

## Videreudvikling af intensivt opdræt af sandart i Danmark

**Steenfeldt, Svend Jørgen; Vestergaard, Martin; Overton, Julia Lynne; Lund, Ivar; Paulsen, Helge; Larsen, Villy J.; Henriksen, Niels Henrik**

*Publication date:*  
2010

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Steenfeldt, S. J., Vestergaard, M., Overton, J. L., Lund, I., Paulsen, H., Larsen, V. J., & Henriksen, N. H. (2010). Videreudvikling af intensivt opdræt af sandart i Danmark. Charlottenlund: DTU Aqua. Institut for Akvatiske Ressourcer. (DTU Aqua-rapport; Nr. 228-2010).

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Videreudvikling af intensivt opdræt af sandart i Danmark



**DTU Aqua-rapport nr. 228-2010**  
Af Svend Steinfeldt, Martin Vestergaard,  
Julia Lynne Overton, Ivar Lund,  
Helge Paulsen, Villy J. Larsen  
og Niels Henrik Henriksen

# Videreudvikling af intensivt opdræt af sandart i Danmark

**DTU Aqua-rapport nr. 228-2010**

*Svend Steinfeldt, DTU Aqua*

*Martin Vestergaard, AquaPri A/S*

*Julia Lynne Overton, AquaPri A/S*

*Ivar Lund, DTU Aqua*

*Helge Paulsen, DTU Aqua*

*Villy J. Larsen, Dansk Akvakultur*

*Niels Henrik Henriksen, Dansk Akvakultur*

**Danmark og EU investerer i bæredygtigt fiskeri  
Projektet er støttet af Fødevareministeriet og EU**

Ministeriet for Fødevarer,  
Landbrug og Fiskeri



Den Europæiske  
Fiskerifond

# INDHOLDSFORTEGNELSE

|   |          |
|---|----------|
| <b>BAGGRUND</b> .....   | <b>5</b> |
| <b>PROJEKTETS AKTØRER</b> .....   | <b>5</b> |
| <b>STYREGRUPPEN</b> .....   | <b>6</b> |
| <b>PROJEKTETS FORMÅL</b> .....  | <b>6</b> |
| <b>PROJEKTETS STRUKTUR</b> .....  | <b>6</b> |
| <i>Arbejdspakke 1: Projektstyring og inddragelse af nye samarbejdspartnere</i> .....  | 6        |
| <i>Arbejdspakke 2: Tilvejebringelse af vidensgrundlag vedrørende ernæringsrelaterede problemer i forbindelse med yngelproduktion af sandart</i> .....                         | 6        |
| <i>Arbejdspakke 3: Undersøgelser af forhold af betydning for antal og kvalitet af producerede sættefisk, med fokus på svømmeblæreudvikling, weaning og deformiteter</i> ..... | 7        |
| <i>Arbejdspakke 4: Undersøgelser af forhold af betydning for tilvækst i ongrowing fasen</i> .....   | 8        |
| <i>Arbejdspakke 5: Årstidsafhængige gydninger og fodring af moderfisk</i> .....   | 8        |
| <i>Arbejdspakke 6: Veterinært beredskab vedr. sandart</i> .....   | 8        |
| <b>RESULTATER</b> .....   | <b>9</b> |
| ARBEJDSPAKKE 2A: UNDERSØGELSER AF SAMSPILLET MELLEM TIDSPUNKTET FOR TILVÆNNING TIL TØRFODER OG EVNEN TIL AT OPTAGE NÆRINGSSTOFFER.....  | 9        |
| <i>Introduktion</i> .....   | 9        |
| <i>Metode</i> .....   | 11       |
| <i>Resultater</i> .....   | 16       |
| <i>Konklusion</i> .....   | 25       |
| <i>Referencer</i> .....   | 26       |
| ARBEJDSPAKKE 2B: HAR VARIABILITETEN I KLÆKKETIDSPUNKT INDENFOR EN BATCH INDFLYDELSE PÅ LARVESTØRRELSE OG KANNIBALISME HOS SANDARTYNGEL?.....                                  | 26       |
| <i>Indledning</i> .....   | 26       |
| <i>Metode</i> .....   | 26       |
| <i>Resultater</i> .....   | 30       |
| <i>Konklusion</i> .....   | 37       |
| ARBEJDSPAKKE 2C: EFFEKTER AF FLERUMÆTTEDE FEDTSYRER PÅ VÆKST OG STRESSTOLERANCE HOS SANDART LARVER.....   | 38       |
| <i>Indledning</i> .....   | 38       |
| <i>Metode</i> .....   | 38       |
| <i>Resultater</i> .....   | 39       |
| ARBEJDSPAKKE 2D: UNDERSØGELSE AF ÅRSAGER TIL KANNIBALISME HOS SANDARTYNGEL UNDERSØGT VED HJÆLP AF ØRESTEN.....  | 41       |
| <i>Introduktion</i> .....   | 41       |
| <i>Forsøgsplan</i> .....  | 46       |
| <i>Resultater</i> .....   | 47       |
| <i>Konklusion</i> .....   | 50       |
| <i>Referencer</i> .....   | 50       |
| ARBEJDSPAKKE 3: UNDERSØGELSER AF FORHOLD AF BETYDNING FOR ANTAL OG KVALITET AF PRODUCEREDE SÆTTEFISK, MED FOKUS PÅ SVØMMEBLÆREUDVIKLING, WEANING OG DEFORMITETER.....         | 52       |
| <i>Svømmeblæreproblemer og afhjælpning</i> .....  | 52       |
| <i>Fodertype og fodringsstrategi under weaning</i> .....  | 57       |
| <i>Deformitetsårsager</i> .....   | 58       |
| <i>Kvantificering af svind i kommerciel sættefiskproduktion</i> .....   | 62       |
| ARBEJDSPAKKE 4: UNDERSØGELSER AF FORHOLD AF BETYDNING FOR TILVÆKST I ONGROWING FASEN.....   | 64       |
| <i>Indledende bemærkninger</i> .....  | 64       |
| <i>Fodringsstrategier</i> .....   | 64       |
| <i>Fodrings- og vækstmodel</i> .....  | 66       |

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Foder- og tæthedforsøg .....</i>   | <i>69</i> |
| <i>Flydefoder .....</i>   | <i>72</i> |
| <i>Udendørs opdræt af sandart i Danmark .....</i>   | <i>74</i> |
| <b>ARBEJDSPAKKE 5: ETABLERING AF ÅRSTIDSUAFHÆNGIGE GYDNINGER .....</b>  | <b>76</b> |
| <i>Baggrund.....</i>  | <i>76</i> |
| <i>Etablere sygdomsfri bestand af moderfisk .....</i>   | <i>80</i> |
| <i>Fodring af moderfisk.....</i>  | <i>81</i> |
| <i>Diskussion og konklusion.....</i>  | <i>82</i> |
| <b>ARBEJDSPAKKE 6: VETERINÆRT BEREDSKAB VEDR. SANDART .....</b>   | <b>83</b> |
| <i>Introduktion.....</i>  | <i>83</i> |
| <i>Formål.....</i>  | <i>83</i> |
| <i>Baggrund.....</i>  | <i>84</i> |
| <i>Metode.....</i>  | <i>84</i> |
| <i>Resultater .....</i>   | <i>84</i> |
| <i>Konklusion .....</i>   | <i>89</i> |
| <i>Referencer.....</i>  | <i>89</i> |
| <b>SPINOFF FRA PROJEKTET .....</b>  | <b>92</b> |
| <i>Specialer.....</i>   | <i>92</i> |
| <i>Mange besøgende.....</i>   | <i>92</i> |
| <i>Test af nyt system til denitrifikation udviklet af Grundfos.....</i>   | <i>92</i> |
| <i>Temadage.....</i>  | <i>92</i> |
| <i>Stor europæisk interesse for sandartopdræt.....</i>  | <i>92</i> |
| <i>Opstart af ny sandartproduktion .....</i>  | <i>93</i> |
| <i>Udvidet medarbejderstab .....</i>  | <i>93</i> |
| <i>Produktionsudvikling .....</i>   | <i>93</i> |
| <b>OPSUMMERING OG KONKLUSION.....</b>   | <b>94</b> |
| <b>BILAGSOVERSIGT.....</b>  | <b>95</b> |
| BILAG 1 LISTE OVER POTENTIELLE SYGDOMSFREMKALDENDE ORGANISMER, SOM ER ISOLERET FRA SANDART  |           |
| BILAG 2 OVERSIGT OVER DEFORMITETSTYPER I SANDART  |           |
| BILAG 3 OVERSIGT OVER ÅRSAGER TIL DEFORMITETER I SANDART  |           |
| BILAG 4 BESKRIVELSE AF TYPISKE DEFORMITETER   |           |
| BILAG 5 LISTE OVER VÆSENTLIG LITTERATUR VEDRØRENDE OPDRÆT AF SANDART  |           |
| BILAG 6 THE EFFECTS OF DIETARY LONG-CHAIN ESSENTIAL FATTY ACIDS ON GROWTH AND STRESS TOLERANCE IN PIKEPERCH LARVAE (SANDER LUCIOPERCA L.) |           |
| BILAG 7 IS BATCH VARIABILITY IN HATCHING TIME RELATED TO SIZE HETEROGENEITY AND CANNIBALISM IN PIKEPERCH (SANDER LUCIOPERCA)?             |           |

## Baggrund

Af Dansk Akvakulturs (DA) strategiplan 2005 - side 15 fremgår det, at der ønskes en produktion på 10.000 tons andre arter inden år 2015.

Med andre arter forstås fiskearter ud over ørred og ål. Dansk Akvakultur afholdt en række temadage i 2007-2008 med henblik på at få struktureret og fokuseret indsatsen vedrørende nye arter. Dette førte til, at Dansk Akvakultur udpegede sandart som den mest lovende kandidat for en kommerciel satsning, med henblik på at nå en betydelig produktion inden får en kort årrække.

Realiseres en produktion på eksempelvis 4000 tons vil denne repræsentere en førstehåndsværdi på omkring 250 mio. kr. Sandart er en varmekrævende art og vil derfor skulle produceres i fuldt recirkulerede anlæg. Dette sikrer produktionens bæredygtighed på sigt, idet udledningen vil ske til kommunale rensningsanlæg og herved være uden påvirkning af de danske recipienter.

Introduktion af nye arter i akvakultur er altid forbundet med biologiske problemer af mere eller mindre artsspecifik karakter.

For sandarts vedkommende er der hos erhvervet såvel som hos forskerne almindelig konsensus vedrørende yngelproblematikkens betydning for kommercialiseringen. Det må konstateres, at yngel endnu ikke kan produceres i tilstrækkelige mængder til at forsyne hverken eksisterende danske eller udenlandske sandart opdrætsanlæg.

Når dette mål er nået vil der sandsynligvis på europæisk plan pågå en udskillelse, hvor kun de bedst fungerende og mest rationelt drevne produktionsanlæg vil have en fremtid.

Det er væsentligt, at Danmark placerer sig på forkant af denne udvikling og herved sikrer danske producenter muligheden for på længere sigt at fastholde en produktion af sandart inden for landets grænser.

## Projektets aktører

Projektet er baseret på de 3 ansøgninger som den 17. november 2008 blev fremsendt fra Dansk Akvakultur til fiskerifonden under ordningen fælles initiativer. Tilsagn om støtte fra Fødevarerhverv til gennemførelse af projektet blev fremsendt til Dansk Akvakultur med skrivelse af 22. december 2008.

**Dansk Akvakultur** har været projektansvarlig og -leder med det overordnede ansvar for økonomi og projektstyring. Herudover har Dansk Akvakultur forestået indsatsen vedrørende formidling (eller koordinering heraf) af resultaterne til erhvervet, samt bidraget ved gennemførelse af opgaven vedrørende det veterinære beredskab.

**Aquapri Denmark A/S** har på deres produktionsanlæg i Egtved dels videreført deres hidtidige udviklingsindsats vedrørende praktisk kommerciel skala opdræt af sandart, dels gennemført en række forsøg i samarbejde med DTU Aqua til belysning af forhold vedrørende hold af moderfisk, produktion af yngel og sættefisk samt ongrowing til markedsstørrelse. Afrapporteringen af disse forsøg er ligeledes sket i samarbejde med DTU Aqua. Aquapri A/S har desuden bidraget til den praktiske gennemførelse af det eksperimentelle arbejde, som ligger i DTUs regi i Hirtshals ved leverancer af æg og fiskeyngel til denne indsats.

**DTU Aqua** har udover at indgå i ovennævnte, gennemført en række forsøg i deres forsøgsanlæg i Hirtshals til belysning af en række specifikke ernæringsbiologiske problemstillinger.

## Styregruppen

Umiddelbart efter at tilsagnet fra blev modtaget fra DFFE blev der nedsat en styregruppe for projektet. Medlemmer af styregruppen var: DTU Aqua – Per Bovbjerg, Aquapri A/S – Henning Pries, Biomar – Mikkel Detz Jensen, Billund Aquakultur service – Bjarne Hald Olsen, Danmarks Fiskehandlere – Dragan Sljivic, Dansk Akvakultur – Villy J. Larsen

## Projektets formål

Projektets formål er:

- At forbedre overlevelse og kvalitet af sandart yngel produceret i intensive recirkulerede anlæg.
- At bibringe ny viden vedrørende sandartlarvers ernæringskrav med henblik på optimeret udnyttelse af foderet og optimering af fodringsstrategi.
- At klarlægge årsager til manglende svømmeblære samt udvikling af tiltag til overkommelse af disse problemer.
- At udvikle metoder til kvantificering af antal fisk i yngelanlæg med henblik på fastlæggelse af årsager til mortaliteter heri.
- At fastsætte retningslinier for ongrowing med hensyn til valg af foder, forventet tilvækst og anvendt foderstrategi.
- At udvikle årstidsuafhængig gydning af sandart samt gennemføre analyser af effekt på gydetidspunkt på kvaliteten af producerede æg og larver.
- At udarbejde et veterinært beredskab, som dels kan sikre at sygdomsudbrud kan forebygges og dels i tilfælde af udbrud af sygdom, kan danne grundlag for hurtig og effektiv behandling.

## Projektets struktur

Projektet blev opdelt i 6 arbejdsopgaver.

### Arbejdsopgave 1: Projektstyring og inddragelse af nye samarbejdspartnere

1. Projektstyring, vidensformidling.
2. Inddragelse af nye opdrættere i relation til ongrowing af sandart

### Arbejdsopgave 2: Tilvejebringelse af vidensgrundlag vedrørende ernæringsrelaterede problemer i forbindelse med yngelproduktion af sandart

1. Undersøgelser af samspillet mellem tidspunktet for tilvækning til tørfoder og evnen til at optage næringsstoffer

- a. Der gennemføres en række forsøg med fiskelarvers evne til at optage proteiner og aminosyrer som funktion af deres alder. Forsøgene gennemføres vha. tracerteknik
- b. Der gennemføres en række forsøg med fiskelarvers evne til at optage proteiner og aminosyrer som funktion af de opdrætsforhold de er udsat for. Også disse forsøg gennemføres vhs. tracerteknik.

### **Arbejdsplan 3: Undersøgelser af forhold af betydning for antal og kvalitet af producerede sættefisk, med fokus på svømmeblæreudvikling, weaning og deformiteter**

1. Der gennemføres en række forsøg til belysning af problemerne vedrørende manglende svømmeblære samt afhjælpning af problemet.
  - a. Ved kontinuerlig sampling de første 2-3 måneder i fiskenes liv identificeres tidspunkter og årsag til tab af svømmeblære.
  - b. Det undersøges hvor stor en andel larver med fyldt svømmeblære, der rent faktisk har en anatomisk korrekt svømmeblære.
  - c. Der afprøves tiltag til afhjælpning af manglende svømmeblære.
  - d. Der afprøves metoder til separation af fisk med svømmeblærer fra fisk uden svømmeblærer.
2. Der gennemføres 2 eksperimenter vedrørende optimering af overlevelse under weaning.
  - a. To forskellige fordringsstrategier sammenlignes hhv. udfodring kontinuerligt gennem de 18 timer hvor der er lys og diskontinuerte udfodringer hvor fiskene fodres i en kort periode hver anden time.
  - b. Et sammenlignende studie af to weaningfoder produkter. Hhv. Dana feed og Otohime.
3. Deformiteter. Antallet af deformede fisk i et batch varierer fra ca. 10 til 40 %. Deformiteter kan have forskellige årsager som fx fysiske miljøforhold, manglende svømmeblære, fejlernæring hos larver el. moderfisk samt genetiske defekter.
  - a. Det undersøges om de fysiske forhold (hydraulik i kar og håndtering af fisk) har betydning for antallet af deformede larver/fisk.
  - b. Der laves forsøg og sampling med henblik på at opgøre andelen af deformiteter der skyldes fysiske miljøforhold og manglende svømmeblære, idet disse 2 årsager formentlig nemmest kan forbedres.
4. Kvantificering af svind i kommerciel sættefiskproduktion. Erfaringerne viser, at fra æg til ca 10 gram fisk, er der et meget stort svind (2-20 % udbytte), som det er relativt svært at gøre rede for, eftersom mængden af døde larver/fisk der kan observeres kun udgør en lille del af det totale svind. Fisk over 2 gram er tilstrækkelig robuste til at kunne kvantificeres ved hjælp af normal vejning, mens der er behov for udvikling af tællemetoder til larver fra 0,001 gram til 2 gram.
  - a. Der afprøves og sammenlignes samplingmetoder for larver/fisk indtil 2 grams størrelse.
  - b. Mulighederne for optisk optælling af fiskelarver undersøges/udvikles.



## **Arbejdspakke 4: Undersøgelser af forhold af betydning for tilvækst i ongrowing fasen**

1. Der gennemføres forsøg med fodringsstrategier, hvor der henholdsvis udfodres kontinuerligt eller i pulser med varierende interval og længde.
2. Der registreres løbende data for udfodring i sammenhæng med temperatur, fiskestørrelse og foderkvotient for at kunne opstille en operativ vækst- og udfodringsmodel for sandart.
3. Der gennemføres foderforsøg med foder fra 2-3 af de kendte foderfabrikanter, og der analyseres for foderkvotient, væksthastighed samt ernærings- og sundhedstilstand.
4. Der laves afprøvning med flydefoder for at afdække, om det er en mulig fodringsstrategi for sandart.
5. Der laves forsøg med overførsel af fisk fra intensivt opdræt til sommerproduktion i traditionelt dambrug, for at afdække mulighederne i semiintensiv ongrowing under danske klimaforhold.

## **Arbejdspakke 5: Årstidsuafhængige gydninger og fodring af moderfisk**

1. Der gennemføres forsøg med at etablere grundlag for gydning året rundt gennem manipulation med lys og temperatur.
2. Der sikres sygdomsfri bestand af moderfisk. Løbende veterinære undersøgelser af indkøbte moderfisk sikre, at der ikke findes sygdomme og parasitter i moderfisk, som kan overføres til afkom.
3. Forsøg med fodring af moderfisk. Vilde moderfisk vil ikke tage tørfoder til sig, og de fodres i dag med levende fisk, hvilket er kostbart og omstændigt. Opdrættede moderfisk kan spise tørfoder, men det resulterer erfaringsmæssigt i dårligere ægkvalitet. Der vil blive lavet foderforsøg med kombinationer af tørfoder og levende fisk og æggenes kvalitet sammenlignes med hensyn til størrelse, morfologi, fedtsyresammensætning og klækkeevne.

## **Arbejdspakke 6: Veterinært beredskab vedr. sandart**

1. Sammenfatning af eksisterende viden vedrørende aktuelle og potentielle skadevoldende parasitter, bakterier og virus.
2. Dokumentation af forhold vedrørende diagnostisering, prøvetagningsprocedurer samt muligheder for ”on farm” diagnostisering – herunder retningslinier for indsamling, konservering og transport af prøver til relevante laboratorier for yderligere diagnostisering.

## Resultater

### ***Arbejdspakke 2A: Undersøgelser af samspillet mellem tidspunktet for tilvækning til tørfoder og evnen til at optage næringsstoffer***

#### Introduktion

Der er meget begrænset viden om næringsoptagets effektivitet og om hvorledes optagelses mekanismer fungerer hos fiskelarver. Fiskelarvers meget høje tilvækst stiller store krav til næringsoptagets effektivitet. Dele af fordøjelsessystemets udvikling kendes i detaljer, eksempelvis er fordøjelsessystemets fysiske udvikling velbeskrevet ligesom timingen af fordøjelighedsenzymernes funktion er det. Mindre undersøgt er fordøjelsessystemets evne til at optage næring. Videnskaben kender ikke meget til den tidsmæssige udvikling i evnen til at optage næring samt effekter af foderets næringsammensætning herpå.

Fiskelarvers ringe størrelse vanskeliggør eksperimentelt arbejde som f.eks. studier af fødeindtag og fordøjelse. Produktion af tørfoder i størrelser på omkring 100 µm stiller særlige krav til foderproducenterne. Tørfoder accepteres kun i ringe grad og selv om tørfoder accepteres af fiskelarverne giver det ofte ringe vækst og resulterer i, at den producerede yngel bliver af ringe kvalitet.

Fedtsyrer har været undersøgt intensivt hos fiskelarver. Dette arbejde er blevet understøttet af udviklingen af effektive og nøjagtige metoder til analyse af fedtsyreprofiler og har været relevant på grund af afgørende forskelle mellem fedtsyresammensætningen i fiskelarvernes naturlige føde, og i den føde det har været muligt at producere og tilbyde dem i intensive opdrætssystemer.

Over 50 % af fiskelarvers tørvægt udgøres af protein. (Conceição et al 2003). Vækst karakteriseres især som protein deponering (Houlihan et al 1993). God vækst medfører derfor krav til fødens sammensætning af protein, idet den skal indeholde aminosyrer med de rette indbyrdes forhold. Dette gælder især for de essentielle aminosyrer. Opstår der et misforhold mellem aminosyrenes indbyrdes forhold, vil det medføre øget forbrænding af aminosyrer, som afspejles i reduceret foderudnyttelse. Ydermere kan ringe aminosyrebalance medføre højere proteinomsætning. Proteinsyntese er meget energikrævende og dette vil derfor afspejles i ringere foderudnyttelse. Det er vist, at fiskelarver stiller større krav til aminosyresammensætningen end juvenile og større fisk.

Der er et umiddelbart misforhold mellem ofte gentagede beskrivelser af fiskelarvers ringe udviklede fordøjelsessystem og deres høje krav til næring. Hos de fleste marine arter gennemløber fordøjelsessystemet en betydelig udvikling efter at larverne er begyndt at tage føde til sig.

Mavesækken dannes og tarmen differentieres i en række forskellige afsnit. Fordøjelsesenzymer bliver produceret og pH falder i maveregionen. Larverne er derfor ikke i stand til at nedbryde f.eks. proteiner på det tidspunkt hvor de påbegynder deres fødeindtag og dette har vagt undren, idet deres vækst på dette tidspunkt er meget høj med en daglig forøgelse af kropsvægten på mellem 50 og 100 % (Conceição et al 1998).

En metode, som er blevet anvendt til foderforsøg med fiskelarver, er baseret på anvendelse af sporstoffer eller tracere. Inerte tracere kan anvendes til studier af foderindtag og fordøjelighed. Disse kan være glaskugler eller foder, som har særlige karakteristika som farver eller lignende. Tracere er molekyler, som er næsten identiske med de molekyler som undersøges, men som på en eller anden måde alligevel kan adskilles fra disse.

Det er væsentligt, at tracermolekylerne opfører sig så identisk som muligt, som de molekyler de repræsenterer. Tracermolekyler findes i naturen, men i så lave mængder, at de kan negligeres i sammenligning med de mængder, der anvendes i forsøg.

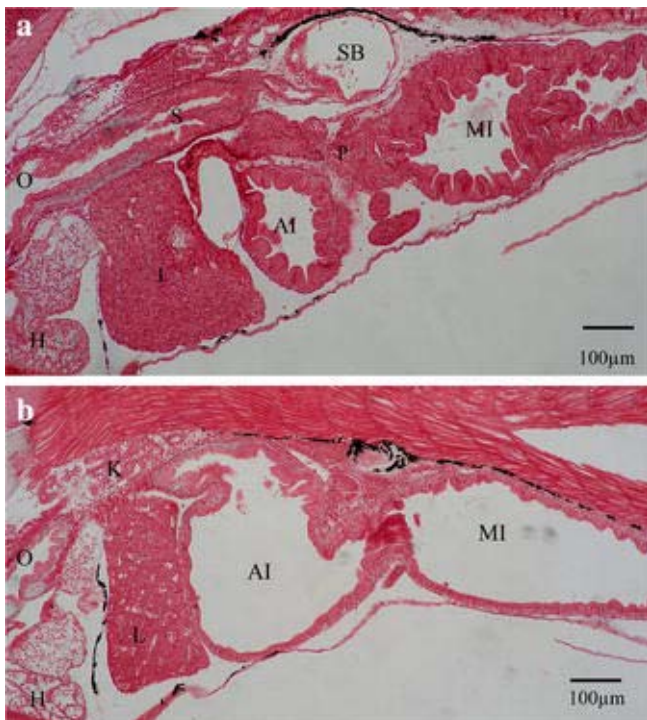
Isotopiske tracere har erstattet et eller flere af de naturligt forekommende atomer med mindre almindelige isotoper. Dette kan være stabile isotoper som  $^{13}\text{C}$  eller  $^{15}\text{N}$  eller radioaktive isotoper som  $^{14}\text{C}$ ,  $^{35}\text{S}$  eller  $^3\text{H}$ .

Radioaktive isotoper har den fordel, at de kan detekteres i meget små mængder. Grundet deres radioaktivitet stiller forsøg med radioaktive isotoper særlige krav til forsøgsfaciliteter og procedurer. Der er omfattende begrænsninger for deres anvendelse, idet radioaktive stoffer kun må komme i kontakt med omgivelserne i meget begrænset omfang og under helt særlige omstændigheder. Forsøg med radioaktive isotoper vil derfor ofte have karakter af inkubationer, hvor fiskene overføres fra opdrætsfaciliteterne til særligt godkendte laboratoriefaciliteter, hvorefter forsøgene indebærende radioaktive stoffer kan gennemføres under forhold, som nok repræsenterer, men næppe er ret identiske med opdrætsfaciliteterne. Fordelene indbefatter, at det er muligt at følge skæbnen for enkelte måltider. Et enkelt måltids vej gennem fiskelarven kan således følges, og det bliver muligt at se hvor store dele af måltidet, der udskilles som fækalier, hvor store dele der optages over tarmen og om hvorvidt den optagne del indgår i fiskens krop eller brændes af som energiforbrug.

I forsøgene med sandart var formålet at undersøge fiskelarvernes evne til at optage aminosyrer og til at nedbryde proteiner. Den anvendte tracer var  $^{14}\text{C}$ . Fiskene blev sondefodret med aminosyrer hvilket har den fordel, at føden kan leveres til larven direkte uden først at skulle inkorporeres i en diæt, som fiskene kun delvist vil indtage. Herved minimeres den mængde radioaktivitet som anvendes, og der er stor sikkerhed for at larverne har indtaget diæten.

Det har vist sig at sandartlarver, som bliver tilvænnet til tørfoder allerede fra dag 9, får forringet udvikling af tarmoverfladen i maven. Af figur 2A-1 fremgår det, at tarmens overflade i afsnittene A1 og M1 er meget tyndvæggede og ringe udviklede, sammenlignet med fisk fodret med levende foder.

Forsøgets formål var, at eftervise om dette er tilfældet for sandart fodret med dansk produceret foder (Biomar A/S), og om de påviste skader har indflydelse på larvernes evne til at optage aminosyrer.



Figur 2A-1. Histologiske snit af sandartlarver. Larverne er 15 dage gamle. Larve a er fodret med Artemia. Larve b er fodret med Artemia til dag 9 efterfulgt af fodring med Artemia og tørfoder fra dag 9-14. Bemærk hvorledes enterocytterne (tarmoverfladen i A1 og M1) er reduceret i de tidligt weanede larver. (Hamza et al 2007).

## Metode

Larverne, som indgik i forsøget, kom fra Aquapri's anlæg i Egtved hvorfra 119.000 larver den 18. maj 2009 blev overført til Hirtshals med bil.

Transporten blev gennemført i 2 stk. 70 liters forseglede plastposer fyldt med 2/3 dele vand fra inkubationsanlægget og 1/3 iltberiget luft. Transporttiden var under 3 timer.

3000 larver blev udsat i hver af 9 tanke i det recirkulerede larveanlæg (figur 2A-2).



Figur 2A-2. Det recirkulerede anlæg som blev anvendt under forsøget.

## Strygningen

Det recirkulerede anlæg bestod af 12 stk. 150 liters gennemsigtige cylindrisk koniske PVC kar. Vand blev tilført karrene via bunden og løb ud gennem en netdug i midten af karret. Udløbsnettet var i de første 5 dage 400 µm og efterfølgende 600 µm. Efter at have passeret udløbsnettet førtes vandet til en Hydrotech tromlesi med en 33 µm dug, hvor ikke-ædt levendefoder blev frafiltreret. Efterfølgende blev vandet pumpet op i et dykket biofilter og videre via et rislefilter til en højdetank, hvor der blev temperaturreguleret ved at varme vandet. Rumtemperaturen blev styret så denne lå under den ønskede vandtemperatur. Før vandet atter løb tilbage til karrene passerede det et UV anlæg.

For at undersøge effekter af tidlig weaning på sandartlarvernes tarmsystem og næringsoptag blev larverne delt i 3 hold. I 3 tanke blev larverne fodret med Artemia gennem hele forløbet fra dag 3 efter klækning til dag 29. I 3 andre tank blev weaning påbegyndt dag 7 og larverne fik kun tørfoder fra dag 8. I de sidste 3 tanke blev weaning påbegyndt dag 17 (Tabel 2A-1).

Vandudskiftningen i karrene var på 30 liter/time i de første 5 dage. Herefter blev den gradvis hævet til 75 liter/time, hvor det forblev til forsøgets afslutning.

Karrene blev rengjort ved hjælp af en hævertbaseret støvsuger, som fjernede døde Artemia og fisk fra karrets koniske sider.

Tabel 2A-1. Oversigt over behandlingerne som dannede grundlag for weaningforsøget.

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| Artemia        | Artemia i hele forsøget |
| Weaning dag 7  | Ren tørfoder fra dag 8  |
| Weaning dag 16 | Ren tørfoder fra dag 17 |

En mere detaljeret oversigt over forsøgets gang fremgår af tabel 2A-2, hvor tidspunkterne for prøvetagning også er vist.

Tabel 2A-2. Oversigt over fodring og prøvetagning for weaningforsøget.

| DAH | Dato | Artemia | Weaning DAH 7 | Weaning DAH 16 | Force feeding udtag | Force feeding gennemf. | Oparbejdning F.f. prøver | Længde og dw | Histologi |
|-----|------|---------|---------------|----------------|---------------------|------------------------|--------------------------|--------------|-----------|
| 1   | 18-5 |         |               |                |                     |                        |                          |              |           |
| 2   | 19-5 |         |               |                |                     |                        |                          |              |           |
| 3   | 20-5 | AF      | AF            | AF             |                     |                        |                          |              |           |
| 4   | 21-5 | AF      | AF            | AF             |                     |                        |                          | X            | X         |
| 5   | 22-5 | AF      | AF            | AF             |                     |                        |                          |              |           |
| 6   | 23-5 | AF      | AF            | AF             |                     |                        |                          |              |           |
| 7   | 24-5 | EG      | EG/DANA       | EG             | A                   |                        |                          | X            | X         |
| 8   | 25-5 | EG      | EG/DANA       | EG             |                     | A                      |                          |              |           |
| 9   | 26-5 | EG      | EG/DANA       | EG             |                     |                        | A                        |              |           |
| 10  | 27-5 | EG      | EG/DANA       | EG             | A, 7                |                        |                          | X            | X         |
| 11  | 28-5 | EG      | EG/DANA       | EG             |                     | A, 7                   |                          |              |           |
| 12  | 29-5 | EG      | EG/DANA       | EG             |                     |                        | A, 7                     |              |           |
| 13  | 30-5 | EG      | EG/DANA       | EG             | A, 7                |                        |                          | X            | X         |
| 14  | 31-5 | EG      | EG/DANA       | EG             |                     | A, 7                   |                          |              |           |
| 15  | 1-6  | EG      | EG/DANA       | EG             |                     |                        | A, 7                     |              |           |
| 16  | 2-6  | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        | A, 7                |                        |                          | X            | X         |
| 17  | 3-6  | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     | A, 7                   |                          |              |           |
| 18  | 4-6  | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     |                        | A, 7                     |              |           |
| 19  | 5-6  | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        | A, 7, 16            |                        |                          | X            | X         |
| 20  | 6-6  | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     | A, 7, 16               |                          |              |           |
| 21  | 7-6  | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     |                        | A, 7, 16                 |              |           |
| 22  | 8-6  | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        | A, 7, 16            |                        |                          | X            | X         |
| 23  | 9-6  | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     | A, 7, 16               |                          |              |           |
| 24  | 10-6 | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     |                        | A, 7, 16                 |              |           |
| 25  | 11-6 | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        | A, 7, 16            |                        |                          | X            | X         |
| 26  | 12-6 | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     | A, 7, 16               |                          |              |           |
| 27  | 13-6 | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     |                        | A, 7, 16                 |              |           |
| 28  | 14-6 | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        | A, 7, 16            |                        |                          |              |           |
| 29  | 15-6 | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     | A, 7, 16               |                          | X            | X         |
| 30  | 16-6 | EG      | EG/DANA       | EG/DANA        |                     |                        | A, 7, 16                 |              |           |

Det eksperimentelle arbejde blev indledt med, at larver overførtes fra et akvakulturanlæg til en 20 liters beholder. Larverne skulle her opholde sig i 16-20 timer for at tømme tarmen.

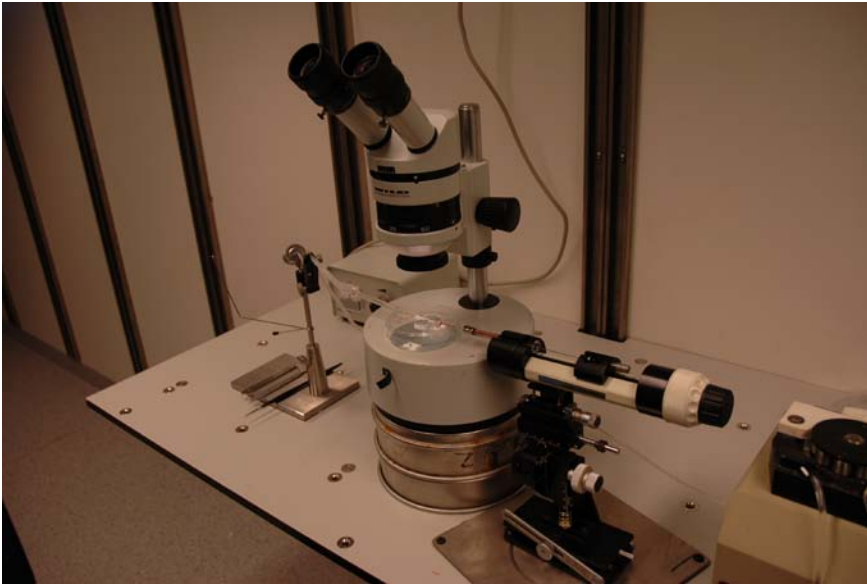
Dagen efter blev larverne udtaget enkeltvis.

Larven blev fanget med et 1 liter bæger og overført til et 100 ml bæger, hvor den blev bedøvet ved tilsætning af 1 ml MS222 opløsning. Larven burde være bedøvet efter ca. 1 min.

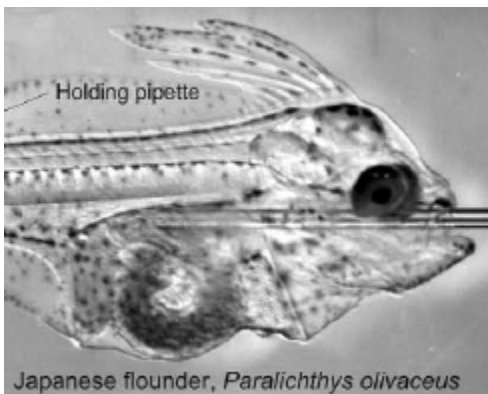
Under det mikroskopielle arbejde var det væsentligt at gællelagene bevægede sig.

Efter bedøvelsen blev larven skyllet med vand og placeret på en petriskål under stereolup (figur 2A-3 og 2A-4). Larven blev fikseret ved, at dens hale blev suget op i en plastslange eller en holdepipette, som blev lavet af glasrør og tilsluttet den peristaltiske pumpe, således at der var kontrol med sugstyrken. Der blev anvendt fine malerpensler for at manipulere larven i position.

Herefter blev en anden mikroplastslange koblet til en peristaltisk pumpe ved hjælp af en mikromanipulator ind i larvens mund og ned i svælget, hvorefter det radioaktivt mærkede næringsstof blev pumpet ind i larvens spiserør. Slangen blev fjernet, larven skyllet med 5 ml vand og overført til et 20 ml inkubationsrør.



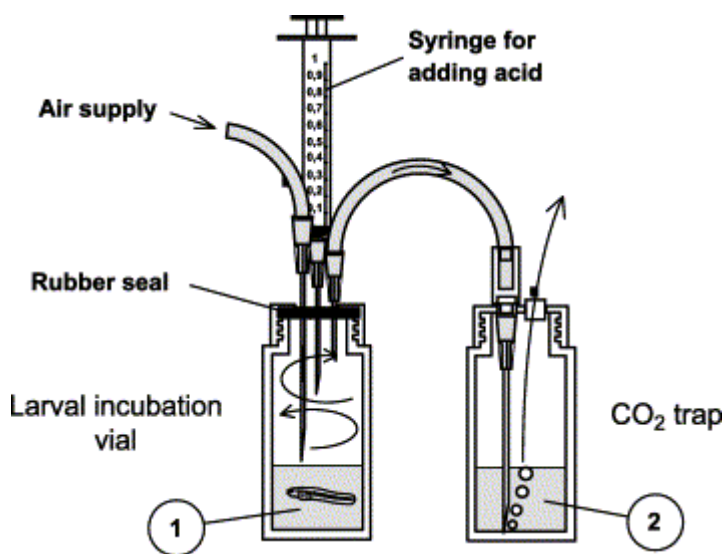
Figur 2A-3. Stereolup med larve, som fodres med ét måltid indeholdende C14 mærket aminosyre (fra Rønnestad 2001).



Figur 2A-4. Sondefodring af fiskelarve med radioaktive aminosyrer (fra Rønnestad 2001)

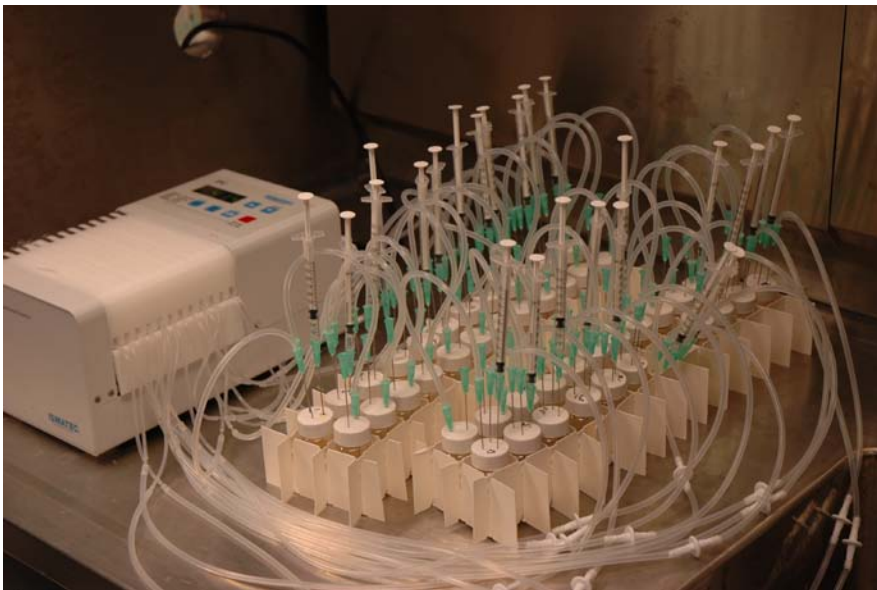
Under inkubationen (20 minutter til 20 timer) blev der tilført luft til inkubationsrøret over vandoverfladen og overskydende luft føres til en CO<sub>2</sub> fælde (Figur 2A-5).





Figur 2A-5. Tegning af en inkubator hvor fiskelarven svømmer rundt i kammeret til venstre og CO<sub>2</sub> fanges i kammeret til højre (fra Rønnestad 2001).

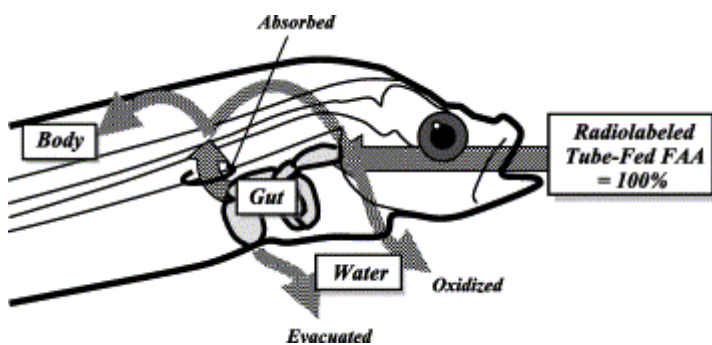
Der blev til forsøget anvendt 20 inkubatorer, som var tilsluttet en peristaltisk pumpe for at sikre konstant og ensartet luftforsyning. Både inkubatoren og CO<sub>2</sub> fælden bestod af 20 ml scintillationsglas. Kanylerne blev brugt til tilsætning af syre til inkubationsvandet efter at larven var fjernet. Herved kunne karbonatligevægten forskydes og al respireret C ville som CO<sub>2</sub> blive transporteret og fanget i CO<sub>2</sub>fælden grundet dennes høje pH.



Figur 2A-6. De 20 inkubationsenheder i to rækker med inkubatorer i venstre side og CO<sub>2</sub> fælder i højre side. Den peristaltiske pumpe til venstre tjener som beluftningssystem.

Nuancering af data kan opnås ved at opdele og behandle prøvematerialet (Figur 2A-7). Eksempelvis kan aminosyrepuljen opdeles i aminosyrer optaget i kroppen og aminosyrer i tarm/tarmsystemet, ved at adskille tarm og fiskelarvekrop. Aminosyrer, som brændes af til energiforbrug, kvantificeres ved at CO<sub>2</sub> optages i kammeret til højre på figur 2A-5 og 2A-6.





Figur 2A-7. Transportveje for det radioaktivt mærkede CO<sub>2</sub> gennem fisken (Rønnestad 2001).

### Behandling af prøverne efter inkubationen

Efter endt inkubation blev fisken fjernet fra inkubatoren

Fiskelarvens tarm blev dissekeret ud helt fremme fra bag hovedet til anus, og krop og tarm lagt i hver sit 6 ml scintillationsrør.

Der blev tilsat 1 ml 6 % Trichloroacetic acid (TCA) til hvert rør og tarmen og kroppen blev ekstraheret i 24 timer ved 4°C og periodisk omrøring.

Efter 24 timer blev den opløste fraktion ekstraheret over i nye 6 ml scintillationsrør og der blev tilsat 4,5 ml scintillationsvædske og prøven var klar til afsendelse.

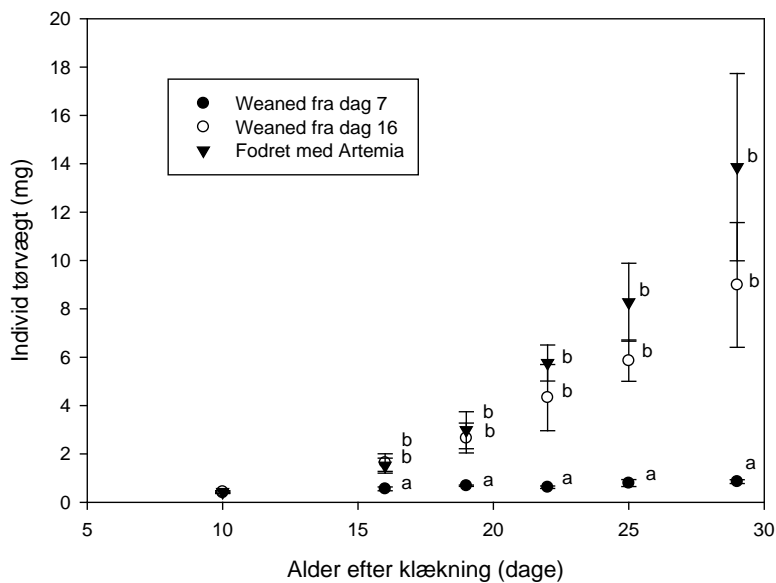
Presipitatet blev tilsat 0,5 ml Soluene 350 (vævsopløser), og inkuberet ved stuetemperatur til opløsningen var klar (24-30 timer). Herefter blev der tilsat 4,5 ml scintillationsvæske og prøven var klar til afsendelse.

## Resultater

### Vækst

Alle larverne havde en tørvægt på omkring 0,4 mg på dag 10 og der var ingen forskel på de forskellige behandlinger.

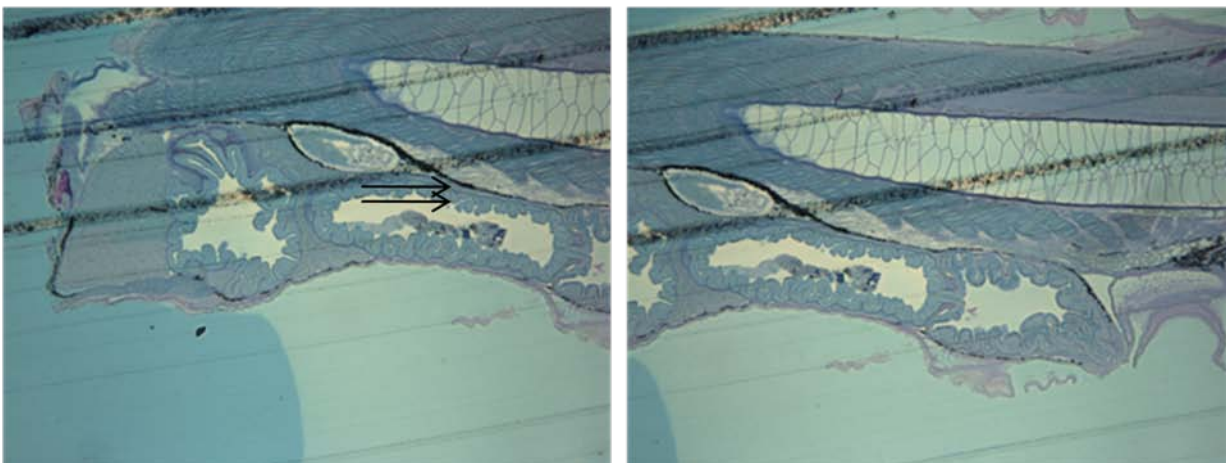
Efterfølgende voksede larverne fodret med tørfoder fra dag 16 næsten lige så godt (ikke statistisk signifikant dårligere) end larverne fodret med Artemia. Larverne, som blev weanet til tørfoder allerede på dag 7, var dog signifikant mindre end larverne i de 2 andre behandlinger fra og med dag 17 (figur 2A-8).



Figur 2A-8. Larvernes indvidtørvægt som funktion af antal dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7, larver weanet dag 16 og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget.

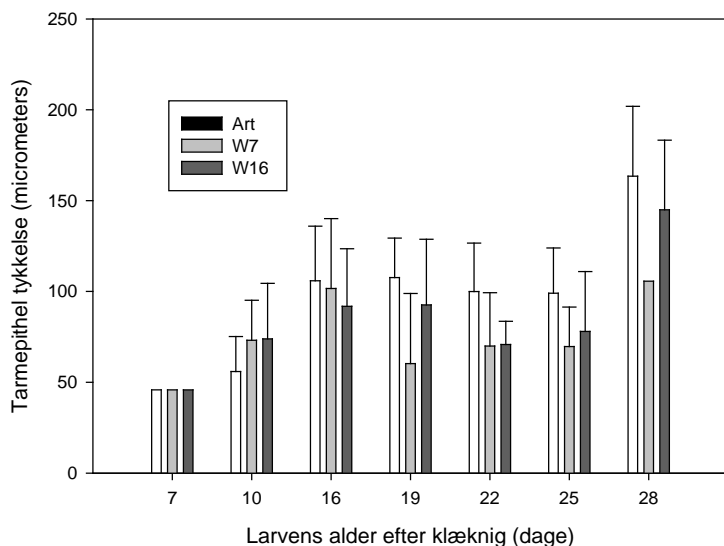
### Tarmmorfologi

Samtidig med udtagelsen af larver til tørvægtsbestemmelser, blev et antal larver konserveret i Bouins opløsning og efterfølgende dehydrerede og indstøbt i Tecnovit 7100 før opskæring på en Leiz mikrotom. En mikroskopial analyse af tarmepithelet blev gennemført med det formål at fastslå om tarmepithelet blev påvirket af anvendelsen af tørfoder. Kvantificeringen af tarmepithelet skete ved at måle tykkelsen af epitelet (figur 2A-9) på et antal steder på fiskelarverne og efterfølgende sammenligne tykkelserne for de enkelte behandlinger.



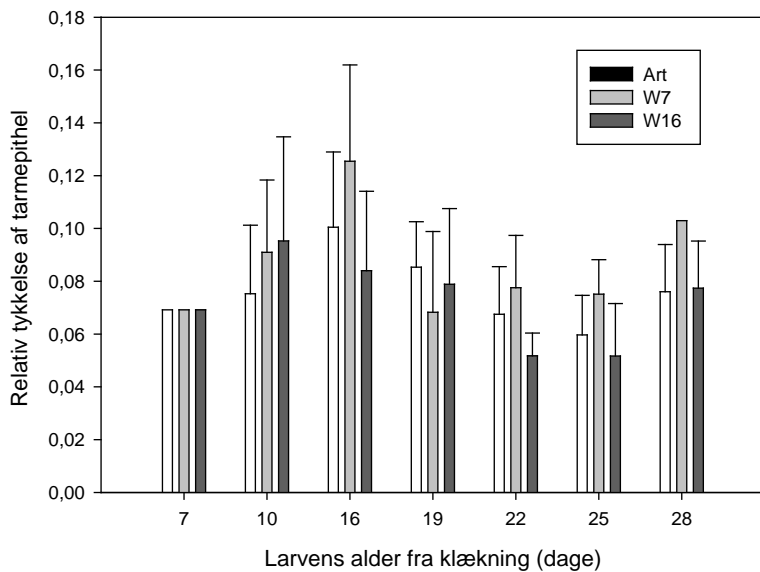
Figur 2A-9. Histologisk billede af længdesnit af sandartlarve. Tarmen ses som det åbne afsnit nederst i fisken. Der er taget to billeder for at dække tarmens længde. Forreste del af tarmen ses i venstre billede og bagerste del i højre billede. Den "skallede" struktur øverst i fisken er notochorden, som senere forbenes og bliver til rygsøjlen. Afstanden mellem de to pile repræsenterer det registrerede tarmepithelets tykkelse på det pågældende sted. Lige overpilenes bagerste ende ses svømmeblæren.

Tarmepithelet var tilsyneladende tyndest på dag 7 og blev herefter gradvis tykkere indtil dag 16 hvorefter det blev tyndere hen til og med dag 25. Herefter tiltog tykkelsen igen (figur 2A-10). Der var ikke signifikant forskel på tarmepithelets tykkelse mellem de enkelte behandlinger.



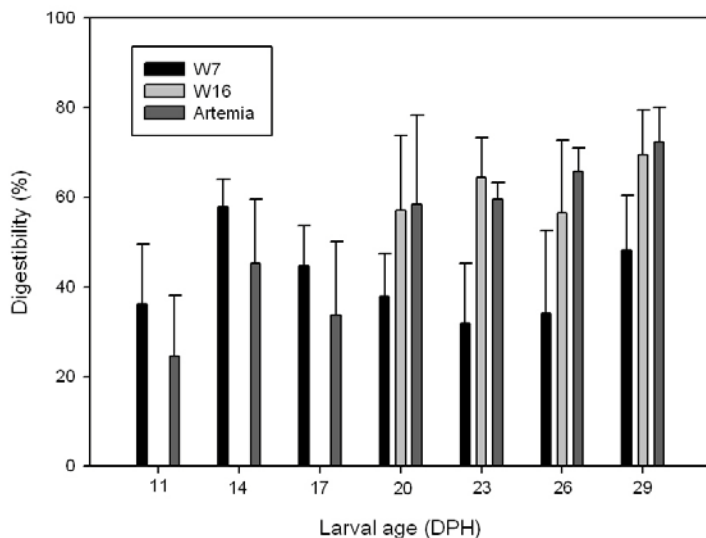
Figur 2A-10. Tarmepithelets tykkelse som funktion af antal dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Art).

Eftersom de tidligst weanede larver voksede væsentligt mindre end larverne i de to andre behandlinger, blev den relative tykkelse af tarmepithelet sammenlignet. Den relative tykkelse blev udregnet som tarmepithelets tykkelse divideret med larvens længde. Den relative tykkelse viste sig at være lavest for larverne dag 7 og øgedes så til dag 16, hvorefter den aftog igen hen til dag 25, hvorefter den atter steg (Figur 2A-11). Den fulgte med andre ord det samme forløb som den absolutte tykkelse af tarmepithelet og der var ikke forskel mellem behandlingerne. Resultaterne for tarmepithelet viser tilsyneladende et udviklingsforløb, hvor epitelet er tykkes på det tidspunkt hvor larverne under normale omstændigheder er i stand til at drage nytte af tørfoder. Det er omkring dag 16 at tarmens pH er faldet og der er enzymer tilstede i tarmen, som har til formål at nedbryde proteiner i føden, således at disses aminosyrer kan optages over tarmvæggen.



Figur 2A-11. Relativ tykkelse af tarmepithellet for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Art).

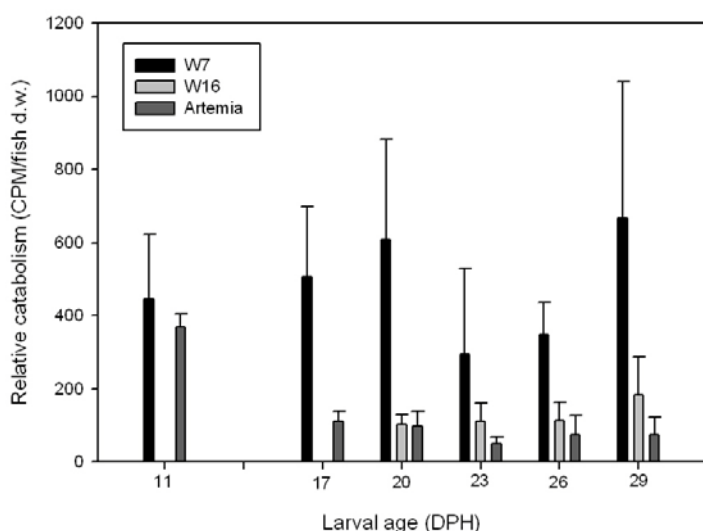
Fordøjeligheden i % af total aminosyreindfodring var mellem 24 og 70 % (Figur 2A-12). Fordøjeligheden tenderede til at være højere hos tidligt weanede larver i begyndelsen (dag 11, 14 og 17), hvorefter den blev lavere for de tidligt weanede larver end for senere weanede. Dette skyldes givetvis, at de tidligt weanede larver har udskilt en større del af aminosyrerne som uudnyttede fækalier (Figur 2A-19). Der var tilsyneladende ingen forskel på fordøjeligheden for larver weanet dag 16 og larver som modtog Artemia gennem hele forsøget (figur 2A-12).



Figur 2A-12. Fordøjelighed (digestibility) som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

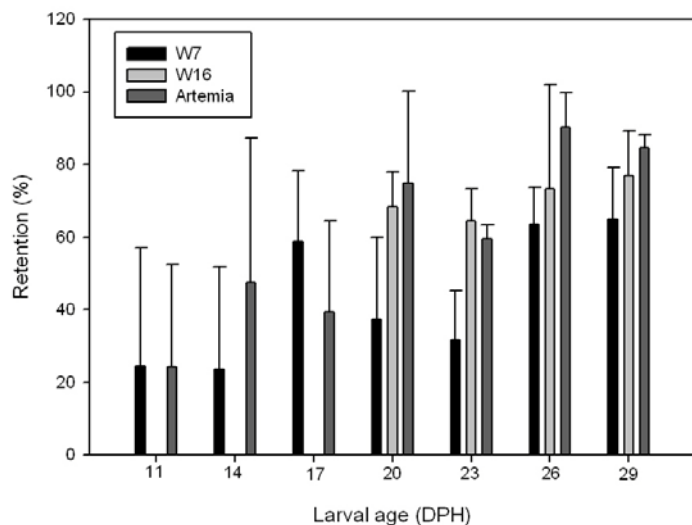
Den relative katabolisme er et udtryk for hvor meget af den indfodrede radioaktivt mærkede aminosyre, som blev brændt af i stofskiftet og udskilt som  $^{14}\text{C}$  mærket  $\text{CO}_2$  i forhold til fiskenes

størrelse. I begyndelsen (dag 11) forbrændte larver weanet dag 7 og larver fodret med Artemia lige store mængder aminosyre (figur 2A-13). Fra og med dag 17 anvendte larverne weanet dag 7 en væsentlig og statistisk signifikant større del af den indfodrede aminosyre til forbrænding end de to andre grupper. Larverne har indledningsvis haft stort behov for aminosyrer og har derfor brændt en stor del af den indfodrede mængde af i deres basale stofskifte. Efterfølgende (fra dag 17) har larverne, som blev fodret med Artemia eller med tørfoder fra dag 16, tilsyneladende fået størstedelen af deres energibehov dækket vha. dette foder og derfor ikke haft samme behov for at brænde de injicerede aminosyrer af i samme omfang som de tidligst weanede larver, der tilsyneladende stadig ikke var i stand til at udnytte det udfodrede tørfoder. Sammenlignes mængderne af udskilt CO<sub>2</sub>, uden at der kompenseres for larvernes størrelse (Figur 2A-18), fremgår det at tidligt weanede larver ikke de små larver ikke udskiller mere CO<sub>2</sub> end senere weanede eller Artemiafodrede larver.



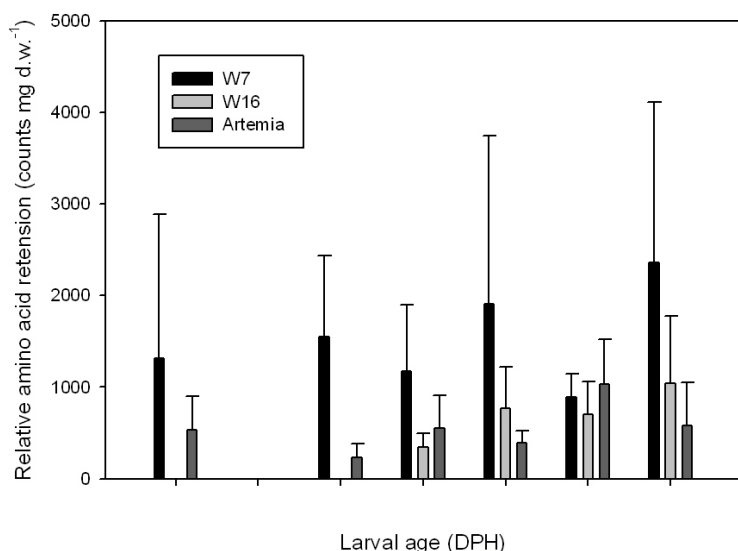
Figur 2A-13. Relativ katabolisme (relative catabolism) som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

Retentionen udtrykker den mængde radioaktive aminosyre som larverne har i kroppen i forhold til summen af det de har i kroppen og det de har brændt af. Her er dog ikke kompenseres for larvernes størrelse som i relativ katabolisme herover. Retentionen var indledningsvis relativt lav og ens for tidligt weanede og Artemiafodrede larver (figur 2A-14). Fra dag 14 steg retentionen og den tenderede til at være højere for sent weandede og Artemiafodrede larver, end for tidligt fodrede larver. Dette kan være et udtryk for at tidligt weanede larver var tvunget til at forbrænde en større andel af det injicerede radioaktive aminosyre, end larver weanet dag 16 og Artemiafodrede larver. Alternativt kan forklaringen være at tidligt weanede larver udskiller større mængder aminosyrer som uudnyttede fækalier (figur 2A-19).



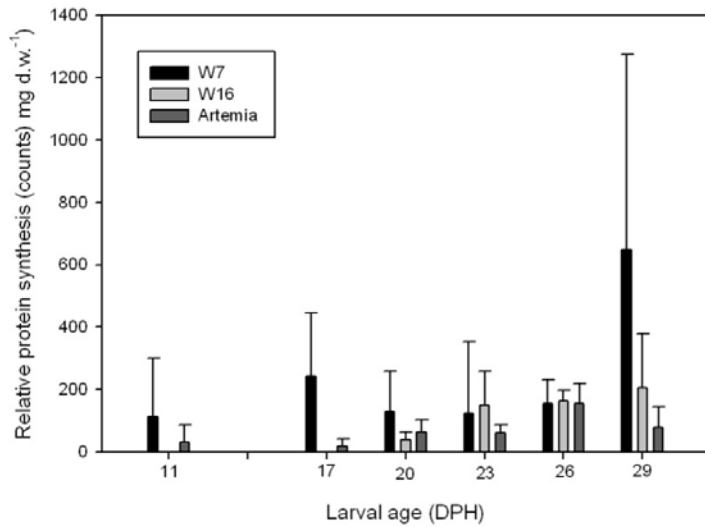
Figur 2A-14. Retention (retention) som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

Den relative aminosyre-retention udtrykker retentionen divideret med larvernes størrelse (tørvægt) og var størst hos tidligt weanede larver (figur 2A-15). Dette skyldes givetvis dels at tidligt weanede larver havde større behov for at udnytte den tilførte aminosyre, idet de ikke var i stand til at udnytte denne i tørfoderet, og dels udregningen af relativt assimileret aminosyre, idet denne tager højde for fiskenes størrelse. Herved vil små fisk få en relativt højere relativt assimileret aminosyre end store fisk. Da tidligt weanede fisk var mindre, ville dette alt andet lige medføre, at de fik højere relative assimilationer. Kompenseres der ikke for larvernes størrelse, var aminosyre-retentionen ikke højere hos tidligt weanede larver (figur 2A-14).



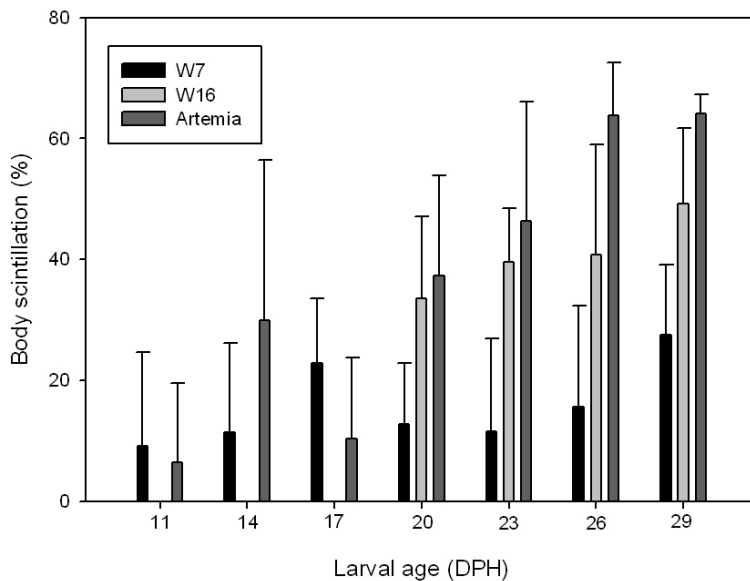
Figur 2A-15. Relativ amino acid retention som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

Den relative proteinsyntese var højere hos tidligt weanede larver til og med dag 20. Efterfølgende var den næppe forskellig på trods af den registrerede meget usikre forskel på dag 29 (figur 2A-16).



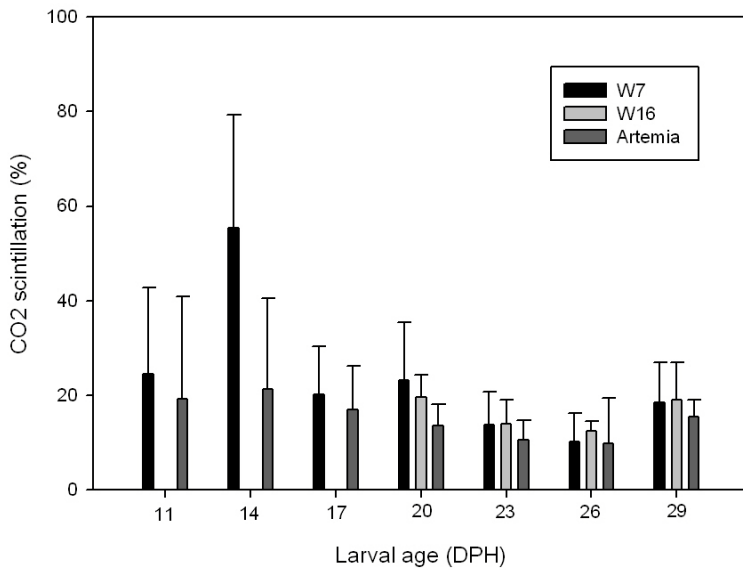
Figur 2A-16. Relativ protein syntese som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

Det totale indhold af radioaktiv <sup>14</sup>C i kroppen på larverne var lavest hos de tidligt weanede larver fra og med dag 20 (figur 2A-17). Dette stemmer overens med data for retentionen (figur 2A-14).



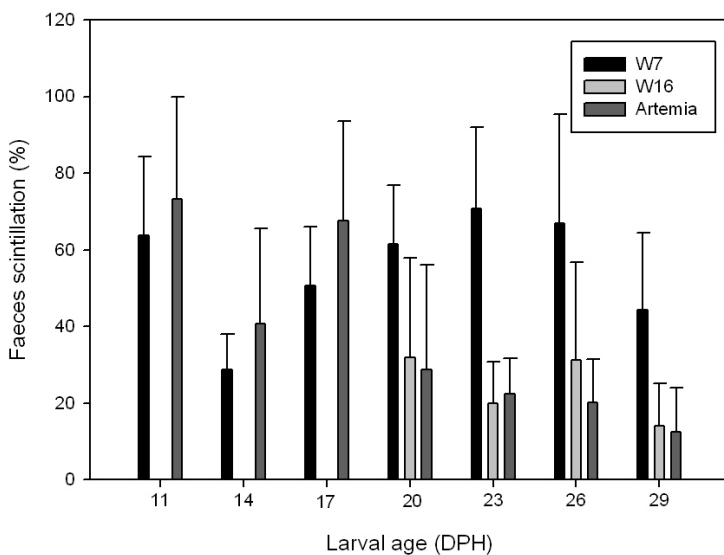
Figur 2A-17. Summeret optag af <sup>14</sup>C i kroppen som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

Der var ikke forskel mellem behandlingerne på udskillelsen af CO<sub>2</sub> (figur 2A-18). Tages der derimod hensyn til larvernes størrelse ses det, at tidligt weanede larver udskilte mere CO<sub>2</sub> i forhold til deres kropsvægt (figur 2A-13).



Figur 2A-18. Summeret udskilt  $^{14}\text{C}$  som  $\text{CO}_2$  som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

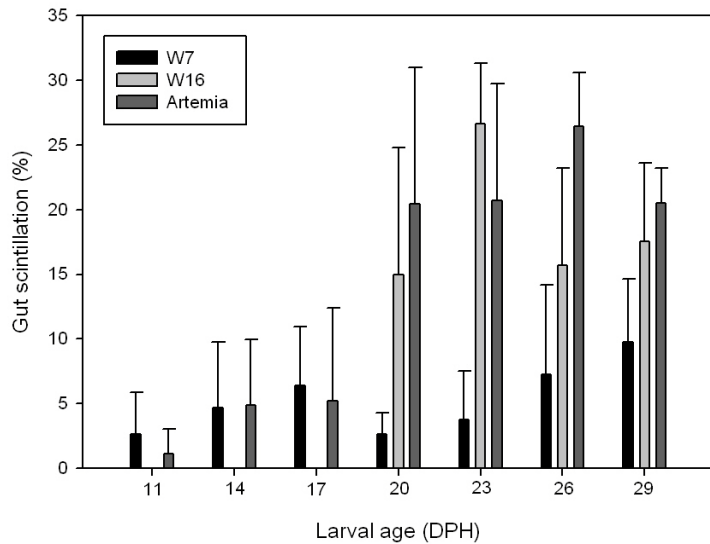
Det er tydeligt, at de tidligt weanede larver efter dag 20 havde svært ved at udnytte de injicerede mængder aminnosyre, og derfor udskilte større mængder aminosyrer via fæces. Dette skyldes givetvis deres reducerede tarmvolumen, og var givetvis en væsentlig årsag til den lavere fordøjelighed (figur 2A-12).



Figur 2A-19. Summeret udskillelse af  $^{14}\text{C}$  som fækalier som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

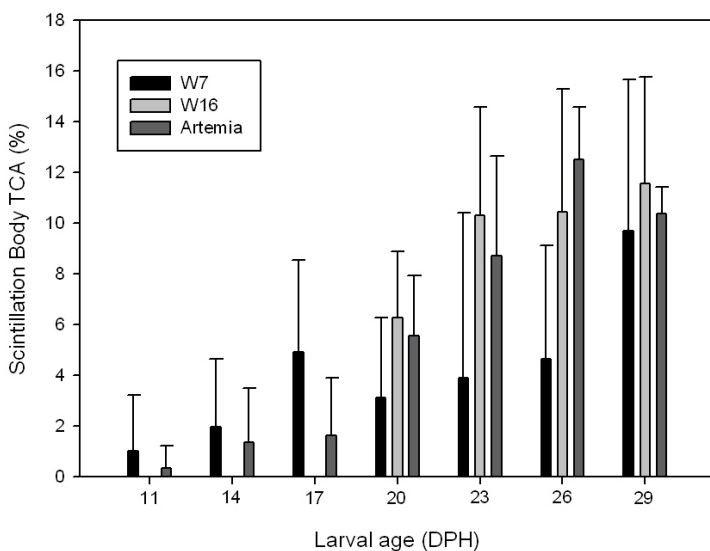


Tidligt weanede larver havde mindre aminosyre i tarmen efter dag 20 (figur 2A-20). Dette kan skyldes deres mindre størrelse og dermed reducerede tarmvolumen, som førte til større udskillelse via fækalier (figur 2A-19).



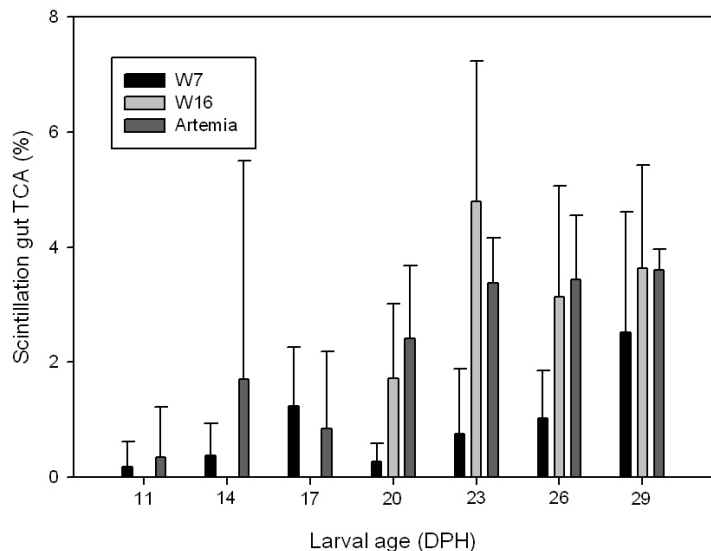
Figur 2A-20. Summeret optag af  $^{14}\text{C}$  aminosyre i tarmen som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

De små larver allokerer generelt mindre aminosyre til protein i kroppen (figur 2A-21). Tages der derimod højde for størrelsesforskellene, allokeres der ikke mindre til kroppen hos tidligt weanede larver (figur 2A-16).



Figur 2A-21. Summeret  $^{14}\text{C}$  bundet i protein i kroppen som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

De små larver allokerer generelt mindre aminosyre til protein i tarmen(figur 2A-22). Tages der derimod højde for størrelsesforskellene, allokeres der ikke mindre til kroppen hos tidligt weanede larver (figur 2A-22). Dette skyldes givetvis samme mekanisme som for kroppens vedkommende (figur 2A-21), samt at mindre tarmindehold bliver tilbageholdt i tarmen hos små larver (figur 2A-20).



Figur 2A-22. Summeret 14C bundet i protein i tarmen som funktion af larvernes alder i dage efter klækning for hhv. larver weanet dag 7 (W7), larver weanet dag 16 (W16) og larver, som blev fodret med Artemia gennem hele forsøget (Artemia).

## Konklusion

Der blev ikke konstateret skader på tarmepithelet som følge af weaning på dag 7 eller dag 16. Det var forventet at tidligt weanede fisk ville have reduceret tarmepitheltykkelse idet dette var konstateret i et andet studie af effekter af tidlig weaning på sandart. (Hamza, N., et al. 2007) (figur 2A-1). Det reducerede tarmepithel blev foreslået forklaret ved slitage som funktion af indtag af tørfoder på et tidligt tidspunkt af tarmsystemets udvikling. At den tidlige weaning ingen negativ effekt havde på tarmepithelet i nærværende studie, kan skyldes at larverne kun i meget begrænset omfang tog føde til sig, og at slitagen derfor har været begrænset. Tarmepithelets tykkelse er ikke korreleret til fiskenes alder i de første 28 dage (figur 2A-10 og 2A-11). Epithelets tykkelse øges til 16 dage efter klækning hvorefter det reduceres igen. Tidspunktet 16 dage efter klækning er sammenfaldende med både det tidspunkt hvor tilvæning til tørfoder normalt kan ske uden problemer og tidspunktet hvor kannibalisme bliver aktuel.

Evnen til at optage aminosyrer var til stede hos larver fra alle tre eksperimentelle grupper gennem hele perioden hvor det var muligt at sondefodre larverne (dag 11 til 28). Fordøjeligheden var lavere mod slutningen af forsøget for larver weanet på dag 7 (Figur 2A-12). Dette kan skyldes disse larvers reducerede størrelse og deraf afledte mindre tarmvolumen hvilket bekræftes af den øgede mængde aminosyrer i fækaliene hos denne gruppe mod slutningen af forsøget (figur 2A-19). De tidligt weanede larver forbrændte en større del af den sondefodrede aminosyre hvis der tages højde for deres reducerede størrelse (figur 2A-11). De allokerede ligeledes en større andel af aminosyren til kroppen hvis der tages højde for deres reducerede størrelse (figur 2A-15). De senere weanede larver (Dag 16 efter klækning) og larverne som blev fodret med Artemia havde samme egenskaber mht. optag og udnyttelse af de sondefodrede aminosyrer hvilket kan tages som

tegn på at weaning dag 16 ikke ser ud til at have nogen negativ effekt på larvernes efterfølgende evne til at optage aminosyrer fra diæten.

## Referencer

Conceição, L.E.C., Dersjant-Li, Y. Verreth, J.A.J. 1998. Cost of growth in larval and juvenile African catfish (*Clarias fariiepinus*) in relation to growth rate, food intake and oxygen consumption. *Aquaculture* 161:95-106.

Conceição, L.E.C., Grasdalen, H., Rønnestad, I. 2003. Amino acid requirements of fish larvae and post-larvae: new tools and recent findings. *Aquaculture* 227:221-232.

Hamza, N. Mhetli, M., Kestemont, P. 2007. Effects of weaning age and diet on ontogeny of digestive activities and structures of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Fish Physiol. Biochem.* 33:121-133.

Houlihan, D.F., McCarthy, I.D., Foster, A. 1993. Biochemical correlates of growth rate in fish. In: Rankin J.C., Jensen. F.B., (eds) *Fish ecophysiology*. Chapman and Hall, London, pp 45-71.

## ***Arbejdsopgave 2B: Har variabiliteten i klækketidspunkt indenfor en batch indflydelse på larvestørrelse og kannibalisme hos sandart yngel?***

### Indledning

Kannibalisme hos sandart er et problem i forbindelse med yngelproduktion. Tages der ikke forholdsregler for at minimere problemet, kan antallet af fisk i en yngelproduktion reduceres til en brøkdel indenfor få uger.

Kannibalisme kan opdeles i to typer, henholdsvis Type I kannibalisme, hvor offeret ikke sluges, og Type II hvor hele offeret sluges af angriberen. En afgørende faktor for især type II kannibalisme er forholdet mellem angriberens mundstørrelse og offerets størrelse. Størrelsheterogenitet kan forårsages af en række faktorer inkluderende genetiske, abiotiske og biotiske faktorer.

Hos salmonider er det vist, at individuelle forskelle i larveudvikling, som fører til forskelle i tidspunktet for første indtag af føde, kan have en sammenhæng med fiskenes efterfølgende vækst. Der er også en række eksempler på, at forskelle i abiotiske faktorer (f.eks. ilt) ind gennem klynger af æg, kan påvirke tidspunktet for klækning.

Et hold sandartæg, som stryges fra én hun, befrugtes samtidig og efterfølgende inkuberes i en McDonald type inkubator, vil klække over et tidsrum på flere døgn. Nærværende studie havde til formål at undersøge om dette havde indflydelse på larvernes efterfølgende udvikling, tidspunkt for første fødeindtag og kannibalisme.

### Metode

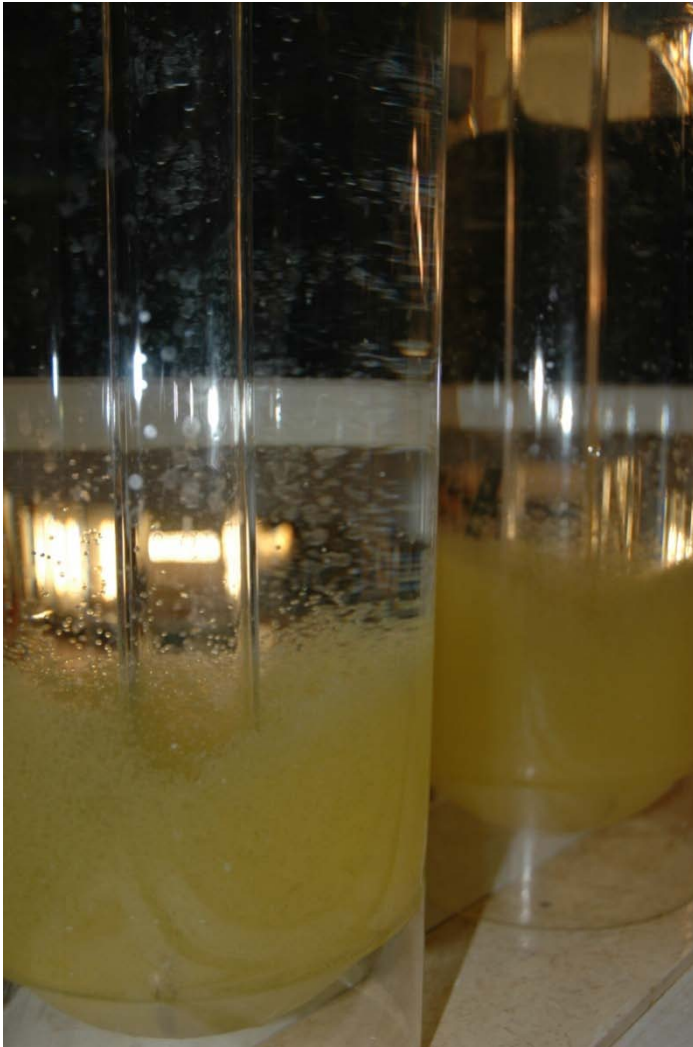
Sandartens naturlige gydning i Danmark finder sted i april-juni. I den forbindelse trækker moderfiskene op i søerne i deres søgen efter egnede gydelokaliteter. I forbindelse med det kommercielle fiskeri, som finder sted i Mossø blev 19 moderfisk indfanget og overført til Hirtshals,

hvor de blev anbragt i 2 cirkulære kar på hver 7 m<sup>3</sup>. Fiskene blev efterfølgende overført til et indendørs 2 meter kar (figur 2B-1) i mindre hold på 4-7 fisk, hvor temperaturen blev hævet og modning fremskyndet.



Figur 2B-1. Sandart moderfisk i 2x2m kar. Heri holdes hormonbehandlede fisk indtil de stryges.

Gonadernes modning blev fremskyndet/synkroniseret ved hjælp af hormonet LHRH, som blev injiceret i moderfiskene. Temperaturen i moderfiskefaciliteten blev holdt på  $15 \pm 1$  °C. To dage efter hormonindsprøjtningen blev æggene til forsøget strøget fra en hun på 2,5 kg. Æggene blev befrugtet med sæd fra to hanner og behandlet med Alkalase for at undgå at de klistrede sammen. Æggene blev overført til 2 stk. 6 liters McDonald opstrømsenheder (figur 2B-2), hvorefter temperaturen gradvis blev hævet med 1 grad pr dag til 18 °C.



Figur 2B-2. McDonald type inkubatorer med æg. Vandet føres ned i bunden af inkubatoren via det centrale rør og løber ud foroven via en tud.

Klækning begyndte 8 dage efter befrugtningen. Larverne blev via overløbet skyllet over i opsamlere med netbund hvorfra de kunne opsamles. Nyklækkede larver blev opsamlet i følgende intervaller regnet i timer efter befrugtning. 200-208 timer (meget tidligt), 216-225 timer (tidligt), 225-232 timer (midt) og 259-265 timer (sent).





Figur 2B-3. Larveanlægget gjort klar til at modtage fisk.



Figur 2B-4. Larveanlægget under startfodringen. Flaskerne, som hænger over karrene med rød væske i, er Artemia fodersystemet. De gule kasser er de peristaltiske pumper, som docerer Artemia ud i karrene. Centralt i karrene ses udløbsfiltrene (400  $\mu\text{m}$  i de første dage) derefter 600  $\mu\text{m}$ )

De tidligst klækkede larver blev ikke dyrket videre, idet antallet af tanke i det eksperimentelle system ikke var tilstrækkeligt. Hver gruppe henholdsvis tidligt, midt og sent klækkede larver blev

overført til 3 tanke og yderligere 3 tanke blev besat med en blanding fra de tre klækketidspunkter. Alle tanke blev besat med 2500 larver, svarende til en tæthed på 16,7 larver pr liter. De blandede tanke modtog 833 larver fra hvert af de tre klækketidspunkter.

Larverne blev fodret med AF Artemia (430  $\mu\text{m}$ ) i perioden fra 10-13 dage efter befrugtning og efterfølgende fra dag 14 til 29 med EG Artemia (480  $\mu\text{m}$ ). De sidste blev beriget med DHA Selco i 24 timer for at forbedre deres næringssammensætning. Artemia blev dagligt høstet om morgenen og opbevaret i køleskab til fodringerne kl. 16 og kl. 21. Hver af de 3 daglige fodringer foregik ved at Artemia til hvert kar blev hældt i en 1 liters beholder med saltvand, hvorfra Artemia over en 6 timers periode doceret ud i karret vha. en peristaltisk pumpe og en styreenhed (IKS Aquastar).

Larver blev samlet på tidspunktet for klækning og efterfølgende fra alle 12 tanke på dag 11,12,13,14,19 og 29 efter befrugtning. Larvernes længder blev målt ved at fotografere 4 prøver af 10 larver fra hver tank ved hjælp af en stereolup påmonteret et kamera. Blommesækkens volumen blev estimeret ud fra længden og højden af denne, og oliedråbens diameter blev målt.

Larvernes dødelighed blev fulgt ved dagligt suge bundfald op fra tankene og tælle antallet af døde larver heri. Type II kannibalisme kunne efterfølgende udregnes ved at fratække summen af antal levende larver og antal fundne døde larver fra det totale antal larver (2500).

De døde larver, som dagligt blev suget op fra tankene, kunne være døde af type I kannibalisme; altså angreb fra andre sandart eller af andre årsager. Denne dødelighed blev derfor betegnet type I dødelighed.

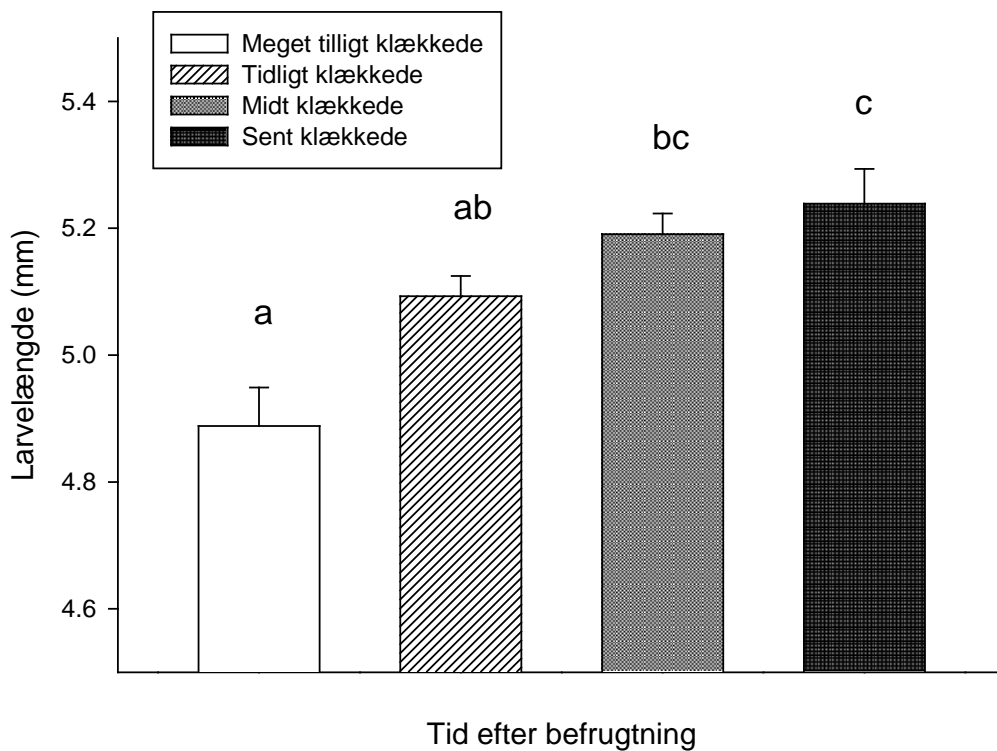
## Resultater

Sammenligning af larvernes længde umiddelbart efter klækning viste, at der var en sammenhæng mellem larvernes klækketidspunkt og deres størrelse ved klækning. Larverne, som klækkede tidligt, var mindre end dem som klækkede senere (figur 2B-5).

Sandart med et sent klækketidspunkt, var længere og havde mindre blommesække ved klækning sammenlignet med larver som klækkede tidligere. To dage efter klækning havde sent klækkede larver mere blommesæk tilbage end larver som klækkede tidligt. Dette indikerer et langsommere optag af blommesæk og en langsommere udvikling i sent klækkede larver. Dette understøttes også af, at et lavere antal larver havde mad i maven 2 dage efter klækning. Der var dog ingen sammenhæng mellem disse forhold og larvernes vækst eller dødelighed.

Tidligt klækkede sildelarver *Clupea harengus* var mindre end sent klækkede sildelarver på tidspunktet for klækning (Geffen 2002). Larver af Vestatlantisk ålekvabbe (*Macrozoarces americanus*) var dog i stand til at tage føde til sig umiddelbart efter klækning, og tidligt klækkede larver kunne derfor indtage føde før senere klækkede larver, og kunne derfor vokse sig større end disse (Methven & Brown 1990).

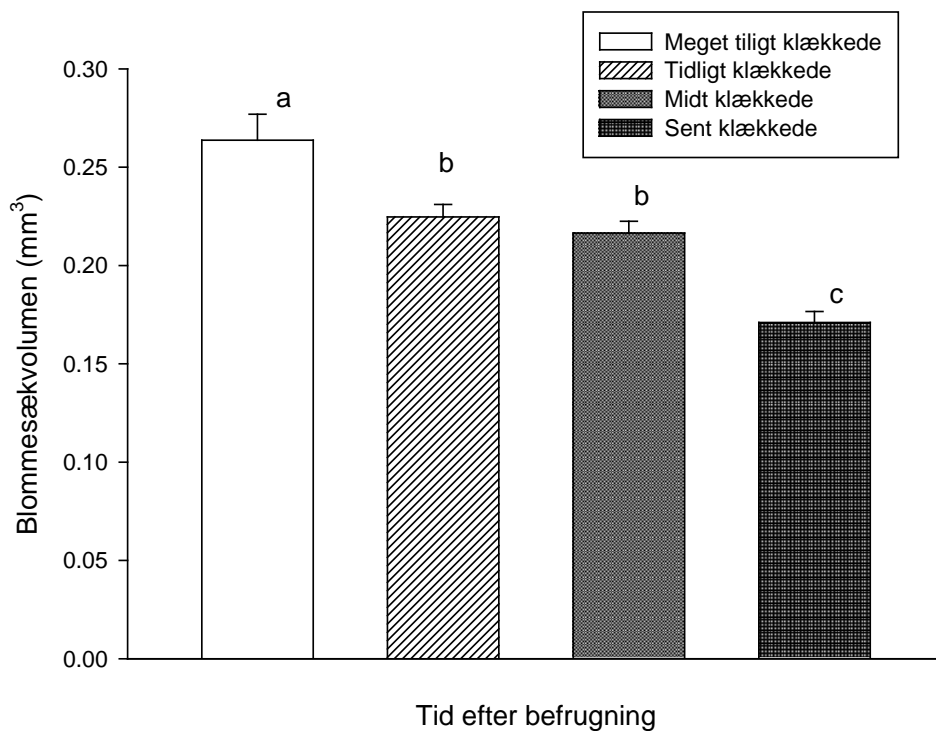
Sandartlarvernes længde og blommesækkenes størrelser var forskellige på tidspunktet for klækning. Dette bekræftes af andre studier, som har vist at klækketidspunktet ikke ser ud til at være knyttet til et meget specifikt udviklingstrin og at en række faktorer kan have indflydelse på tidspunktet for klækning (Kocan et al., 1996; Jordaan, Hayjurst & Kling 2006).



Figur 2B-5. Larvelængde (mm) på tidspunktet for klækning for hhv. meget tidligt, tidligt, midt og sent klækkede larver. Usikkerheden er vist som standard fejl af gennemsnit.

Blommesækkens størrelse umiddelbart efter klækning var også relateret til tidspunktet for klækning. De tidligt klækkede larver havde større blommesæk end dem som klækkede senere (figur 2B-6).

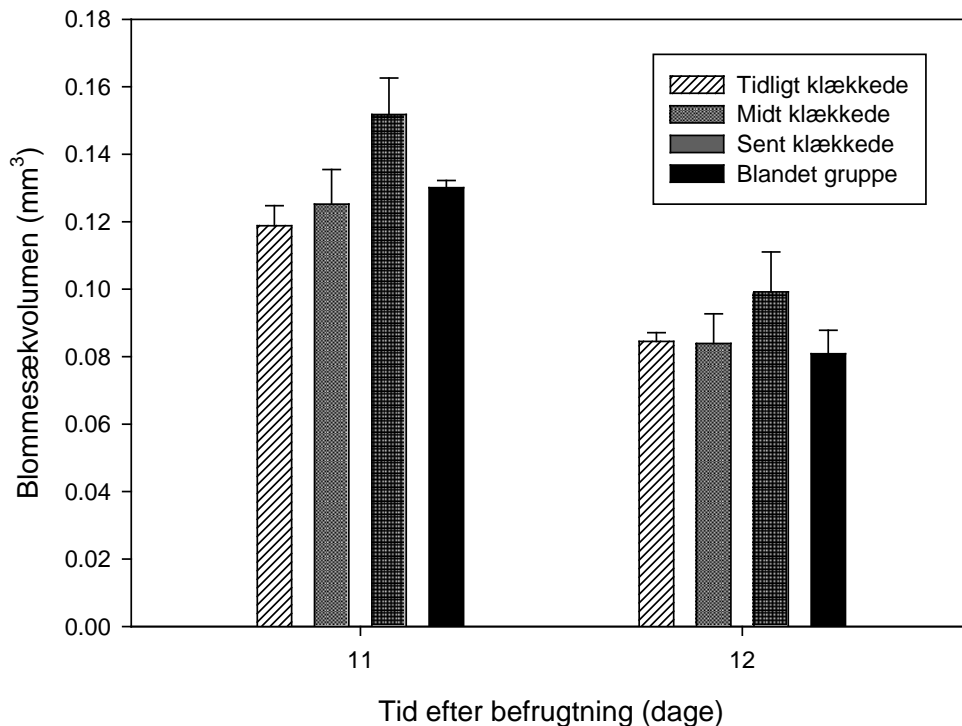




Figur 2B-6. Blommesækvolumen (mm<sup>3</sup>) på tidspunktet for klækning for hhv. Meget tidligt, tidligt, midt, og sent klækkede larver. Usikkerheden er vist som standard fejl af gennemsnit

Der var ikke tydeligt forskel på blommesækkens størrelser for de forskellige klækketidspunkter på dag 11 og 12 efter befrugtning. Der var dog en tendens til at sent klækkede larver havde den største blommesæk (figur 2B-7).

Oliedråbens diameter var ikke væsentligt forskellig for de forskellige klækketidspunkter, men faldt som forventet væsentligt over tid fra dag 13 til 14 og fra dag 14 til 15.



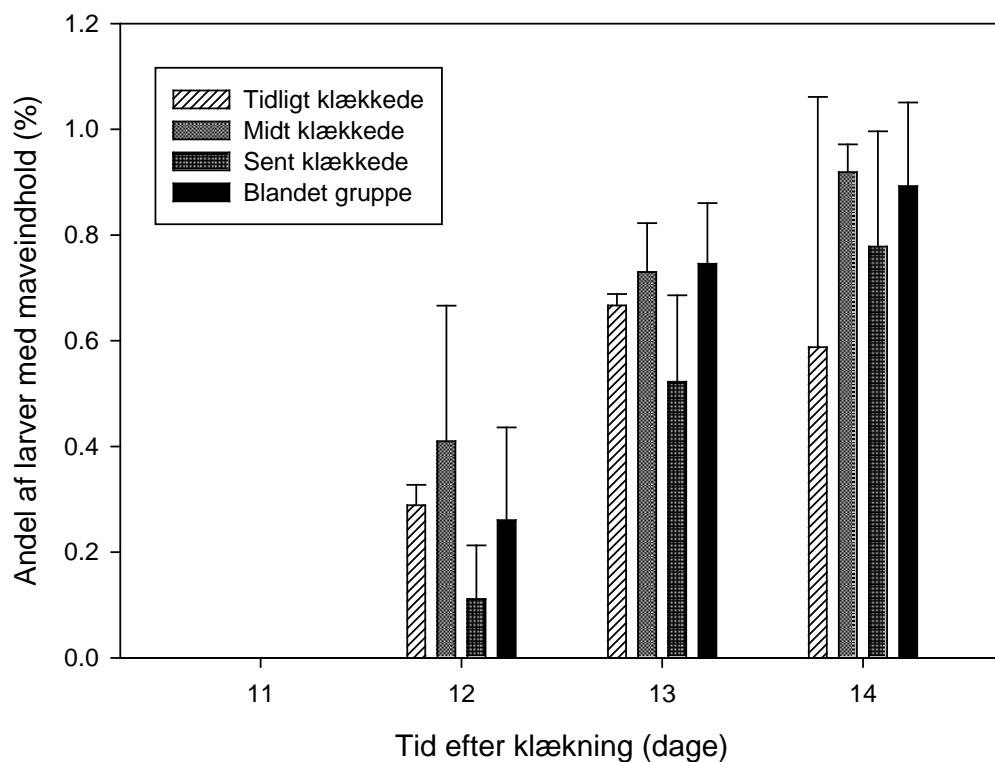
Figur 2B-7. Blommesækvolumen (mm<sup>3</sup>) på dag 11 og 12 for hhv. Tidligt, midt og sent klækkede larver, samt den blandede gruppe på dagene 11 og 12 efter befrugtning. Usikkerheden er vist som standard fejl af gennemsnit

Alle larver havde tomme maver på dag 11 efter befrugtning på trods af, at der havde været egnede fødeemner (*Artemia*) i vandet i mindst 24 timer (figur 2B-8). På dag 12 havde 28 % af larverne indtaget levende foder, og dette øgedes til 56 % på dag 13 og 69 % på dag 14. En sammenligning af tidligt og sent klækkede larver på dag 12 viser, at en større andel af tidligt klækkede larver har mad i maven end sent klækkede larver.

Det faktum, at sent klækkede larver havde mindre blommesæk ved klækning, men på dag 11 havde større blommesække end tidligt klækkede larver, samt at færre sent klækkede larver havde mad i maverne på dag 12, indikerer at sent klækkede larver havde en lavere udviklingshastighed end tidligere klækkede larver.

Hos laksefisk er det tilsyneladende ikke klækketidspunktet, men snarere tidspunktet hvor larverne indtager føde første gang, der har en sammenhæng med f.eks. yngelens efterfølgende vækst (Cook, McNiven, Sutterlin 2000; Farrell, Bennett & Devlin 1997; Stevens, Sutterlin, & Cook 1998).

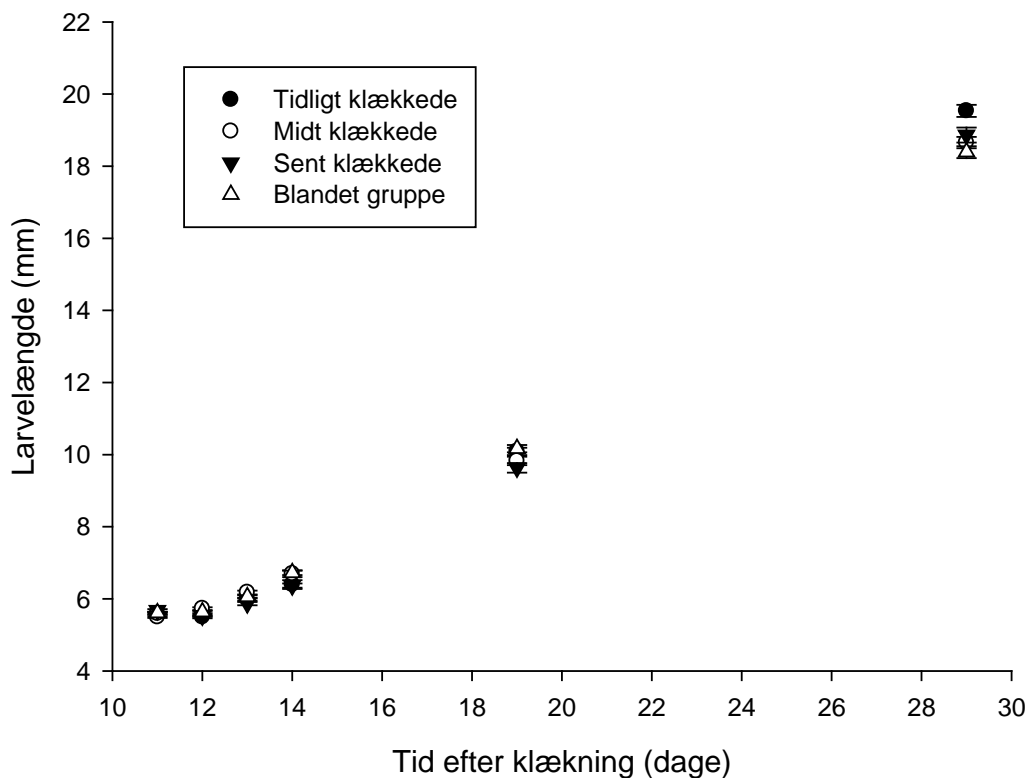
I forsøget med sandart var der dog ingen sammenhæng mellem tidspunktet for klækning og fiskeyngelens efterfølgende vækst, selv om der dog var indikationer på at klækketidspunktet kunne have indflydelse på larverne efter klækningen. Der er dog en lang række andre forhold som tilsyneladende har større betydning end disse.



Figur 2B-8. Andel af larver med maveindhold på dag 11, 12, 13 og 14 efter befrugtning for hhv. tidligt, midt og sent klækkede larver samt den blandede gruppe. Usikkerheden er vist som standard fejl af gennemsnit.

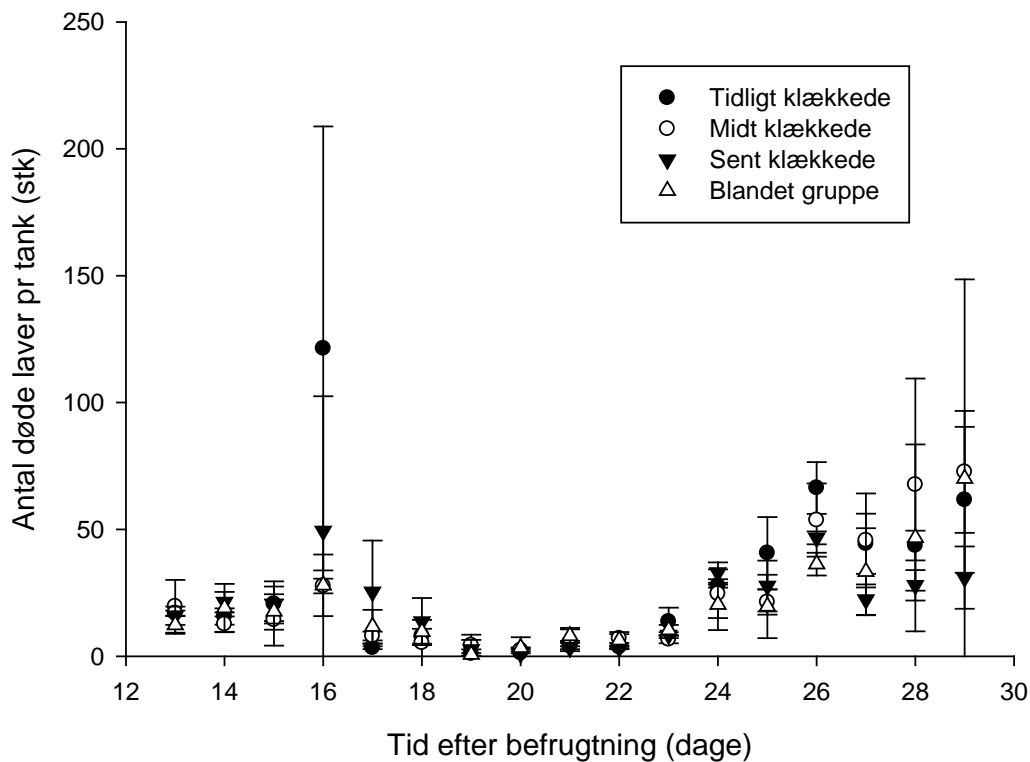
Larvernes størrelse målt som længde var ikke forskellig gennem forsøget (figur 2B-9). Kun på dag 13 efter befrugtning var der en tydelig forskel på grupperne, men denne forskel var ikke at finde hverken dagen før eller efter eller på andre tidspunkter.

Varianskoefficienten, som er et udtryk for spredningen af larvernes størrelse på et prøvetagningstidspunkt, var på intet tidspunkt forskellig. Der var med andre ord ikke større størrelsesforskel på f.eks. blandede larver sammenlignet med tidlige eller sent klækkede larver.



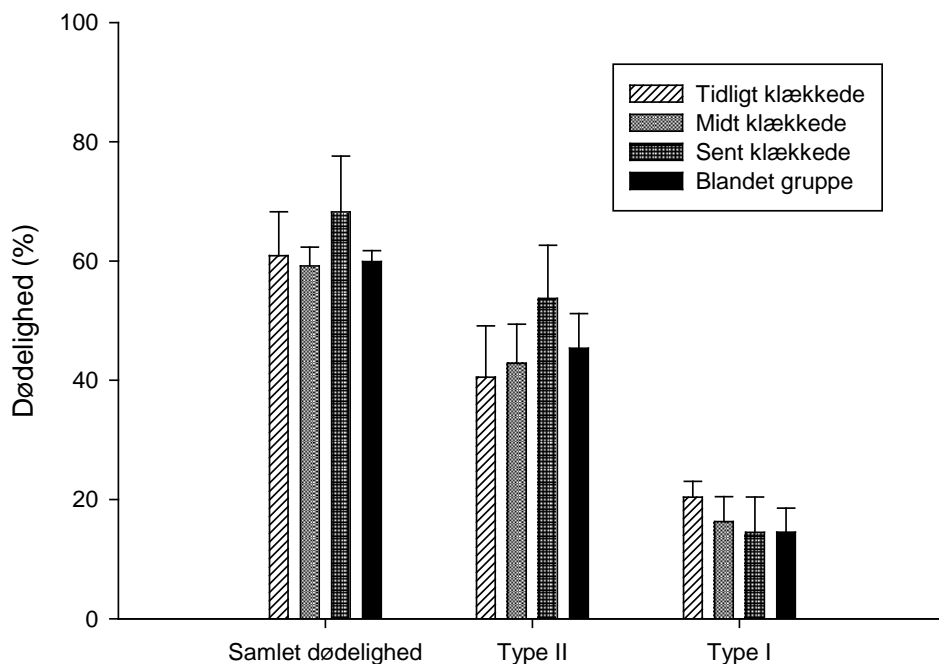
Figur 2B-9. Larvelængde (mm) for tidligt, midt og sent klækkede larver samt for den blandede gruppe. Usikkerheden er vist som standard fejl af gennemsnit.

Dødeligheden gennem eksperimentet var ikke konstant. Indledningsvis blev der suget 20 døde larver op pr. tank pr. dag. Dette øgedes gradvis til mellem 30 og 120 larver på dag 16. Hvor der blev registreret ekstraordinært mange døde larver i 3 tanke. De to af de 3 tanke var tidligt klækkede larver, uden at det dog så ud til at have nogen sammenhæng med dette. Efter den høje dødelighed på dag 16 reduceredes dødeligheden igen frem til dag 24, hvorefter den gradvist steg mod slutningen af forsøget.



Figur 2B-10. Dødeligheden registreret som antal døde larver fjernet fra tankene under forsøget for hhv. tidligt, midt, sent klækkede larver samt den blandede gruppe. Usikkerheden er vist som standardafvigelsen på gennemsnit.

Den totale dødelighed gennem eksperimentet var mellem 59 og 68 % (figur 2B-10). Dødeligheden forårsaget af type II kannibalisme var mellem 41 og 53 % og dødeligheden registreret som antal døde larver fjernet fra tankene var mellem 15 og 20 %. Der var ikke forskel på dødeligheden som funktion af tidspunkt for klækning (figur 2B-11).



Figur 2B-11. Total mortalitet, type II kannibalisme og type I dødelighed (sidste defineret som dødelighed, som får larver til at synke til bunden) for hhv. tidligt, midt, sent klækkede larver samt den blandede gruppe. Usikkerheden er vist som standardafvigelsen på gennemsnit.

## Konklusion

Sandartlarvernes klækkede ikke på et specifikt udviklingstrin, men snarere som resultat af en ydre påvirkning. Larverne så langt hen ad vejen ud til at gennemløbe et parallelt udviklingsforløb henholdsvis i og udenfor æggeskallen, således at larver som klækkede sent, stadig udviklede sig parallelt med de larver, som allerede var klækket.

Det er dog interessant, at det hos andre fiskearter har vist sig, at larvernes egenskaber hænger sammen med tidspunktet for første fødeindtag. Det kunne derfor tænkes, at man ved at sortere sandartyngel efter tidspunkt for første fødeindtag, kunne fra- eller tilvælge egenskaber som aggressivitet og tilvækstpotentiale.

Der er hidtil kun foretaget sådanne forsøg med laksefisk, men disse resultater viser, at fiskeyngel kan sorteres og resultere i flere hold med forskellige egenskaber.

## Arbejdspakke 2C: Effekter af flerumættede fedtsyrer på vækst og stresstolerance hos sandart larver

### Indledning

De flerumættede fedtsyrer EPA, DHA og ARA udgør strukturelle komponenter i cellevægge og har betydning for transport over cellemembraner, enzymatiske processer og fungerer som komponenter i dannelse af stoffer, som har betydningen for reguleringen af stress.

Mange ferskvandsfisk er, i modsætning til saltvandsfisk, i stand til at forlænge langkædede fedtsyrer med 18 kulstofatomer til længere kæder. Dette har betydning for fiskenes krav til flerumættede fedtsyrer i diæten, hvor ferskvandsfisk generelt ikke kræver tilgang til flerumættede fedtsyrer i samme omfang som saltvandsfisk.

Der kun begrænset viden om sandarts krav til flerumættede fedtsyrer, men der er indikationer på at sandart ikke har specielt høje krav til disse.

Fiskeolie i fiskefoder bliver i højere og højere grad erstattet af plantebaserede olier i akvakultur og sandart har vist god vækst og overlevelse på disse fodertyper.

Det kan dog have negative konsekvenser at erstatte for store dele af fiskenes diæt med plantebaserede fiskeolier. Hvis for høje andele af fedtsyrerne i fiskefoderet bliver plantebaseret kan fiskenes kvalitet som fødevarer og fiskenes evne til at håndtere stress senere i livet blive reduceret. Hvis for høje andele af fedtsyrerne i fiskefoderet bliver plantebaseret kan det desuden få negative konsekvenser ikke blot for fiskenes kvalitet som fødevarer, men også for fiskenes evne til at håndtere stress senere i livet.

I akvakultur vil situationer som håndtering i forbindelse med sortering mm være forbundet med stress. I sådanne situationer vil fisk fodret med for høje indhold af planteolier i foderet tolerere håndteringen ringere end fisk fodret med fiskeoliebaseret foder.

I nærværende studie blev sandartlarver fodret med Artemia beriget med emulsioner indeholdende forskellige mængder af olivenolie i kombination med varierende indhold af ARA, EPA og DHA.

### Metode

Sandart moderfisk blev hentet i Mossø og overført til forsøgsanlægget. Fiskene blev hormonbehandlet med LHRH og efterfølgende strøget. Æggene blev befrugtet og behandlet med Alkalase for at hindre sammenklustering før de blev inkuberet i McDonald type 6 liters opstrømsenheder med et vandskifte på  $6 \text{ L min}^{-1}$ . Efter klækning blev larverne overført til larveanlægget med 4300 larver/tank svarende til en tæthed på 28 larver/liter. Larverne blev fodret med EG Artemia, som var beriget med 6 forskellige emulsioner (Tabel 2C-1).

Tabel 2C-1. De i forsøget anvendte emulsioners indhold af olivenolie, ARA, EPA og DHA.

|          |             | Emulsion nr. |      |      |      |      |      |
|----------|-------------|--------------|------|------|------|------|------|
|          |             | 1            | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| Fedtsyre | Oliven olie | 89 %         | 89 % | 49 % | 49 % | 49 % | 49 % |
|          | ARA         |              |      | 20 % | 20 % |      | 14 % |
|          | EPA         |              |      | 20 % |      | 20 % | 14 % |
|          | DHA         |              |      |      | 20 % | 20 % | 14 % |

Larvernes evne til at tolerere stress blev målt ved at overføre larverne til vand med 15 gram salt/liter svarende til ca. halvdelen af saliniteten af havvand. Efter 30 minutter blev larvernes overlevelse registreret og der blev udtaget fisk til bestemmelse af koncentrationen af cortisol i larverne.

## Resultater

### Fedtsyreindhold i larverne

Larvernes fedtsyresammensætning på dag 21 afspejlede den diæt de havde fået (figur 2C-2). Således havde larverne, som var blevet fodret med Artemia beriget med ren olivenolie, et tydeligt højere indhold af fedtsyrerne 18:1(n-9) og 18:2(n-6). I de diæter hvor der var anvendt lavere mængder olivenolie, var der også lavere indhold af de to ovennævnte fedtsyrer i larverne. Diæterne indeholdt også varierende mængder af fedtsyrerne EPA, DHA og ARA. Man ved om disse fedtsyrer, at de er essentielle for mange arter af fisk og derfor skal tilføres i diæten. Indholdene af disse fedtsyrer i fiskene afspejlede de mængder, som var blandet i fiskenes foder (Tabel 1).

### Vækst og overlevelse

Larvernes længde på dag 21 var den samme for alle behandlinger. Der var en tendens til, at larver fodret med Artemia beriget med olivenolie voksede dårligere, men det var ikke en tydelig forskel. Der var ingen sammenhæng mellem væksten og larvernes indhold af hhv. EPA, DHA eller ARA. Disse larver var karakteriseret ved at have meget lave indhold af de essentielle flerumættede fedtsyrer DHA, EPA og ARA. Disse fedtsyrer er væsentlige komponenter i cellemembranerne og manglen på disse kan have påvirket fiskenes basale funktioner. Disse fisk havde også lavere totalt indhold af fedtsyrer og kan derfor have manglet energi til at mobilisere en stressmodvirkning. Det relativt høje DHA indhold i æg og blommesækklarver svarer til indholdene fundet i tilsvarende studier af sandart og tyder på at DHA spiller en væsentlig rolle i fiskens tidlige stadier. Dødeligheden var lav frem til dag 16 og øgedes herefter betydeligt. Der blev observeret fisk, som havde ædt andre fisk og som stadig havde halen af byttet stikkende ud af munden. Selvom der ikke var forskelle i de behandlingsrelaterede vækstresultater, var den akkumulerede mortalitet indtil dag 21 højst i den gruppe larver, som var blevet fodret med Artemia beriget med olivenolie. Disse larver havde også den højeste mortalitet når de blev udsat for stress.

Tabel 2C-2. Registreret dødelighed, tørvægte, længder og  $SGR_{(d.w.)}$  gennem forsøget.

|                         |         | 1         | 2         | Emulsion<br>3 | 4         | 5         | 6         |
|-------------------------|---------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Dødelighed dag 3-21     |         | 3.0±1.7   | 8.9±3.3   | 2.9±1.2       | 3.4±0.0   | 3.1±1.5   | 2.2±0.3   |
| tørvægt (dah 3)         | 0.095   |           |           |               |           |           |           |
| tørvægt (dah 8)         |         | 0.24±0.03 | 0.24±0.03 | 0.23±0.02     | 0.29±0.02 | 0.26±0.01 | 0.29±0.01 |
| tørvægt (dah 14)        |         | 1.2±0.1   | 1.2±0.0   | 1.2±0.2       | 1.3±0.1   | 1.1±0.1   | 1.1±0.0   |
| tørvægt (dah 21)        |         | 4.3±0.5   | 2.9±0.4   | 3.2±0.0       | 3.7±0.3   | 3.6±0.9   | 3.5±0.1   |
| længde (dah 3)          | 5.5±0.2 |           |           |               |           |           |           |
| længde (dah 21)         |         | 15.3±1.9  | 13.6±1.8  | 14.3±2.0      | 14.8±1.9  | 14.5±1.8  | 15.0±2.1  |
| $SGR_{d.w.}$ (dah 3-21) |         | 23.6±0.8  | 20.8±1.0  | 21.6±0.0      | 22.6±0.6  | 22.3±1.7  | 22.1±0.1  |



## Stresstest

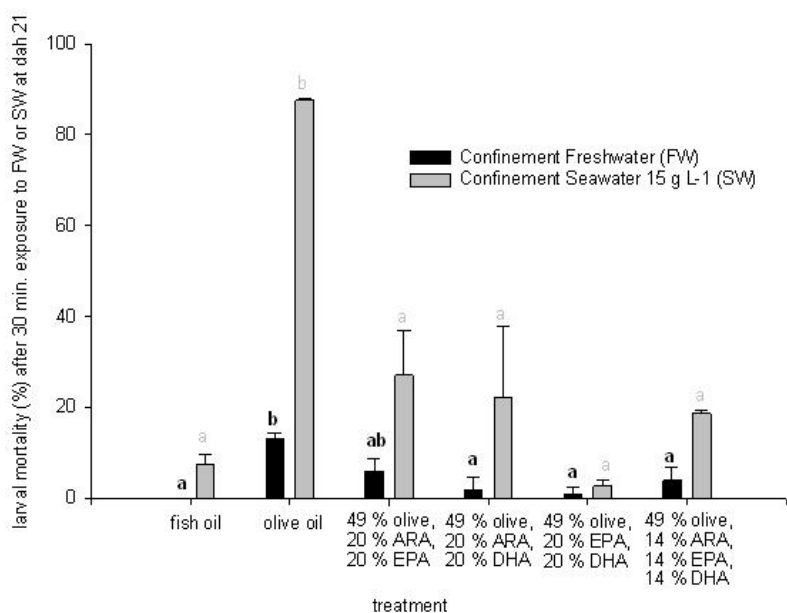
Resultaterne af stresstesten viste en meget tydelig effekt af fodring af larver beriget med olivenolie, idet 87 % af disse døde ved denne stress (figur 2C-1). Fisk, som var fodret med Artemia beriget med de andre typer olie, viste dødeligheder på under 30 %.

Også stress ved at opholde sig i et 2 liters bæger med vand fra anlægget, viste sig at være tydeligt mere stressende for fisk fodret med Artemia beriget med olivenolie sammenlignet med de andre behandlinger.

Larvernes stress blev kvantificeret ved at måle cortisolkoncentrationen i larverne. Larvernes cortisolindhold var tydeligt højere når de havde opholdt sig i 15 ppt. saltvand i 30 minutter (Figur 2C-2).

Det var ikke muligt at finde en sammenhæng mellem de meget høje dødeligheder hos larver fodret med Artemia beriget med olivenolie udsat for 15 ppt. saltvand og deres cortisolindhold. Dette kan skyldes at cortisolkoncentrationen stiger relativt langsomt og at flertallet af larverne døde indenfor få minutter.

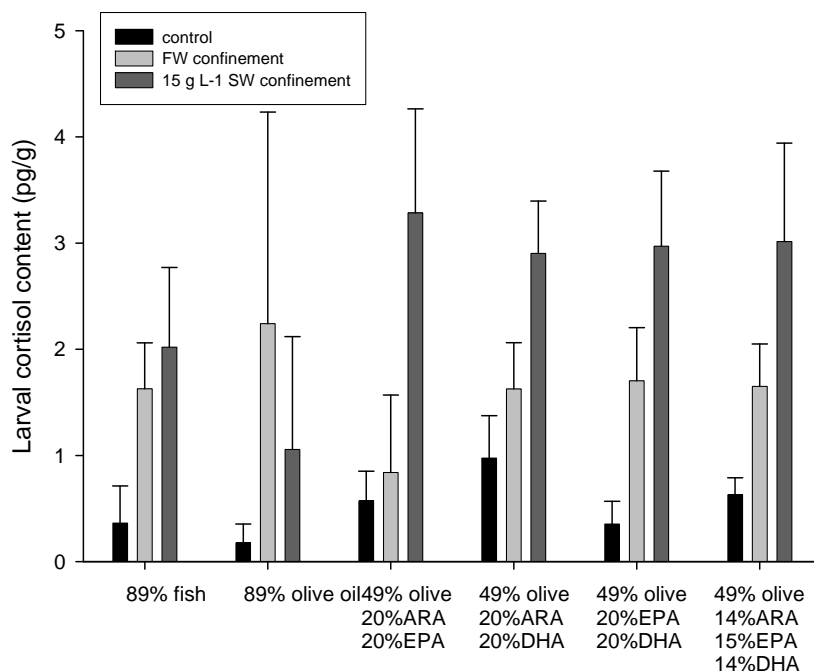
Disse larver var karakteriseret ved at have meget lave indhold af de essentielle flerumættede fedtsyrer DHA, EPA og ARA. Disse fedtsyrer er væsentlige komponenter i cellemembranerne og mangelen på disse kan have påvirket fiskenes basale funktioner. Disse fisk havde også lavere totalindhold af fedtsyrer og kan derfor have manglet energi til at mobilisere en stressmodvirkning.



Figur 2C-1. Gennemsnitsdødelighed (%) for fisk efter 30 minutters ophold i 2 liters beholder med enten ferskvand eller 15 ppt. Saltvand.

Det relativt høje DHA indhold i æg og blommesæklarver svarer til indholdene fundet i tilsvarende studier af sandart og tyder på at DHA spiller en væsentlig rolle i fiskens tidlige stadier.

Det var ikke muligt at finde en relation mellem diæten og fiskenes cortisolkoncentrationer, hverken i karrene eller efter stresspåvirkningerne. Igen kan dette skyldes, at de mest stressede fisk døde indenfor sekunder efter at de blev overført til stressbehandlingerne, og derfor ikke nåede at mobilisere stresshormoner før de døde.



Figur 2C-2. Sandartlarvernes indhold af cortisol på dag 21 for larver udtaget fra karrene (control), larver som havde opholdt sig 30 minutter i ferskvand (FW confinement) og larver som havde opholdt sig 30 minutter i 15ppt brakvand (15 g-l SW confinement).

## **Arbejdspakke 2D: Undersøgelse af årsager til kannibalisme hos sandarttyngel undersøgt ved hjælp af øresten**

### **Introduktion**

#### **Hvad er kannibalisme?**

Kannibalisme er en adfærd hvor et individ delvist (type I kannibalisme) eller helt (type II kannibalisme) aktivt konsumerer en artsfælle. Kannibalisme kan således afgrænses mod situationer hvor store individer tilfældigt kommer til at indtage små individer af samme art, f.eks. planktonædende fisk der kommer til at indtage æg og larver fra samme art. Modsat grænser kannibalisme mod generel agonistisk adfærd hvor en fisk ikke indtager artsfæller, men skader dem enten direkte f.eks. ved at nappe eller blot stresser dem og derved gøre dem mere udsat for infektioner, eller hindre deres fødesøgning. Konsekvenserne af både generel agonistisk adfærd og egentlig kannibalisme er de samme, nemlig dårligere vækst og højere dødelighed.

De fleste fiskearter, inklusive sandart, har anlagt en reproduktiv strategi med produktion af et stort antal afkom og deraf følgende høj naturlig dødelighed. Kannibalisme og anden prædation vil ofte være den direkte dødsårsag for de fleste individer, men betydningen må ses i sammenhæng med de andre forhold der styrer ernæringstilstand og vækst. Hvis kannibalisme og prædation blot fjerner de svageste individer så kan det betragtes som en fordel, også i opdrætssituationer. Hvis kannibalisme

og agonistisk adfærd derimod rammer tilfældigt og fører til en unødvendig dødelighed, så må det betragtes som et fænomen der bør undgås.

### **Årsager til kannibalisme**

Kannibalisme kan have både genetisk og adfærdsmæssig baggrund hvor sidstnævnte generelt induceres af begrænsende forhold i miljøet.

Genetisk induceret kannibalisme og agonistisk adfærd kan skyldes størrelsesvariationer relateret til genetisk betingede forskelle i individuel væksthastighed (De Angelis et al. 1979, MacKinnon, 1985, Paulsen et. al, 2009). Men størrelsesvariation kan både være årsag til kannibalisme og en effekt af kannibalisme. (Hecht and Appelbaum, 1988; van Damme, 1989). Andre genetisk betingede årsager kan være forskelle i social dominans (aggressivitet) og forskel i størrelse ved klækning (Pienaar, 1990; Paulsen et al, 2009).

Miljømæssige forhold påvirker fiskelarvers vækst og adfærd og derigennem udviklingen af kannibalisme. De væsentligste faktorer synes at være fødemængde, fødetyper og enæringsmæssig sammensætning. Derudover har forhold som larvetæthed, muligheder for skjul, turbiditet, lysintensitet, fodringsfrekvens og alternative byttedyr alle betydning for udviklingen af kannibalisme (MacKinnon, 1985; Hecht and Appelbaum, 1988; Katavic et al, 1989)

### **Effekter af kannibalisme**

Flere undersøgelser har påvis at kannibalistiske individer har højere vækstrate, er mere robuste og udvikler sig hurtigere end ikke kannibalistiske individer (Cuff, 1977; Li and Mathias, 1982; MacKinnon, 1985; Crump; 1986; Giles *et al*, 1986, Meffe and Crump, 1987)

### **Kannibalisme hos sandart**

Sandart omfatter både den amerikanske sandart, walleye (*Sander vitreus*, tidligere navngivet *Stizostedion vitreum* se: <http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?ID=360> ) og den eurasiske sandart (*Sander lucioperca*, tidligere navngivet *Stizostedion lucioperca* se: <http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?ID=3516>).

Selv om der er tale om to selvstændige arter er forskellene på larvestadiet så små (Houde & Zastrow (1993) at resultater for begge arter er medtaget.

### *Betydning*

Der er generelt stor dødelighed blandt larver og juvenile i sandartopdræt. De mest kritiske perioder synes at være overgangen fra blommesæk ernæring til ekstern føde, perioden med fyldning af svømmeblæren, start på agonistisk/kannibalistisk adfærd samt i opdræt overgang fra levende foder til tørfoder (eurasisk sandart - Klein Breteler 1989; Ruuhijärvi et al. 1991; Szkudlarek & Zakes 2007, walleye - Krise & Meade 1986; Summerfelt 1996).

Hos sandartlarver i størrelsen 20-50 mm er kannibalisme er en af de væsentligste direkte årsager til dødelighed underopdrætsforhold. Szkudlarek & Zakes (2007) observerede en dødelighed på 44 % af populationen fra dag 18 til dag 39 heraf var 27-35 % forårsaget af type II prædation. Selv om kannibalisme således er den væsentligste direkte årsag til dødelig så kan andre forhold som fødemangel, dårlig ernærings sammensætning, manglende svømmeblære, sygdomme, dårligt kardesign m.v. føre til svækkede og langsomtvoksende larver hvor kannibalisme bliver den direkte dødsårsag, men hvor larverne alligevel ville være døde på et senere tidspunkt eller være i så dårlig stand at de er værdiløse for opdrætteren.

Kannibalisme hos sandart og sammenhæng mellem kannibalisme og miljø eller opdrætsforhold er belyst i en lang række undersøgelser.

### *Larvestørrelse*

Swanson & Ward (1985) observerede kannibalisme hos walleye larver fra 30mm

Mathias (1982) observerede kannibalisme fra 34mm hos walleye.

van Densen (1985) observerede at 20 mm sandartlarver spiste smeltlarver men ikke sandartlarver formentlig fordi smelt er slankere og dermed lettere at indtage end sandartlarver.

Walker (1976) observerede kannibalisme hos walleye i naturen ned til 50mm men typisk fra 60mm.

Kannibalisme fra 30mm hos sandartlarver fodret med tørfoder (Hilge (1990)), men synes at reduceres når de juvenil når 50 mm (Hilge & Steffens (1996))

Kannibalisme hos sandart falder gradvist fra dag 30 (Kestemont et.al. (2007))

MacIntyre et al. (1987) observerede kannibalisme hos juvenile walleye fra 46mm.

Første tegn på kannibalisme observeret hos sandartlarver larver fra 15mm og kannibalismen øgedes fra 20 mm (Szkudlarek & Zakes 2007)

### *Variation i larvestørrelse*

Cuff (1977) observerede på walleye at der skulle være betydelig størrelsesforskel mellem prædator og bytte for juvenile, men det synes ikke at være nødvendig ved søskende (intra cohort)

kannibalisme blandt larver. I nogle tilfælde kan bytte være større end prædatoren (Cuff (1980)).

Kestemont et al (2003) har undersøgt kannibalisme hos aborre og finder at kannibalisme øges ved større larveheterogenitet men også er med til i sig selv at øge heterogeniteten. Kannibalisme derfor både skyldes og skaber størrelsesheterogenitet (DeAngelis et al., 1979; Hecht and Appelbaum, 1988; Baras, 1998). Overgangsperioden mellem levende foder og tørfoder er her særligt følsom.

MacIntyre et al (1987) undersøgte sammenhæng mellem prædator og byttedyrstørrelse hos pond opdrættede walleye over 30mm. De konstaterede at de kannibalistiske individer var de største og havde højest væksthastighed hvilket førte til udvikling af en bi-modal størrelsesfordeling. Den maksimale byttedyrslængde var ca. 67 % af prædatorlængde.

### *Væksthastighed*

Høj væksthastighed synes også at give høj kannibalisme hos sandart (Kestemont et al (2007)).

Prædator versus bytte: Parsons (1971) observerede hos walleye betydelig forskel i størrelse mellem prædator og bytte.

Betydningen af larvetæthed er undersøgt hos aborre (Baras et al (2003)) hvor det blev observeret at højere larvetæthed reducere kannibalisme gennem (i) forsinket udvikling af kannibalisme, (ii) lave andel kannibaler i populationen og (iii) sandsynligvis lave kannibalisme rate pr. individ i populationen. 50 % af larverne i undersøgelsen døde pga. kannibalisme

Hos aborre, Høje larvetætheder reducerede antal kannibaler og størrelsesvariation (Melard et al, 1995)

Hos sandart undersøgte Szkudlarek & Zakes (2007) vækst og vækstvariation som funktion af larvetæthed. Hos larver indtil dag 18 (15mm) var der ikke signifikante effekter af larvetæthed (20, 50 og 100 larver/liter). Hos larver fra dag 19 til 39 ved tætheder på 6, 10 og 15 larver/liter var tilvæksten og overlevelse dårligst og størrelsesvariationen højest ved de højeste larvetætheder, men forskellene var ikke større end at det ville kunne betale sig at anvende de højeste larvetætheder i en kommerciel produktion. Dødeligheden skyldtes hovedsagelig type II kannibalisme ( 27 % ud af 44 % dødelighed ved 6 larver/liter til 35 % ud af 55 % dødelighed ved 15 larver/liter. Både Moore et al (1994) og Peterson et al (1997) har observeret en negativ effekt på vækst af højere larvetæthed hos walleye. Der synes således at være forskel mellem aborre og sandart hvilket evt. kan relateres til forskelle i adfærd mellem de to arter hvor aborre i højere grad er pelagisk og stimedannende.

### *Føde og miljøforhold*

Swanson & Ward (1985), observerede hos walleye at kannibalisme synes forbundet med fødemangel

Overgangsperioden mellem levende foder og tørfoder er kritisk (Kestemont et al (2003) idet overgangen generelt er meget størrelsesafhængig og larver der er blot lidt større vil få fordel af en mere energiholdig føde og dermed øge et størrelsesforspring der kan føre til agonisme og kannibalisme (Hecht and Appelbaum, 1988; Hecht and Pienaar, 1993; Braband, 1995; Baras, 1998; Baras et al., 2000).

Loadman et al (1986) har observeret hos walleye at kannibalisme sker lige så hyppigt om natten som om dagen. Dette i modsætning til aborre hvor kannibalismen primært skete om dagen. Forklaringen kan være at sandartlarverne samler sig nær bunden om natten. Det anbefales derfor at anvende kontinuerlig belysning for at reducere kannibalisme. I samme undersøgelse blev det påvist at kannibalisme ikke synes at give øget væksthastighed eller overlevelse under opdrætsforhold uden fødebegrænsning. Dette synes at være i modstrid med resultater af Li & Mathias (1982) og Cuff (1977) som på walleye observerede at kannibalistiske fisk var de største i en kohorte. Dette kan imidlertid skyldes at de kannibalistiske fisk i disse undersøgelser var størst allerede før start af kannibalisme.

Bristow & Summerfelt (1994) fandt hos walleye 27.7 % øget overlevelse i uklart vand sammenlignet med klart vand. Dette er i overensstemmelse med resultaterne i Ljunggren & Sandström (2007) der fandt at vækst og fødeindtag hos 50mm sandart juvenile ikke var negativt påvirket af høj turbiditet, hvilket i øvrigt var i modsætning til resultaterne for aborre. Høj turbiditet er også observeret at være beskyttelse mod prædation fra aborre (Pekan-Hekim & Lappalaine (2006))

### *Tiltag mod kannibalisme*

Flere undersøgelser har peget på sammenhæng mellem miljøforhold, fødetæthed eller larvetæthed og udviklingen af kannibalisme. På baggrund af dette foreslår Hecht & Pienaar følgende tiltag for at reducere kannibalisme under opdræt:

1. Fodring til mæthed
2. Optimering af fodringsfrekvens
3. Homogen fordeling af føden
4. Supplere tørfoder med levende foder.
5. Optimering af foder partikelstørrelse
6. Tilpasning af lysforhold
7. Hyppig størrelsessortering
8. Selektivt fjerne kannibaler og dominante individer
9. Undgå brug af hurtigtvoksende individer som moderfisk
10. Optimer larvetæthed i opdrætssystemerne

Kannibalistiske individer er typisk også de hurtigtvoksende og sundeste. Det vil derfor være fristende at anvende disse individer i opbygningen af en gydebestand, men det vil føre til en selektion for kannibalisme som må forventes gradvist at øge kannibalismeproblemet såfremt kannibalismen har en genetisk komponent. Det vil derfor være vigtigt at få afklaret hvorvidt kannibaler er fødte dræbere eller blot tilfældigt heldige individer (Baras & Jobling, 2002).

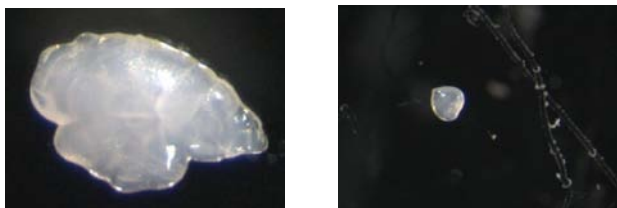
Domesticering er en forudsætning for at gøre opdræt af en fiskeart konkurrencedygtig i forhold til allerede domesticerede arter. Gennem domesticering kan vækstpotentialet typisk øges med i størrelsesordenen 25 % pr. generation for de første generationer efter vildfisk. Denne domesticeringsgevinst vil kunne sættes overstyr hvis der selekteres for kannibalistiske individer. Strategien i domesticering bør derfor bestå i selektion for hurtigtvoksende, sunde individer, der ikke har vist tegn på kannibalistisk adfærd.

Disse tiltag vil på rent empirisk plan kunne reducere betydningen af kannibalisme under opdræt men bør suppleres med undersøgelser over de basale mekanismer der fører til udviklingen af kannibalistisk adfærd.

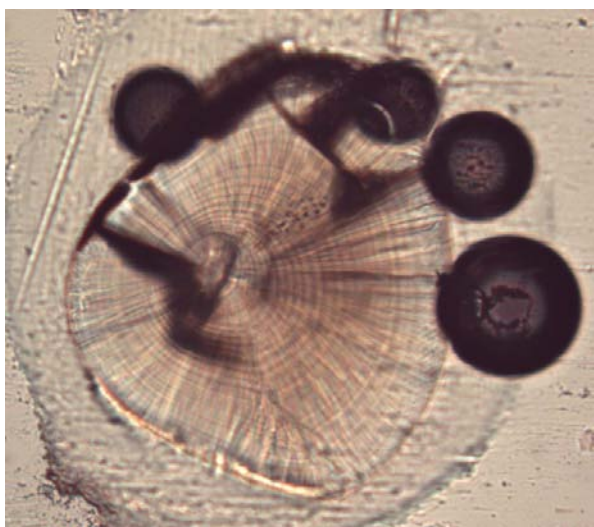
#### *Rapport over kannibalismeforsøg 2009*

Formålet med forsøget var at undersøge forhold der styrer udvikling af kannibalisme hos sandartlarver, særligt hvorvidt de sandartlarver der udvikler kannibalisme har været de største også inden kannibalismen var udviklet eller om kannibalismen giver særligt høj væksthastighed. Med andre ord: Bliver sandartlarver kannibaler fordi de er de største i deres gruppe, eller bliver de størst fordi de er kannibaler?

Besvarelse af dette spørgsmål forudsætter at den enkelte sandartlarves væksthistorie kan dokumenteres således at vækstofforskelle kan påvises også før udviklingen af kannibalisme. Det kan gøres ved hjælp af målinger på larvernes øresten (otolither), der er små kalkstrukturer i kraniet, der fungerer som balanceorgan (se fig 2D-1).

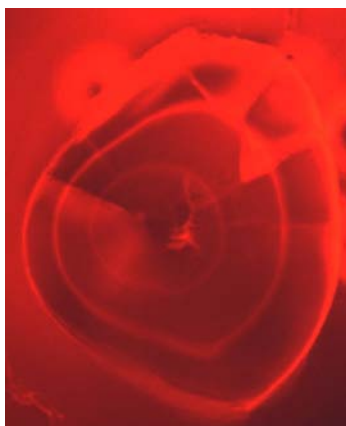


Figur 2D-1. Øresten fra 31.8mm, 35 dage gammel sandart.  
Sagitta diameter: 0.904mm Lapillus diameter: 0.299mm



Figur 2D-2: Dagzoneaflejring i nedslebte venstre lapillus øresten fra 30.2mm, 35 dage gammel sandart.

Ørestenene vokser sammen med fisken ved aflejring af kalk, og denne kalkaflejring er afhængig af fiskens væksthastighed således at ændringer i væksthastigheden indenfor et enkelt døgn fører til dannelse af dagringe hos fiskelarver (figur 2D-2), mens væksthastighedsforskelle over året fører til dannelse af årringe hos voksne fisk. Der er proportionalitet mellem ørestensstørrelse og fiskestørrelse. Derfor kan fiskestørrelse ved forskellig alder registreres ud fra antal dagringe og ørestens størrelse ved de pågældende dagringe. Desværre er påvisningen af dagringe i praksis vanskelig, og specielt vanskelig under opdrætsforhold. Det giver risiko for en usikkerhed i aldersbestemmelsen, der igen får betydning for beregninger af væksthastighed og størrelse ved alder. Denne usikkerhed kan elimineres ved farvemærkning af enkelt dagringe. Farvemærkning kan gennemføres med stoffet alizarin complexone der tilsættes vandet i opdrætskarret i en koncentration på 50mg/liter i en periode på 24 timer. Dagringen for denne periode vil herefter være rødt fluorescerende i UV belysning (se fig. 2D-3).



Figur 2D-3: Dagzoner dag 14, 21 og 28 for samme øresten som fig. 2, mærket med alizarin complexone og observeret under UV-lys.

## Forsøgsplan

Der blev anvendt 12 stk. 60 liter cylindriske kar med konisk bund, tilførsel af vand til overfladen (10 l/time, temperatur 22 C). Vandudtag gennem vertikalt rør beklædt med 300µm plankton net. Til hvert kar blev tilsat 2000 nyklækkede sandartlarver. Fra dag 3 efter klækning blev fodret med nyklækkede Artemia (INVE High HUFA grade) til en tæthed på 2 Artemia nauplier/ml (=120000/kar) Dette blev gjort dagligt kl. 08, 11, 14, 17 og 20.

|                          |  |  |  |   |  |
|--------------------------|--|--|--|---|--|
| Kar 1 + 2<br>Slut dag 14 | Kar 3 + 4<br>Mærket dag<br>14<br>Slut dag 21 | Kar 5 + 6<br>Mærket dag<br>14, 21<br>Slut dag 28 | Kar 7+8<br>Mærket dag<br>14, 21, 28<br>Slut dag 35 | Kar 9 + 10<br>Mærket dag<br>14, 21, 28<br>Slut dag 35 | Kar 11 + 12<br>Kontrol<br>Prøver dag<br>3, 5, 7, 9, 11,<br>Slut dag 35 |
|--------------------------|--|--|--|---|--|

Larvestørrelse dag 3, 5, 7, 9 og 11 blev målt ved udtagning af prøver fra kontrolkarrene 11 og 12. Hver prøve bestod af 24 larver. Efter dag 11 havde larverne nået en størrelse hvor det ville være umuligt at udtage en delprøve fra karret uden størrelsesbias. Størrelse dag 14, 21, 28 og 35 er derfor bestemt efter indsamling af alle larver og tilfældig udtagning af delprøve på min. 96 larver alternativt alle overlevende larver. Larverne blev fotograferet levende eller netop døde (figur 2D-4),

og derefter anbragt i vand i 96 hullers ELISA plader/ependorf rør og nedfrosset. Larvestørrelse blev bestemt ved opmåling af de fotograferede larver med anvendelse af programmet ImageJ<sup>®</sup>. Larvestørrelse dag 14, 21 og 28 blev estimeret efter vitalfarvning med alizarin og opmåling af ringdiameter for disse dage hos larver indsamlet dag 35. Denne estimering blev foretaget for alle larver der var kannibaler og/eller over 30mm total længde.

Kannibalistiske individer blev identificeret ved dissektion af alle individer over 30mm total længde og individer under 30mm, der kunne se ud til at være kannibaler.

Hos kannibaler blev byttedyr uddissekeret og størrelsen bestemt ud fra størrelsen af ørestenene.

## Resultater

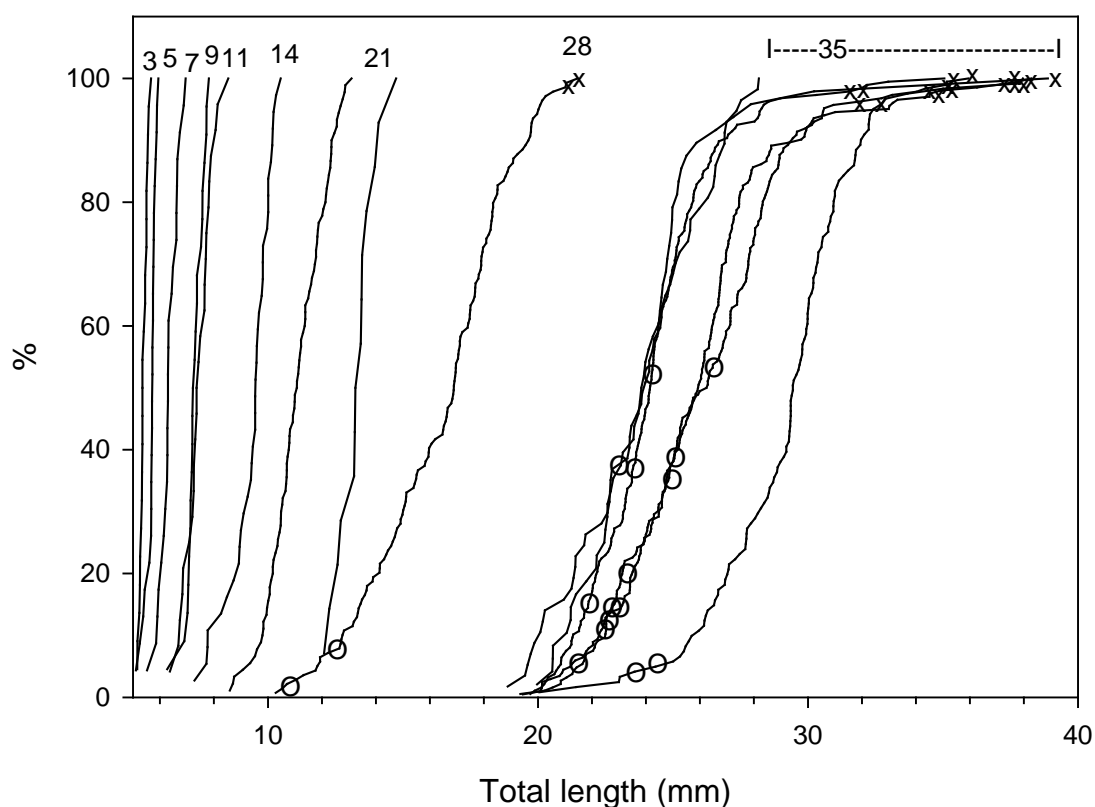
### Vækst og størrelsesfordeling

Resultaterne (figur 2D-5.) viste en relativt homogen størrelsesfordeling til og med dag 21. Dag 28 kunne det observeres at to larver var kannibaler. Med en totallængde på henholdsvis 21.5 og 21.0mm var de størst og tredjestørst blandt i alt 149 opmålte larver. Dag 35 var størrelsesvariationen generelt væsentligt øget og der blev observeret kannibaler i alle forsøgskar undtagen et kar hvor størrelsesfordelingen var tydeligt snævrere end i de øvrige kar. Der blev i alt fundet 17 kannibaler, heraf var 12 kannibaler alizarin mærkede. i 431 larver dag 35 blev målt. Kannibalerne var i alle tilfælde blandt de 10 % største individer i deres gruppe.



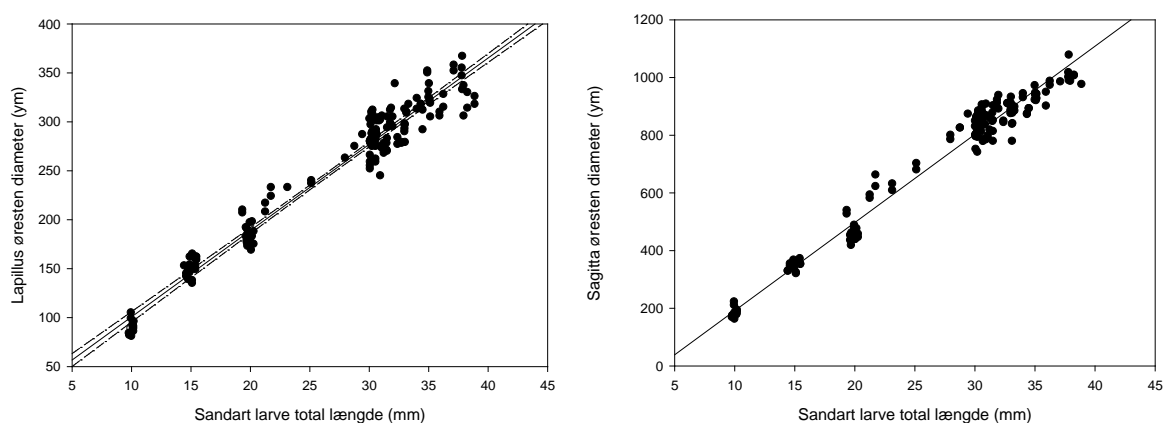
Figur 2D-4. 28,6mm ikke kannibal med rødfarvning fra Artemia og 35,1mm kannibal med synligt bytte.





Figur 2D-5. Kumulerede størrelsesfordelinger dag 3, 5, 7, 9, 11, 14, 21, 28 og 35. X angiver placering af kannibaler i størrelsesfordelingen, O angiver placering af byttedyr i størrelsesfordelingen.

### Byttedyrenes størrelse i forhold til kannibalens størrelse



Figur 2D-6a og b. Relation mellem larve total længde og størrelse af øresten (lapillus og sagitta)

Byttedyrenes størrelse blev estimeret ud fra måling af størrelsen (diameter) af deres sagitta og lapillus otolith. Den målte diameter blev omregnet til larve total længde ud fra relationerne mellem ørestensstørrelse og larvestørrelse (figur 6a og 6b). Denne relation blev etableret ved opmåling af ørestensstørrelser på 200 sandartlarver. (Total længde = lapillus diameter \* 8.815 + 12.66 ( $r^2 = 0.957$ ))

Størrelsen af byttedyrene var 49.3-76.9 % af kannibalens størrelse (middel 65.4 % STD 6.7 %).

### Væksthastighed hos kannibaler og ikke-kannibaler

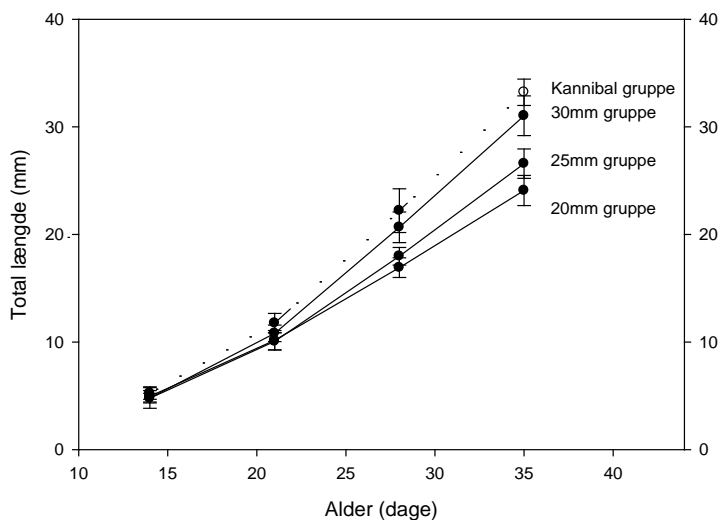
Væksthastigheden hos kannibalistiske og ikke-kannibalistiske individer af samme størrelse er sammenlignet ved opmåling af ørestensstørrelse ved alderen 14, 21, 28 og 35 dage hos alizarinmærkede larver. Ørestensstørrelse omregnes til larve total længde ved forskellig alder ud fra relationen i figur 2D-6a.

Tabel 2D-1: Beregnet total længde dag 14, 21, 28 og 35 samt målt total længde dag 35 for kannibaler (N=11), ikke-kannibaler >30mm (N=25), ikke-kannibaler tættest på 25mm (N=10) og ikke-kannibaler tættest på 20mm (N=12).

| GRUPPE:          | Kannibaler | Kannibaler | 30mm    | 30mm   | 25mm    | 25mm   | 20mm    | 20mm   |
|------------------|------------|------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                  | l          | l          |         | std.   |         | std.   |         | std.   |
| TL målt          | 34,1611    | 2,4035     | 31,2852 | 1,3221 | 25,0290 | 0,1644 | 20,2642 | 0,2968 |
| <b>TL dag 35</b> | 33,2188    | 1,2247     | 31,0341 | 1,8492 | 26,5821 | 1,3709 | 24,0855 | 1,4028 |
| <b>TL dag 28</b> | 22,2167    | 2,0338     | 20,6641 | 1,4234 | 17,9752 | 0,8185 | 16,9163 | 0,9168 |
| <b>TL dag 21</b> | 11,7639    | 0,8958     | 10,8077 | 0,7682 | 10,0687 | 0,7989 | 10,1642 | 0,9016 |
| <b>TL dag 14</b> | 5,2609     | 0,5829     | 4,8041  | 0,9608 | 4,7866  | 0,4423 | 4,9618  | 0,5342 |

Beregningen af totallængder ud fra en lineær regression baseret på sammenhæng mellem total længde og ørestendiameter må forventes at give et relativt upræcist længdeestimat for de yngste larver. Derudover er det kendt at langsomtvoksende individer udvikler øresten der er relativt større end øresten hos hurtigtvoksende individer af samme størrelse. Dette er formentlig årsagen til at den beregnede totallængde dag 35 (TL dag 35) for de langsomtvoksende larver (20mm gruppen) er større end den målte totallængde (TL målt).

Resultaterne i tabel 2D-1 kan præsenteres som en vækstkurve (figur 2D-7). Det kan konstateres at de larver der viste højest total længde ved alderen 35 dage (grupperne "Kannibal" og "30mm gruppe") også havde højest totallængde ved dag 14, 21 og 28. Væksthastigheden for disse to grupper var højere end for 20mm og 25mm grupperne. Der kunne ikke observeres forskel i væksthastighed mellem "kannibaler" og ikke-kannibaler over 30mm.



Figur 2D-7. Vækst hos grupper af larver med forskellig slutlængde.

## Konklusion

Det kan konkluderes at sandartlarver der senere bliver kannibaler allerede dag 14 er større end hovedparten af larverne i opdrætskarret. De fortsætter med at være blandt de hurtigstvoksende i hel forsøgsperioden til dag 35, men ikke-kannibaler af samme størrelse dag 14 og 21 er i stand til at opretholde samme væksthastighed som kannibalerne. Kannibalisme udvikles derfor blandt de største (hurtigstvoksende) larver, men synes ikke i sig selv at øge væksthastigheden indtil dag 35.

## Referencer

- Crump, M.L. (1986). Cannibalism by younger tadpoles: another hazard of metamorphosis. *Copeia*, 4, 1007-1009.
- Cuff, W.R. (1977). Initiation and control of cannibalism in larval walleyes. *Progressive Fish Culturist*, 39, 29-32.
- DeAngelis, D.L., Cox, D.K. & Coutant, C.C. (1980). Cannibalism and size dispersal in young-of-the-year largemouth bass: experiment and a model. *Ecological Modelling*, 8, 133-148.
- Giles, N., Wright, R.M. & Nord, M.E. (1986). Cannibalism in pike fry, *Esox lucius* L.: some experiments with fry densities. *Journal of Fish Biology*, 29, 107-113.
- Hecht, T. & Appelbaum, S. (1988). Observations on intraspecific aggression and coeval cannibalism by larva and juvenile *Clarias gariepinus* (Claridae: Pisces) under controlled conditions. *Journal of Zoology, London*, 214, 21-44.
- Hilge, V. (1990). Beobachtungen zur Aufzucht von Zandern (*Stizostedion lucioperca* L.) im Labor. *Archiv für Fischerei Wissenschaft*, 40, 167-173.

- Hilge, V. & Steffens, W. (1996). Aquaculture of fry and fingerlings of pike-perch (*Stizostedion lucioperca* L.) – a short review. *Journal of Applied Ichthyology*, 12, 167-170.
- Katavic, I., Judgujakovic, J. & Glamuzina, B. (1989). Cannibalism as a factor affecting the survival of intensively cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings. *Aquaculture*, 77, 135-143.
- Kestemont, P., Xueliang, X., Hamza, N., Maboudou, J. & Toko, I.I. (2007). Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture., *Aquaculture*, 264, 197- 204.
- Klein Breteler, J.G.P.(1989). Intensive culture of pike-perch with live food. In: *Aquaculture – a Biotechnology in Progress*, Ed. N. De Pauw. EAS, Bredene, Belgium.
- Krise, W.F. & Meade, J.W. (1986). Review of the intensive culture of walleye fry. *Progressive Fish-Culturist*, 48, 81-89.
- Li, S. & Mathias, J.A. (1982). Causes of high mortality among cultured larval walleyes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111, 710-721.
- MacKinnon, M.R. (1985). Barramundi breeding and culture in Thailand. Queensland Dept. of Primary Industries Study Tour Report, 1-21 June 1982, Sohngkla, Thailand.
- Mathias, J.A. & Li, S. (1982). Feeding habits of walleye larvae and juveniles: comparative laboratory and field studies. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111, 722-735.
- Meffe, G.K. & Crump, M.L. (1987). Possible growth and reproductive benefits of cannibalism in the mosquitofish. *American Naturalist*, 129, 203-212.
- Paulsen, H., Kjesbu, O.S., Bühler, V., Case, R.A.J., Clemmesen, C., Carvalho, G., Hutchinson, W.F., Moksness, E., Otterå, H., Thorsen, A. and Svåsand, T. (2009). Effects of egg size, parental origin and feeding conditions on growth of larval and juvenile cod (*Gadus morhua* L.) *Journal of Fish Biology*. 75, 516-537.
- Pienaar, A.G. (1990). A study of coeval sibling cannibalism in larval and juvenile fishes and its control under culture conditions. Masters thesis. Rhodes University, Grahamstown, South Africa.
- Ruuhijärvi, J & Hyvärinen, P. (1996). The status of pike-perch culture in Finland. *Journal of Applied Ichthyology*, 12, 185-188.
- Summerfelt, R.C. (1995). Pond- tank-culture of fingerling walleyes: A review of North American practices. *Presses Universitaire de Namur (Belgium)*pp. 31-33.
- Swanson, G.M. & Ward, F.J. (1985). Growth of juvenile walleye, *Stizostedion vitreum* (Mitchill) in two man-made ponds in Winnipeg, Canada. *International Vereinigung für Angewandte Limnologie Verhandlungen*, 22, 2502-2507.
- Szkudlarek, M. & Zakes, Z. (2007). Effect of stocking density of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae. *Aquaculture International*. 15, 67-81.

van Damme, P., Appelbaum, S. & Hecht, T. (1989). Sibling cannibalism in koi carp, *Cyprinus carpio* L. larvae and juveniles reared under controlled conditions. *Journal of Fish Biology*, 34, 855-863.

van Densen, W.L.T. (1985). Piscivory and the development of bimodality in the size distribution of 0+ pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 1, 119-131.

Walker, R.E. & Appelgate, R.L. (1976). Growth, food and possible ecological effect of young-of-the-year walleyes in a South Dakota prairie pothole. *Progressive Fish Culturist*, 38, 217-220.

### ***Arbejdspakke 3: Undersøgelser af forhold af betydning for antal og kvalitet af producerede sættefisk, med fokus på svømmeblæreudvikling, weaning og deformiteter***

#### **Svømmeblæreproblemer og afhjælpning**

##### **Mulige årsager til tab af svømmeblære hos sandartlarver**

Manglende svømmeblære har været identificeret som et problem i forbindelse med intensivt opdræt af sandartyngel. Det har vist sig nødvendigt at splitte problemstillingen op i 2 komponenter; Larver som aldrig udvikler en svømmeblære el. udvikler en defekt svømmeblære, samt en anden situation, hvor larver/tyngel, som har udviklet en svømmeblære mister den igen.

##### **Kan sandartyngel med svømmeblære miste den igen?**

Baggrunden for at problemstillingen blev taget op, var en undren over, at der sommetider forekom en procentvis forøgelse af fisk uden svømmeblære fra larver 2 uger gamle til yngel på 5 gram 2,5 måned gamle. Dette kunne i princippet skyldes en overdødelighed hos yngel med svømmeblære i forhold til fisk uden svømmeblære, hvilket dog forekom intuitivt usandsynligt. Det syntes ikke muligt at få problemets eksistens bekræftet fra hverken kollegaer i branchen el. danske forskere indenfor akvakultur. For at undersøge sagen nærmere blev der i januar 2010 udtaget 2000 larver, med en alder på 3 uger fra klækning, til nærmere observation. Kun larver med konstateret svømmeblære blev udtaget til overvågning. Larverne blev overført til 2 forsøgskar på 1 x 1 meter og volumen på 300 l. Larverne blev tilvænnet tørfoder som normalt og der var den første uge en vandudskiftning på 1 gang i timen i hvert kar. Efter 1 uge blev 100 fisk fra hvert kar tilfældigt udtaget og visuelt vurderet om de alle fortsat havde svømmeblære – det havde de. For at se om stress forårsaget af øget turbulens i karret kunne have nogen betydning, blev flowet igennem det ene kar sat op til 2 gange i timen kombineret med en luftsten centralt placeret i karet. Den øgede turbulens brød larverne sig ikke om og allerede efter 1 døgn var der forøget dødelighed i karret med den øgede turbulens. Der kunne også konstateres ”svage” larver, der flød på overfladen med oppustet svømmeblære, der var cirka dobbelt så stor som normal svømmeblærestørrelse. I kontrolkarret var der ikke lignende symptomer. Der blev atter udtaget 100 fisk fra hvert kar til visuel bedømmelse af svømmeblære. Alle fisk fra kontrolkarret havde fortsat normal svømmeblære, mens 28 stk fra turbulenskarret havde markant forstørret svømmeblære, men dog fortsat

svømmeblære. Turbulenstesten indikerede at stress kunne forårsage forstørret svømmeblære, men tilsyneladende ikke tab af svømmeblære.

For ikke at miste alle fiskene i turbulenskarret blev turbulensforsøget indstillet og det blev besluttet at påføre kontrolkarret en anden form for stress, for at se om samme reaktion kunne udløses deri. Fra tidligere var det kendt at sandartyngel ikke bryder sig om kraftigt lys, og som stressfaktor blev der derfor placeret en 500 W halogenlampe over kontrolkarret. Efter 3 dages kraftig belysning kunne der observeres yngel med forstørret svømmeblære i karret med kraftig belysning. Der blev udtaget 100 fisk fra hvert kar til observation. Fra karret med kraftig belysning blev andelen af fisk med forstørret svømmeblære estimeret til 9 %, mens der i karret fra turbulensforsøget ikke blev fundet fisk med forstørret svømmeblære. Resultaterne indikerede igen at ekstreme fysiske forhold kunne medføre forstørret svømmeblære, formentlig som en afledt fysiologisk reaktion på stress.

Nok så interessant var det, at selvom der ikke blev fundet fisk med forstørret svømmeblære i karret der havde været udsat for turbulensforsøget i forbindelse med lyssforsøget, blev der blandt 100 udtagne fisk fundet 3 uden svømmeblære, hvilket ikke tidligere fra observeret. Ved forsøgets afslutning og slutkontrol af alle fisk 3 uger efter start blev der fundet 5 % fisk uden svømmeblære i karret, der havde været udsat for turbulensforsøget, samt 2 % fisk uden svømmeblære i karret som havde været udsat for kraftig belysning. Der blev dermed dokumenteret at tab af svømmeblære kan ske, eftersom alle fiskene havde svømmeblære ved forsøgets start. Forløbet pegede i retning af, at tab af svømmeblære kunne være en sekundær følgevirkning af forstørret svømmeblære, som tilsyneladende var udløst af stress.

En litteraturgennemgang af sammenhængen mellem stress og forstørret svømmeblære afslørede at fænomenet ikke er ukendt, men dog kun sparsomt beskrevet. I litteratur- og abstractoversigten findes der 2 artikler om fænomenet, som dog begge er af ældre dato. På engelsk anvendes udtrykket ”Swimbladder Stress Syndrome” om fænomenet forstørret svømmeblære. Det var ved litteraturgennemgangen ikke muligt at finde observationer om mistet svømmeblære og den mulige forbindelse til forstørret svømmeblære og stress.

Omend dokumentationen ikke kan betragtes som videnskabelig, indikerer forsøgets resultater to vigtige forhold, der bør undersøges nærmere; For det første, om der findes en klar sammenhæng mellem stress og forstørret svømmeblære. For det andet bør det undersøges nærmere om en afledt effekt af stress kan være tab af svømmeblære.

Andre mulige årsager til tab af svømmeblære kunne tænkes at være betændelse el. gasovermætning i vandet. Det har tidsmæssigt ikke været muligt at undersøge dette i nærværende projekt.

### **Anatomisk korrekt svømmeblære**

I efteråret 2009 blev der i et hold larver lavet en undersøgelse af, hvor stor en andel af larver der henholdsvis havde svømmeblære og tillige havde en anatomisk korrekt udformet svømmeblære. Baggrunden for undersøgelsen var tidligere observationer, hvor det var iagttaget at nogle larver udviklede en svømmeblære, der adskilte sig fra den normale ”kommaform”. Det blev derfor fundet relevant at undersøge problemets omfang for at klarlægge om det udgjorde et fremtidigt indsatsområde.

Undersøgelserne foregik ved, at der blev taget stikprøver fra 6 forskellige tanke henholdsvis dag 15, 25 og 35 efter klækning. Fra hver tank blev der udtaget 100 fisk til undersøgelse pr gang. Tankene indeholdt fra start mellem 80.000 og 135.000 larver. Resultaterne fremgår af skematabel 3-1.

Tabel 3-1. Opgørelse af fisk med, uden el. unormal svømmeblære

**Dag 15 efter klækning:**

| Kar:                      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Middel |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Normal svømmeblærereform  | 82 % | 75 % | 78 % | 96 % | 92 % | 87 % | 85 %   |
| Ingen svømmeblære         | 14 % | 22 % | 18 % | 3 %  | 6 %  | 8 %  | 12 %   |
| Unormal svømmeblærereform | 4 %  | 3 %  | 4 %  | 1 %  | 2 %  | 5 %  | 3 %    |

**Dag 25 efter klækning:**

| Kar:                      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Middel |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Normal svømmeblærereform  | 80 % | 73 % | 75 % | 92 % | 89 % | 91 % | 83 %   |
| Ingen svømmeblære         | 14 % | 26 % | 16 % | 5 %  | 8 %  | 6 %  | 13 %   |
| Unormal svømmeblærereform | 6 %  | 1 %  | 9 %  | 3 %  | 3 %  | 3 %  | 4 %    |

**Dag 35 efter klækning:**

| Kar:                      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Middel |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Normal svømmeblærereform  | 89 % | 77 % | 73 % | 89 % | 88 % | 92 % | 85 %   |
| Ingen svømmeblære         | 11 % | 19 % | 18 % | 3 %  | 5 %  | 8 %  | 11 %   |
| Unormal svømmeblærereform | 0 %  | 4 %  | 9 %  | 8 %  | 7 %  | 0 %  | 4 %    |

En gennemsnitlig frekvens på 85% fisk med normalt udviklet svømmeblære var på daværende tidspunkt et godt resultat sammenlignet med tidligere larvehold. Samme niveau er opretholdt i 2010, men naturligvis er der forsat plads til forbedringer. Andelen af fisk uden svømmeblære på gennemsnitlig 12 % kan sandsynligvis tilskrives, at de aldrig har fået dannet en svømmeblære eftersom frekvensen ikke stiger gennem forløbet. Der er imidlertid betydelige udsving mellem de enkelte kar. Det var ikke muligt at skelne effekten af kar og genetik, eftersom der var brugt et par moderfisk pr kar. Fisk med deform svømmeblære blev observeret, men i gennemsnit kun 4 %. Fordelingen var nogenlunde jævn for alle kar og de observerede udsving kan vel forklares med statistisk usikkerhed.

Årsagen til at en mindre del af larverne udvikler en deform svømmeblære er ikke undersøgt i nærværende projekt. En mulig årsag kan være genetiske defekter, men så burde der nok have været større udsving mellem de enkelte kar. Det kan også være, at selve udviklingen af svømmeblære i ontogenesen udgør et kritisk punkt for sandartlarver. Ernæring og opdrætsmetodik er også mulige forklaringer.

I den nuværende fase af sandartopdræt viser opgørelsen, at det er mere relevant fokusere på at formindske antallet af fisk uden svømmeblære, end fokusere på deforme svømmeblærer. Der kan måske være en årsagssammenhæng mellem de 2 problemstillinger.

**Tiltag til afhjælpning af manglende svømmeblære**

I perioden 2007 til 2009 blev der observeret betydelige udsving i andelen af sandartlarver, der udviklede svømmeblære. Variationen var fra stor fra kar til kar, samt imellem de enkelte batch, og problemstilling krævede nærmere undersøgelse. Det skal indledningsvist nævnes, at en mere dybdegående beskrivelse af emnet kan findes i specialet ”Svømmeblærefyldning, vækst og

overlevelse hos sandartlarver (*Sander lucioperca*) i intensiv akvakultur” (Rønfeldt J. & Nielsen, J., 2009).

Sandartlarver fylder deres svømmeblære første gang ca. 12-14 dage efter klækning ved 16 grader. Det gør de ved at stige til op til vandoverfladen og tage ”en mundfuld luft” som derefter presses ned i den dannede svømmeblære, hvorved denne ”pustes op”. I den forbindelse er det vigtigt at vandoverfladen er ren. Hvis der er en tyk oliefilm fra fx døde larver el. uklækkede æg vil larverne ikke være istand til at penetrere denne og nå op til luften. Hvis der er blot en ganske tynd film på overfladen kan denne indeholde en stor mængde bakterier, som larverne får ned i svømmeblæren sammen med luften, hvilket igen kan anledning til betændelse og efterfølgende kollaps af svømmeblæren. Til at renholde overfladen, blev der anvendt en velkendt teknik med ”skimmere”, som fungerer ved at film på vandoverfladen konstant ”pustes” ind i en ”fangkasse” hvorfra den kan fjernes manuelt med fx et krus (figur 3-1 venstre side). Det var nødvendigt at tømme skimmere ofte (i perioder hver 2. time), hvilket foregik manuelt.



Figur 3-1. Skimmer til venstre og sprayer til højre

I forbindelse med, at to specialestuderende blev inddraget i nærværende projekt, blev det besluttet at foretage en videnskabelig sammenligning af effekten af skimmere kontra en alternativ metode til renholdelse af overfladen. Den alternative metode bestod i renholdelse af overfladen ved hjælp af sprayere, som istedet for at samle overfladen. Istedet ”skyder” overfladen ned i vandet ved hjælp af en vandstråle (Figur 3-1 højre side). En væsentlig fordel ved sprayere er, at de ikke kræver tømning som skimmere gør, og dermed virker hele tiden, hvor en fyldt skimmer ikke virker igen før den er blevet tømt. En intuitiv ulempe ved sprayere er, at ”skidtet” som ønskes fjernet, bliver opblandet med vandet i karret og måske derfor er længere tid om at komme ud af karret eftersom dette sker ved den løbende vandudskiftning.

Forsøget med sammenligning af svømmeblærefyldning som funktion af renholdelse med henholdsvis skimmere og sprayere viste, en opnået svømmeblærefyldningsprocent på 100 % ved anvendelse af sprayere, 96 % ved anvendelse af skimmere og 62 % i kontrollen, hvor overfladen ikke blev renholdt overhovedet (Rønfeldt J. & Nielsen, J., 2009). Der var to vigtige resultater for operativt sandartopdræt i disse resultater; For det første, at renholdelse med skimmere virkede og gjorde det effektivt tilsyneladende uden negative sideeffekter. Det andet vigtige resultat var en klar dokumenteret effekt af at renholde overfladen. Selvom sprayerne også statistisk set var skimmerne overlegne, kunne den marginale forskel i forsøget ikke forklare de store udsving i



svømmeblærefyldning, der tidligere var oplevet hos Aquapri. På baggrund af resultaterne fra undersøgelsen blev der i den løbende produktion skiftet fra skimmere til sprayere, hvilket i efterfølgende batch har sikret et stabilt niveau på svømmeblærefyldning, der ligger i intervallet 80-90 %, og de tidligere udsving synes dermed elimineret. Den bedste forklaring på forbedringen er, at sprayerne virker konstant effektive og den menneskelige faktor med tømning af skimmere er fjernet.

### **Separering af fisk med og uden svømmeblære**

Fisk uden svømmeblære er uønskede på grund af relativt dårligere vækst og deform udvikling. Det vurderes, at så længe disse udgør over 2-3 % af et batch, er det hensigtsmæssigt at frasortere dem. Fra opdræt af Seabars og Seabream findes der en kendt metode til fraseparering af fisk uden svømmeblære. Der anvendes saltseparering, som er en metode, der udnytter at fisk henholdsvis med og uden svømmeblære har forskellig vægtfylde. Ved den rette saltholdighed vil bedøvede fisk uden svømmeblære synke til bunds, mens fisk med svømmeblære vil flyde.

Metoden stammer fra saltvandsopdræt og det var derfor uvist om en ferskvandsfisk som sandart kunne tåle metoden. Der blev afprøvet forskellige kombinationer af saltholdighed og bedøvelse for at finde en både virksom og tålelig kombination. Der blev anvendt yngel på 5 gram i forsøget og bedøvelsesmidlet var MS-222. Af tabel 3-2 fremgår afprøvede kombinationer af salt og bedøvelse. I praksis blev blandingerne lavet i en 20 liter spand og ca. 1 kg yngel blev derefter overført til blandingen.

Tabel 3-2 Kombination af salt og bedøvelse, samt vurderet egnethed.

| mg MS-222 pr l vand | 35 mg/l | 50 mg/l | 75 mg/l |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Salt koncentration  |         |         |         |
| 10 0/00             | Dårlig  | Dårlig  | Dårlig  |
| 20 0/00             | Dårlig  | Ok      | Dårlig  |
| 40 0/00             | Dårlig  | Ok      | Dårlig  |

Det viste sig hensigtsmæssigt at bruge en koncentrationen af bedøvelse, som var istand til at bedøve fiskene i løbet af 3-5 minutter for at begrænse eksponeringstiden i den kraftige saltblanding. Omvendt resulterede for høj koncentration af bedøvelse i, at ynglen tilsyneladende gik i chok og deraf afledt høj dødelighed. En saltholdighed på 10 0/00 var for lav til at sikre en effektiv separering, mens 20 og 40 0/00 virkede fint.

Det lykkedes således at finde en kombination af saltholdighed og bedøvelse som fiskene kunne overleve, og som samtidig sikrede en effektiv fraseparering af fisk uden svømmeblære. Som udgangspunkt anbefales det at anvende 50 mg MS-222 pr 1 liter vand og en saltholdighed på 20-40 0/00.

## **Fodertype og fodringsstrategi under weaning**

### **Sammenligning af 2 forskellige fodringsstrategier under weaning med hensyn til overlevelse**

Weaningsfasen er en kritisk periode i sandartlarvers liv. Omstilling fra artemia til tørfoder indebærer 2 udfordringer; For det første skal larverne omstille deres "fødebillede" fra noget levende og bevægeligt til noget "dødt" og ubevægeligt. For det andet skal larvernes fordøjelsessystem til at omsætte føde med anden næringssammensætning og tilgængelighed. Kombinationen af disse to forhold giver anledning til, at der ofte mistes op mod 50-60 % af larverne i løbet af de første to uger af weaningsfasen.

Det var i foråret 2010 hensigten at udføre et kontrolleret kombinationsforsøg med hensyn til fodertype og fodringsstrategi under weaning, for at se om der var forskel på vækst og overlevelse som funktion af fodertype og tilgængelighed af foder. Forsøget nåede at komme i gang, men kørte kun 5 dage inden en massiv gællebetændelse i det pågældende batch resulterede i, at over 80 % af fiskene omkom i løbet af få dage. Det gav derfor ikke mening at forsætte forsøget og dette blev afbrudt. I stedet for egentlige resultater af forsøget, vil der blive givet lidt generelle betragtninger om tørfodertilvænnning af sandartlarver baseret på løbende observatiorer.

### **Cofeeding**

For gradvist at tilvænne larverne til en ny fødetype kan der i en overgangsperiode fodres med både artemia og tørfoder, hvor andelen af artemia gradvist drosles ned. Intuitivt vil dette give larvernes fordøjelsessystem mulighed for at tilvænne sig tørfoderet.

### **Kontinuerlig fodring eller diskret fodring**

Overordnet kan der vælges mellem 2 udfodringsmetoder; Kontinuerlig fodring, hvor det tilstræbes at opretholde en rimelig konstant mængde af fødeemner i vandet, eller diskret fodring, hvor der veksles mellem perioder med høj mængde fødeemner i vandet kontra perioder med lav/ingen fødetæthed i vandet. Hos Aquapri Innovation er begge metoder afprøvet uden at der er lavet præcise målinger af effekten. Ved den løbende daglige observation kunne der ikke iagttages forskelle i larvernes trivsel og vækst ved de to metoder. Der er på nuværende tidspunkt ikke muligt at anbefale den ene fremfor den anden.

### **Fodertype**

Der findes forskellige producenter af tilvænningsfoder på markedet. Hos Aquapri Innovation er der anvendt Larviva serien fra Biomar samt et japansk product ved navn Otohime. Det har ikke været muligt at observere nogle iøjnefaldende forskelle på larvernes vækst imellem de 2 produkter, udover det var temmelig omstændigt at få lov at indføre foder fra et ikke EU land (Japan).

### **Udfodringsprocent for sandartlarver**

Det er svært at give præcise anvisninger for udfodringsprocent for larver, eftersom den aktuelle biomasse sjældent er præcist kendt. Der skal naturligvis udfodres en mængde så der ikke er underskud på foder. Omvendt giver massiv overfodring anledning til stort foderspild og stort rengøringsarbejde i bassinerne. I praksis bør der fodres så der er en smule foderspild (10-20 %) af udfodret mængde og samtidig bør det iagttages, at alle fisk har foder i maverne, hvilket er let at se på larverne de første 5 uger, hvor deres pigmentering er begrænset.

## **Deformitetsårsager**

Deforme fisk er uønskede på grund af dårligere vækst og foderudnyttelse end normalt dannede fisk. Endvidere kan der være et grundlæggende etisk ønske om ikke at opdrætte fisk med deformiteter.

Deformiteter blandt sandart yngel opdrættet i intensiv kultur udgør et betydeligt problem. Erfaringerne fra Aquapri Innovation viser, at deforme fisk varierer fra 10-40 % af et batch. Problemstillingen er velkendt fra en del andre arter (Finefish, 2009) og kompliceres typisk af, at der er tale om forskellige former for deformiteter forårsaget af forskellige ting. Det stod i løbet af projektperioden klart, at et første skridt på vejen til at nedbringe frekvensen af deforme fisk var, at få et overblik over deformitetstyper og med hvilken hyppighed de enkelte deformiteter forekom.

## **Deformitetstyper generelt**

Deforme fisk er relativt nemme at erkende visuelt, når de er over ca. 0,5 gram. Når de er mindre kræver det ofte brug af stereolup for at observere skelettet for tegn på deformiteter, hvilket er temmelig tidskrævende. Gennem løbende sampling i yngelproduktionen er det klarlagt at tilsyneladende alle de forekomne deformiteter, der er iagtaget har deres oprindelse inden fiskene når 1 gram i størrelse, idet der ikke ses nogen stigende forekomst for fisk over denne størrelse. Årsager og løsninger skal derfor søges i det første 2 måneder af larvernes/ynglens liv eller i deres ophav (genetik).

Deformitetsproblematikken viste sig undervejs i projektet at være temmelig kompleks. Set i bakspejlet kunne nogle forsøg og deformitetsopgørelser være grebet bedre an, hvis viden havde været større fra starten af. Som en konsekvens af denne erfaring er der udarbejdet en struktureret oversigt over deformitetstyper og en foreløbig oversigt over potentielle årsager til deformiteter. Dette blev gjort i en erkendelse af, at der vil gå en del år inden alle problemer med deformiteter i sandartproduktionen er løst, og disse oversigter skulle gerne gøre analysearbejdet af problemerne mere overskueligt i det fremtidige arbejde.

I bilag 4 er der opstillet en oversigt over de hyppigst forekomne deformiteter, med tilhørende kort beskrivelse af, hvorledes de kommer til udtryk. De hyppigst forekomne deformiteter observeret hos Aquapri Innovation er lordosis, scoliosis samt manglende/dårlig udviklet gællelæg. Der er også observeret pugheadness og kyphosis, men i meget begrænset udstrækning. Specielt for lordosis er det vigtigt at skelne mellem prehaemal lordosis og haemal lordosis. Prehaemal lordosis er et dorsoventral knæk på rygsøjlen foran halestykket af ryggen, som skyldes fejl i oppustning af svømmeblære, mens haemal lordosis er et dorsoventral knæk på rygsøjlen hvor halen starter. Sidstnævnte har ikke relation til oppustning af svømmeblære. I bilag 4 er der fotos af nogle af deformiteterne kombineret med en kort beskrivelse. Bilaget skal betragtes som et arbejdsnotat til løbende udfyldelse efterhånden som viden genereres fremover. Det udførte arbejde med identifikation og inddeling af deformitetstyper udgør et godt fundament for en fremadrettet indsats mod de enkelte deformitetstyper.

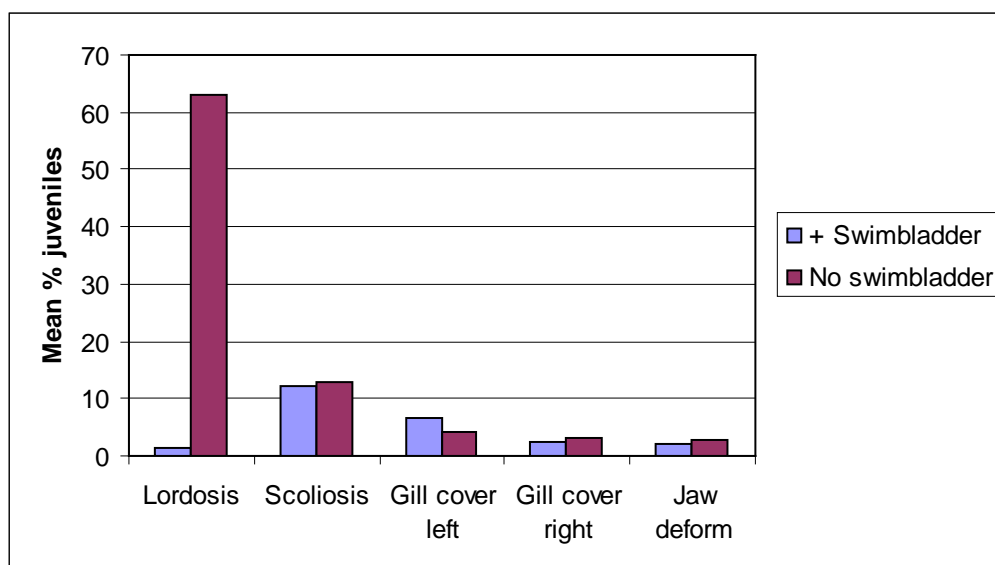
## **Mulige årsager til deformiteter**

Andelen af deforme fisk, der kan iagttages blandt opdrættede fisk er væsentlig højere end hvad der ses blandt vildfisk. Det kan skyldes 2 forhold; for det første overlever en væsentlig større andel af fisk hele vejen fra yngel til voksenfisk under opdrættede forhold. Deforme fisk vil være normale fisk underlegne i naturen. De vil for eksempel have sværere ved at fange bytte eller selv være et lettere mål for prædation. Det kan derfor tænkes at under opdrættede forhold klarer deforme fisk sig relativt bedre eftersom opdrætspraksis sætter en del af de naturligt regulerende mekanismer ud af

drift, som for eksempel knaphed på føde og kannibalisme. På den anden side kan det tænkes at det er selve opdrætsmetoderne der giver anledning til deforme fisk. Selvom der tages hensyn til de naturlige vækstbetingelser for fx sandart, vil opdrætsbetingelserne alligevel adskille sig fra det naturlige element. Det gør sig fx gældende med hensyn til foder og ernærings sammensætning, fysiske og kemiske vandparametre, tæthed blandt fiskene samt vandhydraulik. Kun gennem målrettede forsøg er det muligt at afdække de enkelte parametres betydning for deformiteter hos den enkelte art. I bilag 3 er en række potentielle årsager til deformiteter listet op, og i det følgende vil de formentlig vigtigste kort blive beskrevet.

### Manglende svømmeblære

Manglende svømmeblære giver i høj grad anledning til deforme fisk. Når yngel mangler svømmeblære udvikler de unormal svømmeadfærd som resulterer i et knæk på rygsøjlen. Når dette knæk er lokaliseret før overgangen til hale benævnes det prehaemal lordosis. I forbindelse med saltseparering af et batch yngel ved størrelsen 3 gram blev der lavet en opgørelse af antallet af deformiteter i relation til om ynglen havde svømmeblære eller ej. Der blev udtaget 450 fisk med svømmeblære og 150 uden svømmeblære. Af fiskene med svømmeblære havde i alt 12 % af fiskene en eller anden form for deformitet, mens 82 % af fiskene uden svømmeblære havde deformiteter. Af figur 3-2 fremgår fordelingen af deformiteter blandt fisk, som havde en eller anden form for deformitet.



Figur 3-2. Fordeling af deformiteter blandt deforme sandartyngel. Nogle fisk havde mere end 1 deformitet.

Den hyppigst forekomne deformitet er lordosis. Der er ved opgørelsen ikke skelnet mellem prehaemal lordosis og haemal lordosis. Men der er formentlig tale om prehaemal lordosis, som er snævert knyttet til manglende svømmeblære. Det var overraskende, at en forekomsten af lordosis blandt fisk uden svømmeblære ikke var højere end 63 %. Der kunne således også konstateres fisk der manglede svømmeblære uden at have synlige ydre tegn på deformiteter. Det komplicerer den teoretiske sammenhæng mellem manglende svømmeblærer og prehaemal lordosis. En hypotese kunne være, at en del fisk uden svømmeblære indtager et mere passivt liv på bunden af karrene og derfor ikke ”svømmer” sig til et knæk på ryggen, dette er dog endnu uafklaret. Af de øvrige deformiteter der blev undersøgt var der tilsyneladende ikke nogen tilknytning til svømmeblære eller ej. Scoliosis forekom med en hyppighed på ca. 12 % blandt de deforme fisk. Fra Seabars er der

fundet sammenhæng mellem scoliosis og fejlnæring samt forgiftning af fisk (Finefish, 2009). I relation til sandart er der ikke lavet årsagsanalyser til scoliosis.

### Vandtemperatur

Vandtemperatur har stor betydning for væksthastigheden hos fisk og det velkendt at for høj vandtemperatur i de tidlige udviklingsstadier kan give anledning til deforme fisk. Sammenhængen skyldes formentlig ontogenisk asynkron vækst, der skal forstås som at de enkelte delelementer i fiskenes udvikling kommer ud af takt ved høje væksthastigheder. Det kan for eksempel være at forbeningen af fiskenes skelet ikke kan foregå ligeså hurtigt som væksten i muskler ved en høj vandtemperatur. Der foreligger endnu ikke analyser der kan dokumentere sammenhængen mellem forskellige temperaturer og frekvensen af forskellige former for deformiteter hos sandart, men det vil være et oplagt emne at undersøge.

### Vandhastighed

Der blev lavet et mindre forsøg med sammenligning af vandhastigheds indflydelse på frekvensen af deforme sandarttyngel hos Aquapri Innovation. 100.000 larver med en gennemsnitsvægt på 40 mg blev ligeligt fordelt i 2 firkantede kar med afrundede hjørner, karvolumen ca. 2,8 M3. Karrene var forsynet med centralt bundafløb og vandtilførsel i det ene karhjørne. Kar 1 blev indstillet til vandudskiftning 1 gang i timen og kar 2 til 3 gange i timen. Det var ikke muligt at angive nogen eksakt vandhastighed eftersom den cirkulære vandhydraulik i karrene gav forskellige vandhastigheder i hvert kar afhængigt af afstanden fra centrum. Men vandhastigheden var naturligvis markant højere i karret med 3 gange vandudskiftning i timen. Temperaturen var 15-18 grader. Efter 3 uger blev karrene gjort op mht. overlevelse, gennemsnitsstørrelse og andel deforme fisk. Resultaterne fremgår af tabel 3-3.

Tabel 3-3: Resultater fra forsøg med forskellig vandudskiftning/vandhastighed i kar

|                                     | <b>Kar 1</b> | <b>Kar 2</b> |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| Vandudskiftning                     | 1 gang/time  | 3 gange/time |
| Stykker ved start                   | 50.000       | 50.000       |
| Gennemsnitsstørrelse ved start      | 38 mg        | 38 mg        |
| Stykker ved afslutning              | 32.450       | 27.950       |
| overlevelse                         | 65 %         | 56 %         |
| Gennemsnitsstørrelse ved afslutning | 1,05 gram    | 0,98 gram    |
| % deforme ved slut                  | 13 %         | 22 %         |
|                                     |              |              |

Alle 3 parametre; Overlevelse, tilvækst og andel deforme fisk var negativt påvirket i kar 2 med den høje vandudskiftning/vandhastighed. Det kan indvendes at 3 gange vandudskiftning er højt i forhold til normalt 1-2 gange i timen, men det var et bevidst valg for at opnå nogle effekter. Selvom der var en klar effekt af behandling kan det undre, at den ikke var større. Med hensyn til overlevelse var det tydeligt at det primært var de mindste og svage fisk der døde undervejs. Forskellen i gennemsnitsstørrelse må betragtes som begrænset (< 5 %) og det kan ikke udelukkes at den skyldes andre faktorer. På tidspunktet, hvor forsøget blev udført var der ikke opnået samme indsigt i deformitets-problematikken som ved projektets afslutning og ved opgørelsen af deforme fisk blev der desværre ikke skelnet mellem deformitetstyper, men den helt overvejende deformitetstype var lordosis. Ved efterrationalisering af forsøget virker det logisk, at der har været tale om prehaemal lordosis, der er knyttet til manglende svømmeblære. I nærværende forsøg er denne skavank

sandsynligvis kommet kraftigere til udtryk i karret med højest vandhastighed og dermed højst svømmeaktivitet.

### **Ernæring**

Fejlnæring kan også give anledning til deformiteter. For sandarts vedkommende er der ikke forsket i sammenhængen mellem ernæring og deformiteter, men derimod en del i sammenhængen mellem vækst og overlevelse som funktion af specielt forskellige fedtsyrer. Det vil være oplagt fremadrettet at udvide denne forskning til også at inddrage deformiteter.

Fodring af moderfisk kan også være en faktor, der er relevant at undersøge. Det kan ikke på forhånd udelukkes at nogle deformiteter har deres ophav allerede i ægstadiet og den allertidligste larveudvikling. Dette kan skyldes fejlnæring hos moderfiskene eller eventuelt genetiske defekter.

### **Genetik**

At genetiske defekter kan spille en rolle i relation til deformiteter er sandsynligt. I projektperioden er der observeret betydelig forskel i deformitetsfrekvenserne mellem forskellige kar med yngel, som havde forskellig forældre. Der har ikke været foretaget kontrollerede forsøg til at adskille effekten af kar fra effekten af forældre. Det er relevant at foretage sådanne forsøg, eftersom det vil bidrage til at indkredse betydende deformitetsårsager. Hvis der for eksempel blev afsløret genetiske effekter ville det give anledning til at frasortere moderfisk, der videregav et højt antal genetiske defekter. Skulle der vise sig effekter af kar, ville det skærpe opmærksomheden mod de marginale forskelle der kan være imellem miljøet i de enkelte kar.

### **Samlet konklusion for deformiteter i sandart**

På baggrund af projektets identifikation af forskellige deformitetstyper og deres relative forekomst i intensivt sandartopdræt, kan det konkluderes at den hyppigst forekomne deformitet er perhaemal lordosis og den primære årsag til denne er manglende svømmeblære. Den mest markante reduktion i antallet af deformede fisk vil derfor kunne opnås ved at minimere antallet af larver der ikke udvikler svømmeblære. Øvrige deformiteter som for eksempel scoliosis, manglende gællelåg og deformede kæber udgør fortsat uafklarede problemstillinger og der behov for yderligere analyser og forsøg for at afdække årsagerne til disse.

Der er konstateret øget hyppighed af deformede sandartyngel i kar med høj vandhastighed, men forsøgsdesignet gav ikke mulighed for at adskille effekten af vandhastighed fra effekten af fisk uden svømmeblære.

Projektets arbejde med deformiteter har givet indsigt til at opstille en struktureret deformitetsoversigt og foreløbig oversigt over potentielle årsager, som kan anvendes fremadrettet.

## Kvantificering af svind i kommerciel sættefiskproduktion

### Baggrund

Kommercielle fisketællere der er tilgængelige på markedet kan ikke tælle fisk, som er mindre end 0,5 gram. Det største svind af larver/ungel forekommer typisk før denne størrelse. For at identificere tidspunkter og dermed inddirekte også årsager til dette svind ville det være en stor fordel såfremt det dagligt var muligt at opnå et godt estimat for antallet af larver. Hvis det var muligt at udvikle noget pålideligt udstyr, som kunne give et dagligt estimat uden det krævede nogen stor arbejdsindsats ville udstyret kunne implementeres i daglig drift i kommercielle opdræt. Det ville give opdrætteren en bedre mulighed for i den løbende drift at identificere de perioder hvor der mistes flest larver og fokusere mod afhjælpning af dette. Ved at gøre dette i den løbende drift ville behovet for arbejdskrævende forsøg sandsynligvis kunne mindskes, ligesom det ville muligt fra batch til batch løbende at måle effekten af iværksatte tiltag.

### Optælling af larver

For at have et godt estimat på antallet af klækkede larver fra start af, bør der altid udtages prøver fra opsamlingsbeholderne, der indeholder de nyklækkede larver inden larverne overføres til firstfeedingtankene. Hos Aquapri Innovation var volumenindholdet, at disse opsamlingsbeholdere 20 l ved normal vandstand. Larverne er i denne fase meget inaktive og ikke i stand til at "svømme væk". Det er derfor relativt nemt at lave en jævn fordeling af larverne i beholderen ved at putte et par luftsten i den, således at der skabes turbulens nok til at larverne er jævnt fordelt i vandet. Dernæst udtages der 4 x 50 ml med enten en sprøjte eller målebæger og antallet af larver i hver prøve tælles under stereolup. Derefter kan antallet af larver i opsamlingsbeholderen estimeres ved beregning.

Ved at benytte denne metode ligger antallet af larver i hver af de 4 prøver normalt rimelig tæt (for eksempel 45, 42, 47 og 48) og alle prøverne bør vægtes lige. Skulle der være stor spredning mellem prøverne tyder det på at opblandingen ikke er god nok og prøvetagningen bør tages om for ikke at få for stor usikkerhed på estimatet.

### Forsøg med sampling af larver i cylindrikoniske tanke

Efter at larverne er klækket hos Aquapri Innovation overføres de til cylindrikoniske tanke med et volumenindhold på 1,5 M3. Deri går larverne 2-4 uger mens de fodres med artemia. I denne periode er larverne aktive og befinder sig kun sjældent jævnt fordelt i karrene. Det blev afprøvet at få larverne spredt gennem beluftning i karrene. Det krævede imidlertid en relativ stor luftmængde for at opnå tilstrækkelig turbulens i karret inden "blandingen" mellem fisk og vand virkede homogen. Det virkede som en meget risikabel metode for larvernes helbred og psyke og konklusionen blev at der måtte findes andre metoder.

Der blev istedet udviklet en metode med lysmanipulation til at opnå jævn fordeling af larverne. Larverne blev indledningsvist udsat for belysning med ca 200 lux i 5 minutter, hvorefter lyset i løbet af ca 10 sekunder blev dæmpet ned til absolut mørke. Efter 5-10 minutter i total mørke var larverne tilsyneladende fuldstændig jævnt fordelt i karret. Ved dernæst at udtage 4 prøver med 2 liters målekande kunne der opnås estimater med en usikkerhed på kun ca. 15 %, hvilket var rimelig acceptabelt. Metoden har vist sig effektiv for larver i størrelsen 1-20 mg, men tællearbejdet var tidskrævende.

### **Forsøg med samling af larver i 2 x 2 meter tanke**

Når larverne har nået en størrelse på 20-40 mg er de blevet overført til 4-kantede kar med afrundede hjørner, der hydraulisk set fungerer som et rundt kar med udløb i centrum. Ovenfor beskrevne metode med at sikre en jævn fordeling af fiskene ved hjælp af lysmanipulation fungerer som udgangspunkt også for fisk i størrelsen 20 mg til 2 gram, men selve prøvetagningen er svært at foretage hurtigt nok til at fiskene ikke når at flygte. I den størrelse er ynglen meget hurtige, og ved den mindste berøring af vandoverfladen med en målekande flygter fiskene væk til alle sider. Dette kunne aflæses som en væsentlig større usikkerhed på måleresultaterne, hvor estimerne kunne variere op til 50 % for det samme kar ved gentagne samlinger. Der blev ikke fundet nogen velegnet løsning på problemet.

### **Undersøgelse af optisk tælling af fiskelarver**

Med den indsamlede viden fra ovennævnte samplingsforsøg blev der udtænkt en effektiv og relativ prisbillig metode til kvantificering af fiskelarver, mens de går i karrene. Det har desværre ikke været tid og økonomi indenfor nærværende projekts rammer til at færdigudvikle og afprøve metoden, og derfor vil kun principperne blive gennemgået i det følgende.

Metoden bygger på digital billedbehandling. Der eksisterer software som er i stand til at tælle mørke "prikker" på en lys baggrund. Ved at lægge en hvid plade ned i et fiskekar og derefter tage et billede lodret ned i karret fås et billede bestående af fiskenes silhuetter mod den hvide baggrund. Antallet af fisk på billedet kan hurtigt bestemmes vha. ovennævnte digitale billedbehandling, hvilket vil spare mange mandetimer til optælling. Som det fremgår af figur 3-3 vil der altid være fisk som delvist skygger for hinanden og det er derfor muligt at den digitale billedbehandling skal fungere ud fra et princip om at måle areal af fiskene fremfor "tælle" silhuetter. Dette er sig selv ikke nyt, men ved at kombinere det med ovennævnte metode til at sikre jævn fordeling af fiskene, opnås en situation, hvor der kan tages et billede af et givent volumen i tanken (dette volumen kan beregnes), hvori mængden af fisk, kan antages at være repræsentativ for den generelle tæthed i tanken. Resten er simpel matematik.



Figur 3-3. Eksempel på billed af yngel på ca. 0,5 gr.



### **Konklusioner vedr. kvantificering af sandart fiskelarver**

Det er muligt ved hjælp af simple midler og lysmanipulation at lave estimater på antallet af sandartlarver i en tank/kar. Usikkerheden er på ca. 15 %, men det er en omstændig affære at skulle tælle larverne i prøver op. For yngel større end 20-40 mg er det svært at udtage repræsentative prøver da ynglen reagerer med lynhurtig flugtreaktion så snart noget rammer vandoverfladen.

Ved at kombinere lysmanipulation, fotografering og digital fotobehandling vurderes det, at der kan opnås en hurtig og ret præcis metode til løbende at kunne bestemme antallet af fiskelarver/yngel i et kar. Metoden er ved projektets afslutning endnu ikke færdigudviklet.

## ***Arbejdsopgave 4: Undersøgelser af forhold af betydning for tilvækst i on-growing fasen***

### **Indledende bemærkninger**

Det primære formål med diverse forsøg og beskrivelse af observationer i dette afsnit, har været at opstille nogle operationelle anvisninger for opdræt af sandart. Der er stadig en del optimering der mangler indenfor de enkelte delelementer. Erfaringsgrundlaget for sandartopdræt er sammenlignet med fx ørred- og åleopdræt endnu begrænset. Til gengæld er der nu opsamlet en mængde erfaringer, som gør det muligt at drive et kommercielt rentabelt sandartopdræt.

### **Fodringsstrategier**

Der er afprøvet forskellige kombinationer af udfodringsvarigheder og -hyppigheder. På baggrund af de løbende observationer der er gjort, er det muligt at komme med nogle betragtninger omkring emnet. Der er ikke gennemført egentlige sammenlignende forsøg mellem forskellige fodringsstrategier og tilhørende målinger på væksthastighed og foderkoefficient.

### **Fodring, recirkulering og sandart**

For at udnytte vandbehandlingsanlægget i et recirkuleret anlæg bedst muligt og opnå en ensartet vandkvalitet hen over døgnet, er det en fordel at udfodringen foregår jævnt fordelt over hele døgnet. I praksis viste det sig svært at få en begrænset mængde foder pr kar til at drysse jævnt i over 24 timer. I praksis blev dette løst ved at udfodre 1 time efterfulgt af pause 1 time og dernæst udfodring igen. I de timer, hvor der blev fodret blev udfodringen igen opdelt i fodring 10 sek efterfulgt af pause i 10 sek. osv. Ved at anvende ovenfor skitserede metode kunne udfodringen strækkes over hele døgnet, mens den samlede fodertid kun udgør 6 timer. Samtidig blev der opnået en jævn belastning af vandbehandlingssystemet.

Det er uafklaret om fodring jævnt over hele døgnet kan give anledning til negative konsekvenser i forhold vækst og foderomsætning. Det kunne tænkes, at et døgnforløb med nat og dag ville give en øget trivsel hos fiskene. Det er forsat uafklaret om det forholder sig således for sandart. Det er afprøvet at køre med nat og dag i anlægget hos AquaPri Innovation. Det viste sig hurtigt, at det var ekstremt vigtigt, at enhver ændring op eller ned i lysstyrke skete gradvist, idet det kan forårsage panik blandt fiskene i karret ved pludselig skift i lysstyrke og deraf risiko for tab af flere hundrede kg fisk. Problemet blev delvist løst med en tidsstyret lysdæmpning på anlægget. Driftsmæssigt var

det imidlertid forbundet med nogle problemer at køre natperioder på anlægget. For det første kunne der ikke udfodres i natperioden med deraf begrænset udfodringsperiode til rådighed og for det andet blev tilsyn af fiskene i forbindelse med diverse alarmer om natten besværliggjort. Ved driftsforstyrrelser er det vigtigt med et hurtigt overblik over fiskenes tilstand, og så er det et problem at skulle vente for eksempel 5-10 minutter på at lyset kommer op på fuld styrke. Som følge deraf, blev det besluttet at køre med lys på anlægget døgnet rundt.

Sandarter går betydeligt mere forsigtigt til værks, når de æder, end for eksempel ørred og ål gør. Der ses ikke nogen voldsom aktivitet i karret, når sandarterne spiser, hvilket betyder at de nemt forstyrres, mens de æder. Foregår der menneskelig aktivitet i nærheden af karret mens automaterne udfodrer, resulterer det ofte i foderspild. En måde at undgå dette på er at tilrettelægge færrest mulige udfodringer i løbet af den daglige arbejdsdag og evt. placere disse udfodringer på tidspunkter, hvor personalet holder pause. Det kan være en ulempe, at man ikke i løbet af dagen får observeret deres ædelyst, hvilket den vagthavende i stedet må gøre ved de tilsyn der måtte være udenfor normal arbejdstid.

Sandarternes forsigtige tilgang til foderet betyder også at traditionelle pendulautomater ikke er velegnede til fodring af sandart, idet aktiviteten i karret simpelthen er for lav til at de selv kan holde udfodringen i gang. Der bør anvendes elektrisk drevne automater som sørger for at fodret drysses i, eller for eksempel et luftdrevet udfodringsystem.

### **Pillestørrelser**

Sandarter æder hellere 1 stor end 3 små foderpiller. Det giver også mere ro i karret, når der skal ”fanges” relativt færre piller. Baseret på erfaringer anbefales nedenstående liste (tabel 4-1) som rettesnor for valg af pillestørrelse.

Tabel 4-1. Anbefalet pillestørrelse i relation til størrelse på sandart.

| <b>Str. sandart<br/>i gram</b> | <b>Pillestørrelser i<br/>mm</b> |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 10-50                          | 2                               |
| 40-100                         | 3                               |
| 80-250                         | 4                               |
| 200-500                        | 5                               |
| 400-1000                       | 6                               |
| 800-1500                       | 8                               |
| 1400-2000                      | 12                              |

Ved skift af pillestørrelse eller fodertype er det en fordel at gøre dette gradvist over nogle få dage. Skiftes der foderstørrelse fra den ene dag til den anden må der påregnes et vist foderspild de første 2-3 dage. Ved skift af fodertype/fabrikant må det samme påregnes selvom pillestørrelsen er den samme. Sandarterne ”smager” på foderet og en del af fiskene spytter pillerne ud igen, hvis ikke smagen er som den plejer. Ved skift af fodertype/fabrikant observeres der ofte også udsving i vandkvaliteten indtil biofilteret har tilpasset sig ændringerne i vandkemien. Dette varer normalt kun en lille uges tid.

## Fodrings- og vækstmodel

### Introduktion

En vigtig milepæl i dette projekt har været at samle data fra fuldskala produktion af yngel og ongrowing til at kunne opstille modeller for optimal udfodring af sandart samt tilhørende væksthastighed. Der er gennem hele projektperioden løbende samlet data for udfodring og vækst af samtlige kar hos Aquapri Innovation og det er på baggrund af disse data at nedenstående modeller er opstillet (tabel 4-2).

Tabel 4-2. Forudsætninger for vækstmodellernes gyldighed

| <b>Fiskestørrelse</b>   | Gælder for fisk i størrelsen fra 1 gram til 2 kg.  |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |
|-------------------------|--|-----------------|----------|-------------|--------------|-----|-----|------|------|--------|-------|----------|-------|
| <b>Fodertyper</b>       | Modellerne antages at gælde for fodertyper med proteinindhold i intervallet 50-58 % og tilhørende fedtindhold i intervallet 14-18 %. Det antages at der anvendes højværdiproteinkilder primært bestående af højkvalitets fiskemel.   |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |
| <b>Vandtemperaturer</b> | Modellerne gælder indenfor temperaturintervallet 15 til 30 grader. Vær dog opmærksom ved temperaturer i intervallet 25 til 30 grader, hvor appetitten kan være større end tabellen angiver. Til gengæld stiger FQ som følge af højere energiforbrug til det basale stofskifte.   |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |
| <b>Tætheder</b>         | Modellerne bygger på data fra fisk ved følgende tætheder; <table border="1"><thead><tr><th>Fiskestørrelser</th><th>Tætheder</th></tr></thead><tbody><tr><td><i>gram</i></td><td><i>Kg/M3</i></td></tr><tr><td>1-5</td><td>2-8</td></tr><tr><td>5-50</td><td>8-20</td></tr><tr><td>50-200</td><td>10-40</td></tr><tr><td>200-2000</td><td>25-70</td></tr></tbody></table> | Fiskestørrelser | Tætheder | <i>gram</i> | <i>Kg/M3</i> | 1-5 | 2-8 | 5-50 | 8-20 | 50-200 | 10-40 | 200-2000 | 25-70 |
| Fiskestørrelser         | Tætheder   |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |
| <i>gram</i>             | <i>Kg/M3</i>   |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |
| 1-5                     | 2-8  |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |
| 5-50                    | 8-20   |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |
| 50-200                  | 10-40  |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |
| 200-2000                | 25-70  |                 |          |             |              |     |     |      |      |        |       |          |       |

Som for alle fiskearter gælder der en række regler for sammenhængene mellem fiskestørrelser, temperatur, væksthastigheder og foderomsætning.

### Temperatur

Sandarts fulde vækstpotaiale udfoldes under opdrætsforhold i temperaturintervallet 22-25 grader. Ved højere temperaturer kan sandart udvise en ganske stor appetit, men erfaringerne viser at foderkoefficienten stiger dramatisk og det antages, at en stor del af føden bliver ”brændt af” i det basale stofskifte og således ikke allokeres til vækst. Ved temperaturer under 18 grader, bliver tilvæksten meget lav og erfaringerne fra forsøg med sandartopdræt udendørs i DK viste også at dette ikke var nogen farbar vej for rentabel produktion. I den udarbejdede udfodringsmodel indgår temperaturen som faktor. Den indlejrede temperaturfunktion er et 2. gradspolynomium med max værdi ved 23,4 grader. Ved temperaturer udenfor intervallet 22-25 grader resulterer funktionen i et fald på ca. 10 % for hver grads afvigelse fra det optimale niveau.

Indlejret temperaturfaktorfunktion i udfodringsfunktionen:

$$f(x) = -0,0107x^2 + 0,5004x - 4,8674$$

x = temp. i grader:

## Udfodringsfunktion

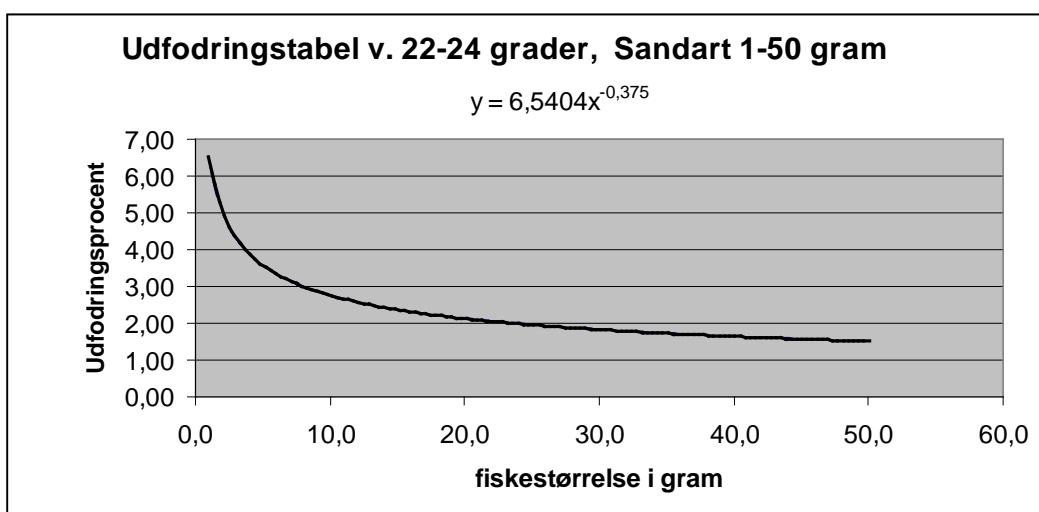
Udfodringsfunktionen er først og fremmest bestemt af fiskestørrelsen og dernæst temperaturen. I den anvendte model er der anvendt en aftagende potensfunktion til at beskrive sammenhængen mellem fiskestørrelse og udfodringsprocent (figur 4-1 og 4-2). Niveautet for denne funktion udgøres af ovenstående temperaturfaktorfunktion.

Udfodringsfunktion:

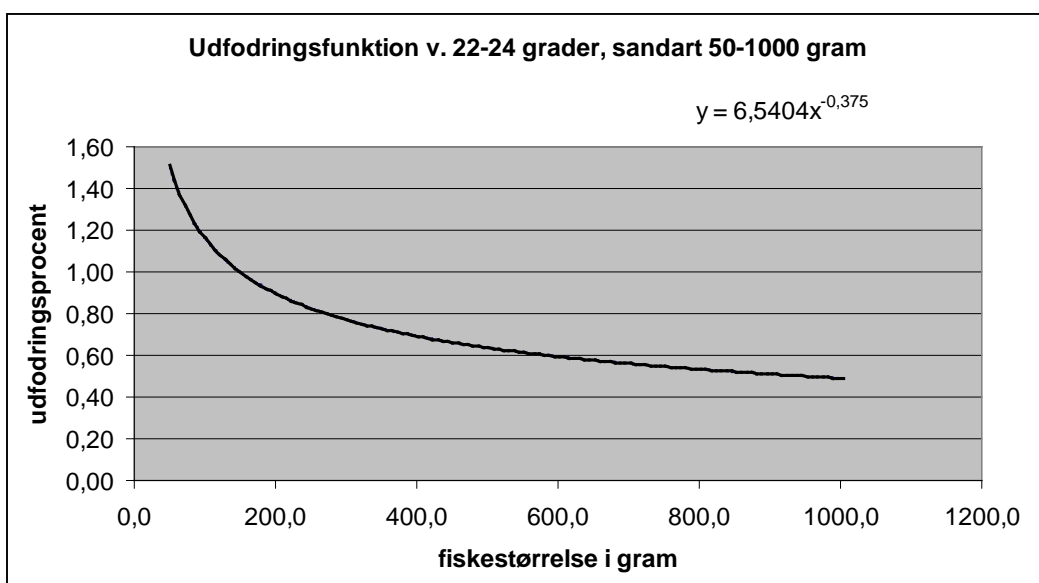
$$f(x,y) = 6,5404y^{-0,375} * (-0,0107x^2 + 0,5004x - 4,8674), \text{ hvor}$$

$x$  = vandtemperatur i grader, hvor  $15 < x < 30$

$y$  = fiskestørrelse i gram, hvor  $1 < y < 2000$



Figur 4-1. Udfodringsmodel for sandart i størrelsesintervallet 1-50 gram ved 22-24 °C.



Figur 4-2. Udfodringsmodel for sandart i størrelsesintervallet 50-1000 gram ved 22-24 °C.

Udfodringsfunktionen skal betragtes som vejledende, idet andre forhold end vandtemperatur og fiskestørrelse kan have indflydelse på optimal fodring. Tæthed og vandkvalitet er væsentlige faktorer at tage hensyn til i forbindelse med planlægning af udfodring. I tabel 4-3 er udvalgte nøgletal fra udfodringsfunktionen sammenstillet.

Tabel 4-3. Udfodringsprocenter for sandart ved forskellige temperaturer og fiskestørrelser.

| str. i gram | Vandtemp. |     |     |     |     |
|-------------|-----------|-----|-----|-----|-----|
|             | 15        | 18  | 21  | 24  | 27  |
| 1           | 1,5       | 4,5 | 6,1 | 6,5 | 5,6 |
| 10          | 0,6       | 1,9 | 2,6 | 2,7 | 2,4 |
| 20          | 0,5       | 1,5 | 2,0 | 2,1 | 1,8 |
| 50          | 0,4       | 1,0 | 1,4 | 1,5 | 1,3 |
| 100         | 0,3       | 0,8 | 1,1 | 1,2 | 1,0 |
| 250         | 0,2       | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,7 |
| 500         | 0,1       | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| 1000        | 0,1       | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| 2000        | 0,1       | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |

### Vækstmodel

Udfodring og foderkoefficient FQ udgør tilsammen den absolutte vækst. FQ afhænger af mange faktorer som fiskestørrelse, udfodring, fiskenes trivsel, kvaliteten af foderet, temperatur. I denne sammenhæng antages det, at fiskene trives godt, kvaliteten af foderet er god, at der fodres efter ovenstående udfodringsmodel, samt at temperaturen er i intervallet 15-30 grader. Dermed antages det, at FQ i denne sammenhæng kun er en funktion af fiskestørrelsen. Baseret på løbende registreringer er følgende logaritmiske model opstillet for sammenhængen mellem fiskestørrelse og FQ for sandart:

$$FQ = F(y) = 0,1337\ln(y) + 0,2742$$

hvor y = fiskestr. i gram

Ved at kombinere denne med udfodringsmodellen opnås følgende vækstmodel (figur 4-3). Den daglige tilvækst beregnes ved at dividere den daglige udfodring med den aktuelle FQ:

$$\text{Daglig tilvækst} = \text{udfodringsprocent} / FQ$$

↑

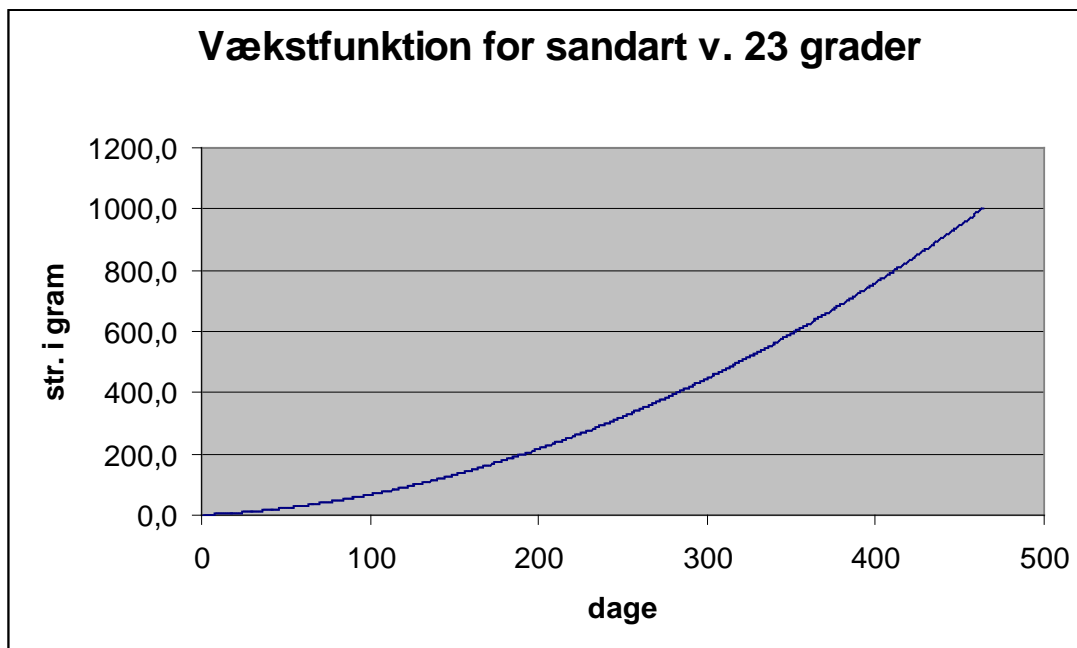
$$\text{Daglig tilvækst} = f(x,y) / f(y)$$

↑

$$\text{Daglig tilvækst} = 6,5404y^{-0,375} * (-0,0107x^2 + 0,5004x - 4,8674) / (0,1337\ln(y) + 0,2742), \text{ hvor}$$

x = vandtemperatur i grader, hvor  $15 < x < 30$

y = fiskestørrelse i gram, hvor  $1 < y < 2000$



Figur 4-3. Vækstfunktion for sandart ved 23 °C.

Ud fra vækstemodellen opnås nedenstående produktionstider for forskellige størrelser af sandart (tabel 4-4). Tabellen kan benyttes som rettesnor, og det bør erindres at foderfrie dage i forbindelse med sortering og biofilterrensning etc. samt suboptimale betingelser som afvigende temperaturer og dårlig vandkvalitet hurtigt kan forlænge produktionstiden.

Tabel 4-4. Omtrentlige produktionstider ved temperaturer i intervallet 22-25 grader

|                   | # dage | dage summeret |
|-------------------|--------|---------------|
| 1 til 10 gram     | 30     | 30            |
| 10 til 100 gram   | 100    | 130           |
| 100 til 1000 gram | 330    | 460           |

### Opsummering

Det kan ved første blik virke som uoverskueligt og unødvendigt med ovenstående lange formler til beskrivelse af anbefalet daglig udfodring og forventet vækst hos sandart. Formlerne er udarbejdet med henblik på integrering i diverse fodrings- og produktionsstyrings programmer. Det er relativt nemt at benytte formlerne i standard regneark, og den enkelte producent har dermed muligheden for at lave sit eget fodringsprogram i det omfang der måtte være ønske derom. For overskuelighedens skyld er der medtaget simplificerede tabeller, der i daglig drift kan udgøre en støtte til den løbende vurdering af korrekt udfodring og om væksten forløber fornuftigt.

### Foder- og tæthedforsøg

Sandart er naturligt en rovfisk og dens naturlige føde er derfor særdeles proteinholdig. Erfaringerne viser, at tørfoder til sandart bør indeholde relativt mere protein og mindre fedt end traditionelt ørredfoder.

Foder udgør altid en meget stor andel af produktionsomkostningerne i fiskeopdræt og valg af det økonomisk optimale foder er derfor et særdeles vigtigt valg for rentabiliteten. I forbindelse med opdræt af sandart er erfaringsgrundlaget med forskellige fodertyper meget sparsomt. Med udgangspunkt i en formodning om at foderet skulle være ”højt i protein” og ”lavt i fedt” blev 4 forskellige fodertyper udvalgt til forsøg. Det var muligt at kombinere foderforsøget med et tæthedsforsøg, som havde vist sig påtrængende.

### Forsøgsbeskrivelse

Forsøgsanlægget bestod af 8 afrundede kar med sidelængde 2 m og volumen på 2,8 M3, samt 2 afrundede kar med sidelængde 3 m og volumen på 8,1 M3 (figur 4-4). Vandtemperatur i forsøgsperioden lå intervallet 20-23 grader, pH intervallet 6,8-7,1, NH<sub>3</sub>- under 0,01 mg/l og NO<sub>3</sub>- under 200 mg/l.



Figur 4-4. Udsnit af anlægget, der blev brugt til foder tæthedsforsøg.

Der blev testet 3 forskellige starttætheder; 40, 70 og 80 kg/M3. Endvidere blev nedenstående 4 fodertyper testet (tabel 4-5).

Tabel 4-5. De 4 anvendte fodertyper.

| <i>Fodertype</i>        | <i>Pillestr.<br/>i mm</i> | <i>% protein</i> | <i>% fedt</i> | <i>% kulhydrat,<br/>NFE</i> |
|-------------------------|---------------------------|------------------|---------------|-----------------------------|
| <b>Aller 5417</b>       | 5                         | 54               | 17            | 12                          |
| <b>Biomar Sigma 862</b> | 4                         | 48               | 16            | 18,7                        |
| <b>Danex 1750</b>       | 4                         | 50               | 17            | 15                          |
| <b>Biomar Sigma 870</b> | 4                         | 54               | 18            | 9,9                         |

Udfodringsprocenten i forsøgsperioden var de første 2 uger 0,5 % og resten af perioden mellem 0,6 og 0,7 %. Forsøget foregik i perioden 10/7 - 15/10 2010, svarende til 97 dage.

### Resultater og diskussion

Alle fisk blev vejet op ca. midtvejs (2/9 2009) for at få nogle tidlige resultater og igen i forbindelse med afslutning af forsøget (15/19 2009) (tabel 4-6).

Tabel 4-6. Sammenligning af foderkoefficient ved 4 forskellige fodertyper på tværs af tætheder.

| Kar      | Fodertype  | 02-09-2009<br>FQ | 15-10-2009<br>FQ |
|----------|------------|------------------|------------------|
| 1, 8, 10 | Aller 5417 | 1,15             | 1,42             |
| 2, 7     | Biomar 62  | 1,36             | 1,59             |
| 3, 6     | Danex 1750 | 1,13             | 1,33             |
| 4, 5, 9  | Biomar 70  | 1,07             | 1,32             |

Som det fremgår af tabel 4-6 var det kun Biomar 62, som adskilte sig markant fra de øvrige fodertyper. Biomar 62 var også den billigste fodertype af de testede, hvilket skyldes at der var anvendt billigere proteinkilder end i Biomar 70. Det kunne i princippet derfor være relevant at udregne om den dårligere foderkoefficient kunne opvejes af den lavere pris. Med baggrund i observationer i forsøget, som tillige blev understøttet af observationer i fuld skala drift, hvor der også blev anvendt Biomar 62 i en periode, kunne der iagttages betydelig mere stressadfærd hos fisk fodret med Biomar 62 end ved de andre fodertyper. Fodertypen blev derfor anset for uegnet til længere tids fodring af sandart med, eftersom øget stress hos fiskene oftest også medfører højere dødelighed, hvilket en reduceret foderpris sjældent kan opveje.

Forskellen mellem de øvrige 3 var for marginal til at det var muligt at udpege en af dem som vinder i det aktuelle forsøgsdesign. Til gengæld viste de sig alle 3 velegnede til fodring af sandart og valg mellem dem, bør derfor være et spørgsmål om pris.

Som det fremgår af både tabel 4-6 og 4-7 steg foderkoefficienten markant fra første halvdel af forsøget til anden halvdel af forsøget. Der kunne tænkes flere forklaringer derpå; øget tæthed i karrene, større fisk har dårligere FQ el dårligere vandkemi. Ved at studere tallene i skema 4-7 ses det, at der er en direkte sammenhæng mellem FQ og tæthed af fisk i karrene.

Tabel 4-7. Sammenligning foderkoefficient ved 3 forskellige tætheder på tværs af fodertyper.

| Kar    | Startbestand<br>kg/M3 | 10/7-2/9<br>FQ | 10/7-15/10<br>FQ | Slutbestand<br>kg/M3 |
|--------|-----------------------|----------------|------------------|----------------------|
| 1-4    | 40                    | 1,08           | 1,25             | 62                   |
| 5-8    | 80                    | 1,28           | 1,56             | 114                  |
| 9 & 10 | 70                    | 1,16           | 1,44             | 106                  |



At tætheden havde stor indflydelse på fiskenes trivsel blev understreget af observationer af det generelle stressniveau i karrene. Det kunne konstateres at fiskene i kar med høj tæthed væsentlig oftere gik i panik og der skulle mindre påvirkning til, end ved kar med lavere tæthed.

### **Konklusioner**

Det blev konstateret, at der på tidspunktet for forsøget fandtes 3 velegnede dansk producerede fodertyper til fodring af sandart. Fælles for dem, var at proteinindholdet var over 50 % og der var ifølge foderfabrikanterne et højt indhold af fiskemel af høj kvalitet. Et billigere foder også med højt proteinindhold, men af billigere kvalitet gav højere FQ og mere stress hos fiskene.

Tæthedens betydning for sandarts trivsel målt på dødelig og foderudnyttelse blev tydeliggjort i dette forsøg. Denne viden førte til en markant ændring i den generelle ongrowing drift hos AquaPri Innovation gennem en nedsættelse af tæthederne generelt i opdrætskarrene med ongrowing. Gennem det efterfølgende års tid er forsøgets resultater vedr. tætheder blevet bekræftet løbende, og som rettesnor kan anbefales tætheder i intervallet 30-60 kg/M<sup>3</sup> for fisk over 50 gram og ca. det halve for fisk størrelsesintervallet 10-50 gram. Ved tætheder over 70 kg/M<sup>3</sup> kan der iagttages øget stressniveau i karrene. Maximal tæthed afprøvet i fuld skala har været 140 kg/M<sup>3</sup>, men det gik kun i en kortere periode, og foderkoefficienten steg til over 3.

En konsekvens af en fornuftig øvre grænse for tæthed på 60 kg/M<sup>3</sup> har konsekvenser for design af nye anlæg til opdræt af sandart. Det har endvidere den konsekvens at det svært at skabe fornuftig driftsøkonomi i opdræt af sandart i etablerede åleanlæg, eftersom disse i vid udstrækning er designet til tætheder mellem 200-300 kg/M<sup>3</sup>. Når sandart opdrættes i disse vil deres årlige produktionskapacitet for sandart således skulle reduceres til ca. 1/4 af deres kapacitet for åleopdræt. Opdrætsvolumen i karrene bliver for lille i forhold til vandbehandlingsdelen, hvilket medfører høje driftsomkostninger kombineret med relativ lille produktionskapacitet.

### **Flydefoder**

Anvendelse af flydende foder har som udgangspunkt 2 fordele i forhold til synkende foder; For det første er det meget let at observere foderspild, hvilket er af stor vigtighed i recirkulerede anlæg af hensyn til vandkvaliteten. For det andet er det meget nemt at fordele foderet over et større areal af opdrætskarret og dermed sikre større tilgængelighed af foder for alle fisk i det enkelte opdrætsbassin. Sidstnævnte sikrer en mere jævn vækst blandt fiskene i det enkelte kar og dermed mindre behov for størrelsessortering.

### **Forsøgsbeskrivelse**

Der blev afprøvet flydefoder fra Skretting på forskellige størrelser fisk og forskellige kartyper i følgende kombinationer:

1. 50 grams fisk i aflange kar (L: 8m, B: 1,5 m og D: 1,8m). Vandtemp. 23 grader, varighed 5 uger. Pillestørrelse første 3 uger 2 mm og derefter 3,5 mm.
2. 200 grams fisk i aflange kar (L: 8m, B: 2,5 m og D: 1,8m). Vandtemp. 23 grader, varighed 3 uger. Pillestørrelse 3,5 mm
3. 10 grams fisk i afrundede kar (Diameter 4m og D: 0,7m). Vandtemp. 20 grader, varighed 4 uger. Pillestørrelse 2 mm.

Foderet blev udfodret over 24 timer med skiftevis fodring i 1 time og pause i 1 time. Flydefoderet i 2 mm størrelse var semiflydefoder, hvilket vil sige at ca. 1/3 af foderet var flydende, mens de 2/3

var langsomt synkende. Flydefoderet i 3,5 mm var 100 % flydende. Foderspild blev opgjort volumetrisk ved at opsamle uspiste foderpiller med ketsjer i en spand og efterfølgende bestemmelse af volumen.

## Resultater

1. I det relativt smalle og dybe aflange kar med 50 grams fisk var der den første uge betydeligt foderspild ved anvendelse af 2 mm semi flydefoder. Næsten intet af det flydende foder blev spist inden det lå i udløbskassen. Den synkende andel af foderet blev spist som normalt. Karrets form viste sig at være et problem, idet vandstrømmen igennem det relativt smalle kar resulterede i, at der gik under 1 minut fra foderet ramte vandet til det endte i udløbskassen. Ved at montere en flydespærring på tværs i karret var det muligt at forhindre flydefoderet i at nå udløbskassen, men fiskene udviste ikke stor interesse for flydefoderet. Ved at øge sulten gennem at reducere fodertildelingen fra 1,2 % til 0,5 % lykkedes det at få fiskene til at æde også den flydende andel af foderet, men det var efterfølgende ikke muligt at hæve udfodringen til over 1 % uden at der atter var foderspild fra flydefoderet. Efter 3 uger blev der skiftet til 3,5 mm pillestørrelse, hvilket var 100 % flydefoder. Det var ikke muligt at fodre uden foderspild med 100 % flydefoder. Selv ved en udfodring på kun 0,5 % endte ca. 2/3 af flydefoderet som foderspild i udløbskassen.
2. Forsøget blev indledt med 2 dages sultning af fiskene for at stimulere deres appetit til den nye fodertype. Fiskene i forsøget viste imidlertid ingen interesse overhovedet for flydefoderet. Forskellige tiltag blev afprøvet for at lokke fiskene til at spise fra overfladen, som for eksempel opblanding med traditionelt synkende foder, flydespærring og sultning. Det viste sig nærmest umuligt at tilvænne fiskene på 200 gram til at æde flydefoder og forsøget blev indstillet efter 3 ugers forgæves forsøg på tilvænnning til flydefoder.
3. Fisk på 10 gram med normaludfodring på 1,8 % blev droslet ned til 1 % udfodring over 2 dage for at stimulere appetit til flydefodertilvænnning. 2 mm semiflydefoder blev dernæst udfodret med 1 % tildeling og allerede efter 3 dage var fiskene tilvænnet flydefoderet og der kunne ikke observeres foderspild. Efterfølgende blev udfodringen sat op til 1,8 %, hvilket resulterede i foderspild svarende til ca. 10 % af udfodringen. Ved at nedsætte udfodringen til 1,5 % kunne foderspild undgås.

## Konklusion

Det er meget svært at tilvænne sandart over 50 gram til flydefoder, hvis de først er vænnet til synkende foder. Selv efter 3 ugers sultning er der kun en meget lille andel af fisk på 200 gram der kan tilvænnes at æde fra overfladen. Til gengæld er det relativt nemt at tilvænne små fisk på 10 gram til flydefoder. Udfra ovenstående observationer tyder det på, at der er et "vindue" hvor sandart kan tilvænnes flydefoder. Et godt bud på dette vindue er i størrelsen 2-20 gram, hvorefter en stor andel af fiskene ikke længere er i stand til at lære at æde fra overfladen.

I Holland anvendes der udelukkende flydefoder til fodring af sandart, men de tilvænnes til det allerede fra 5 gram. Dette stemmer godt overens med egne observationer. Under en studietur til Holland, blev fodertyper diskuteret indgående. En hollandsk opdrætter valgte derefter at køre et forsøg med synkende foder på fisk i størrelsen 300 gram, som pendant til vores forsøg med flydefoder. Det gav ingen problemer at skifte fra flydefoder til synkende foder, men da fiskene efter 1 måned skulle tilbage på flydefoder gik der 3-4 uger inden han igen kunne fodre normalt med flydefoder.

Tilbage står spørgsmålet om hvorvidt flydefoder til sandart er en god ide. Som indledningsvist nævnt ”sladrer” flydefoder øjeblikkeligt om foderspild og sikrer til dels også en bedre spredning af foderet. Det er også nemmere at holde øje med fiskenes appetit ved anvendelse af flydefoder eftersom ædeaktiviteten foregår ved overfladen, hvilket gør det nemmere at observere aktivitetsniveauet. Udvalget af flydefodertyper er desværre mindre end udvalget af synkende foder, hvilket indskrænker handlefriheden i valg af fodertype. Der kan ikke gives entydig anbefaling af enten flyde- el. synkefoder til sandart. Begge dele kan lade sig gøre, men anvendelse af flydefoder kræver tidlig tilvænning.

### Udendørs opdræt af sandart i Danmark

Det optimale temperaturniveau med hensyn til væksthastighed for opdræt af sandart er 22-24 grader, hvilket medfører at opdrættet på vore breddegrader må foregå i indendørs recirkulerede anlæg. Driftsomkostningerne i de eksisterende indendørs anlæg er betydeligt højere end i udendørs anlæg. Det var derfor relevant at undersøge vækstpotentialet hos sandart i udendørs anlæg for at klarlægge om den reducerede væksthastighed kunne opvejes af lavere driftsomkostninger. Endvidere var det relevant at undersøge i hvilket omfang sandart opdrættet i et sygdomsfrit indendørs anlæg overhovedet var velegnede til overlevelse i udendørs anlæg, hvor de ville møde en række potentielle patogene organismer.

### Forsøgsbeskrivelse

2 traditionelle dambrug uden recirkulering blev udvalgt til forsøgslokaliteter; Ørbækklunde Dambrug ved Omme Å, samt Gelstrup Dambrug ved Binderup Å. Den 6/6 2009 blev der til hvert anlæg overført 1000 kg sandart med en gennemsnitsvægt på 522 g/stk. Der blev fodret med Biomar 70 (56 % protein og 18 % fedt) str. 4,5 mm. Der blev anvendt traditionelle clockautomater, eftersom sandart har svært ved at holde pendulautomater i gang. Udfodringen blev løbende tilpasset ædelyst efter vurdering af dambrugets fiskemester. I praksis blev der fodret op til det punkt, hvor der kunne konstateres foderspild. Vandtemperaturen svigede i perioden fra 8 til 19 grader, med nedenstående gennemsnitstemperaturer (tabel 4-8).

Tabel 4-8. Gennemsnitsvandtemperaturer

|           | Ørbækklunde | Gelstrup |
|-----------|-------------|----------|
| Juni      | 13          | 12       |
| Juli      | 15          | 14       |
| August    | 12          | 13       |
| September | 10          | 11       |
| Oktober   | 8           | 9        |
| November  | 8           | 8        |

Efter knap 5 måneder blev de udsatte sandarter d. 28. november 2009 vejet op. Sandarterne fra Ørbækklunde dambrug blev slagtet, mens sandarterne fra Gelstrup blev udvalgt til videre forsøg med udendørs overvintring.

## Resultater

### Overlevelse

Overlevelsen de første 14 dage var rimelig god, idet under 5 % af de udsatte fisk omkom. Dødsårsagen for omkomne fisk kunne tilskrives stress og skader relateret til transporten. På begge dambrug blev der de første 3 uger observeret enkelte fisk med svamp (*Saprolegnia* sp.). Efter behandling med Divosan 10 ml/M<sup>3</sup> vand 3 gange i løbet af en uge var problemerne med svamp væk.

Der blev i forsøgsperioden ikke observeret egentlige sygdomsudbrud. Op mod 10 % af fiskene kom aldrig i gang med at æde og flere af disse døde i løbet af perioden som følge af generel afmatning. Ved udfiskning d. 28. november var overlevelsesprocenten på Ørbæklunde Dambrug 82 % af de udsatte fisk og på Gelstrup Dambrug 78 %. Det var ikke muligt at bestemme årsagen til forskellene i overlevelse. Tilsyneladende virkede de udsatte sandarter ret robuste overfor sygdomsangreb, men en del af dem trivedes ikke i tilstrækkelig grad til at de ville tage føde til sig.

De overvintrede sandart på Gelstrup Dambrug levede pr. 1. oktober 2010 forsat. Den hårde vinter 2009/2010 klarede de godt med næsten ingen dødelighed.

### Udfodring og vækst

Ædelysten var som ventet proportional med temperaturen. Ved temperaturer under 12 grader virkede sandarterne ret uinteresserede i tørfoderet. Enkelte fisk spiste dog piller fra foderautomaten, men det var ikke muligt at fodre uden stort foderspild, hvorfor den daglige fodring blev indstillet og afløst af fodring hver anden dag. Ved temperaturer i intervallet 12-15 grader kunne der udfodres 0,2-0,3 procent af biomassen, mens der ved temperaturer i intervallet 15-18 grader kunne udfodres 0,3-0,4 procent af biomassen.

Tabel 4-9. Hovedresultater for vækst og overlevelse for sandart opdrættet i udendørs damme på dambrug.

|                          |      | <b>Ørbæklunde</b> | <b>Gelstrup</b> |
|--------------------------|------|-------------------|-----------------|
| start biomasse 6/6 2010  | kg   | <b>1000</b>       | <b>1000</b>     |
| døde i perioden          | kg   | <b>185</b>        | <b>243</b>      |
| Udfodret i perioden      | kg   | <b>298</b>        | <b>408</b>      |
| slut biomasse 28/11 2010 | kg   | <b>893</b>        | <b>912</b>      |
| Netto tilvækst           | kg   | 78                | 155             |
| FQ                       |      | <b>3,82</b>       | <b>2,63</b>     |
| Startvægt 6/6 2009       | gram | <b>522</b>        | <b>522</b>      |
| Slutvægt 28/11 2009      | gram | <b>586</b>        | <b>603</b>      |

Den samlede tilvækst i forsøgsperioden var skuffende lav, og som det fremgår af tabel 4-9, var foderkoefficienten meget høj. Forskellen i foderkoefficient mellem de 2 dambrug skyldes formentlig et større foderspild på Ørbæklunde Dambrug, idet det var temmelig svært at observere foderspild i perioder med uklart vand. Også foderkoefficienten for Gelstrup var meget høj sammenlignet med en tilsvarende størrelse fisk i Egtved, hvor FQ for fisk i størrelsen 500-600 gram

er ca. 1,2. Også i Egtved er der ved flere lejligheder konstateret perioder med dårlig omsætning af foderet, typisk i forbindelse med høje tætheder af fisk el. ved temperaturer enten under 19 grader el. over 25 grader.

Sandarterne på Gelstrup Dambrug, som blev overvintrede levede pr. 1. oktober 2010 forsat. De havde i løbet af 2010 lært at blive håndfodret, når fiskemesteren kom forbi. Desværre lykkedes det kun at få dem til at vokse ca. 100 gram i løbet af sommerhalvåret 2010. Der blev i 2010 ikke ført præcis journal over udfodring, da formålet med forsat at beholde fiskene primært var at observere vinteroverlevelse og modstandsdygtighed overfor diverse sygdomme. Det har ikke været nødvendigt at behandle dem med medicin el. hjælpestoffer i 2010.

### **Konklusion**

Opdræt af sandart i udendørs anlæg i Danmark har næppe nogen fremtid. Først og fremmest er væksthastigheden for lav ved de temperaturer der kan opretholdes udendørs anlæg. Over en periode på knap 5 måneder voksede fiskene kun 10-15 % ved fodring efter appetit. Foderkoefficienten var uacceptabel høj og ved forsøgets afsætning blev der udfisket færre kilo end der var sat i dammene. Positivt var det imidlertid, at der ikke blev konstateret sygdomsudbrud i sandarterne på de 2 udendørs anlæg, hvilket indikerer at det er muligt at udsætte sandart opdrættet i fuldt recirkulerede anlæg i put and take søer med succes. I relation til modstandskraft overfor diverse patogener er sandarten tilsyneladende meget robust.

Ved opdræt af sandart udenfor temperaturintervallet 21-25 bør der holdes løbende øje med foderkoefficienten vha. prøvevejninger, eftersom sandart der opdrættes under suboptimale betingelser har tendens til at kvittere med meget høje/dårlige foderkoefficienter.

## ***Arbejdsplan 5: Etablering af årstidsuafhængige gydninger***

### **Baggrund**

Adgang til yngel er essentielt for at kunne få succes med opdræt af en ny art. En del marine fiskearter gyder løbende over en længere periode, hvor æggene løbende kan opsamles. Det gør sig ikke gældende for sandart, hvor det enkelte individ gyder én gang årligt i løbet af en times tid. I Danmark er det naturlige gydningstidspunkt ultimo april / primo maj. Erfaringerne fra forsøg med produktion af sandartyngel forud for dette projekt resulterede kun i begrænset succes. Man var henvist til at vente 1 år før det var muligt at skaffe nye vilde moderfisk og dermed få en ny chance. Det var en økonomisk uholdbar situation, som tydeliggjorde vigtigheden af at have egen bestand af moderfisk og få etableret årstidsuafhængige gydninger for sikre hurtigere fremskridt med yngelproduktionen. Samtidig fandtes der ikke andre producenter af sandartyngel, som kunne garantere en stabil og sikker levering af sandartyngel, og opstart af en egentlig on-growingproduktion ville derfor være særdeles risikabel uden forsyningsikkerhed af yngel.

Det er kendt fra andre fiskearter at produktion af æg til gydning styres af lys- og temperaturpåvirkning. Det kan være en fordel at gennemskue denne sammenhæng og få klarlagt det nødvendige samspil mellem de 2 faktorer, hvorved det kan være muligt at få arten til at gyde mere end 1 gang årligt. Det kan dog tidsmæssigt være en omstændelig affære at få klarlagt de præcise sammenhænge og i stedet blev det valgt at satse på at efterligne de naturlige forhold i Danmark med

hensyn til vandtemperaturer og daglængde og så beholde moderfiskene i den naturlige cykluslængde på 1 år.

2 forskellige strategier til at opnå forskudte gydninger blev forsøgt; Flytning af gydningstidspunktet for eksisterende bestand af vilde moderfisk, samt etablering af gydningscyklus for opdrættede sandart, som ikke tidligere havde gydt.

For at skabe tidsforskudte årstider blev der udviklet og investeret i opbygning af 2 (og i 2010 endnu 1 stk.) relativt små recirkulerede anlæg, som hver især kunne styres mht. temperatur og lys.

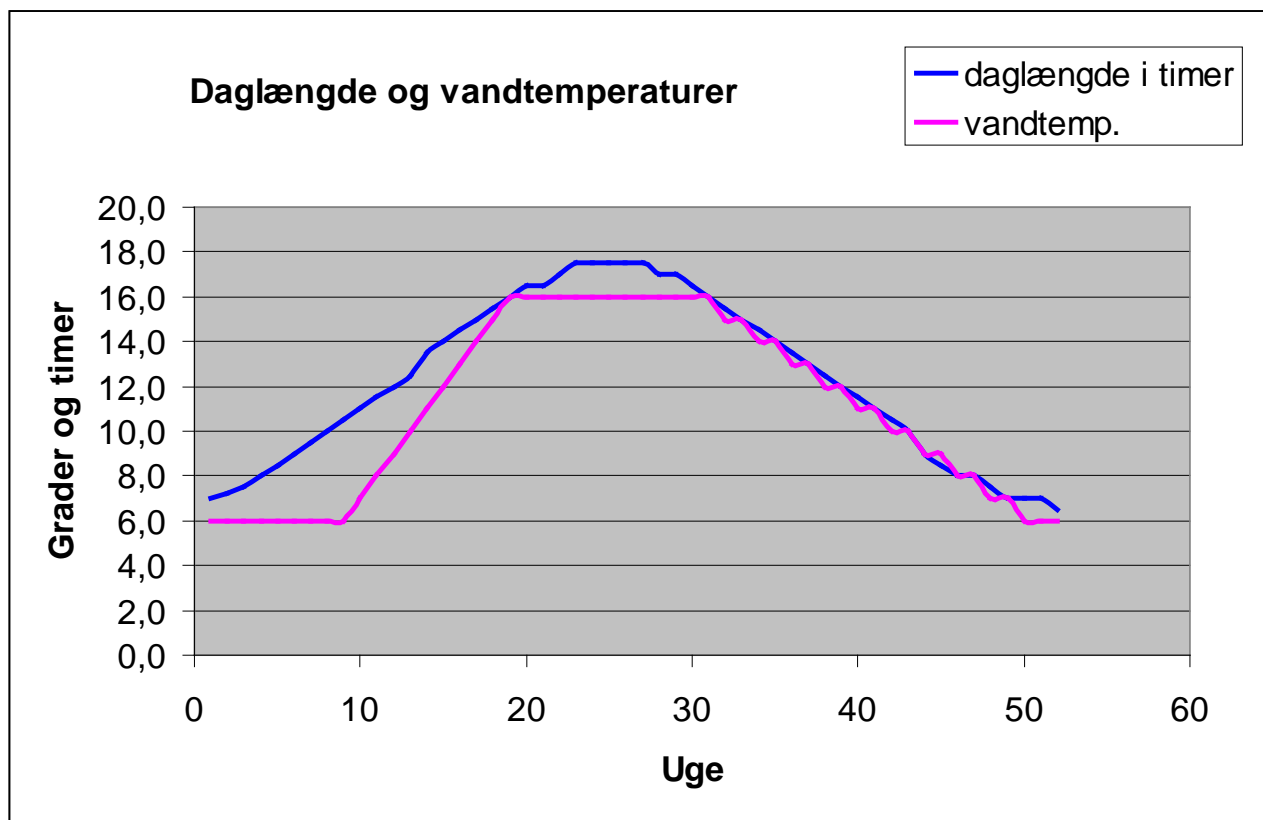


Figur 5-1. Moderfiskeanlæg indrettet i 40 fods container.

Anlæggene blev opbygget i isolerede 40 fods kølecontainere og der blev installeret komponenter til styring af lys samt opvarmning og køling af vandet i anlæggene (figur 5.1).

### Lys- og temperaturmodel

I et forsøg på at efterligne de naturlige daglængder og temperaturforhold for sandart i Danmark blev nedenstående model udarbejdet (figur 5-2). I praksis blev daglængde og temperatur justeret en gang ugentligt.



Figur 5-2. Daglængdemodel for danske breddegrader, samt estimeret temperaturmodel for danske søer.

### Forskudt gydning med vilde moderfisk

20 hunner og 13 hanner fra den naturlige gydningssæson 2009 var bevaret til starten af 2010, hvor det blev besluttet at forsøge at forlænge vinterperioden for dem med 2 måneder, for derved at opnå en forskudt gydning i juli/august i stedet for april/maj. I stedet for at begynde at hæve temperaturen i marts, som foreskrevet i lys- og temperaturmodellen blev den løbende temperaturhævning og dagsforlængelse udskudt 10 uger. Forsøget blev kombineret med et fodringsforsøg af moderfiskene (se særskilt afsnit derom).

Det lykkedes at udskyde gydningstidspunktet med 8 uger, hvilket var 2 uger mindre end forventet, men dog et tilfredsstillende resultat. 16 ud af 20 hunfisk leverede æg og alle hanner var i stand til levere sæd. Kvaliteten af æggene var snævert forbundet med hvilket foder hunfiskene havde fået (se særskilt afsnit).

Det er uvist om det ville være muligt at forsinke gydningstidspunktet yderligere ved at forlænge vinterperioden udover 2 måneder. En mere sikker metode vil sandsynligvis være at forlænge både sommer- og vinterperiode med fx 2 måneder. Dette er ikke afprøvet i nærværende projekt.

### Første gangs gydning med opdrættede moderfisk

I naturen gyder sandart normalt første gang som 2- eller 3-årige (Lappalainen J., et. al, 2003). I foråret 2009 havde AquaPri Innovation opdrættede sandart med en alder på 2 år til rådighed. Disse vejede 1500-2500 gram. 60 fisk af ukendt køn blev udvalgt til forsøg med henblik på at opnå gydning. Disse fisk havde hele deres liv gået i indendørs anlæg med lys døgnet rundt og vandtemperaturer i intervallet 18-25 grader, en tilstand der kunne sammenlignes med konstant

sommer i 2 år. I April 2009 blev disse fisk overført til et temperatur og lysstyret anlæg og forholdene blev tilpasset april måned på lys- og temperaturmodellen. Forventet gydningstidspunkt for disse fisk var derfor april/maj måned 2010. Alle fiskene var opvokset på tørfoder, men ved forsøgets start blev halvdelen af fiskene skiftet over til at blive fodret med fisk (ørred og sandart yngel), mens den anden halvdel forsat blev fodret med tørfoder (Biomar Sigma 870).

Henover foråret 2010 blev fiskene løbende undersøgt for ægudvikling. Det tegnede umiddelbart ikke særligt lovende. I marts måned var der kun med sikkerhed konstateret ægudvikling ved 7 af fiskene i alt. I løbet af maj måned lykkes det at opnå æg fra de 7 konstaterede hunnfisk og sædproduktion hos 27 hanner. I tabel 5.1 er resultaterne samlet.

Tabel 5-1. Fodringsforsøg med førstegangsgydende moderfisk

|  | Fodret med sandart og ørredyngel i perioden april 09 til maj 10 | Fodret med tørfoder, Biomar 870 i perioden april 09 til maj 10 |
|--|---|--|
| Antal fisk                                     | 30  | 30   |
| Konstaterede hunner som blev bragt til gydning | 4   | 3  |
| Konstaterede hanner med sædproduktion          | 12  | 15   |
| Fisk med ukendt køn                            | 14  | 12   |

Mængden af æg var kun ca. 1/3 af hvad der normalt opnås fra vildfisk af samme størrelse. Æggene var også relativt små sammenlignet med æg fra vildfisk, men befrugtning og klækning var ikke umiddelbart dårligere end for æg af vildfisk. Det er et kendt fænomen fra regnbueørreder, at ægstørrelsen og mængden af æg er mindre hos førstegangsgydende hunner end for hunner, som har gydt tidligere.

Det store antal fisk, hvor der hverken blev opnået æg eller sæd fra efterlader spørgsmålet om, hvorvidt disse fisk bliver kønsmodne som 3-årige i 2011 eller om de ikke gør. For at få svar derpå blev det besluttet at lade fiskene indgå i endnu en cyklus fra hvilken resultaterne først opnås i 2011.

Den skæve kønsfordeling, der kunne konstateres kan have flere forklaringer, som forhåbentlig vil blive afklaret i løbet af 2011. På nuværende tidspunkt kan flere hypoteser opstilles. For det første havde der ikke været mulighed for at kønsbestemme fiskene inden udtagelse, eftersom det ikke er muligt at skelne hanner fra hunner udenfor gydningssæsonen. Det kunne derfor være, at der rent tilfældet var blevet udtaget mange flere hanner end hunner. Vi havde som udgangspunkt antaget at kønsfordelingen var ligeligt fordelt i det batch fiskene blev udtaget fra, men det er ikke nødvendigvis sikkert. Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at udelukke at der er noget i produktionsmetoden til fremstilling af yngel som giver anledning til en skæv kønsfordeling. Det vil kræve yderligere undersøgelser at få vished derom. En anden forklaring kan være, at de nye kandidater til moderfisk kun var 2 år gamle og at billedet havde været anderledes, hvis vi havde anvendt 3 årige fisk. Med andre ord kan det være at hovedparten af de fisk, som ikke opnåede at blive gydningsklare i 2010, men forhåbentlig i 2011, viser sig at være hunner, og at en større andel af hanner end hunner er gydningsklare som 2-årige. Dette stemmer overens med observationer af tidspunkt for kønsmodning af vilde sandart (Lappalainen J., et. al, 2003).



## **Etablere sygdomsfri bestand af moderfisk**

Etablering af en sygdomsfri bestand af moderfisk, har en meget høj prioritet indenfor alle fiskearter, og i særdeleshed med en ny art som sandart, der opdrættes i recirkuleret anlæg. Skulle der blive indslæbt sygdomme i anlægget kan eneste mulighed for at slippe af med sygdommen igen, være at slå hele besætningen ned, sanitere/desinficere anlægget og starte helt forfra, hvis økonomien overhovedet tillader det. Det ville være et fatalt tilbageslag, hvis dette skulle ske i forbindelse med sandart, eftersom det næppe vil være muligt at købe yngel eller sættefisk nok fra andre producenter til at stable en rentabel on-growing produktion på benene. For overhovedet at kunne fremstille yngel er det på den anden side nødvendigt at løbe risikoen med tilførsel af vilde moderfisk løbende indtil hele produktionscyklussen er lukket, hvilket sker når man er i besiddelse af egne opdrættede moderfisk, hvilket igen tager minimum 2-3 år som ovenfor beskrevet.

Til og med 2009 var ægforsyningen hos AquaPri Innovation baseret på årlig tilgang af vilde moderfisk i april måned fra Mossø ved Silkeborg. I 2010 blev der udelukkende anvendt moderfisk tilført anlægget i perioden 2007 til 2009, samt moderfisk af egen avl. Aquapri Innovation har pr 31/7 2010 kørt 15 måneder uden tilførsel af vilde moderfisk eller fisk fra andre anlæg. Som det fremgår af nærværende rapports afsnit om veterinære forhold er der kun 2 gange siden opstart i 2006 blevet konstateret patogene organismer hos Aquapri Innovation. I 2006 blev der konstateret angreb af costia i ca. 1 måned gammel yngel. Angrebet resulterede i næsten total udryddelse af ynglen, og de få overlevende yngel blev kort efter aflivet og faciliteterne desinficeret. Samme år blev der konstateret angreb af fiskedræber i bestand af vilde moderfisk, hvilket blev slået effektivt ned med en kombinationsbehandling af salt og formalin. Smittekilden blev lokaliseret til ørredyngel, der var tilført anlægget som foder til moderfiskene. Ørrederne blev også aflivet og tilhørende faciliteter desinficeret.

## **Veterinær kontrol**

I forbindelse med hvert eneste hold yngel, der er blevet produceret, har der været minimum et dyrlægebesøg og ofte flere i perioden. I projektperioden er der i både 2009 og 2010 sendt prøver af yngel til veterinærinstituttet i Århus til screening for Perch Rhabdo virus. Samlet set er der siden 2007 ikke blevet konstateret forekomst af virussygdomme, bakteriesygdomme eller patogene parasitter hos AquaPri Innovation. Forekomst af svampeangreb (*Saprolegnia*) er konstateret på æg, yngel og moderfisk med skrammer. *Saprolegnia* er allesteds nærværende, men kan forholdsvist nemt behandles med enten salt, Divosan, Pyceze el. formaldehyd (se veterinært afsnit).

## **Tiltag for at sikre opdrætsanlægget mod sygdomme ved tilførsel af vilde moderfisk**

Med baggrund i erfaringerne fra indslæbning af ektoderme parasitter i 2006 blev der udviklet en "rensningmetode" mod ektoderme parasitter i forbindelse med tilførsel af vildtfangede moderfisk, senere kendt som "spredehagl mod lus og lopper". Princippet var grundlæggende gentagne profylaktiske behandlinger i en periode lang nok til at eventuelle "æg" el. parasitære mellemstadier kunne formodes færdigudviklede og dermed også bekæmpet. Doseringer af hjælpestoffer blev skruet op til det maximale niveau der kunne anvendes, samtidig med at hovedparten af fiskene overlevede. Behandlingerne fremgår af det veterinære afsnit. Metoden er tilsyneladende effektiv til at udrydde ektoderme parasitter og formentlig også eventuelle bakterier i transportvandet, men den giver ingen sikring mod endoderme parasitter, bakterielle- el. viruelle patogener inde i fisken.

Til bekæmpelse af potentielle bakterielle infektioner i vilde moderfisk blev det overvejet at anvende profylaktisk behandling med godkendte medikamenter. Ideen blev imidlertid droppet eftersom det ikke kunne udelukkes at have negativ indvirkning på kvaliteten af æg og sæd i fiskene. I stedet blev

fiskene placeret i separate karantæneanlæg udenfor de øvrige opdrætsfaciliteter. Fiskene blev løbende overvåget for tegn på sygdom. Isolering og overvågning var tillige eneste metode til at begrænse spredning af eventuelle virussygdomme.

I en kombination af held og veterinær omhu er det derfor lykkedes at etablere en sygdomsfri moderfiskebestand.

## **Fodring af moderfisk**

Indtil nærværende projekts start var det ikke lykkedes at få vilde moderfisk til at æde tørfoder frivilligt trods afprøvning af en række pædagogiske tiltag, som fx sultning, forskellige pillestørrelser, indstøbning af foderpiller i gele og opblanding med kendte attraktanter. Optøede små ørreder og rejer var heller ikke nogen succes selvom enkelte fisk dog accepterede dem. Vilde sandart vurderer deres bytte visuelt og smagsmæssigt inden de tager det. Specielt smagen/duften skal være i orden for at de accepterer et fødeemne. Som i tidligere beskrevet forsøg med flydefoder tyder det på, at sandart som relativt små (< 10 gram) får kodet hjernen ind med hensyn til hvad der kan spises og hvad der ikke kan. Erfaringerne fra 2006 (se ovenstående afsnit) viste at fodring med levende fisk, som er sandartens naturlige fødevalg, indebærer en stor risiko for indslæbning af patogener. Som foreslået i det veterinære afsnit kunne en løsning være at købe desinficerede ørredæg fra sygdomsfrit avlsanlæg, klække disse og opfodre dem til 10-20 gram. Det var en praktisk mulighed, men dog omstændelig og tillige dyr metode, som kræver både investering og løbende pasning. En anden afprøvet metode var tvangsfodring af de vilde moderfisk med tørfoder. Fiskene blev bedøvet og et sonderør forsigtigt ført ned i maven, hvorefter en passende mængde foderpiller blev ført igennem røret. Det var også en temmelig omstændig metode, som dog blev praktiseret i en periode. I en kortere periode på ca. et halv år, blev fodring med ørredyngel genoptaget, men disse blev grundigt desinficeret (samme metode som for vilde moderfisk) og anbragt i karantæne til observation i minimum 1 måned før de blev brugt som fodringsfisk. Efter at have fået produceret de første sandartyngel viste det sig hensigtsmæssigt at anvende deformede sandartyngel som foder til de vilde moderfisk.

Alle ovenfor beskrevne fodringstiltag af sandartmoderfisk er grundlæggende mere eller mindre midlertidige metoder, der kan benyttes indtil opdrættede tørfodertilvænnede moderfisk haves, samt et velegnet tørfoder til moderfisk er identificeret.

## **Fodringsforsøg af moderfisk**

For at få viden om betydningen af fodervalg til moderfisk blev der gennemført et mindre forsøg med det primære formål at afgøre om der var forskel i ægkvaliteten hos moderfisk der blev fodret med tørfoder contra moderfisk der blev fodret med fisk. Forsøget blev udført i sammenhæng med forsøgene vedr. gydning udenfor den naturlige gydningssæson. Der blev udelukkende fokuseret på ægkvalitetens relation til moderfiskefoderet. Det var hensigten fra forsøgets begyndelse at de fremkomne æg skulle underkastes nærmere analyse af DTU Aqua med hensyn til fedtsyresammensætning som et led i kvalitetsbedømmelsen. De indsamlede ægprøver gik desværre tabt som resultat af en fejlagtig slukning af den fryser de blev opbevaret i. Hos AquaPri blev æggene vurderet med hensyn til udviklingsforløb op til gydning, størrelse og farve, samt klækningsprocent (tabel 5-2).

Tabel 5-2. Oversigt over kombination af moderfiskophav, fodring og ægkvalitet. For gruppe C og D var det totale antal hunfisk ukendt, eftersom en del fisk hverken udviklede æg el. sæd.

|          | Kombination af fodring og ophav af moderfisk  | Antal hunfisk/gydende hunfisk | Generel vurdering af ægkvalitet |
|----------|---|-------------------------------|---------------------------------|
| Gruppe A | Vildfisk fodret med levende ørred- og sandart yngel   | 10 / 10                       | god                             |
| Gruppe B | Vildfisk tvangsfodret med tørfoder, Sigma 870   | 10 / 6                        | dårlig                          |
| Gruppe C | Opdrættede 1. gangs gydende moderfisk. Opvokset med tørfoder, men fodret med levende ørred- og sandart yngel i 11 måneder før gydning | ? / 4                         | god                             |
| Gruppe D | Opdrættede 1. gangs gydende moderfisk. Opvokset med tørfoder, og fodret med Sigma 870 frem til gydning                                | ? / 3                         | god                             |

## Resultater

De sidste 2 uger inden gydning er det muligt at følge æggenes udvikling ved at udtage æg gennem biopsi. Æggene har et naturligt udviklingsforløb, hvor bl.a. æggenes indhold af olie samler sig fra mange diffuse små dråber til en samlet oliedråbe. Dette forløb ganske normalt for fiskene i gruppe A, C og D, mens det for 4 af fiskene i gruppe B var atypisk, ved at oliedråberne ikke nåede at samle sig inden gydning. Dette fænomen resulterer næsten altid i at æggene går til under inkubation, hvilket også skete i dette forsøg.

Ægstørrelsen var markant større i gruppe A og B end C og D, men det skyldes næppe foderet, men snarere fiskenes alder og antal gydninger i deres liv. Gruppe C og D var 1. gangs gydende, og det er et kendt fænomen at ”jomfruæg” er mindre end æg fra fisk, der har gydt tidligere. Der var ingen forskel på størrelsen af æggene mellem gruppe A og B.

Der kunne observeres markante farveforskelle relateret til moderfiskefoderet. Gruppe A og C, som var blevet fodret med fisk resulterede i gule æg, hvis farve var tæt på den meget gule farve, som ses hos æg fra sandart i naturen. Fiskene fodret med tørfoder i gruppe B og D havde markant mere bleggule æg end gruppe A og C. Specielt æggene fra fisk i gruppe B havde meget blege æg, nærmest farveløse.

Klækningsprocenten lå for gruppe A, C og D på normalt niveau på mellem 70 og 90 %, mens det kun lykkedes at klække æg fra 2 ud af 6 fisk fra gruppe B. Klækningsprocenten fra de 2 fisk var under 40 %, hvilket var markant dårligere end normalt.

## Diskussion og konklusion

Fiskene fra gruppe B markant dårligere end de øvrige grupper. For det første var andelen af fisk, som overhovedet gydede lav på trods af at de alle tidligere havde gydt. De 4 fisk som ikke gydede, havde æg i sig, men disse blev i løbet af 3-4 uger efter de andres gydning reabsorberet af fiskene. På alle områder på nær størrelsen skilte æggene fra fiskene i gruppe B sig negativt ud. Dette kunne tolkes i retning af at ægstørrelsen primært er relateret til fiskenes alder/om de har gydt tidligere, mens æggenes farve og udviklingsforløb er bedre egnet som parametre til at vurdere ægkvaliteten.

Det fænomen, at fiskenes alder og hvorvidt det havde gydet tidligere eller ej var koblet til forsøgsfaktoren ”fiskenes ophav”, gør det vanskeligt at tolke forsøgets samlede resultater præcist. Dette skyldes, at kun meget få af de 2-årige opdrættede fisk fra gruppe C og D udviklede æg, hvilket formentlig skyldes deres lave alder. Dette er ikke eftervist, men blot en formodning. Ægkvaliteten fra fiskene i gruppe C og D adskilte sig dog ikke tydeligt fra hinanden, hvilket indikerer at der ikke var nogen effekt af foderfaktoren! Dette er i klar modstrid med hvad der blev observeret ved isoleret sammenligning af gruppe A og B. En mulig forklaring på observationerne kan være, at fiskene i gruppe B, som klarede sig dårligst blev tvangsfodret med tørfoder, hvilket ingen af de andre grupper blev. Tvangsfodringen blev udført 2 gange ugentlig ved at fiskene blev bedøvet med efterfølgende tilførsel af foderpiller gennem en sonde, der var ført ned i maven. I perioden, hvor dette blev udført gav det ikke anledning til spekulationer, eftersom fiskene ikke udviste stresssymptomer på behandlingen. Forsøgets resultater indikerer imidlertid en væsentlig effekt af denne behandling. Effekten kan tænkes at skyldes enten stress knyttet til indfangning og håndtering eller en negativ måske toksisk effekt af det anvendte bedøvelsesmiddel (Benzoak).

Der kunne samlet set ikke påvises nogen entydig effekt af fodring med tørfoder kontra fodring med fisk på ægkvaliteten. Resultaterne kunne i stedet påvise en negativ effekt af tvangsfodring. Tilsyneladende kunne den anvendte fodertype Biomars Sigma 870 godt give æg af god kvalitet.

### **Konklusioner vedr. moderfisk**

Det er lykkedes at flytte gydningstidspunktet for vilde moderfisk ved kunstigt at forlænge deres vinterperiode. Det er endvidere lykket at få opdrættede sandart til at gyde ved at introducere dem til en kunstig årlig cyklus mht. daglængde og vandtemperaturer. Ved projektets afslutning var det lykkedes at etablere gydninger året rundt gennem den beskrevne metode.

Der har ikke været konstateret sygdom i bestanden af moderfisk siden 2006 og der tages ikke længere vilde moderfisk ind. Fremover vil der kun blive brugt moderfisk af egen avl og risikoen for indførsel af sygdomme er derfor reduceret til et minimum. Den løbende screening for alvorlige sygdomme vil forsættes i årene fremover.

Det er lykket at få æg af god kvalitet fra moderfisk fodret med tørfoder, og selvom dette område givetvis kan forbedres en del endnu er der taget et godt skridt på vejen. Efterhånden som vildfisk kan erstattes af moderfisk af egen avl vil den omstændelige og til dels risikable fodring med levende fisk kunne udfases.

## ***Arbejdsplan 6: Veterinært beredskab vedr. sandart***

### **Introduktion**

Rentabel produktion af fisk i akvakultur forudsætter, at fiskesygdomme kan forebygges og/eller behandles. Dette gælder også for sandart-produktion. Denne arbejdsplan belyser det veterinære beredskab, som det i øjeblikket ser ud for dansk intensiv sandartproduktion.

### **Formål**

At belyse/udarbejde et veterinært beredskab, som dels kan sikre, at sygdomsudbrud kan forebygges, dels i tilfælde af udbrud af sygdom, kan danne grundlag for hurtig og effektiv behandling.

## Baggrund

Opdræt af "nye" fiskearter giver ofte store fiskesygdomsmæssige udfordringer.

Sygdomsfremkaldende organismer (eksempelvis bakterier, vira, parasitter og svampe) er ofte særdeles specifikke for de enkelte fiskearter, hvilket medfører at forebyggelse, identifikation og behandling af eksempelvis sandarts fiskesygdomme er en del forskellig fra det, som under danske forhold er velkendt fra regnbueørreden. Hertil skal lægges, at den meget intensive opdrætsmetode i recirkulerede anlæg stiller store krav viden til den veterinære viden om forebyggelse og behandling, idet sygdomsudbrud i denne type anlæg ofte har langt større konsekvenser end udbrud i ekstensive drevne opdrætsanlæg. Opstart af opdræt af nye fiskearter er ofte baseret på vilde fisk, der enten direkte eller via deres afkom overføres til opdrætssystemerne. Dette udgør en helt speciel risiko, da man ved denne overførsel også har stor risiko for at introducerer fiskesygdomsfremkaldende organismer, der under intensive opdrætsforhold opnår nogle fordele, som sker på bekostning af værten, altså fisken. Der bør altså ved opstart af opdræt af en ny fiskeart (her sandart) opbygges et veterinært beredskab, som søger at forebygge sygdomsudbrud og minimere de konsekvenser, der er forbundet med en situation, hvor der alligevel optræder sygdom.

## Metode

1. Sammenfatning af eksisterende viden vedrørende aktuelle og potentielle skadevoldende parasitter, bakterier, virus og svampe. Litteraturstudie, opsamling af praktiske erfaringer fra driften hos Aquapri Denmark A/S i Egtved samt kontakt til praktiserende fiskedyrlæger, Veterinærinstituttet og KU-Life.
2. Beskrivelse af forhold vedrørende diagnosticering, "on farm" diagnosticering, retningslinjer for indsendelser til laboratorier og de lovmæssige muligheder begrænsninger ved flytning af sandart til og fra danske anlæg.

## Resultater

### Potentielle sygdomsfremkaldende organismer

Sandart kan som alle andre fiskearter inficeres med en lang række vira, bakterier, parasitter og svampe. Der er således også i litteraturen beskrevet en lang række potentiel sygdomsfremkaldende organismer, som er isoleret fra sandart (bilag 1). De fleste er dog kun isoleret hos vilde sandart, og der foreligger kun få publikationer, som beskriver sygdomsudbrud hos sandart under opdrætsforhold.

Fælles for de fleste af organismene er, at de under naturlige forhold i vandløb og søer ikke nødvendigvis medfører klinisk sygdom hos deres vært, sandarten. Miljøforholdene under kommercielt fiskeopdræt medfører dog, at opformeringsbetingelserne for nogle organismer kan optimeres i en sådan grad, så det medfører et egentlig sygdomsudbrud hos fisken. I hvilken grad afhænger i høj grad af opdrætssystemet. Intensive opdrætssystemer med høje vandtemperaturer og høje bestandstætheder medfører, at risikoen for sygdomsudbrud stiger betydeligt for nogle organismer. Omvendt vil mange parasitters livscyklus kræve, at en eller flere eksterne mellemværter (eksempelvis snegle og/eller fugle). Disse parasitter vil derfor sjældent udgøre et problem i intensive drevet opdrætsanlæg.

Tabel 6-1. Organismer som er erkendt hos sandart under danske opdrætsforhold.

|            | Art                                 | Sygdomsbetegnelse      | Potentiel betydning for opdræt i intensiv opdræt | Behandling   |
|------------|-------------------------------------|------------------------|--|--|
| Vira       | <i>Rhabdoviridae</i>                | Perch Rhabdo virus     | ++++   | Ingen  |
| Svampe     | <i>Saprolegnia</i>                  | Svamp på æg eller fisk | ++   | Pyceze / formaldehyd                               |
| Parasitter | <i>Ichthyophthirius multifiliis</i> | Fiskedråber            | ++   | Formaldehyd / salt / pereddikesyre / brintoverilte |
|            | <i>Ichtyobodo necator</i>           | Costia-infektion       | ++   | Formaldehyd / salt / pereddikesyre                 |
|            | <i>Ancyrocephalus ssp</i>           | Gælle fladorm          | (+)  |  |
|            | <i>Diplostomum ssp</i>              | Øjenikte               | -  |  |
|            | <i>Bunodera luciopercae</i>         | Ikte i tarm            | -  |  |
|            |                                     |                        |  |  |

#### *Perch Rhabdo virus*

Som det fremgår af tabel 6-1 vurderes det, at den største fiske sygdomsmæssige trussel for intensivt sandartopdræt for nuværende udgøres af Perch Rhabdo virus. Begrundelsen herfor er at:

- Der er beskrevet udbrud som har medført stor dødelighed i opdræt af sandart og andre aborre-fisk.
- Virus er i familie med andre rhabdo virus (eksempelvis VHS-virus og IHN-virus) som i intensiv fiskeopdræt har vist sig som værende sygdomme medførende store dødeligheder og økonomiske tab
- Sygdommen kan ikke behandles medicinsk

På trods af ovenstående findes der ikke megen viden om virus og/eller sygdommen. Afgørende fakta er dog, at sandart fanget i naturen tilsyneladende kan huse Perch Rhabdo virus uden at udvise kliniske symptomer, og at disse fisk kan smitte andre fisk under opdrætsforhold. Der er især for yngel beskrevet store dødeligheder.

Sygdommen forebygges primært ved isolation af vilde moderfisk og ved at undgå, at virus introduceres i yngel- og produktionsanlæg. Teoretisk er der mulighed for vertikal transmission (fra moderfisk via æg til yngel). Derfor kan det være afgørende at desinficere æg, men viden på dette område er mangelfuld.

#### *Erfaringer fra Aquapri A/S Egtved*

Anlægget i Egtved har siden opstarten af sandart-produktionen i 2006 gjort en del erfaringer omkring fiske sygdomme hos sandart og behandling heraf. Der er ikke konstateret ret mange sygdomsfremkaldende organismer inde i anlægget, men specielt ét udbrud med costia, *Ichtyobodo necatrix* medførte stor dødelighed i 2006 i yngel. Herudover har der kun været få veterinærmæssige problemer, som det gennem praktisk vejledning fra praktiserende fiskedyrlæger og især egen

praktisk erfaring er lykkedes at løse. I tabel 6-2 fremgår hvilke kliniske infektioner der er set og løsningsforslag.

Tabel 6-2. Sygdomsfremkaldende organismer der har givet anledning til klinisk sygdom hos Aquapri A/S anlæg i Egtved (\* NaCl. På Egtved-anlægget anvendes der Ibiza-havsalt fra Brøste A/S).

| Sygdomsfremkaldende organisme / sygdom         | Hvor i systemet optræder sygdomsudbrud              | Forslag til behandling  |
|--|---|---|
| Svamp på fisk (formentlig <i>Saprolegnia</i> ) | Primært hos moder fisk i forbindelse med håndtering | Divosan: 10-20 ml / m <sup>3</sup> vand<br>Salt*: 2 – 10 ‰<br>Pyceze: Standarddosering  |
| Svamp på æg                                    | Æg  | Pyceze  |
| <i>Ichthyobodo necatrix</i>                    | Yngel / (vilde moderfisk)                           | Formalin  |
| Gællebetændelse (bakteriel)                    | Fisk < ½ g  | Divosan: 5 ml/m <sup>3</sup> vand hver anden dag<br>Salt: 5 – 10 ‰ i 4 timer derefter ca. 4 - 5 ‰ i én uge  |
|  | Fisk > ½ g  | Divosan: 10-20 ml/m <sup>3</sup> vand hver anden dag<br>Salt: 5 – 10 ‰ i 4 timer derefter ca. 4 - 5 ‰ i én uge. Over 13 ‰ begynder fiskene "at hænge"   |
| Parasitter / svamp på vilde moderfisk          | Når vildfisken indtages                             | På transportvogn:<br>10 ‰ salt i en time +<br>1 dl 37 % formalin til 600 l vand i 20 min<br><br>Overført til kar:<br>Pyceze<br><br>I anlæg:<br>Formalin hver anden dag<br>Pyceze hver anden dag<br>evt. 10 - 12 ‰ salt i 10 – 14 dage |
| Parasitter / bakterier / vira / svampe på æg   | Ny befrugtede æg                                    | Her er der forsøgt at forebygge ved hjælp af Actomar K30:<br>I standarddosis dør størstedelen af æggene. Ved 1/10 dosis overlever æggene, men effekten er ukendt. I øjeblikket desinficeres æggene ikke.                              |

### *Smitteforebyggelse på Aquapri A/S Egtved*

Det lukkede anlæg giver store muligheder for god smittebeskyttelse. Følgende smittebeskyttende foranstaltninger er implementeret:

- Før opstart af hovedanlæg (2006) blev anlægget rengjort og desinficeret
- Anlægget er opdelt i flere enheder med hver sit vandsystem. Dette betyder at følgende afdelinger har hver sit vandsystem:
  - Wilde moderfisk
  - Moderfisk
  - Klækkeri
  - Yngel
  - Grow-out
- De enkelte afdelinger ligger isoleret i forskellige bygninger/haller.
- De vilde moderfisk er ”ekstra” isoleret i containere udenfor bygningerne med de øvrige fisk.
- Der indkøbes ikke nye fisk direkte til produktions-afdelingerne
- Hygiejne foranstaltninger ved indgange (håndvask + desinfektion + tøj- og fodtøjskift for medarbejdere).
- Skiltning med advarsel om indgang forbudt for uvedkommende
- Wilde moderfisk undergår forebyggende behandling når fiskene ankommer til anlægget
- Dyrlægekontrol 2-4 gange i kvartalet

Anlægget i Egtved er oprindeligt bygget til opdræt af ål og uden nogen speciel hensyntagen til smitteforebyggelse. Dette giver en del udfordringer i den daglige drift, men det kan konstateres, at det implementerede system indtil nu virker på tilfredsstillende vis. Alting kan selvfølgelig blive bedre, og hvis man skulle designe, konstruere og opføre et helt nyt recirkuleret sandart-anlæg vil man på flere områder kunne forbedre smitteforebyggelsen og herigennem også lette medarbejdernes daglige smitteforebyggende aktioner. På eksisterende anlæg i Egtved har der været eller er følgende 3 væsentlige smitterisici:

1. Risiko for smitte fra de vilde moderfisk til produktions-fisk i bygningerne. Specielt risikoen for smitte med *Perch Rhabdo virus* vurderes at udgøre en væsentlig risiko.  
Løsningsforslag:
  - Kun avl med egne avlsfisk eller certificeret indkøbte avlsfisk, hvilket er implementeret i 2010
  - Flytte de vilde moderfisk til anden lokalitet og kun overføre desinficerede æg ind på anlægget i Egtved. Dette forudsætter dog mere viden om, hvordan en desinfektion udføres korrekt og effektivt.
2. Risikoen for spredning af infektion internt i anlægget:  
Løsningsforslag:  
Bedre sektionering.  
Specielt grow-out systemet er for stort. Kommer der sygdom ind, bliver konsekvenserne meget store. Der anbefales mindre enheder, hvor som minimum alle årgange af fisk kan holdes isoleret. Erfaringer fra andre recirkulerede anlæg er også at regelmæssig rengøring og desinfektion af biofiltre optimerer produktionen. Derfor bør ingen produktionsenheder med separat biofilter dimensioneres større, end at enheden mindst 1 gang årlig kan tages ud af produktionen.
3. Risiko for smitte fra regnbueørreder.  
Der har periodevist været anvendt regnbueørreder til fodring af moderfisk, der ikke var eller kunne tilvænes tørfoder.  
Løsningsforslag:



For at eliminere smitte fra disse bør der kun indtages desinficeret regnbueørred-øjenæg, som efterfølgende opdrættes i deres eget vandsystem.

### *Veterinære beredskab*

En forudsætning for rentabel akvakulturdrift er, at der er etableret et veterinært beredskab, som sikrer kendskab til forebyggelse og behandling af sygdomme hos den fiskeart der opdrættes. I Danmark er der allerede etableret et sådan beredskab for regnbueørreden. Dette beredskab har høj international klasse, som dækker over specialiserede rådgivere, praktiserende fiskedrylæger, myndighedsdyrlæger, diagnostiske laboratorier og fiskesygdoms forskere. At etablere et lignende beredskab til sandart simplificeres markant, når der allerede er en velfungerende eksisterende for en anden fiskeart. Siden opstart af kommerciel sandartproduktion har den største udfordring primært været at etablere know-how om praktisk sygdomsbehandling (medicin / hjælpestoffer). Her har driften på Aquapri A/S i Egtved dog medført, at der nu foreligger så megen praktisk erfaring hos både opdrætteren og de tilknyttede praktiserende fiskedrylæger, at der nu også på dette område findes dansk ekspertise.

For nuværende kan det veterinære beredskab beskrives som følgende:

### Dimensionering af anlæg herunder optimering af praktisk smittebeskyttelse

Til intensivt opdræt i recirkulerede anlæg findes der i Danmark en række udstyrsleverandører, som har stor erfaring indenfor smittebeskyttelse. Hertil kommer, at der kan indhentes stor viden på området hos konsulenter og praktiserende fiskedrylæger. Afgørende er det at indhente råd fra flere sider. Anlæggelse af et opdrætsanlæg medfører altid at man indgår en række kompromiser, da intet anlæg samtidig opfylder kravene om optimal smittebeskyttelse, minimal anlæg- og driftsøkonomi, optimal vandrensning og rationel drift. Der skal tages stilling til både intern og ekstern smittebeskyttelse. Eksempelvis hvor mange forskellige uafhængige vandsystemer, der skal etableres samt design af forrum, udleveringsrum og lignende.

### Praktisk diagnosticering

Dette kan udføres både on-farm af ansatte og via hjælp fra praktiserende fiskedrylæger. Med lidt øvelse kan anlæggets ansatte ved hjælp af mikroskop lære at diagnosticere forskellige parasitære sygdomme og gællelidelser. I øjeblikket findes der dog mindst to privat praktiserende fiskedrylæger, som efterhånden har stort ekspertise indenfor sandart-sygdomme og behandling heraf. Det anbefales at én eller evt. flere af disse dyrlæger tilknyttes sandart opdrætsanlægget eventuelt i form af regelmæssige rådgivningsbesøg. Ved mistanke om udbrud af anmeldtepligtige fiskesygdomme kontaktes Fødevarestyrelsens Veterinærafdeling Syd, Sektionen for Akvakultur i Vejle.

### Laboratoriemæssig diagnostik

Her besidder Danmark nogle af verdens førende på området. Veterinærinstituttet tager sig primært af virus og bakterie-sygdommene, mens KU-Life har eksperter på parasitområdet. Indsendelser bør ske gennem praktiserende dyrlæge eller dyrlæge fra Fødevarestyrelsen.

### Forskning

Ved uafklarede sygdomsmæssige problemstillinger kan der være et stort behov for ny viden. Her findes der en lang række danske forskningsinstitutioner, som har stor faglig kapacitet. Disse institutioner vil kunne være behjælpelige med at tilvejebringe ny viden.

## Lovgivning

Veterinær lovgivning regulerer i væsentlig grad smitteforebyggelsen. Gældende regler findes primært i:

- Bekendtgørelse nr. 1218 af 12. december 2008 om overvågning og bekæmpelse af visse smitsomme sygdomme hos akvatiske organismer
- Bekendtgørelse nr. 1219 af 12. december 2008 om autorisation og drift af akvakulturbrug, samt om markedsføring af akvatiske organismer og produkter deraf.

Gennem denne lovgivning reguleres eksempelvis autorisation, veterinærmæssige krav til bygninger og udstyr, anmeldepligt ved udbrud af alvorlige fiskesygdomme, sygdomsbekæmpelse samt ikke mindst regler for flytning af fisk. Reglerne, som er en implementering af fælles EU-regler (*Rådets direktiv 2006/88/EF af 24. oktober 2006 om dyresundhedsbestemmelser for akvakulturdyr og produkter deraf og om forebyggelse og bekæmpelse af visse sygdomme hos vanddyr*), administreres af Fødevarerstyrelsens Veterinærafdeling Syd, Sektionen for Akvakultur i Vejle, hvor der på tiden er tilknyttet 3 dyrlæger.

## Regler for flytning af sandart

Flytning af akvakulturfisk er stramt reguleret af EU og dansk lovgivning (se ovenstående afsnit). For nuværende er sandart dog ikke opført som modtagelig art for nogen af de EU-listede alvorlige fiskesygdomme, men man skal være opmærksom på at sandart for fiskesygdommene IHN og VHS er oplistet som en vektor-art. Dvs. at sandarten passivt vil kunne overføre de sygdomsfremkaldende organismer. Dette medfører specielle regler for hvilke anlæg / zoner eller EU-medlemslande som man enten kan flytte sandart fra eller til. Ved eksport og import skal man altid konsultere Fødevarerstyrelsen. Ved flytning internt i Danmark skal man være opmærksom på, at dele af Danmark endnu ikke er kategoriseret Sygdomsfri (Kategori 1) for VHS. Tjek på Fødevarerstyrelsens hjemmeside eller kontakt Fødevarerstyrelsen hvis der er tvivl.

## **Konklusion**

Der eksisterer nu et velfungerende veterinært beredskab for sandart. Grundlæggende viden om sandartens potentielle sygdomsfremkaldende agens er nu til stede således, at forebyggelse og behandling er en reel mulighed for og mod de fleste organismer.

Produktionen i intensive recirkulerede lukkede anlæg giver store muligheder for at undgå smitte med de mange typer af sygdomsfremkaldende agens, som den vilde sandart huser.

Største smitterisiko udgøres i denne type anlæg af smitte fra vilde moderfisk til fisk i den videre produktion. Enten via æg eller direkte fra fisk til fisk. Sidstnævnte bør dog være forholdsvis simpelt at undgå via etablering af simple smitteforebyggende foranstaltninger.

I øjeblikket vurderes det, at den største risiko for alvorlige sygdomsudbrud udgøres af Perch Rhabdo virus. Der mangler generelt viden om dette virus, og specielt risikoen for overførsel af vira via æg til yngel mangler at blive belyst, herunder muligheden for at desinficere æggene effektivt. Så længe der i produktionen indgår æg/yngel fra vilde moderfisk vil der være en risiko for introduktion af sygdomme i intensive sandart produktion.

## **Referencer**

Aquapri Denmark, Fishcon, 2008, *Udvikling af produktionsteknik og anlæg til opdræt af sandart samt kortlægning af markedsforhold, FIUF-rapport*

- Betts AM, Stone DM, Way K, Torhy C, Chilmonczyk S, Benmansour A, de Kinkelin P (2003) *Emerging vesiculo-type virus infections of freshwater fishes in Europe*. Diseases of Aquatic Organisms, 57, 201-212
- Bjorklund H, Olesen NJ, Jorgensen PEV (1994) *Biophysical and serological characterization of rhabdovirus 903/87 isolated from European lake trout Salmo trutta lacustris*. Diseases of Aquatic Organisms 19, 21-26
- Dannevig BH, Olesen NJ, Jentoft S, Kvellestad A (2001) *The first isolation of a rhabdovirus from perch (Perca fluviatilis) in Norway*. Bulletin of the European association of fish pathologists 21,186-194
- Dorson M, Torchy Corinne, Chilmonczyk S, de Kinkelin P, Michel C (1984) *A rhabdovirus pathogenic for perch (Perca fluviatilis L.): isolation and preliminary study*. Journal of Fish Diseases 7, 241-245
- Gogol, J.M. (2008): *A check-list of parasites of percid fishes (Actinopterygii: Percidae) from the estuaries of the Polish coastal zone*. Helminthologia 45, p. 196–203.
- Johansson T, Ostman-Myllyoja L, Hellstrom A, Martelius S, Olesen NJ, Bjorklund H (2002) *A novel fish rhabdovirus from sweden is closely related to the Finnish rhabdovirus 903/87*. Virus Genes 25, 127-138
- Jorgensen PEV, Olesen NJ, Ahne W, Wahli T, Meier W (1993) *Isolation of a previously undescribed rhabdovirus from pike Esox lucius*. Diseases of Aquatic Organisms 16, 171-179
- Meinelt T, Richert I, Stüber A, Bräunig I (2007), *Einsatz von peressigsäure zur behandlung juveniler Zander (Sander lucioperca) bei Ichthyophthirius-multifilis-befall*, Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 114, 244-251
- Molnár K (1996), *Nodular coccidiosis of the pikeperch Stizostedion lucioperca and Volga perch Stizostedion volgensis*, Diseases of Aquatic Organisms, 27, p. 35-41
- Nougayréde, P., Kinkelin, P., Chilmonczyk, S. & Vuillaume, A. (1992), *Isolation of a rhabdovirus from the pikeperch Stizostedion lucioperca (L. 1758)* Bullentin European Association of Fish Pathologists 12, p. 5-7
- Rahkonen R (1994), *Parasites of pike perch Stizostedion lucioperca (Linnaeus 1758) fry reared in two different types of natural food ponds in southern Finland*, Aquaculture 122, p. 279-293
- Rønfeldt JL, Nielsen JW, 2010, *Svømmeblærefyldning, vækst og overlevelse hos sandartlarver (Sander lucioperca) i intensive akvakultur*, Biologispeciale
- Siwicki, A.K., Zakes, Z., Fuller, J.C., Steven, N., Trapkowska, S., Glabski, E., Kowalska, A., Kazun, K. & Majewska, E.T. (2006), *Influence of beta- hydroxy-betamethylbutyrate on nonspecific humoral defense mechanisms and protection against furunculosis in pikeperch (Sander lucioperca)*. Aquaculture Research 37, p. 127-131

Siwicki, A.K., Zakes, Z., Fuller, J.C., Nissen, S., Trapkowska, S., Glabski, E., Kazun, K., Kowalska, A. & Majewska, E.T. (2005), *The effect of feeding the leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on cell mediated immunity and protection against Yersinia ruckeri in pikeperch (Sander lucioperca)*. Aquaculture Research 36, p. 16-21

Skall HF, Lassen-Nielsen AM, Olesen NJ. (2010) *Fund af potentielt humanpatogene bakterier i fisk*, Dansk Veterinærtidsskrift, 19, p. 24

Tapiovaare H, Olesen NJ, Lindén J, Rimaila-Pärnänen E, von Bonsdorff CH (1998) *Isolation of an iridovirus from pike-perch Stizostedion lucioperca*. Diseases of aquatic organisms, 32, p.185-193

Wiklund T, Bylund G (1996) *Fin abnormalities of pikeperch in coastal areas of the Finnish south coast*, Journal of Fish Biology, 48, p. 652-657

## **Spinoff fra projektet**

### **Specialer**

I forbindelse med nærværende projekt har i alt 3 specialstuderende fra Københavns Universitet lavet speciale med relation til sandart. Johan Wedel Nielsen og Jacob Linnemann Rønfeldt lavede alt deres praktiske forsøgsarbejde i Egtved til deres Kandidatspeciale ”Svømmeblærefyldning, vækst og overlevelse hos sandartlarver (*Sander lucioperca*) i intensiv akvakultur”. For deres flotte arbejde opnåede de begge maximumkarakter for deres afgangsprøve. Michael Frisk har hos DTU Aqua i Hirtshals lavet forsøgsarbejdet til sit speciale ” Sandartens metaboliske og ventilatoriske temperatur regime”. Specialet forventes færdigt i løbet af november 2010.

### **Mange besøgende**

Igennem de seneste 2 år har der været en massiv besøgsinteresse for Aquapri’s faciliteter i Egtved, hvor udviklingen af sandartopdræt har fundet sted. I løbet af projektets periode har der været 250-300 besøgende fordelt på større og mindre grupper. Der har været besøgende fra over 20 forskellige lande.

Den store interesse skyldes en kombination af interesse for opdræt af en ny art og interesse for fuld recirkulering. Kun ganske få steder i verden køres der recirkulering i en grad som i Egtved, hvor det største vandforbrug udgøres af fordampning fra anlægget i forbindelse med afgangsgas af vandet.

### **Test af nyt system til denitrifikation udviklet af Grundfos**

I en periode på 5 måneder er der hos Aquapri Innovation testet et nyt selvrensende system til denitrifikation udviklet af Grundfos. Den sidste del af udviklingsarbejdet foregår nu hos Grundfos.

### **Temadage**

Der har været afholdt ”åbent hus” hos Aquapri Innovation i Egtved i sommeren 2009, hvor det var muligt for interesserede at besigtige faciliteterne og få en snak om sandartopdræt.

I september 2010 blev der afholdt en konference i Billund med temaet ”Nye produktioner i Nordisk Ferskvandsopdræt – muligheder og udfordringer”. Konferencen var arrangeret af Nordisk netværk For Ferskvandsopdræt. Aquapri Innovation deltog med indlæg på konferencen og som ekskursionsvært efterfølgende.

### **Stor europæisk interesse for sandartopdræt**

Aquapri har mærket en stor europæisk interesse for opdræt af sandart. I gennemsnit 1-2 henvendelser om ugen fra forskellige lande i Europa. Der er typisk tale om folk, der er interesseret i enten at starte op med on-growing af sandart el. skifte til sandartopdræt fra andre arter.

## Opstart af ny sandartproduktion

På baggrund af de optimistiske forventninger til de kommende års sandartproduktion besluttede Aquapri at starte ongrowing af sandart op i lejede faciliteter på Ejsing Seafarm. Den forventede produktion er på 200 tons årligt, når der opnås fuld drift på anlægget.

## Udvidet medarbejderstab

Fra projektets start til slut er den faste medarbejderstab hos Aquapri Innovation blevet udvidet fra 4 til 6 personer. Yderligere 4 personer har i kortere perioder været ansat hos Aquapri Innovation. Endvidere er der oprettet 2 nye stillinger i forbindelse opstart af sandartproduktion på Ejsing Seafarm.

De økonomiske midler, der har været tildelt sandartprojektet har været en medvirkende årsag til, at der nu er oprettet 2 faste stillinger for akademisk personale i sandartproduktionen. Det er for danske forhold et relativt sjældent syn med akademikere indenfor den primære fiskopdrætsbranche.

## Produktionsudvikling

Produktionen af både sandarttyngel og færdige sandart til konsum fra Aquapri har været støt stigende over de sidste 3 år. Op mod 90 % af produktionen går til eksport og det er endnu ikke muligt at følge med efterspørgslen (tabel 7-1).

Tabel 7-1. Produktion af sættefisk og konsumstørrelse fisk ved Aquapri Innovation samt forventet produktion i 2011 og den efterfølgende 5 års periode.

| Year       | Fingerlings (pieces) | batches/year | Market size fish mt | No. Of employees |
|------------|----------------------|--------------|---------------------|------------------|
| 2006       | 0                    | 1            | 0                   | 2                |
| 2007       | 10.000               | 1            | 0                   | 3                |
| 2008       | 40.000               | 1            | 10                  | 4                |
| 2009       | 250.000              | 2            | 50                  | 5                |
| 2010       | 600.000              | 4            | 90                  | 6                |
| 2011       | 1 mio                | 4            | 250                 | 8                |
| In 5 years | 2-3 mio              | 5            | 500-1000            | 12               |

## Opsummering og konklusion

I projektet er der arbejdet med en lang række problemstillinger i en bred vifte af fagområder. Det overordnede mål har været at tilvejebringe et tilstrækkeligt videns- og erfaringsgrundlag til at sikre at sandart kan opdrættes på kommercielle vilkår i Danmark, og herved bidrage til at opfylde akvakulturerhvervets ønske om opdræt af en betydelig mængde ”andre arter ” i Danmark.

Det er lykkedes at etablere bestande af moderfisk i produktionsanlægget, således at det ikke længere er nødvendigt at indhente gydemodne fisk fra naturen. Dette er en meget væsentlig udvikling, idet der ved overførelse af fisk fra vilde bestande til produktionssystemer er risiko for indførelse af sygdomme og parasitter til produktionsanlæggene og de fisk som befinder sig i disse, desuden vil moderfisk fra eget opdræt gennemgå en domesticeringsproces der gennem generationer gradvist vil gøre fiskene bedre tilpasset forholdene under opdræt med højere væksthastighed, mindre stressfølsomhed og andre egenskaber, der vil øge artens konkurrencedygtighed.

Der er etableret forskudte gydeperioder, der gør det muligt at producere yngel 4 gange årligt. Dette giver en væsentlig bedre udnyttelsesgrad af de kostbare produktionsfaciliteter samt mandskab, og reducerer skaden ved enkelte fejlslagne yngelproduktioner, idet der ikke går et helt år før næste hold yngel kan produceres.

Der er indført procedurer og udviklet metoder for strygning af moderfisk, indebærende monitoring af fiskenes modenhed, Dette medfører mere ensartet yngel idet alle æg har identiske forhold, og giver mulighed for effektiv desinfektion af æg hvis nødvendigt.

Der er udviklet rationelle produktionsteknikker for hold af larver med særlig opmærksomhed på optimeret fodring og reduktion af kannibalisme, samtidig med at der opretholdes et højt hygiejneniveau.

Tilvæning til tørfoder, foregår i særskilte anlæg, hvor der er udviklet procedurer der reducerer udbrud af såvel sygdomme som kannibalisme.

Produktion af sættefisk af høj kvalitet sikres ved kvalitetssortering af fisk på individniveau, således at kun fisk af høj kvalitet (udviklet svømmeblære og uden deformiteter) sælges. Der eksporteres nu betydelige mængder sandart yngel, og Danmark er i dag førende på det internationale marked for produktion af sættefisk af sandart.

Kommerciel skala produktion af sandart af konsumstørrelse baseret på intensivt produceret yngel er i projektperioden blevet en realitet og ventes at ekspandere fremover, således at sandart vil bidrage til den danske fremtidige akvakulturproduktion.

I et særskilt afsnit af rapporten er nævnt en række spin-off effekter af projektet, hvor gennemførelse af 3 specialestudier ved Københavns Universitet i nær tilknytning til projektet bør nævnes som særlig kompetenceudvikling af kommende kandidater til den danske akvakultursektor.

Konklusionen må entydigt være at projektet har bidraget væsentligt til udvikling af ny primærproduktion i Danmark. Der er blevet skabt nye arbejdspladser, og der er etableret en eksportartikel med vækstpotentiale. Det er i dag muligt at producere såvel yngel som konsumstørrelse sandart i intensivt recirkulerede anlæg på kommercielle vilkår. En produktion som er unik på verdensplan og som placerer Danmark som førende på området.

## **Bilagsoversigt**

### ***Bilag 1***

***Liste over potentielle sygdomsfremkaldende organismer, som er isoleret fra sandart***

### ***Bilag 2***

***Oversigt over deformitetstyper i sandart***

### ***Bilag 3***

***Oversigt over årsager til deformiteter i sandart***

### ***Bilag 4***

***Beskrivelse af typiske deformiteter***

### ***Bilag 5***

***Liste over væsentlig litteratur vedrørende opdræt af sandart***

### ***Bilag 6***

***The effects of dietary long-chain essential fatty acids on growth and stress tolerance in pikeperch larvae (*Sander lucioperca* L.)***

Ivar Lund & Svend Steinfeldt. Aquaculture nutrition. in press.

Is pikeperch variability in hatching time related to size heterogeneity and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca*)? Aquaculture Nutrition 2010. Early view available.

### ***Bilag 7***

***Is batch variability in hatching time related to size heterogeneity and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca*)?***

Svend Steinfeldt, Ivar lund and Erik Höglund. Aquaculture Research. Early view available.



## ***Bilag 1***

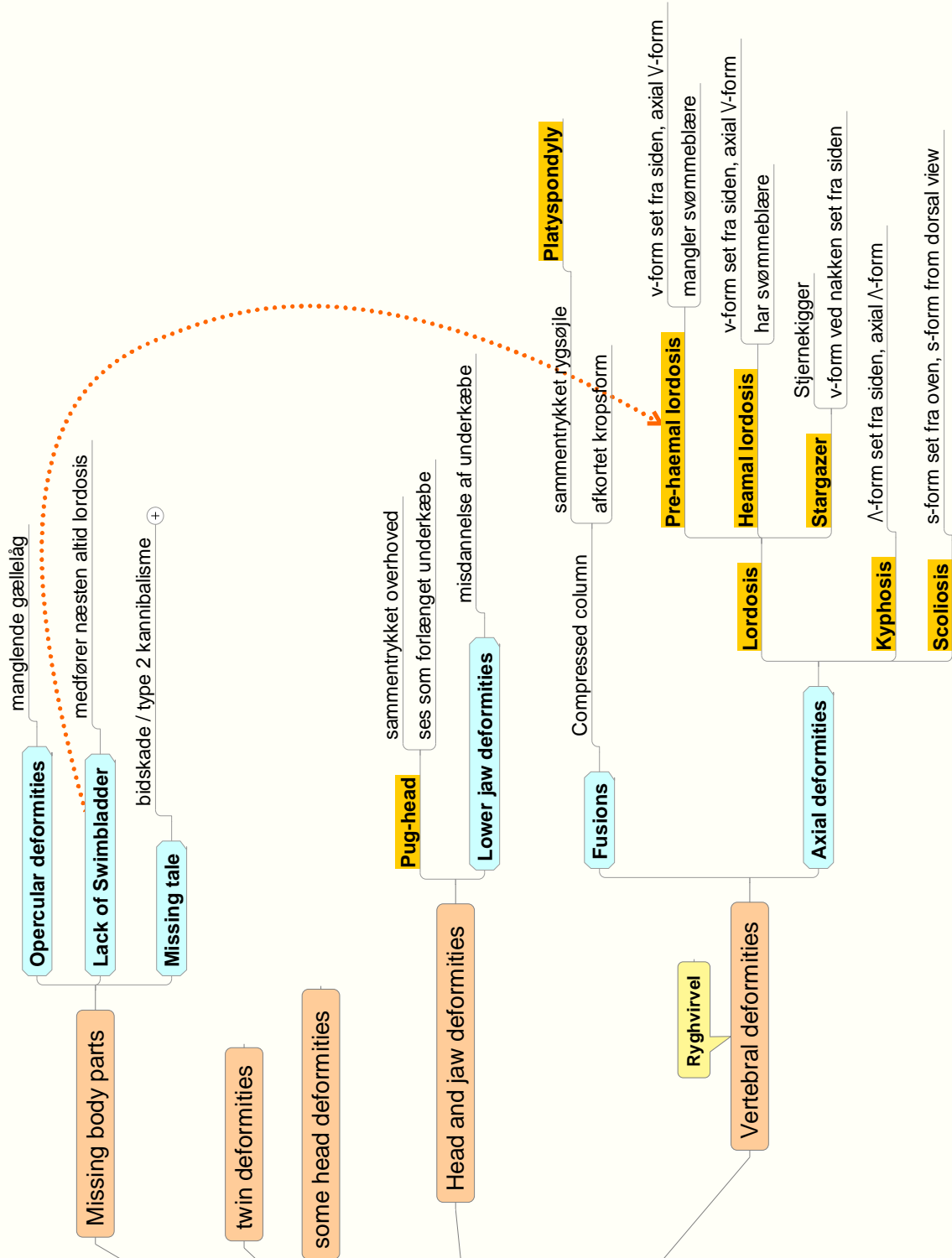
**Liste over potentielle sygdomsfremkaldende organismer, som er isoleret fra sandart**

|                             | Art                                   | Referencer (se afsnit 6)  |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| Vira                        | <i>Perch Rhabdo Virus</i>             | Nougayrede et al 1992, Jorgensen PEV et al 1993, Johansson T et al 2002, Dorson et al 1984, Dannevig et al 2001 |
|                             | <i>Iridovirus</i>                     | Tapiovaare et al 1998   |
| Bakterier                   | <i>Aeromonas salmonicida</i>          | Siwicki et al 2006,   |
|                             | <i>Yersinia ruckery</i>               | Siwicki et al 2005  |
|                             | <i>Vibrio cholerae non-O1</i>         | Skall HF et al 2010   |
| Svampe                      | <i>Saprolegnia spp</i>                | Aquapri Denmark 2008  |
| Parasitter                  | <i>Acanthocephalus lucii</i>          | Gogol 2008  |
|                             | <i>Actheres sandrae</i>               | Gogol 2008  |
|                             | <i>Amphribrya ameiuru</i>             | Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Ancyrocephalus paradoxus</i>       | Gogol 2008  |
|                             | <i>Anguillicola crassus</i>           | Gogol 2008  |
|                             | <i>Anisakis simplex</i>               | Gogol 2008  |
|                             | <i>Apiosoma campanulata</i>           | Gogol 2008  |
|                             | <i>Apophallus donicus</i>             | Gogol 2008  |
|                             | <i>Argulus foliaceus</i>              | Gogol 2008, Rahkonen 1994, Aquapri Denmark 2008   |
|                             | <i>Azygia lucii</i>                   | Gogol 2008  |
|                             | <i>Bothriocephalus scorpii</i>        | Gogol 2008  |
|                             | <i>Bucephalus polymorphus</i>         | Gogol 2008  |
|                             | <i>Bunodera luciopercae</i>           | Gogol 2008, Rahkonen 1994, Aquapri Denmark 2008   |
|                             | <i>Brachyphallus crenatus</i>         | Gogol 2008  |
|                             | <i>Caligus lacustris</i>              | Gogol 2008  |
|                             | <i>Camallanus spp</i>                 | Gogol 2008  |
|                             | <i>Capriniana piscium</i>             | Gogol 2008  |
|                             | <i>Caryophyllaeus laticeps</i>        | Gogol 2008  |
|                             | <i>Chilodonella cyprinii</i>          | Rønfeldt et al 2010   |
|                             | <i>Corynosoma ssp</i>                 | Gogol 2008  |
|                             | <i>Cryptobia ssp.</i>                 | Rønfeldt et al 2010   |
|                             | <i>Cystidicoides ephemeridarum</i>    | Gogol 2008  |
|                             | <i>Diphyllbothrium latum</i>          | Rønfeldt et al 2010   |
|                             | <i>Diplostomum spathaceum</i>         | Gogol 2008, Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Epistylis iwoffi</i>               | Gogol 2008  |
|                             | <i>Ergasilus sieboldi</i>             | Gogol 2008  |
|                             | <i>Eubothrium crassum</i>             | Gogol 2008, Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Glugea luciopercae</i>             | Rønfeldt et al 2010   |
|                             | <i>Goussia desseri</i>                | Molnár 1996   |
|                             | <i>Henneguya ssp</i>                  | Gogol 2008  |
|                             | <i>Hysterothylacium aduncum</i>       | Gogol 2008  |
|                             | <i>Ichthyocotylurus platycephalus</i> | Gogol 2008  |
|                             | <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>   | Meinelt 2007, Aquapri Denmark 2008  |
|                             | <i>Ichtyobodo necator</i>             | Rahkonen 1994, Aquapri Denmark 2008   |
|                             | <i>Lucionema balatonese</i>           | Rønfeldt et al 2010   |
|                             | <i>Natatolana borealis</i>            | Aquapri Denmark 2008  |
|                             | <i>Neoechinorhynchus rutili</i>       | Gogol 2008  |
|                             | <i>Piscicola geometra</i>             | Gogol 2008, Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Pomphorhynchus laevis</i>          | Gogol 2008  |
|                             | <i>Proteocephalus filicollis</i>      | Gogol 2008, Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Raphidascaris acus</i>             | Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Rhipidocotyle ssp</i>              | Gogol 2008  |
|                             | <i>Trichodina ssp</i>                 | Gogol 2008, Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Trichodinella epizootica</i>       | Gogol 2008  |
|                             | <i>Trichophrya piscium</i>            | Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Tylodelphys clavata</i>            | Gogol 2008, Rahkonen 1994   |
|                             | <i>Unionidae ssp.</i>                 | Gogol 2008  |
| <i>Urocleidus aculeatus</i> | Rønfeldt et al 2010                   |   |

## ***Bilag 2***

### **Oversigt over deformitetstyper i sandart**

# Classification of Developmental malformations



## ***Bilag 3***

### **Oversigt over årsager til deformiteter i sandart**

# Potentielle deformitetsårsager

## Fysiske parametre

- Asynkron ontogenetisk vækst
- For høj
- Forceret vækst
- for lav
- Kannibalisme

Temperatur

Karhydraulik

- Vandhastighed
- selve hydraulikken

## Vandkemiske parametre

- NH4 / NH3
- pH
- NO2-
- NO3-
- PO4-
- Salinitet

De traditionelle

Tungmetaller

Akumulering af div stoffer

Øvrige

## Fejlnæring

- i startfodring
- hos moderfisk

## Genetik

## Afledte deformiteter

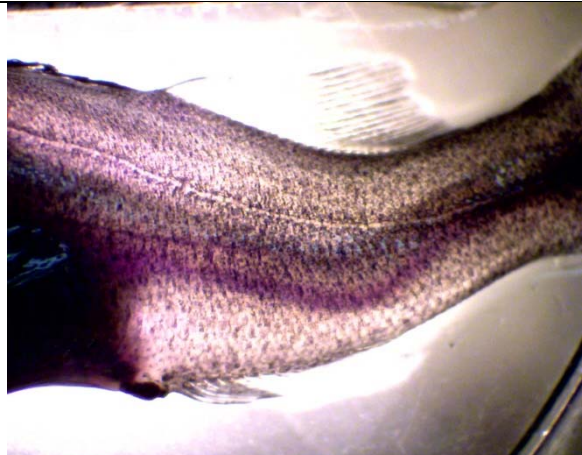
Manglende svømmeblære

## ***Bilag 4***

### **Beskrivelse af typiske deformiteter**

## Haemal lordosis

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Anatomy:</b>                 | Haemal part of vertebrae. <i>Dorsoventral buening af rygsøjlen hvor halen starter. v-form set fra siden, axial V-form</i> |
| <b>Ontogeny:</b>                | Late larval to juvenile stage   |
| <b>Known causative factors:</b> | Temperature, water speed.   |
| <b>Other species:</b>           | D. labrax, S. aurata.   |
| <b>Other:</b>                   | Can vary in severity.   |
| <b>References:</b>              | Finefish project  |

|                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
|                               |   |  |
| <b>Early life</b>             |   |  |
| <b>Juvenile to on-growing</b> |  |  |



## Pre-haemal lordosis

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Anatomy:</b>                 | Pre-haemal part of vertebral column. <i>Dorsoventral knæk på rygsøjlen foran halestykke af ryggen. v-form set fra siden, axial V-form</i>   |
| <b>Ontogeny:</b>                | Early life stages   |
| <b>Known causative factors:</b> | Non-inflation of swimbladder. Subsequent excessive swimming builds up musculature that places an uneven mechanical load on the spine. In pike-perch this is the dominant deformity in fish without swimbladder. |
| <b>Other species:</b>           | D. labrax, S. aurata  |
| <b>Other:</b>                   |   |
| <b>References:</b>              |   |

|                               |  |  |
|-------------------------------|--|--|
|                               |  |  |
| <b>Early life</b>             |  |  |
| <b>Juvenile to on-growing</b> |  |  |

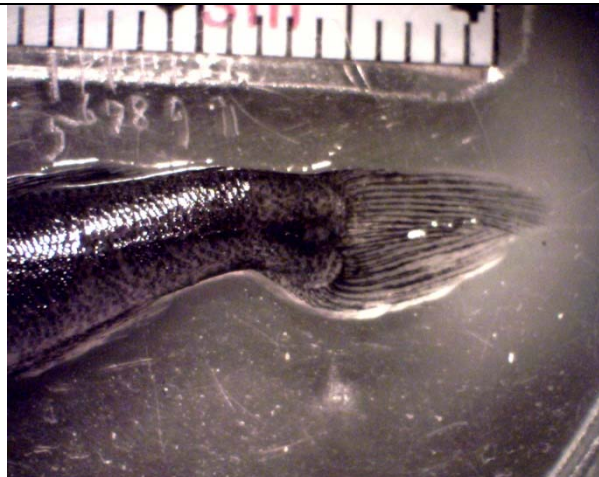
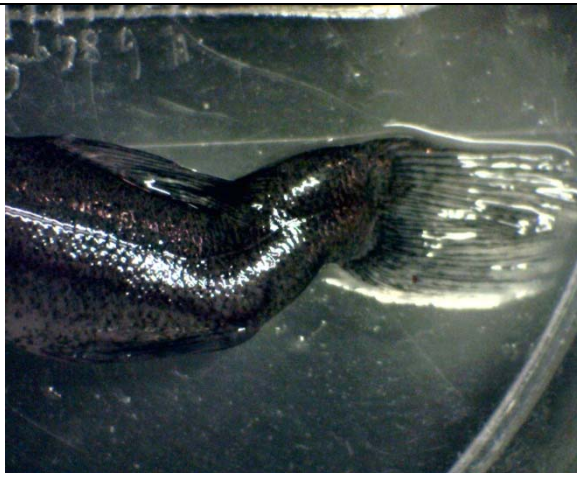
## Scoliosis

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Anatomy:</b>                 | Bilateral bending of the vertebral axis. In pike-perch seen in torso and in end of the tail region. <i>Aksiale s-formet lateral (sidelæns) knæk på rygsøjlen</i> |
| <b>Ontogeny:</b>                | Larval stage but also seen in juveniles  |
| <b>Known causative factors:</b> | In sea bass ( <i>D. labrax</i> ) scoliosis has been reported to be caused by malnutrition, parasites and poisoning.  |
| <b>Other species:</b>           | <i>D. labrax</i> , <i>S. aurata</i>  |
| <b>Other:</b>                   |  |
| <b>References:</b>              |  |

|                               |  |  |
|-------------------------------|--|--|
|                               |  |  |
| <b>Early life</b>             |  |  |
| <b>Juvenile to on-growing</b> |  |  |


# Kyphosis

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Anatomy:</b>                 | In pike-perch seen in the tail region, often in combination with caudal lordosis. <i>Aksiale <math>\wedge</math> formet dorso-ventralt knæk på rygsøjlen.</i>   |
| <b>Ontogeny:</b>                | juveniles   |
| <b>Known causative factors:</b> | Strong link between this form of kyphosis and lack of swimbladder. Often seen in combination other forms of spinal deformity. Most likely compensatory growth due to continuous swimming behaviour of fish without swimbladder. |
| <b>Other species:</b>           |   |
| <b>Other:</b>                   |   |
| <b>References:</b>              |   |

|                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
|                               |   |  |
| <b>Early life</b>             |   |  |
| <b>Juvenile to on-growing</b> |  |  |


# Opercular deformities

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Anatomy:</b>                 | Inside folding of opercul and sub-opercul. <i>Misdannelse af gællelågene</i>   |
| <b>Ontogeny:</b>                | Early life stages  |
| <b>Known causative factors:</b> | Malnutrition in Sea bass and snakehead (EPA, DHA and vit C important). Other potential causes, gill infection and or treatment, physical damage from handling. Small fish can puff gill covers out in stress situations making them more vulnerable to damage. In pike-perch cause is unknown. |
| <b>Other species:</b>           | D. labrax, S. aurata, Chanos chanos  |
| <b>Other:</b>                   |  |
| <b>References:</b>              |  |

|                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
| <b>Early life</b>             |   |  |
| <b>Juvenile to on-growing</b> |  |  |

# Pughead

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Anatomy:</b>                 | Antero-posterior cimpression of the ethmoid region and upper jaws.<br><i>Misdannelse af snude. En reduktion af overkæben der resulterer i en forlænget underkæbe i forhold til overkæben.</i> |
| <b>Ontogeny:</b>                | Early life stage  |
| <b>Known causative factors:</b> | In Seabass malnutrition reported to be responsible (DHA, EPA and vit A). Cuase in pike-perch is unknown.  |
| <b>Other species:</b>           | S. aurata, D. labrax  |
| <b>Other:</b>                   |   |
| <b>References:</b>              |   |

|                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
|                          |  |  |
| <b>Early life stages</b> |  |  |
| <b>Juvenile to on-</b>   |  |  |



# Lower jaw deformities

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Anatomy:</b>                 | Manibular and dentary bones affected. <i>Misdannelse af underkæben.</i> |
| <b>Ontogeny:</b>                | Early life stages   |
| <b>Known causative factors:</b> | Unknown   |
| <b>Other species:</b>           | D. labrax, S. aurata  |
| <b>Other:</b>                   |   |
| <b>References:</b>              |   |

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
|                   |  |  |
| Early life stages |  |  |
| Juvenile to on-   |  |  |

## ***Bilag 5***

**Liste over væsentlig litteratur vedrørende opdræt af sandart**

## Litteraturoversigt over videnskabelige artikler vedr. sandart

I nedenstående skema findes en oversigt over artikler med relevans for opdrættere af sandart. Artiklerne er ophavsretsmæssigt beskyttet, men kan købes enkeltvis på internettet hos de forskellige udgivere af tidsskrifterne. Nærværende oversigt kan ikke betragtes som fuldstændig, men rimeligt dækkende for perioden indtil sommeren 2010. Artiklerne er alfabetisk ordnet efter fornavn på hovedforfatter

| Forfatter   | Titel   | Tidsskrift og år   | Abstract  |
|---|---|--|---|
| A.<br>KOWALSKA1,<br>Z. ZAKEŚ1,<br>B.<br>JANKOWSKA2,<br>A. SIWICKI1                          | Substituting vegetable oil for fish oil in pikeperch diets: the impact on growth, internal organ histology, blood biochemical parameters, and proximate composition | Aquaculture Nutrition Early View (Articles online in advance of print)   | The aim of the study was to evaluate the impact of supplementing feed with vegetable oil on the growth, blood biochemical parameters, and histological structures in the liver, intestines, spleen, and the chemical composition of juvenile pikeperch. The fish were fed isoprotein and isoenergetic feeds with 190 g kg <sup>-1</sup> of fat. Feeds were supplemented with fish oil (FO), linseed oil (LO), or peanut oil (PO) in the same quantities (160 g kg <sup>-1</sup> ). The fourth group of fish was fed commercial feed (CF). Feeding juvenile pikeperch with various lipid quantities did not result in differences in fish growth. The highest apparent protein retention and the lowest apparent lipid retention values were observed in pikeperch fed with LO. LO resulted in a low content of palmitic acid and high of $\alpha$ -linolenic acid in the feed and was linked to a significantly lower lipid and higher protein content in the viscera, and pathological changes in the liver. Vegetable oils increased the viscerosomatic index value and activity in aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase, ceruloplasmin, and higher bilirubin content. Supplementation with vegetable oils in pikeperch feed lowered the content of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in filets compared to feed with FO. |
| Ana Carolina Luchiari1,2, Fulvio Aurélio De Moraes Freire3, Juha Koskela4, Juhani Pirhonen1 | Light intensity preference of juvenile pikeperch Sander lucioperca (L.)   | Aquaculture Research Volume 37, Issue 15, pages 1572–1577, November 2006 | Light intensity preference of the pikeperch was tested in 1-m <sup>2</sup> tanks divided into four lateral compartments with a hole in the middle to allow the fish to move between compartments. Two experiments were carried out with both 0+ and 1+ pikeperch: one testing intensities from 25 to 300 lx and the other from 1 to 50 lx. Light preference was observed individually for 5 days at 8, 11, 14 and 17 h. On the first and fifth day, the preference was tested without differences in light intensity (control). In both experiments, both age groups showed preference for the lowest available light intensity. Preference for low light intensity in pikeperch may be related to innate activity and feeding behaviour and to avoidance of harmful effects of light. It is suggested that under aquaculture operations, pikeperch should be reared under very dim conditions.   |
| Ana Carolina  | Longer wavelengths  | Aquaculture  | We tested the effects of monochromatic light on the specific growth rate (SGR), feed intake and   |



|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <p>Luchiarì1,2,†,<br/>Fulvio Aurélio<br/>De Moraes<br/>Freire3,<br/>Juhani<br/>Pirhonen2,<br/>Juha Koskela4</p> | <p>of light improve the growth, intake and feed efficiency of individually reared juvenile pikeperch <i>Sander lucioperca</i> (L.)</p> | <p>Research<br/>Volume 40, Issue 8,<br/>pages 880–886,<br/>May 2009</p>                  | <p>feed efficiency (FE) of juvenile pikeperch, <i>Sander lucioperca</i> (L.). Pikeperch were reared individually for 42 days in aquaria covered with blue, green, yellow or red gelatin filters or white paper (control; n=5). Linear regression analysis indicated a significant positive effect of longer wavelengths of light on the condition factor (CF), FE and SGR. The final weight, SGR and CF were significantly higher in fish reared under red than under white light, and FE was better under green, yellow and red light than under white light (Dunnett's post hoc test, <math>P &lt; 0.05</math>) while blue was comparable to white light in terms of the measured parameters. After the growth trial, the spectral sensitivity of photoreceptor cells in the retina was tested using microspectrophotometry, which revealed the presence of rods with <math>\lambda_{max}</math> at ca. 530 nm and two cone classes, absorbing maximally at ca. 535 and 603 nm, all containing a porphyropsin-based pigment. These results suggest that the presence of mid and long wavelength-sensitive cones enhances visual sensitivity under mid-wavelength and long-wavelength environments, and thus supports the finding that longer wavelengths of incoming light can improve FE and SGR of the cultivated pikeperch.</p>   |
| <p>András Rónyai</p>  | <p>Induced out-of-season and seasonal tank spawning and stripping of pike perch (<i>Sander lucioperca</i> L.)</p>                      | <p>Aquaculture<br/>Research<br/>Volume 38, Issue 11, pages 1144–1151, August 2007</p>    | <p>Nine trials were carried out on the induced propagation of pike perch in out-of-season as well as in the natural reproduction period. From January till May, periodically, 16–20 pairs were transported to the hatchery, and acclimated to 15–16°C. The following hormonal treatments were used to induce reproduction: carp pituitary homogenate (CP) and human chorionic gonadotropin (hCG) alone or in combination; gonadotrop-releasing hormone 'Ovurelin' (D-Phe6-LH-RH) alone or with metaclopramid (MTC); and 'Ovopel' [containing des-Gly10-(D-Ala6)-LH-RH-ethylamide and MTC]. The effects of daylight regime, water temperature and the length of the pre-spawning conditioning period on the reproduction performance were determined. From the 130 hormonally treated pairs, 122 either spawned in tanks or were stripped. There were no differences in the ovulation rate between out-of-season (93%) and seasonal (91%) propagation. The developmental stage of the eggs correlated with the latency period, which significantly declined from January till April. The latency period was the shortest in fish treated with hCG and, secondly, with CP. The germinal vesicle migration did not proceed without hormonal treatment, although in some trials breeders were kept at the spawning temperature for 1–2 weeks. The results demonstrate that the pike perch can be successfully induced to spawn about 3 months earlier than its natural spawning season, which allows a significantly prolonged yearly supply of fry.</p> |
| <p>András Rónyai,<br/>István Csengeri</p>   | <p>Effect of feeding regime and temperature on ongrowing results of pikeperch (<i>Sander lucioperca</i> L.)</p>                        | <p>Aquaculture<br/>Research<br/>Volume 39, Issue 8,<br/>pages 820–827,<br/>June 2008</p> | <p>This study aimed to determine the effect of feeding rates and water temperatures on the growth, feed utilization and size heterogeneity changes in subadult pikeperch. Fish with an average weight of 84±19 g were fed with a commercial trout diet for 18 weeks at a water temperature of 20 °C and 25 °C. Four feeding rates (PSFR) were predicted at both temperatures, which corresponded to 1.0%, 1.25%, 1.50% and 2.0% of body weight per day (bw day<sup>-1</sup>) for the first, and to 0.8%, 1.0%, 1.2% and 1.4% of bw day<sup>-1</sup> for the second 9 weeks respectively. At the end of the experiment, the individual weight averaged 273±82 g. Pikeperch showed a better growth rate [specific growth rate (SGR)] and apparent feed conversion rates (AFCR) at the higher temperature. Thermal-unit growth coefficient (TGC) was better at the lower temperature. The values of SGR, TGC and AFCR significantly increased with increasing PSFR at both</p>  |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <p>Andreas Müller-Belecke,<br/>Steffen Zienert</p>  | <p>Out-of-season spawning of pike perch (<i>Sander lucioperca</i> L.) without the need for hormonal treatments</p>                                | <p>Aquaculture Research<br/>Volume 39, Issue 12, pages 1279–1285, September 2008</p> | <p>The values of TGC plotted against the computed feeding rates allowed estimation of the maximum feeding rates (1.25% and 1.15% of bw day<sup>-1</sup> for pikeperch of 150–180 g at 25 and 20 °C respectively). Size heterogeneity changes were affected neither by the feeding rate nor by temperature.</p> <p>The provision of fry and fingerlings, independent of the natural spawning season, can facilitate the implementation of innovative rearing strategies also in pike perch (<i>Sander lucioperca</i> L.). As strict pharmaceutical acts or codes of conduct for organic aquaculture can constrain fish farmers in inducing spawning with hormonal applications, this study intended to develop protocols for advanced and postponed spawning just by simple photo-thermal treatments. After spending between 31 and 61 days at temperatures below 10 °C, different groups of pike perch spawners were treated with light and temperature programmes to advance spawning. Reproduction could be induced successfully 2 months before the natural spawning season when the mating pairs spent 43 or more days below 10 °C, followed by a maturation phase of 44–68 days at 15 °C and 16 h illumination per day. Advanced spawning could be documented for 32 out of 35 females (91%) that underwent photo-thermal treatments. Mean commercial fecundities up to 24% and average rates of developing eggs of 65% were observed in advanced spawning groups. Coldbanking of mature females allowed to postpone spawnings for 2 and 3 months. However, no egg development could be recorded in these treatment groups.</p> |
| <p>Balázs Kucska,<br/>László Pál,<br/>Tamás Müller,<br/>Márk Bódis,<br/>Ádám Bartos,<br/>László Wágner,<br/>Ferenc Husvéth,<br/>Mikós Beresényi</p> | <p>Changing of fat content and fatty acid profile of reared pike (<i>Esox lucius</i>) fed two different diets</p>                                 | <p>Aquaculture Research<br/>Volume 37, Issue 1, pages 96–101, January 2006</p>       | <p>Fat content and fatty acid profile of two pike yearling groups grown on two different diets were compared. The groups originated from culture on artificial feed. One group (cultured pike fed first pellet then prey-fish (PF)) was fed with natural food, live prey-fish, while the other one (cultured pike fed exclusively pellet (PP)) by trout feed through a 3-month experimental period. Growth of pike was lower with PP than with PF. The trout feed resulted in an increase of the fat content of fillet and the formation of abdominal fat depots. Feeding of natural food decreased the fat content. The proportion of the saturated fatty acids in fillet was higher in the (PF) group. The n-6 fatty acids (arachidonic C20:4n-6 and docosatetraenic C22:4n-6 acids) were lowest in PP-fed pike. Regarding total n-3 fatty acids ratio there was no significant difference between the groups, but the level of <math>\alpha</math>-linolenic (C:18:3n-3) acid showed significant difference among groups.</p>   |
| <p>Barbara Jankowska,<br/>Zdzisław Zakęś,<br/>Tomasz Źmijewski and<br/>Mirosław Szczepkowski</p>  | <p>A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter yield of wild and cultivated pikeperch <i>Sander lucioperca</i> (L.)</p> | <p>European Food Research and Technology<br/>Volume 217, Number 5, 401-405</p>       | <p>The study focused on the comparison of carcass and fillet yields, fillet color, the content of basic components, and the fatty acid composition of tissue from cultivated and wild pikeperch. There was no variation in yield between carcasses and filets. The brightness and redness of the color of the fillet surfaces of both types of fish were comparable, although the yellowness, chromaticity and shade of color differed. The tissue of cultivated fish had three times more fat (2.87%) than did that of wild fish; the difference was compensated for by water content. The protein and mineral component contents did not vary significantly. The total levels of saturated and monounsaturated acids in the tissue lipids in 1 g of fat varied. No differences were observed between the total amount of polyunsaturated fatty acids (PUFA), PUFAn-3, PUFAn-6, or in the n-3/n-6 proportion. One consequence of the higher fat content in cultivated pikeperch tissue was that the contents of</p>   |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| C. SCHULZ1,<br>M. BÖHMI,<br>M. WIRTH2,<br>B. RENNERT2  | Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (Sander lucioperca)                       | Aquaculture Nutrition Volume 13, Issue 5, pages 373–380, October 2007  | <p>icosapentaenoic (EPA; 20:5n-3) and docosahexaenoic (DHA; 22:6n-3) acids per 100 g of fillet were significantly higher than in the tissue of wild pikeperch.</p> <p>Triplicate groups of pike perch (Sander lucioperca) juveniles were fed six experimental diets containing protein levels varying from 263 to 619 g kg<sup>-1</sup> dry matter (d.m.) for 56 days. Dietary protein was supplied by graded amounts of fish meal (with 720 g kg<sup>-1</sup> crude protein). Crude lipid and gross energy content of 101–107 g kg<sup>-1</sup> and 19.9–20.6 MJ kg<sup>-1</sup> remained constant between experimental diets. Pike perch with an initial body weight of 1.05 ± 0.05 g were randomly distributed in 18 tanks of two similar recirculation systems and fed on gradually decreasing feeding rates of 10 to 6% of their body weight per day. Growth performance and feed conversion increased with dietary protein level from 263 to 549 g kg<sup>-1</sup> d.m. but did not decline at highest dietary protein level. Protein efficiency ratio declined linearly with increasing dietary protein. Survival ranged between 89.7 and 93.9% and was not affected by dietary composition. Dry matter and crude lipid content of pike perch fingerlings decreased with increasing dietary protein supply and significantly the lowest dry matter and crude lipid levels were observed in fish fed diets containing 619 g kg<sup>-1</sup> of crude protein. The dietary protein requirement for pike perch fingerlings calculated by broken-line and second-order polynomial regression ranged between 529 and 577 g kg<sup>-1</sup>, respectively.</p>   |
| C. SCHULZ1,<br>U. KNAUS1,<br>M. WIRTH2,<br>B. RENNERT2 | Effects of varying dietary fatty acid profile on growth performance, fatty acid, body and tissue composition of juvenile pike perch (Sander lucioperca) | Aquaculture Nutrition Volume 11, Issue 6, pages 403–413, December 2005 | <p>Pike perch (Sander lucioperca) has been identified as specie destined to diverse European inland aquaculture, but knowledge on the nutritional requirements is weak. Therefore, we investigated the effect of varying dietary fatty acid (FA) profile by partial replacement of fish oil (FO) with vegetable oils on growth, FA and body composition of juvenile pike perch. An extruded basal diet containing 59 g kg<sup>-1</sup> crude lipids (FO) was added with 60 g kg<sup>-1</sup> FO, 60 g kg<sup>-1</sup> linseed oil (LO) or 60 g kg<sup>-1</sup> soybean oil (SO). The resulting dietary FA composition differed mainly in the triglyceride fraction and was characterized by highest amounts of linolenic acid (18:3 n-3) in the LO diet and linoleic acid in the SO diet. Diet enriched with FO contained highest contents of highly unsaturated FA 20:5 n-3 (eicosapentaenoic acid) and 22:6 n-3 (docosahexaenoic acid). Pike perch were held in a recirculation system and each feeding group (in triplicate) was fed with experimental diets at a daily rate of 35 g kg<sup>-1</sup> of biomass for 57 days by automatic feeders. Weight gain and specific growth rate of experimental feeding groups ranged between 18.47 and 19.58 g and 1.37–1.45% day<sup>-1</sup> and was not affected by the dietary composition indicating that FO can be replaced by vegetable oils without negative impact on growth performance. In contrast to the whole body and muscle composition, liver tissue was affected by the varying diets. Liver tissues of fish fed diets enriched with vegetable oils showed significantly increased lipid contents of 162 (LO) and 147 (SO) g kg<sup>-1</sup> and indicate decreased lipid utilization compared with fish fed FO diet (liver lipid content 112 g kg<sup>-1</sup>). Nevertheless, hepatosomatic index of pike perch was not influenced by dietary lipid composition. The FA profile of pike perch was generally determined by the dietary FAs.</p> |
| C. SCHULZ1,<br>M. HUBER2,                              | Effects of varying dietary protein to   | Aquaculture Nutrition  | <p>The present study investigated the effect of varying dietary protein-to-lipid ratios (P/L) on growth performance and body composition of pike perch (Sander lucioperca) fingerlings with an initial</p>  |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <p>J. OGUNJIB,<br/>B. RENNERT3</p>   | <p>lipid ratios on growth performance and body composition of juvenile pike perch (<i>Sander lucioperca</i>)</p>                 | <p>Volume 14, Issue 2, pages 166–173, April 2008</p>                       | <p>body weight of 1.35–1.40 g. Triplicate groups were reared during 56 days in recirculation systems and fed six experimental diets containing three dietary levels of lipid (90, 130, 170 g kg<sup>-1</sup> of dry matter, d.m.) combined with two levels of dietary protein (470, 540 g kg<sup>-1</sup> d.m.). During the experimental period the fixed feeding rates decreased from 10% to 5% of the total fish biomass per day. In contrast to previous results obtained with this species, the present study clearly demonstrated the occurrence of protein sparing effect. The best results for feed conversation ratio and specific growth rates were obtained in the treatments containing highest lipid level: diet 3 (P/L 47/17) and diet 6 (P/L 53/17). The d.m. and crude lipid contents of pike perch whole body increased in direct proportion of the dietary lipid levels. No difference was observed on crude protein and ash content among the treatments. Increasing hepatosomatic index at highest dietary lipid level suggested a limited lipid utilization of percid.</p>  |
| <p>Carsten Schulz,<br/>Steffen Günther,<br/>Manfred Wirth<br/>and Bernhard<br/>Rennert</p> | <p>Growth performance and body composition of pike perch (<i>Sander lucioperca</i>) fed varying formulated and natural diets</p> | <p>Aquaculture International, 2006, Volume 14, Number 6, Pages 577-586</p> | <p>To assess the effect of dietary composition on growth performance and body composition of pike perch (<i>Sander lucioperca</i>), fingerlings with an initial body weight of 1.36 g (just trained to accept formulated feed) were fed three experimental diets in triplicate for 90 days. Two feeding groups were fed with formulated diets (CD, CD+7) containing varying levels of crude lipid (CL) of 14.65% and 21.94% dry matter (d.m.) with crude protein (CP) levels of 59.73% and 56.56%, and one feeding group was fed a natural diet (chironomids, CP = 65.93% d.m.; CL = 7.20% d.m.). Furthermore, pike perch of the same age caught in different natural habitats were analysed to determine their naturally fluctuations in body composition. Specific growth rate (SGR; CD = 3.36, CD+7 = 3.47) and feed conversion ratio (FCR; CD = 1.02, CD+7 = 0.93) of fish fed formulated diets did not differ significantly with rising dietary lipid content, due to high variability within the individuals of each feeding groups. In contrast, pike perch fed with chironomids showed a significantly lower SGR of 2.49 and higher FCR of 2.37 (on a dry matter basis). Body composition of pike perch fed formulated diets was affected by dietary composition and showed increased lipid contents [CD=6.25% original matter (o.m.), CD+7 = 9.00% o.m.] with rising dietary lipid levels. Pike perch of CD and CD+7 feeding groups showed significant increased hepatosomatic indices (HSIs) of 1.99 and 2.05 in contrast to fish fed chironomids with HSI of 1.11. Fish caught in the different natural habitats were characterised by low body lipid and dry matter contents of 0.64–1.88% o.m. and 21.08–23.75% o.m. Higher lipid incorporation of fish fed with formulated diets accompanied with poor benefit on growth performance at higher dietary lipid content indicated that pike perch ability to utilise lipids is low when dietary crude protein content is higher than 56.56%.</p> |
| <p>D.W. Johnson I, a<br/>and I. Katavica</p>   | <p>Mortality, growth and swim bladder stress syndrome of sea bass (<i>Dicentrarchus labrax</i>) larvae under varied</p>          | <p>Aquaculture Volume 38, Issue 1, 15 April 1984, Pages 67-78</p>          | <p>Responses to variations in light, temperature and salinity by sea bass larvae are described here. Massive mortality of larvae has been common in Mediterranean culture efforts. This mortality, associated with swim bladder malfunction, has been analysed regarding its association with individual stresses. Optimum temperatures for sea bass growth are clearly unsuited to larval rearing, while brackish sea water (25‰) just as clearly improves growth and survival. Light and nutritional regimes as well as water quality are other sources of</p>  |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|   | environmental conditions   |  | <p>environmental stress that may induce the swim bladder stress syndrome (SBSS) and reduce growth and survival. SBSS should not be confused with “gas bubble” disease and its most effective treatment depends on an understanding of larval environmental requirements.</p> <p>Larval growth was enhanced by both decreased salinity and increased temperature, but not by increased light. SBSS and mortality were avoided only when larvae were held at ambient temperature (12.5°C), natural light, and reduced salinity (25‰). Larvae dying with distended swim bladders also had other symptoms of environmental stress—spinal abnormalities, calculi in the urinary bladders, copious mucous and opaque (edemous) tissues. Elevations of temperature and light, as well as ambient sea water (36‰) are environmental stressors and induce SBSS.</p>  |
| <p>Fabrice Teletchea, Jean-Noël Gardeura, Martin Psenickab, Vojtech Kasparb, Yannick Le Doréa, Otomar Linhartb and Pascal Fontainea</p> | <p>Effects of four factors on the quality of male reproductive cycle in pikeperch <i>Sander lucioperca</i></p> | <p>Aquaculture Volume 291, Issues 3-4, 16 June 2009, Pages 217-223</p> | <p>A multiplicity of factors could modulate the quality of gametogenesis in fish. In the present study, we used a fractional factorial design (24-1, resolution IV) experiment to determine the possible effects and interactions between three nutritional factors both before (initial fat store: high vs low initial fat index) and during an entire reproductive cycle (food type: pellets vs forage fish, feeding rate: ad libitum vs restricted) and photoperiodic condition (simulated natural vs natural photoperiod) on both male pikeperch condition at spawning and sperm quality. The initial fat store of males appeared to be the most influential factor on the quality of sperm, in terms of the concentration of spermatozoa and motility at 15 s, and also on the timing of spermiation: fish with high initial fat store were spermiating earlier during the spawning season. A significant interaction between the initial fat store and feeding rate during fall and winter was found on the variation of weight, i.e., pikeperch changed its feeding behaviour according to the modalities of these two factors. On the opposite, feeding rate, food type and photoperiodic conditions during the experiment appeared less important. Consequently, the use of males with high initial fat store before the starting of a reproductive cycle is strongly recommended.</p> |
| <p>Grete Baevarfjord, Synnøve Helland, Courtney Hough</p>   | <p>Control of malformations in fish aquaculture</p>  | <p>Finefish 2009, Federation of the European Aquaculture Producers</p> |   |
| <p>I. LUND, S.J.</p>  | <p>The effects of dietary long-chain</p>   | <p>Aquaculture Nutrition</p>   | <p>The nutritional requirements of pikeperch larvae have been sparsely examined. Dietary polyunsaturated fatty acids, arachidonic acid (ARA), eicosapentaenoic acid (EPA) and</p>   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <p>STEENFELDT</p>  | <p>essential fatty acids on growth and stress tolerance in pikeperch larvae (Sander lucioperca L.)</p> | <p>Early View (Articles online in advance of print)</p>                                    | <p>docosahexaenoic acid (DHA) may affect growth and physiological stress response in marine fish larvae, but these mechanisms have not received as much attention in freshwater fish. Pikeperch larvae were reared on Artemia from day 3 until 21 days posthatch. Artemia were enriched with six formulated emulsions, with inclusion of either fish oil, pure olive oil (POO) or olive oil supplemented with various combinations of ARA, EPA and DHA. Larval tissue FA was significantly related to the content in the diets, but larval growth was similar for all treatments. When exposed to stress by confinement in small tanks with culture tank water or saline water (15 g L<sup>-1</sup>), mortality in larvae treated with POO was significantly higher than in the remaining treatments while tissue cortisol contents in these fish seemed lower. The findings of a lower stress response in larvae fed POO may be related to the lower tissue content in these larvae of essential fatty acids especially DHA but also EPA and ARA.</p>  |
| <p>J. LAPPALAINEN,<br/>T. MALINEN,<br/>M. RAHIKAINEN,<br/>M. VINNI,<br/>K. NYBERG,<br/>J. RUUHJÄRVI,<br/>M. SALMINEN</p> | <p>Temperature dependent growth and yield of pikeperch, Sander lucioperca, in Finnish lakes</p>        | <p>Fisheries Management and Ecology<br/>Volume 12, Issue 1, pages 27–35, February 2005</p> | <p>A non-linear growth model was used to evaluate the effects of temperature and age on annual length increments of pikeperch, Sander lucioperca (L.), in seven lakes in Finland. Length increments were derived by back-calculation using the Fraser–Lee method. Annual length increments increased from age 1 to age 3 and then decreased, while at the same time length increments and air temperature had positive correlation until age 12. Age- and size-structured yield per recruit models were used in two lakes to evaluate the effects of temperature and gillnet mesh size on pikeperch yield. In these two lakes maximum yield could be obtained with 60 and 70 mm (bar length) gill nets. In the second lake, as typically in Finland, 45–50 mm gill nets are the most frequently used. The use of larger mesh size gill nets would increase pikeperch yield from 685 to 1000 g per recruit based on the present mean temperature. In both lakes increase in temperatures would increase yield if mesh size is simultaneously increased. Higher pikeperch yield can be expected in the future because of climate warming.</p>   |
| <p>J. Lappalainen1,<br/>H. Dörner2,<br/>K. Wysujack2</p>   | <p>Reproduction biology of pikeperch (Sander lucioperca (L.)) – a review</p>                           | <p>Ecology of Freshwater Fish<br/>Volume 12, Issue 2, pages 95–106, June 2003</p>          | <p>The present review focuses on the reproduction biology of pikeperch (Sander lucioperca (L.)). Aspects like maturity, fecundity, spawning migrations, spawning habitats, onset of spawning, and development time of eggs were reviewed. The onset of maturity is reached at younger age in southern than northern populations due to higher growth rate in the south. Males mature at smaller size and are on average younger than females. Absolute fecundity is closely related to the length and weight, but no clear relationship could be found between relative fecundity and length. Statistically significant relationships were found between the onset of spawning and latitude, and between the duration of the development time of eggs and stable water temperature. Near the southern limits of distribution, the onset of spawning is in February while near the northern limits it is in June. The interannual variability in fecundity and in the onset of maturity and further the factors affecting them have not been studied much. Furthermore, it is not known whether these variations could affect the population dynamics of pikeperch. Little is also known about the actual spawning behaviour of pikeperch in natural habitats. This is probably due to the typical spawning habitats located at 1–3 m depth in waters with high turbidity and low visibility. Even though the homing behaviour to the same spawning areas is well developed in adults, it is not known whether the adults were actually born in the same area.</p> |
| <p>J. Morozinska-</p>  | <p>A check-list of</p>   | <p>Helminthologia</p>  | <p>The present paper summarized data on parasites of percid fishes (Actinopterygii: Percidae), such</p>   |

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Gogol   | parasites of percid fishes (Actinopterygii: Percidae) from the estuaries of the Polish coastal zone | Volume 45, Number 4, 196-203  | as pike-perch, European perch and ruffe from estuaries of the Polish coastal zone are listed, based on published records and long-term surveys carried out by the author. Parasites are listed alphabetically, separately for each host and for each parasite group with notes on their location on the host and geographical distribution (with references). A total of 41 species (taxa) of parasites were recorded on pike-perch <i>Sander lucioperca</i> (6 Ciliophora, 1 Myxozoa, 1 Monogenea, 11 Digenea, 4 Cestoda, 6 Nematoda, 5 Acanthocephala, 1 Hirudinea, 4 Copepoda and 1 Branchiura). European perch, <i>Perca fluviatilis</i> , harboured 60 parasites (6 Ciliophora, 4 Myxozoa, 1 Monogenea, 18 Digenea, 9 Cestoda, 10 Nematoda, 5 Acanthocephala, 1 Mollusca, 1 Hirudinea, 4 Copepoda and 1 Branchiura). Ruffe <i>Gymnocephalus cernuus</i> featured 43 parasites (1 Microsporidia, 7 Ciliophora, 3 Myxozoa, 1 Monogenea, 13 Digenea, 5 Cestoda, 8 Nematoda, 2 Acanthocephala, 1 Mollusca and 2 Copepoda).  |
| Krystyna Demska-Zakeś1, Zdzisław Zakeś2, Jakub Roszuk3    | The use of tannic acid to remove adhesiveness from pikeperch, <i>Sander lucioperca</i> , eggs       | Aquaculture Research Volume 36, Issue 14, pages 1458–1464, October 2005 | The studies conducted in 2003–2004 focused on the possibilities of applying a tannic solution to remove adhesiveness from pikeperch eggs. Spawners were caught in Lake Pałnowskie (central Poland) and then transported to the Gosławice Fish Farm. After initial selection, the fish were weighed, measured and stimulated with human chorionic gonadotropin. Gametes were obtained 5 days after the first injection. The weight and diameter of the eggs, and the commercial fecundity of individual females were determined. The eggs were fertilized with the dry method. After the addition of water, the eggs were mixed for 4 min, and then divided into 20 g portions. After determining the number of eggs in the various portions, the adhesiveness removal procedure was performed. Three concentrations of tannic acid solution (500, 1000, 1500 mg L <sup>-1</sup> ) and three exposure times (0.5, 2, 5 min) were applied. The eggs were incubated in Weiss jars. The studies indicated that both the solution concentration and the exposure time significantly (P<0.05) impacted pikeperch egg hardening, the degree of adhesive removal and embryo survival. The tannic acid solution concentration of ≤500 mg L <sup>-1</sup> applied for 0.5–2 min was not effective; the eggs clumped and it was impossible to separate them even with intensive mixing. Better results were obtained using higher tannic acid concentrations and/or by lengthening exposure time. The adhesiveness of pikeperch eggs disappeared completely after 5 min exposure to tannic acid solution concentrations of 500–1500 mg L <sup>-1</sup> or after 2 min exposure to solution concentrations of 1000–1500 mg L <sup>-1</sup> . In these variants, the embryo survival rate to the eyed-egg stage was 78.0–84.0% (2003) and 82.3–84.7% (2004). However, high tannic acid concentration had a negative impact on the pikeperch larvae hatching. The greatest decrease in survival rate was observed in groups exposed to a tannic acid solution of 1500 mg L <sup>-1</sup> for 2 and 5 min periods. Thus, the optimum method for removing pikeperch egg adhesiveness was to apply a solution of tannic acid at a concentration of 500 mg L <sup>-1</sup> for 5 min or 1000 mg L <sup>-1</sup> for 2–5 min. |
| Laetitia Nyinawamwiza, Xueliang L Xu, Gersande Blanchard, | Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body         | Aquaculture Research Volume 36, Issue 5, pages 486–492, March 2005      | Pikeperch <i>Sander lucioperca</i> fingerlings were fed nine practical diets containing three levels of protein (P=34%, 43% and 50%), lipid (L=10%, 16% and 22%) and carbohydrate (C=10%, 15% and 20%) for 10 weeks in a recirculating water system at 23°C. Dietary treatments were distributed by orthogonal design with dietary energy content ranging from 15.5 to 23.1 MJ kg <sup>-1</sup> diet. Significant differences (P<0.05) in weight gain (%) and feed efficiency (FE) were observed after feeding trial. Relatively low growth and FE were found in fish fed diets containing 34%   |

|                                      |  |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|
| Patrick Kestemont                    | composition of pikeperch <i>Sander lucioperca</i> fingerlings  |  | dietary protein level compared with that of fish fed diets with 43–50% protein levels, suggesting that 34% dietary protein probably is below the protein requirements of pikeperch fingerlings. Fish fed diets containing P43L10C15, P43L22C20 and P50L16C20 had significantly ( $P<0.05$ ) higher weight gain and FE than fish fed the diets containing other dietary P/L/C ratios. There was no significant difference in weight gain and FE between fish fed diets of P43L10C15, P43L22C20 and P50L16C20. These results may indicate that pikeperch require at least 43% of dietary protein for adequate growth and FE, and considering the fish growth and feed ingredient cost P43L10C15 diet is more cost-effective formulation for pikeperch fingerling. However, protein efficiency was not significantly affected by dietary P/L/C ratio.   |
| Lahnsteiner F, Mansour N.            | Sperm fine structure of the pikeperch, <i>Sander lucioperca</i> (Percidae, Teleostei).   | J Submicrosc Cytol Pathol. 2004 Jul-Oct;36(3-4):309-12 | The spermatozoon of the pikeperch, <i>Sander lucioperca</i> represents a new type of sperm organization. It differs in several parameters from <i>Perca fluviatilis</i> , i.e., the cell dimensions, the organization of the midpiece, and the structure of nucleus, mitochondria and centriolar complex.  |
| M. Bódis and M. Bercsényi            | The effect of different daily feed rations on the growth, condition, survival and feed conversion of juvenile pikeperch ( <i>Sander lucioperca</i> ) reared with dry feed in net cages | Aquaculture International Volume 17, Number 1, 1-6     | Pikeperch ( <i>Sander lucioperca</i> ) fingerlings, trained on dry feed, were kept in pond cages and fed with 2, 4 or 6% of their actual body weight in dry feed. The effect of the daily ration and the temperature of the pond water on the growth, survival, condition factor and feed conversion were observed in an 8-week experiment. The appropriate daily ration at 17–18°C was 2%, while at 24–25°C the 4% ration seemed to be advisable for the practice. The two higher rations led to significantly higher final body weights than the lowest feeding ration. There were no significant differences between the final condition factors or the survivals of the groups. The best feed conversion (FCR) was achieved at the 2% daily ration group and the worst at the 6% group in each week of the experiment.   |
| M. Bódis, B. Kucska and M. Bercsényi | The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch ( <i>Sander lucioperca</i> ) in the transition from live food to formulated feed                       | Aquaculture International Volume 15, Number 1, 83-90   | The efficiencies of four feeding methods were compared in the transition period from live food to dry feed in pikeperch ( <i>Sander lucioperca</i> ). Pond-nursed fry were trained to artificial feed without a transition (Group P) and with a transition, using a combination of dry feed and different kinds of live food— <i>Chironomus</i> larvae (Group C), <i>Tubifex</i> (Group T) and <i>Daphnia</i> (Group D)—during a 12-day-long trial. The ratio of dry feed for the transition groups was increased from 0 to 100% in 3-day intervals. The highest specific growth rates and condition factors were detected for Group C (4.2%, $1.46 \pm 0.5$ ) and Group T (4.2%, $1.48 \pm 0.6$ ), respectively. The survival percentages of the groups were as follows: 86.7 $\pm$ 9% (Group C), 78 $\pm$ 4% (Group T), 52 $\pm$ 1.4% (Group D) and 41 $\pm$ 9% (Group P). The rate of cannibalism ranged between 6.3 and 13.7% during the transition period. Larger-sized fish seemed to learn more rapidly to accept dry feed than their smaller counterparts. |
| Maciej Szkudlarek and                | Effect of stocking density on survival   | Aquaculture International                              | The effect of stocking density on the survival and growth of pikeperch, <i>Sander lucioperca</i> (L.), larvae was examined in two consecutive experiments. In experiment I, 4-day-old larvae [body wet   |



|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| Zdzislaw Zakeś   | and growth performance of pikeperch, <i>Sander lucioperca</i> (L.), larvae under controlled conditions                                    | Volume 15, Number 1, 67-81  | weight (BW): 0.5 mg; total body length (TL): 5.6 mm] were reared in 200-l cylindro-conical tanks in a closed, recirculating system ( $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ) at three stocking densities (25, 50 and 100 larvae l <sup>-1</sup> ) and fed a mixed feed (Artemia nauplii and Lansy A2 artificial feed) for 14 consecutive days. At densities of 25 and 100 larvae l <sup>-1</sup> , growth rate and survival ranged from 2.7 to 1.9 mg day <sup>-1</sup> and from 79.2 to 72.3%, and fish biomass gain ranged from 0.6 to 2.0 g l <sup>-1</sup> , respectively. There were two periods of increased larval mortality: the first was at beginning of exogenous feeding and the second during swim bladder inflation. In experiment II, 18-day-old larvae (BW: 35 mg; TL: 15.6 mm) obtained from experiment I were reared under culture conditions similar to those of experiment I, but at lower stocking densities (6, 10 and 15 larvae l <sup>-1</sup> ). The fish were fed exclusively with artificial feed (trout starter) for 21 consecutive days. At densities of 6 and 15 larvae l <sup>-1</sup> , the growth rate and fish biomass gain ranged from 28.8 to 23.1 mg day <sup>-1</sup> and from 2.0 to 3.3 g l <sup>-1</sup> , respectively. The highest survival (56.5%) was achieved at a density of 6 larvae l <sup>-1</sup> . Mortality at all densities was mainly caused by cannibalism II type behaviour (27–35% of total). In both experiments, growth and survival were negatively correlated and fish biomass gain positively correlated with stocking densities. The present study suggests that the initial stocking density of pikeperch larvae reared in a recirculating system can be 100 individuals l <sup>-1</sup> for the 4- to 18-day period post-hatch and 15 individuals l <sup>-1</sup> for the post-19-day period. |
| Neil Wang1, S N M Mandiki1, Emilie Henrotte1, Abdel-Ghany Bouyahia1, Guillaume Mairesse3, Carole Rougeot2, Charles Melard2, Patrick Kestemont1 | Effect of partial or total replacement of forage fish by a dry diet on the quality of reproduction in pikeperch, <i>Sander lucioperca</i> | Aquaculture Research Volume 40, Issue 3, pages 376–383, February 2009 | The aim of this preliminary study was to evaluate the influence of different feeding regimes on the quality of reproduction in pikeperch. Three diets were tested: forage fish (FF), a commercial dry feed (DD) and a mix of both (FD). The diets were given to fish throughout a complete reproductive cycle. During the spawning season, couples were injected with human chorionic gonadotropin (hCG) and let to spawn on nests. Proportion of running males, spawning and hatching success and larval quality (weight, length, body protein, total lipid, fatty acid and lipid class compositions and resistances to osmotic shock and starvation stress tests at hatching) were evaluated. The proportion of running male was lower in the DD group than in the FF and FD groups (54% for DD against 76–89% for FF and FD). In addition, 25%, 62.5% and 75% of injected couples gave spawning that hatched in DD, FF and FD groups respectively. Larval quality parameters were not significantly different between treatments. The results indicate that overall quality of reproduction was higher in FF and FD treatments than in DD. It suggests that the dry feed used was not totally adequate for pikeperch reproduction. Relations between breeder reproductive performances and the feed compositions are discussed.   |
| Neila Hamza, Mohamed Mhetli and Patrick Kestemont  | Effects of weaning age and diets on ontogeny of digestive activities and structures of pikeperch ( <i>Sander</i>                          | Fish Physiology and Biochemistry Volume 33, Number 2, 121-133         | Growth and ontogeny of digestive function were studied in pikeperch ( <i>Sander lucioperca</i> ) larvae weaned on artificial food at different ages. Three weaning treatments initiated respectively on day 9 (W9), day 15 (W15) or day 21 (W21) post-hatching (p.h.) were compared with a control group, fed <i>Artemia nauplii</i> from first feeding until the end of the rearing trial on day 36 p.h. The digestive enzyme activities and the ontogeny of digestive structures were investigated using enzymatic assays and histological methods. Growth of pikeperch larvae was significantly affected by precocious weaning. Pancreatic (trypsin and amylase) and intestinal (leucine-alanine peptidase, leucine aminopeptidase N and alkaline phosphatase) enzyme activities were detected from   |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   | luciperca ) larvae  |  | <p>hatching onwards, increased at the moment of first feeding and then decreased. Pepsin secretion occurred at day 29 p. h. only, concurrently with the stomach development and differentiation of gastric glands. In the early weaning group (W9) the maturation process of intestinal enterocytes seems to be impaired and/or delayed and several signs of malnutrition were recorded. Except for alkaline phosphatase activity, no differences in enzyme activities and development of digestive structures were observed among the control, W21, and W15 groups. Moreover, at the end of the experiment, no differences in proteolytic activities were observed among larvae from the different treatments, indicating that, in surviving individuals, the digestive structures were properly developed and the larvae had acquired an adult mode of digestion. Based on the artificial diet used, our results suggested that pikeperch larvae can be weaned from day 15 p.h. without significant adverse effect on digestive capacities (except for alkaline phosphatase) or development of digestive tract, while earlier weaning impaired the onset of the maturation processes of the digestive system, both in terms of morphological structures and enzymatic activities.</p>  |
| O. Schlumberger,<br>J.-P. Proteau   | Reproduction of pike-perch ( <i>Stizostedion luciperca</i> ) in captivity | Journal of Applied Ichthyology<br>Volume 12, Issue 3-4, pages 149–152, December 1996 | <p>A natural controlled spawning of pike-perch is suggested as the prevailing method providing good results in terms of embryo survival and fry production. Techniques of hormonal induction combined with water temperature manipulation are progressively developed. The eggs are most commonly incubated with the 'nest', or in Zug jars in the case of artificial fertilization. The larvae are then transferred into specific containers for their yolk absorption. The success rate from egg to free-swimming fry is 60–70%.</p>   |
| Patrick Kestemont, Xu Xueliang, Neila Hamzaa, Jean Maboudoua and Ibrahim Imorou Tokoa | Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture                  | Aquaculture<br>Volume 264, Issues 1-4, 6 April 2007, Pages 197-204                   | <p>The effects of weaning age and diets on survival, cannibalism, deformity and growth were investigated in pikeperch post-larvae <i>Sander luciperca</i>. In a first experiment, fish were fed Artemia nauplii after hatching and then divided, on days 12, 19 and 26 post-hatch, into groups receiving Artemia nauplii as control or artificial diet. Significant differences were observed on survival, cannibalism, deformity and growth performance between the different weaning age and control groups. The best growth (mean weight gain = 380.8 mg) with the lowest mortality (48.1%) and lowest deformity rate (11.9%) but high cannibalism (36.7%) was obtained in larvae weaned at day 19 post-hatch, whereas the lowest growth (mean weight gain = 218.9 mg) with the highest mortality (68.6%), high deformity (22.3%) and low cannibalism (13.8%) was obtained in fish weaned at day 12 post-hatch. The highest survival but with highest deformity, mainly incomplete mouth development, was observed in control group that was fed Artemia nauplii only. In a second experiment, 19-day old post-larvae were fed different larval feeds (formulated for marine or freshwater fish species) during 18 days and performances (survival, growth, cannibalism, resistance to osmotic stress test) were compared to fish fed standard or HUFA + vitamin C enriched Artemia metanauplii. The best growth was obtained in fish fed Artemia metanauplii (final mean weight = 301.5 and 372.7 mg, in standard and enriched Artemia groups, respectively), while the feeds formulated for freshwater fish species resulted in better growth (final mean weight = 176.6 and 230.8 mg) than those formulated for marine species (final mean weight = 123.8 and 144.5 mg). The highest survival, growth and resistance to saline stress as well as the lowest deformity were found in fish fed HUFA + vitamin C enriched Artemia metanauplii. Significant differences of ascorbic acid content in fish were observed among the dietary</p> |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <p>Priit Zingel<sup>1,2</sup>,<br/>Tiit Paaver<sup>1</sup></p>     | <p>Effects of turbidity on feeding of the young-of-the-year pikeperch (<i>Sander lucioperca</i>) in fishponds</p>  | <p>Aquaculture Research<br/>Volume 41, Issue 2, pages 189–197, January 2010</p> | <p>treatments, ranging from <math>17.5 \pm 6.4</math> to <math>62.5 \pm 8.3</math> <math>\mu\text{g}</math> fish dry matter<sup>-1</sup>. Highly significant correlations were achieved between dietary ascorbic acid content and the ascorbic acid content in larval carcass (<math>R^2 = 0.91</math>) or the reduction of larval deformity (<math>R^2 = 0.75</math>).</p> <p>The effect of water turbidity on the prey selection and consumption of the young-of-the-year (YOY) pikeperch in the planktivorous feeding stage was studied. Attention was paid particularly to the question of how the food selectivity depends on the size of YOY pikeperch and how the turbidity affects feeding in different size classes. Studies were carried out in ponds of two fish farms in Estonia over 4 years. Small cladocerans were the most preferred prey in the smallest pikeperch size class. In larger size classes, the most selected prey were the large cladocerans. Water turbidity affected the prey selection of the planktivorous pikeperch significantly. In more turbid environments, the larger zooplankters were more positively selected than the smaller ones. Turbidity decreased both total zooplankton consumption and Fulton's condition factor of fish only in the largest size class of pikeperch. The effect of turbidity on foraging and growth, and thus on the size of juvenile pikeperch of a particular year class is substantial under conditions where juveniles cannot shift from planktivory to piscivory.</p> |
| <p>S.-M.E.-A. Abi-Ayad, Z. Boutiba, C. Mélard and P. Kestemont</p> | <p>Dynamics of Total Body Fatty Acids During Early Ontogeny of Pikeperch (<i>Sander lucioperca</i>) Larvae</p>   | <p>Fish Physiology and Biochemistry<br/>Volume 30, Number 2, 129-136</p>        | <p>The fatty acid composition of pikeperch (<i>Sander lucioperca</i>) was determined according to their physiological status, during starvation (10 days) and feeding (28 days). In starved larvae, polyunsaturated, monounsaturated and saturated fatty acids were utilized as metabolic substrates until day 9. At day 10, all fatty acid levels remained stable or, at least, increased in larval body. Among fatty acids, docosahexaenoic acid 22:6 n-3 was used preferentially (20.3% from total fatty acids utilized) followed by palmitoleic acid 16:1 n-7 (13.9%) and then by oleic 18:1 n-9 (12.3%), linoleic 18:2 n-6 (10.1%), linolenic 18:3 n-3 (9.7%) and eicosapentaenoic 20:5 n-3 (9.1%) acids. On the other hand, arachidonic acid 20:4 n-6 was utilized very lowly (0.3%). In fed larvae, no utilization of body fatty acids was observed during the experiment. It seems that energy requirements (and others) of fed larvae were satisfied by feed.</p>   |
| <p>T. MOLNÁR, A. SZABÓ, G. SZABÓ, C. SZABÓ, C. HANCZ</p>           | <p>Effect of different dietary fat content and fat type on the growth and body composition of intensively reared pikeperch <i>Sander lucioperca</i> (L.)</p> | <p>Aquaculture Nutrition<br/>Volume 12, Issue 3, pages 173–182, June 2006</p>   | <p>Two, 42-day feeding experiments were carried out in aquaria working in a recirculation system, to determine the influence of the different dietary fat levels and fat sources on the growth and body composition of pikeperch fingerlings. In the first experiment three levels of dietary fat (F0: 60; F1: 120; F2: 180 g kg<sup>-1</sup>) were tested, compared with a commercial diet (Trouvit, 240 g kg<sup>-1</sup> fat content). F1 and F2 were formulated by adding fish oil. Best growing and feed conversion ratio was obtained with the commercial control diet, which produced also the highest total body fat (117 g kg<sup>-1</sup>) while respective values of fish fed on the other three diets varied between 74.1 and 85.1 g kg<sup>-1</sup>. Different feeds had no significant differences in crude protein content of the fish body. In the second test, besides feeds F0, F1 and F2, two additional feeds were formulated containing 127 g kg<sup>-1</sup> (L1) and 178 g kg<sup>-1</sup> (L2) crude fat (from linseed oil). Dietary fat levels and fat sources had significant effect neither on growth nor on feed conversion ratio. Chemical composition of the whole body did not change significantly due to the different feeds. Linseed oil had a decreasing effect on the sum of saturated fatty acids and increased the oleic and the <math>\alpha</math>-linoleic acid proportions in fillet. However, total polyunsaturated fatty acid (PUFA) proportion</p>  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <p>T. Molnár, Cs. Hancz, M. Bódis, T. Müller, M. Bercsényi and P. Horn</p>                                  | <p>The Effect of Initial Stocking Density on Growth and Survival of Pike-perch Fingerlings Reared under Intensive Conditions</p> | <p>Aquaculture International Volume 12, Number 2, 181-189</p>                    | <p>remained constant.<br/>Pond-nursed pike-perch (<i>Sander lucioperca</i>) fry were trained to artificial diet and reared under controlled conditions maintained in aquaria using three stocking densities (1.25, 1.66 and 2.08 g/l). Two replicates per treatment were applied. The survival during the 4-week period of the experiment ranged from 44.2 to 49.6%. The majority of the losses were caused by cannibalism; only 8–14% could be attributed to natural mortality. Both cannibalism and natural mortality occurred in the first 2–3 weeks of rearing. The differences in the rate of cannibalism were independent of the stocking density. Natural mortality decreased with increasing density, consequently the highest survival was observed under the highest stocking density. Stocking density did not significantly influence growth, feed consumption and feed conversion ratio of the pike-perch fingerlings (p &lt;math&gt;\diamond&lt;/math&gt;)</p>   |
| <p><b>Teodora Bagarinao 1 and Pinij Kungvankij 2</b></p>  | <p>An incidence of swimbladder stress syndrome in hatchery-reared sea bass (<i>Lates calcarifer</i>) larvae ☆</p>                | <p>Aquaculture Volume 51, Issues 3-4, 15 January 1986, Pages 181-188</p>         | <p>This paper describes an incidence of swimbladder malfunction causing high positive buoyancy and mass mortality in 2-week-old sea bass (<i>Lates calcarifer</i>) larvae reared in an outdoor hatchery tank under conditions of high ambient temperature (26–32°C) and salinity (32–34‰), and a dense diatom bloom. The problem occurred soon after handling the larvae by seine and bucket, and seemed to have been a case of swimbladder stress syndrome (SBSS). The development of the swimbladder in sea bass larvae is briefly described.</p>  |
| <p>Teresa Ostaszewska 1, Konrad Dabrowski 2,3, Katarzyna Czumińska 1, Wanda Olech 1, Marta Olejniczak 1</p> | <p>Rearing of pike-perch larvae using formulated diets – first success with starter feeds</p>                                    | <p>Aquaculture Research Volume 36, Issue 12, pages 1167–1176, September 2005</p> | <p>The present study evaluated the performance of two commercial diets: AgloNorse (AN) and BioKyowa (BK), and two experimental, formulated diets based on casein (C) or casein plus casein hydrolysates (CH) in rearing of pike-perch larvae (<i>Sander lucioperca</i> L.). All fish were 5 day old and control group was fed live <i>Artemia</i> nauplii. Fish were sampled periodically for histological comparison of morphological changes in the digestive tracts. Survival of fish fed <i>Artemia</i> nauplii, BK and AN was similar: 54.4%, 50.8% and 52.4%, respectively, while the fish fed formulated diets C and CH showed considerably lower survival: 28.4% and 21.6% respectively. After 5 weeks of rearing, the average body mass of fish ranged from 212±32 mg in <i>Artemia</i> fed group to 53.8±6.8 mg in C diet fed group. A considerable vacuolization of supranuclear zone in enterocytes of posterior intestine was observed in the larvae fed commercial diets. No anomalies in liver development were found. Hepatocytes of fish fed BK diet showed larger glycogen storage areas, compared with those occupied by lipids. The highest zymogen accumulation of pancreatic cytoplasm was observed in fish fed <i>Artemia</i>. In fish fed C and CH diets, anomalies in digestive system development were indicated by lower and less numerous intestinal folds, smaller hepatocytes, retarded development of gastric glands, and in CH group – also local fatty degeneration of liver.</p> |
| <p>Zdzisław Zakeś</p>   | <p>Out-of-season spawning of</p>   | <p>Aquaculture Research</p>  | <p>The aim of this study was to determine the effectiveness of out-of-season spawning of cultivated pikeperch (fish that were reared from the larval stage in re-circulating systems and fed commercial feed exclusively) stimulated hormonally with human chorionic gonadotropin (hCG). The impact</p>  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | cultured pikeperch<br>[Sander lucioperca<br>(L.)]                                  | Volume 38, Issue<br>13, pages 1419–<br>1427, September<br>2007 | <p>of fish age (2+ and 3+) and hormone dosage [200 or 400 IU hCG kg<sup>-1</sup> body weight (BW)] on spawning was analysed and expressed as the share of stripped females, commercial fecundity (% BW) and survival of embryos until the eyed-egg stage (EES index). The possibility of utilizing changes in female pikeperch body weight (CBW index) that are observed following hormone injections as an additional indicator for determining maturity was also investigated. The age and hormone dosage were not noted to have a significant impact on the number of stripped females (<math>\geq 80\%</math> on all groups), the latency period (90–100 h), commercial fecundity (11.3–13.3% BW) or the values of the EES index (61–73%; <math>P &gt; 0.05</math>). The mean value of EES from the 3+ age group females was higher than that in the 2+ females, and the interaction between the tested factors (fish age and hormone dosage) was statistically significant (<math>P &lt; 0.05</math>). In the fish from the control group (injected with a 0.9% NaCl solution), no progress was noted in the maturation of oocytes and no eggs were obtained from any female. It was noted that these females lost BW over the course of the subsequent 24 h of the measurements (<math>P &lt; 0.05</math>). In the groups of females that were stimulated hormonally, the opposite phenomenon was observed; in these groups, the CBW index increased significantly between 48 and 96 h following hormone injection. The value of the CBW index was not noted to have been statistically significantly determined by either hormone dose or fish age (<math>P &gt; 0.05</math>). The regression equations that described the dependence between CBW and the oocyte maturity stage were highly significant statistically, and the determination coefficient R<sup>2</sup> assumed a value of 0.76. The most significant increase in BW was related to the oocytes achieving maturity stage III. The BW of pikeperch females with oocytes in this stage was 103% higher than the initial BW. This might be a valuable and useful tool for determining maturity in females of this fish species.</p> |
| Zdzislaw Zakes<br>and Mirosław<br>Szczepkowski | Induction of Out-of-<br>Season Spawning of<br>Pikeperch, Sander<br>Lucioperca (L.) | Aquaculture<br>International<br>Volume 12,<br>Number 1, 11-18  | <p>Pikeperch were induced to spawn 3 months prior to the natural spawning period through photothermal and hormonal stimulation. Females (five specimens in each group) were stimulated with injection of human chorionic gonadotropin (hCG) once (200 IU kg<sup>-1</sup>), twice (200 IU kg<sup>-1</sup>, second dose after 48 h–400 IU kg<sup>-1</sup>) or three times (200 IU kg<sup>-1</sup>, after 24 h–200 IU kg<sup>-1</sup> and after another 24 h–200 IU kg<sup>-1</sup>). The control group was injected once with 0.9% NaCl. The males were stimulated with a single hormone dose of 200 IU kg<sup>-1</sup>. Eggs were obtained from all the hormonally treated fish. None of the control group females, which were only stimulated photothermally, ovulated any eggs. The time of ovulation was 66–71 h following the first injection, and the eggs viability until the eyed stage (from 71.5 to 77.5%) did not depend on the number of hormone doses (<math>P &gt; 0.05</math>). The out-of-season spawning method described in this paper could be used to provide pikeperch larvae for intensive culture systems (recirculating water systems) before natural spawning season and to produce larger-sized pikeperch fingerlings for stocking.</p>  |

## ***Bilag 6***

### **The effects of dietary long-chain essential fatty acids on growth and stress tolerance in pikeperch larvae (*Sander lucioperca* L.)**

Ivar Lund & Svend Steenfeldt. Aquaculture nutrition. in press.

Is pikeperch variability in hatching time related to size heterogeneity and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca*)? Aquaculture Nutrition 2010. Early view available.



## The effects of dietary long-chain essential fatty acids on growth and stress tolerance in pikeperch larvae (*Sander lucioperca* L.)

I. LUND & S.J. STEENFELDT

National Institute of Aquatic Resources, Section for Aquaculture, Technical University of Denmark, Hirtshals, Denmark

### Abstract

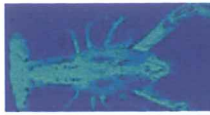
The nutritional requirements of pikeperch larvae have been sparsely examined. Dietary polyunsaturated fatty acids, arachidonic acid (ARA), eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) may affect growth and physiological stress response in marine fish larvae, but these mechanisms have not received as much attention in freshwater fish. Pikeperch larvae were reared on *Artemia* from day 3 until 21 days posthatch. *Artemia* were enriched with six formulated emulsions, with inclusion of either fish oil, pure olive oil (POO) or olive oil supplemented with various combinations of ARA, EPA and DHA. Larval tissue FA was significantly related to the content in the diets, but larval growth was similar for all treatments. When exposed to stress by confinement in small tanks with culture tank water or saline water ( $15 \text{ g L}^{-1}$ ), mortality in larvae treated with POO was significantly higher than in the remaining treatments while tissue cortisol contents in these fish seemed lower. The findings of a lower stress response in larvae fed POO may be related to the lower tissue content in these larvae of essential fatty acids especially DHA but also EPA and ARA.

## ***Bilag 7***

### **Is batch variability in hatching time related to size heterogeneity and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca*)?**

Svend Steinfeldt, Ivar lund and Erik Höglund. Aquaculture Research. In Press.





## Is batch variability in hatching time related to size heterogeneity and cannibalism in pikeperch (*Sander lucioperca*)?

Svend Steinfeldt, Ivar Lund & Erik Höglund

Section for Aquaculture, The North Sea Research Centre, Technical University of Denmark, DTU-Aqua, Hirtshals, Denmark

**Correspondence:** S Steinfeldt, Section for Aquaculture, The North Sea Research Centre, Technical University of Denmark, DTU-Aqua, PO Box 101, DK-9850 Hirtshals, Denmark. E-mail: sjs@aqua.dtu.dk

### Abstract

Larval size heterogeneity is known to induce cannibalism, and procedures to avoid larval size differences are consequently implemented already during egg incubation and hatching. We investigated the relation between larval development variability, size heterogeneity and cannibalism in pikeperch. Larvae were sorted into five groups according to the time of hatching during a 65-h period. The larvae with different times of hatch were then reared separately or together during an 18-day period. Late hatched larvae were longer ( $P = 0.003$ ) and had less yolk remaining ( $P < 0.001$ ) than early hatched individuals at the time of hatching. However, on 11 days post fertilization, the late-hatching larvae tended to have larger yolk reserves than earlier hatched individuals ( $P = 0.07$ ). Furthermore, the next day, a lower proportion in the late fraction had switched to exogenous feeding ( $P = 0.024$ ). That larvae with a late hatching time developed slower suggests a positive relationship between the hatching time and the embryonic developmental rate. However, differences in the length and available yolk reserves at hatching between larval fractions with different hatching times suggest that hatching is not strictly associated with a specific developmental stage, and that factors other than the development rate of the embryo are involved in the timing of hatching.

## DTU Aqua-rapportindex

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DTU Aquas hjemmeside [www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk), hvor rapporterne findes som pdf-filer.

- Nr. 177-08 Implementering af mere selektive og skånsomme fiskerier – konklusioner, anbefalinger og perspektivering. J. Rasmus Nielsen, Svend Erik Andersen, Søren Eliassen, Hans Frost, Ole Jørgensen, Carsten Krog, Lone Grønbæk Kronbak, Christoph Mathiesen, Sten Munch-Petersen, Sten Sverdrup-Jensen og Niels Vestergaard.
- Nr. 178-08 Økosystemmodel for Ringkøbing Fjord - skarvbestandens påvirkning af fiskebestandene. Anne Johanne Dalsgaard, Villy Christensen, Hanne Nicolajsen, Anders Koed, Josianne Støttrup, Jane Grooss, Thomas Bregnballe, Henrik Løkke Sørensen, Jens Tang Christensen og Rasmus Nielsen.
- Nr. 179-08 Undersøgelse af sammenhængen mellem udviklingen af skarvkolonien ved Toftesø og forekomsten af fladfiskeyngel i Ålborg Bugt. Else Nielsen, Josianne Støttrup, Hanne Nicolajsen og Thomas Bregnballe.
- Nr. 180-08 Kunstig reproduktion af ål: ROE II og IIB. Jonna Tomkiewicz og Henrik Jarlbæk.
- Nr. 181-08 Blåmuslinge- og stillehavsøstersbestandene i det danske Vadehav 2007. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl.
- Nr. 182-08 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 183-08 Taskekrabben – Biologi, fiskeri, afsætning og forvaltningsplan. Claus Stenberg, Per Dolmer, Carsten Krog, Siz Madsen, Lars Nannerup, Maja Wall og Kerstin Geitner.
- Nr. 184-08 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra 1. måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 185-08 Erfaringsopsamling for muslingeopdræt i Danmark. Helle Torp Christensen, Per Dolmer, Hamish Stewart, Jan Bangsholt, Thomas Olesen og Sisse Redeker.
- Nr. 186-08 Smoltudvandring fra Storå 2007 samt smoltdødelighed under udvandringen gennem Felsted Kog og Nissum Fjord. Henrik Baktoft og Anders Koed.

- Nr. 187-08 Tingkæravad Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 188-08 Ejstrupholm Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 189-08 The production of Baltic cod larvae for restocking in the eastern Baltic. RESTOCK I. 2005-2007. Josianne G. Støttrup, Julia L. Overton, Sune R. Sørensen (eds.)
- Nr. 190-08 User's manual for the excel application "TEMAS" or "Evaluation Frame". Per J. Sparre.
- Nr. 191-08 Evaluation Frame for Comparison of Alternative Management Regimes using MPA and Closed Seasons applied to Baltic Cod. Per J. Sparre.
- Nr. 192-08 Assessment of Ecosystem Goods and Services provided by the Coastal Zone System Limfjord. Anita Wiethüchter.
- Nr. 193-08 Modeldambrug under forsøgsordningen. Faglig slutrapport for "Måle- og dokumentationsprojekt for modeldambrug". Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Susanne Bouttrup, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen, Anne Johanne Tang Dalsgaard og Karin Suhr.
- Nr. 194-08 Omsætning af ammonium-kvælstof i biofiltre på Modeldambrug. Karin Isabel Suhr, Per Bovbjerg Pedersen, Lars M. Svendsen, Kaare Michelsen og Lisbeth Jess Plesner.
- Nr. 195-08 Fangst, opbevaring og transport af levende danske jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*). Preben Kristensen og Henrik S. Lund.
- Nr. 196-08 Udsætning af geddeyngel som bestandsophjælpning i danske brakvandsområder – effektvurdering og perspektivering. Lene Jacobsen, Christian Skov, Søren Berg, Anders Koed og Peter Foged Larsen.
- Nr. 197-08 Manual to determine gonadal maturity of herring (*Clupea harengus* L) Rikke Hagstrøm Bucholtz, Jonna Tomkiewicz og Jørgen Dalskov.
- Nr. 198-08 Can alerting sounds reduce bycatch of harbour porpoise? Lotte Kindt-Larsen.

- Nr. 199-08 Udvikling af produktionsmetoder til intensivt opdræt af sandartyngel. Svend Steinfeldt og Ivar Lund.
- Nr. 200-08 Opdræt af tunge (*Solea solea*) - undersøgelse af mulighederne for kommercialisering. Per Bovbjerg Pedersen, Ivar Lund, Svend Jørgen Steinfeldt, Julia Lynne Overton og Mads Nunn.
- Nr. 201-08 Produktion af vandlopper til anvendelse ved opdræt af marin fiskeyngel. Svend Steinfeldt.
- Nr. 202-09 Vurdering af markedsudsigter for akvakulturproduktion i Danmark. Erling P. Larsen, Jens Henrik Møller, Max Nielsen og Lars Ravensbeck.
- Nr. 203-09 Løjstrup Dambrug (øst) - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 204-09 Final Report of Fully Documented Fishery. Jørgen Dalskov and Lotte Kindt-Larsen.
- Nr. 205-09 Registrering af fangster i de danske kystområder med standardredskaber fra 2005-2007. Nøglefiskerrapporten 2005-2007. Claus R. Sparrevohn, Hanne Nicolajsen, Louise Kristensen og Josianne G. Støttrup.
- Nr. 206-09 Abildtrup Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 207-09 Nørå Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 208-09 Rens Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 209-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på europæisk østers i Nissum Bredning 2008. Per Dolmer, Helle Torp Christensen, Kerstin Geitner, Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann.

- Nr. 210-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Løgstør Bredning 2008/2009. Per Dolmer, Helle Torp Christensen, Per Sand Kristensen, Erik Hoffmann og Kerstin Geitner.
- Nr. 211-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lovns Bredning 2008/2009. Per Dolmer, Helle Torp Christensen, Per Sand Kristensen, Erik Hoffmann og Kerstin Geitner.
- Nr. 212-09 Udvikling af kulturbanker til produktion af blåmuslinger i Limfjorden. Per Dolmer, Per Sand Kristensen, Erik Hoffmann, Kerstin Geitner, Rasmus Borgstrøm, Andreas Espersen, Jens Kjerulf Petersen, Preben Clausen, Marc Bassompierre, Alf Josefson, Karsten Laursen, Ib Krag Petersen, Ditte Tørring og Mikael Gramkow.
- Nr. 213-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lillebælt 2008/2009. Per Dolmer, Mads Christoffersen, Kerstin Geitner og Per Sand Kristensen.
- Nr. 214-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Løgstør Bredning 2009/2010. Per Dolmer, Louise K. Poulsen, Mette Blæsbjerg, Per Sand Kristensen, Kerstin Geitner, Mads Christoffersen og Nina Holm.
- Nr. 215-09 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lovns Bredning 2009/2010. Per Dolmer, Louise K. Poulsen, Mette Blæsbjerg, Per Sand Kristensen, Kerstin Geitner, Mads Christoffersen og Nina Holm.
- Nr. 216-09 Konsekvensvurdering af fiskeri af østers i Nissum Bredning 2009/2010. Per Dolmer, Louise K. Poulsen, Mette Blæsbjerg, Per Sand Kristensen, Kerstin Geitner, Mads Christoffersen, Erik Hoffmann og Nina Holm.
- Nr. 217-10 Åle- og torskefangst ved rekreativt fiskeri i Danmark. Undersøgellesdesign og fangster i 2009. Claus R. Sparrevohn og Marie Storr-Paulsen.
- Nr. 217-10  
(English version) Eel and cod catches in Danish recreational fishing. Survey design and 2009 catches. Claus R. Sparrevohn and Marie Storr-Paulsen.
- Nr. 218-10 Undersøgelse af miljøvenlige dambrugshjælpemidler til erstatning for formalin. Bedre styring og driftspraksis ved implementering af miljøvenlige dambrugshjælpemidler til erstatning for formalin. Lars-Flemming Pedersen.
- Nr. 219-10 Opdræt af regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen og Lars M. Svendsen.
- Nr. 219-10  
(English version) Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark. Alfred Jokumsen og Lars M. Svendsen.
- Nr. 220-10 Opgang og gydning af laks i Skjern Å-systemet 2008/2009. Anders Koed, Niels Jepsen, Henrik Baktoft og Søren Larsen.
- Nr. 221-10 Workshop on Fully Documented Fishery. Jørgen Dalskov.

- Nr. 222-10 Konsekvensvurdering af fiskeri af blåmusling i Lillebælt 2010. Per Dolmer, Mads Christoffersen, Louise K. Poulsen, Kerstin Geitner og Per Sand Kristensen.
- Nr. 223-10 Konsekvensvurdering af fiskeri af østers i Nissum Bredning 2010/2011. Per Dolmer, Mads Christoffersen, Louise K. Poulsen, Kerstin Geitner og Per Sand Kristensen.
- Nr. 224-10 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Løgstør Bredning 2010/2011. Louise K. Poulsen, Mads Christoffersen, Morten Aabrink, Per Dolmer, Per Sand Kristensen og Nina Holm.
- Nr. 225-10 Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lovns Bredning 2010/2011. Mads Christoffersen, Louise K. Poulsen, Morten Aabrink, Per Dolmer, Per Sand Kristensen og Nina Holm.
- Nr. 226-10 Supplerende bestandsundersøgelser af blåmuslinger, ålegræs og makroalger på lavt vand i Lovns og Løgstør Bredning i 2009. Louise K. Poulsen, Per Dolmer, Kerstin Geitner, Ditte Tørring, Jens Kjerulf Petersen, Carsten Fomsgaard Nielsen, Mads Christoffersen og Per Sand Kristensen.
- Nr. 227-10 Fugle som bifangst i garnfiskeriet. Estimat af utilsigtet bifangst af havfugle i garnfiskeriet i området omkring Ærø. Henrik Degel, Ib Krag Petersen, Thomas Eske Holm og Johnny Kahlert.
- Nr. 228-10 Videreudvikling af intensivt opdræt af sandart i Danmark. Svend Steinfeldt, Martin Vestergaard, Julia Lynne Overton, Ivar Lund, Helge Paulsen, Villy J. Larsen og Niels Henrik Henriksen.

## **Kolofon**

### **Videreudvikling af intensivt opdræt af sandart i Danmark**

Af Svend Steinfeldt, Martin Vestergaard, Julia Lynne Overton, Ivar Lund, Helge Paulsen, Villy J. Larsen og Niels Henrik Henriksen

Oktober 2010

DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer

DTU Aqua-rapport nr. 228-2010

ISBN 978-87-7481-125-1

ISSN 1395-8216

Omslag: Peter Waldorff/Schultz Grafisk

Forsidefoto: Peter Jensen

Reference: Steinfeldt, S., Vestergaard, M., Overton, J.L., Lund, I., Paulsen, H., Larsen, V.J., Henriksen, N.H. (2010). Videreudvikling af intensivt opdræt af sandart i Danmark. DTU Aqua-rapport nr. 228-2010. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet, 96 p.

**DTU Aqua-rapporter** udgives af DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer og indeholder resultater fra nogle af instituttets forskningsprojekter, studenterspecialer, udredninger m.v. Fremsatte synspunkter og konklusioner er ikke nødvendigvis instituttets.

Rapportene kan hentes på DTU Aquas websted [www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk).

**DTU Aqua reports** are published by the National Institute of Aquatic Resources and contain results from research projects etc. The views and conclusions are not necessarily those of the Institute.

The reports can be downloaded from [www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk).

DTU Aqua  
Institut for Akvatiske Ressourcer  
Danmarks Tekniske Universitet

Nordsøen Forskerpark  
Postboks 101  
9850 Hirtshals  
Tlf: 35 88 32 00

[aqua@aqua.dtu.dk](mailto:aqua@aqua.dtu.dk)  
[www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk)