

Avlsprogram for regnbueørred i Danmark

af

Alfred Jokumsen¹

Ivar Lund²

Mark Henryon³

Peer Berg³

Torben Nielsen⁴

Simon B. Madsen⁴

Torben Filt Jensen⁵

Peter Faber⁵

**¹⁾Afdeling for Havøkologi og Akvakultur, Danmarks
Fiskeriundersøgelser, Nordsøcentret, 9850 Hirtshals**

²⁾Dansk Ørredavl, Nordsøcentret, 9850 Hirtshals

³⁾Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Foulum, 8830 Tjele

**⁴⁾Aquasearch/Dansk Ørredavl/Skinderup Mølle Dambrug, Fjeldsøvej 6,
9832 Møldrup**

**⁵⁾Afdeling for IT-T, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Nordsøcentret, 9850
Hirtshals**

2006

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havøkologi og Akvakultur
Kavalergaarden 6
2920 Charlottenlund

ISBN: 87-7481-014-6

DFU-rapport 162-06

INDHOLD

FORORD	4
1. RESUMÈ	4
2. ABSTRACT	5
3. INDLEDNING	6
3.1 BAGGRUND FOR PROJEKTET	6
4. FORMÅL	10
5. AVLSARBEJDE	11
5.1 AVLSVÆRDI.....	11
5.2 AVLSARBEJDE I NORGE	12
6. DANSK ØRREDAVL	15
6.1 AVLSSTATIONEN	16
6.1.1 TEKNISKE INSTALLATIONER	18
6.1.2 VANDKEMI	19
6.1.3 VETERINÆRE FORHOLD	20
6.1.4 SYGDOMME/DØDELIGHED	21
7. DET FAGLIGE RÅD	21
7.1 KOMMISSORIUM FOR DET FAGLIGE RÅD	22
8. AVLSMÅL	22
8.1 FODER OG FODRING	24
8.1.1 FODRINGSSTRATEGI – BIOLOGISKE OG GENETISKE ASPEKTER.....	25
9. AVLSMATERIALE	28
9.1 MARK MØLLE OG FOUSING	28
9.2 KJÆRGÅRDSMØLLE -, TREHØJE - OG RAVNINGKÆR	28
10. AVLSFISK	28
10.1 ALDER VED KØNSMODNING HOS REGNBUEØRRED	28
10.2 LYS- OG TEMPERATURSTYRING AF KØNSMODNING.....	30
10.3 SELEKTION	31
10.3.1 OPTIMAL BIDRAGS SELEKTION (OBS)	32
10.3.2 PARRINGSDESIGN	32
11. STRYGNING	32
11.1 STRYGNING OG BEFRUGTNING - BEFRUGTNINGSPLAN	32
12. KLÆKNING	35
13. OPDRÆT AF AVLSFISK	36
13.1 OPVEJNING AF FISK	36
14. MÆRKNING	39
14.1 MÆRKNINGS- OG REGISTRERINGSSYSTEM.....	39
15. DATABASE	41
15.1 REGISTRERING AF DATA	42

15.2	TABELLER	42
16.	AVLSVÆRDIVURDERING.....	48
16.1	MODELLER	48
16.2	STATISTISKE METODER.....	49
16.3	UNDERSØGELSER AF AVLSFREMGANG I FORHOLD TIL AVLSMÅL	50
16.4	DOKUMENTATION AF AVLSFREMGANG.....	50
16.5	SIMULERINGSPROGRAM.....	50
17.	EKSPERIMENTELLE FORSØG	51
17.1	UNDERSØGELSER AF VÆKST OG FODERUDNYTTELSE	51
17.2	FORDØJELIGHEDSFORSØG.....	51
17.3	SYGDOMSRESISTENS	51
17.4	KØNSUDVIKLING OVER TID HOS REGNBUEØRRED.....	53
17.5	UNDERSØGELSE AF FOREKOMST AF HALESKÆVHED I AVLSØRREDER	54
17.6	SAMFUNDSMÆSSIGT POTENTIALE I ØRREDAVL.....	56
18.	NY STRUKTUR FOR DANSK ØRREDAVL	57
19.	PUBLIKATIONER FRA PROJEKT ”AVLSPROGRAM FOR REGNBUEØRRED”	60
20.	LITTERATUR.....	61
21.	ANERKENDELSER	62
BILAG	63

Forord

Danmark har en århundred lang tradition som fiskerination, ligesom Danmark var pioneren inden for opdræt af regnbueørred i Europa.

Den globale efterspørgsel efter opdrætsfisk er stigende i takt med at der landes færre fisk fra det traditionelle fiskeri. Således udgør opdrættede fisk p.t. 30 - 40 % af det samlede forbrug af konsumfisk i verden og akvakulturens bidrag til verdens fødevarerforsyning forventes ifølge FAO at stige væsentligt i de kommende årtier. Endvidere forventes avlsarbejde på en række opdrætsarter at bidrage væsentligt til effektivisering og øgning af den globale akvakulturproduktion.

Bortset fra sporadisk avlsarbejde på enkelte dambrug blev et egentligt systematisk dansk avlsarbejde først startet i 1999. Forsøg havde vist, at ved at avle efter bedre vækst og foderudnyttelse kunne der produceres en større mængde fisk på en given fodermængde samtidig med at mængden af udledt kvælstof og fosfor blev reduceret.

Således kunne det beregnes, at f. eks. en avlsbetinget reduktion i foderkvotienten fra 0,80 til 0,69 kunne betyde, at der med en fodertilladelse på 100 t/år ville kunne produceres ca. 20 tons fisk mere på den samme mængde foder svarende til en øget omsætning på ca. 300.000 kr. Tilsvarende ville forureningsrisikoen teoretisk kunne reduceres med ca. 30 - 40 % for såvel kvælstof som fosfor.

Et systematisk avlsarbejde blev således anset for at være et vigtigt redskab for en bæredygtig udvikling på de danske dambrug.

Med støtte fra Strukturdirektoratet/Direktoratet for FødevarerErhverv (DFFE) blev der således etableret en avlsstation samt iværksat et avlsprogram for regnbueørred.

Resultaterne af avlsprogrammet afrapporteres i nærværende rapport. Projektet blev støttet under FIUF pilot- og demonstrationsprojekter (DFFE j.nr. 3704-3-03-24).

1. RESUMÉ

Regnbueørreder med hurtigere vækst og bedre udnyttelse af foderet er blandt de vigtigste resultater af det systematiske avlsarbejde, der blev indledt på Danmarks første avlsstation for regnbueørred i år 2000. I avlsarbejdet blev der i høj grad også taget hensyn til miljøet, fiskesundheden og kvaliteten af den producerede fisk. Resultaterne fra avlsarbejdet nåede ud til de danske dambrugere gennem salg af befrugtede æg fra avlsstationen. Disse såkaldte øjenæg blev overvejende afsat til yngelproducenter, hvor de opformeredes og videresolgt til landets øvrige dambrugere og bidrog dermed til trinvis forbedring af avlsmateriale i dansk ørredopdræt.

Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU) spillede en aktiv rolle i etableringen af avlsstation for regnbueørred ved Nordsøcentret i Hirtshals i 2000. Avlsstationen blev drevet af den erhvervsdrivende fond Dansk Ørredavl (DØA). Fonden blev stiftet i 1999 af Dansk

Dambrugerforening, Dansk Havbrugerforening, Foreningen Forsøgsdambruget og Organisationen Dansk Akvakultur (ODA), der senere er fusioneret ind i Dansk Akvakultur.

Avlsprogrammet blev udviklet af Danmarks JordbrugsForskning (DJF) og DFU i samarbejde med DØA og blev finansieret af Strukturdirektoratet/Direktoratet for FødevarerErhverv (DFFE).

I projektet undersøgte metoder til at dokumentere opnåede avlsfremgange i forhold til avlsmålene vækst og foderudnyttelse; implementering af metoder til at minimere indavl, d.v.s. undgå at krydse nært beslægtede fisk samt at optimere de anvendte metoder i avlsarbejdet. Avlsarbejdet baserede sig på familieavl, hvor den enkelte familie var afkom af én hun- og én han-fisk.

Udgangspunktet i avlsarbejdet var 50 familier fra Mark Mølle Dambrug, som siden blev suppleret med samme stamme fra Fousing dambrug. Siden 1994 er der indsamlet en meget stor mængde informationer om de benyttede familier og deres slægtninge. Alle disse oplysninger er lagret i en database, hvorfra de kan hentes og udnyttes i avlsarbejdet.

I praksis foregik det ved, at fiskene løbende blev vejet og målt, ligesom fiskene blev sorteret/udtyndet i takt med stigningen i biomassen. Udvalgte potentielle avlsfisk blev mærket med en elektronisk microchip. På grundlag af informationer i databasen blev der beregnet avlsværdier for enkeltfisk, d.v.s. hvor god den pågældende fisk var at avle videre på i forhold til avlsmålet. På denne måde blev der avlet specielt på de fisk, som havde egenskaber, man gerne så fremmet. Det var netop vækst, foderforbrug og sygdomsresistens. Udvalget og krydsningen af fisk fulgte forskellige modeller og beregningsmetoder, således at risikoen for indavl blev minimeret mest muligt. Allerede efter 4 års avlsarbejde kunne konstateres, at den nye generation af regnbueørreder var seks procent bedre end forældre-generationen udtrykt ved øget tilvækst samt reduceret foderforbrug pr. kg produceret fisk.

I avlsarbejdet indgik endvidere aspekter i forhold til sygdomsresistens, der også spiller en væsentlig rolle for indtjeningen i det danske dambrugserhverv.

Dansk Ørredavl blev imidlertid i slutningen af 2003 omstruktureret, idet det ikke var muligt fortsat at skaffe de fornødne midler til videreførelsen af driften af avlsstationen på Nordsøcentret i Hirtshals.

Med henblik på videreførelse af avlsarbejdet og sikring af opnåede avlsfremgange blev der indgået en aftale med 3 IPN fri - registrerede avlsdambrug som overtog avlsmaterialet fra avlsstationen i Hirtshals. Avlsarbejdet og de tilknyttede projektaktiviteter fortsatte således uændret på de 3 avlsdambrug.

2. ABSTRACT

Significant improvements in growth and feed utilization in farmed rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) was the main results of a systematic breeding scheme at the first Danish breeding station for rainbow trout. Further much attention was paid to environmental aspects, fish health as well as the product quality of the produced fish. Eyed eggs (half way to hatching) were sold to fish farmers and by so the breeding progress' was efficiently distributed into practice.

The Danish Institute for Fisheries Research (DIFRES) played an active role in the establishment of the breeding station for rainbow trout at the North Sea Centre in Hirtshals in year 2000. The breeding station was run by the Foundation Danish Trout Breeding (Dansk Ørredavl). The foundation was established in 1999 by The Danish Association of Trout Farmers, Danish Sea farmers Association, Danish Trout Research Station and the Organisation Danish Aquaculture. However, these organisations have later merged into the Organisation Danish Aquaculture.

The breeding program was developed by the Danish Institute of Agricultural Science (DIAS) and DIFRES in cooperation with Danish Trout Breeding (DTB). The project was financed by the Directorate for Food, Fisheries and Agri Business.

The breeding project investigated methods to document obtained breeding progresses in relation to the breeding aims growth and feed utilization; implementation of methods to minimize inbreeding, i.e. avoid crossing closely related fish. The breeding program was based on family breeding, i.e. the individual family is offspring of one female and one male fish.

The starting material for the breeding program was 50 families from Mark Mølle Dambrug, later supplemented with material from the same strain from Fousing dambrug. Since 1994 big amounts of information about the families and their relatives have been collected. All the information was stored in a specific developed database for use in the breeding work.

In practice the fish were weighed and measured and the data stored in the database. A selected potential brood stock candidate was tagged with an electronic microchip. Based on the information in the database breeding values were calculated for individual fish, i.e. how qualified the specific fish would be as brood stock in relation to the breeding goals growth and feed utilization and secondly disease resistance.

During the project period the breeding progress has improved by more than 6% expressed by the specific growth rate and reduced feed consumption per kg produced fish.

However, Danish Trout Breeding was restructured in 2003 due to financial reasons. In this connection the breeding material was transferred to three registered disease free trout farms and the breeding activities continued.

3. INDLEDNING

3.1 Baggrund for projektet

Indenfor de sidste 50 år har der været flere forsøg på at starte et systematisk avlsarbejde på regnbueørreder i Danmark bl.a. på Forsøgsdambruget i Brøns. Dette avlsprogram strandede imidlertid på grund af en virussygdom, IPN - Infektøs Pankreas Nekrose, som forårsager stor dødelighed hos ørredyngel. Der har ikke siden været drevet systematisk avlsarbejde på regnbueørreder i Danmark.

Regnbueørred (*Oncorhynchus mykiss*) har været den dominerende opdrætsfisk i Danmark i mere end 100 år. Den blev indført til danske dambrug fra USA i 1886 og Danmark var det første land i Europa, hvor regnbueørred blev opdrættet i ferskvand. Det danske ørredopdræt udviklede sig til et af verdens førende, men produktionen i ferskvand stagnerede omkring 32.000 tons om året fra omkring 1980 og fremefter. Hertil kommer en årlig produktion i saltvand på ca. 8.000 tons regnbueørreder. Stagnationen skyldtes især forskellige miljørestriktioner i forbindelse med vandmiljøplanerne, der lagde betydelige begrænsninger for ørredproduktionen i Danmark. Til sammenligning er den europæiske ørredproduktion steget fra ca. 200.000 tons i 1990 til ca. 330.000 tons i 2005 (FEAP, 2005). Ca. 90 % af den danske ørredproduktion eksporteres svarende til en førstehåndsværdi på ca. 700 mio. kr.

Der er gennemført væsentlige miljømæssige forbedringer indenfor dansk fiskeopdræt inden for de seneste 20 år. Og i kølvandet på Dambrugsudvalgets rapport i 2002 og de efterfølgende forsøg med modeldambrug forventes der skabt mere stabile rammevilkår, der kan give grundlag for en væsentlig øget produktion af fisk i danske dambrug. Avlsarbejde må imidlertid også forventes at kunne bidrage til at forbedre fiskeproduktionen. Det er velkendt, at der har været drevet avlsarbejde inden for husdyrbruget i årtier og resultaterne kan aflæses i en mangedobling af udbytte indenfor f. eks. kød- og mælkeproduktionen. Der har ligeledes været drevet succesfuldt avlsarbejde på regnbueørred og laks i Norge i mere end 30 år. Således er produktionstiden for en 5 kg's laks blevet mere end halveret (d.v.s. ca. 12 måneder). I det norske lakse-avlsprogram opnås ca. 10 % avlsfremgang for hver generation (4 år), d.v.s. ca. 2,5 % om året.

Potentiale i avlsarbejde

Idet der var behov for at få dokumenteret potentialet i avlsarbejde på danske regnbueørreder blev der med dette formål gennemført et tværfagligt forskningsprojekt i midten af 90'erne under forskningsprogrammet: "*Sygdomsforebyggelse, genetik og ernæring ved produktion af regnbueørred*" finansieret af Statens Jordbrugsvidenskabelige Forskningsråd (SJVF) og Fiskeriministeriet. Projektets resultater dokumenterede, at der kunne opnås væsentlige miljømæssige og økonomiske forbedringer af den danske ørredproduktion ved at avle på familier af en stamme af regnbueørreder (Berg, 1998). Ved en familie forstås ét hold fisk, hvor alle fiskene har samme mor og far. Da moderen og faderen bidrager med hver halvdelen af sine arveanlæg (gener) til afkommet betyder det, at hver fisk i den nye familie indeholder 50 % af hver af forældrenes gener.

Under ovennævnte projekt blev der i 1997 igangsat forsøg med familier af én regnbueørred stamme fra Mark Mølle dambrug, Mors med henblik på at undersøge den genetiske variation inden for familier.

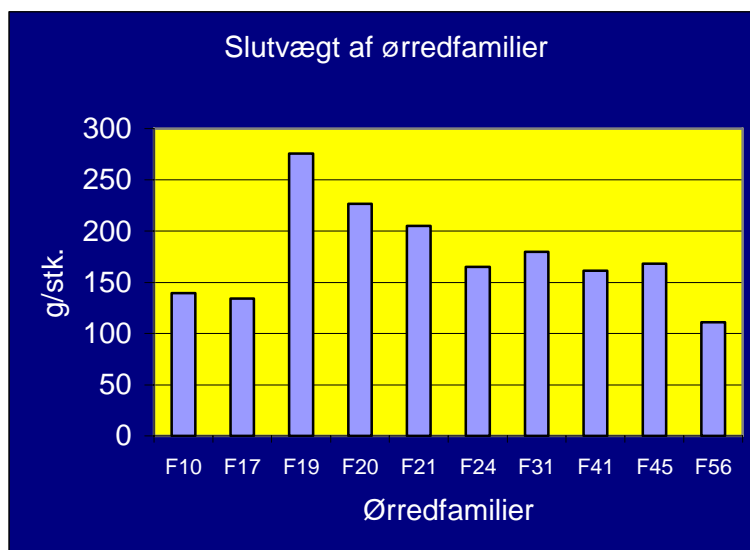
Fra denne Mark Mølle stamme blev der udtaget æg og mælk af henholdsvis 30 hunfisk og 30 hanfisk. Hver portion æg og mælk blev delt i to portioner, idet forsøget bliver udført som et såkaldt delvist faktorielt forsøg, d.v.s. at alle forældre, både moder- og faderfisk, fik afkom med to andre fisk. Mælken fra hver han blev således anvendt til befrugtning af to hunner, og hver af de to portioner æg fra én hun blev befrugtet med mælk fra hver sin han. Derved fremkom 60 familier, der således udgjorde både helsøskende- og halv søskende grupper, hvorved såvel forsøgenes statistiske styrke som følsomheden overfor evt. sygdomsproblemer i enkelte kar blev tilgodeset. Af de 60 familier klækkede 52 familier,

idet 8 familier døde i perioden frem til klækning. Yderligere 2 familier blev kasseret på grund af pladsmangel. De 50 familier blev opdrættet under helt ens betingelser i et recirkuleret opdrætsanlæg og tildelt samme procentvise daglige fodermængde (i forhold til biomassen). Efter 7 måneders forsøg var der opnået følgende resultater (tabel 1 samt figur 1 og 2) for henholdsvis bedste og dårligste familie samt gennemsnittet af alle 50 familier. Det fremgår, at der var betydelige forskelle mellem familierne.

Tabel 1. Variation i foderkvotient, vækstrate og fiskestørrelse (med angivelse af spredning i individvægt) mellem 50 familier af én stamme af regnbueørred over en periode på 7 måneder efter klækning.

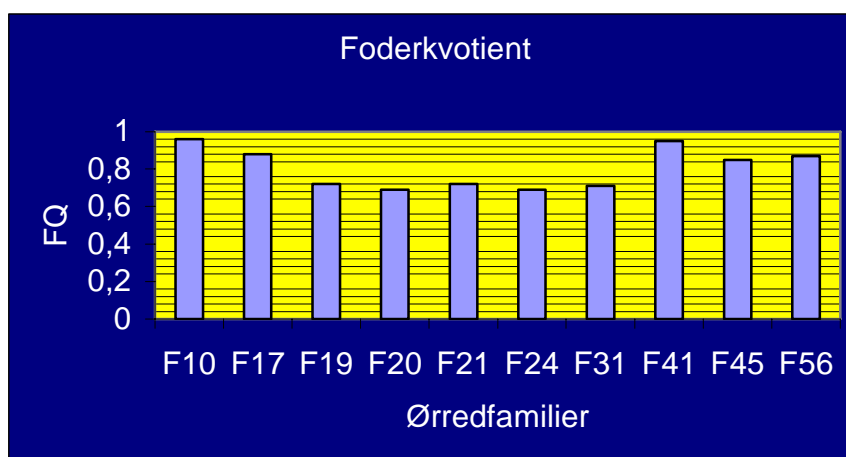
	Bedste familie	Gennemsnit	Dårligste familie
Foderkvotient	0,69	0,80	0,96
Vækstrate (%/dag)	4,09	3,81	3,52
Fiskestørrelse (g/stk)	275 ± 58	177 ± 34	111 ± 38

Figur 1 viser, at den gennemsnitlige fiskestørrelse varierede fra 111 g/stk i den dårligste familie til 275 g/stk i den bedste familie. Den eneste forskel mellem familierne var, at de havde forskellige forældre. Fiskene fra den sidste familie ville således være klar til salg flere måneder før fisk fra den dårligste familie.



Figur 1. Variationen i gennemsnitlig slutvægt for 10 af de 50 familier af regnbueørred opdrættet under ens forhold (7 måneder efter klækning). Der er vist familierne med henholdsvis største og mindste gennemsnitsvægt samt 8 mellemliggende familier.

Figur 2 viser foderkvotienten, der udtrykker hvor godt de enkelte familier har udnyttet foderet, d.v.s. mængden af foder, der skal til for at producere 1 kg fisk. Her er vist resultaterne for 10 familier, herunder den bedste og den dårligste familie. Den dårligste familie voksede 1 kg ved at spise 960 gram foder, mens den bedste familie kunne nøjes med 690 gram foder for at vokse 1 kg. Ved at anvende sidstnævnte familie i avlsarbejdet kunne der altså produceres *flere fisk på mindre mængde foder* til gavn for såvel *miljøet* som *produktionsøkonomien* (Jokumsen, 1998a).



Figur 2. Den gennemsnitlige foderkvotient (FQ = mængde foder/kg produceret fisk) for henholdsvis den bedste og den dårligste familie samt 8 mellemliggende familier.

Projektet dokumenterede således:

- ✓ **Større genetisk variation mellem familier** end mellem stammer af regnbueørred (*Oncorhynchus mykiss*).
- ✓ **Reduceret produktionstid** af salgsklare fisk (275 g/stk ctr. 111 g/stk på 7 mdr.).
- ✓ **Reduceret foderforbrug pr. kg. produceret fisk** (FQ 0,80 -> 0,69).
- ✓ **Reduceret udledning af N og P** (ca. 30%).

Projektet havde således dokumenteret, at der var et potentiale for at fremme af en mere rentabel og bæredygtig ørredproduktion i danske dambrug ved at etablere et systematisk avlsarbejde. Visionen var at knytte forskning og systematisk avlsarbejde sammen med henblik på at styrke konkurrenceevnen i dambrugserhvervet. Avlsprogrammet skulle være rettet mod at producere sunde fisk af høj kvalitet under hensyntagen til miljø og fremme af en bæredygtig udvikling indenfor erhvervet.

Foranlediget heraf blev der taget initiativ til at etablere den erhvervsdrivende fond ”Dansk Ørredavl” med henblik på at opføre og drive en avlsstation ved Nordsøcentret i Hirtshals.

De bedste af de respektive familier, som blev produceret under ovennævnte SJVF-projekt, blev bibeholdt med henblik på, at de kunne indgå som det første grundlag for avlsarbejdet. Det drejede sig om ca. 1.000 fisk, der alle blev mærket med mikrochips.

I nærværende rapport beskrives avlsarbejdet, herunder etableringen af Dansk Ørredavl og opbygningen af et avlsprogram for regnbueørred i Danmark.

I tilknytning hertil ydede Strukturdirektoratet projektstøtte til Dansk Ørredavl til et forprojekt, hvis formål var at forberede en kommerciel driftsfase af et egentligt avlsanlæg for regnbueørred (J.nr. 93S-2454-00062) samt etablering af et "Avlsprogram for regnbueørred" (1999-2001). Efterfølgende bevilgede Direktoratet for FødevarerErhverv (DFFE) støtte til projekt "Avlsprogram for regnbueørred – fase II" (2002 – 2006), herunder registrerings- og databasesystemer med henblik på yderligere udvikling og optimering af et avlsprogram for regnbueørred (J. nr. 3704-3-03-24). Øvrige deltagere i projektet var Danmarks JordbrugsForskning (DJF) og Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU), som var leder af projektet. Støtten udgjorde i alt ca. kr. 7,6 mio.

4. FORMÅL

Formålet med et avlsprogram for regnbueørred i Danmark var at øge den økonomiske værdi af opdrættede fisk i danske dambrug ved at udvælge fisk med særlig økonomisk betydende egenskaber til brug som avlsfisk til næste generation.

Projektet havde følgende overordnede mål:

- Undersøgelse af avlsfremgang i forhold til avlsmål /vækst og foderudnyttelse
- Selektion/mærkning af avlsfisk
- Krydsning/etablering af nyt avlsmateriale
- Opdatering af avlsdatabase
- Udvikling af modeller til prediktion af avlsværdier samt dokumentation og prediktion af avlsfremgang/kontrol af indavlsstigning
- Optimering af avlsstrukturen/evaluering af avlsmålene
- Selektion i flere trin/kønsratio/avlsvækst (kønsudvikling over tid)
- Metoder til optimal behandling (vægtning) af målinger på individniveau (vægt) og målinger på grupper af fisk (foderkvotient).
- Udvikling af parringsdesign

Herunder var følgende delmål:

- Vækstforsøg (specifik vækstrate (SGR) og foderudnyttelse (FQ)).
- Fordøjelighedsforsøg
- Vurdering af effekten af de nuværende avlsmål på udviklingen i andre egenskaber.
- Implementering af metoder til kontrol af indavlsstigningen i en lille fiskepopulation under selektion
- Undersøgelse af effekten af selektion i flere trin i løbet af vækstperioden på kønsratio og den samlede avlsfremgang, d.v.s. specielt forskelle mellem køn og deres udvikling over tid

- Metoder til optimal behandling (vægtning) af målinger på individniveau (vægt) og målinger på grupper af fisk (foderkvotient)
- Tilpasning af avlsprogram og avlsdatabase i relation til ovenstående og erfaringer fra deres første anvendelse
- Videreudvikling af avlsdatabase og mærknings- og registreringssystemet, med hensyn til datakontrol, interface til bruger og eksterne programmer.

5. Avlsarbejde

Avl er en form for produktudvikling, som opnås gennem avlsarbejde. I avlsarbejdet udvælges de bedste fisk som forældrefisk til næste generation i forhold til målet for produktudviklingen (avlsmål).

Ved avlsarbejde flyttes gennemsnittet for en egenskab (f. eks. middelvægt ved given alder) fra den ene generation til den næste generation i positiv retning.

5.1 Avlsværdi

Avlsværdien for en fisk (f. eks. med hensyn til vækst) er udtryk for gennemsnittet af fiskens eventuelle afkom - og dermed et udtryk for hvor god fisken er at avle videre på. Hvis der således udvælges fisk med høj avlsværdi for f. eks vækst må det forventes, at gennemsnittet af den følgende generation viser en bedre vækst end forældre generationen.

Observerede avlsfremgange skyldes både genetiske og miljømæssige forhold. I avlsarbejdet forsøges miljøeffekten minimeret, mens der sættes fokus på de arvelige faktorer, d.v.s. fiskens *genotype*. Man skelner således mellem en fisk's *fænotype* (P) og dens *genotype* (G). Ved en fisks fænotype forstås fiskens "fremtoningspræg" - som vi opfatter fisken, d.v.s. synlige egenskaber (f.eks. vækst, form, farve m.m.). Fænotypen er et resultat af samspillet mellem individets arveanlæg (genotype) og dets miljø.

Et gen (arveanlæg) udgør den arvelige enhed, som kan overføres fra én generation til den næste. Et æg indeholder ét sæt gener fra moderen, mens én sædcelle indeholder ét sæt gener fra faderen. Efter befrugtning udgør de 2 tilfældige gen-sæt den nye fisk's genotype.

Ved en fisks genotype forstås dens arveanlæg, hvor halvdelen således stammer fra hunfisken og den anden halvdel stammer fra hanfisken. Genotypen bestemmer i samspil med miljøet fiskens synlige egenskaber (fænotypen). Genotypen er specifik for den enkelte fisk. Fænotypen bestemmes af både genotypen og de miljøfaktorer (E), som fisken vokser op i, mens genotypen er fastlagt fra dét øjeblik ægget er befrugtet af en sædcelle.

Fænotypen kan således udtrykkes ved:

$$P = G + E$$

Ved avlsarbejde er det genotypen, der er vigtig, idet det er den, der kan nedarves til fiskens afkom. På avlsstationen blev fiskene opdrættet under ens miljøforhold, hvorfor E stort set var elimineret.

Fisk er karakteriseret ved en stor variation i de fleste egenskaber sammenlignet med pattedyr. Således ligger variationskoefficienten hos pattedyr oftest mellem 5 % og 10 %, mens den hos fisk ofte er op mod 30 %. Det betyder, at selv om mange egenskaber har en lav arvbarhed, resulterer dette i en stor genetisk variation med deraf følgende muligheder for selektion i fiskene.

Til gengæld har regnbueørred et relativt langt generationsinterval (ca. 3 år), der sinker spredningen af den genetiske fremgang. Baseret på estimater fra den videnskabelige litteratur, kan den forventede avlsfremgang forsigtigt estimeres til mellem 6 % og 10 % pr. generation. Til sammenligning er avlsfremgangen i det norske lakseavlsprogram 10 % pr. generation.

Arvelighed af en bestemt egenskab (f.eks. vækst) er et udtryk for den genetiske information, der gives videre fra forældrene til deres afkom. Arvelighed angives numerisk ved et tal mellem 0 og 1,0. Arveligheden for vækst hos laksefisk er relativt høj (0,25-0,35), mens arveligheden for overlevelse er relativ lille (0,01-0,10). Jo nærmere tallet er på 1, jo større arvelighed og dermed jo mere kan opnås ved avlsarbejde.

De opnåede avlsfremgange er varige og additive, d.v.s. at de føres videre til kommende generationer. Fremgang i avlsarbejdet kan illustreres ved at gå op ad en trappe, hvor man stiger et trin op for hver generation.

Ved beregning af avlsværdien vil der blive beregnet et del-indeks for henholdsvis f. eks. vækst (SGR) og foderkvotient (FQ), der vægtes i forhold til hinanden, således at avlsværdien, $S = w_1 * I_{SGR} + w_2 * I_{FQ}$, hvor w_1 og w_2 er udtryk for vægtningen af de to faktorer.

I praksis vil man aldrig helt kende den sande avlsværdi for en fisk, hvorfor der beregnes en sandsynlig avlsværdi. Dette kan gøres ved at foretage målinger på fiskene selv og deres slægtninge. Metoden er tidskrævende, idet det kan tage op til 4 år før en sandsynlig avlsværdi kan beregnes for en given regnbueørred. Der går således 2-3 år før fiskene er kønsmodne og i det følgende år opnås data for afkommets vækst og foderudnyttelse.

5.2 Avlsarbejde i Norge

Indtryk fra studiebesøg i 1999

I Norge startede et avlsprogram for laksefisk i 1972 og heri ligger også en stor del af successen i norsk fiskeopdræt. Fra 1975 bestod Norges avlsstation af Akvaforsks afdelinger i Sunndalsøra og Averøy. I 1992 blev avlsstationsdelen skilt ud fra Akvaforsk som et selvstændigt selskab AkvaGen A/S. En ny avlsstation (Norske Fiskeopdrætters Avlsstation - NFA) blev bygget på Kyrksæterøra 1985 som supplement og back-up. Aktiviteterne ved AkvaGen og NFA var koordineret gennem selskabet Norsk Lakseavl A/S. I 1999 tog Norsk Lakseavl A/S navneforandring til det mere internationalt klingende navn Aqua Gen A/S.

Aqua Gen A/S omfatter 3 datterselskaber:

1. Aqua Gen Hemne, Kyrksæterøra: Avlsstation, der afsætter materiale til regionale stamfiskestationer, hvor opformering af øjenæg/smolt til smoltproducenterne finder sted. Selektionen sker på Kyrksæterøra, som tidligere udgjorde Norske Fiskeopdrætteres Avlsstation (NFA).
2. Aqua Gen Sunndal, Sunndalsøra: Avlsstation, der tjener som back-up og teststation.
3. Aqua Gen Global: Markedssektion, der varetager handel/eksport (world wide) af øjenæg af laks og regnbueørred.

Det norske avlsprogram baserer sig også på familieavl, hvor der indgår op til 400 familier pr. generation.

I 20 års perioden (5 generationer) fra 1973 til 1993 afspejlede avlsarbejdet, at man kunne reducere produktionstiden på en 4,5 kg laks fra 24 mdr. til 13 mdr., d.v.s. ca. halveret produktionstid. Det vurderes, at ca. 50 % af fremgangen skyldtes avl, mens resten tilskrives forbedrede miljøforhold. Opdrætsbetingelserne er imidlertid nu blevet forbedret så meget, at fremover vil den egentlige avlfremgang have større betydning end forbedrede miljøforhold.

Kønsmodne laks overføres fra havvand til ferskvand min. 3 mdr. før strygning/ slagtning, d.v.s. fra maj måned. 2 mdr. før strygning blev laksen gællemærket.
Regnbueørred overføres fra havvand til ferskvand ca. 2 mdr. før strygning/slagtning.

Efter overførslen til ferskvand blev avlsfiskene holdt under sort pressenning og under lysstyring (kort dag/lang nat).
Hannerne blev sorteret ud i separate kar inden presning. Efter krydsningsplanen søgtes herefter den hun, der passede til den respektive han-fisk.

I forbindelse med strygningen skete følgende:

1. Fisken blev aflivet, bløget, buggen skåret op og æggene opsamlet fra hver hun i hvert sit vaskefad.
2. Længde/vægt-måling.
3. Udtag af prøver til undersøgelse af BKD og IPN.
4. Objektiv bedømmelse, f.eks. blev korte og dybe fisk med høj konditionsfaktor kasseret.
5. Røntgen analyse af fedtindhold i filet.
6. Måling af indfarvning (Minolta).

De befrugtede æg blev skyllet i fysiologisk saltvand (0,9%) for at fjerne urenheder og desinficeret i buffodine (12 l buffodine + 125 l vand).

Der var konstateret 40-60% overlevelse af sædceller i frosset mælk (langsom optøning).
Det havde ikke været muligt at nedfryse befrugtede æg.
Æg og mælk kunne opbevares i 3 uger ved 0-3 °C (køling i isvand).

100 fisk/familie blev testet på en teststation. Der blev bibeholdt en parallelbestand på avlsstationen, der kunne anvendes til avl afhængig af resultaterne fra teststationen.

Ved beregning af avlsindeks for de enkelte familier vægtedes de enkelte egenskaber, f.eks.

Vægt	20
Kønsmodenhed	20
Kvalitet	35
Sygdomresistens	25

Avlsværdierne for hver enkelt fisk blev bestemt ved BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), der kendes fra avlsprogrammer for husdyr. Metoden udregner avlsværdien for hver enkelt fisk ud fra selektionskriterier målt på den enkelte fisk og dens slægtninge (vægter for familiestørrelser og slægtskabsniveau) og tager samtidig højde for evt. forskelle i miljøfaktorer.

Ørreder bedømmes også på hudfarven:

Sølvfarvet:	God
Ekstra sølvfarvet:	Meget god
Mørk/brun:	Dårlig

Marked/priser

Stamfiskestationerne betalte en royalty til Aqua Gen ved videre salg af avlsmateriale til smoltproducenter.

Af veterinære årsager var der ikke adgang for gæster til en stor del af faciliteterne (med fisk/biologisk materiale), der således blev iagttaget gennem glasruder. Andre steder passeredes sluser, hvor der blev skiftet fodtøj/éngangs-overtrækskittel. Et lokale blev forladt via den samme sluse, hvor kitlen blev destrueret, der blev vasket hænder og tilbageskift til eget fodtøj. Proceduren gentoges ved næste rum.

Yngelanlægget indeholdt 400 1*1 m kar til startfodring. En del kar havde elektrisk skiveautomat, mens en del kar blev fodret med en foderrobot. Man havde gode resultater med robotten, hvorfor man ville gå over til foderrobot til alle kar. Der blev sat 10.000 stk yngel i hvert kar.

Anlægget blev drevet som et kommercielt produktionsanlæg for at lægge så tæt op ad praktiske opdrætsforhold som muligt.

Alle leverancer (foder, udstyr mm) til avlsstationen blev afleveret i en indhegnet gård, hvor det desinficeredes inden det blev taget indenfor. Foderet fik fjernet cellofanen og flyttet over på en ”ren” palle.

I klækkeriet havde hver klækkebakke (familie) separat ind- og afløb.

Lakserogn blev inkuberet i sorte PVC-cylindre (ca. Ø 30 cm og ca. 90 cm høje) med opstigende vandstrøm. Der blev lagt 20 l i hver cylinder. Æggene blev desinficeret med buffodine.

På avlsstationen blev der lavet specialproduktioner af avlsmateriale med specifikke egenskaber ud fra de kriterier, som havde størst økonomisk betydning for den enkelte dambruger.

I Aquaculture nr. 117 (1993) findes en artikel om en japansk undersøgelse med IPN-resistens som avlsmål hos regnbueørred.

I 1965 havde en gruppe ørredyngel 90 % dødelighed p.g.a. IPN. De overlevende 10 % af fiskene blev brugt til avl.

Efter systematisk avl i 5 generationer blev der i en yngelbestand i 1989 konstateret en dødelighed på 4,3 %. I en kontrolgruppe var dødeligheden 96 %.

Dette viser, at **IPN er arvelig**.

Da man næppe kan sanere sig ud af IPN, er IPN-resistens blevet inddraget som et avlsmål. Ud over IPN indgår tillige resistens mod VHS, ILA som avlsmål på Aqua Gen.

Forbuddet mod import af øjenæg fra Norge til EU skyldes EØS-aftalen, der var Norges indrømmelse for at få lov at eksportere konsum-laks (døde) til EU-landene. Endvidere sikrede aftalen mod overførsel af ILA (Infektiøs Lakse Anæmi).

6. Dansk Ørredavl

Den erhvervsdrivende fond Dansk Ørredavl blev stiftet på en generalforsamling i marts 1999. Fondens stiftere var Dansk Dambrugerforening, Dansk Havbrugerforening, Foreningen Forsøgsdambruget og Organisationen Dansk Akvakultur (ODA) - alle senere fusioneret ind i Dansk Akvakultur.

I juni 2000 indviedes Avlsstation for regnbueørred ved Nordsøcentret i Hirtshals. Nordsøcentret stod som bygherre og Strukturdirektoratet (senere DFFE) støttede byggeri og indretning med 30 % af omkostningerne. Dansk Ørredavl drev således avlsstationen på lejebasis.

Avlsmaterialet bestod dels af fisk fra ovennævnte SJVF-projekt og dels af fisk af øjenæg, der blev indført fra Fousing dambrug i 2000.

Perspektivet i avlsarbejdet var at producere øjenæg til salg til yngelproducenter, hvor avlsmaterialet blev opformeret og dermed kunne bidrage til forbedring af det eksisterende avlsmateriale. På den måde blev avlsfremgangen på avlsstationen bredt ud til hele dambrugserhvervet.

Avlsstationen lå i EU godkendt zone fri for IHN og VHS og fiskene på avlsstationen udgjorde en lukket besætning. Der kunne således kun sendes fisk *ud* af avlsstationen. Evt. indførsel af materiale *til* avlsstationen krævede en særlig dispensation fra Veterinær- og Fødevaredirektoratet/Fødevarestyrelsen.

6.1 Avlsstationen

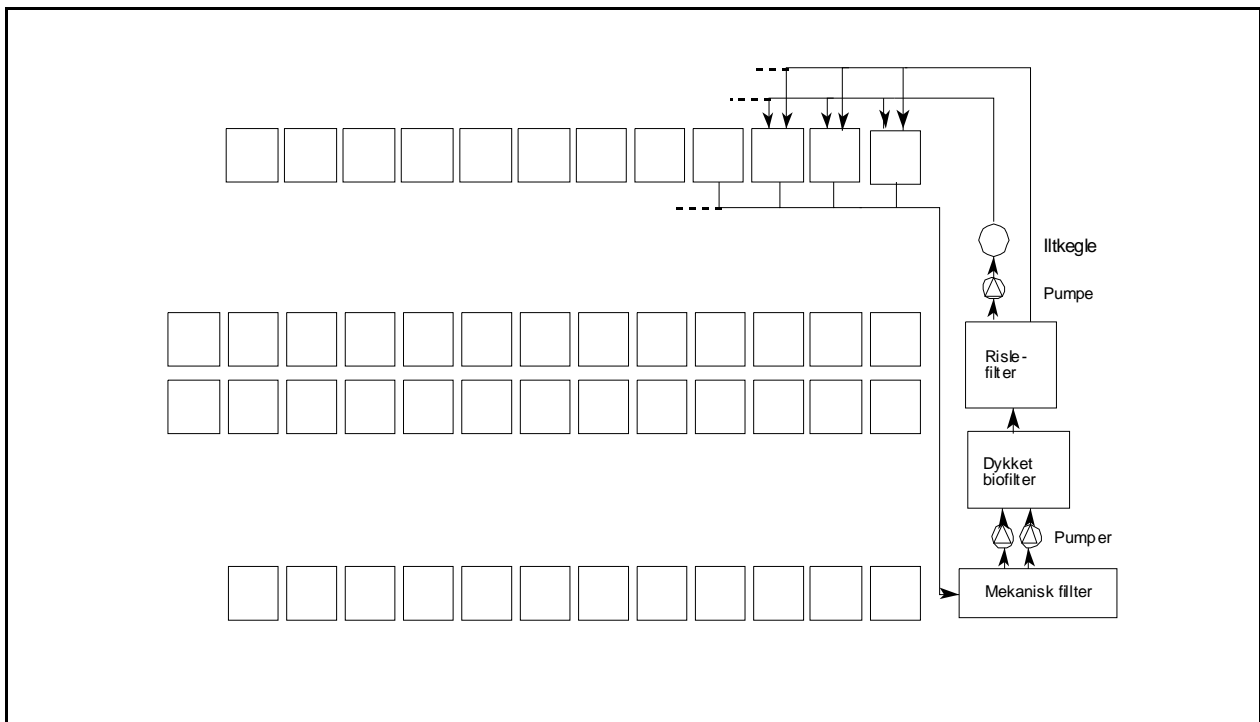
Avlsstationen omfattede dels en eksisterende bygning (avlshal 1) samt en ny bygning (avlshal 2), som Nordsøcentret lod opføre.

Avlshal 1

Bygningen var fra ca. 1985 og var opført i træ som en uisoleret, lukket og aflåst hal (ca. 200 m²).

Anlægget bestod af 50 stk. 1x1 m glasfiberkar, som var firkantede med afrundede hjørner. Totalhøjden var 0,5 m med en normal vandhøjde på 0,35 m og et vandindhold på ca. 350 liter.

Design af anlægget byggede på recirkulationsprincippet med meget begrænset vandforbrug. Således udskiftedes kun den vandmængde, der fordampede eller fjernedes i forbindelse med vandrensningen svarende til ca. 15 % udskiftning af anlæggets vandvolumen pr. døgn. Fra karrene løb vandet til et mekanisk filter (tromlefilter) med en maskevidde på 60 µ og videre til et reservoir. Herfra pumpedes vandet op gennem et dykket biofilter (up-flow), fra hvis top det løb videre til et rislefilter. Fra rislefilteret førtes vandet frem til karrene i to strenge; i den ene fremførtes det beluftede vand og i den anden pumpedes vandet frem via en iltkegle med regulerbar ilttilsætning. I de biologiske filtre omsattes dels organiske stoffer og dels omdannedes fiskenes affaldsprodukt ammoniak (NH₃) til frit kvælstof (N₂) og vandet blev beluftet, således at den udviklede N₂ og CO₂ blev afgivet til atmosfæren. Ved beluftningen tilførtes også atmosfærisk ilt til vandet, men inden vandet ledtes tilbage til fiskene tilsattes ren ilt for at sikre fiskene optimale iltforhold og dermed de bedste betingelser for god vækst og foderudnyttelse.



Figur 3. Skitse af Avlshal 1.

Der var alarm på nøgleparametre (vandstand, fasebrud, ilt, pumpefejl). I forbindelse med alarmer aktiveredes nødilt til alle kar.

Klækkeri

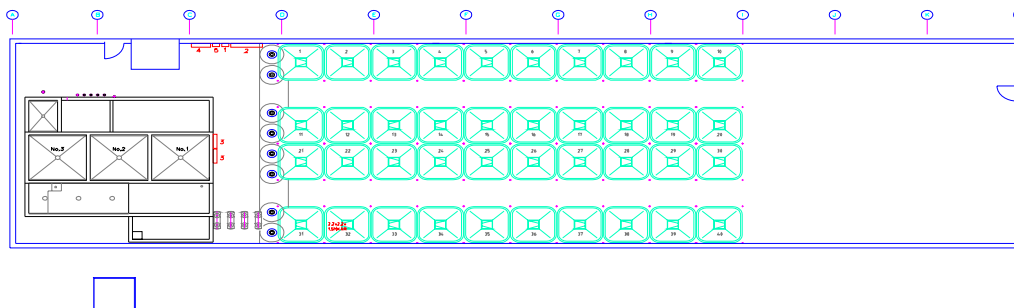
Der var indrettet et mindre klækkeri i et anneks i tilknytning til avlshal 1 med en kapacitet på 140 klækkebakker/adskilte familier. Klækkeriet var semi-recirkuleret, d.v.s. vandet fra klækkerenderne samledes i et reservoir, hvorfra det blev pumpet over en risleblok (bio-net) anbragt i en højdetank. Desuden tilførtes friskvand til højdetanken. Vandet løb passivt fra højdetanken til alle klækkerender. Der var vandstandsalarm i højdetanken, og en cisterneventil koblet til vandhanen sikrede kontinuert vandtilførsel ved pumpevigt/lav vandstand i højdetank. Anlægget var desuden forsynet med UV enhed til behandling af en delstrøm svarende til max. 5 m³ vand /time. Anlægget var ligeledes forsynet med varmelegeme med indbygget termostat for regulering af temp. Hele anlægget var tilsluttet alarmsystemet i avlshal 1 med hensyn til: lav vandstand, lav/høj temp. lavt/højt iltniveau.

Avlshal 2

Bygningen blev opført år 2000 som en isoleret (100 mm) sandwich-hal på ca. 700 m². Heraf blev 536 m² indrettet med et recirkuleret opdrætsanlæg, der er opbygget som en kommerciel enhed. Anlægget omfattede 40 stk. 2,2 x 2,2 x 1,5 m glasfiber kar, som var firkantede med afrundede hjørner. Rumindholdet var ca. 6 m³/kar, d.v.s. anlæggets volumen var på ca. 240 m³ (jf. fig. 4 og 5).

Fra karrene løb vandet til et mekanisk filter (tromlefilter) med en maskevidde på 60 µ og videre til et reservoir. Herfra pumpedes vandet op til toppen af det dykkede biofilter (down-flow), hvorfra det passerede ned igennem og løb videre over et rislefilter. Det dykkede biofilter var fyldt med bio-net plast elementer (150 m²/m³) og havde et volumen på 65 m³. Rislefilteret var fyldt med bio-net type 200 m²/m³ og havde et volumen på 26 m³.

I biofilteret foregik nitrifikationsprocesserne, hvor ammoniak først omsattes til nitrit og videre til nitrat. I biofiltrene omsattes ca. 50% af ammoniakken til nitrat/frit kvælstof.



Figur 4. Skitse af Avlshal 2

En delstrøm fra det dykkede biofilter ledtes over et nitratfilter (7 m³), hvor der skete en denitrifikation. Ved denitrifikationen reduceredes nitraten til frit kvælstof. Overfladevand herfra ledtes tilbage til anlægget.



Fig. 5. Avlshal 2 med 40 stk kar. Foran karene ses iltkegler og til højre ses tromlefilter og et hjørne af biofilteret.

Fra rislefilteret passerede vandet et UV-filter, der fjernede bakterier i vandet, der efterfølgende iltedes i 8 iltkegler, der hver forsynede 5 kar med vand. Iltniveauet i vandet reguleredes dels ved en base-load og dels ved en peak-load.

Et køletårn skulle sikre, at vandtemperaturen i sommerperioden kunne holdes under 20 °C. Køletårnet, der var placeret udendørs, virkede ved hjælp af fordampningsvarmen baseret på vandtemperaturen og den udendørs temperatur og fugtighed. En delstrøm passerede dette anlæg.

Der var alarm på nøgleparametre (vandstand, fasebrud, ilt, pumpefejl, temperatur, pH). I forbindelse med alarmer aktiveredes nødilt til alle kar.

6.1.1 Tekniske installationer

I det følgende gives en oversigt over avlsstationens tekniske installationer og deres vedligeholdelse og drift.

Biofiltre:

For at undgå at biofiltrene blev tilstoppet med slam blev filterelementerne rengjort med jævne mellemrum. I Hal 2 var biofilter enheden opbygget i 3 sektioner, således at et filter kunne rengøres uden væsentlig betydning for anlæggets drift.

Filterelementerne blev rengjort hver 6.-8. uge afhængig af belastningen på anlægget for at undgå akkumulering af slam i de dykkede filtre.

Rislefilter:

Fordelerpladen på rislefilteret blev eftersat jævnlige for at undgå tilstopning af huller.

Nitratfilter (denitrifikation):

Ved nitratværdier over 250 mg/l aktiveredes nitratfilter (Hal 2) ved hjælp af vandforsyningen fra bunden af de dykkede filtre. Som energikilde anvendtes methanol el. ethanol som tilsattes med doseringspumpe.

Iltsonder/Oxyguard 8 tavler:

Af hensyn til optimal management blev iltsonder tilset dagligt. Som almindelig praksis blev iltsonderne kalibreret hver anden måned, herunder udskiftning af elektrolytvæske og evt. defekte membraner.

Iltkegler:

I Hal 1 blev iltindholdet i karene styret af ilten dels af vand direkte fra rislefilter i det ene fremløb og dels af ilttilsætning via iltkegle i det andet fremløb. En iltsonde placeret i det fælles afløb regulerede ilttilsætningen. Ved iltniveau under en bestemt grænse åbnedes for ”peak load ” på flowmetre og ekstra ilt sendtes gennem iltkegle indtil det ønskede iltindhold var nået.

I Hal 2 forsynede hver iltkegle 5 kar med vand. En iltsonde i hvert kar regulerede ilttilsætningen. Systemet fungerede i princippet på samme måde som i Hal 1, men kaldte én iltsonde på ilt blev der åbnet for ”peak load ”, således at også de 4 andre tilhørende kar til keglen fik øget iltindholdet i indløbsvandet. Ved forskellighed i biomasse kunne dette forårsage en del driftsforstyrrelser/alarmer.

Pumper:

Returpumper og trykpumper blev eftersat månedligt - smurt og rensat efter forskrifter.

Tromlesi:

Tromlesi blev eftersat ugentligt for at undgå tilstoppede dyser samt tilstoppede filtre.

Alarmtavle:

Alarmtavlerne i Hal 1 og Hal 2 var forbundet, idet de første 8 udgange på alarmtavlen i Hal 1 var forbundet til Hal 1, mens de 8 sidste var forbundet til Hal 2.

Alarm registreredes ca. 1 min. med hyletone, hvorefter alarmer sendtes videre til alarmvagttelefon.

6.1.2 Vandkemi

Med henblik på stabil drift af anlæggene og styring af de fysiske/kemiske anlægsparametre registreredes følgende vandkemi parametre (målsatte værdier i parentes).

Dagligt målte følgende:

- a) Ilt (8,5 mg/l; min. 5,9 mg/l)

- b) pH (7,1; 6,9-7,5)
- c) Temperatur (16 °C; 14,0-19,0 °C)
- d) Vandskifte (150 l/kg foder/dag)

1-2 gange ugentligt målt:

- e) Ammoniak (NH₃)/ammonium (NH₄) - (maks. 5 mg/l)
- f) Nitrit (NO₂⁻) - (maks. 10 mg/l)
- g) Nitrat (NO₃⁻) - (maks. 250 mg/l)

pH reguleredes ved tilsætning af NaHCO₃ (ca. 0,1 kg NaHCO₃/kg foder).
Såfremt NO₃⁻ konc. oversteg 250 mg/l i Avlshal 2 aktiveredes denitrifikationsfiltret.

6.1.3 Veterinære forhold

Det var alt afgørende for avlsarbejdet, at avlsstationens fisk holdtes fri for så mange sygdomme som muligt. Avlsstationens placering i Hirtshals skyldtes således dels områdets høje veterinære status, det vil sige at området var fri for nogle meget smitsomme virussygdomme og dels at der var stor afstand til dambrug og tilknyttede vandløbssystemer.

Avlsstationen var optaget i Fødevaredirektoratets/Fødevarestyrelsens register over avlsdambrug fri for en række alvorlige ørredsygdomme, herunder IPN, som ødelagde de første tiltag til systematisk avlsarbejde i Danmark.

Avlsstationen blev drevet som en lukket besætning, d.v.s. at den etablerede bestand af avlsfisk ikke umiddelbart kunne suppleres med yderligere avlsmateriale (fisk, æg eller sæd), for på den måde at reducere risikoen for indslæbning af sygdomme.

Der blev således opstillet en række forholdsregler, der skulle sikre en høj hygiejne og veterinær standard på avlsstationen.

Avlsstationen opfyldte betingelserne, som kræves for at der kunne leveres æg til hele landet og til evt. alle de øvrige områder i EU, således at:

- 1) Avlsstationen lå i en godkendt zone fri for IHN og VHS.
- 2) Avlsstationen var registreret som IPN-frit avlsdambrug.
- 3) Avlsstationen var registreret som BKD-frit avlsdambrug.
- 4) Dambruget havde sin egen bestand af moderfisk.
- 5) Moderfiskene hidrørte fra et IPN-frit avlsdambrug.
- 6) Enhver tilførsel af fisk og æg skulle være godkendt af Fødevarestyrelsen (FVST).

7) Anlægget forsynedes med smittefrit vand, dvs. vand fra boring.

Avlsstationen var således optaget i FVST's register over IPN-fri avlsdambrug.

Avlsstationen deltog i FVST's frivillige BKD-overvågningsprogram.

Deltagelse i overvågningsprogrammet indebar:

- ✓ Anmeldepligt ved forekomst eller mistanke om forekomst af BKD.
- ✓ To årlige undersøgelser af 10 fisk, der laboratorieundersøgte for BKD ved en ELISA metode.

Den løbende sundhedsovervågning og udtagning af prøver til laboratorieundersøgelse for de sygdomme, der er berørt af lovgivningen, blev foretaget af FVST.

Der blev ført en journal med optegnelser over overvågningsbesøg, salg og dødelighed, diagnoser ved unormal dødelighed samt medicinering.

Hygiejne

Opretholdelse af absolut højeste veterinære status på avlsstationen forudsatte omhyggelig hygiejne ved indgangen til avlsstationen. Besøg i opdrætshallerne blev derfor begrænset til et absolut minimum. I princippet var det kun avlsstationens stab, der havde adgang til avlsstationen. Ved indgangen til hallerne blev skiftet til andet fodtøj, der konstant befandt sig i den pågældende hal eller minimum desinfektion af fodtøj i iodofor Vircon S/Virksom2000 eller overtrækssko samt éngangs-overtræksskittel og vask af hænder.

6.1.4 Sygdomme/dødelighed

Sygdomme behandlede på grundlag af diagnose og registreredes tillige med dødelighed i de enkelte familier i databasen.

Dødelighed i potentielle avlsfisk som var mærket og registreret samt moderfisk noteredes i databasen. Det elektroniske mærke blev udtaget og frigjort i databasen så mærket kunne genbruges til nye fisk.

7. Det Faglige Råd

Dansk Ørredavls bestyrelse nedsatte et fagligt råd til dels at rådgive sig om avlsarbejdet og dels udføre forskning og undersøgelser i tilknytning til aktiviteterne på avlsstationen.

Det Faglige Råd bestod af repræsentanter fra erhvervet samt forskningsinstitutioner, der beskæftigede sig med fagområder, der knyttede sig til avlsarbejdet, herunder bl.a. Danmarks JordbrugsForskning, Statens Veterinære Serumlaboratorium (Danmarks Fødevareforskning), Fødevedirektoratet/FVST, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Fiskefoderfabrikantforeningen og Danmarks Fiskeriundersøgelser.

7.1 Kommissorium for Det Faglige Råd

Det Faglige Råd skulle bistå bestyrelsen med viden og rådgivning i planlægning og drift af avlsstationen, herunder selve avlsarbejdet.

Det Faglige Råd kunne tage initiativ til at udføre forskning og undersøgelser i tilknytning til aktiviteterne på avlsstationen.

I rådets arbejde indgik bl.a.

1. Avlsmål

Definition af avlsmål, d.v.s. de egenskaber, som ønskedes forbedret gennem avlsarbejdet.

2. Selektionskriterier

Fastlæggelse af selektionskriterier samt en plan for opsamling af data for de enkelte produktionsparametre, der indgår i avlsmålet og dermed i beregningen af den avlsmæssige værdi.

3. Udvikling af en avlsplan

En avlsplan består i udvikling/fastlæggelse af avlsmetoder, der fører til en forbedring af den samlede avlsværdi.

Disse kriterier kunne f. eks. være:

- Bestemmelse af avlsværdi
- Valg af fisk
- Fordeling af krydsende par

4. Implementering af avlsplan

Rådet skulle rådgive med gennemførelsen af avlsplanen, d.v.s. at Dansk Ørredavl løbende afrapporterede til Det Faglige Råd.

8. Avlsmål

Avlsmål er et udtryk for hvilke egenskaber (f. eks. vækst), der ønskes forbedret gennem avlsarbejdet. Udvalget (selektionen) af de bedste fisk i forhold til avlsmålet blev foretaget ud fra fastlagte *selektionskriterier*. Selektionskriterier er egenskaber, der kan måles på fiskene, men som ikke behøver at være de samme, som dem der indgår i avlsmålet.

Ved valg af avlsmål, er det vigtigt at den pågældende egenskab er:

- Økonomisk betydende for erhvervet
- Arvelig

Tilvæksten hos fiskene er en af de vigtigste økonomiske parametre i opdræt, idet det drejer sig om at gøre fiskene klar til salg på kortest mulig tid.

Tabel 2. Prioriteret oversigt over avlsmål.

Avlsmål	Portionsfisk	Store fisk/rogn
Foderkvotient	1	2
Vækst	2	3
Kvalitet/indfarvning	3	4
Overlevelse	4	5
100 % kønsmoden (2 års)		1
Æg antal/ str.		6
Salttolerance		7

Fiskenes udnyttelse af foderet er ligeledes en nøgelfaktor, idet foderet udgør ca. 50% af produktionsomkostningerne i fiskeopdræt. Alle danske dambrug har en årlig foderkvote, hvorfor det naturligvis drejer sig om at producere størst mulig mængde fisk på denne fodermængde, d.v.s. maksimal vækst og foderudnyttelse (lav foderkvotient).

De primære avlsmål i det danske avlsarbejde er således p.t. **vækst (SGR)** og **foderkvotient (FQ)**.

Valget af avlsmål er afhængig af, om fiskene skal opdrættes til portionsstørrelse, eller om det drejer sig om sættefisk til havbrug, hvor andre avlsparemetre er afgørende.

Med henblik på at tilgodese såvel dambruger- som havbrugerinteresser med hensyn til avlsmålene, blev der foretaget en prioritering som angivet i tabel 2 (1 er højeste prioritet).

Det blev besluttet, at **vækst** og **foderkvotient** skulle være de primære avlsmål, indtil der blev mulighed for at inddrage en ekstra linie i avlsarbejdet.

Væksten (daglig tilvækst), udtrykt ved den **specifikke vækstrate, SGR** defineres som:

$$SGR = ((\exp((\ln W_t - \ln W_0) / (T_t - T_0)) - 1)) * 100, \text{ hvor}$$

W_0 = biomassen ved periodens begyndelse;

W_1 = biomassen ved periodens afslutning og

$T_t - T_0$ = antal foderdage i perioden

Den specifikke vækstrate (SGR) beregnes på grundlag af den opvejede biomasse ved henholdsvis start og afslutning for hver forsøgsperiode korrigeret for vægten af døde individer i perioden.

Formlen baserer sig på, at fisk vokser eksponentielt med tiden, d.v.s. punkterne W_0 og W_1 ligger på en buet kurve. Sker afbildningen på en logaritmisk skala vil punkterne være forbundet af en ret linie. Heraf er udledt det tilnærmede udtryk for SGR

Netto **foderkvotienten (FQ)** er defineret ved:

$$\mathbf{FQ = Foder\ tildelt\ (kg)/Biomasse\ tilvækst\ (kg)}$$

I brutto foderkvotienten medregnes døde fisk i perioden i ”biomasse tilvækst”.

Blandt de nævnte avlsmål er væksten den eneste af egenskaberne, som kan måles direkte på det enkelte individ, ligesom det i øvrigt bemærkes, at ønsket om en stor rognmængde samtidig betyder ønsket om en stor (hurtigt voksende) fisk.

Ved beregning af avlsværdien (jvf. afsnit 15 og 16) vil der blive beregnet et delindeks for henholdsvis SGR og FQ, der vægtes i forhold til hinanden, således at avlsværdien, $S = w_1 * I_{SGR} + w_2 * I_{FQ}$, hvor w_1 og w_2 er udtryk for vægtingen.

8.1 Foder og fodring

Der anvendtes sponsoreret ørredfoder fra foderfirmaerne BioMar A/S, Danafeed A/S og Aller Aqua A/S. Med henblik på at kunne sammenligne fiskenes vækst anvendtes periodevis foder af samme mærkat til samtlige familier. I tabel 3 er angivet nogle retningslinier for anvendelse af forskellige pillestørrelser af foder i forhold til fiskestørrelse.

Tabel 3. Angivelser af forskellige pillestørrelser af foder i forhold til fiskestørrelse.

Pille str. (mm)	Fiske str. (g)	Udfodrings periode	Bemærkning
0,3 (granulat)	0,2-0,3	10 – 14 dage	Tilvæning (efter overførsel til 1 m kar)
0,6 (granulat)	0,3-0,8	30-40 dage	Afh. af vækst/temperatur
1,0 (granulat)	0,8-1,5	15-20 dage	Afh. af vækst/temperatur
1,2-1,3 (pille)	1,5-3,0	15-20 dage	Afh. af vækst/temperatur
1,5	3,0-10	30 dage	Afh. af vækst/temperatur
2,0	10,0-50	40 dage	Afh. af vækst/temperatur
3,0	50-100	25 dage	Afh. af vækst/temperatur
4,0	100-200	30 dage	Afh. af vækst/temperatur
5,0	200-600	30 dage	Afh. af vækst/temperatur
6,0-7,0	600-1000	30 dage	Afh. af vækst/temperatur
7,0-9,0	> 1000	-	-

Fodringsmetodik

Når ynglen var overført til 1-m kar i Avlshal 1 påbegyndtes udfodring med tørfoder. Fodringsystemet var Torp Akvateknik. Dette system bestod af 3 automatiske styresystemer med udgang til motorer med tilhørende foderautomater. I selve

styresystemet kunne lagres data om biomasse af fisk i de respektive kar, forventet foderkvotient, indfodringsprocent samt udfodringsinterval. Computeren beregnede således selv udfodringsmængden til den følgende dag. Foderautomaterne kalibreredes, således at fodertildelingen pr. skud var mindst mulig. Herved blev udfodringen strukket over et længere interval og formindskede derved risikoen for foderspild.

Det beskrevne system muliggjorde automatisk udfodring til alle 50 kar (familier). Samtlige data om biomasse samt daglige udfodrings mængder blev gemt i computer som backup. Når yngelen havde nået størrelsen ca. 0,6 g svarende til ca. 30-40 dage efter overførsel til 1 m kar ændredes foderautomaterne til pendulautomater i resten af opvækstperioden.

8.1.1 Fodringsstrategi – Biologiske og genetiske aspekter

Idet de primære avlsmål var daglig tilvækst (SGR) og foderkvotient (FQ) var det af stor betydning, at den anvendte fodringsmetode var mest mulig korrekt i forhold til den senere beregning af avlsværdi og udvælgelsen af de bedst voksende familier og individer.

Endvidere var det af afgørende betydning for at kunne sammenligne familierne med hinanden, at fiskene havde så ens betingelser som overhovedet muligt (bestandsstørrelse, fiskestørrelse, fodringsstrategi, temperatur, vandkemiske parametre).

I relation til avlsmålene – vækst og foderkvotient - fokuseredes her på 2 fodringsstrategier:

- 1) **Restriktiv udfodring**
- 2) **Ad libitum udfodring**

Der gælder følgende sammenhæng mellem vækst (SGR), foderudnyttelse (FQ) og udfodringsmængde (f):

$$(I) \quad \text{Vækst} = f/FQ$$

$$(II) \quad FQ = f/\text{vækst}$$

Ved **restriktiv** udfodring forstås, at fiskene tildeles en beregnet procentuel daglig fodermængde i forhold til biomassen således, at der opnås den maksimale foderudnyttelse (d.v.s. minimal foderkvotient), mens fiskenes vækstpotentiale (daglig tilvækst) ikke udnyttes maksimalt i forhold til det biologiske maximum. Den daglige fodermængde er således mindre end det, som fiskene kunne spise.

Ved restriktiv fodring fokuseres således på forskelle i foderkvotient (FQ) mellem familierne, mens forskelle i vækstpotentiale beregnet som daglig tilvækst (SGR) ikke nødvendigvis fremkommer.

Forskellene mellem familier med samme alder vil især blive tydelige i tilfælde, hvor fisk fodres restriktivt i længere perioder ud fra fodertabel med ens procentuel udfodring, idet familierne vokser forskelligt og der vil da opstå en større el. mindre begrænsning af de enkelte familiers vækstpotentiale.

Efter nogle måneder vil familier, der således skiller sig ud med en lav gennemsnits vægt blive tildelt en for lav procentuel indfodring i forhold til andre familier med større gennemsnits-vægt, som har haft en bedre vækst eller foderudnyttelse i perioden. Dermed vil de fremkomne værdier for SGR og FQ for de respektive jævnaldrende familier ikke umiddelbart være sammenlignelige.

Ved restriktiv fodring kan man imidlertid ikke udelukke hierarki dannelse/konkurrence om foderet, hvorved der kan være risiko for at man kommer til at selektere de mest aggressive fisk i stedet for fisk længere nede i hierakiet, som måske havde bedre fysiologiske anlæg for hurtig vækst.

Ad libitum udfodring vil i praksis betyde, at fiskene har adgang til foder i et givet tidsrum - teoretisk over hele døgnet, hvorved fiskenes vækstpotentiale udnyttes fuldt ud. Normalt fungerer det dog således, at fiskene har adgang til foderet over en sammenhængende periode på 7-8 timer. Erfaringen viser, at dette nogenlunde modsvarer det indtag, som fiskene ville have haft over et døgn.

Ved ad libitum udfodring vil den enkelte familie ikke være begrænset på foderet, dvs. SGR vil afspejle det reelle potentiale for den pågældende familie. Såfremt pendulerne er indstillet ens og at væsentligt foderspild undgås vil FQ værdierne tillige afspejle den enkelte families foderudnyttelses effektivitet. SGR og FQ værdier vil derfor umiddelbart kunne sammenlignes mellem de enkelte familier og dermed danne det bedste grundlag for den senere sortering og mærkning.

Begge fodringsstrategier kan imidlertid tilgodeses ved såkaldt ”styret ad libitum” udfodring.

På grundlag af biomasse, individ størrelse samt forventet foderkvotient, tildeles fiskene således en beregnet procentuel fodermængde, der svarer til det, som fiskene forventes at kunne spise. Den procentuelle fodertildeling justeres løbende, således at det svarer til det observerede foderindtag. Såfremt nogle familier udviser et højere foderindtag justeres foderindtaget opad for samtlige familier. Dette indebærer dog tilbagevejning af foderrest for nogle familier.

Fodringsmetoden er meget væsentlig så længe fiskene er adskilt i familier (indtil mærkning) for at kunne registrere forskelle i FQ og SGR mellem familierne. Efter at individmærkning er foretaget holdes fiskene i blandede familier og registrering af FQ er ikke mulig. Mærkningen skal derfor foretages med allerede selekterede fisk med potentiale som avlsfisk. Den endelige selektion afhænger derefter af vækst og andre karakteristika, længde/vægt forhold etc.

Hos fisk er længdevæksten uafh. af fiskens vækst i øvrigt og foregår i én dimension, mens kødtilvækst, fedttilvækst etc. foregår i 3 dimensioner. For hvert 1 g protein vækst bindes 3 gram vand, mens 1 g fedt tilvækst ikke binder vand. Ved overvejelser om ad libitum fodring kontra restriktiv fodring er den 3 dimensionelle vækst derfor meget vigtig, idet der ved ad libitum fodring sker en øget fedtdeponering.

Fodringsstrategien formodes ikke at have indflydelse på fiskenes evne til at omsætte foderet, d.v.s. at fisk der har anlæg for effektiv udnyttelse af foderet vil afspejle denne egenskab hvad enten der fodres ad libitum eller restriktivt.

Der anvendtes et foderprogram, der på grundlag af biomasse, individ størrelse samt forventet foderkvotient beregnede en procentuel daglig fodermængde til hvert kar/familie. Programmet justerede den daglige procentuelle fodertildeling i takt med beregnet stigende individstørrelse i den pågældende familie, jvnf. tabel 4.

Tabel 4. Daglig udfodringsprocent i forhold til fiskestørrelse, forventet foderkvotient og benyttet fodertype.

Skift interval-fiskstr. (g)	Vægtinterval-fisk (g)	Daglig udfodringsprocent	Forventet FQ	Pillestr. (mm)
0,1	0,1-2,0	6,0	0,7	0,6
2,1	2,1-5,0	4,5	0,75	0,6-1,2
5,1	5,1-15,0	3,7	0,75	1,3-1,5
15,1	15,1-50,0	3,3	0,75	2,0
50,1	50,1-80,0	3	0,78	3
80,1	80,1-150,0	2,3	0,82	3
150,1	150,1-300,0	2	0,85	4
300,1	300,1-400,0	1,5	0,90	5
400,1	400,1-600,0	1,2	0,90	5
600,1	600,1-800,0	1,1	0,92	5
800,1	800,1-1000,0	1	0,95	5
1000,1	1000,1-1300,0	0,9	0,95	6
1300,1	1300,1-1500,0	0,8	0,97	6
1500,1	1500,1-1800,0	0,7	0,97	8
1800,1	1800,1-2000,0	0,65	0,99	8
2000,1	2000,1-2300,0	0,6	1,01	8
2300,1	2300,1-2600,0	0,55	1,05	8
2600,1	2600,1-3000,0	0,53	1,08	8
3000,1	3000,1-3500,0	0,5	1,1	9
3500,1	3500,1-4000,0	0,48	1,15	9
4000,1	4000,1-4500,0	0,46	1,2	9
	>4500	0,44	1,25	9

Fordelen ved anvende principperne i tabel 4 er, at der ikke er én fastsat udfodringsprocent for alle familier, men at familier, som vokser med forskellig hastighed får tildelt en foderprocent som modsvarer gennemsnit størrelsen af fiskene i familien.

På denne måde kan familier som udvikler sig forskelligt over tid sammenlignes mht. vækst og FQ indenfor et størrelsesinterval.

Dette indebærer, at fiskene regelmæssigt skal opvejes, tælles og individvejes for at kontrollere at fiskenes faktiske vækst og FQ svarer til det angivne vægtinterval og indfodringsprocent. Såfremt en given families faktiske vækst/vægt og FQ afviger fra det forventede kan dette have væsentlig indflydelse på væksten, hvorfor vægtintervallet og indfodringsprocenten samt fodertypen/pillestørrelsen må justeres i overensstemmelse hermed.

Herved tilstræbtes det at skabe det bedste grundlag for avlsværdiberegningerne.

Samtlige data for fodermængder, opvejninger m.v. overførtes til avlsdatabasen.

Det er imidlertid vigtigt at være opmærksom på, at det tager tid før avlsfremgange kan registreres i praksis på dambrugene. Det skyldes, at mange forskellige forhold spiller ind på de enkelte dambrug (miljø, vandkvalitet, fodringsstrategi, driftsrutiner m.v.). Det bevirker, at når en dambruger tester nyt avlsmateriale under normal drift, kan der let ske det, at effekten af varierende miljøforhold og driftsrutiner i et vist omfang overskygger den avlsmæssige fremgang.

9. Avlsmateriale

9.1 Mark Mølle og Fousing

Grundstammen i avlsarbejdet er Mark Mølle stammen (Nykøbing Mors), der blev anvendt i det indledende projekt til avlsarbejdet (SJVF-projektet). Efterfølgende (år 2000) er der for at øge den genetiske diversitet i avlsmaterialet indført ca. 30 familier fra Fousing Dambrug (Struer), hvis oprindelse ligeledes er Mark Mølle stammen. Begge er rene stammer, d.v.s. at der ikke er tilført nyt materiale over en lang årrække (25 år). Besætningen er registreret fri for IPN og BKD og beliggende i godkendt zone fri for IHN og VHS.

9.2 Kjærgårdsmølle -, Trehøje - og Ravningkær

På grund af omstruktureringen i Dansk Ørredavl (jf. afsnit 18) indgik der fra 2003/2004 tillige materiale fra Kjærgårdsmølle -, Trehøje - og Ravningkær dambrug.

De bedste af de respektive familier, som blev produceret i det såkaldte SJVF-projekt, blev bibeholdt med henblik på, at de kunne indgå som det første grundlag for avlsarbejdet. Fiskene, der alle var mærket med mikrochips, var i Veterinær- og Fødevaredirektoratets/FVST's register over IPN- og BKD-fri avlsdambrug beliggende i godkendt EU zone fri for IHN og VHS.

10. Avlsfisk

10.1 Alder ved kønsmodning hos regnbueørred

Vandtemperaturen har stor indflydelse på, hvornår en fisk bliver **kønsmoden**. Det vil derfor være mere relevant at angive en **fisks alder i daggrader** – på tilsvarende måde som for æg under klækning. Ved opdræt af regnbueørreder i kølevand fra et kraftværk er det således konstateret, at afkom af fisk med anlæg for kønsmodning i 4 års alderen (vældvandsopdræt), blev kønsmodne som 3 års fisk i det varmere kølevand (Bregnballe & Jokumsen, 1985).

Vækstbetingelserne er ligeledes bestemmende for tidspunktet for kønsmodenhedens indtræden. Det er således vist, at fiskene skal opnå en vis **minimumsstørrelse** før de bliver kønsmodne (Bregnballe & Jokumsen, 1985).

På dambrugene kønsmodnes regnbueørreder som regel ved 3-års alderen – dog kønsmodnes en del hanner i 2-års alderen. Men idet alder ved kønsmodenhed bestemmes af både arvelige forhold og af opvækstmiljøet kan der ske en fremrykning af kønsmodning hos fisk med anlæg for kønsmodning som 3-års fisk, hvis de har haft særligt gode vækstbetingelser og har opnået en vis minimumsstørrelse. Dette er tilsyneladende tilfældet for avlsfiskene på avlsstationen. Fiskene afstammede fra henholdsvis ”Mark Mølle stammen” og ”Fousing stammen”, der normalt kønsmodnedes som 3-års fisk. På avlsstationen opdrættedes fiskene under konstante betingelser med højere temperatur og tilsvarende højere udfodring end på et almindeligt dambrug. Fiskene opnåede derfor størrelsen ca. 1 – 1,5 kg/stk som 1 års fisk og ca. 3,5 kg/stk som 2-års fisk, hvorfor det er naturligt, at de blev kønsmodne. Det antages derfor, at opdrættedes de samme fisk under normale dambrugsvilkår ville de først blive 3 kg’s fisk i deres 3. leveår – og dermed kønsmodne.

Der er således naturligt, at fiskene på avlstationen blev kønsmodne som 3 kg’s fisk i 2-års alderen. Under normale dambrugsforhold ville de samme fisk – sandsynligvis – først blive kønsmodne som 3-års fisk.

Fra et produktionsmæssigt synspunkt ønskes fisk med sen kønsmodning, idet kønsmodne fisk har reduceret vækst, udviser aggressivitet (hanner) og reduceret kødkvalitet. For avlsstationen samt for erhvervet på sigt er sen kønsmodenhed dog uhensigtsmæssigt, idet den avlsmæssige fremgang er afhængig af generationsintervallet. Men med vækst som avlsmål kan man få en tendes til relativt tidligere kønsmodenhed.

Med baggrund i ovenstående viser figur 6 en tydelig sammenhæng mellem antallet af ikke kønsmodne 2 års fisk (hunner) på avlsstationen og fiskenes vægt. Det fremgår således, at familier med hurtigere vækst har en større andel af 2 års gydere, trods det, at de viste resultater stammer fra fisk, som selv var afkom af 3 års førstegangs gydere.

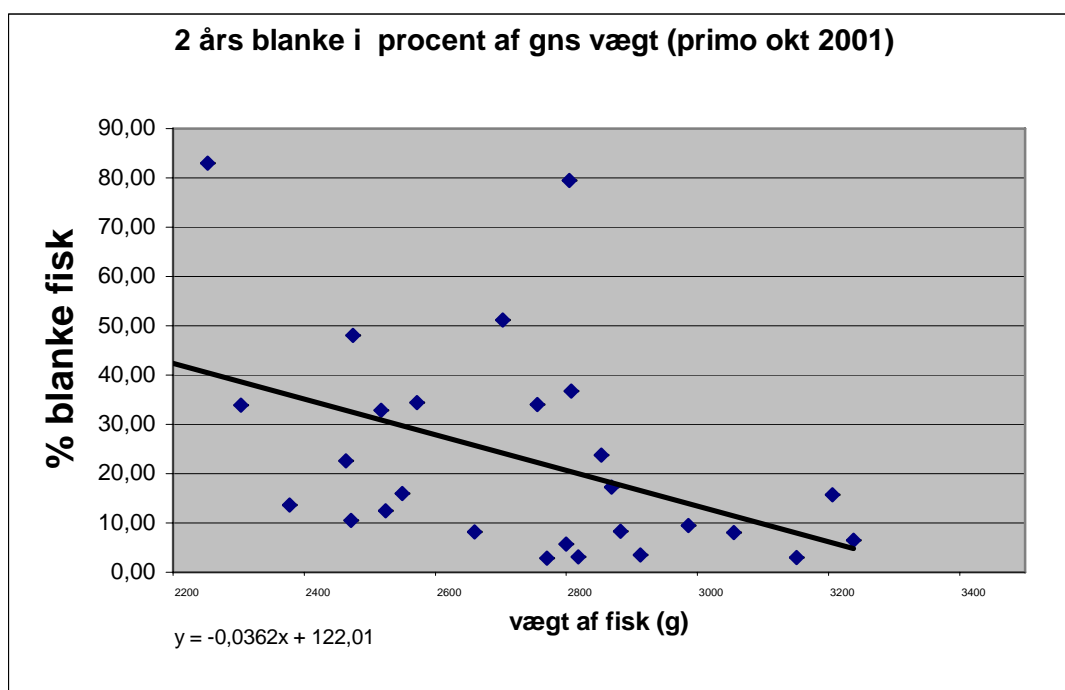


Fig. 6. Sammenhæng mellem andelen af ikke kønsmodne fisk og den tilsvarende individvægt.

Resultater fra avlsstationens viste således, at ca. 80 % af hunner, der var afkom af 3 års fisk blev kønsmodne som 2 års fisk under de højere temperatur forhold mv. på avlsstationen.

10.2 Lys- og temperaturstyring af kønsmodning

Tidspunktet for kønsmodning hos laksefisk er dels arveligt betinget og dels en kombination af lys og temperatur forhold – dog primært daglængden, mens temperaturen har størst indflydelse på kønsmodningen hos tropiske fisk.

Kønsmodningstidspunktet kan dog styres kunstigt ved opdræt under bestemte lys- (daglængde) og temperaturforhold. Daglængden skal være 8-9 timer om vinteren og 16 timer om sommeren under temperaturforhold som skitseret i tabel 7.

Normalt dagslys er det optimale, men i en lukket hal kan der let installeres lysstyring. Temperaturen skal variere efter årstiden, men daglængden er dog vigtigst, blot temperaturen følger daglængden, d.v.s. højere temperaturer ved længere daglængde.

Tabel 5. Et eksempel på styring af gydetidspunkt under forskellige temperatur og lysforhold.

Måned	Temperatur (°C)	Lys (kl.)	Mørke (kl.)
Januar	7	8.00	17.00
Februar	9	7.00	18.00
Marts	11	7.00	20.00
April	12	6.00	20.00
Maj	14	5.00	20.00
Juni	15	4.00	21.00
Juli	15	5.00	20.00
August	14	6.00	19.00
September	13	7.00	18.00
Oktober	11	8.00	18.00
November	8	8.00	17.00
December	6	8.00	16.00

I tabel 5 er angivet temperatur- og lysforhold svarende til en normal gydning.

Gydetidspunktet kan forskydes (fremrykkes/forsinkes) med op til 3-4 måneder ved at justere lysperioden til kortere eller længere perioder.

Således har konstant lange dage fra januar – til maj (18 timer lys - 6 timer mørke) efterfulgt af konstant korte dage (6 timer lys – 18 timer mørke) fremrykket gydetidspunktet med 3-4 måneder. Tilsvarende kan gydetidspunktet forsinkes ved konstant korte dage til september efterfulgt af konstant lange dage.

Så snart fiskene holdes under normale forhold vil de vende tilbage til normalt gydemønster.

10.3 Selektion

Regnbueørred er karakteristisk på flere områder i relation til mulighederne for avlsmæssige forbedringer. Fisk er således karakteriseret ved en stor variation (spredning) i de fleste af de arvelige egenskaber, d.v.s. at en væsentlig del af observerede forskelle (m.h.t. f. eks. foderudnyttelse og vækst) mellem forskellige familier kan forklares ved arvelige forskelle mellem de respektive familier. Til gengæld har regnbueørred et relativt langt generationsinterval (ca. 2 - 3 år), der sinker den genetiske fremgang.

Udvalget (selektionen) af de bedste fisk i forhold til avlsmålet foretages ud fra fastlagte selektionskriterier. Selektionskriterier er egenskaber (vækst, kvalitet m.v.), der kan måles på fiskene, men som ikke behøver at være de samme, som dem der indgår i avlsmålet.

På grund af ørredens hurtige vækst er der behov for at reducere biomassen i de enkelte kar flere gange i løbet af vækstperioden. Teoretisk set er det optimalt at kombinere denne reduktion med en selektion for de ønskede egenskaber, men da køn ikke kan erkendes på disse fisk er der risiko for en meget skæv kønsfordeling ved kønsmodenhed. Baseret på erfaringer er der derfor et stort potentiale i at optimere selektion i flere trin således, at der opnås en stor avlsfremgang men uden at kønsratio afviger væsentligt fra 50%. Der er således behov for indsigt i sammenhængen mellem vækst og kønsudviklingen hos fiskene.

Størst avlsfremgang opnår man, når der er stor variation mellem individer for den egenskab, der avles på. Ved udvalg af avlsfisk søger man at opnå maksimal avlsfremgang i den følgende generation. Det forholdsvis store antal individer i hver familie indebærer imidlertid, at man risikerer at udvælge mange forældrefisk fra en enkelt familie.

Selektionsintensiteten er en funktion af procentdelen af fisk, der bliver udvalgt til avl. Jo færre antal selekterede individer jo højere er selektionsintensiteten. Herved opnås – på kort sigt – en større avlsfremgang, men den genetiske variation mindskes og risikoen for indavl øges.

Indavl er udtryk for indbyrdes slægtskab mellem en han- og en hunfisk, der giver genetisk ophav til en ny familie. Der vil være en vis sandsynlighed for, at de 2 gener for en given egenskab stammer fra samme fisk i stamtavlen afhængig af slægtskabet mellem forældrefisken. Indavl resulterer i svagere fisk, nedsat vækst og overlevelse.

I en lille population af fisk er der fare for en hurtig indavlsstigning med indavlsdepression og tab af genetisk variation til følge. Dette forstærkes yderligere af selektion og vil resultere i mindre avlsfremgang i senere generationer. Der er derfor grund til at implementere metoder til kontrol af indavl samtidig med en maksimering af avlsfremgangen.

Indavlsstigningen kan dels styres via forældrenes bidrag til næste generation (Berg 2000), dels via parringssystemet (Berg & Henryon 1998, 1999). Sådanne metoder er udviklet på Danmarks JordbrugsForskning (Berg 2000, 2001). Metoderne tilpasses og afprøves på avlsfiskene på Dansk Ørredavl med henblik på rutinemæssig anvendelse i fremtidens avlsarbejde til opnåelse af en effektiv avlsfremgang samtidig med en acceptabel indavlsstigning.

10.3.1 Optimal Bidrags Selektion (OBS)

Anvendelse af Optimal Bidrags Selektion (OBS) metoden sikrer at flere familier bliver repræsenteret blandt avlsfiskene (Berg, 2000). Det betyder i praksis, at man foretager et bredere udvalg af avlsfisk, d.v.s. at man ikke nødvendigvis kun udvælger dem med de højeste avlsværdier i forhold til avlsmålene. Dermed opnås en større variation i den samlede genpulje og risikoen for indavl reduceres. Men dette medfører, at der på kort sigt sker en mindre avlsfremgang, men målt over flere generationer vil den akkumulerede avlsfremgang blive højere end efter den hidtidige metode, hvor indavlseffekten får stigende betydning efter flere generationer. Man får således maksimeret et kriterie, der består af den forventede avlsfremgang og effekten af de nuværende selektionsbeslutninger på indavl. Med en negativ vægt på indavlseffekten opnås en lille reduktion i avlsfremgangen, men en stor reduktion i indavlsstigningen.

I avlsprogrammet udvalgte ca. 25 hanner og 25 hunner som avlsfisk i hver generation. Disse fisk blev udvalgt med henblik på at opnå høj avlsfremgang og kun en lille stigning i indavl.

En beskrivelse af den anvendte algoritme til udarbejdelse af optimal bidrags selektion findes i Bilag 5.

10.3.2 Parringsdesign

Efter udvælgelsen af de 25 hanner og 25 hunner blev disse parret i to trin. Først parres fiskene ved et delvist faktorielt parringsdesign; hver hanfisk parres med to hunfisk og hver hunfisk parres med to hanfisk. Faktorielt parringsdesign i kombination med anvendelsen af optimal bidrags selektion er effektiv til at reducere stigningen i indavlsgraden. I andet trin anvendes en algoritme til at bestemme, hvilke hanfisk, der skal parres med hvilke hunfisk. Algoritmen søger for, at stigningen i indavlsgraden reduceres yderligere i forhold til tilfældig parring af avlsfiskene.

11. Strygning

11.1 Strygning og befrugtning - Befrugtningsplan

På baggrund af avlsmåls data indsamlet under fiskenes opvækst udarbejdes en oversigt over de mest velegnede avlsfisk samt en befrugtningsplan, med henblik på at minimere indavlsgraden blandt parringerne og optimere et delvis faktorielt parringsdesign. I dette parringsdesign tilstræbes at hver hanfisk parres med to hunfisk og hver hunfisk parres med to hanfisk.

Udviklingen af rogn og sæd hos avlsfiskene undersøges regelmæssigt i tiden før og under kønsmodning/strygeperiode (fra få uger til ugentlig).

Før strygningen skal fiskene være helt fodertomme, hvorfor de bør sultes i mindst 14 dage. En moden hun har blød og uelastisk bug. En elastisk bug er ofte tegn på, at ovulationen ikke er tilendebragt. Kønsmodne hunner vil ofte være stålgrå på bugen i modsætning til blanke fisk som er hårde og hvide, og æggelederen er synlig. Når fisken holdes i halen får presset fra æggene den forreste del af bugen til at svulme.

Det er vigtigt, at strygningen sker lige omkring modningstidspunktet. Forsøger man at presse æg ud af en ikke helt moden hun risikerer man at miste både æg og fisk p.g.a. indre skader på fisken. Ligeledes viser erfaringen, at afstrøgne æg fra for tidligt strøgne fisk har en større procentdel af de såkaldte ”solæg”, - ubefrugtede æg, som først kan konstateres i øjenægfasen.

Er fisken derimod overmoden er æggene ubrugelige. Overmodne æg springer som gummibold og har ofte et polært udseende, d.v.s. ægget har et område med en mørkere plet. Helt overmodne æg vil være delvist klare med afgrænset plet. Man skal derfor gå hyppigt gennem fiskene/sortere i strygesæsonen. Ved strygningen bør modenheden af hver enkelt fisk kontrolleres ved at presse nogle få æg ud på bordet før de presses ud i beholderen. Er æggene dårlige afstryges de og kasseres.

Afstryges fisk som har været afstrøget året før, vil der ofte forekomme æg eller æggeskaller fra sidste år, som er svagt gule. De første æg vil ofte indeholde en blanding af gule og gode æg, disse kasseres.

Efterfølgende kan en del af de gule æg og skaller fjernes ved afskylning af æg, da disse lægger sig på toppen.

Inden strygningen skal det sikres, at alle utensilier (klækkebakker, render, slanger, spande, bægre m.v.) skal være absolut rene og desinficerede i iodophor/Actomar K30. Inden klækkeriet tages i brug desinficeres det med formalin (500 ppm) i ca. 1 døgn (udluftning) og efterfølgende i iodbac (0,1 %) i 1 time.

De udpegede avlsfisk søges lokaliseret ved scanning af PIT-tag mærker. Det registreres om de enkelte fisk er modne og om de er velegnede som avlsfisk (lav konditionsfaktor mv.) ellers vælges andre fisk fra listen. Der frasorteres X pressemodne hanfisk og X strygemodne hunfisk, der holdes adskilte i 2 kar. Disse fisk danner således grundlag for 2*X familier til næste generation

Det tilstræbes, at krydsningerne foregår i samme tidsrum, (indenfor maks. 1 uge) såfremt en egnet fisk ikke er helt klar til strygning undersøges alternativ nr. 2 osv.

På denne måde minimeres initiale forskelle mellem de fremkomne familier mht. alder, daggrader og efterfølgende udvikling.

Hver enkelt hunfisk opfanges, bedøves og tørres. Pit tag, id nr, vægt og længde registreres i databasen.

Den bedøvede fisk holdes om haleroden med venstre hånd. Med højre hånd fattes under hovedet, således at fisken holdes i en vinkel på ca. 45 grader med hovedet opad og kønsåbningen lidt udenfor spandens rand, således at det undgås, at der kommer vand, slim

eller tarmindehold ned i ægbeholderen. Evt. knuste æg hæmmer befrugtningen af de sunde æg og bør også fjernes straks.

Mængden af æg måles i bægerglas og deles i 2 lige store portioner og fordeles i 2 plastic spande. Der fratages 10 ml æg som tælles. Dette gøres for samtlige hunfisk. Pit tag nr eller id nr noteres tillige på spand. Spandene sættes koldt mellem 4-6⁰ C. Der regnes med ca. 1.500 – 2.000 æg/kg hun og ca. 10.000 æg/l afhængig af størrelsen af fisken og dens alder.

Hannerne behandles på tilsvarende måde. Mælk afstryges i plasticbægre og familie og id nr registreres på bæger og i databasen.

Æggene befrugtes ved **tørbefrugtning**: 2 spande med æg fra samme hun tages frem og ud fra parringsdesignet findes 2 bægre med mælk, hvoraf halvdelen benyttes fra hvert bæger til befrugtning, mens den resterende del gemmes. Æggene blandes med mælken (fig. 7). Så snart sæden tilsættes blandingen af æg og ægvæske, aktiveres sædcellerne og trænger ind i æggene. Blandingen af æg og mælk henstår i minimum 10 min. ved ca. 8 °C for at fuldende befrugtningen. På hver spand noteres henholdsvis hun id og han id nr samt kommende familienavn, så dette er fastlagt ved ilægning i klækkeri.

De befrugtede æg skylles forsigtigt (evt. i fysiologisk saltvand (0,9%)) så overskydende sæd, æggeskaller og andet organisk materiale fjernes. Herved kan evt. skimmelangreb undgås. Undgå skylning af æg i mere end 3-4 min efter befrugtning.

Æggene henstår herefter overdækket uden forstyrrelser i almindeligt vand i min. ca. 1 ½ time (ved 8 °), mens de suger vand. Allerede når æggene har suget vand i ca. 10 minutter er de meget følsomme for stød. Under vandoptagelsen øges æggens volumen med ca. 40%.

Når æggene har henstået i perioden føles de efterfølgende som glaskugler og er de næste par timer temmelig robuste. De desinficeres herefter med Aktomar K 30 i 10-20 min. Resterende sædvæske og urenheder fjernes samtidig og æggene inkuberes ved 4-9 °C. Optimalt ca. 7 C.

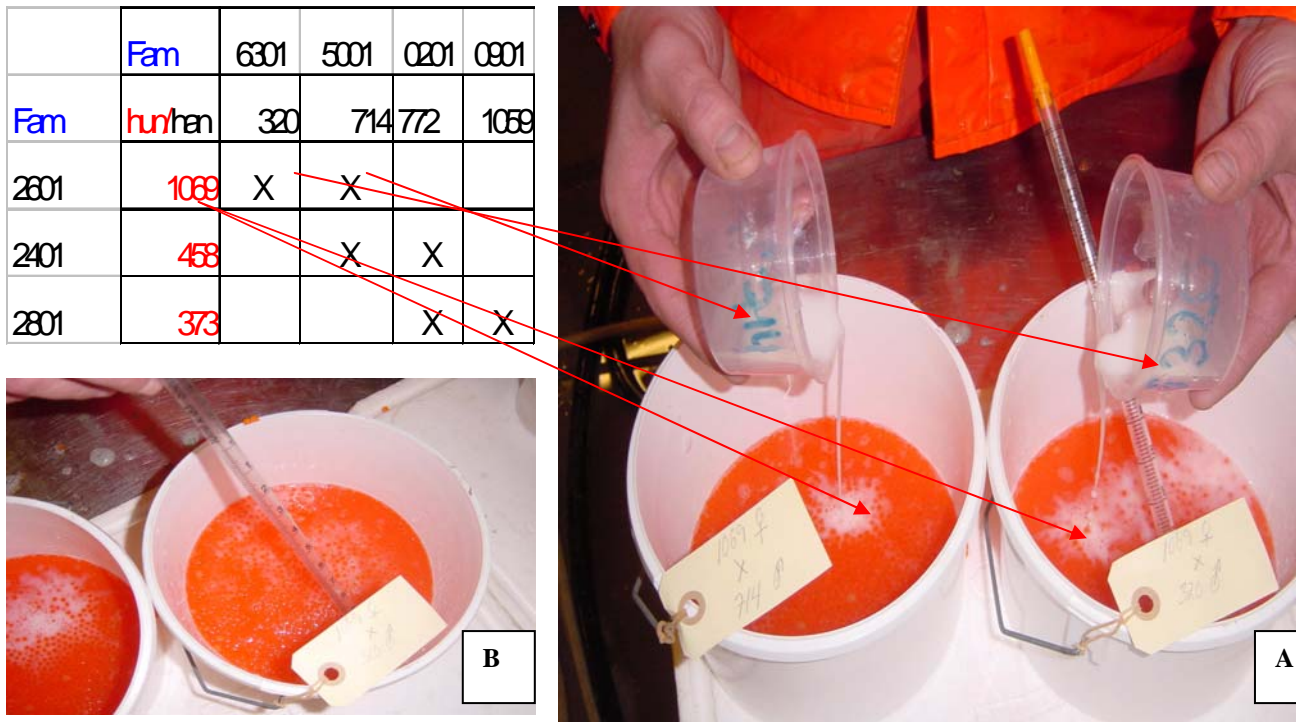
For de befrugtede æg registreres klækkebakke, volumen af befrugtede æg indlagt, størrelse af indlagte æg (æg per liter) samt evt. ægfarve bedømt efter skala og dato.

Det er vigtigt, at der er et rigeligt vandflow gennem bakkerne, og at bakkerne er fuldstændig i plan med renderne, således, at vandet ikke kan løbe under disse i stedet for op gennem bunden.

Æggene er meget lysfølsomme og må ikke udsættes for direkte sollys og skal iøvrigt udsættes for så lidt lys som muligt (lysstofnr. 82). Æggene bør derfor tildækkes, når der ikke arbejdes med dem.

Æggene tilses dagligt og bakkerne løftes forsigtigt (ca. 2-3 cm) så der skabes lidt bevægelse (ikke stød!) omkring æggene. Døde æg (hvide) fjernes forsigtigt med en hævert.

For at undgå opblomstring af *Saprolegnia* skimmel på døde æg behandles dagligt med formalin (ca. 60 ml/rende dog afh. af recirkulationsgrad).



Figur 7. Anvendt krydsningsdesign, hvor 2 portioner æg fra én udvalgt hunfisk befrugtes af sæd fra 2 hanfisk (7A). I figur 7B blandes æg og sæd (tørbefrugtning).

12. Klækning

Der blev anvendt et klækkeri som delvist var baseret på recirkulationsteknologi. Anlægget bestod af 20 render hver med plads til 7 bakker.

Hver rende var ca. 40 cm bred og vandstanden ved normal drift var ca. 10 cm. Renderne var ca. 3.5 m lange og indeholdt således ca. 150 l vand. Fra renderne løb vandet til en pumpe, hvorfra det blev løftet via pumpe til højdetank og risle/biofilter. Anlæggets samlede volumen var ca. 3.7 m³ og vandudskiftning ved normal drift var ca. 8 m³/døgn svarende til ca. 2 gange i døgnet

Anlægget var udstyret med termostatstyret varmelegeme, som regulerede temperaturen i vandet (7 °C).

Der var ligeledes installeret et UV rør 55 W, hvorigennem vandflowet var ca. 1-3 m³/time for at opnå størst effekt.

Regnbueørredæg er øjenæg efter 180-200 graddage, d.v.s. 26-29 dage efter befrugtning (7 °C).

Ørred-øjenæg har et iltforbrug på ca. 20 mg O₂/time/l æg (10 °C). 15 l æg forbruger således f.eks. ca. 300 mg O₂/time. Forudsættes at æggene kan trække 2 mg O₂ ud af hver liter vand bliver vandforbruget (uden recirkulering) 150 l/time (2.5 l/min). Ved delvis recirkulering kan vandforbruget til denne mængde æg nedbringes betydeligt.

I øjenæg stadiet er æggene robuste og kan tages op af bakkerne og kommer i et fad el lign. og "røres" og skylles for at fjerne urenheder, ubefrugtede/døde æg m.v.

Klække-render/-bakker rengøres i iodofor og skylles grundigt.

Ægmængden registreres, hvorpå æggene lægges tilbage i deres respektive bakke og piller. Æggene behandles med Actomar K30/formalin.

Æggene klækker efter ca. 300 graddage, d.v.s. ca. 43 dage efter befrugtning (7 °C). De sidste dage tæt på klækning undlades behandling med formalin eller Actomar, idet dette er dødeligt for ynglen.

I de første dage efter klækning ernæres ynglen af blommesækkens indhold.

Ca. 120 daggrader (7 °C = ca. 14-20 dage) efter klækning overføres ynglen til yngelanlægget. Et tegn på, at ynglen er ved at være klar til overførsel, er at de vil begynde at svømme op i bakkerne. Ved overførsel af yngel til yngelanlægget foretages en optælling af antal yngel i hver familie. Herudfra beregnes % overlevelse = klækkeresultat.

13. Opdræt af avlsfisk

For at opnå et eksakt kendskab til familievæksten indtil mærkning af fiskene er det af stor betydning, at de fysiske rammer er identiske for hver enkelt familie. Dette danner grundlag for senere udvælgelse af de individer for hver familie som opfylder avlsmålene. De enkelte familier holdtes således adskilte indtil mærkning.

Fodringen i yngelanlægget (1*1 m kar) påbegyndtes inden blommesækken var helt opbrugt, således at flest mulig fisk lærte at æde. Fodring i yngelanlægget påbegyndtes med 0,6 mm fodergranulat. Bassinerne blev rengjort dagligt (støvsugning). Der blev fodret med elektronisk tidsstyret automat i ca. 14 dage eller indtil et stabilt foderindtag udvist. For at ”få alle med” blev der fodret lidt i overskud og der forekom derfor foderspild, som fjernedes dagligt ved ”støvsugning”.

Efterhånden som fiskene voksede, blev de tildelt fodertyper og pillestørrelser i forhold til alder og vægt.

13.1 Opvejning af fisk

For at opnå kendskab til fiskenes vækst og for justering af fodertildeling blev hver familie (**familedata**) opvejet regelmæssigt, ligesom der løbende blev foretaget reduktion/selektion (jf. tabel 6 og fig. 8).

Tabel 6. Vægt intervaller for fiskene for vejning og registrering af data.

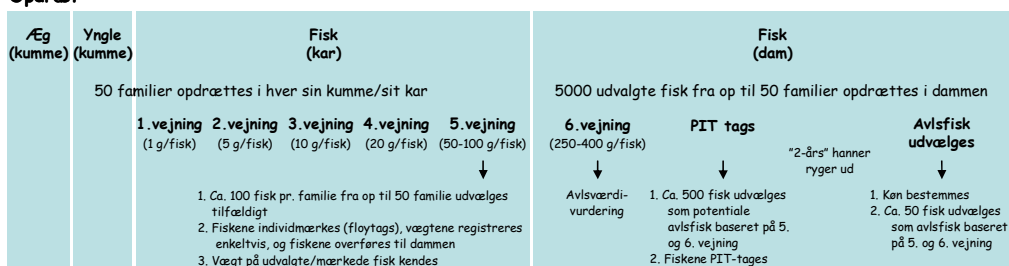
Fiske str. (g)	Registrering
1,0	Antal, gns. ind. vægt, biomasse, SGR, FQ
5,0	Antal, gns. ind. vægt, biomasse, SGR, FQ
10	Antal, gns. ind. vægt, biomasse, SGR, FQ
20	Antal, gns. ind. vægt, biomasse, SGR, FQ
50 - 100	Antal, gns. ind. vægt, biomasse, SGR, FQ, selektion af 100 fisk/familie, pittag, ind.vægt.
250-400	Ind.vægt og længde,

avlsværdiurdering, udvalg af avlsfisk
--

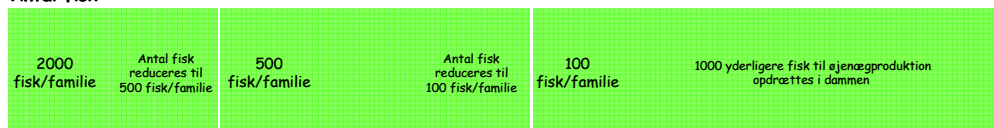
Men da køn ikke kan erkendes på fiskene ved de første vejninger kan fjernelse af de mindste fisk resultere i en meget skæv kønsfordeling ved kønsmodenhed. Erfaringen fra avlsstationen har da også været, at bortsortering af de mindste fisk resulterede i en overvægt af hanner, når de bevarede fisk bliver kønsmodne. Således er der observeret, at op til 75 % af de mærkede fisk i en årgang ved kønsmodenhed viste sig at være hanfisk, mens andelen af hunner blandt de mærkede fisk i familierne lå fra 5 til 50 %. Uligevægten i kønsfordelingen opstod under de løbende sorteringer, hvor de mindste fisk blev sorteret fra. Blandt disse mindste fisk var der åbenbart en overvægt af hunner, hvilket kunne tyde på, at hanner og hunner havde forskellig vækstrate op til portionsstørrelse.

Opdræt

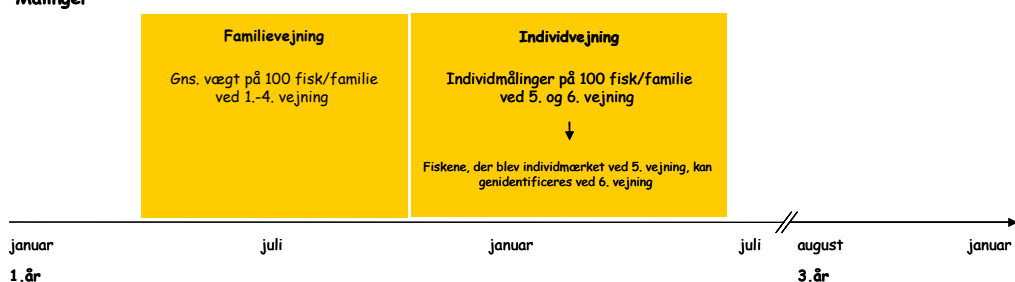
2004



Antal fisk

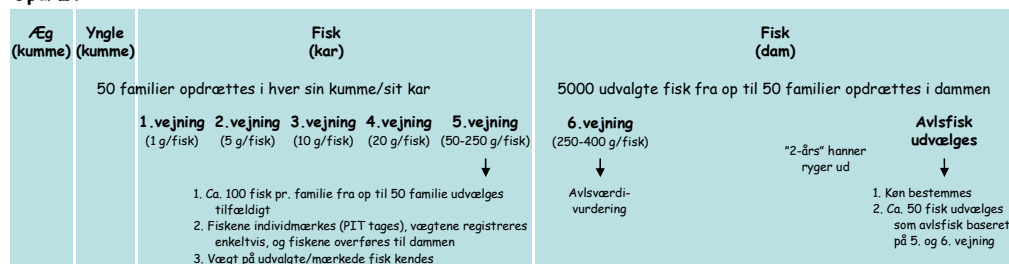


Målinger

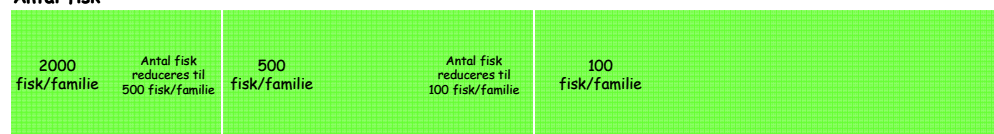


Opdræt

2005



Antal fisk



Målinger

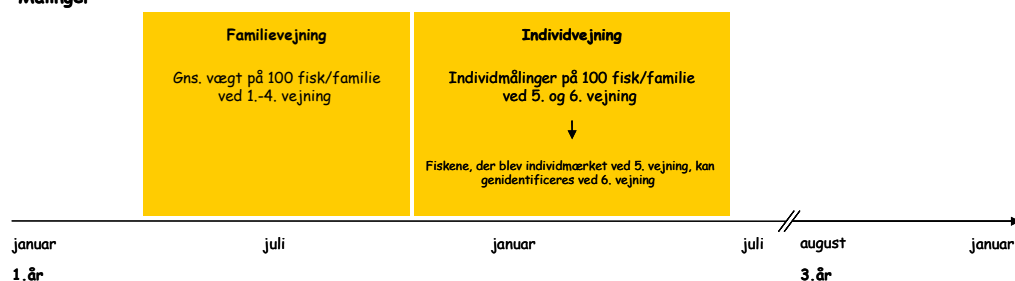


Fig. 8. Samlet oversigt over antal opvejninger, reduktioner, alder, selektion, mærkning m.v. i 2004 og 2005. Proceduren blev forbedret i 2005, idet fiskene blev mærket med PIT-tags ved 5. vejning.

14. Mærkning

14.1 Mærknings- og registreringssystem

Mærkning og registrering af individuelle fisk skete med udstyr fra JOJO Automasjon-Norge. JOJO er et elektronisk identifikationssystem.

Systemet består af 2 grundelementer: (1) Identifikations mærket (PIT-tag) og (2) Scanneren.

Identifikations mærket (PIT-mærket) indeholder fiskens ID nummer. Hver PIT-tag indeholder 39 bits hukommelse til ID nummeret. D.v.s. der er mulighed for 2^{39} (ca. 5,5 billioner) forskellige numre (fig. 9).

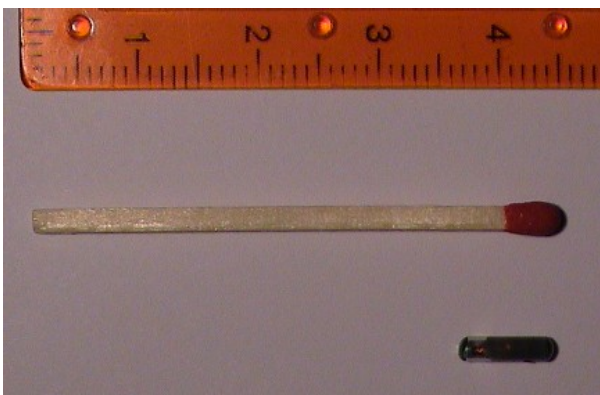


Fig. 9. Pit-tag (nederst til venstre).

Nummeret ligger godt beskyttet inde i taggens glaskappe. Taggen indeholder ingen batterier og kan tåle ekstreme miljøer og er iøvrigt vedligeholdelsesfri og har i princippet ubegrænset levetid. PIT-mærket er ca. 11,5 mm lang og 2,2 mm i diameter. Mærket er i sig selv passivt, d.v.s. det skal aktiveres af et magnetfelt (fra antennen/scanneren) for at vise sit ID. Dens arbejdsfrekvens er 128 kHz og nummeret kan aflæses i en afstand af ca. 20 cm afstand. Ved større afstand anvendes større mærker. Pit-tag mærket lægges ind i fisken ved hjælp af en kanyle og en sprøjte med et stempel (fig. 10).



Fig. 10. Sprøjte og pistol med stempel og kanyle til injektion af pit-tag i fisk.

Data læstes direkte (online) ind i databasen via et terminalprogram, som blev udviklet specielt til vort udstyr og database (Windows2000) af DFU's IT-afdeling.

Udstyret bestod desuden af en "long range" SIL1021 med tilkoblet ekstern antenne IP68. Denne antenne registrerede fisken typisk, i forbindelse med opvejning og registrering af fisk. Antennen var således en hvid plade af hårdt plastic modtagelig for vand og slim, som fisken (indeholdende mikrochip) blev lagt på. For at undgå "støj" var rammeantennen altid mindst 3 m fra metalgenstande (fig. 11).



Fig. 11. Antenne til on-line registrering af pit-tag nummer i database.

Desuden bestod udstyret af en enkelt håndterminal "Easy Term" som kan lagre enkelte nr. primært til brug i "feltet" til registrering af døde fisk mv. (fig. 12).



Fig. 12. Håndterminal til manuel scanning af pit-tag.

Mærkning af fisk

Der blev anvendt følgende mærkningsprocedure. Fisken blev holdt liggende med ryggen opad og hovedet fremad. Kanylen med mærket blev stukket ind i fedtdepotet lige bag rygfinnen. Alternativt kan kanylen med mærket stikkes ind lige bag brystfinnen/leveren. Når kanylen var indenfor bugvæggen drejedes kanylen 90⁰ mod uret og mærket skydes bagud i bughulen. Det betyder, at når mærket sættes i kanylen skal spolen pege bagud, da den skydes bagud i fisken. Herefter vender spolen fremad i fisken.

Mærket aflæses med en scanner på samme måde som prisen aflæses på varerne ved kassen i supermarkedet. Microchippen aktiveres af et magnetfelt, som udsendes fra scanneren, hvorefter fiskens ID kan aflæses på scannerens display eller i databasen.

15. Database

Databasen udgør kernen i avlsarbejdet, idet databasen udarbejder befrugtningssplanen, d.v.s. ”udpeger” de bedste avlsfisk i forhold til avlsmålet – og dermed grundstammen i næste generation.

Databasen til avlsprogram for regnbueørred er udviklet af Danmarks Fiskeriundersøgelser. Databasen, der blev udviklet som en relationel database, blev understøttet af Microsoft Access. Som grundlag for databasen udarbejdedes en række data-tabeller, hvis indhold er den tekniske måde hvorpå registreringerne lagres, og som derfor afspejler det anvendte registreringssystem i avlsarbejdet. Efterfølgende blev denne database konverteret til en web-database kørende på SQL-Server. Med en adgangskode er der adgang til databasen (www.ff07.dfu.min.dk/avlsdb/). Her kan der indtastes nye data og søges/udtrækkes relevante oplysninger om avlsmaterialet.

Der blev endvidere udviklet et vejeprogram (Winwedge), således at fiskevægte kunne indlæses online fra en Sartorius vægt til avlsdatabasen parallelt med indlæsning af den respektive fisks microchip nummer. I tilknytning hertil blev udviklet et program som løbende beregnede størrelsesfordelingen på de respektive familier.

Alle informationer (veje- og måledata, vækst, foderkvotient, foderforbrug, vandkemi, klækning, dødelighed m.v.) for alle familier og udvalgte pitting mærkede avlsfisk blev registreret i databasen. Ved hjælp af databasen kan man således følge udviklingen i historie, opvækst samt avlsværdier for hver familie og avlsfisk. Det er ligeledes muligt at udtrække specifikke oplysninger om familier og enkeltfisk.

15.1 Registrering af data

Skematisk oversigt over hvornår og hvilke registreringer der foretages i databasen.

Registrering	Handling
Kønsbestemmelse af avlsfisk	<ul style="list-style-type: none">• Avlsfisk sorteres• Registrering af køn og mikrochip nr.
Strygning af avlsfisk	<ul style="list-style-type: none">• Modne fisk stryges/presses• Registrering af mikrochip nr. , køn, vægt og længde og mængde af rogn/æg (volumen) samt ægstørrelse (æg/liter).
Befrugtning	<ul style="list-style-type: none">• Udarbejdelse af en befrugtningsplan• Hver portion æg og sæd deles i to portioner• Æg og sæd blandes i overensstemmelse med befrugtningsplanen• De befrugtede æg desinficeres og lægges i klækkebakker.• Registrering af familienr, klækkebakke, dato og mængde æg/bakke.
Klækkerender	<ul style="list-style-type: none">• Klækkerender tilses dagligt• Klække dato samt antal klækkede registreres
Yngel i kar	<ul style="list-style-type: none">• Familie navn, sorterings info, antal, vækst, dødelighed og foder udfodret samt vandkemi data registreres.
Portionsfisk & store fisk	<ul style="list-style-type: none">• Antal, sorterings info, vækst, dødelighed og foder udfodret samt vandkemi data registreres.
Mærkede fisk	<ul style="list-style-type: none">• Vægt, længde, dødelighed, vækst

15.2 Tabeller

Nedenstående tabeller anvendtes i databasen i avlsprogrammet. Der er forudsat at data registreredes i en relationel database (der blev understøttet af for eksempel Microsoft Access).

Tabellernes indhold er den tekniske måde hvorpå registreringer lagres, og afspejle derfor registreringssystemet i avlsarbejdet.

F. FAMILIE (FØR mærkning)

F.1. Familie

Variabel	Beskrivelse	Type
Familie id	Unikt familie id hvorfra fisken stammer. Familie id er givet som <i>familienr indenfor år evt. også med et index for krydsning og dambrug</i> -(f.eks. 2004001DDK står for familie nr. 1, der var klækket i 2004 som en krydsning mellem en <u>DØA</u> -hun og en <u>DØA</u> -han på <u>Kjærgårdsmølle dambrug</u>). Familienr. indenfor år er et løberr. (dvs. den første familie i hvert år er givet familienr. 01, den anden er givet familienr. 02, osv.). De eneste undtagelser er ”basis” forældre fisk (oprindelige forældre fisk brugt i 1999 og 2000 for at komme i gang med avlsprogrammet). Hver af disse fisk er i stedet for givet et ”dummy” familie id (dvs. et unikt familie id, hvori fisken er den eneste i familien).	Index
Befrugtningsdato	Dato for familiens befrugtning.	
All-female	Normal eller all-female (No=normal, Yes=all-female).	
Klækkebakke	Unikt id for klækkebakke, hvori fisken bliver klækket.	
Æg ilagt	Mængde æg (liter) i familien ilagt klækkebakke.	
Klækkedato	Dato hvor familien er klækket.	
Klækkeprocent	Procent æg fra familien der klækkede. Samt antal overlevende pr familie ved startfodring	
Bemærkning	Andre observationer.	Fri text

F.2. Afstamning

Variabel	Beskrivelse	Type
Familie id	Unikt familie id (se <i>F.1. Familie</i>).	Index
Far id	Unikt dyr id på faderen af familien. I alle tilfælde er fædrene allerede givet et unikt dyr id (se <i>I.1. Individ dyr</i>). Dyr id’et på faderen skal altid være det samme som det tildelte dyr id (dvs. far id = tildelte dyr id).	
Mor id	Unikt dyr id på moderen af familien. I alle tilfælde er mødrene allerede givet et unikt dyr id (se <i>I.1. Individ dyr</i>). Dyr id’et på moderen skal altid være det samme som det tildelte dyr id.	

F.3. Familieopdræt

Variabel	Beskrivelse	Type
Familie id	Unikt familie id (se <i>F.1. Familie</i>).	Index
Kar id	Unikt id for kar hvori familien bliver opdrættet inden de individuelle fisk mærkes.	Index
Dato indsat	Dato for indsættelse af familien i karret.	Index
Antal start	Antal fisk ved indsætning på <i>dato indsat</i> .	
Tærskel vægt	Vægt (kg) fastsat på forhånd hvor fisk større end vægten beholdes og fisk mindre end vægten udgår.	
Dato udfisket	Dato for udfiskning af familien fra karret.	
Antal slut	Antal fisk ved udfiskning på <i>dato udfisket</i> .	

F.4. Veje

Variabel	Beskrivelse	Type
Familie id	Unikt familie id (se <i>F.1. Familie</i>).	Index
Dato veje	Dato hvor fisk bliver vejjet.	Index
Veje id	Løbe nr. for fisk vejjet. Veje id er givet som et løbe nummer (dvs. den første vejede fisk er givet veje id 1, den anden veje id 2, osv).	Index
Vægt	Fiskevægt (kg).	
Længde	Fiskelængde (cm).	
Veje tidspunkt	Vejet før eller efter sortering (No=vejjet før sortering, Yes=vejjet efter sortering).	

F.5. Foderforbrug

Variabel	Beskrivelse	Type
Familie id	Unikt familie id (se <i>F.1. Familie</i>).	Index
Dato start	Dato for periode start.	Index
Start biomasse	Biomasse af fisk (kg) i karret ved <i>dato start</i> .	
Dato slut	Dato for periode slut.	
Slut biomasse	Biomasse af fisk (kg) i karret ved <i>dato slut</i> .	
Foderforbrug	Foder forbrugt (kg) i perioden fra <i>dato start</i> til <i>dato slut</i> .	
Ej foder	Antal dage mellem <i>dato start</i> og <i>dato slut</i> hvor fisk ikke har fået foder.	
Ref.	Primary key.	

F.6. Afgang

Variabel	Beskrivelse	Type
Familie id	Unikt familie id (se <i>F.1. Familie</i>).	Index
Dato registrering	Dato for registrering.	Index
Antal afgang	Antal afgangede fisk på <i>dato registrering</i> .	
Vægt afgang	Total vægt af afgangede fisk (kg) på <i>dato registrering</i> .	
Afgangs årsag	Rulletekst. Prædefinerede valg	
Behandling	Rulletekst. Prædefinerede valg	
Ref.	Auto number.	

F.7. Slagte

Variabel	Beskrivelse	Type
Familie id	Unikt familie id (se <i>F.1. Familie</i>).	Index
Dato slagting	Dato fisk fra familien blev slagtet.	Index
Slagting id	Løbe nr. for fisk slagtet. Slagte id er givet som et løbe nummer (dvs. den første slagtede fisk er givet slagte id 1, den anden slagte id 2, osv).	Index
Vægt	Vægt ved slagting (kg).	
Længde	Længde ved slagting (cm).	
Indvolde	Mængde (kg) indvolde ved slagting.	
Fedt	Fedt indhold (% af krops vægt).	
Slagtesvind	Slagtesvind (%) - automatisk beregnet som $(\text{Indvolde} \cdot 100) / \text{Vægt}$.	
Filet udbytte	Filet udbytte (% af rensset vægt).	
Farve kode	Farve målt med 16-kode Rocheckort (dvs. 1=farve1, 2=farve2, ...).	

I. INDIVID FISK (EFTER mærkning)

I.1. Individ dyr

Variabel	Beskrivelse	Type
Dyr id	Unikt dyr id. Dyr id er givet som et løbe nummer (dvs. den første mærkede fisk er givet unikt dyr id 1, den anden dyr id 2, osv).	Index
Familie id	Unikt familie id (se <i>F.1. Familie</i>).	
Microchip nummer	Nummeret på fiskens microchip. Microchip nummer slettes fra datasættet, når fisken afgår (solgt, slagtet, eller er død). Derefter kan microchippen genbruges.	
Mærke dato	Dato hvor fisk bliver mærket med microchippen og tildelt dyr id.	
Køn	Køn af fisken (dvs. han, hun eller ukendt)	
Dato kønsmodenhed	Dato ved kønsmodenhed (0 hvis ukendt). <i>Dato kønsmodenhed</i> minus <i>klækkedato</i> (se <i>F.1. Familie</i>) giver alder ved kønsmodenhed.	
Afgået dato	Dato hvor fisk er afgået (dvs. dato hvor fisken blev solgt, slagtet eller døde).	
Afgangsårsag	Kode for afgangårsag	

I.2. Individ dyr opdræt

Variabel	Beskrivelse	Type
Dyr id	Unikt dyr id (se <i>I.1. Individ dyr</i>).	Index
Kar id	Unikt id for kar, hvor fisken bliver opdrættet (se <i>F.3. Familieopdræt</i>).	Index
Dato veje	Veje dato.	Index
Vægt	Fiskevægt (kg).	
Længde	Fiskelængde (cm).	

I.3. Slagte

Variabel	Beskrivelse	Type
Dyr id	Unikt dyr id (se <i>I.1. Individ dyr</i>).	Index
Dato slagtning	Dato fisk bliver slagtet.	Index
Vægt	Vægt ved slagtning (kg).	
Længde	Længde ved slagtning (cm).	
Indvolde	Mængde (kg) (se <i>F.7. Slagte</i>).	
Fedt	Fedt indhold (%) (se <i>F.7. Slagte</i>).	
Slagtesvind	Slagtesvind indhold (%) (se <i>F.7. Slagte</i>).	
Filet udbytte	Filet udbytte (% af rensset vægt) (se <i>F.7. Slagte</i>).	
Farve	Farve målt med 16-kode Rocheckort (se <i>F.7. Slagte</i>).	

I.4. Reproduktion

Variabel	Beskrivelse	Type
Dyr id	Unikt dyr id (se <i>I.1. Individ dyr</i>).	Index
Microchip nummer	Nummeret på microchippen (se <i>I.1. Individ dyr</i>).	
Dato strygning	Dato for strygning.	Index
Vægt	Vægt ved strygning (kg).	
Længde	Længde ved strygning (cm).	
Rogn/mælk	Mængde rogn/mælk (ml) produceret af dyret (0 hvis fisken ikke er moden).	
Antal æg (10 ml)	Antal æg i hver 10 ml rogn.	
Antal æg	Antal æg produceret af hun fisk. Automatisk beregnet fra <i>rogn/mælk</i> og total <i>antal æg</i> .	
Ægstørrelse	Størrelse af æg (mm).	
Ægfarve	Farve målt med 16-kode Rochekort (se <i>I.3. Slagte</i>).	

I.5. Avlsværdi

Dyr id	Unikt dyr id (se <i>I.1. Individ dyr</i>).	Index
Familie id	Unikt familie id (se <i>F.1. Familie</i>), indlæses automatisk.	
Mærke dato	Dato hvor fisk bliver mærket (se <i>I.1. Individ dyr</i>) indlæses automatisk.	
Av_vægt	Avlsværdi for vægt (opdateret estimat beregnet med et eksternt program).	
Av_FQ	Avlsværdi for foderkvotient (opdateret estimat).	
Av_farve	Avlsværdi for farve (opdateret estimat).	
Av_fedt	Avlsværdi for fedtindhold (opdateret estimat).	
Av_slagt	Avlsværdi for slagtesvind (opdateret estimat).	
Avlsindex	Samlet vægtet indeks.	

V. VANDKVALITET

V.1. Ilt (enkelte kar)

Variabel	Beskrivelse	Type
Kar id	Unikt kar id hvori familien bliver opdrættet inden mærkning eller fisk bliver opdrættet efter mærkning (se F.3. Familieopdræt).	Index
Dato ilt	Dato for måling af ilt.	Index
Ilt	Ilt koncentration (mg/l) på dato ilt.	

V.2. Vand kvalitet

Variabel	Beskrivelse	Type
Anlæg	Unikt anlægs id.	Index
Dato vandkvalitet	Dato for måling af vandkvalitet.	Index
Temperatur	Gennemsnitlig temperatur (°C) på dato vandkvalitet.	
NH ₃	NH ₃ koncentration (mg/l) på dato vandkvalitet.	
NO ₂	NO ₂ koncentration (mg/l) på dato vandkvalitet.	
NO ₃	NO ₃ koncentration (mg/l) på dato vandkvalitet.	
pH	pH på dato vandkvalitet.	

16. Avlsværdivurdering

16.1 Modeller

Avlsværdier

I avlsarbejdet er det fiskens genetiske værdi eller genetiske potentiale i populationen, der har betydning. Dette skyldes, at hvis der selekteres og avles fisk med høj genetisk værdi kan det forventes, at populationens (gennemsnitlige) værdi forbedres i senere generationer.

Den enkelte fisk's genetiske værdi i en bestemt egenskab måles ved dens avlsværdi. Formelt defineret, er avlsværdien for en fisk summen af de (additive) effekter af alle gener som har effekt på egenskaben. I praksis betyder det, at en fisk's avlsværdi for en bestemt egenskab er det dobbelte af gennemsnitsafvigelsen for dets afkom fra populationens-bestanden. Afvigelsen er fordoblet da kun halvdelen af fisken's gener er overført til hvert afkom. Avlsværdien er en egenskab ved et bestemt individ, som giver en vurdering af hvor meget bedre eller dårligere ydeevnen for fiskens yngel er i forhold til andre fisk i bestanden.

Eksempel: En bestand med fire hanner (1, 2, 3 og 4), hvor der ønskes en vurdering af avlsværdier for disse hanner med en vægt ved 200 dage og en alder (se figur 13). For at udføre dette, parres hver han med vilkårlige hunner fra bestanden. Han 1 producerer yngel, der gennemsnitlig er + 7g tungere end middelbestanden. mens han 2, 3 og 4 producerer yngel med hhv. -30, +47 og -23 g afvigelse fra middelbestanden. For at opnå avlsværdierne er spredningen fordoblet da kun halvdelen af hannernes gener er overført til hver yngel. Som avler (hvem, mon ikke bekymrer sig om indavl!), vil man først udvælge

ungel fra han 3, da han 3 har den højeste avlsværdi. Næstefter, vil man udvælge han 1, 4 og 2.

I praksis vil man aldrig helt kende de sande avlsværdier på en fisk. Imidlertid kan der opnås estimerede avlsværdier (EBV). En pålidelig metode at opnå EBVs er gennem kendskab til yngel af fisk, som det blev udført i eksemplet, men dette tager tid. F.eks. vil det tage op til fire år at opnå EBVs for vækstrate for en individuel regnbueørred. Det vil sige, at man er nødt til at vente tre år før fiskene selv når modenhedsalder, og endnu et år før deres yngels vækstrate er tilgængelig.

I avlsprogrammet kan man opnå EBVs fra fisken eller helsøskende-familier for hver egenskab ved anvendelse af målinger fra den individuelle fisk eller fra beslægtede (hel- og halv-søskende) familier.

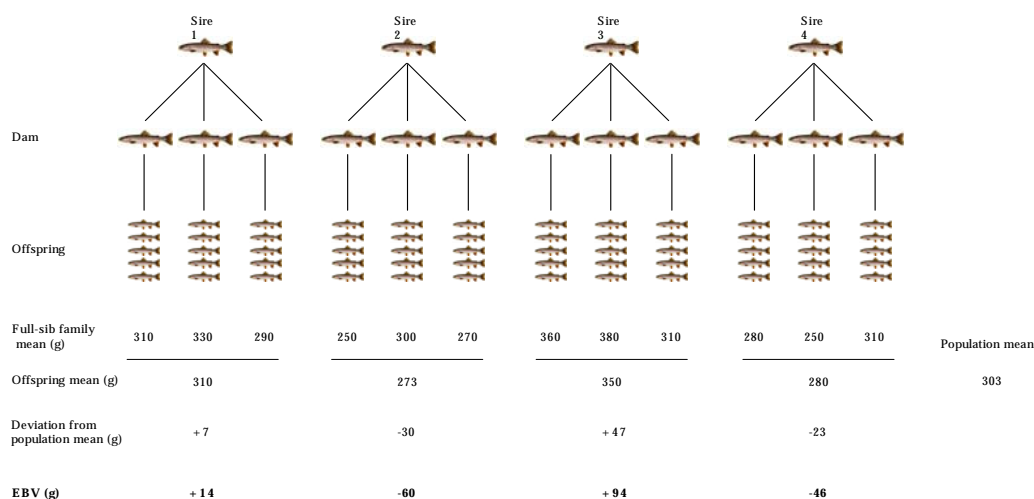


Fig. 13. Avlsværdiurdering af 4 hanner.

16.2 Statistiske metoder

Metoden, der bruges til at opnå EBVs fra fisken eller helsøskende-familier er BLUP (**B**est **L**inear **U**nbiased **P**rediction) (se bilag 6 for de anvendte modeller). BLUP anvendes ved målinger på individuelle fisk eller hos helsøskende-familier, sammen med det genetiske slægtskab mellem fisk og familier, for at opnå EBVs. For at udføre dette, har BLUP en speciel egenskab, hvori der også tages hensyn til systematiske miljømæssige forskelle mellem fiskene. Forskelle i år, køn, tank/akvarium og strygningstid, for blot at nævne nogle få, kan alle indgå ved opnåelse af EBVs. På denne måde er EBV'erne en refleksion af fiskenes gener, og er ikke under indflydelse af hvorvidt fiskene er opdrættet i gode eller dårlige omgivelser.

I avlsprogrammet vil BLUP EBVs blive beregnet for hver produktionsegenskab. Specielt

- (i) EBVs for vækstrate vil blive beregnet for individuelle fisk ved anvendelse af kropsvægt- og/eller kropslængdemålinger, observeret på individuelle fisk,
- (ii) EBVs for fodereffektivitet vil blive beregnet for hver helsøskende- familie ved anvendelse af fodereffektivitetsmålinger registreret på disse familier, og
- (iii) EBVs for sygdomsresistens, kødfarve, fedtprocent og slagtespild vil blive beregnet for hver helsøskende familie, baseret på sygdomsresistens (f.eks. smitte forsøg), kødfarve, fedtprocent, og slagtespildsmålinger observeret på beslægtede (f.eks. fuld- og halvsøskende) individuelle fisk.

16.3 Undersøgelser af avlsfremgang i forhold til avlsmål

På grundlag af de seneste beregnede avlsværdier udvælges et antal avlsfisk af hvert køn som mulige forældre til næste generation. Udvalget sker ved den ovennævnte metode Optimal Bidrags Selektion (OBS) – (Wray, N.R. & Goddard, M.E., 1994; Berg, P., 2000), som reducerer betydningen af indavl (jf afsn. 10.3.1).

Ved hjælp af databasen beregnes en befrugtningssplan efter et såkaldt delvist faktorielt parringsdesign (jf afsn. 10.3.2). D.v.s. et parringsdesign, hvor hver hanfisk parres med to hunfisk og hver hunfisk parres med to hanfisk. Fiskene stryges/presses og æg og mælk holdes adskilt for hver fisk i mærkede beholdere m/låg. Der registreres volumen af æg/mælk samt antal æg per liter for hunfisk.

Hver portion æg og mælk bliver herefter delt i to portioner, således at alle forældre, både moder- og faderfisk, får afkom med to andre fisk (delvist faktorielt design). Mælken fra hver han bliver således anvendt til befrugtning af to hunner, og hver af de to portioner æg fra én hun bliver befrugtet med mælk fra hver sin han. Derved fremkommer et antal familier, der således udgør både helsøskende- og halvsøskende grupper, hvorved såvel forsøgenes statistiske styrke som følsomheden overfor evt. sygdomsproblemer i enkelte kar bliver tilgodeset.

16.4 Dokumentation af avlsfremgang

Baseret på de rutinemæssige avlsværdivurderinger fremkommer avlsværdi estimer, der er sammenlignelige på tværs af år. På baggrund heraf kan estimer for avlsfremgangen beregnes og sammenholdes med den forventede fremgang givet de anvendte avlsmål, selektionsintensitet og genetiske variation.

16.5 Simuleringsprogram

Med henblik på optimering af avlsarbejdet er opbygget et stokastisk simuleringsprogram, hvor alternative scenarier kan sammenlignes. Herunder tænkes specielt på alternative strategier for

- selektions- og parringsstrategier
- fler trins selektion og kønsratio
- mærkning og anvendelse af kar på avlsstationen
- effekt af avlsmål og registreringssystem
- produktion af 'all-female' familier

Programmet giver mulighed for en optimering af det nuværende avlsarbejde, såvel som at etablere værktøjer til belysning af fremtidige problemstillinger af relevans for avlsarbejdets effektivitet.

17. Eksperimentelle forsøg

17.1 Undersøgelser af vækst og foderudnyttelse

Der er gennemført forsøgsserier med 8 ørred familier med hensyn til væksthastighed og foderudnyttelse.

Resultaterne er afrapporteret særskilt: Jokumsen, A. og Lund, I. "Growth and feed utilization in selected outbred families of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – Bilag 1. Endvidere er der gennemført et forsøg med henblik på at undersøge fysiologiske mekanismer i forhold til selektion for hurtig vækst og forbedret udnyttelse af specifikke næringsstoffer hos 2 udvalgte familier af regnbueørred.

Resultaterne er afrapporteret særskilt: McKenzie, D.J. et. al. "Physiological correlates of diversity in size-at-age and condition factor in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) families" – Bilag 2.

17.2 Fordøjelighedsforsøg

I 2 forsøgsserier undersøgte evt. genetisk betingede effekter på fordøjeligheden, den produktive proteinværdi (PPV) og den biologiske værdi (BV) i 8 udvalgte familier af regnbueørreder (*Oncorhynchus mykiss*).

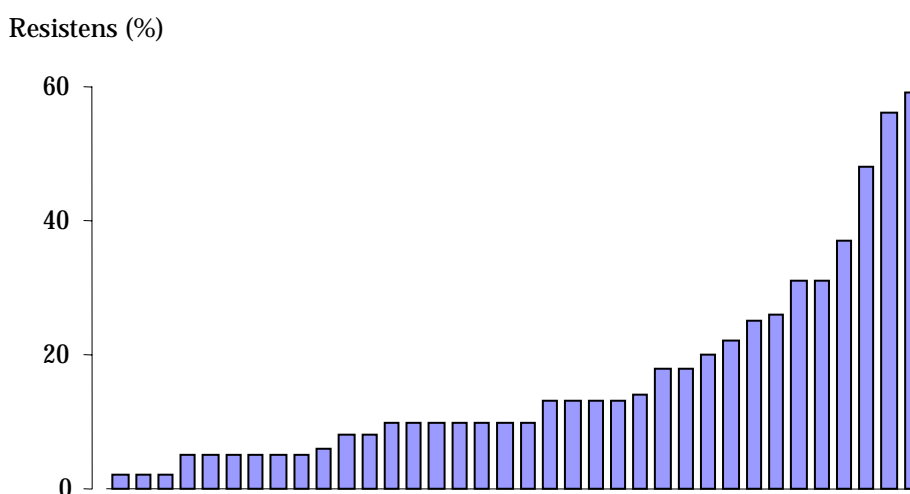
Resultaterne er afrapporteret særskilt: Jokumsen, A. "Digestibility, Biological Value (D_a) and Productive Protein Value (PPV) in 8 families of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – bilag 3.

17.3 Sygdomsresistens

Med henblik på at undersøge om avl kunne være en velegnet metode til at kontrollere sygdomme i ørredopdræt blev en række ørredfamilier eksperimentelt smittet med fire specifikke sygdomme under laboratorieforhold: VHS (viral haemorrhagic septicaemia), rødmundssyge (ERM), YDS (yngeldødelighedssyndrom) og vibriose. Forsøgene udførtes i et samarbejde mellem Dansk Ørredavl, Danmarks Fødevareforskning, Danmarks JordbrugsForskning, BioMar A/S samt Danmarks Fiskeriundersøgelser.

Disse smitteforsøg (kaldet challenge tests) blev valgt til undersøgelsen af resistens hos ørred, fordi disse tests gør det muligt at undersøge ørredernes modstandsdygtighed over for specifikke sygdomme under kontrollerede og konstante forhold. Desuden kan man være sikker på, at alle fisk er blevet smittet med de pågældende sygdomme.

Smitteforsøgene viste, at resistensen overfor alle disse sygdomme hos ørreder var arvelig. F.eks. var der, som vist i nedenstående figur 14, familier, der udviste imellem 4 og 59% resistens over for ERM.



Figur 14. Resistens over for ERM hos familier af regnbueørred. Resistens målt som procent fisk fra hver familie, der overlevede efter smitte med ERM. Hver sølje repræsenterer en familie smittet med ERM.

Resultaterne fra forsøgene tegner et lovende billede for fremtidens avlsarbejde, idet det forventes, at avl for resistens mod en række forskellige specifikke sygdomme kan resultere i ørredbestande med højere resistens mod en række andre sygdomme, en såkaldt generel resistens. Man vil således med større sikkerhed kunne udpege de mest resistente fisk som forældrefisk. P.t. er der kun to mulige metoder, som kan bruges til at udpege de mest resistente fisk - challenge tests og sygdomsforekomst i fiskebestande.

Challenge tests er muligvis den mest velegnede metode, idet resistens bliver undersøgt under kontrollerede og konstante forhold samt at alle fisk bliver smittet med de undersøgte sygdomme. Men det er ikke de potentielle forældrefisk, der bliver inficeret. I stedet for er det slægtninge af disse fisk, hvilket formindsker sikkerheden ved udpegelsen af de mest resistente fisk.

Sygdomsforekomst i fiskebestande gør det til gengæld muligt at undersøge mange fisk, mens de er udsat for sygdomme under kommercielt opdræt. Men det er ikke så enkelt at undersøge sygdomsforekomst under dambrugsforhold, som det måske umiddelbart kan forventes. For det første fordi det ofte er vanskeligt at diagnosticere en specifik sygdom hos fisk, og for det andet fordi påvirkningerne fra omgivelserne, herunder smittepresset, spiller en afgørende rolle. Med andre ord: når en fisk er sund og rask skyldes det så, at den har stor modstandskraft eller at den ikke har været udsat for smitte?

Udfordringen er derfor at søge nye og bedre redskaber, der kan bruges ved udvælgelsen af de resistente fisk. Herunder forsøges det at identificere parametre, der dels indikerer et stærkt immunsystem og dels gener af betydning for udvikling af modstandskraft over for sygdomme.

Dambrugere kan få gavn af ørreder, der er mere resistente over for sygdomme. For det første vil det medføre forbedret sundhedsstatus, velfærd og overlevelse. For det andet vil anvendelse af traditionelle metoder til bekæmpelse af sygdomme, bl.a. antibiotika, vacciner og andre former for medicin samtidig formindskes. Dette kan dels medføre en økonomisk besparelse for dambrugerne og dels fremme fødevarerisikoen, idet risikoen for f. eks. medicinrester nedsættes.

Dambrugerne skal dog ikke forvente, at avl kan frembringe ørreder, der er fuldstændig resistente over for alle former for sygdomme. De forskellige fiskesygdomme har nemlig forskellige karaktertræk, der gør at fiskene skal bruge forskellige mekanismer for at undgå smitte overfor alle potentielle sygdomme. Det er usandsynligt, at ørreder kan avles mod alle de forskellige mekanismer.

En yderligere begrænsning er, at der også kan ske en genetisk ændring i patogenerne, som findes i de fisk, der er avlet for resistens. Denne genetiske ændring (mutation) i patogenerne vil delvis afbalancere den genetiske fremgang i resistens hos fremavlede ørreder.

Resultaterne er bekræftet i Henryon et al. (2002, 2005).

17.4 Kønsvikling over tid hos regnbueørred

Under avlsarbejdet blev der konstateret en skæv fordeling mellem kønnene i forbindelse med løbende bortsortering af de mindste fisk. Når familierne nåede til kønsmodenhed viste det sig, at der var en overvægt af hanner (op til 75 %), mens andelen af hunner lå fra 5 % til 50 %.

Med henblik på at afhjælpe denne problemstilling blev det dels undersøgt, hvorvidt juvenile hanner voksede hurtigere en hunner og dels om der kunne identificeres morfologiske træk, der tillod adskillelse af hanner fra hunner i det juvenile stadie. For så vidt angik morfologiske træk undersøgte om hanner havde større fedtfinne, brystfinner, pukkel og længere og bredere hoved end hunner i perioden før kønsmodning efter korrektion for kropslængde.

Der blev således udført forsøg med PIT-mærkede fisk fra yngelfasen og til kønsmodenhed. Fiskenes vækst samt udviklingen i de nævnte morfologiske træk blev løbende registeret med henblik på at kunne registrere forskelligheder i væksthastighed/morfologisk udvikling mellem hanner og hunner og om dette skete i bestemte perioder i fiskenes udvikling.

Resultaterne viste imidlertid, at der ikke kunne påvises signifikante forskelle i vækst eller de undersøgte morfologiske træk mellem hanner og hunner fra yngelstadiet til kønsmodenhed.

Studiet blev udført som en specialeopgave af Majbrit Holst Nielsen under vejledning af prof. Volker Loeschcke, Afd. f. Genetik og Økologi, Aarhus Universitet samt seniorforsker Mark Henryon, Danmarks JordbrugsForskning. Under den praktiske gennemførelse af forsøgene medvirkede endvidere avlskonsulent Ivar Lund, Dansk Ørredavl, IT-konsulent Torben Filt Jensen og seniorrådgiver Alfred Jokumsen, Danmarks Fiskeriundersøgelser.

Resultaterne findes publiceret i følgende specialerapport af Majbrit Holst Nielsen (2004): Growth and external morphological traits are not promising methods to sex rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) prior to maturation. M. Sc. thesis.

17.5 Undersøgelse af forekomst af haleskævhed i avlsørreder

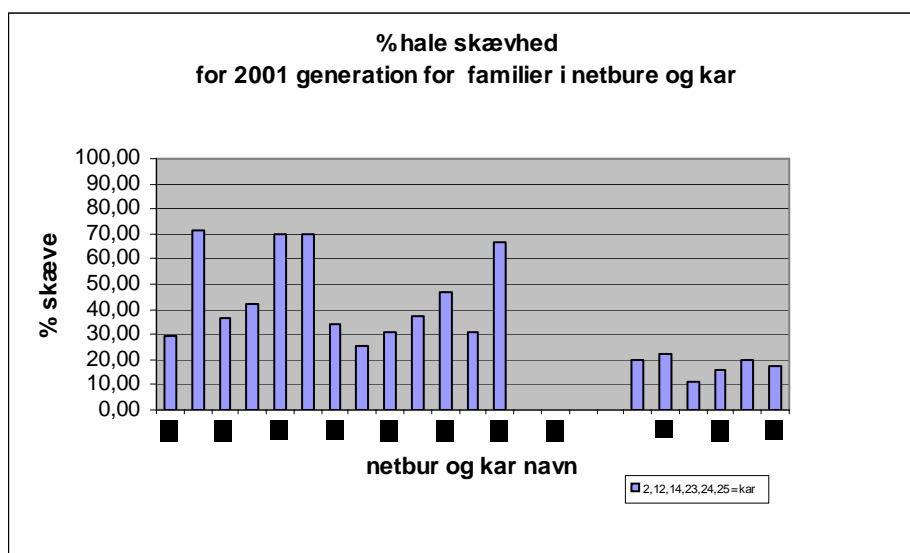
Der var blandt avlsfiskene konstateret forekomst af haleskævhed d.v.s. en fortykkelse/skævhed i hvirvelsøjlen mellem nederste del af ryggen og halefinnen samt en tydelig sideværts deformeret hale fra højre mod venstre.

Der blev derfor i 2002 foretaget en systematisk undersøgelse af forekomsten af haleskævhed blandt familierne samt evt. årsagssammenhænge.

Den 11. februar 2002 blev 2001 generationen af ørreder flyttet fra avlshal 1 til avlshal 2. Denne overflytning skulle have været foretaget i efteråret 2001, men kunne på grund af pladsforholdene først gennemføres efter afstrygning af 2000 generationen, der optog pladsen i avlshal 2.

Gennemsnitsvægten af fiskene i de 42 familier i 2001 generationen var ca 260 g ± 49. Familierne havde i gennemsnit vokset med ca. 2,9 %/dag siden yngelstadiet og havde haft en FQ på ca. 0,93.

Der var imidlertid ikke kapacitet i avlshal 2 til, at hver familie kunne få et kar. Der blev derfor konstrueret nogle netbure med hver 4 sektioner, der kunne placeres i et kar. Derved blev det muligt at holde 4 adskilte familier pr. kar, men vel at mærke med et mindre volumen pr. familie. Således blev 16 af familierne isat netbure i 4 kar. Familier med laveste individ antal blev isat netbure for at undgå for høj tæthed. Hvert netbur havde et volumen på ca. 1 m³, mens hvert kar havde et volumen på ca. 6 m³.



Figur 15. Procentvis forekomst af haleskævhed i fisk fra netbure og kar

Alle familier fik, efter ca. 1 måneds tilvænning til karstørrelse og akklimatisering til den højere temperatur i den isolerede avlshal 2, en kraftig forøgelse af fodertildelingen for at

øge væksten, med henblik på at fiskene kunne nå at kønsmodne ved udgangen af år 2002.

Resultaterne af undersøgelsen er vist i figur 15.

Den 18. juni 2002 blev fisk i samtlige netbure udtyndet på grund af meget høj tæthed. Samtidig blev 13 ud af de 16 familier undersøgt for hale skævhed. Desuden undersøgtes yderligere 45 tilfældigt udtagne fisk fra 6 familier i kar.

Resultaterne viste en høj forekomst af begyndende haleskævhed og en stor forskel mellem fisk i netbure og i kar. Således konstateredes op til 20 % forekomst af haleskævhed hos familier, der gik i separate kar, mens familierne i netbure havde en forekomst på op til 70 % haleskævhed.

Samtlige fisk med begyndende haleafvigelse i karrene havde en mærkbar ændring på højre side af fisken – således med sideværts hale mod venstre. Generelt føltes ændringen mindre udtalt for fisk i kar i forhold til fisk i netbure. Flere større fisk i hver familie udviste generelt symptomerne sammenlignet med mindre fisk. En del fisk i netbure havde sår på halen som følge af den høje tæthed.

Resultaterne viste, at forekomsten af fisk i netbure med begyndende haledeformitet var væsentlig højere end hos familier holdt i separate kar, men også fisk holdt i kar havde en stigende forekomst i forhold til tidligere.

Fisk i netbure viste såvel venstre som højredrejet haledeformitet- dog mest venstredrejet, mens fisk i kar udelukkende viste venstredrejet deformitet med ryghvirvel fortykkelse på højre side.

Fisk i kar svømmer altid mod uret mod vandstrømmen (forklarer skævhed mod venstre), mens fisk i netburene ikke svømmede helt entydigt, men derimod havde meget lidt plads at svømme på.

Fiskene blev efter overflytning til avlshal 2 den 11. februar 2002 fulgt i en akklimatiseringsperiode med øgning af temperatur samt tilvæning til større kar mv. frem til 19. marts 2002. I denne periode var væksten forholdsvis moderat på ca. 1 %/dag.

Fiskene havde d. 19. marts 2002 opnået en gennemsnitsvægt på ca. 300 g/stk, og voksede frem til 30. april 2002 til et gennemsnit på ca. 600 g/stk, d.v.s. en fordobling på ca. 1 måned svarende til en daglig tilvækst på ca. 1,7 %.

Det er overvejende sandsynligt, at denne hurtige vækst for større fisk kombineret med for lidt bevægelse af halefinnen er den primære årsag til forekomst af de observerede haleafvigelser, d.v.s. for fisk i kar forårsaget af ensformig svømmeretning og for fisk i net forårsaget af manglende bevægelsesmulighed. Dette forklarer også, at relativt flere af de større fisk i hver familie havde symptomerne.

Idet forekomsten af fisk med haleafvigelse ser ud til at stige i takt med fiskenes vækst vil en frasortering ikke gavne, omvendt vil den opståede skævhed forårsaget af ensformige /manglende svømmebevægelser sandsynligvis i kombination med hurtig vækst hos større fisk ikke have nogen indflydelse på avlsarbejdet på avlsstationen.

17.6 Samfundsmæssigt potentiale i ørredavl

Direktoratet for FødevarerErhverv (DFFE) udpegede Danmarks JordbrugsForskning til et casestudie af det samfundsøkonomiske potentiale (nytteværdi) i et avlsarbejde på regnbueørred, d.v.s. afkastet af de offentlige forskningsmidler, der var satset på området.

Konklusionen på casestudiet var, at der var et vist samfundsmæssigt potentiale i avlsprogrammet for regnbueørreder i form af økonomiske gevinster for erhvervet samt miljøeffekter som følge af mindre næringsstofudslip og mindre medicinanvendelse.

De samfundsøkonomiske beregninger viste således, at forskningen i ørredavl kunne medføre relativt store samfundsmæssige gevinster. Den interne rente blev beregnet til 17 %, mens nutidsværdien var kr. 6,7 mio. og tilbagebetalingstiden var ca. 4 år.

Det samfundsmæssige udbytte kunne primært realiseres gennem øget foderudnyttelse, der i kraft af en stigende markedsandel af forbedret avlsmateriale kunne skabe en merværdi på ca. kr. 0,5 mio. i 2003 stigende til knap kr. 8 mio. i 2007 gennem øget produktion inden for foderkvoten. Hertil kom udbytte ved reduktion i yngeldødelighed og resistens mod rødmundesyge (kr. 1 mio. i 2007). Endelig vil mindsket næringsstofudslip bidrage til det samfundsøkonomiske udbytte med yderligere kr. 100.000 årligt fra 2007.

Forskningen har bidraget stærkt til at forbedre de produktionsøkonomiske betingelser i dambrugssektoren. Som en udløber af projektet har dambrugserhvervet valgt at etablere firmaet Dansk Ørredavl for at sikre den praktiske udnyttelse af forskningsresultaterne og til gennemførelsen af de næste faser i avlsprogrammet.

Projektet viste endnu et eksempel på, at et tværinstitutionelt og grundlagsskabende forskningsarbejde, finansieret gennem forskningsrådene, havde skabt forudsætningerne for et mere målrettet og anvendelsesorienteret forskningsarbejde med stort samfundsmæssigt udbytte.

Der er en vis usikkerhed med hensyn til, hvor stor resistensforbedring overfor YDS og ERM, der er mulig. Dette skal ses i lyset af, at avlsarbejdet foregår med henblik på at forbedre flere forskellige typer egenskaber hos ørrederne, og at disse ikke umiddelbart kan kombineres sammen i en ørred. Undersøgelserne har vist, at den mest lovende udvikling er muligheden for forbedring af fiskenes foderudnyttelse. Denne forbedring vil have stor økonomisk betydning for dambrugerne, og det kan således tænkes at ske på bekostning af mulige resistensforbedringer. Fjernes gevinsterne fra resistensforbedring helt fra regnestykket, har det imidlertid kun lille effekt på det samfundsmæssige udbytte.

Da tallene, der ligger til grund for udregning af gevinsterne ved forbedret foderudnyttelse og det reducerede næringsudslip, endvidere er forholdsvis sikre, og de foretagne skøn meget konservative, må resultaterne betegnes som forholdsvis pålidelige.

Detaljerne i casestudiet findes i bilag 4.

18. Ny struktur for Dansk Ørredavl

Dansk Ørredavl (DØA) blev i slutningen af 2003 omstruktureret, idet det viste sig ikke være muligt fortsat at skaffe de fornødne midler til videreførelsen af driften af avlsstationen på Nordsøcentret i Hirtshals.

Driften af avlsstationen var fra starten blevet finansieret af tilskud og sponsorater fra bl.a. Fødevareministeriet, Foreningen Forsøgsdambruget, Dansk Dambrugerforening, Foderfabrikantforeningen, Afgiftsfonden for Danske Dambrug, Dansk Havbrugerforening og H. Henriksens Fond.

Den forskningsmæssige del af avlsarbejdet, d.v.s. avlsprogram for regnbueørred (fase 1 og 2) blev finansieret via støtte fra Fødevareministeriets FIUF-midler til Dansk Ørredavl, og blev udført i et samarbejde med Danmarks JordbrugsForskning (DJF) og Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU). Dette arbejde forløb tilfredsstillende, men i takt med at arbejdet blev intensiveret og konsolideret steg behovet for en yderligere udbygning og tilpasning af faciliteterne. Der var således i særdeleshed behov for en udbygning af produktions- og afsætningsfaciliteter. Der var allerede fra starten med opførelse af første etape af avlsstationen forudset en nødvendig investering i en etape 2, som netop omfattede en egentlig kommercialisering af avlsresultaterne. På sigt var det planen, at avlsstationen skulle finansieres ved salg af øjenæg til erhvervet.

I 2002 fremlagde DØA overfor stifterne en plan for, hvorledes udbygningen med en etape 2 kunne ske. Foreningerne støttede op om det faglige indhold, men kunne ikke give tilsagn om den nødvendige kapital tilførsel.

På den baggrund udbød DØA samme år et prospekt til primært de danske dambrugere. Prospektet beskrev baggrund og motivation for etablering af et nyt selskab, Dansk Ørredavl A/S. Der var en vis, men dog utilstrækkelig tilkendegivelse om aktietegning.

Fonden tog efterfølgende kontakt til nationale og internationale partnere med henblik på at drøfte mulighederne for at etablere en samlet Europæisk avlsenhed.

Bestræbelserne på at samle og udbygge aktiviteterne i et nyt aktieselskab fortsatte hen igennem 1. halvår 2003. I juni måned 2003 forelå imidlertid resultaterne fra en europæiske markedsanalyse. Analysen bekræftede potentialet, men den viste også, at konkurrencen var betydelig hårdere end forventet og, at der var betydelige barrierer i forhold til især pris og markedsførings indsatserne. Ligeledes viste en ekstern gennemgang af faciliteterne på Nordsøcentret, at der skulle investeres mellem 15 og 20 mio. kr i produktionsanlæg.

På denne baggrund, og i lyset af den generelle afmatning indenfor akvakultur, blev det i midten af juli måned 2003 besluttet, at risikoen var for høj, og idéen om at etablere et aktieselskab blev endeligt skrinlagt.

Fonden kunne dermed konstatere, at det ikke længere var muligt at fortsætte avlsarbejdet på Nordsøcentret, og i løbet af 2. halvår 2003 blev aktiviteterne afviklet: Personalet blev afskediget, fiskene blev udbudt til salg og solgt til tre avlsdambrug.

Avlsarbejdet på Nordsøcentret havde frembragt flere generationer af ørreder – den seneste med en forventet avlsfremgang (vækst, foderkvotient) på ca. 6 %. Endvidere var der igangsat flere forskningsprojekter i tilknytning til avlsarbejdet.

Det skal i den forbindelse erindres, at avlsarbejde har langsigtede perspektiver, idet erfaringer fra andre lande (f. eks. Norge) viste, at der kunne gå op til 10 år før væsentlige avlsfremgange kunne registreres ude på dambrugene. DØA blev stiftet i 1999!

Med henblik på videreførelse af avlsarbejdet og sikring af opnåede avlsfremgange blev der indgået en aftale med 3 IPN fri - registrerede avlsdambrug som købte avlsmaterialet fra avlsstationen i Hirtshals. Flytningen af fiskene indebar som nævnt en afvikling af aktiviteterne i avlshallerne på Nordsøcentret og en opbygning af faciliteter på de 3 avlsdambrug, som omfattede:

- Kjærgårdsmølle Dambrug (Torben F. Nielsen)
- Ravningkær Fiskeri (Jørgen Jøker Trachsel)
- Trehøje Dambrug (Ove Ahlgreen)

2002 generationen bestående af ca. 42 familier af mærkede fisk blev delt ligeligt ud på de 3 avlsdambrug. Ideen med 3 avlsdambrug, i stedet for 1 var, at det ville være vanskeligt at skulle udveksle avlsmateriale mellem de 3 avlsdambrug hvert år p.g.a. smitterisiko og veterinære bestemmelser.

De 15 bedste familier af 2003 generationen blev dog overført til ét af de 3 avlsdambrug (Ravningkær fiskeri). De mærkede forældre (2001 generation) blev ligeledes overført til ét af de 3 avlsdambrug (Kjærgårdsmølle dambrug).

Avlsdambrugene krydsede de bedste familier af det eksisterende DØA materiale på hver deres avlsdambrug. DØAs materiale anvendtes ydermere til indkrydsning med egne stammer og ligeledes krydsedes egne rene stammer (se figur 16). Dog kunne Ravningkær Fiskeri ikke nå at få etableret faciliteter til krydsningerne i 2004.

På Kjærgårdsmølle Dambrug er der endvidere anvendt all female hanner til befrugtning af de rene Kjærgårdsmølle familier og krydsningsfamilierne.

Pr. 1. april 2004 overtog dambrugsejer/dyrlæge Torben F. Nielsen og dyrlæge Simon B. Madsen Skinderup Mølle Dambrug, der drives som avlsdambrug. De producerede 56 familier på Kjærgårdsmølle dambrug blev overført som øjenæg til Skinderup Mølle dambrug, hvor familierne blev holdt separat i kummehuset.

Hvert avlsdambrug opbyggede og driver således faciliteter til hold af minimum 50 familier/år. De betyder, at det således blev muligt at holde i alt ca. 150 familier pr. år, hvilket var en styrkelse i forhold til den hidtidige avlsplan. Familierne testes løbende m.h.t. avlsmålene.

De enkelte avlsdambrug avlede efterfølgende på aftalte avlsmål i samarbejde med de involverede forskningsinstitutioner (Danmarks Jordbrugsforskning (DJF), Danmarks Fiskeriundersøgelser (DFU), Danmarks Fødevarer- og Veterinærforskning (DFVF) m.fl.).

Over en årrække vil det anvendte avlsmateriale være de familier, der genetisk er bedst for de givne avlsmål, således ikke givet rene DØA familier (jf. figur 16).

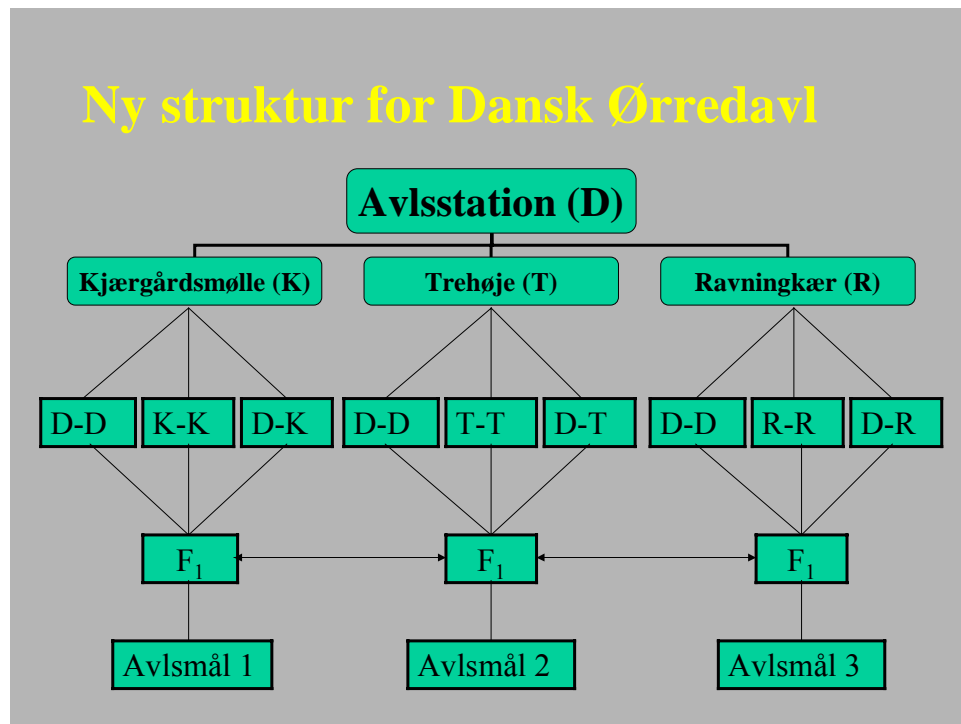


Fig. 16. Skitse over den nye struktur for Dansk Ørredavl. D = DØA; K = Kjærgårdsmølle; T = Trehøje; R = Ravningkær. På hvert dambrug fremstilles rene DØA familier (D-D), rene familier af egen stamme (K-K; T-T; R-R) samt blandingsfamilier (D-K; D-T; D-R).

De enkelte avlsdambrug kan om muligt indbyrdes (med evt. 3-6 års mellemrum; 1-2 generationer) udveksle genetisk materiale fra deres egen avl med de øvrige to avlsdambrug for at øge den genetiske pulje og opnå synergieffekt fra avlen på de 2 øvrige dambrug, såfremt det findes formålstjenligt og veterinært forsvarligt.

Dansk Ørredavl fortsatte som Erhvervsdrivende Fond, idet de 3 avlsdambrug var repræsenteret i bestyrelsen med mindst 1 medlem.

De igangværende forskningsprojekter fortsatte i samarbejde med bl.a. Danmarks JordbrugsForskning, Danmarks Fiskeriundersøgelser, ligesom Dansk Ørredavl forventede at konsolidere aktiviteterne med fokus på at sikre det praktiske avlsarbejde samt videreførelse og udbygning af forsknings- og udviklingsaktiviteterne.

Avlsarbejdet udførtes således fortsat efter de samme principper for familieavl som oprindeligt angivet i beskrivelsen af avlsprojektet, ligesom udviklet udstyr, databaser, mærkningsudstyr mv. fortsat indgik som en komponent i avlsarbejdet. Men med omstruktureringen skete der en udvidelse af avlsarbejdet, idet der bliver mulighed for at holde 3 gange 50 familier mod hidtil blot 50 familier.

19. Publikationer fra projekt ”Avlsprogram for regnbueørred”

Henryon, M., Jokumsen, A., Berg, P., Lund, I., Bovbjerg Pedersen, P., Olesen, N.J. and Schlierendrecht, W.J. (2002): Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within farmed population of rainbow trout. *Aquaculture*, 209, no. 1-4, 59-76.

Henryon, M., Jokumsen, A., Berg, P., Lund, I., Bovbjerg Pedersen, P., Olesen, N.J. and Schlierendrecht, W.J. (2003a): Erratum to “Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within farmed population of rainbow trout. *Aquaculture*, Vol. 209, no. 1-4, 59-76.”. *Aquaculture*, 216, 389-390.

Henryon, M., Berg, P., Olesen, N.J., Kjær, T., Schlierendrecht, H., Ekmann, K., Lund, I. and Jokumsen, A. (2003b): Avlsarbejde kan øge sygdomsresistens hos regnbueørred. *Ferskvandsfiskeribladet* nr. 6, p.126 – 127.

Henryon, M., Berg, P., Olesen, N.J., Kjær, T.E., Schlierendrecht, V., Jokumsen, A. and Lund, I. (2005). Selective breeding provides an approach to increase resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to the diseases, enteric redmouth disease, rainbow trout fry syndrome, and viral haemorrhagic septicaemia. *Aquaculture*, 250, 621-636.

Jokumsen, A. (1998): Forundersøgelse til etablering af avlsstation ved Nordsøcentret. Report in Danish.

Jokumsen, A. (1999) :Avlsstation ved Nordsøcentret. *Ferskvandsfiskeribladet* no. 3, p. 65. In Danish.

Jokumsen, A.(1999): Nyt om avlsstationen. *Ferskvandsfiskeribladet* no. 4, p.95. In Danish.

Jokumsen, A. (2000): Første spadestik til avlsstationen. *Ferskvandsfiskeribladet* no. 2. In Danish.

Jokumsen, A. (2000): Breeding as a tool in sustainable farming of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Presented at the International Conference Aqua 2000, 2 – 6 May 2000, Nice, France.

Jokumsen, A.; Berg P. og Lund I.(2001): Avlsarbejde på regnbueørred i Danmark. *Fisk & Hav*, no. 53, p. 18-27.

Jokumsen, A. & Lund, I. (2001): Information fra Dansk Ørredavl. *Ferskvandsfiskeribladet*, no. 11, p. 257-261.

Jokumsen, A. (2001): Større konkurrence på avl. P. 24-25. *Havbruk* no. 12.

Jokumsen, A. (2002): Nyt fra avlsstationen - Salg af øjenæg. *Ferskvandsfiskeribladet*, 2, p. 41.

Jokumsen, A., Lund, I., Berg, P. and Henryon, M.(2003): Ørreder med 6% højere tilvækst på avlsstationen. *Ferskvandsfiskeribladet* nr. 5, p.100 – 102.

Jokumsen, A. & Thomsen, B.(2004): Ny struktur for Dansk Ørredavl. Ferskvandsfiskeribladet nr. 6, p.126 – 127.

Leth, N.K., Jokumsen, A., Lund, I. and Jessen, F. (2005): Proteome differences between families of reared rainbow trout. *Aquaculture*, Submitted.

Nielsen, M. H. (2004): Growth and external morphological traits are not promising methods to sex rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) prior to maturation. M.Sc. thesis.

20. Litteratur

Berg, P. (1998). Produktion af regnbueørred. Sygdomsforebyggelse, genetik og ernæring. Danmarks JordbrugsForskning. Intern rapport nr. 105.

Berg, P. & Henryon, M. (1998): A comparison of mating designs for inference on genetic parameters in fish. Proc. 6th World Congress on Genet. Appl. To Livest. Prod. 27:115.

Berg, P. & Henryon, M. (1999): Selection response under alternative mating designs in fish. Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet. 13:297-300

Berg, P., 2000. Balancing response to selection and rate of inbreeding. *Scientifur*, 24, 4, 11-15.

Berg, P. 2001. EVA – Evolutionary Algorithm for mate selection. User's Guide. 15.

Bregnballe , F. & Jokumsen, A. (1985): Opdræt af store regnbueørreder i saltvand – specielt i kølevand. Meddelelse fra Forsøgdambruget nr. 72. 139 pp.

FEAP (2005). www.feap.info/production/species/salmonids/trouts/troutprod_en.asp

Gjedrem, T. (1995). Genetik og Avlslære for Akvakultur. Landbruksforlaget.

Jokumsen, A. (1998a). “Avlsarbejde på regnbueørreder i Danmark”, Nordisk Aqua & Fiskeriblad, 1998, No. 6, p. 34-36.

Jokumsen, A. (1998b). Forundersøgelse til etablering af avlsstation ved Nordsøcentret (Arbejdsgrupperapport). 36 pp.

Wray, N.R. & Goddard, M.E. 1994. Increasing long-term response to selection. *Genetics, Selection Evolution*. 26:431-451.

21. Anerkendelser

Strukturdirektoratet/Direktoratet for Fødevarerhverv takkes for økonomisk støtte til projektet.

Foreningen af foderfabrikanter i Danmark takkes for sponseret foder til avlsstationen.

Ligeledes takkes en række øvrige sponsorer for støtte til avlsstationen:

- Billund Aquakulturservice
- Henriksens Fond
- Foreningen Forsøgdambruget
- Oxyguard
- AGA A/S
- Exponet
- Grundfoss

Bilag

Bilag 1: Growth and feed utilization in selected outbred families of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Bilag 2: Physiological correlates of diversity in size-at-age and condition factor in rainbow trout families.

Bilag 3 Digestibility, Biological Value (D_a) and Productive Protein Value (PPV) in 8 families of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Bilag 4: Case - Samfundsøkonomisk potentiale i avslarbejde på regnbueørred

Bilag 5: Beskrivelse af den anvendte algoritme til udarbejdelse af optimal bidrags selektion

Bilag 6: BLUP-model anvendt til at beregne avlsværdier hos regnbueørred