish larvae. In: Crisp, D.J. (ed.), Fourth European Marine Biology Symposium. Cambridge University Press, pp. 467-485.
29. Houde, E.D., Alpern Lovdal, J.D. 1985. Patterns of variability in ichthyoplankton occurrence and abundance in Biscayne Bay, Florida. East. Coast. Shelf Sci., 20: 79-103.
30. Owen, R.W. 1989. Microscale and finescale variations of small plankton in coastal and pelagic environments. Journal of Marine Research, 47: 197-240.
31. Blom, G. 1995. Production of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in marine ponds with emphasis on the recruitment process. Dr. Scient. thesis, University of Bergen, Norway.
32. Folkvord, A. 1993. Experimental studies of growth and mortality of larval and juvenile cod (*Gadus morhua* L.) with special emphasis on cannibalism. Dr. Scient. thesis, University of Bergen, Norway.
33. Hecht, T., Pienaar, A.G. 1993. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. Journal of the World Aquaculture Society, 24: 246-261.
34. Folkvord, A. 1991. Growth, survival and cannibalism of cod juveniles (*Gadus morhua*): Effects of feed type, starvation and fish size. Aquaculture 97(1): 41-59.
35. Brawn, V.M. 1969. Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*). J. Fish. Res. Bd. Can., 26: 583-596.
36. Morais, S., Bell, J.G., Robertson, D.A., Roy, W.J., Morris, P.C. 2001. Protein/lipid rations in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.):

effects on growth, feed utilisation, muscle composition and liver histology. Aquaculture, 203: 101-119.

37. Anon. 2002. Foredragsnotater. Sats på torsk. Nettverksmøte 14-15 februar 2002, Bergen, Norge. Norsk Sjømatscenter, Bergen Norge.
38. Björnsson, B., Steinarsson, A., Oddgeirsson, M. 2001. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.) ICES Journal of Marine Science, 58: 29-38.
39. Brander, K.M. 1995. The effect of temperature on growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). ICES journal of marine science. London, 52(1): 1-10.
40. Guillard, R.R.L., Ryther, J.H. 1962. Studies of marine phytoplankton diatoms *Cyclotella nana* (Hustedt) and *Detonula confervacea* (Cleve). Gran. Can. J. Microbiol. 8, 229-238.
41. Walne, P.R. 1966. Experiments in the large scale culture of the larvae of *Ostrea edulis*. Fishery Invest. 25, pp.53.
42. Kjesbu, O.S., Kryvi, H., Sundby, S., Solemdal, P. 1992. Buoyancy variations in eggs of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to chorion thickness and eggs size: theory and observations. J. Fish Biol., 41: 581-599.
43. Norsker, N.H., Støttrup, J.G. 1991. Technical and biological aspects of continuous microalgae cultivation. European Aquaculture Society. Special Publication nr. 15: 87-90.
44. Dhont, J., van Stappen, G. Subm. In: Live feeds in marine aquaculture by Støttrup, J.G., McEvoy, L.A. Elsevier, UK.
45. Buchmann, K. 1995. Parasitter i fisk. Jordbrugsforlaget, DK. pp.108.
46. Buchmann. K. 1999. Fiskens immunsystem: Om hvordan fisken bekæmper sygdomsfremkaldende mikroorganismer. DSR-TRYK, DK. pp. 102.
47. Bruno, D.W., Alderman, D.J., Schlotfeldt. H,J. 1997. What should I do? A practical guide for the Marine Fish Farmer. EAFP Publication. pp. 60.
48. Buchmann, K., Larsen, J.L., Dalsgaard, I. 1993. Diseases and Injuries associated with mortality of hatchery reared Baltic cod (*Gadus Morhua* L.) larvae. Acta. vet. scand. 34; 385-390.
49. Buchmann, K. 1994. Østersøtorskens biologi. Naturbladet Bornholms Natur. pp.41.

9. Supplerende litteratur

Anon., 1999. Alkylerte fenolers hormonelle innvirkning på torsk – generasjonseffekter. Vekst, overlevelse og kjønnsdifferensiering. IFM rapport, 15: pp.11.

Anon., 2001. Report of the Working Group on the Assessment of demersal stocks in the North Sea and Skagerrak. ICES CM. 2001, ACFM:07.

Baskerville-Bridges, B.L. 1999. Studies on Rearing and Early Weaning of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) Larvae Onto Commercial and Experimental Microparticulate Diets. PhD. Dissertation University of Maine, pp.162.

Baskerville-Bridges, B., Kling, L.J. 2000. Early weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae onto a microparticulate diet. Aquaculture, vol. 189, no. 1-2: 109-117.

Baskerville-Bridges, B., Kling, L.J. 2000. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. Aquaculture, 181: 61-69.

Baskerville-Bridges, B., Kling, L. 2000. Development and evaluation of microparticulate diets for early weaning of Atlantic cod *Gadus morhua* larvae. Aquaculture Nutrition, 6: 171-182.

Bengtson, D.A. 1993. A comprehensive program for the evaluation of artificial diets. Journal of the World Aquaculture Society, 24: 285-293.

Björnsson, B. 1993. Foraging behaviour of cod: A laboratory study. Nordic Workshop on predation processes and predation models, Nordic Council of Ministers, Copenhagen (Denmark), Nordiske Seminar - og Arbejdsrapporter, 572: 64-67.

Björnsson, B. 1993. Swimming speed and swimming metabolism of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to available food: A laboratory study. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50(12): 2542-2551.

Björnsson, B., Steinarsson, A., Oddgeirsson, M. 2001. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.) ICES Journal of Marine Science, 58: 29-38.

Bleil, M. 1994. Researches on the rearing of cod (*Gadus morhua*) of the western Baltic. Part 1: Methodology for the production and fertilization of viable eggs. Informationen für die Fischwirtschaft, 41(4): 171-176.

Bleil, M. 1995. Rearing experiments with cod (*Gadus morhua*) from the western Baltic. Part 2: Broodstock and hatching methods. Informationen fur die Fischwirtschaft, 42(3): 133-146.

Blom, G. 1995. Production of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in marine ponds with emphasis on the recruitment process. Dr. Scient. thesis, University of Bergen, Norway.

Blom, G., Folkvord, A. 1997. A snapshot of cannibalism in 0-group Atlantic cod (*Gadus morhua*) in a marine pond. J. Appl. Ichthyol., 13: 177-181.

Blom, G., Otterå, H., Svåsand, T., Kristiansen, T.S., Serigstad, B. 1991. The relationship between feeding conditions and production of cod fry (*Gadus morhua* L.) in a semi-enclosed marine ecosystem in western Norway, illustrated by use of a consumption model. ICES Marine Science Symposia, 192: 176-189.

Bogucki, M., Trzesinski, P. 1949. Fluctuations in the water and fat content of the cod. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 16: 208-210.

Braaten, B. 1984. Growth of cod in relation to fish size and ration level. Flødevigen rapportserier, 1: 677-710.

Braaten, B., Gulbrandsen, K. E., Lied, E. 1983. Preliminary feeding experiments with dry pellets feed for cod fry. ICES Council meeting 1983 (collected papers), Denmark F:25.

Brander, K. M. 1995. The effect of temperature on growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). ICES journal of marine science. London, 52(1): 1-10.

Brawn, V. M. 1961. Aggressive behaviour in the cod (*Gadus callarias*). Behaviour**,** 18: 107-147.

Bromley, P. J. 1991. Gastric evacuation in cod (*Gadus morhua* L.). ICES marine Science Symposium, 193: 93-98.

Bromley, P. J. 1994. The role of gastric evacuation experiments in quantifying the feeding of predatory fish. Rev. Fish. Biol., 4: 36-66.

Buckley, L. J. 1979. Relationships between RNA-DNA ratio, prey density, and growth rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. J. Fish. Res. Board Can., 36(12): 1497-1502.

Buckley, L. J. 1981. Biochemical Changes During Ontogenesis of Cod (*Gadus morhua* L.) and Winter Flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) Larvae. The early life history of fish: recent studies, 1981. Rapp. P.-V. Reun. CIEM., 178: 547-552.

Buerkle, U. 1968. Relation of pure tone threshold to background noise level in the Atlantic cod (*Gadus morhua*). J. Fish. Res. Board Can. 25(6): 1155-1160.

Böhle, B. 1974. Temperaturpreferanse hos torsk (*Gadus morhua* L.). Fisken og Havet Ser B, 20: 1-28.

Chambers, R.C., Waiwood K.G. 1996. Maternal and seasonal differences in egg sizes and spawning characteristics of captive Atlantic cod, *Gadus morhua*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 53: 1986-2003.

Clark, D.S., Brown, J.A. 1991. Behaviour of Atlantic cod (*Gadus morhua*) held in sea-pens in relation to feeding and growth. 8. Annual meeting of the aquaculture association of Canada. Bull. Aquacult. Assoc. Canada, 91: 89-90.

Davenport, J., Lönning, S., Kjørsvik, E. 1981. Osmotic and structural changes during early development of eggs and larvae of the cod *Gadus morhua* L. J. Fish Biol., 19: 317-331.

Davenport, J., Lönning, S., Kjørsvik, E. 1986. Some mechanical and morphological properties of the chorions of marine teleost eggs. Journal of Fish Biology, 19: 317-331.

Dos Santos, J., Burkow, I.C., Jobling, M. 1993. Patterns of growth and lipid deposition in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural prey and fish-based feeds. Aquaculture, 110: 173-180.

Dos Santos, J., Jobling, M. 1988. Gastric emptying in cod, *Gadus morhua* L.: Effects of food particle size and dietary energy content. Journal of Fish Biology, 33: 511-516.

Doving, K.B., Knutsen, J.A. 1993. Feeding responses and chemotaxis in marine fish larvae. Fish Nutrition in Practice, Biarritz, France. June 24-27, 1991. INRA, Les Colloques 61: 579-587.

Døving, K.B., Mårstøl, M., Andersen, J.R., Knutsen, J.A. 1994. Experimental evidence of chemokinesis in newly hatched cod larvae (*Gadus morhua* L.). Marine Biology, 120: 351-358.

Egidius, E., Andersen, K. 1984. Disease problems in cod rearing. In: Dahl, E., Danielssen, D.S., Moksness, E., Solemdal, P. (eds), The propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flödevigen rapportserie, 1: 761-769.

Ellertsen, B., Fossum, P., Solemdal, P., Sundby, S. 1989. Relation between temperature and survival of eggs and first-feeding larvae of northeast Arctic cod (*Gadus morhua* L.). RAPP. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 191: 209-219.

Ellertsen, B., Moksness, E., Solemdal, P., Strømme, T., Tilseth, S., Øiestad, V. 1976. The influence of light and food densities on the feeding success in larvae of cod (*Gadus morhua* L.), field and laboratory observations. ICES Council meeting 1976 (collected papers), F:34: 1-31.

Finn, R.N., Fyhn, H.J., Evjen, M.S. 1995. Physiological energetics of developing embryos and yolk-sac larvae of Atlantic cod (*Gadus morhua*). 1. Respiration and nitrogen metabolism. Marine biology, 124: 355-369.

Finn, R.N., Henderson, J.R., Fyhn, H.J. 1995. Physiological energetics of developing embryos and yolk-sac larvae of Atlantic cod (*Gadus morhua*). 2. Lipid metabolism and enthalpy balance. Marine biology, 124: 371-379.

Folkvord, A. 1989. Growth and cannibalism of cod fry (*Gadus morhua* L.) in intensive systems. In: DePauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N. (eds.). Aquaculture – A biotechnology in progress. European Aquaculture Society, Bredene, Belgium.

Folkvord, A. 1993. Prey recognition in stomachs of cannibalistic juvenile cod (*Gadus morhua* L.). Sarsia, 78: 97-100.

Folkvord, A. 1997. Ontogeny of cannibalism in larval and juvenile fishes with special emphasis on Atlantic cod. In: Chambers, R.C., Trippel, E.A. Early Life History and Recruitment in Fish Populations. London, Chapman and Hall Ltd., 251-278.

Folkvord, A., Otterå, H. 1991. Effects of size distribution, feeding and light regime on growth and survival of cod juveniles in tanks. European Special Publication 15: 299-300.

Folkvord, A., Otterå, H. 1993. Effects of initial size distribution, day length, and feeding frequency on growth, survival, and cannibalism in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L). Aquaculture, 114: 243-260.

Folkvord, A., Øiestad, V., Kvenseth, P.G. 1994. Growth patterns of three cohorts of Atlantic cod larvae (*Gadus morhua* L.) studied in a macrocosm. ICES Journal of Marine Science, 51: 325-336.

Folkvord, A., Blom, G., Dragesund, O., Johannessen, A., Nakken, O., Nævdal, G. 1994. A conceptual framework for enhancing and studying recruitment of marine fish stocks. Aquaculture and fisheries Mangement, 25: 245-258.

Fossum, P., Ellertsen, B. 1994. Gut content analysis of first-feeding cod larvae (*Gadus morhua* L.) sampled at Lofoten, Norway, 1979-1986. ICES Marine Science Symposia, 198: 430-437.

Foster, A.R., Houlihan, D.F., Hall, S.J. 1993. Effects of nutritional regime on correlates of growth rate in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*): Comparison of morphological and biochemical measurements. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50(3): 502-512.

Foster, A.R., Houlihan, D.F., et al. 1992. The effects of temperature acclimation on protein synthesis rates and nucleic acid content of juvenile cod (*Gadus morhua* L.). Canadian Journal of Zoology, 70(11): 2095-2102.

Fyhn, H.J., Serigstad, B. 1987. Free amino acids as energy substrate in developing eggs and larvae of the cod *Gadus morhua*. Marine Biology, 96: 335-341.

Gamble, J.C., Houde, E.D. 1984. Growth, mortality and feeding of cod (*Gadus morhua* L.) larvae in enclosed water columns and in laboratory tanks. In: Dahl, E., Danielssen, D.S., Moksness, E., Solemdal P. (eds), The propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flödevigen rapportserie 1: 123-143.

Geldmacher, A., Wieland, K. 1999. Implications of mechanical deformation and formaldehyde preservation for the identification of stage-specific characteristics of Baltic cod eggs. Journal of Applied Ichthyology, 15: 75-79.

Gjøsæter, J. 1990. Food selection in cod (*Gadus morhua*): reactions to colour and smell. Flødevigen rapportserie, 1: 1-10.

Gotceitas, V., Puvanendran, V., Leader, L.L., Brown, J.A. 1996. An experimental investigation of the 'match/mismatch' hypothesis using larval Atlantic cod. Marine Ecology Progress Series, 130: 29-37.

Hecht, T., Pienaar, A.G. 1993. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. Journal of the World Aquaculture Society, 24: 246-261.

Hemre, G., Lie, Ø., Lied, E., Lambertsen, G. 1989. Starch as an energy source for cod (*Gadus morhua*): digestibility and retention. Aquaculture, 80: 261-270.

Hemre, G.-I., Karlsen, Ö., Lehmann, G., Holm, J.G., Lie, Ø. 1993. Utilization of protein, fat and glycogen in cod (*Gadus morhua*) during starvation. Fiskeridir. Skr. Ser. Ernär., 6: 1-9.

Hjelmeland, K., Ugelstad, I., Pedersen, T. 1993. Ontogenesis of digestive system in cod (*Gadus morhua* L.), measurement of pepsin as an indicator of metamorphosis. ICES 1993 Symposium on Mass Rearing of Juvenile Fish, 37: 10pp.

Holm, J.C., Svåsand, T., Wennevik, V. 1991. Håndbok i torskeopdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon. Havforskningsinstituttet.

Houlihan, D.F., Hall, S.J., Gray, C. 1989. Effects of ration on protein turnover in cod. Aquaculture, 79: 103-110.

Houlihan, D.F., Hall, S.J., Gray, C., Noble, B.S. 1988. Growth rates and protein turnover in Atlantic cod, *Gadus morhua*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 45(6): 951-964.

Houlihan, D.F., Mathers, E.M., et al. 1993. Biochemical correlates of growth rates in fish. Fish Ecophysiology. J.C. Rankin and F. B. Jensen, Chapman and Hall, London, U.K.**:** 45-71.

Howell, B.R. 1979. Rearing larval cod (*Gadus morhua* L.) on cultured foods. ICES Council meeting 1983 (collected papers), Denmark **F:17**: 1-4.

Howell, B.R. 1984. The intensive rearing of juvenile cod, *Gadus morhua* L. In: Dahl, E., Danielssen, D.S., Moksness, E., Solemdal P. (eds), The propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flödevigen rapportserie 1: 657-675.

Hunt von Herbing, I., Gallager, S.M. 2000. Foraging behavior in early Atlantic cod larvae (*Gadus morhua*) feeding on a protozoan (*Balanion* sp.) and a copepod nauplius (*Pseudodiaptomus* sp.). Marine Biology, 136: 591-602.

Hunt von Herbing, I., Boutilier, R.G., Miyake, T., Hall, B.K. 1996. Effects of temperature on morphological landmarks critical to growth and survival in larval Atlantic cod (*Gadus morhua*). Marine Biology, 124: 593-606.

Hunt von Herbing, I., Miyake, T., Hall, B.K., Boutilier, R.G. 1996. Ontogeny of feeding and respiration in larval Atlantic cod *Gadus morhua* (Teleostei, Gadiformes): I. Morhphology. Journal of Morphology, 227: 15-35.

Hunt von Herbing I., Miyake, T., Hall, B.K., Boutilier, R.G. 1996. Ontogeny of feeding and respiration in larval Atlantic cod *Gadus morhua* (Teleostei, Gadiformes): II Function. Journal of Morphology, 227: 37-50.

Jones, A. 1984. Does cod farming have a commercial future? A technical and economic assessment. Flødevigen rapportserie, 1: 773-785.

Jung, T., Clemmesen, C. 1997. Effect of different food organisms on the development and nutritional condition of cod larvae (*Gadus morhua* L.) in laboratory rearing experiments. Ichthyoplankton Ecology, Fisheries Society of the British Isles, 24-25.

Kjørsvik, E. 1994. Egg quality in wild and broodstock cod *Gadus morhua* L. Journal of the World Aquaculture Society, 25: 22-29.

Kjörsvik, E., Stene, A., et al. 1984. Morphological, physiological and genetical studies of egg quality in cod (*Gadus morhua* L.). In: Dahl, E., Danielssen, D.S., Moksness, E., Solemdal P. (eds), The propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flödevigen rapportserie 1, 67-86.

Kjørsvik, E., Van der Meeren, T., Kryvi, H., Arnfinnson, J., Kvenseth, P.G. 1991. Early development of the digestive tract of cod larvae, *Gadus morhua* L., during start-feeding and starvation. Journal of Fish Biology, 38: 1-15.

Kvenseth, P.G., Winther, U., Hempel, E., Fagerholt, A.F., Kartevoll, E. 2000. Torskutredning for SND. Nr. 1286, pp. 109.

MacKenzie, B.R., Kiørboe, T. 1995. Encounter rates and swimming behavior of pause-travel and cruise larval fish predators in calm and turbulent laboratory environments. Limnology and Oceanography, 40: 1278-1289.

Mangor-Jensen, A., Adoff, G.R. 1987. Drinking activity of the newly hatched larvae of cod *Gadus morhua* L. Fish Physiology and Biochemistry, 3: 99-103.

Marteinsdottir, G., Steinarsson, A. 1998. Maternal influence on the size and viability of Iceland cod *Gadus morhua* eggs and larvae. Journal of Fish Biology, 52: 1241-1258.

Morrison, C.M. 1987. Histology of the Atlantic cod, *Gadus morhua*: An atlas. IV. Eleutheroembryo and larva. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 119: 496 pp.

Munk, P. 1995. Foraging behaviour of larval cod (*Gadus morhua*) influenced by prey density and hunger. Marine Biology, 122: 205-212.

Naas, K., Tilseth, S. 1987. Present status of the poll and basin method for marine fish fry production. ICES WG on Mass rearing of juvenile marine fish.

Nævdal, G., Folkvord, A., Otterlei, E., Thorkildsen, S. 1992. Growth rate related to genotype of 0-group cod at three environmental temperatures. Sarsia, 77: 71-73.

Olsen, R.E., Henderson, R.J., Pedersen, T. 1991. The influence of dietary lipid classes on the fatty acid composition of small cod *Gadus morhua* L. juveniles reared in an enclosure in northern Norway. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 148: 59-76.

Opstad, I., Strand, B., Huse, I., Garatun-Tjeldstø, O. 1989. Laboratory studies on the use of rotifers (*Brachionus plicatilis* O.F. Mueller) as start-feed for cod larvae (*Gadus morhua* L.). Aquaculture, 79: 245-351.

Otterlei, E., Nyhammer, G., Folkvord, A., Stefansson, S.O. 1999. Temperature- and size-dependent growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*): a comparative study of Norwegian coastal cod and northeast Arctic cod. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 56: 2099-2111.

Otterå, H., Folkvord, A. 1993. Allometric growth in juvenile cod (*Gadus morhua*) and possible effects on cannibalism. Journal of Fish Biology, 43: 643-645.

Otterå, H., Lie, Ø. 1991. Weaning trials with cod (*Gadus morhua* L.) fry on formulated diets. Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Ernæring, 4: 85-94.

Pedersen, T., Eliassen, J.E., Eilertsen, H.C., Tande, K.S., Olsen, R.E. 1989. Feeding, growth, lipid composition, and survival of larval cod (*Gadus morhua* L.) in relation to environmental conditions in an enclosure at 70º in northern Norway. Rapports et Proces-Verbaux des Réunions Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 191: 409-420.

Pedersen, T., Falk-Petersen, I.B. 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, 41: 449-461.

Puvanendran, V. 1999. Effect of prey concentration and light on the foraging behaviour, growth and survival of Atlantic cod larvae (*Gadus morhua*) under

laboratory conditions. PhD. Dissertation, Memorial University of Newfoundland. pp. 177.

Puvanendran, V., Brown, J.A. 1998. Effect of light intensity on the foraging and growth of Atlantic cod larvae: interpopulation differnce? Marine Ecology Progress Series, 167: 207-214.

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

Raae, A.J., Opstad, I., Kvenseth, P., Walther, B.Th. 1988. RNA, DNA and protein during early development in feeding and starved cod (*Gadus morhua* L.) larvae. Aquaculture, 73: 247-259.

Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I., Jørgensen, L. 1992. Comparative study on the fatty acid and lipid composition of four marine fish larvae. Comp. Biochem. Physiol., 103B: 21-26.

Ringø, E., Johansen, L., Raa, J. 1991. Feeding of cod, *Gadus morhua* (L.), larvae on an artificial diet. Preliminary results. Fisheries research. 11: 191-193.

Rosenlund, G., Meslo, I., Rødsjø, R., Torp, H. 1993. Large scale prodution of cod. In: Reinertsen, Dahle, Jørgensen, Tvinnereim (eds.). Fish Farming Technology, Balkema, Rotterdam. pp 141-146.

Skiftesvik, A.B. 1994. Impact of physical environment on the behaviour of cod larvae. ICES Marine Science Symposia, 198: 646-653.

Skiftesvik, A.B., Huse, I. 1987. Behaviour studies of cod larvae, *Gadus morhua* L. Sarsia, 72: 367-368.

Slagstad, D., Olsen, Y., Tilseth, S. 1987. A model based system for control of live feed level for larval fish. Modeling, Identification and Control, 8: 51-60.

Solberg, T.S., Tilseth, S. 1987. Variations in growth pattern among yolk-sac larvae of cod (*Gadus morhua* L.) due to differences in rearing temperature and light regime. Sarsia, 72: 347-349.

Solemdal, P., Kjesbu, O.S., Kjørsvik, E. 1992. The effects of maternal status of Arcto-Norwegian cod on egg quality and vitality of early larvae. I. The collection and characteristics of the cod females, a pilot study. ICES, C.M.1992/G:78, 10pp.

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

Sundby, S. 1992. A "turbulent" environment best for cod larvae. Institute of Marine Research News, 8: 2pp.

Sundby, S., Ellertsen, B., Fossum, P. 1994. Encounter rates between first-feeding cod larvae and their prey during moderate to strong turbulent mixing. ICES Marine Science Symposia, 198: 393-405.

Suthers, I.M., van der Meeren, T., Jørstad, K.E. 1999. Growth histories derived from otolith microstructure of three Norwegian cod stocks co-reared in mesocosms; effect of initial size and prey size changes. ICES Journal of Marine Science, 56: 658-672.

Tande, K.S., Eilertsen, H.C., Krogstad, P.K., Løken, S. 1988. Intensive production of cod larvae: a pilot study. ICES Early Life History Symposium no. 113, 15 pp.

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

Tilseth, S., Strømme, T. 1976. Changes in buoyancy and activity during starvation of cod larvae (*Gadus morhua* L.). ICES C.M. 1976/F:33. pp.12.

Tilseth, S., Blom, G., Naas, K. 1992. Recent progress in research and development of marine cold water species for aquaculture production in Norway. Journal of the World Aquaculture Society, 23(4): 277-285.

van der Meeren, T. 1991. Algae as first food for cod larvae, *Gadus morhua* L.: Filter feeding or ingestion by accident? Journal of Fish Biology, 39: 225-237.

van der Meeren, T. 2001. Yngelproduksjon av gadoider: Utvikling av intensiv oppdrettsmetode for torsk og hyse. Fisken og Havet, 2: pp. 25.

van der Meeren, T., Jørstad, K.E. 2001. Growth and survival of Arcto-Norwegian and Norwegian coastal cod larvae (*Gadus morhua* L.) reared together in mesocosms under different light regimes. Aquaculture Research, 32: 549-563.

van der Meeren, T., Næss, T. 1993. How does cod (*Gadus morhua*) cope with variability in feeding conditions during early larval stages? Marine biology, 116: 637-647.

van der Meeren, T., Jørstad, K.E., Solemdal, P., Kjesbu, O.S. 1994. Growth and survival of cod larvae (*Gadus morhua* L.): Comparative enclosure studies of northeast Arctic cod and coastal cod from western Norway. ICES Marine Science Symposia, 198: 633-645.

van der Meeren, T., Klungsøyr, J., Wilhelmsen, S., Kvenseth, P.G. 1993. Fatty acid composition of unfed cod larvae *Gadus morhua* L. and cod larvae feeding on natural plankton in large enclosures. Journal of the World Aquaculture Society, 24: 167-185.

Welker, M.T., Pierce, C.L., Wahl, D.H. 1994. Growth and survival of larval fishes: roles of competition and zooplankton abundance. Transactions of the American Fisheries Society, 123: 703-717.

Yin, M.C., Blaxter, J.H.S. 1987. Temperature, salinity tolerance, and buoyancy during early development and starvation of Clyde and North Sea herring, cod, and flounder larvae. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 197: 279-290.

Øiestad, V., Kvenseth, P.G., Folkvord, A. 1985. Mass production of Atlantic cod juveniles *Gadus morhua* in a Norwegian saltwater pond. Transactions of the American Fisheries Society, 114: 590-595.

DFU-rapporter – index

Nr. 1-96 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav august 1995. Per Sand Kristensen *(udsolgt)*

Nr. 2-96 Blåmuslingebestanden i Limfjorden. Per Sand Kristensen, Per Dolmer og Erik Hoffmann

Nr. 3-96 Forbedring og standardisering af CSW-tankføring. Marco Frederiksen og Karsten Bæk Olsen *(udsolgt)*

Nr. 4-96 Fiskeundersøgelse i Vejle Fjord 1993-1994. Hanne Nicolajsen, Josianne Støttrup og Leif Christensen *(udsolgt)*

Nr. 5-96 En undersøgelsen af maveindholdet af Østersølaks 1 1994-1995. Ole Christensen *(udsolgt)*

Nr. 6-96 Udsætningsforsøg med Østersølaks. Gorm Rasmussen og Heine Glüsing *(udsolgt)*

Nr. 7-96 Kampen om Limfjorden. Kirsten Monrad Hansen *(udsolgt)*

Nr. 8-96 Tangetrappen 1994-95. Anders Koed og Gorm Rasmussen m.fl. *(udsolgt)*

Nr. 9-96 Status over bundgarnsfiskeriet i Danmark 1994. Anders Koed og Michael Ingemann Pedersen *(udsolgt)*

Nr. 10-96 Måling af kvalitet med funktionelle analyser og protein med nærinfrarød refleksion (NIR) på frosne torskeblokke. Niels Bøknæs *(udsolgt)*

Nr. 11-96 Acoustic monitoring of herring related to the establishment of a fixed link across the Sound between Copenhagen and Malmö. J. Rasmus Nielsen

Nr. 12-96 Blåmuslingers vækst og dødelighed i Limfjorden. Per Dolmer

Nr. 13-96 Mærkningsforsøg med ørred og regnbueørred i Århus Bugt og Isefjorden. Heine Glüsing og Gorm Rasmussen *(udsolgt)*

Nr. 14-96 Jomfruhummerfiskeriet og bestandene i de danske farvande. Mette Bertelsen *(udsolgt)*

Nr. 15-96 Bærekapacitet for havørred (Salmo trutta L.) i Limfjorden. Kaare Manniche Ebert *(udsolgt)*

Nr. 16-96 Sild og brisling i Limfjorden. Jens Pedersen

Nr. 17-96 Produktionskæden fra frysetrawler via optøning til dobbeltfrossen torskefilet – Optøningsrapport (del 1). Niels Bøknæs *(udsolgt)*

Nr. 18-96 Produktionskæden fra frysetrawler via optøning til dobbeltfrossen torskefilet - Optøningsrapport (del 2). Niels Bøknæs *(udsolgt)*

Nr. 19-96 Automatisk inspektion og sortering af sildefileter. Stella Jónsdóttir, Magnús Thor Ásmundsson og Leif Kraus

Nr. 20-96 Udsætning af helt, *Coregonus lavaretus* L., i Ring Sø ved Brædstrup. Thomas Plesner og Søren Berg *(udsolgt)*

Nr. 21-96 Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta* L.) i jyske og sjællandske vandløb. Heine Glüsing og Gorm Rasmussen *(udsolgt)*

Nr. 22-96 Kvalitetsstyring og målemetoder i den danske fiskeindustri. Resultater fra en spørgebrevsundersøgelse. Stella Jónsdóttir

Nr. 23-96 Quality of chilled, vacuum packed cold-smoked salmon. Lisbeth Truelstrup Hansen, Ph.D. thesis *(udsolgt)*

Nr. 24-96 Investigations of fish diseases in common dab (*Limanda limanda)* in Danish Waters. Stig Mellergaard (Ph.D. thesis)

Nr. 25-96 Fiskeribiologiske undersøgelser i Limfjorden 1993 – 1996. Erik Hoffmann

Nr. 26-96 Selectivity of gillnets in the North Sea, English Channel and Bay of Biscay (AIR-project AIR2-93-1122 Final progress report). Holger Hovgård og Peter Lewy

Nr. 27-96 Prognose og biologisk rådgivning for fiskeriet i 1997. Poul Degnbol

Nr. 28-96 Grundlaget for fiskeudsætninger i Danmark. Michael M. Hansen

Nr. 29-97 Havørredbestandene i Odense Å og Stavids Å systemerne i relation til Fynsværket. Anders Koed, Gorm Rasmussen og Espen Barkholt Rasmussen

Nr. 30-97 Havørredfiskeriet i Odense Fjord 1995, herunder fiskeriet i Odense Gl. Kanal og den nedre del af Odense Å. Espen Barkholt Rasmussen og Anders Koed (*udsolgt)*

Nr. 31-97 Evaluering af udsætninger af pighvarrer i Limfjorden, Odense Fjord og ved Nordsjælland 1991-1992. Josianne Gatt Støttrup, Klaus Lehmann og Hanne Nicolajsen

Nr. 32-97 Smoltdødeligheder i Tange Sø. Undersøgt i foråret 1996. Niels Jepsen, Kim Aarestrup og Gorm Rasmussen

Nr. 33-97 Overlevelse af udsætningsfisk. Overlevelsen af dambrugsopdrættet ørred (*Salmo trutta*) efter udsætning i et naturligt vandløb. I. Indflydelse af social status. Henrik Schurmann

Nr. 34-97 Bestandsundersøgelser i bornholmske vandløb til belysning af den naturlige ørredproduktion og effekten af udsætning af ørredyngel. Ole Christensen *(udsolgt)*

Nr. 35-97 Hornfisk - Indbygget kvalitetssikring (IKS) med sporbar dokumentation. Karsten Bæk Olsen

Nr. 36-97 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav august 1996. Per Sand Kristensen

Nr. 37-97 Hjertemuslinger (*Derastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet april 1997. Per Sand Kristensen

Nr. 38-97 Blåmuslinger i Limfjorden 1996 og 1997. Erik Hoffmann og Per Sand Kristensen

Nr. 39-97 Forsøgsfiskeri i det sydlige Kattegat efter molboøsters (*Arctica islandica*) juni 1997. Per Sand Kristensen, Per Dolmer og Erik Hoffmann

Nr. 40-97 Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet - Teknisk rapport. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Ribe Amt og Sønderjyllands Amt *(udsolgt)*

Nr. 40a-97 Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet – Bilagsrapport. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Ribe Amt og Sønderjyllands Amt *(udsolgt)*

Nr. 40b-97 Laksefiskene og fiskeriet i vadehavsområdet - Supplerende undersøgelser. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Ribe Amt og Sønderjyllands Amt *(udsolgt)*

Nr. 41-97 Fiskebestande og fiskeri i 1998. Poul Degnbol og Eskild Kirkegaard

Nr. 42-97 Kunstige rev. Review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande. Red. Josianne G. Støttrup og Hanna Stokholm *(udsolgt)*

Nr. 42a-97 Kunstige rev. Review om formål, anvendelse og potentiale i danske farvande. Bilagsrapport. Red. Josianne G. Støttrup og Hanna Stokholm *(udsolgt)*

Nr. 43-97 Bomtrawlsfiskeriets indflydelse på fisk og bunddyr (benthos). Else Nielsen, Stig Mellergaard og Tine Kjær Hassager

Nr. 44-97 Effekten af akustiske alarmer på bifangst af marsvin i garn. Rapport om foreløbige resultater. Finn Larsen

Nr. 45-97 Søpakning med sporbar deklaration. Marco Frederiksen og Karsten Bæk Olsen *(udsolgt)*

Nr. 46-97 Lightly salted lumpfish roe. Composition, spoilage, safety and preservation. Merethe Basby

Nr. 47-97 Large Scale Production of Baltic Sea Cod. Bornholm 1992-1994. Philip Prince

Nr. 48-97 Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta* L.) i fynske vandløb og kystområder. Stig Pedersen og Gorm Rasmussen *(udsolgt)*

Nr. 49-98 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 1997. Niels Jørgen Pihl og Per Sand Kristensen.

Nr. 50-98 Indsatsprojekt rapport 1. Internationale erfaringer med forskellige fiskeriforvaltningssystemer. Et litteraturreview. *(udsolgt)*

Nr. 51-98 Indsatsprojekt rapport 2. Gear selectivity estimates for Danish Baltic and Kattegat Fleets. D. A. Wileman.

Nr. 52-98 Redegørelse vedrørende det tekniske grundlag for miljøgodkendelse af dambrug. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Danmarks Miljøundersøgelser, Dansk Dambrugerforening og Miljøstyrelsen *(udsolgt)*

Nr. 53-98 Genudlægninger af små blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden, 1996 – 1997. Nina Holm og Per Sand Kristensen

Nr. 54-98 Strukturen i en muslingebanke og dennes betydning for blåmuslingers vækst og dødelighed. Ph.D.-afhandling. Per Dolmer

Nr. 55-98 Hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet 1998. Per Sand Kristensen

Nr. 56-98 Det danske laksefiskeri i Østersøen – sæsonen 1997/1998. Frank Ivan Hansen

Nr. 57-98 Prey switching and the implications for the use of predatory fish as bioindicators. Speciale. Anna Rindorf

Nr. 58-98 Fiskeriundersøgelser i Limfjorden, 1997. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Nordjyllands Amt, Viborg Amt og Ringkjøbing Amt *(udsolgt)*

Nr. 59-98 Fiskehejren (*Ardea cinerea*) som prædator – generelt og i relation til ørredsmolt (*Salmo trutta*). Vinni Madsen

Nr. 60-98 Spatial distribution pattern generating processes in the International Bottom Trawl Survey in the North Sea. Kai Wieland

Nr. 61-99 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav, efteråret 1998. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl

Nr. 62-99 Fiskebestande og fiskeri i 1999. Poul Degnbol og Eskild Kirkegaard *(udsolgt)*

Nr. 63-99 Kortlægning af stenrev, stenfiskeri og fiskeri på hårdbund samt metoder til videnskabelige undersøgelser af rev og hårdbund. Josianne G. Støttrup (redaktør)

Nr. 64-99 Juvenile fladfisks fordeling, migration og fouragering i kystnære områder - relation til bestandsstyrkelse. Speciale. Svend Bråten og Lene Moth

Nr. 65-99 Genudlægninger af små blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden, 1998. Per Sand Kristensen og Nina Holm

Nr. 66-99 Status for Laksehandlingsplanen. Anders Koed, Kim Aarestrup, Einar Eg Nielsen og Heine Glüsing *(udsolgt)*

Nr. 67-99 Acoustic monitoring of herring in the Sound Final Report 1993-98. J. Rasmus Nielsen, Bo Lundgren, Torben F. Jensen og Karl-Johan Stæhr

Nr. 68-99 Betydningen af skarvens prædation på torsk vurderet ved hjælp af flerartsmodellen (MSVPA). Else Nielsen, Stefan Neuenfeldt og Morten Vinther *(udsolgt)*

Nr. 69-99 Rapport vedrørende udvikling af en mærkningsmodel for økologisk akvakulturproduktion. Strukturdirektoratet

Nr. 70-99 Projekt "Smoltvindue hos Ørred, *Salmo trutta*". (projekt nr. 1329 jf. Handlingsplanen for Fiskeplejen 1998). Christian Nielsen og Steffen S. Madsen

Nr. 71-99 Blåmuslinger i Limfjorden. Maj og september 1999. Erik Hoffmann og Per Sand Kristensen

Nr. 72-00 Fiskeri efter blåmuslinger i Danmark 1989-1999. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann

Nr. 73-99 Bomtrawlfiskeriets indflydelse på fisk og bunddyr II. (opdatering af DFU-Rapport nr. 43-97). Else Nielsen og Stig Mellergaard

Nr. 74-00 Fisk, fiskeri og bundfauna ved Agerø, Limfjorden. Erik Hoffmann og Per Dolmer

Nr. 75-00 Fisk og fiskebestande i Limfjorden 1984 – 1999. Erik Hoffmann

Nr. 76-00 Genudlægninger af små blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden, 1999. Per Sand Kristensen, Nina Holm og Alex Hansen

Nr. 77-00 A check list for multi-instrument projects. Harald Martens og Charlotte Jacobsen

Nr. 78-00 Udvikling af standard garnserie til brug ved bestandsanalyse af flad- og rundfisk i marine lavvandede områder. Ole Ritzau Eigaard, Josianne Støttrup og Holger Hovgård

Nr. 79-00 Undersøgelse af eventuelle miljøpåvirkninger ved anvendelse af hjælpestoffer og medicin i ferskvandsdambrug samt metoder til at reducere/eliminere sådanne påvirkninger. Samarbejdsprojekt mellem Danmarks Miljøundersøgelser (Redaktør), Danmarks Fiskeriundersøgelser, Kongelige Veterinære og Landbohøjskole og Dansk Dambrugerforening. *(udsolgt)*

Nr. 80-00 Laks og havørreds gydevandring i Gudenåen i 1994 og 1995. Kim Aarestrup og Niels Jepsen

Nr. 81-00 Hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet, 2000. Per Sand Kristensen

Nr. 82-00 Danmarks Fiskeriundersøgelser's Ramme- og aktivitetsplan 2000-2003. Danmarks Fiskeriundersøgelser

Nr. 83-00 Dansk Laksefiskeri i Østersøen 1998/1999. Frank I. Hansen

Nr. 84-00 Indsatsprojekt rapport 3. Fiskeriindsats og fiskeridødelighed, Østersøen. J. Rasmus Nielsen

Nr. 85-00 Indsatsprojekt rapport 5. Fiskeriindsats og fiskeridødelighed, industrifiskeri. Paul Marchal, J. Rasmus Nielsen og Holger Hovgård *(udsolgt)*

Nr. 86-00 Indsatsprojekt rapport 4. Fiskeriindsats og fiskeridødelighed, Kattegat. Holger Hovgård, , J. Rasmus Nielsen og Paul Marchal

Nr. 87-01 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2000. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl

Nr. 88-01 Genudlægninger af blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden, 2000. Per Sand Kristensen og Nina Holm

Nr. 89-01 Indsatsprojekt rapport 7. Fiskernes holdning til og accept af fiskeriregulering. Jesper Raakjær Nielsen og Christoph Mathiesen *(udsolgt)*

Nr. 90-01 Hesterejer (*Crangon crangon*) – køns- og størrelsesfordelinger I danske fangster og landinger fra Nordsøen, 2000. Per Sand Kristensen og Agnethe Hedegaard

Nr. 91-01 Danmarks Fiskeriundersøgelser's Ramme- og aktivitetsplan 2001-2004. Danmarks Fiskeriundersøgelser

Nr. 92-01 Blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) i det nordlige Bælthav i 1996 (fiskerizone 30, 31 og 34). Forekomster og fiskeri. Per Sand Kristensen

Nr. 93-01 Udsætningsforsøg med 18-28 cm ørred (*Salmo trutta L.*) i vandløb 1995-1998. Stig Pedersen og Peter Geertz-Hansen

Nr. 94-01 Simulation model for evaluation of effert and catch quota management regimes. Per J. Sparre

Nr. 95-01 Fiskebestande og fiskeri 2002. Sten Munch-Petersen.

Nr. 96-02 Genudlægninger af blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) på vækstbanker i Limfjorden 2001. Per Sand Kristensen og Nina Holm.

Nr. 97-02 Indsamling af detaljerede oplysninger om tobisfiskeriet i Nordsøen. Februar 2002. Henrik Jensen, Henrik Mosegaard, Anna Rindorf, Jørgen Dalskov og Palle Brogaard

Nr. 98-02 Danmarks Fiskeriundersøgelser. Ramme- og Aktivitetsplan 2002-2005. Danmarks Fiskeriundersøgelser

Nr. 99-02 Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen før restaureringen. Nicolai Ørskov Olsen, Hans-Christian Ingerslev, Henrik Dam og Christian Dieperink. *(udsolgt)*

Nr. 100-02 Fangster af laksefisk fra Skjern Å og Storåen. Christian Dieperink.

Nr. 101-02 Blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) i Lillebælt i 1995 (fiskerizone 40 - 44). Forekomster og fiskeri. Per Sand Kristensen

Nr. 102-02 Hesterejer (*Crangon crangon*) – køns - og størrelsesfordelinger i danske fangster og landinger
fra Nordsøen, 2001. Per Sand Kristensen og Agnethe Hedegaard

Nr. 103-02 Dansk laksefiskeri i Østersøen 2001 og Status for forsøg med forsinket udsatte laks ved Bornholm og Møn. Frank Ivan Hansen og Stig Pedersen

Nr. 104-02 Forbrugernes kvalitetsopfattelse af frossen fisk. Baseret på to fokusgrupper. Francisca Listov-Saabye

Nr. 105-02 Forbrugerundersøgelse af frossen og optøet torsk. Francisca Listov-Saabye

Nr. 106-02 Udredning vedrørende vandforbrug ved produktion af regnbueørreder i danske dambrug. Alfred Jokumsen. Rapporten er udarbejdet for Skov- og Naturstyrelsen

Nr. 107-02 Torskeopdræt – forskningsresultater og kundskab om torskeopdræt. Josianne G. Støttrup

Nr. 108-02 Hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet, 2002. Per Sand Kristensen, Niels Jørgen Pihl og Alex Hansen