



FISKERIDIREKTORATET

## Utvikling av et overvåkningssystem for å bedre kunnskapen om hvilke effekter rømt oppdrettsfisk kan påføre villfiskbestandene

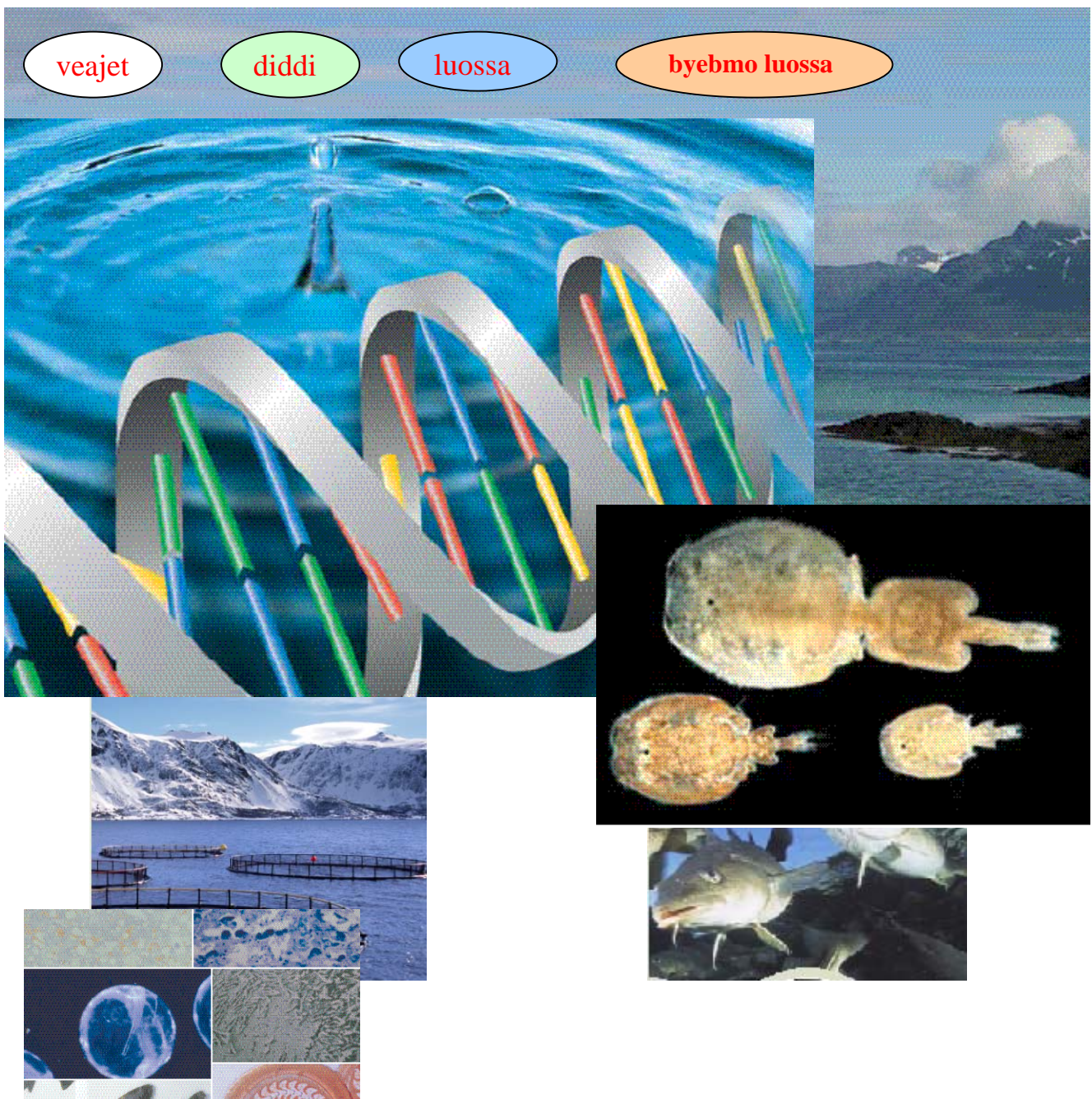
Rapport fra prosjektgruppen oppnevnt av Fiskeridirektoratet



April 2007

*UTVIKLING AV ET OVERVÅKINGSSYSTEM FOR Å BEDRE  
KUNNSKAPEN OM HVILKE EFFEKTER RØMT OPPDRETTSFISK  
KAN PÅFØRE VILLFISKBESTANDENE*

SLUTTRAPPORT FRA PROSJEKTGRUPPE OPPNEVNT AV  
FISKERI DIREKTORATET 30. 05. 2006



## Forord

Forsommeren 2006 inviterte Fiskeridirektøren en del samarbeidende institusjoner til å være med å foreslå metoder for å overvåke effekter av rømt oppdrettsfisk.

Vi som ble oppnevnt til å utrede problemstillingen, håper å ha pekt på relevante måter å måle slike effekter og skape kunnskap som gjør det mulig å iverksette tiltak for å bevare norske fiskebestander.

Vi nærer også et håp om at gruppens forslag er såpass konkrete at det er mulig for norske fiskerimyndigheter og andre berørte parter å bruke dem til å etablere konkret overvåking av påvirkning som følge av rømt oppdrettsfisk. Når det gjelder en del mulige effekter, erkjenner gruppen at det er behov for ytterligere forskning og metodeutvikling.

Gruppen vil til slutt takke kolleger i våre respektive institusjoner for gode innspill og hjelp underveis.

Trondheim/Oslo/Bergen  
17.04.2006

Terje Magnussen  
Leder

Carl Erik Arnesen  
Sign.

Martin Binde  
Sign.

Dagfinn Gausen  
Sign.

Kjetil Hindar  
Sign.

Kjell Maroni  
Sign.

Tor Atle Mo  
Sign.

Terje Svåsand  
Sign.

Bente Halsteinsen  
Sekretær

## **INNHOLDSFORTEGNELSE**

### **1. Om utvalgets arbeid**

- 1.1 Innledning
- 1.2 Om gruppens mandat
- 1.3 Om gruppens medlemmer og arbeidsmåte
- 1.4 Om valg av indikatorer for å måle effekt av rømt oppdrettsfisk
- 1.5 Sammendrag av gruppens forslag

### **2. Bestandsutvikling, rømming og politiske føringer**

- 2.1 Bestandsutvikling for vill laks
- 2.2 Oppdrett av laks og regnbueørret
- 2.3 Overvåking av rømt oppdrettslaks og relatert villaks-overvåking
- 2.4 Bestandsutvikling marine arter
- 2.5 Oppdrett av marine fiskearter
- 2.6 Overvåking av rømt marin oppdrettsfisk
- 2.7 Politiske og forvaltningsmessige føringer mht. vern av vill laksefisk.

### **3. Genetisk og økologisk påvirkning av vill laksefisk som følge av rømt oppdrettslaks**

- 3.1 Genetisk variasjon hos villaks og oppdrettslaks
- 3.2 Den rømte oppdrettslaksens atferd
- 3.3 Effekter av rømt oppdrettslaks i naturen
- 3.4 Indikatorer for effekter av rømt laks
  - 3.4.1 Indikatorer som forutsier effekt
  - 3.4.2 Indikatorer som måler en genetisk eller økologisk effekt
  - 3.4.3 Indikatorer som modellerer genetiske og økologiske endringer
- 3.5 Grenseverdier for immigrasjon av rømt oppdrettslaks

### **4. Om rømt fisk og overføring av infeksjose agens**

- 4.1 Om lakselus og målemetoder .
- 4.2 Et helhetlig perspektiv og ulike enkeltelementer....
- 4.3 Om å måle lusepåvirkning
- 4.4 Forslag til metoder og indikatorer
- 4.5 Om rømt oppdrettsfisk og overføring av andre infeksjose agens
- 4.6 Aktuelle fiske sykdommer
- 4.7 Status for overvåking av infeksjose agens

### **5. Marine arter – effekt av rømming og mulige indikatorer**

- 5.1 Torsk
- 5.2 Spredning av infeksjose agens fra torskeoppdrett
- 5.3 Mulige indikatorer – effekter av rømt marin fisk, spredning av infeksjose agens

### **6. Forslag til forskning og metodeutvikling.**

- 6.1 Laksefisk
- 6.2 Marin fisk

*Vedlegg 1*

Oversikt over vedtatte og foreslåtte nasjonale laksevassdrag og laksefjorder

*Vedlegg 2*

Rapporteringskjema for rømming fra oppdrettsanlegg.

*Vedlegg 3*

A. Forskrift om bekjempelse av lakselus(FOR 2000-02-01 nr 70)

B. Lusedata.no's presentasjon av data om lusespredning.

*Vedlegg 4*

The Williamsburg Resolution - Den nordatlantiske organisasjonen for bevaring av villaksen,  
**NASCO**'s resolusjon om tiltak for å redusere uheldige virkninger av akvakultur mv.

*Vedlegg 5*

Litteraturliste (Det gis kapittelvis referanse til litteratur mv.)

# KAPITTEL 1 OM UTVALGETS ARBEID

## 1.1 Innledning

30.05.2006 inviterte Fiskeridirektoratet en del sentrale organisasjoner og offentlige organisasjoner med på et samarbeid for å utvikle et kunnskapsbasert rapportsystem, der hovedmålet er å identifisere hvilken effekt rømt oppdrettsfisk har på ville fiskebestander.

Invitasjonen ble sendt til følgende aktører:

- Norske Lakseelver (Interesseorganisasjon for rettighetshavere til fiske i vassdrag med laks, sjøaure og sjørøye.)
- Fiskeri- og havbruksnæringens Landsforening (FHL - Interesseorganisasjon for norske fiskeoppdrettere)
- Direktoratet for naturforvaltning (DN)
- Norsk institutt for naturforskning (NINA)
- Mattilsynet
- Veterinærinstituttet
- Havforskningsinstituttet (HI)

Samtlige sa ja til å delta i prosjektgruppen, men Norske Lakseelver valgte i første møte å trekke sin representant som protest mot "fiskerimyndighetenes unnfalighet" i forhold til villaksproblematikken.

## 1.2 Om gruppens mandat

Fiskeridirektoratet skrev følgende om gruppens mandat:

"Rømt oppdrettsfisk representerer en fare for villfiskbestandene, og politiske myndigheter har bedt om at det må etableres et system som gjør det mulig å få oversikt over utviklingen.

Fiskeridirektoratet har i sin tiltaksplan mot rømt oppdrettsfisk bl.a. fokusert på å skape verktøy som kan gi presis informasjon til de aktuelle politiske institusjoner og allmennheten. I denne forbindelse har direktoratet funnet det fornuftig å be ulike fagmiljø om å delta i en egen prosjektgruppe.

*Gruppens mandat er å vurdere nåværende rapportering mm. når det gjelder rømming og foreslå:*

- *tjenlige indikatorer som kan nyttes til å måle effekter av rømming på utviklingen av ville bestander,*
- *et kostnadseffektivt prøvetakings-/registrerings- og evalueringssystem*
- *metodeutviklingstiltak mv. som bør følges opp i ettertid.*

Det forventes at gruppen har spesielt fokus på rømt oppdrettslaks og hvilken effekt rømming har på villaks- og sjørretbestandene.

Gruppen forutsettes å levere sine forslag innen 15. desember 2006."

### **1.3 Om gruppens medlemmer og arbeidsmåte**

De inviterte institusjonene oppnevnte følgende personer:

- Ingar Aasestad (Norske Lakseelver) – deltok kun på første møte.
- Kjell Maroni (FHL Havbruk)
- Carl Erik Arnesen (FHL Havbruk /Firda Seafood AS)
- Tor Atle Mo (Veterinærinstituttet)
- Kjetil Hindar (NINA)
- Terje Svåsand (HI)
- Dagfinn Gausen (DN)
- Martin Binde (Mattilsynet)
- Terje Magnussen (Fiskeridirektoratet - leder av gruppen)
- Bente Halsteinsen (Fiskeridirektoratet - sekretær)

Gruppen møttes første gang 23.08.06 og har hatt 5 møter, derav 1 som video/telefonmøte.

Gruppen kom senere i gang enn forutsatt, og det ble gitt noe lenger frist enn angitt i mandatet.

Rapporten er skrevet på grunnlag av innspill som er kommet under møtene, samt foredrag og skriftlige innspill utarbeidet av gruppens medlemmer/ deres respektive institusjoner.

### **1.4 Om valg av indikatorer for å måle effekt av rømt oppdrettsfisk**

#### Hovedproblemstillinger

De to viktigste spørsmålene gruppen har stilt seg er:

- A. *Hvordan påvirkes ville bestander av rømt fisk ?***
- B. *Hvordan kan påvirkningen måles?***

Det antas at påvirkning kan måles ved å se på endringer i:

- I. Bestandsstørrelse og overlevelse.
- II. Morfologiske og økologiske egenskaper knyttet til fisk i vedkommende bestand.
- III. Genetisk sammensetning.

Når det gjelder påvirkningen som skyldes rømt fisk, antar vi at endring av overnevnte faktorer primært vil kunne forklares ved:

- Genetisk påvirkning som skyldes samavling mellom rømt og vill fisk.
- Økt smittepress som skyldes infeksjose agens (parasitter, virus, bakterier og sopp).
- Konkurransen om habitat, gyteplasser mm..

*Det må understrekes at det også fins andre årsaker til endringer av bestandsstørrelse, bestandssammensetning og atferd, men vurdering av slike årsakssammenhenger inngår ikke i gruppens mandat.*

Noen forutsetninger som legges til grunn i utredningen

### **Utvikling av mest mulig objektive måleparametere.**

En gang tvilte mange på at rømt oppdrettsfisk hadde effekt på ville bestander. I dag er det få som har en slik holdning. Spørsmålstillingen er heller hvordan og i hvilket omfang villfisken påvirkes, når oppdrettsfisk rømmer fra anleggene.

Gruppen har sett det som sin oppgave å peke på metoder og parametere som gjør det mulig å presentere mest mulig objektiv kunnskap om effekter.

### **Måle mest mulig direkte og presise effekter.**

Effekter må måles så direkte som mulig. En har søkt å finne parametere som direkte påviser sammenhenger mellom rømt fisk og effekter på villfisk. Forsøket har bare delvis lyktes. Årsaken er at det er mange forhold som påvirker bestandsutvikling, sykdoms- og lusespredning mv., og det er vanskelig å avgjøre hver kildes påvirkningskraft. Effekter som skyldes rømt oppdrettsfisk må bevises indirekte på vitenskapelig måte ved å eliminere andre årsaker og påvise sammenfall i rom og tid.

### **Bygge på eksisterende overvåkingsprogram.**

Norske myndigheter har etablert opplegg for innsamling av data om:

- Bestandsutviklingen av villfisk.
- Lusepåslag på villfisk i kystområder.
- Sykdoms- og lusesituasjonen i oppdrettsnæringen.
- Produksjons- og rømmingssituasjonen i oppdrettsnæringen.

Gruppen finner det fornuftig at en framtidig overvåking av rømt oppdrettsfisk i størst mulig grad bruker data og biologisk materiale fra overnevnte undersøkelser, samt at det tas utgangspunkt i det nye Overvåkings- og evalueringsprogrammet for Nasjonale laksevassdrag og laksefjorder.

## **1.5 Sammendrag av gruppens forslag**

Indikatorgruppen ble nedsatt for å komme med forslag til metoder som kan måle effektene av rømt oppdrettsfisk på ville fiskebestander. Gruppen har hatt spesielt fokus på rømt oppdrettslaks og hvilken effekt rømming har på villaks- og sjøørretbestandene.

En god indikator for å måle og/eller vurdere effekten av rømt laks, bør med forholdsvis enkle metoder være i stand til å måle/forutsi følgende endringer i ulike laksebestander:

- Endringer i bestandssammensetning og genetisk struktur.
- Endringer i livshistorie og økologiske egenskaper (inklusive mottagelighet overfor sykdommer).
- Endringer i produktivitet og bestandsstørrelse.



Endringene i de ville bestandene kan skyldes både samavling mellom rømt oppdrettslaks og villaks, konkurranse mellom rømt oppdrettslaks eller deres avkom og villaks, og smittepress fra rømt oppdrettslaks til villaks.

### **Om å måle økologiske effekter på villaksbestandene.**

Følgende egenskaper peker seg ut som mulige kandidater for å registrere at en endring har funnet sted i økologiske egenskaper som følge av gyting og innkryssing av rømt oppdrettslaks:

- Veksthastighet.
- Andelen kjønnsmodne hanner i parrstadiet.
- Alder ved smoltifisering og kjønnsmodning.
- Tidspunkt for gyting, klekking, ut- og oppvandring.
- Atferd.
- Alders-struktur.
- Fruktbarhet (antall rogn) og eggstørrelse.

Endringer som kan forventes etter innkryssing av rømt oppdrettslaks, er bl.a. økende veksthastighet, lavere andel kjønnsmodne parrhanner og lavere alder ved smoltifisering. I typiske smålaksbestander kan man forvente en høyere alder ved kjønnsmodning. Siden slike endringer også kan skyldes andre årsaker enn rømt oppdrettslaks, må effekten av ulike faktorer avklares. Her vil bruk av molekylærgenetisk identifikasjon av individer med (for eksempel) rask veksthastighet eller avvikende livshistorie, kunne være et bidrag til å skille ut effekten av rømt oppdrettslaks.

Endringer i bestandens produktivitet er vist i kontrollerte eksperimenter med lokal villaks og oppdrettslaks i samme elv. Ideelt sett burde slike endringer være knyttet til kunnskap om sammenhengen mellom gytebestandens størrelse og antallet rekrutter i påfølgende generasjon. Slik informasjon fins imidlertid kun for et fåtall bestander, mens informasjon om fangst av voksen laks og tetthet av ungfisk fins i mange bestander. Analyser av endringer i produktivitet og bestandsstørrelse må sannsynligvis gjøres som en slags meta-analyse der flere typer observasjoner fra ulike vassdrag ses i sammenheng, og effekten av én faktor (andelen eller antallet rømt oppdrettslaks) skilles ut i den statistiske analysen.

### **Om å måle genetiske effekter.**

Ville laksebestander er arvemessig (genetisk) forskjellige.

Oppdrettslaks er i utgangspunktet hentet fra rundt 40 norske laksestammer, og er nå selektert i 7-8 generasjoner for tilpasning til et liv i oppdrett. Oppdrettslaksen blir derfor mer og mer genetisk forskjellig fra villaks.

Sårbare/ små laksebestander vil være særlig utsatt for genetisk påvirkning fra rømt laks.

### **Indikatorer som måler genetisk effekt.**

a) *Endring i molekylærgenetisk sammensetning.*

Endringer i frekvensene av genotyper og alleler (genvarianter) vil kunne være et direkte mål på at det skjer en genetisk endring i bestanden. For å kunne påvise denne endringen, må man ha et bilde av hvordan den ville bestanden så ut genetisk i tiden før påvirkningen fra rømt

oppdrettslaks skjedde. Dette er i dag mulig for mange bestanders vedkommende, siden arvestoff (DNA) er forholdsvis godt bevart i tørkete lakseskjell. En må også ha en genetisk karakteristikk av den rømte oppdrettslaksen (eller også de viktigste oppdrettslinjene), når en genetisk endring skal kobles til innkrysning av rømt oppdrettslaks.

Den genetiske endringen i en villaksbestand som mottar rømt oppdrettslaks, vil fra én generasjon til den neste øke med økende migrasjonsrate og økende genetisk forskjell mellom villaks og oppdrettslaks. På lang sikt kan man forvente at bestander som mottar mye rømt oppdrettslaks blir mer lik denne genetisk, og mindre genetisk forskjellige fra hverandre. På kort sikt er flere utfall mulig, avhengig av den genetiske avstanden mellom lokal villaks og rømt oppdrettslaks, den rømte laksens reproduksjonsevne og den ville bestandens motstandskraft.

*b) Forekomst av oppdrettsavkom i naturen.*

En indikasjon på at det skjer endringer i en vill laksebestand, kan være funn av rene oppdrettsavkom i naturen eller også krysninger mellom rømt oppdrettslaks og vill laks. Det fins statistiske metoder som bruker høyvariable genetiske markører (dvs. at det fins mange varianter av samme markør) til å identifisere eller sannsynliggjøre bestandsstilhørighet til enkeltindivider og grupper av fisk. Andre metoder kan brukes til å beregne bidrag fra ulike bestander til en blanding av to eller flere fiskebestander (ville og/eller oppdrettet), uten å fokusere på opphavet til enkeltfisk.

Før man anvender slike metoder i stor skala, er det nødvendig å beregne teststyrken til slike metoder overfor ulike blandinger av oppdrettsstammer, ville laksestammer, og krysninger mellom oppdrettslaks og villaks.

*c) Modeller for endring av genetisk sammensetning.*

Det pågår arbeid med å utvikle modeller for hvordan den genetiske sammensetningen i elver med ulikt innslag av rømt oppdrettslaks kan endre seg under ulike forutsetninger. Gruppen mener denne typen modeller kan være egnet som verktøy for å vurdere genetiske endringer i ulike bestander basert på andel rømt oppdrettslaks i gytebestandene, men vil også påpeke at det er viktig med validering av slike modeller opp mot data fra andre vassdrag for å unngå at det trekkes konklusjoner på svakt grunnlag. Det er også viktig å videreutvikle slike modeller for å gjøre dem mer realistiske.

### **Om å måle sykdomsmessige effekter på villaksbestandene som følge av rømt laks.**

Gruppen mener at sykdomsrelaterte effekter på ville laksefisk som følge av laksefiskrømminger må måles så direkte som mulig. Indirekte mål vil, særlig hos frittlevende fisk, som regel være usikre fordi resultatene med hensyn på effekt kan være påvirket av en rekke andre faktorer enn de enkeltfaktorer som måles.

For å måle effekt av infeksjøs agens (bakterier, parasitter, sopp, virus) finner gruppen at grunnlaget for å velge egnete metoder er mangelfullt.

I Norge er det knapt gjort systematiske undersøkelser for å kartlegge forekomst av infeksjøs agens hos ville laksefisk. Således blir det svært vanskelig å vurdere om rømt oppdrettsfisk

bidrar til å spre slike agens og enda vanskeligere å vurdere effekten dem. Uansett hvilke agens som eventuelt blir valgt, mener gruppen at infeksjonene må kartlegges direkte på rømt fisk.

Dersom det er ønskelig/nødvendig å komme raskt i gang med en kartlegging og overvåking, forut for en grunnleggende kartlegging av hva som naturlig finnes i ville laksefiskbestander, mener gruppen at det bør fokuseres på Pankreas sykdom (PD) og den marine formen av ørretmarken *Eubothrium crassum*.

På sikt bør det skje en grundig kartlegging av infeksjøs agens knyttet til ville laksefisk. Som ledd i dette arbeidet, vil det være nyttig å bygge opp en biobank for studier av slike agens..(Oppbygging av en biobank er høyst relevant også når det gjelder marine arter.)

### **Om å måle lusespredning som skyldes rømt fisk.**

Når det gjelder spredning av lakselus er det vanskelig å finne brukbare *parametere som eksklusivt måler påvirkningen fra rømt fisk.*

For å måle smittepresset av lakselus fra rømt laksefisk har utvalget vurdert 7 ulike indikatorer og konkluderer med at det er nødvendig å telle lus på rømt fisk direkte. Resultatene bør kobles til lusedata fra den merd eller hele anlegg som fiskene har rømt fra.

Når vi får mer data om luseproduksjonen i oppdrettsanlegg, luseproduksjonen hos rømt oppdrettsfisk og den "interne" luseproduksjonen hos villfiskbestandene i sjø (data fra kontrollbestander), kan eksisterende modeller utvikles til å si noe om de relative bidrag av lus fra de tre kildene. Da kan vi også beregne effekt av lakselus på villfisk der lusene har opprinnelse fra rømt laksefisk.

### **Om marine arter.**

Kapittel 5 gir en statusbeskrivelse og peker på utfordringer vedrørende rømming i marin sektor. Det er i hovedsak fokusert på effekter av rømt torsk.

Det antas at norske forskningsinstitusjoner fortsetter å kartlegge og dokumentere populasjonsstrukturen hos kysttorsk. Gruppen foreslår å etablere et overvåkingsprogram hvor en årlig tar prøver av kysttorsk på utvalgte lokaliteter og sammenligner genetisk struktur i prøvene med "baseline" fra kartleggingsarbeidet. *En signifikant endring i genetisk struktur vil være et mål på negativ effekt av rømt oppdrettsfisk, eller gyting i merd.* Dette forutsetter at en også har data på oppdrettslinjene som brukes i torskeoppdrett, og at den genetiske endringen kan knyttes til avkom av oppdrettstorsk i naturen.

Det er utfordring å finne gode indikatorer på endringer i *økologiske egenskaper* som er viktige for torskens lokale tilpasning og som potensielt kan påvirkes av rømt oppdrettstorsk. *Mulige parametere kan være vekst, vandring, tid for kjønnsmodning, gyteatferd, oppdrift til egg mm.*

Når det gjelder infeksjøs agens, må basisnivå for utvalgte parasitter, bakterier og virus kartlegges og overvåkes systematisk i utvalgte marine bestander.

### **Forslag til spesielle oppfølgende tiltak.**

I kapittel 6 har gruppen kommet med en del forslag til forsøk/tiltak for å bedre kunnskapen om effekter av rømt oppdrettsfisk. Gruppen vil særlig framheve følgende forslag

- a. Utvikling av metoder for å studere hvor stor genetisk endring en laksebestand tåler, før dens tilpasningsdyktighet reduseres signifikant.
- b. Videreutvikling av metoder som viser effekter av rømt oppdrettslaks på laksebestandenes produktivitet.
- c. Utredning når det gjelder konsekvenser av gruppemerking av oppdrettslaks(en rask og enkel metode for å kunne gjenkjenne oppdrettsfisk i naturen).
- d. Etablering av biobank som kan brukes til studier av infeksjøs agens(ønske om biobank for både laksefisk og for marine arter).
- e. Etablering av overvåkingsfiske etter laksefisk i sjø for å finne mengde oppdrettsfisk på rømmen, samt nivå av lakselus og andre infeksjøs agens.
- f. Etablering av metoder slik at en kan påvise mulig overføring av infeksjøs agens fra oppdrettsfisk til villfisk og dernest vurdere om dette forårsaker målbare effekter mht. vekstutvikling. Det synes fornuftig å starte med forsøk for å måle effekt av bendelmark.
- g. Når det gjelder marin fisk, foreslås at en starter med å se på økologiske og genetiske konsekvenser av torskegyting i merd.
- h. Arbeidet med å kartlegge den genetiske strukturen hos kysttorsk må prioriteres og slutføres

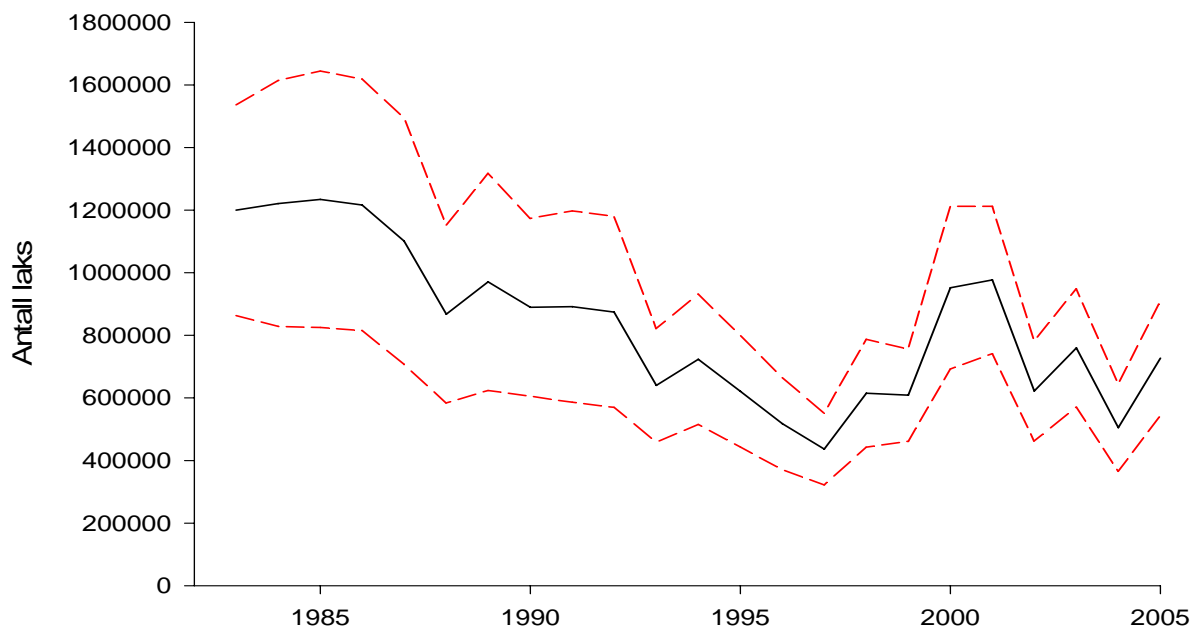
## KAPITTEL 2

### BESTANDSUTVIKLING, RØMMING OG POLITISKE FØRINGER

Dette kapitlet vil gi en summarisk oversikt over bestandsutvikling når det gjelder norsk laksefisk og noen marine arter. Utviklingen av oppdrettsnæringen presenteres sammen med data om rømt oppdrettsfisk. Til slutt er det gitt et resymé av politiske signaler knyttet til rømmingsproblemet.

#### 2.1 Bestandsutvikling for villaks

Det årlige innsiget av villaks til kysten av Norge har fra 1983 til 2005 variert fra litt over en million til 4-500 000 (Fig. 1). Lakseinnsiget var på langt over en million i 1960- og 70-årene, men vi har ikke gode innsigsberegninger for denne perioden. I hele sitt utbredelsesområde gikk laksen sterkt tilbake i 1980- og 1990-årene. Dette var også tilfelle i Norge, men nedgangen var ikke så betydelig som for eksempel i Skottland, Irland og Canada. Mange faktorer kan ha bidratt til denne nedgangen i laksebestandene internasjonalt. Det er gode indisier på at et kaldere havklima generelt har bidratt til økt dødelighet hos laks i store deler av dens marine utbredelsesområde. I Norge har forverrete livsvilkår for laksen i elvene også bidratt til bestandsnedgangen. De viktigste årsakene er sur nedbør, den dødelige lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* og vassdragsreguleringer. Disse tre påvirkningsfaktorene har til sammen redusert smoltproduksjonen med over en tredjedel. Ved årtusenskiftet tok lakseinnsiget seg kraftig opp igjen, men dette ble kortvarig.



**Figur 1. Beregnet innsig av laks til kysten av Norge i perioden 1983-2005.** Linjene angir gjennomsnitt fra simuleringene (svart heltrukket linje), samt øvre og nedre grense for 95 % konfidensintervall fra simuleringene. Fra: Hansen, L.P., Fiske, P., Holm, M., Jensen, A.J., og Sægrov, H. 2006. Bestandsstatus for laks i Norge. Rapport fra arbeidsgruppe. Utredning for DN 2006-3: 48 sider

## Bestandsstatus for norske laksevasdrag

Miljøvernmyndighetene foretar årlig en vurdering av bestandsstatus for laks, sjøaure og sjørøye. Bestandsstatus uttrykkes ved hjelp av et kategorisystem. Kategorisystemet er en inndeling av vassdrag ut fra tilstanden til laksebestanden sett i forhold til skadelig menneskeskapt påvirkning. Kategoriplasseringen baseres på en samlet vurdering av de forhold som har betydning for bestandens eksistens og produksjon. Bare vassdrag som har eller har hatt en selvreproduserende bestand blir kategorisert. Kategoriseringen foretas av DN etter innspill fra Fylkesmennenes miljøvernavdelinger.

I Tabell 1 er rømt oppdrettsfisk ikke tatt med som påvirkningsfaktor. Dette skyldes bl.a. at systemet kun er laget for å gjøre kvantitative vurderinger av bestandens eksistens og produksjon. Rømt oppdrettsfisk er i forsøk dokumentert å kunne ha negativ effekt på lakseproduksjonen. Dette er det foreløpig vanskelig å vurdere i forbindelse med kategoriseringen. Lakselus er avgjørende for kategoriplasseringen av 28 laksebestander på Vestlandet og 2 i Nord-Norge. Kunnskapen om omfanget av lakselus-problemet er imidlertid mangelfull.

Et system for å gjøre kvalitative vurderinger er under utvikling. De kvalitative og kvantitative effektene av rømt oppdrettsfisk vil være størst i små og svekkete bestander. I dag er 142 bestander truet, sårbare eller har betydelig redusert produksjon (Tabell 1). I tillegg er det en generell bestandsnedgang som rammer nesten alle bestandene (Pkt. 2.1.1.). Dette gjør at mange laksebestander i dag er svært sårbare for påvirkning av rømt oppdrettsfisk. Det er liten tvil om at slik påvirkning skjer, selv om omfanget ikke er dokumentert.

**Tabell 1. Kategorisering av vassdrag oppdatert januar 2006.** Tabellen viser antall hele vassdrag som har eller har hatt en selvreproduserende laksebestand. Antall vassdrag er fordelt på fylker og tilstandskategori, og antall vassdrag som er påvirket av de enkelte faktorene (kun påvirkningsfaktorer som er avgjørende for kategori plasseringen). Ett enkelt vassdrag kan ha flere påvirkningsfaktorer som er avgjørende for kategori plasseringen. Fra: Hansen, L.P., Fiske, P., Holm, M., Jensen, A.J., og Sægrov, H. 2006. Bestandsstatus for laks i Norge. Rapport fra arbeidsgruppe. Utredning for DN 2006-3: 48 sider

**Kategori/kode**   **Definisjon**

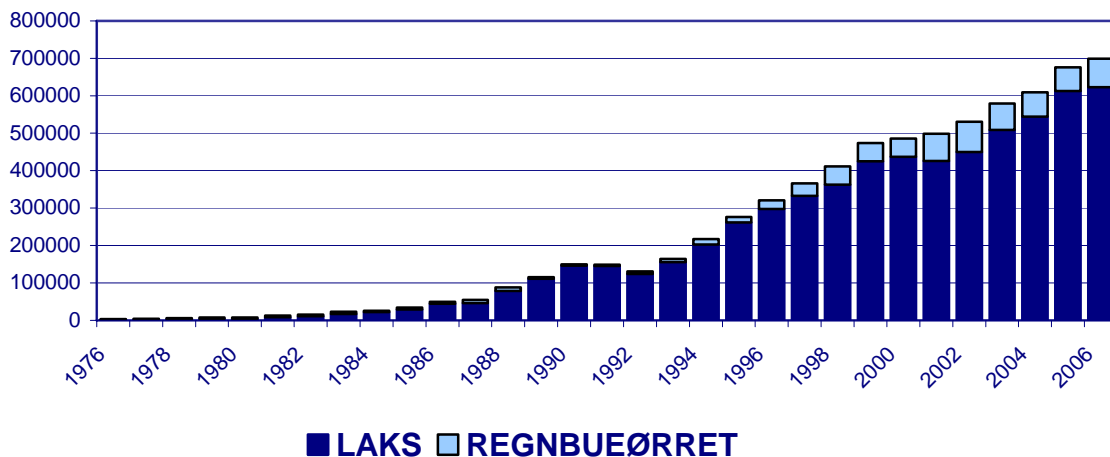
- 1    Tapt bestand
- 2    Truet bestand
- 3a   Sårbar bestand – nær tålegrensen
- 3b   Sårbar bestand – opprettholdes ved tiltak
- 4a   Redusert bestand – gjelder ungfiskproduksjon
- 4b   Redusert bestand – gjelder bare voksenfiskbestand
- 5a   Moderat/lite påvirket bestand – spesielt hensynskrevende
- 5b   Moderat/lite påvirket bestand – ikke spesielt hensynskrevende
- X    Usikker kategori plassering

Fylke	Kategori/kode										Påvirkningsfaktorer avgjørende for kategori plasseringen										
	Antall vassdrag som har eller har hatt bestand av laks	1	2	3a	3b	4a	4b	5a	5b	X	Vassdragsregulering	Andre fysiske inngrep	Forsuring	Jordbruksforurensning	Annen forurensning	Gyrodactylus salaris	Lakselus	Andre fiskesykdommer	Overbeskatning	Ukjent påvirkningsfaktor	Andre forhold
Østfold	2							2			1	1	1	2	2						
Oslo og Akershus	10			8		2					3	7		4	6						
Buskerud	3				2			1								2					
Vestfold	3		2					1			1	1		1	1						
Telemark	3	1				1		1			3										
Aust-Agder	1		1								1										
Vest-Agder	9	3		1	5								8	1							
Rogaland	32	3		3	6	6		11		3	7	1	13	3	2					1	1
Hordaland	23	6	8	2	3	1		3			7		9		2		12			1	
Sogn og Fjordane	31	4	1	2	1	4	4	15			7	1	9			1	16				
Møre og Romsdal	62		9			7		34	12		7	4				8					
Sør-Trøndelag	58	4		2		23	1	22	6		16	13		8	1						1
Nord-Trøndelag	32	4	4	4		2		16	2		9	1				1		1			1
Nordland	99	16	1	5		15	1	51	10		15	5	1	4	2	11	2				5
Troms	36	1	2	5		1		25	2			1				2			2	1	7
Finnmark	42	3	2			1		20	11	5	6	2							5		1
Hele landet	446	45	30	32	17	63	6	202	43	8	83	37	41	22	17	26	30	1	7	3	16

## 2.2 Oppdrett av laks og regnbueørret

For om lag 30 år siden begynte oppdrett av laksefisk å få et visst næringsmessig omfang i Norge. Den første tiden baserte oppdretterne produksjonen på importert regnbueørret, siden begynte en å domestisere norsk villaks, og matfiskproduksjonen ble i stor grad flyttet til sjømerder.

I 2006 var oppdrettsnæringen en av landets viktigste eksportnæringer. Eksporten i 2006 var mer enn 600 000 tonn. Figur 2 viser den svært raske veksten i norsk oppdrettsnæring.



**Figur 2. Norsk oppdrettsproduksjon av laks og regnbueørret i tonn 1976–2006. 1)**

*Kilde: Fiskeridirektoratet.*

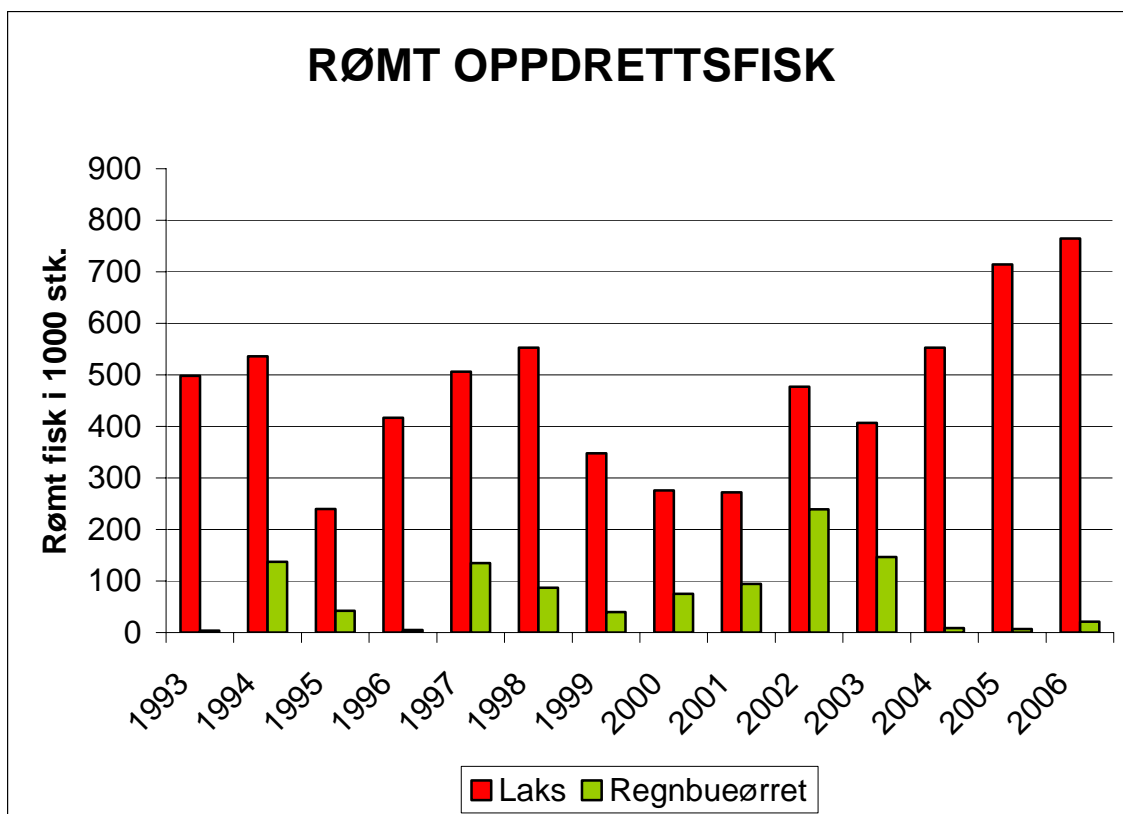
1) Forløpige tall for 2006

Fra 1977 fram til dags dato har oppdrett av laks og regnbueørret vært konsesjonsmessig begrenset som følge av markedsmessige/politiske hensyn.

Norsk fiskeoppdrett er meget avansert mht. teknologi og kunnskap, men i likhet med andre deler av næringslivet, inkludert annen matproduksjon, bruker oppdretterne naturen, og dette kan tidvis forårsake miljøbelastninger.

Figur 3 er basert på oppdretternes innrapportering til fiskerimyndighetene og illustrerer hvor mye laks og regnbueørret som har rømt de siste 14 årene.





**Figur 3 Rapportert rømt laksefisk i Norge 1993 –2006**  
 Kilde: Fiskeridirektoratet)

### 2.3 Overvåking av rømt oppdrettslaks og relatert villaks-overvåking

Den viktigste grunnen til at man igangsatte overvåking av rømt oppdrettslaks var bekymringen for at krysning mellom rømt oppdrettslaks og villaks i elvene ville føre til genetiske endringer i villaksbestandene. Hvor fort slike endringer skjer er bl.a. avhengig av andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden om høsten. Det var derfor av største viktighet å overvåke utviklingen av denne parameteren. I tillegg ønsket man å overvåke forekomsten av rømt oppdrettslaks i sin alminnelighet for å følge utviklingen av rømmingsnivået, og for å korrigere fangststatistikk og bestandsberegninger.

Aktuelle overvåkingsparametere i pågående overvåking kan deles inn i parametere som overvåker forekomsten av rømt oppdrettslaks, og parametere som kan bidra til å registrere deres effekt.

Parametre for å overvåke forekomsten av rømt oppdrettslaks er:

- Antall rømt oppdrettslaks(”rømmingsregisteret”).
- Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden(overvåkingsserie fra 1989).
- Antall rømt oppdrettslaks i gytebestanden(NLV/NLF-programmet som startet i 2006 o.a.).
- Andel rømt oppdrettslaks i sjølaksefiske(overvåkingsserie fra 1989).
- Antall rømt oppdrettslaks i sjølaksefiske(overvåkingsserie fra 1989).

### Parametre som indirekte kan registrere effekter av rømt oppdrettslaks:

- Sjøalderfordeling og vekst hos voksen laks (tusener av skjellprøver samles inn hvert år, enkelte serier er over 30 år).
- Aldersfordeling, vekst og produksjon av ungfisk (mange tidsbegrensede undersøkelser, ca et dusin lange serier på over 20 år som egner seg til formålet).

### **Overvåking av rømt oppdrettslaks**

Siden 1989 har andelen rømt oppdrettslaks blitt registrert i ca 50 elver (fig.4) og på ca 15 lokaliteter i sjøen (noe varierende antall fra år til år) (fig.5). Den rømte fisken har blitt identifisert ved skjellanalyse og ytre morfologiske trekk. I de fleste elvene er det tatt prøver fra sportsfisket om sommeren. I ca halvparten er det tatt prøver i forbindelse med stamfisket om høsten eller det er gjort spesielt prøvefiske. I sjøen tas det prøver av kilenotfangster. De fleste av sjøstasjonene ligger i ytre kyststrøk. De fleste undersøkelsene har blitt utført av Norsk institutt for naturforskning (NINA) på oppdrag fra DN. Fra og med 2005 har undersøkelsene i elvene om høsten blitt finansiert av Fiskeridirektoratet. Andre som er involvert i overvåkingen er Veterinærmedisinsk oppdragsenter (VESO) og Rådgivende Biologer AS.

Overvåkingen av rømt oppdrettslaks og effekter på villaksestandene vil bli utvidet i forbindelse med "Overvåkings- og evalueringsprogrammet for nasjonale laksevassdrag og fjorder". I programmet blir det lagt vekt på å overvåke rømming av fisk fra oppdrettsanlegg og forekomsten av rømt oppdrettsfisk i gytebestandene i utvalgte nasjonale laksevassdrag (NLV) og i referansevassdrag (både andelen og antallet). I tillegg vil man benytte informasjon fra pågående undersøkelser av rømt oppdrettsfisk i sjøen for å få supplerende informasjon om utviklingen av rømmingsnivået på nasjonalt og regionalt plan.

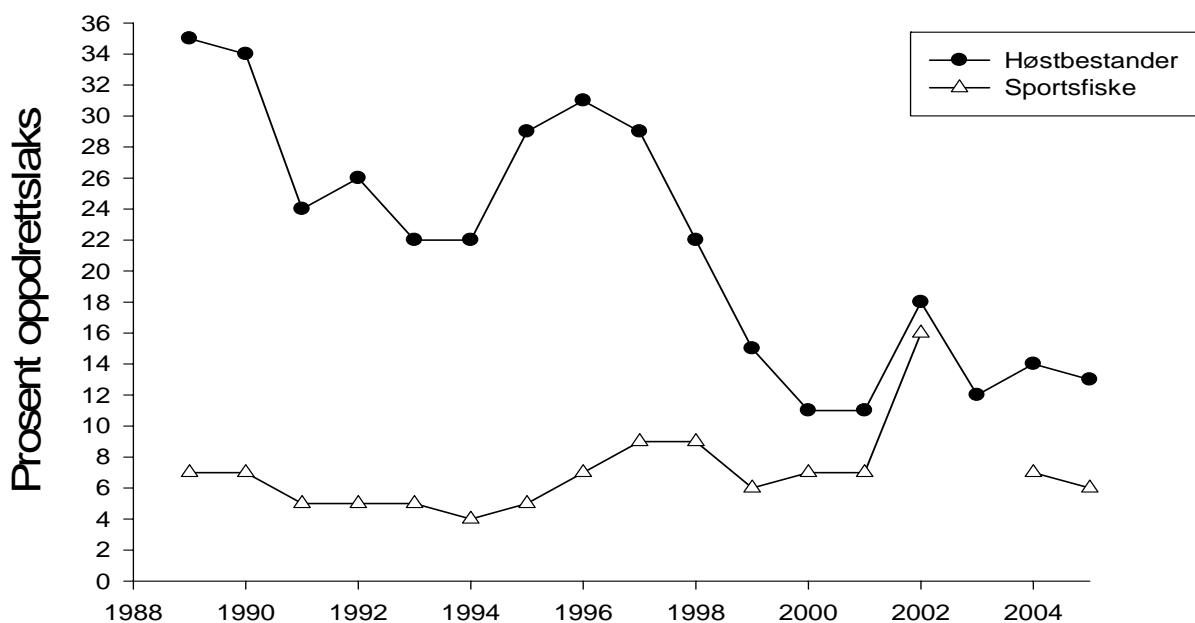
Når det gjelder rømming av fisk fra oppdrettsanlegg vil programmet benytte informasjon fra Fiskeridirektoratets "Rømmingsregister". Når det gjelder andel oppdrettsfisk på gyte plassene vil innsamlingen stort sett foregå med samme metoder som tidligere. I tillegg skal det tas skjellprøver fra fisk i oppdrettsanlegg etter større rømminger, slik at man kan finne ut hvor den rømte oppdrettsfisken kommer fra – eventuelt hvor den ikke kommer fra.

### **Relatert villaks-overvåking**

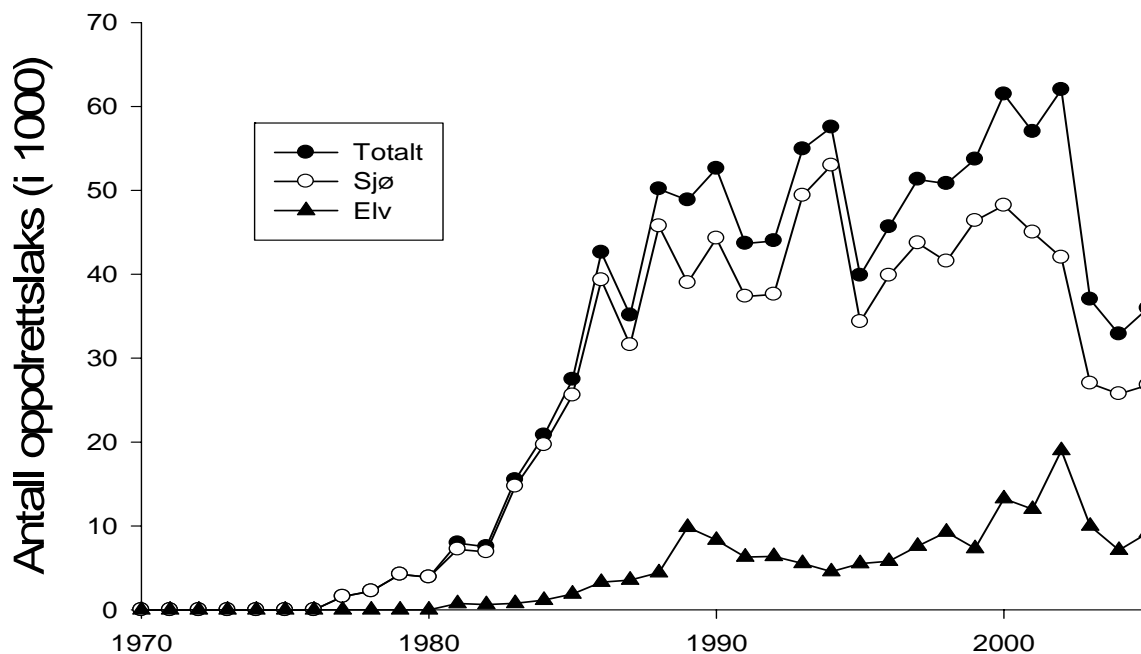
I *Overvåkings- og evalueringsprogrammet for nasjonale laksevassdrag og fjorder* skal antallet rømt oppdrettslaks i gytebestandene finnes ved å kombinere andelen rømt oppdrettslaks med bestandsestimater av vill laks. De senere årene har metodene for å registrere voksen laks i elv utviklet seg slik at det nå er langt bedre muligheter for å estimere bestandsstørrelsen. Verktøyene er: Fisketellere, videokameraer, dykking, kikkert-observasjon fra land og merking/gjenfangst-studier. Det er nå utplassert fisketellere (mange med videokamera) i et stort antall vassdrag (ca 40). I de fleste elvene må bestandsstørrelsen estimeres indirekte ved å estimere beskatningsraten og deretter dividere fangsten med beskatningsraten. Ved å trekke fangsten fra bestandsestimater får man et estimat av gytebestanden. Dette er mulig fordi fangst anses å være dominerende dødsårsak for voksen laks i elv. Det tas sikte på å beregne lakseoppgang, beskatning og gytebestand i så mange nasjonale laksevassdrag som mulig.

Genetisk påvirkning fra rømt oppdrettslaks forventes å medføre forandringer i fenotype og livshistorie, noe som igjen kan medføre redusert lakseproduksjon (se Kap. 3). Den beste muligheten for å registrere dette i pågående overvåking er å utnytte den store informasjonsmengden vi har om sjøaldersfordeling og vekst hos voksen fisk, og aldersfordeling, vekst og produksjon av ungfisk. Det samles inn tusenvis av skjellprøver av voksen fisk hvert år, og enkelte prøvetakingsserier er på over 30 år. I forbindelse med *Overvåkings- og evalueringsprogrammet for nasjonale laksevassdrag og fjorder* vil det bli tatt skjellprøver fra alle nasjonale laksevassdrag (50 foreslåtte vassdrag) og et 20-talls referansevassdrag. Mange av disse har lange skjellprøveserier fra før. Når det gjelder ungfisk har det vært over 100 tidsbegrensede undersøkelser, men det er trolig bare et dusin serier som er over 20 år og som egner seg til formålet.

Det er lite trolig at rømt oppdrettsfisk påvirker bestandsforhold på en karakteristisk måte som kan skilles fra annen påvirkning. Sammenhengen med rømt oppdrettsfisk må vises indirekte på vitenskapelig måte ved å eliminere andre årsaker og påvise sammenfall i rom og tid.



Figur 4. Beregnet prosentandel for innslaget av rømt oppdrettslaks i sportsfiske og i prøvefiske/stamfiske like før gyting om høsten i perioden 1989-2005. I 2003 ble det ikke beregnet prosentandel rømt oppdrettslaks i sportsfiske. Fra: Hansen, L.P., Fiske, P., Holm, M., Jensen, A.J., og Sægvog, H. 2006. Bestandsstatus for laks i Norge. Rapport fra arbeidsgruppe. Utredning for DN 2006-3: 48 sider



Figur 5. Beregnet antall oppdrettslaks i fangstene av laks i perioden 1970-2005.

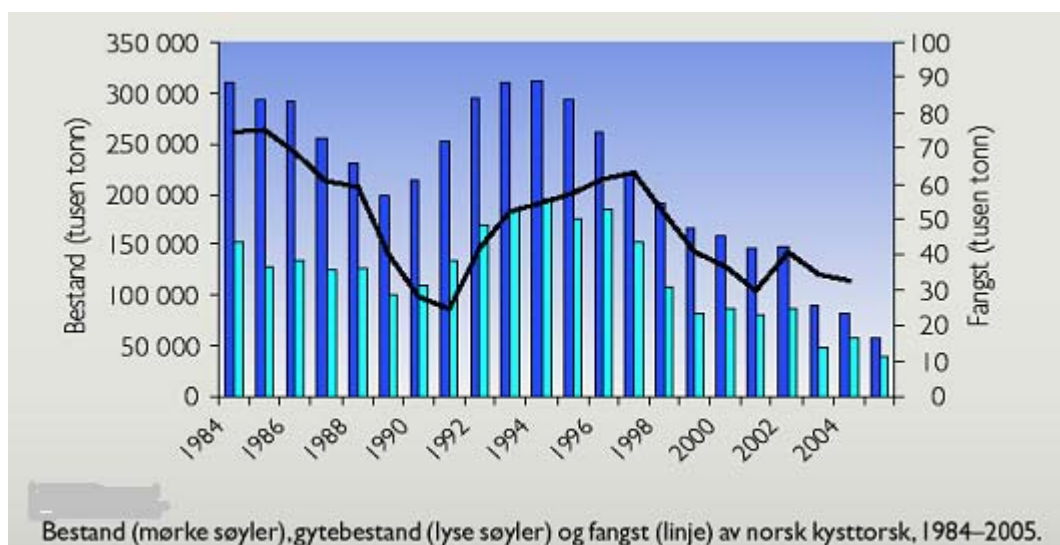
Fra: Hansen, L.P., Fiske, P., Holm, M., Jensen, A.J., og Sægrov, H. 2006. Bestandsstatus for laks i Norge. Rapport fra arbeidsgruppe. Utredning for DN 2006-3: 48 sider

## 2.4 Bestandsutvikling marine arter

Når det gjelder marine arter, har norsk oppdrettsvirksomhet i stor grad dreidd seg om torsk og kveite. Gruppen begrenser seg derfor til å beskrive utviklingen for disse artene.

Villtorsk i norske farvann klassifiseres gjerne som nordøstarktisk torsk, nordsjøtorsk og kysttorsk. Det antas at det primært vil være kysttorskebestandene som kan bli påvirket av rømt torsk.

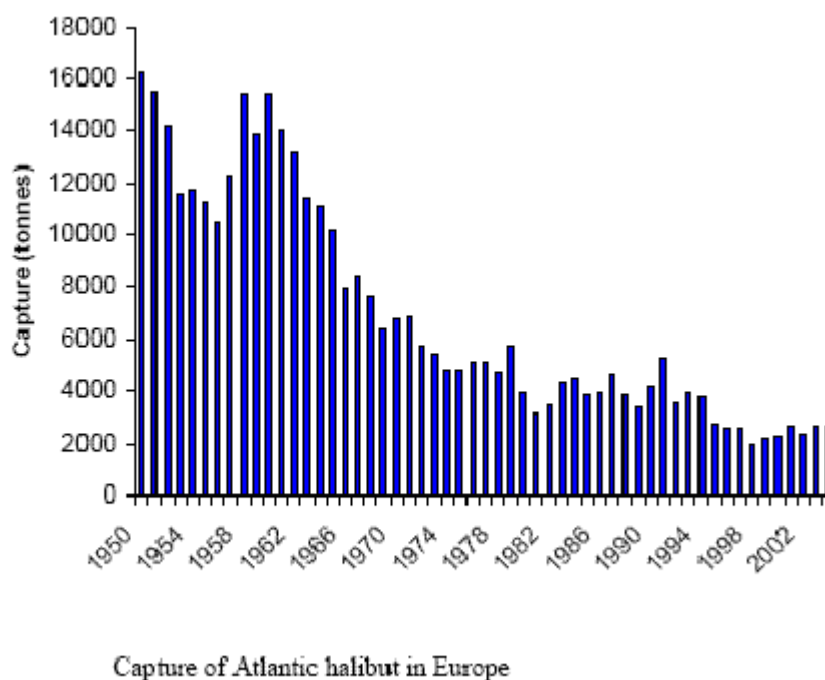
Bestanden av nordøstarktisk torsk er under press på grunn av intensivt fiske, men uttaket er likevel på et bærekraftig nivå. Nordsjøtorskens gytebestand er på et historisk lavmål, og beskatningen er ikke ”innenfor trygge biologiske grenser”. Det samme må sies om kysttorsken, som er oppdelt i mindre populasjoner. Figur 6 viser utviklingen for norsk kysttorsk (nord for 62° N) som preges av en dramatisk bestandsnedgang.



**Figur 6. Fangst og bestandsutvikling for norsk kysttorsk.**

Kilde: Havforskningsinstituttet(HI), *Kyst og havbruk 2006*.

Forekomst av **kveite** i europeiske farvann er blitt sterkt redusert de siste 50-60 årene. Figur 7 viser nedgangen i fangstmengde, og bestanden antas å være tilsvarende sterkt redusert. I 2004 tok norske fiskere ca. 1000 tonn kveite av en totalfangst på omlag 2000 tonn.



**Figur 7. Fangstutvikling for atlantisk kveite i europeiske farvann..**

Kilde: HI (Figuren er hentet fra <http://genimpact.imr.no>)

## **2.5 Oppdrett av marine fiskearter**

Den økonomiske suksessen i laksenæringen og innføring av en konsesjonsordning som begrenset adgangen til oppdrett av laksefisk, har ført til at mange i Kyst-Norge satset på oppdrett av marine arter.

Enkelte steder i landet har det vært lang tradisjon for å føre villfisk i merd for å bevare kvalitet og øke vekt. Overgangen til marint oppdrett var derfor ikke stor, og i første fase ble denne typen oppdrett mest basert på villfanget småfisk

På 1980-tallet utviklet norske forskere en metode for **kunstig yngelproduksjon av torsk**, og fiskerimyndighetene utstedte oppdrettstillatelser til søkere som tilfredstilte visse basiskrav. En del aktører fikk også konsesjon for oppdrett av sei, makrell m.v., men dette var stort sett fiskere som ønsket å føre opp villfanget fisk.

Noen år senere klarte en å produsere kunstig klekket piggvar- og kveiteyngel, og mange så for seg en ny økonomisk suksesshistorie. Utviklingen ble en annen, og oppdrett av marine arter stagnerte på 1990-tallet. Biologiske flaskehalsar viste seg å være betydelige og ble de viktigste produksjonsbegrensende faktorene. Lav lønnsomhet var også en grunn til stagnasjonen.

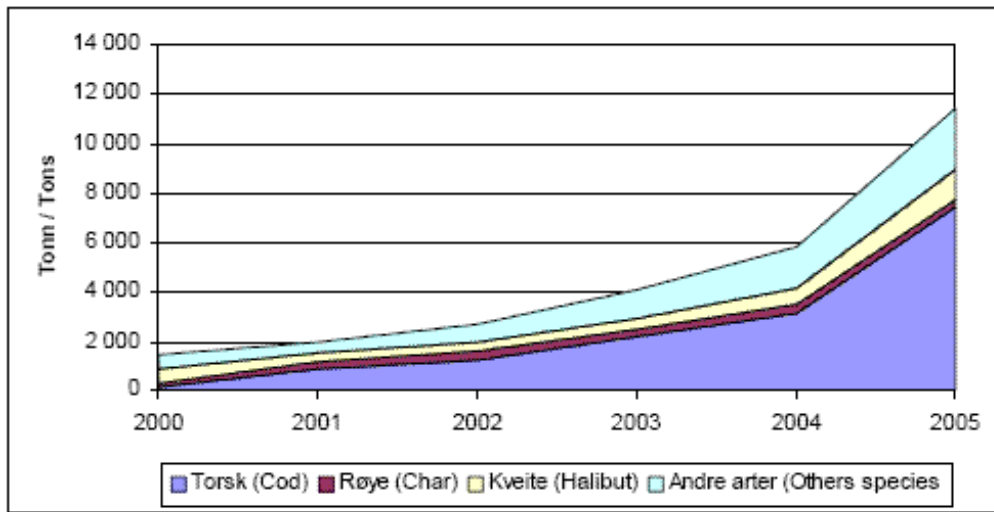
Først de siste 3-4 årene har norske oppdrettere klart å etablere en stabil produksjon av torskeyngel. Når mange i tillegg fikk økt tilgang på kapital, førte dette til en betydelig økning i matfiskproduksjonen. I 2006 passerte torskoppdrett basert på klekket yngel 10 000 tonn, dvs. omtrent samme nivå som lakseoppdrett tidlig på 1980-tallet.

**Kveite** er meget godt betalt matfisk, og oppdrettsproduksjonen av denne arten hadde trolig vært langt høyere, dersom en hadde hatt kontroll med biologiske nøkkelfaktorer (se kap. 5).

Noen har funnet det interessant å drive oppdrett av arter som steinbit og lysing, men slikt oppdrett er ennå på et forsøksstadium.

Figur 8 viser hvor mye det er produsert av marine arter i norske matfiskanlegg.

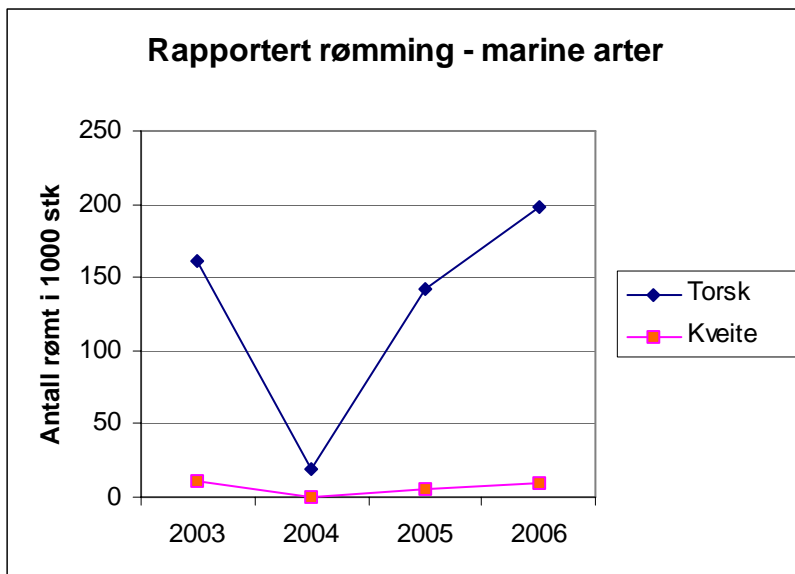
Solgt mengde av andre fiskearter enn laks og ørret 2000 - 2005



**Figur 8. Produksjon av marin oppdrettsfisk i Norge.**

Kilde: Fiskeridirektoratet

Fiskerimyndighetene begynte seint å samle inn data om rømming fra marine anlegg, og det finnes kun landsdekkende tall fra 2003. Figur 9 illustrerer at det er relativt mye torsk som har rømt de siste årene.



**Figur 9. Rapportert rømt torsk og kveite etter 2003.**

Kilde: Fiskeridirektoratet.

## 2.6 Overvåking av rømt marin oppdrettsfisk

- Antall rømte marine oppdrettsfisk rapporteres og registreres i Fiskeridirektoratets rømmingsregister.

- Det finnes ikke systematisk rapportering vedrørende rømt fisk som tas av fritids- og yrkesfiskere, Pr. dags dato vil det være vanskelig å skille marin oppdrettsfisk og villfisk etter ytre kjennetegn.
- Det finnes ikke noe overvåkingsprogram for å følge andel rømt oppdrettsfisk i gytebestandene.
- Det er ikke satt i gang systematisk overvåkingsfiske i sjø for å identifisere rømt marin fisk.

Havforskningsinstituttet har som oppgave å overvåke marine bestander i norsk økonomisk sone.

For flere av kystbestandene, som kysttorsk, har en manglende kunnskap for å kunne forutsi effekten av rømt oppdrettsfisk.. Fiske på kysttorsk er et viktig grunnlag for bosetningen langs kysten, og så langt har fisket vært helårlig. Ettersom kysttorsken er relativt stasjonær og fiskeintensiteten stor, er fangstbelastningen betydelig.

Utviklingen i kysttorskbestandene har vært så negativ at Det internasjonale råd for havforskning, ICES), gjentatte ganger har anbefalt totalfredning. Det er sannsynligvis at det er disse bestandene som vil være mest utsatt for uheldig genetisk påvirkning fra rømt oppdrettstorsk i fremtiden.

Foreløpige data tyder også på at det er flere, genetisk sett ulike stammer, som gyter langs kysten. Det er et pågående arbeid med å kartlegge den genetiske strukturen til kysttorsk som er planlagt ferdigstilt i løpet av 2007.

Det synes nødvendig å innhente tilsvarende kunnskap for andre arter som skal inn i oppdrett (f.eks. kveite) eller utsettes på havbeite (hummer og kamskjell).

Det er igangsatt målrettet forskningsinnsats for å avklare eventuelle langtidseffekter av havbeite med hummer på sammensetning av områdets fauna og hummerbestandens genetiske struktur. For kamskjell skal det utvikles genetiske analyser for fremtidige studier. Pågående forskning på sykdomsoverføring mellom fisk-skjell-fisk er meget relevant for utvikling av modeller for sykdomskontroll i havbeite. Videre er det startet undersøkelser for å avklare hvordan inngjerdet havbeite med kamskjell påvirker bunnfaunaen.

## **2.7 Politiske og forvaltningsmessige føringer mht. vern av vill laksefisk.**

### **Miljøverndepartementet.**

I innledningen til St.prp. nr. 79 (2001-2002) Om opprettelse av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder står det:

”De siste ti årene har den norske villaksen omfattet ca en fjerdedel av den samlede forekomsten av atlantisk laks. Norge har også et meget stort antall laksebestander som bidrar til variasjon og mangfold innen arten.

Norge har på denne bakgrunn et særlig internasjonalt ansvar for å bevare bestandene av atlantisk laks. Villaksen representerer også store nasjonale verdier, både som næringsgrunnlag



i distriktene, som genetisk ressurs for oppdrettsnæringen, som kilde til rekreasjon og naturopplevelse og som et viktig element i samisk kultur.”

Fra s. 70 i samme proposisjon:

”Ansvaret for overvåkingen vil ligge hos den enkelte sektormyndighet. Miljøvernmyndighetene vil ha ansvaret for å overvåke bestandene i samarbeid med rettighetshaverne. Fiskerimyndighetenes vil ha ansvaret for å overvåke rømmingssituasjonen og for å skaffe tilstrekkelig kunnskap om effektene av tiltak mot rømminger. Veterinærmyndighetene vil ha hovedansvaret for å overvåke sykdomssituasjonen og for å kartlegge effekter av tiltak mot lakselus og annen sykdom. Vassdragmyndighetene vil ha ansvaret for å overvåke utviklingen i vassdragene. Overvåkningsprogrammet vil bli samordnet av miljøvernmyndighetene.”

Det ble forutsatt en ordning med nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. Denne skal omfatte om lag tre fjerdedeler av de norske villaksressursene. (Dvs. ca. 50 vassdrag med tilhørende fjordområder når ordningen ferdigstilles.) Ordningen skal primært rettes mot store og tallrike bestander med høy produktivitet, storlaksbestander og bestander med særskilt genetisk karakter. God geografisk fordeling må tilstrebes.

Etablering av en verneordning skal skje i to omganger. I St.prp. nr. 79 ble det foreslått å opprette 37 nasjonale laksevassdrag og 21 nasjonale laksefjorder. I de nasjonale laksevassdragene vil det ikke være tillatt med nye tiltak og aktiviteter til skade for villaksen.

I laksefjordene skal det ikke etableres ytterligere matfiskoppdrett for laksefisk, og eksisterende virksomhet vil bli underlagt særskilte regler for rømmingssikring og helsekontroll.

De nasjonale laksevassdragene og laksefjordene skal være permanente. Ny kunnskap, ny teknologi og nye generelle rammebetingelser kan imidlertid føre til endringer i regelverket for forvaltningen av områdene. Ordningen forutsettes evaluert når det er mulig å vurdere de konkrete effektene.

Stortinget sluttet seg senere til disse konklusjonene, og i februar 2003 ble det gjort vedtak om å etablere 37 nasjonale laksevassdrag og 21 nasjonale laksefjorder. Det ble vedtatt at ordningen skulle evalueres, når det er mulig å vurdere de konkrete effektene, og senest ti år etter at den er opprettet. Det ble bestemt at det skulle etableres et overvåkingsprogram for å få tilstrekkelig kunnskap om bestandene og de faktorene som påvirker dem.

Stortinget ba også Fiskeridepartementet om å vurdere merking av all oppdrettslaks, slik at sikker identifikasjon er mulig uansett omstendighetene rundt rømmingen.<sup>1)</sup>

I desember 2006 fremmet Miljøverndepartementet en proposisjon der det foreslås vern av 15 nye nasjonale laksevassdrag og 8 nye laksefjorder. (St.prp. nr. 32 (2006–2007)). I vedlegg 1 er det gitt en oversikt over hvilke vassdrag som er vernet/foreslått vernet.

---

<sup>1</sup> Anmodningen ble senere fulgt opp med en utredning (av ”Merkeutvalget”) og kommentert i St.prp. nr. 32.

I proposisjonen ble det gitt en del merknader som er relevante i forhold til gruppens arbeid:

- Regjeringen har som mål å bevare og gjenoppbygge laksebestander av en størrelse og sammensetning som sikrer mangfold innen arten og utnytter dens produksjonsmuligheter. Laksens leveområder skal forvaltes slik at naturens mangfold og produktivitet bevares, og trusselfaktorer skal identifiseres og fjernes. Der dette ikke er mulig, skal trusselfaktorenes virkning på laksebestandenes produksjon, størrelse og sammensetning motvirkes eller oppheves gjennom tiltak. Påvirkninger som truer laksens genetiske mangfold skal reduseres til ikke-skadelige nivå innen 2010.(s.27)
- Det er bred enighet om at rømmingssituasjonen ikke er tilfredsstillende, og at observerte innslag av rømt oppdrettsfisk i en rekke norske vassdrag er urovekkende høye. Det er derfor satt i gang et arbeid for å etablere «sårbarhetsindikatorer» eller grenseverdier for innslag av rømt oppdrettsfisk. I utviklingen av slike indikatorer skal en blant annet ta hensyn til nivå på påvirkningen og over hvor lang tid dette foregår sett i forhold til ulike typer bestander med ulike bestandskarakterer. Slike bestandskarakterer kan for eksempel være naturlig fåtallige eller tallrike bestander, små og storlaksstammer.”(s. 21)

### **Internasjonale avtaler**

Konvensjonen om bevaring av laks i det nordlige Atlanterhav forvaltes av Den nordatlantiske organisasjonen for bevaring av villaksen, **NASCO**, og omfatter alle land som har atlantisk laks.

Medlemslandene er enige om å legge til grunn en føre-var-tilnærming i lakseforvaltningen og lage nasjonale planer for oppfølging av NASCO's vedtak. I denne sammenheng er **Williamsburg resolusjonen** (*To Minimise Impacts from Aquaculture, Introductions and Transfers, and Transgenics on the Wild Salmon Stocks*) et viktig element(se vedlegg 5).

**Direktoratet for naturforvaltning (DN)** er et direktorat under Miljøverndepartementet. DN har det faglige ansvaret for forvaltning av natur i Norge herunder forvaltning av villaks. Overvåkings- og evaluerings-programmet for nasjonale laksevassdrag (NLV) og -fjorder (NLF) koordineres av DN.

**Norsk institutt for naturforskning, NINA**, er en frittstående stiftelse som bl.a. driver forvaltningsrettet lakseforskning og er hovedleverandør på dette området.

### **Fiskeri- og kystdepartementet – ansvarlig i forhold til rømt fisk.**

I St.prp. nr. 1 (2006-2007) fra Fiskeri- og kystdepartementet er det slått fast at:

”Det skal arbeides for å sikre bedre statistikkgrunnlag og mer pålitelige rømmingstall. Mengde og vandring av rømt oppdrettslaks og regnbueørret i ulike soner vil også bli kartlagt for å utvikle funksjonelle overvåkingsrutiner som grunnlag for forvaltningsråd.

Rømmingssituasjonen skal overvåkes, og det vil bli arbeidet med å framskaffe mer kunnskap om effektene av tiltak mot rømminger.

Det skal generelt legges større vekt på prioritering av miljøhensyn og fiskevelferd i akvakulturforskningen. Dette inkluderer både effekter av oppdrettsaktivitetene på det omkringliggende miljø, helse, sykdommer, smittespredning og velferd hos oppdrettsorganismer.”

I 2006 etablerte departementet en **Rømmingskommisjon** som skal:

- Initiere undersøkelser for å opplyse årsaken til alvorlige rømminger og anleggshavari.
- Arbeide systematisk for å redusere risiko for rømminger og havarier:
  - ved å belyse og informere om sitt arbeid
  - ved å foreslå endringer i standarder, regelverk og andre former for rammebetingelser.

**Mattilsynet** har fått ansvaret for forvaltningen etter Forskrift om forebygging, begrensning og utrydding av sykdommer hos akvatiske organismer. Tilsynet har m.a.o. ansvar for arbeidet med å overvåke og bekjempe parasitter og andre fiskesykdommer i oppdrett og i naturen.

**Veterinærinstituttet** er myndighetenes forskningsbaserte kompetansesenter innen fiskehelse og hovedleverandør av kunnskapsbasert forvaltningsstøtte på dette området.

**Havforskningsinstituttets** hovedoppgave er å forske for å kunne gi råd til offentlige myndigheter om akvakultur, forvaltningen av marine bestander og marine økosystemer.

I Fiskeri- og kystdepartementets tildelingsbrev for 2007 blir Havforskningsinstituttet bedt om å ”prioritere og styrke sin akvakulturforskning rettet mot forvaltningens kunnskapsbehov. Særlige viktige problemstillinger er økologisk og genetisk påvirkning fra rømt fisk, spredning av lakselus, miljøeffekter av havbruk, lokalisering av oppdrettsanlegg og fiskevelferd, -----”

**Fiskeridirektoratet** er gitt ansvaret for å overvåke etablering og drift av oppdrettsanlegg og oppfølging når fisk rømmer.

Når det gjelder drift, skal regionkontorene sjekke at virksomheten oppfyller:

- Kravene i Akvakulturdriftsforskriften (til forsvarlig drift, beredskap, kompetanse, merking, rømmingsoppdagning, varsling, gjenfangst, rapportering).
- Utføre revisjoner i henhold til IK-akvakultur.
- Foreta tekniske kontroller.
- Sjekke at kravene i NYTEK-forskriften, NS9415 oppfylles. Rykke ut ved konkrete rømmingsepisoder, og vurdere forsvarlighet / eventuell anmeldelse.

Fiskeridirektoratet laget våren 2006 en omfattende tiltaksplan mot rømt oppdrettsfisk som har fått navnet «Visjon nullflukt». Tiltakene skal gjennomføres over en periode på to år.

De fem fokusområdene i planen er:

- Bedre regelverk.
- Bedre forvaltningsverktøy.
- Økt og bedre innsats innenfor kontroll og beredskap.
- Bedre kommunikasjon og samhandling med andre offentlige etater.
- Bedre kommunikasjon og samhandling med næringsaktører.

*Denne utredningen inngår som en del i denne tiltaksplanen.*

Rapportering mv. ved rømming.

Ved kjennskap til eller mistanke om at fisk har rømt, skal det straks meldes fra til Fiskeridirektoratets regionkontor. Det er straffbart å overtre denne plikten.

Oppdretter skal rapportere skriftlig via e-post eller faks. (Se skjema i vedlegg 3)

Av skjemaet går det fram at det kreves detaljerte opplysninger om hendelsen; om tidspunkt, art, antall og størrelse på fisken osv.

Fiskeridirektoratets regionkontor foretar i de fleste tilfellene en inspeksjon til de aktuelle anleggene.

Fiskeridirektoratet legger ut rømmingsstatistikk på sin internettside: <http://www.fiskeridir.no/>

## KAPITTEL 3

# GENETISK OG ØKOLOGISK PÅVIRKNING AV VILL LAKSEFISK SOM FØLGE AV RØMT OPPDRETTLAKS

### 3.1 Genetisk variasjon hos villaks og oppdrettlaks

Ville laksebestander er arvemessig (genetisk) forskjellige. De største forskjellene finner vi mellom laks fra Nord-Amerika og Europa, dernest mellom laks fra Østersjøen og atlantehavskysten av Europa. Vi finner mindre, men fortsatt statistisk signifikante, genetiske forskjeller mellom laks fra ulike vassdrag i Norge (Ståhl, 1987; Skaala et al. 1998; Rengmark et al. 2006). I de større vassdragene er det også genetiske forskjeller mellom laks fra ulike steder innen vassdraget (Ståhl & Hindar, 1988). Disse genetiske forskjellene er forholdsvis stabile over tid; dvs. at de lokale forskjellene er større enn variasjonen over tid i samme bestand. Både studier av genetisk variasjon i genprodukter (ofte enzymer) og studier i selve arvematerialet (DNA), viser dette. Tolkningen av de genetiske resultatene er at genstrømmen mellom naturlige laksebestander er begrenset. Dette støttes av merkeforsøk, som viser at kun noen få prosent av laksen feilvandrer på vei tilbake til gyteplassen i ferskvann (Stabell, 1984).

Noen av de genetiske forskjellene reflekterer tilpasning til ulikt miljø i de ulike vassdragene (Taylor, 1991). Ett eksempel er kroppsstørrelse ved kjønnsmodning som ser ut til å være tilpasset et vassdrags størrelse (Jonsson et al. 1991). Et annet eksempel er forskjellene mellom norske laksestammer og noen stammer av østersjølaks i mottagelighet overfor *Gyrodactylus salaris* og vibriose. Et tredje eksempel er tidspunkt for viktige hendelser i livssyklus, som gyting og vandring til og fra elvene. Vi vet lite om selve genene som er viktige for laksens tilpasninger. Men i alle de egenskapene der en har testet om stammeforskjellene er betinget av arv eller miljø, har svaret vært «begge deler». Det gjør at vi som utgangspunkt skal forvente at en lokal laksestamme har genetiske tilpasninger som gjør den bedre egnet til sitt miljø enn andre stammer.

Oppdrettlaks er i utgangspunktet hentet fra rundt 40 norske laksestammer, og er nå selektert i 7-8 generasjoner for tilpasning til et liv i oppdrett (GjØen & Bentsen 1997). Oppdrettlaksen blir derfor mer og mer genetisk forskjellig fra vill laks. Midt på 1980-tallet ble det gjort en vurdering av hvilke villaksstammer som dominerte i oppdrettsstammene. Namsenlaks utgjorde da mer enn 70% av arvematerialet i én av de fire oppdrettsstammene i NLA-systemet (Norsk LakseAvl), mens Gaula og Nidelva utgjorde rundt 90% av arvematerialet i en annen (Gjedrem et al. 1991). Genetiske sammenlikninger mellom vill Namsenlaks og dagens oppdrettlaks viser at det har skjedd genetiske endringer hos oppdrettlaksen, både i enkeltgener og i egenskaper som vi tror er viktige for laks i naturen. Blant annet er det dokumentert tap av genvarianter hos oppdrettlaks i forhold til vill laks, betydelige endringer i frekvensen av andre genvarianter, og endringer i vekst- og atferdsegenskaper (Fleming & Einum 1997; Mjølnerød et al. 1997; Skaala et al. 2004, 2005).

De ulike oppdrettsstammene har vært isolert fra hverandre i flere generasjoner, og utviser i dag større genetiske forskjeller seg imellom, enn det er vanlig å finne mellom villaksstammer i genetiske markører (Skaala et al. 2004, 2005). Dette gjør det mulig – i hvert fall i noen situasjoner – å kjenne igjen rømt laks og deres avkom med molekylære metoder. I en studie av genuttrykk med mikromatriser av vill og oppdrettet laks fra Canada og Norge (Roberge et al. 2006), er det vist at det skjer parallelle endringer i genuttrykk mellom villaks og oppdrettlaks i avlsprogrammer i de to landene.

Fra og med høsten 2005 er flere av de ulike oppdrettsstammene slått sammen til én avlspopulasjon.

### **3.2 Den rømte oppdrettslaksens atferd**

Atferden og levedyktigheten til rømt laks i naturen ser ut til å være avhengig av når i livssyklus de rømmer (Hansen et al., 1987; Hansen, 2006). De som rømmer på forsommeren, ser ut til å utføre de samme vandringene som villaksen til oppvekstområdene i Nord-Atlanteren. Når de blir kjønnsmodne, «hjemvandrer» de til det området de rømte fra, men derfra er de hjemløse. Lokaliseringen av rømningslokaliteten i forhold til avstanden til både åpent hav og fjorder har sannsynligvis betydning for i hvilken grad de vandrer opp i elver i samme regionen som rømningsstedet, eller om de deretter spres over store geografiske områder. Rømt oppdrettslaks går ofte opp i elvene betydelig senere enn det villaksen gjør.

Laks som rømmer senhøstes og midtvinters ser ut til å ha langt dårligere overlevelse og ser også ut til å ha mistet evnen til å orientere seg. De som søker tilbake til ferskvann kan godt gjøre det inntil 1000 km fra rømningsstedet. Det betyr at vi knapt kan regne et eneste norsk vassdrag som fritt for rømt oppdrettslaks.

Rømt laks er i stand til å gyte i naturen og å etterlate seg avkom (Lura & Sægrov 1991). Rømt laks har tildels betydelig dårligere gytesuksess enn vill laks. Dette gjelder spesielt for hannene og spesielt for fisk som rømmer sent i livssyklus (Fleming et al. 1996, 1997). Sannsynligvis avtar gytesuksessen også med antall generasjoner i oppdrett. Reduksjonen i gytesuksess er ennå ikke større enn at i elver med stort innslag av rømt oppdrettslaks, vil en betydelig andel av laksungene være avkom av oppdrettslaks (først og fremst krysningsavkom av ville hanner og oppdrettshunner). Dette er vist både i kontrollerte bassengforsøk og i utsettingsforsøk med genetisk merket oppdrettslaks i naturen (Fleming et al. 2000).

Avkom av oppdrettslaks er mer aggressive enn avkom av villaks, har tildels høyere veksthastighet, og er mer villige til å ta risiko (Einum & Fleming, 1997; Fleming & Einum, 1997). Den høyere veksthastigheten (som de er selektert for i oppdrett) tar de med seg til naturen, der både norske og irske eksperimenter har vist at oppdrettsavkom og krysningsavkom vokser raskere enn villaksunger. Dette betyr at avkom av oppdrettslaks og krysningsavkom i deler av livet i elva kan fortrenge villaksavkom, selv om de kan være utsatt for høyere naturlig dødelighet.

### **3.3 Effekter av rømt oppdrettslaks i naturen**

To eksperimenter er utført som kvantifiserer effekten av rømt oppdrettslaks i naturlige elvesystem. I det ene eksperimentet, utført i elva Imsa i Rogaland, ble vill laks og oppdrettslaks sammenliknet fra utsetting som gyteklare individer til avkommet ( $F_1$ -generasjonen) ble gjenfanget i elva én generasjon senere (Fleming et al., 2000). I det andre eksperimentet, utført i Burrishoole i Irland, ble både  $F_1$ -generasjonen og  $F_2$ -generasjonen (dvs. andre generasjons krysninger, og tilbakekrysninger til hhv oppdrettslaks og vill laks) sammenliknet fra utplanting som øyerogn til de kom tilbake som voksne.

### *Imsa-eksperimentet*

Et eksperiment som kan sammenlikne oppdretts- og villaksavkom gjennom hele livssyklus i naturen, er gjennomført i Imsa i Rogaland (Fleming et al., 2000). I dette eksperimentet, som startet med utsetting ovenfor en fiskefelle av kjønnsmoden Imsalaks og oppdrettslaks, ble oppdrettslaksens reproduksjonssuksess målt til ca 16% av villaksens. Flaskehalsen for oppdrettslaksen så ut til å være under selve gytingen og i de tidligste yngelstadiene. Senere ble det ikke påvist signifikante forskjeller i overlevelse til tross for forskjeller i livshistorie. Oppdrettslaksavkom og krysninger hadde raskere veksthastighet enn villfisken som parr i første leveår, og en lavere alder ved smoltifisering. I sjøfasen var det ikke forskjell i livshistorie (men antallet fisk var lavt).

Et annet resultat fra Imsa-eksperimentet var lav smoltproduksjon, til tross for at elva ikke hadde hatt gyting de siste to årene før eksperimentet. Dette skulle tilsi svært lav konkurranse fra eldre laksunger, noe som erfaringsmessig gir høy overlevelse og høy smoltproduksjon. Likevel var smoltproduksjonen ca 30% lavere enn det en skulle forvente ut fra en 'stock-recruitment'-modell for Imsa (Jonsson et al., 1998). Det lave smolttallet gjaldt også for rene Imsalaksavkom, og ser ut til å skyldes negative interaksjoner mellom oppdretts- og villfisk, i tillegg til at oppdrettslaksen produserte dårligere enn villfisken.

### *Burrishoole-eksperimentet*

Første- og andregenerasjons avkom av vill laks og oppdrettslaks ble studert ved sammenlikning av tre årsklasser som ble satt ut som øyerogn ovenfor en fiskefelle i Burrishoole-systemet i Irland. Flere familier av hver av syv grupper av fisk ble studert: lokal villaks (1993-, 1994- og 1998-årsklassene), norsk oppdrettslaks (samme årsklasser), førstegenerasjonshybrid mellom vill- og oppdrettslaks (i begge retninger, 1993-94), tilbakekrysning mellom førstegenerasjonshybrid og villaks (1998), tilbakekrysning mellom førstegenerasjonshybrid og oppdrettslaks (1998), og andregenerasjonshybrid (1998). Alle krysningene ble laget eksperimentelt og gruppene identifisert ved DNA-profiler (McGinnity et al. 2003).

Hovedresultatet var at alle gruppene som var avkom av oppdrettslaks og "hybrider" (F<sub>1</sub> og F<sub>2</sub> hybrider, samt BC<sub>1</sub> tilbakekrysninger) hadde redusert overlevelse i naturen, men de vokste raskere enn villaks og fortrenget disse i deler av ungestadiet. Målt i forhold til lokal villaks, varierte overlevelsen fra egg til voksne fra 2% hos rene oppdrettsavkom til 89% hos BC<sub>1</sub> tilbakekrysning til vill, med de andre gruppene mellom disse (Tabell 1). Villaksavkom ble fortrenget ut av studieområdet i større grad enn de andre gruppene, og ville – dersom de ikke hadde funnet leveområder nedenfor – fått betydelig redusert overlevelse. Oppdrettsavkom og krysninger kom tilbake til elva ved en høyere sjøalder enn villaks. Deres økte eggantall (som følge av større kroppsstørrelse) kompenserte ikke for redusert overlevelse. I andregenerasjonshybridene var det en økt dødelighet på eggstadiet (i klekkeriet) som ble forklart som et tegn på utavlsdepresjon. Konklusjonen var at interaksjonene mellom oppdretts- og villaks resulterte i redusert overlevelse for den ville bestanden og at denne reduksjonen var kumulativ over generasjoner.

### *Forsøk i Guddalselva*

Siden det bare er gjennomført to eksperimenter som kvantifiserer effekten av rømt laks i en naturlig elv, ble prosjektet *Survival, growth and disease resistance in farmed and wild salmon and hybrids* initiert i Guddalselva, Hardangerfjorden i 2003. Formålet med prosjektet er å sammenligne overlevelse, ernæring, tilvekst og smoltproduksjon hos avkom av villaks og oppdrettslaks og hybrider mellom disse, og slik bidra til et bedre grunnlag for å generalisere kunnskap om effektene av rømt oppdrettsfisk. Et materiale bestående av 200.000 laks fra 69

familier med kjente DNA profiler ble utplantet som øyerogn ovenfor smoltfellen i Guddalselva over tre årsklasser. All smolten fra 2005 og 2006 årsklassene er genotypet og identifisert ved 4 DNA mikrosatellitt markører, og i løpet av 2007 vil resultatene med hensyn på sammenligning av grupper og familier for første kohort foreligge.

#### *Molekylærgenetiske endringer*

Kunnskap om sjeldne genvarianter i enzymkodende gener er brukt til å vise gyting av oppdrettsfisk i en nord-irsk elv (Crozier 1993, 2000). I to irske vassdrag brukte Clifford et al. (1998a) mitokondrieDNA til å vise at rømt oppdrettslaks etterlot seg avkom. De fant høyt variable resultater innenfor hver elv, med innslag av mtDNA-mønster fra oppdrettshunner inntil 70% i noen lokaliteter til 0% i andre. Med kjerneDNA-markører (som nedarves av begge kjønn, i motsetning til mtDNA som nedarves kun via hunner) viste de at det også fantes avkom av oppdrettshanner i begge elver. De hadde både gytt med oppdrettshunner og ville hunner. I et annet studie viste Clifford et al. (1998b) at oppdrettslaks som rømte til en elv på ungestadiet, gjennomførte livssyklus i naturen og returnerte til elva for å gyte.

I norske elver har Skaala et al. (2006) brukt såkalte DNA-mikrosatellitter (høyt variable kjerneDNA-markører) til å vise genetiske endringer over tid i elver med høyt innslag av rømt oppdrettslaks, slik som Vosso, Opo og Eio, mens det ikke ble vist signifikante endringer i to andre elver med høyt innslag av oppdrettslaks (Etne og Namsen). En sammenlikning av de genetiske forskjellene mellom ville bestander, viste en liten reduksjon fra tiden før oppdrett til nåværende prøver. Genetiske endringer over tid kan ha flere forklaringer, særlig i små bestander der tilfeldigheter spiller en større rolle enn i store bestander. I Vosso er det imidlertid høyst sannsynlig at de genetiske endringene skyldes gyting av rømt laks, siden dette også er indikert i sammenlikninger av gytelaks og laksunger i elva (Sægrov et al. 1997; Skaala & Hindar 1998).

I en elv med lavt innslag av rømt oppdrettslaks, Håelva på Jæren, ble det ikke vist endringer over tid. Dette er også hva man skulle forvente ut fra andre undersøkelser. Det mest overraskende resultatet er at Etne og Namsen ikke viser noen genetisk endring til tross for betydelig innslag av rømt laks over lang tid (særlig i Etne, som så vidt vites ikke har gitt noe bidrag til de sentrale avlspopulasjonene). En mulig forklaring kan være at høy tetthet av villaks i Etne reduserer suksessen til (og effekten av) rømt oppdrettslaks (Skaala et al. 2006). Dette antydes også av et studie av lakseegg og -yngel i naturen, der høy tetthet av gytelaks så ut til å redusere gytesuksessen til oppdrettshunner (Lura 1995). Videre viste Fleming et al. (1997) at havbeitehanner (dvs. laks utsatt som smolt) fikk lavere gytesuksess i konkurranse med ville hanner når tettheten økte. Fleming et al. (1996, 1997) fant imidlertid ikke noen tetthetsavhengig gytesuksess hos oppdrettshunner, og Imsa-eksperimentet tyder på at oppdrettshunnene fikk gyte med ville hanner.

#### *Andre erfaringer*

En måte å se inn i framtiden på, kan være å se bakover i tid på effekten av de utsettingene av fremmed stamme som er foretatt med flere arter av laksefisk i de siste 100 årene. Erfaringer fra disse utsettingene av ikke-stedegne eller kultiverte bestander av laksefisk viser at konsekvensene for den lokale bestanden på utsettingsstedet alltid er negative i de tilfellene en effekt kan påvises (Hindar et al., 1991). Dette tyder på at villfisken er lokalt tilpasset, og at vi reduserer disse tilpasningene og bestandenes produktivitet når vi introduserer ikke-stedegen fisk. En annen erfaring fra dette oversiktsarbeidet, var at de molekylærgenetiske endringene etter introduksjon av ikke-stedegen fisk var svært variable: de varierte fra ingen påviselig endring til fullstendig samavling eller fortrenging av den opprinnelige bestanden.



Selv i tilfeller der oppdrettslaksen har null gytesuksess, kan den virke negativt på ville laksestammer. Oppgraving av villaksens gytegroper og sykdomsspredning fra rømt til vill laks, er eksempler på dette. Det er også vist at hyppigheten av artskrysninger mellom laks og ørret kan øke som følge av rømt oppdrettslaks (Youngson et al., 1993; Hindar & Fleming, under trykking). Oppdrettslaksen kan derfor ha genetiske (i tillegg til økologiske) konsekvenser ikke bare for vill laks, men også for vill ørret. Effekter av akvakultur med laks er også vist på molekylærgenetisk nivå hos samlevende ørret. I en irsk bestand av sjørørret er det vist genetiske endringer i immunresponsgener (MHC I) etter oppbyggingen av lokal akvakultur med laks (Coughlan et al. 2006).

På lang sikt må vi tro at flere forhold spiller en rolle for interaksjonene mellom rømt og vill laks. På den ene siden vil ytterligere kunstig og naturlig seleksjon til et liv i oppdrett gjøre rømlingene dårligere tilpasset et liv i naturen. På den andre siden er de ville bestandene utsatt for skiftende miljøforhold, både naturlige og menneskeskapt, som gjør dem sårbare i kortere eller lengre perioder. Oppdrettslaksen, derimot, har et refugium i anleggene og vil kunne ha en stor påvirkningskraft som gruppe (dersom de rømmer) selv om de ikke er særlig konkurransedyktige som individer.

### **Regnbueørret**

Regnbueørret kommer opprinnelig fra Nord-Amerika og er en populær sportsfisk. Den ble introdusert i Europa tidlig på 1900-tallet for utsett i vassdrag og senere for oppdrett i ferskvann. I Norge er det fra 1960-årene også drevet kommersielt oppdrett i saltvann.

Fram til 1977 var regnbueørret den dominerende oppdrettsarten i Norge. Etter dette overtok laksen mer og mer. Mot slutten av 1990-tallet ble igjen regnbueørreten en populær oppdrettsfisk (se figur 2 s.15).

Rømt regnbueørret ser i høy grad ut til å oppholde seg i fjordsystemet nær rømmingsstedet (Jonsson et al. 1993) og kan gå opp i nærliggende vassdrag. I to elver, Imsa i Rogaland og Oselven i Hordaland, er det funnet avkom etter naturlig gyting av regnbueørret i lokaliteter der foreldrene etter all sannsynlighet har rømt fra oppdrettsanlegg i sjøen (Jonsson et al. 1993; Sægrov et al. 1996). Det er imidlertid ikke etablert bestander etter disse gytingene.

Den generelle kunnskapen etter utsettinger er at regnbueørret kun i meget liten grad danner selvreproduserende bestander i Norge (Hindar et al. 1996). Årsakene til dette er dårlig kjent. En interessant hypotese er at mikroparasitter hos laks og ørret er en viktig dødelighetsfaktor for regnbueørret (Egil Karlsbakk, Univ. i Bergen, pers. medd.; Hindar et al. 1996). Hybridisering mellom regnbueørret og laks og/eller sjørørret er usannsynlig, siden de gyter med flere måneders mellomrom. I New Zealand er det vist at regnbueørret – som gyter om våren – kan ødelegge gytesuksessen til ørret ved å grave opp gytegroper til ørreten (Hayes 1987). Det er ikke undersøkt hvorvidt samme fenomen forekommer i Norge. Regnbueørret vandrer imidlertid opp i elver og gyter mens plommeseekyngelen til laksen ennå ligger nedgravd i grusen, slik det er observert i elva Imsa.

Vår kunnskap om mengden oppvandrende, rømt regnbueørret i norske elver er begrenset, siden fiskesesongen i de fleste elver starter etter at regnbueørreten har vandret ut.

### **3.4 Indikatorer for effekter av rømt laks**

En god indikator for å måle og/eller vurdere effekten av rømt laks, bør med forholdsvis enkle metoder være i stand til å måle/forutsi følgende endringer i laksebestander – i en forholdsvis stor skala:

- Endringer i bestandssammensetning og genetisk struktur.
- Endringer i livshistorie og økologiske egenskaper (inklusive mottagelighet overfor sykdommer).
- Endringer i produktivitet og bestandsstørrelse.

Endringene i de ville bestandene kan skyldes både samavling mellom rømt oppdrettslaks og villaks, konkurranse mellom rømt oppdrettslaks eller deres avkom og villaks, og smittepress fra rømt oppdrettslaks til villaks.

I det følgende gjennomgås en del mulige indikatorer for å vurdere slike endringer. De er delt inn i indikatorer som først og fremst *forutsier* en effekt av rømt oppdrettslaks, og indikatorer som først og fremst *måler* at en endring har funnet sted som en følge av rømt oppdrettslaks. Vi ser også på indikatorer som *modellerer* endringer basert på målinger og eksperimenter.

#### Indikatorer som forutsier effekt

##### *Produksjon av oppdrettslaks*

I den grad produksjonen av oppdrettslaks er korrelert med innslaget av rømt laks i ville bestander, eller også med en direkte effekt på bestandsutviklingen til vill laks, vil størrelsen på oppdrettsproduksjonen være en nyttig indikator.

I en analyse av data fra Norge i perioden 1989-2004, viste Fiske et al. (2006) at det var en bedre korrelasjon mellom mengden fisk i merdene og innslaget av rømt oppdrettslaks i elver i samme fylke, enn det var mellom rapportert rømming og innslaget i lokale bestander. Dette kan ha flere årsaker, hvorav den mest sannsynlige er dårlig rapportering av rømming som ikke skyldes store havarier. Mengden fisk i merdene kan derfor brukes som en tilleggsinformasjon på hvilket ”press” laksebestandene utsettes for i samme region.

I Canada er det igangsatt et arbeid som prøver å kvantifisere dette ”presset” i form av endret populasjonsdynamikk i nærliggende bestander. Metoden som brukes er en såkalt meta-analyse, der langtidsendringer i marin overlevelse hos ulike bestander av laksefisk søkes korrelert til produksjon av oppdrettslaks ved å kontrastere elver nær og fjernt fra oppdrettsanlegg (Ford & Myers, abstract 2006). Det er ikke kjent hvor langt dette arbeidet er kommet.

##### *Antall rømt oppdrettslaks*

Fiskerimyndighetenes statistikk er rimelig god med hensyn til fisk som rømmer i store havarier fra enkelte anlegg, men at den er dårligere når det gjelder fisk som rømmer i små antall ved daglig røktning av anleggene eller også på livsstadier der de er vanskelige å telle presist (for eksempel ved smoltutsett). En beregning for årene 1998-2004 antyder at det faktiske antallet rømt oppdrettslaks i disse årene var i gjennomsnitt 2,4 millioner (Sægrov & Urdal 2006), hvorav mellom 71 og 88 % var urapportert. Tidligere er det beregnet en underrapportering på 50 % (Lund 1998). Det er naturlig nok knyttet stor usikkerhet til disse beregningene.

Informasjon om antallet rømt laks må kobles til informasjon om deres atferd og overlevelse, gitt årstid, livsstadium og stedet de rømmer fra (Hansen et al., 1987; Hansen 2006; Skilbrei et al., abstract 2006; TRACES-prosjektet) for å forutsi deres mulige effekt på ville bestander. Overlevelsen og spredningen til den rømte laksen ser ut til å avhenge av tidspunkt på året de rømmer, mens gytessuksessen deres i naturen ser ut til å øke jo tidligere i livet de rømmer.

#### *Andelen rømt laks i ulike fiskerier*

Det er gjennomført årlige registreringer av andelen rømt oppdrettslaks i kystfisket (kilenøter, krokarn) og elvefisket i Norge siden 1989 (Fiske et al., 2006). Registreringene er et ledd i overvåkingen av rømt oppdrettslaks og er nærmere beskrevet i kapittel 2.3. Registreringene i kystfisket reflekterer mengden rømt oppdrettslaks i kystnære områder i juni og juli (fisketid for kilenøter og krokarn). Dette vil først og fremst være oppdrettslaks som er på vei til elvene for å gyte (så sant det ikke er nyrømt fisk i nærheten). I noen områder er det gjort tilsvarende registreringer i et rettet vinterfiske etter oppdrettslaks og regnbueørret (Skilbrei & Wennevik 2006). Registreringene i elvefisket reflekterer mengden rømt oppdrettslaks i elvene i juni, juli og august (som er vanlig fisketid i de fleste elvene; i enkelte elver starter fisket i mai og i andre elver kan det fortsette til midten eller slutten av september). Siden det er vanlig at rømt oppdrettslaks søker senere opp i elvene enn vill laks, vil en typisk observasjon være forholdsvis lave andeler rømt laks i sportsfisket i elvene sammenliknet med registreringer i ytre kyststrøk og om høsten i elvene. Siden sportsfisket har potensial til å sikre et betydelig antall skjellprøver, vil dette foruten selve registreringsarbeidet (av geografisk spredning og utvikling over tid) også kunne sikre et materiale til å bedømme eventuelle endringer i livshistorie og vekst, samt sikre materiale til laboratorieanalyser med tørkete skjell som utgangspunkt (DNA-analyser og analyser av spormetaller eller andre kjemiske forbindelser).

#### *Andelen rømt laks i gytebestanden*

Det fins beregninger av andelen rømt oppdrettslaks i gytebestander av villaks siden 1987, da DN's innsamling av laksesæd til genbanken tok til (Gausen & Moen 1991). Fra og med 1989 ble dette arbeidet tatt over av NINA sammen med registreringer av rømt oppdrettslaks i fiskeriene (se Fiske et al. 2001, 2006).

Andelen rømt oppdrettslaks kan brukes til å forutsi graden av interaksjoner mellom rømt og vill laks på gyteplassen. Kombinert med annen informasjon, kan andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden brukes til å måle gytessuksessen til rømt laks, og til å beregne genetiske og økologiske endringer i villaksbestanden over tid (se under).

### Indikatorer som måler en genetisk eller økologisk effekt

#### *Endring i molekylærgenetisk sammensetning*

Endringer i frekvensene av genotyper og alleler (genvarianter) vil kunne være et direkte mål på at det skjer en genetisk endring i bestanden. For å kunne påvise denne endringen, må man ha et bilde av hvordan den ville bestanden så ut genetisk i tiden før påvirkningen fra rømt oppdrettslaks skjedde. Dette er i dag mulig for mange bestanders vedkommende, siden DNA er forholdsvis godt bevart i tørkete lakseskjell som ble samlet inn i forbindelse med økologiske analyser i laksebestandene (Nielsen et al. 1997, 1999). Det vil også være viktig å kunne knytte den genetiske endringen til immigrasjon av genetisk ulik fisk (oppdrettslaks), til forskjell fra andre mekanismer som endrer allel- og genotypfrekvenser (seleksjon, mutasjon og såkalt "genetisk drift", dvs tilfældigheter som skyldes begrenset populasjonsstørrelse). Av

disse er genetisk drift viktigst, siden vi ved å studere selektivt nøytrale gener over forholdsvis korte tidsrom kan se bort fra seleksjon og mutasjon.

Den genetiske endringen i en villaksbestand som mottar rømt oppdrettslaks, vil fra én generasjon til den neste kunne uttrykkes som

$$\Delta q = q_1 - q_0 = m (q_m - q_0)$$

der  $q_0$  er allelfrekvensen i villaksbestanden før immigrasjonen,  $q_1$  er allelfrekvensen i villaksbestanden etter immigrasjonen,  $m$  er andelen migranter som entrer bestanden, og  $q_m$  er allelfrekvensen til immigrantene (Hedrick, 1983). Vi ser at endringen per generasjon øker med økende migrasjonsrate og økende genetisk forskjell mellom villaks og oppdrettslaks.

Den enkleste påvisningen av en genetisk endring, skjer dersom immigrantene har en høy frekvens av andre alleler enn de som er vanlige i bestanden. Dersom villaksen og oppdrettslaksen har gjensidig fikserte alleler, kan ett enkelt gen identifisere avkom av lokal villfisk, oppdrettsfisk og deres krysninger, og måle deres relative forekomst i bestanden (slik det ble gjort i Imsa-eksperimentet). I andre tilfeller må man "trekke fra" de tilfeldige endringene som skyldes genetisk drift for å kunne beregne de retningsbestemte endringene som skyldes immigrasjon av rømt oppdrettslaks.

Retningsbestemte endringer som skyldes immigrasjon er lettest å dokumentere dersom man har stikkprøver av både oppdrettsfisken og villaksen som gyter i én sesong, og prøver av deres avkom i elva i de påfølgende årene. Dersom man ikke har slike stikkprøver, må analysene ta høyde for at de ulike oppdrettsstammene har ulike allelfrekvenser. De viktigste oppdrettsstammene er allerede karakterisert i både enzymkodende gener og DNA-mikrosatellitter (Skaala et al. 2004, 2005). Det er også mulig å bruke populasjonsgenetisk teori til å antyde immigrasjon av genetisk fremmed fisk, siden man forventer at bestanden har økt "koblingsulikevekt" mellom gener som et resultat av immigrasjon (Waples & Smouse 1990).

De genene som egner seg best til denne typen analyser, er mikrosatellitter (korte, hypervariable steder på kromosomene) og SNP (single nucleotide polymorphism; punktmutasjoner i korte DNA-sekvenser) i selve arvestoffet. Analyser av enzymkodende gener er mer krevende, siden de er avhengig av ferskt/frossent vev og større mengder vev pr fisk (bl.a. lever, som vanskelig lar seg sikre uten å ta livet av fisken). Mikrosatellitene har det største potensialet for å vise endring per gen/locus (kfr Rengmark et al. 2006), siden de har mange varianter i hvert gen, men på lengre sikt er det mulig at SNP i ikke-kodende regioner av arvestoffet er mest attraktive, siden de egner seg bedre til storskala, automatisert analyse og lettere lar seg sammenlikne mellom laboratorier.

I tillegg vil det være aktuelt å analysere genetiske endringer i det mitokondrielle DNAet, siden dette nedarves uten rekombinasjon via hunnene, og derfor kan være en god indikator på endring som skyldes oppdrettshunners gyting.

#### *Forekomst av oppdrettsavkom i naturen*

De hypervariable genene egner seg også til en annen type analyse, der såkalte "multi-locus" genotyper brukes til å identifisere eller sannsynliggjøre enkeltindividens genetiske bakgrunn. Denne anvendelsen likner den som rettsmedisinere bruker for å identifisere spor av forbrytere/forbrytelser eller også farskapssaker og annet nært slektskap hos mennesker. Både

fisken selv og fiskens parasitter kan inneholde genetisk informasjon om opprinnelse (Criscione et al. 2006).

I én type analyser brukes hypervariable gener til å finne rett far og mor ut fra et sett med mulige foreldre. Denne er sannsynligvis mest aktuell i eksperimenter, for eksempel der en vil kvantifisere gytesuksessen til vill laks og rømt oppdrettslaks i et avgrenset område og har genotypet all gytelaksen på forhånd. Om målingene gjøres på ulike livsstadier hos avkommet, kan man også beregne overlevelsen til de ulike gruppene.

I en annen type analyser brukes hypervariable gener til å identifisere eller sannsynliggjøre populasjonstilhørighet til enkeltindivider og grupper av fisk. Metoden kan brukes til å finne den bestanden som et individ med størst sannsynlighet tilhører, ut fra kunnskap om allelfrekvensene i de samme loci i et sett av mulige referansebestander (for eksempel den lokale villaksbestanden og oppdrettslaks fra én eller flere nærliggende anlegg). Slike tester har størst teststyrke dersom det kan antas genetisk likevekt innenfor hver bestand, og dersom bestandene er tilstrekkelig genetisk forskjellige (Cornuet et al. 1999). Der man er interessert i å undersøke om et individ kan være en krysning mellom vill og rømt laks, kan man "lage" denne gruppen (kryssninger) i datamaskin, og føre den opp på listen over mulige referansebestander. Det kan også testes (i datamaskinen) hvor mange gener som det er nødvendig å studere for å ha ønsket teststyrke i forhold til individ-gjenkjenning ved ulike blandinger (og stammer) av oppdrettslaks og villaks.

En liknende analyse er å undersøke muligheten for at en referansebestand kan ekskluderes som opphav. Dette er en analyse som sjekker hvorvidt vi har funnet en tilhørighet som er sannsynlig eller ikke. Den gjennomføres ved å simulere store bestander ut fra kunnskap om en stikkprøve av genotypete fisk for å se hvilken sannsynlighet det er for at ulike 'likelihood'-verdier (som de vi har målt) kan oppstå i bestanden (Cornuet et al. 1999). Denne testen kan brukes til å forkaste en bestand som kilde, selv om de skulle være den bestanden som stikkprøven er mest lik.

Også ikke-genetiske analyser kan brukes for å analysere opprinnelsen til enkeltindivider av laks. Blant disse er analyser av spormetaller i kjernen av øresteinene, som kan si noe om oppvekstmiljøet fisken kom fra. Andre typer analyser inkluderer biokjemiske markører, slik som i sin tid ble brukt til å påvise gyting av rømt oppdrettslaks via pigment i eggene (Lura & Sægrov 1991). TRACES-prosjektet kombinerer fettsyreprofiler, sporstoffer og stabile isotoper (i tillegg til genetisk profil) for å se i hvilken grad det er mulig å skille samme smoltutsett i ulike marine oppvekstmiljø.

Klassifisering av enkeltindivider til gruppe kan sannsynligvis også utføres med morfometri. Signifikante morfologiske forskjeller er vist mellom ville laksebestander og mellom villaks og oppdrettslaks når de vokser opp sammen og sammenliknes morfologisk i første leveår (ved ca 4,5 cm lengde; Solem et al. 2006). I en sammenlikning av avkom av oppdrettslaks fra AquaGen og laksunger fra fire ville bestander, var klassifiseringen av ungfisk til AquaGen 100% korrekt basert på 29 morfologiske variable. Dette kan gi muligheter for å bruke morfologi (eller også meristikk: telling av finnestråler m.m.) som et redskap til å identifisere avkom av oppdrettslaks i naturen.

Disse metodene fungerer best i tidlige faser av en introgresjon, når det er få grupper å holde rede på.

### *Beregning av bestandssammensetning*

Genetiske metoder kan også brukes til å beregne bidrag fra ulike bestander til en blanding av to eller flere fiskebestander (ville og/eller oppdrettet), uten å fokusere på opphavet til enkeltfisk. I Østersjøen har Koljonen et al. (2005) brukt slike metoder til å beregne andelen av klekkeriproduisert smolt og andelen av ulike grupperinger av ville laksestammer til fiskeriene i ulike områder av Østersjøen. Liknende metoder kan sannsynligvis brukes i beregninger av andelen oppdrettslaks og villaks i Norge. Før man anvender metoden, er det klokt å beregne teststyrken til slike metoder overfor ulike blandinger av oppdrettsstammer, ville laksestammer, og krysninger mellom oppdrettslaks og villaks.

### *Måling av genstrøm*

Effekten av  $t$  generasjoner med énveis genstrøm fra oppdrettslaks på allelfrekvensen ( $q_t$ ) i en villaksbestand, kan uttrykkes som

$$q_t = (1-m)^t q_0 + [1 - (1-m)^t] q_m$$

Denne likningen kan brukes til å beregne halveringstiden for den genetiske forskjellen mellom oppdrettslaks og villaks, som blir  $t_{0,5} = \ln(0,5) / \ln(1-m)$  generasjoner. Formlene antar at den genetiske driften er liten relativt til immigrasjonen, og at allelfrekvensene til immigrantene er stabile. I Imsa-eksperimentet, der 55% av gytebestanden var oppdrettslaks, ble det målt en énveis genstrøm i løpet av én generasjon (fra gyting til avkommets gyting) på  $m = 0,19$ . Dette tilsvarer en halveringstid for forskjellen mellom oppdrettslaks og den lokale villaksen på 3,3 generasjoner.

### *Endring i villaksbestandens økologiske egenskaper*

Basert på informasjon fra avlsprogrammene og fra eksperimentene som har studert villaks og oppdrettslaks under like miljøforhold, er det noen egenskaper som peker seg ut som mulige kandidater for å registrere at en endring har funnet sted i økologiske egenskaper:

- veksthastighet i parrstadiet
- andelen kjønnsmodne hanner i parrstadiet
- alder ved smoltifisering og kjønnsmodning
- fenologi: tidspunkt for gyting, klekking, ut- og oppvandring
- fekunditet (eggantall) og eggstørrelse
- atferd.

Endringer som kan forventes etter innkrysning av rømt oppdrettslaks, er økende veksthastighet, lavere andel kjønnsmodne parrhanner og lavere alder ved smoltifisering. Når det gjelder sjøalder ved kjønnsmodning, vil endringenes retning avhenge av om bestanden er en typisk smålaks- eller storlaksbestand; kanskje er det kun i smålaksbestandene man kan forvente å se en endring mot økt sjøalder ved kjønnsmodning. De ville laksebestandenes fenologi varierer betydelig fra sted til sted. Det er mulig at et tidlig stryketidspunkt favoriseres i oppdrett, og at man i så fall kan forvente flere tidlig-gytende fisk etter innkrysning av rømt laks.

Siden de økologiske egenskapene avhenger av både arv og miljø, vil det være nødvendig å gjøre utfyllende analyser for å kunne knytte eventuelle endringer til en genetisk effekt av innkrysning. For eksempel vil økt veksthastighet kunne være en reaksjon på en klimaendring med påfølgende økning i vekstsesongen i naturen. Sammenlikninger av såkalte "reaksjonsnormer" (for eksempel hvordan alder ved smoltifisering er koblet til veksthastighet) vil kunne være et redskap til å avsløre innslag av fisk med en annen genetisk bakgrunn. Endringer i laksebestanden – kalibrert

mot endringer i den samlevende ørretbestanden – kan være en annen slik sammenlikning. En kilde til sikrere dokumentasjon vil være å knytte en genetisk basert identifikasjon (for eksempel ”vill, oppdrett eller krysning”) til de individene som skiller seg økologisk fra det som er vanlig i den ville bestanden.

Endringer i atferd kan forventes etter innkrysning av oppdrettslaks. Oppdrettsavkom er mer aggressive enn villaksavkom i burforsøk, og tar også større risiko – dvs de kommer raskere fram fra skjul etter å ha blitt skremt (Fleming & Einum 1997; Johnsson et al. 2001). Slike endringer vil sannsynligvis måtte kvantifiseres gjennom sammenliknende forsøk.

#### *Endring i villaksbestandens produktivitet/populasjonsdynamikk*

Endringer i bestandens produktivitet er vist både i Imsa-eksperimentet og i Burrishoole-eksperimentene med lokal villaks og oppdrettslaks i samme elv. I begge lokaliteter er overlevelsen sammenliknet mellom villaks, oppdrettslaks og ulike krysninger, og i Imsa er denne også koblet til en ’stock-recruitment’ (SR)-kurve for bestanden. SR-kurver illustrerer sammenhengen mellom gytebestandens størrelse (for eksempel antall egg gytt) med antallet rekrutter i påfølgende generasjon (for eksempel antall utvandrende smolt).

Ideelt sett burde forvaltningen av villaks være basert på SR-kurver for alle de viktigste bestandene. Det er publisert svært få slike sammenhenger for norske bestander (Jonsson et al. 1998; Hvidsten et al. 2004) og også ellers i Europa (Prévost et al. 2003), men det er igangsatt et arbeid som vil øke antallet SR-kurver til et 10-talls norske bestander og bruke dette som grunnlag for å foreslå gytebestandsmål for de største laksebestandene i Norge (Hindar et al., under utarbeidelse). I atter andre bestander er det utført eller satt i gang arbeid som beregner tettheten av ungfisk og/eller smolt.

Uansett vil det være vanskelig å knytte enkeltobservasjoner av eggdeponering og smoltproduksjon til en direkte effekt av rømt oppdrettslaks. Mest sannsynlig må slike analyser gjøres som en slags meta-analyse der flere typer observasjoner fra ulike vassdrag ses i sammenheng, og effekten av én faktor (andelen eller antallet rømt oppdrettslaks) skilles ut i den statistiske analysen. En slik analyse er i gang for å se på effekten av innslag av havbeitelaks på SR-sammenhenger i den ville laksebestanden i Burrishoole (McGinnity, abstract 2006).

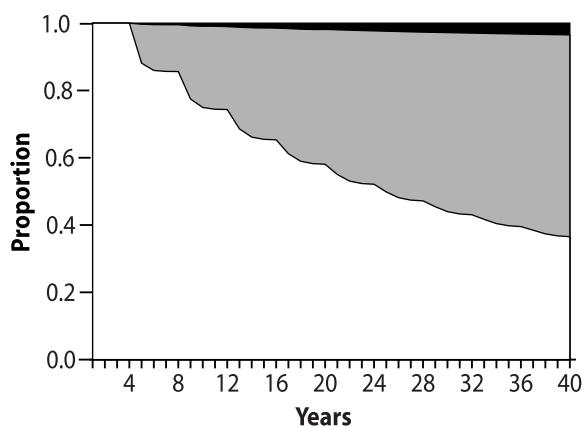
### 3.4.3 Indikatorer som modellerer genetiske og økologiske endringer

#### *Modell for endring av genetisk sammensetning*

Med bakgrunn i registreringer av rømt oppdrettslaks i gytebestander, og resultater fra eksperimenter i Norge og Irland som kvantifiserer relativ gytesuksess og overlevelse til oppdrettslaks og deres avkom, er det mulig å konstruere modeller for hvordan den genetiske sammensetningen til en villaksbestand vil utvikle seg (Hindar et al. 2006).

I én slik modell antas det at halvparten av den rømte oppdrettslaksen rømte tidlig i sjøfasen, og resten sent i livet (Lura & Økland 1994). Den første gruppen antas å ha samme gytesuksess som laks utsatt som smolt (Fleming et al. 1997), mens den andre antas å ha en gytesuksess som fisk som ble tatt rett fra en oppdrettsmerd (Fleming et al. 1996). Overlevelsen til avkom av villaks, oppdrettslaks og deres krysninger antas å være lik gjennomsnittet av den som ble målt i Imsa-eksperimentet ( $F_1$ -generasjonen) og i Burrishoole-eksperimentene ( $F_1$ - og  $F_2$ -generasjonen). Etter ett år som ungfisk antas en andel av hver gruppe å produsere kjønnsmodne parrhanner som samlet befrukter 23-24% av eggene og har en gytesuksess som varierer med deres opprinnelse (Garant et al. 2003; Weir et al. 2005).

Under disse betingelsene vil en bestand som mottar 20% rømt oppdrettslaks i hver gyting endre sammensetning betydelig i løpet av 40 år (eller 10 generasjoner med generasjonstid 4 år; Figur 10).

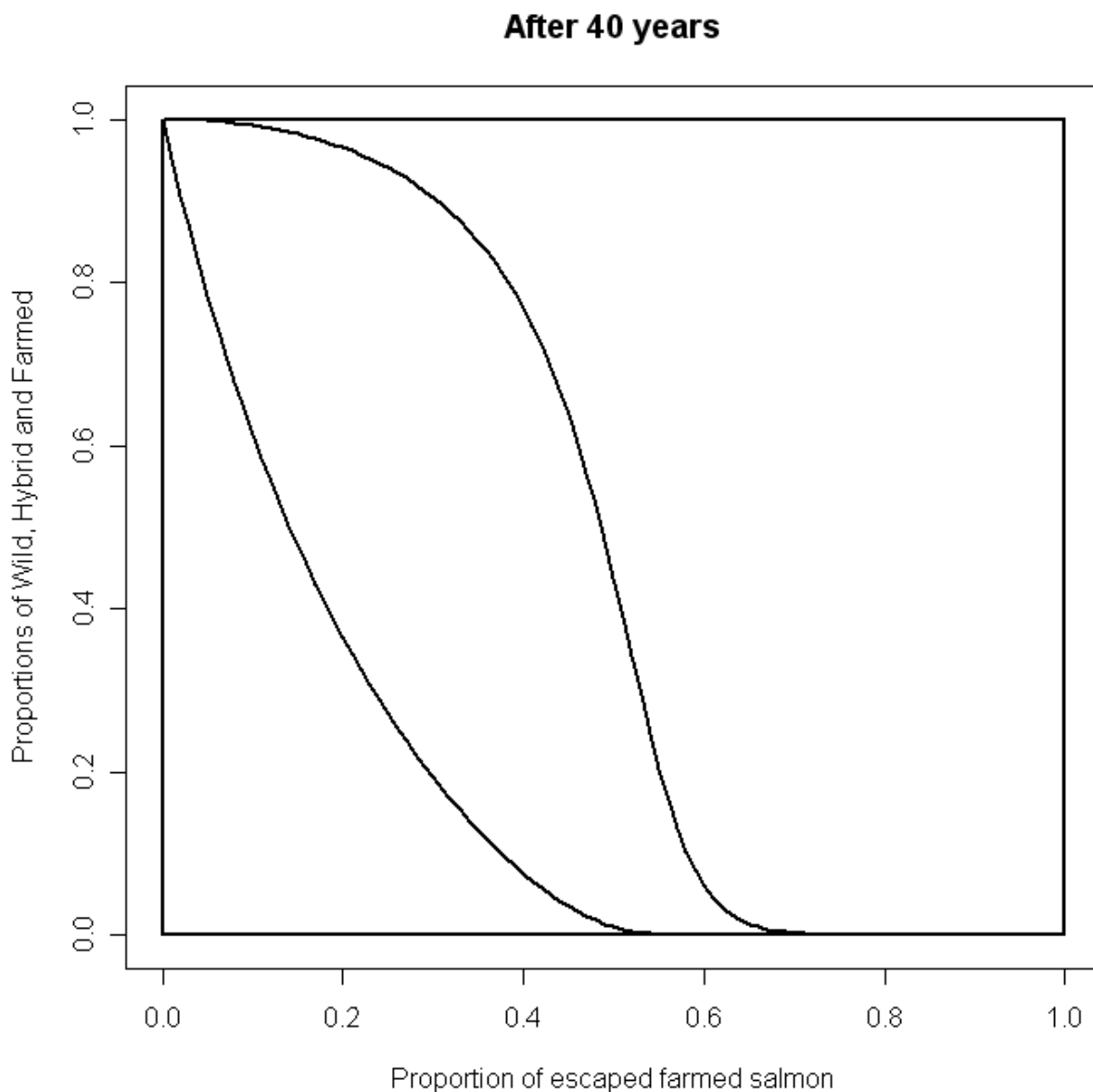


**Figur 10. Endringer i sammensetning av en villaksbestand som mottar 20% rømt laks ved hver gyting.** □ = vill; ■ = hybrid; ■ = forvillet (oppdrettslaks født i naturen).  
Tilbakekryssninger mellom en hybrid og en villaks antas å havne med halvparten i hybrid- og halvparten i villaksgruppen. (Figuren er hentet fra Hindar et al. 2006)

Dersom villaksbestanden mottar i gjennomsnitt 20% (med variasjon rundt dette gjennomsnittet), vil andelen fisk med villaksbakgrunn reduseres raskere enn i figur 10, fordi år med høyt innslag vil virke sterkere på sluttresultatet enn år med lavt innslag. Dersom gytesuksessen til oppdrettslaksen er lavere enn gjennomsnittet fra forsøkene vi kjenner til, eller også overlevelsen i ulike faser av livet er lavere enn gjennomsnittet, vil andelen fisk med villaksbakgrunn ikke forandre seg like raskt som i figuren (Hindar et al. 2006).

Den enkeltfaktoren som har størst effekt på utfallet, innenfor de målte parameterverdiene, er andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden som i norske elver varierte fra under 2% til mer enn 70% i løpet av 1990-årene (Fiske et al. 2001). I figur 11 er det vist hvordan variasjonen i gjennomsnittlig andel rømt laks påvirker sammensetningen av villaksbestanden etter 40 år (eller 10 laksegenerasjoner). Vi ser at andelen hybrider blir betydelig for gjennomsnittsverdier over 5-10% rømt oppdrettslaks ved hver gyting, og at forvillet laks blir den dominerende gruppen ved gjennomsnittsverdier over 50%.





**Figur 11. Effekt av andelen rømt oppdrettslaks på den genetiske sammensetningen av en villaksbestand etter 40 år (10 generasjoner). Venstre, midtre og høyre panel viser henholdsvis villaks, hybrider, og forvillet laks. (Figuren er hentet fra Hindar & Diserud 2007)**

I hvilken grad denne modellen kan forutsi de genetiske endringene som har funnet sted i norske laksebestander, er ikke kjent. Det vil bli gjort forsøk på å validere modellen ved å se i hvilken grad den kan forklare både store og små genetiske endringer i bestander med store innslag av rømt oppdrettslaks. Blant annet vil gytesuksess og overlevelse bli variert innenfor de grenseverdiene som er funnet i forsøk, og lokal livshistorie, generasjonstid og andel rømt laks år for år vil bli satt inn i modellen.

Selv om modellen er basert på mye informasjon fra eksperimenter i naturen eller semi-naturlige innhegninger, er den fortsatt urealistisk på flere områder. Blant disse er at bestanden alltid befinner seg på samme bestandsstørrelse/tetthet, og at effekten av tetthet på parameterverdiene

ikke er modellert. Det er heller ikke annen seleksjon i modellen enn den som kommer til uttrykk ved at de ulike gruppene har ulik gjennomsnittlig 'fitness'.

#### *Kvantitativ-genetisk og økologisk modell*

For egenskaper som er utsatt for seleksjon, vil de genetiske endringene ta lengre tid enn i modellen over, avhengig av styrken på seleksjonen mot uttrykk som avviker fra det lokale 'optimum' og av hvor mange gener som kontrollerer den selekterte egenskapen. Genetisk teori for den samtidige effekten av seleksjon og genstrøm på en egenskap er svært komplisert, og kun godt forstått for helt enkle situasjoner.

Tufto (2001) har utviklet en kvantitativ-genetisk modell som betrakter introduksjon av ikke-tilpassete individer i en vill bestand der tetthetsavhengig bestandsregulering og lokal, stabiliserende seleksjon virker. Ett resultat fra modellen var at ved små forskjeller mellom immigrantene og villfiskbestanden, ville immigrantene bidra til å øke bestandsstørrelsen. På den andre siden, ville immigranter som avvek mer enn 2,8 genetiske standardavvik fra det lokale 'optimum', bidra til å redusere den totale bestandsstørrelsen når immigrasjonsraten var over en terskelverdi. En sammenlikning av modellen med oppdrettslaks og villaks i Norge, tilsier at dette siste scenarioet var oppfylt for mange elver når en vurderer en sterkt selektert egenskap som veksthastighet (Tufto, 2001).

#### *Genstrøm og effektiv populasjonsstørrelse*

Genstrøm mellom bestander påvirker i hvor stor grad de er i stand til å ta vare på genetisk variasjon. Denne evnen uttrykkes som bestandens 'effektive populasjonsstørrelse' som er definert som størrelsen på en ideell bestand som taper genetisk variasjon like raskt som den aktuelle bestanden (Wright 1969). Den effektive bestandsstørrelsen er betydelig lavere enn den aktuelle dersom kjønnsforholdet er skjevt og det er stor variasjon i familiestørrelse, noe som er sannsynlig i laksebestander der noen få hanner kan dominere gytingen.

En tommelfingerregel kan være at den effektive populasjonsstørrelsen i en laksebestand er rundt 20% av den aktuelle gytebestanden. Siden laksebestander utveksler feilvandrerere, er det imidlertid ikke nok å se på hver bestand for seg. Dersom to bestander utveksler en lav andel migranter, vil deres totale effektive bestandsstørrelser bli større enn om de utvekslet migranter fritt. Forklaringen er at delvis isolasjon vil tendere til å øke frekvensen av ulike genvarianter i de to bestandene, slik at flere genvarianter opprettholdes enn om de samavlet som én bestand. Asymmetri i migrasjonsratene vil tendere til å redusere den totale effektive bestandsstørrelsen, og med énveis genstrøm vil den totale effektive bestandsstørrelsen til slutt bli den samme som i donor-bestanden (Tufto & Hindar 2003). I tilfellet med énveis genstrøm av oppdrettslaks inn i villaksbestanden, vil dette ta anslagsvis 10-15 laksegenerasjoner med dagens nivå for énveis genstrøm.

Oppdrettslaksen har lavere effektiv bestandsstørrelse enn villaksbestanden siden avlslinjene ble basert på et fåtall individer i første generasjon, og siden de er gjenstand for sterk seleksjon (NOU 1999). Det er sannsynlig at villaksbestanden får redusert evne til å tilpasse seg miljøendringer når de etter hvert får redusert effektiv bestandsstørrelse (Lande & Shannon 1996). I hvilken grad dette vil redusere deres levedyktighet, er vanskelig å kvantifisere.

#### *Modell for endringer i produktivitet/populasjonsdynamikk*

Chilcote (2003) har utviklet 'stock-recruitment'-sammenhenger for bestander av 'steelhead trout' (anadrom regnbueørret) som har ulike innslag av klekkeriprodusert fisk i bestanden. Chilcote fant signifikante, negative sammenhenger mellom bestandens produktivitet og

andelen klekkeriprodusert fisk i gytebestanden. Ved like andeler villfisk og klekkerifisk var bestandens produktivitet (målt som antall rekrutter per gytefisk) redusert med 63% i forhold til en tilsvarende bestand uten klekkeriprodusert fisk.

Det er mulig at en liknende tilnærming kan brukes til å modellere produktiviteten i villaksbestander med varierende innslag av rømt oppdrettslaks.

### **3.5 Grenseverdier for immigrasjon av rømt oppdrettslaks**

I modellene for genstrøm ovenfor, er sluttresultatet alltid det samme – at villaksbestanden etter kortere eller lengre tid blir lik oppdrettslaksen. Hastigheten på hvor lang tid det tar å nå dette resultatet, bestemmes av genstrømmen fra oppdrettslaks til villaks. Det kan derfor være uklokt å basere seg på at immigrasjonen kun skal begrenses i forhold til en prosentvis rømt laks i gytebestanden.

Ryman (1991) har utviklet en annen modell, som beregner hvilket nivå for migrasjon som beholder en viss grad av genetisk variasjon mellom bestandene som utveksler migranter. Om vi tar et genetisk mål for forskjeller mellom bestander, Wright's fikseringsindeks ( $F_{ST}$ , som er andelen genetisk variasjon som skyldes forskjeller mellom bestander), kan denne relateres til antallet genetisk effektive migranter ( $N_e m$ ) i en øy-modell ved

$$F_{ST} = 1/(4 N_e m + 1)$$

der  $N_e$  er den effektive populasjonsstørrelsen og  $m$  er migrasjonsraten. Likningen uttrykker en likevektstilstand der den homogeniserende effekten av migrasjon balanserer den differensierende effekten av genetisk drift. Ryman foreslo å bruke  $F_{ST}$  – beregnet på bakgrunn av genetisk variasjon mellom bestander – som et uttrykk for hvor mange migranter som kunne tillates mellom dem.

Mellom vassdrag på samme kontinent ligger verdien av  $N_e m$  vanligvis mellom 2 og 12 effektive migranter i samme generasjon (Ståhl, 1987; Bourke et al., 1997), noe som indikerer små til moderate nivåer for genstrøm. Høyere nivåer er vanlig mellom lokaliteter innenfor samme vassdrag, for eksempel  $N_e m > 20$  på en ~10 km skala i River Conne (Beacham & Dempson, 1998). I de største vassdragene, som for eksempel Tana på grensen mellom Norge og Finland, er det beregnet at  $N_e m \sim 4$  på en ~100-1000 km skala (Ståhl & Hindar, 1988; Elo et al., 1994).

Ryman foreslo at disse verdiene for nivåer for genstrøm mellom ville laksebestander kunne gi en første retningslinje for hvor stor genstrøm som kunne tillates mellom oppdrettslaks og villaks. Beregningene er attraktive fordi det verken er nødvendig å kjenne den effektive populasjonsstørrelsen eller migrasjonsraten, kun deres produkt som kan utledes av måling av genetiske forskjeller mellom bestander.

En alternativ betraktningstype for en øvre grense for genstrøm fra rømt til vill laks, kunne være å se på feilvandringssrater mellom naturlige laksebestander. Denne er vist å ligge nær 4% (Stabell 1984) med betydelig variasjon mellom elver. Store elver med store laksebestander ser ut til å produsere en lavere andel feilvandrer enn små elver med færre laks, men feilvandrer fra de store bestandene kan likevel utgjøre en betydelig andel av gytebestanden i nærliggende, små bestander. I disse bestandene må en regne med at de genetiske likhetene er betydelig

større enn mellom oppdrettslaks og villaks, og anbefalinger om grenseverdier for oppdrettslaks i villaksbestander bør ligge lavere enn andelen ville feilvandrerer i bestanden.

I Burrishoole-eksperimentet konkluderte McGinnity et al. (2003) med at bestanden ble mindre produktiv ved høyt innslag av oppdrettslaks, og at dette kunne sende den inn i en utdøingsspiral ved vedvarende innkryssning av oppdrettslaks. Det er mulig at data fra dette og andre eksperimenter kan brukes til å beregne reduksjonen i vitale bestandsparemetre ved ulike innslag av rømt oppdrettslaks, og at dette igjen kan brukes til å beregne endring i langsiktig levedyktighet med metoder fra bevaringsbiologisk litteratur (Allendorf & Ryman 2002).

**Tabell 2.** Sammenlikning av suksess gjennom livssyklus fra befruktning til kjønnsmodning hos vill laks, oppdrettslaks og 'hybrider' i Burrishoole i Irland. Resultatene er gjennomsnittet av flere årsklasser for noen av gruppene. Overlevelsen til villaksen er satt til 1,0, og overlevelsen til de andre gruppene er gitt relativt til denne (eller satt til 1,0 der de ikke var signifikant forskjellige fra villaks). Data for marin overlevelse til F<sub>2</sub> hybrider er ikke tilgjengelige og ble satt til 1,0 i beregning av livslang suksess (fra McGinnity m. fl. 2003). F<sub>1</sub>HyV = førstegenerasjonshybrid med vill mor; F<sub>1</sub>HyO = førstegenerasjonshybrid med oppdretts-mor; F<sub>2</sub>Hy = andregenerasjonshybrid; BC<sub>1</sub>V = tilbakekryssning til villaks; BC<sub>1</sub>O = tilbakekryssning til oppdrettslaks.

Gruppe	Befrukning til øyerogn	Øyerogn til smolt <sup>a</sup>	Øyerogn til smolt <sup>b</sup>	Smolt til voksen	Livslang suksess <sup>a</sup>	Livslang suksess <sup>b</sup>
Vill	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
BC <sub>1</sub> V	1.0	0.89	1.0	1.0	0.89	1.0
F <sub>1</sub> HyV	1.0	0.73	1.0	0.58	0.42	0.58
F <sub>1</sub> HyO	0.87	0.50	0.63	0.61	0.27	0.33
F <sub>2</sub> Hy	0.34	1.0	1.84	n.a.	(0.34)	(0.63)
BC <sub>1</sub> O	1.0	0.79	1.59	0.39	0.31	0.62
Oppdrett	0.79	0.41	0.76	0.07	0.02	0.04

<sup>a</sup> Antar at parr som ble fortrenget ut av studieområdet har samme overlevelse som samme parr-gruppe som ble igjen i studieområdet, dvs at tettheten antas å være lavere enn bærekapasiteten til elva.

<sup>b</sup> Antar at parr som ble fortrenget ut av studieområdet ikke overlever, dvs at tettheten antas å være ved bærekapasiteten til elva.

## KAPITTEL 4

# PÅVIRKNING AV INFEKSIØSE AGENS HOS VILL LAKSEFISK SOM FØLGE AV RØMT FISK

Dette kapitlet omhandler laksefisk. Det beskriver parasitter/fiskesykdom som kan spres av rømt oppdrettsfisk og gir en vurdering av mulige indikatorer når det gjelder effekt.

### 4.1 Om lakselus og målemetoder

Gruppens mandat er knyttet til effekter av rømt fisk. I forhold til spredning av lakselus kan det være vanskelig å finne brukbare *parametere som eksklusivt måler påvirkningen av rømt fisk*. Eksempel:

- Fritt svømmende rømt fisk er bærere av lus, og når slik fisk overvintre i kystområdene kan den utgjøre en betydelig spredningskilde.
- Fisk i oppdrettsanlegg vil i større eller mindre grad spre lus til villfisk.
- Lus har kysten som naturlig habitat, og villfisk har alltid fungert som ”vertsfisk”. Påvirkning fra denne kilden kommer selvsagt i tillegg til påvirkning fra oppdrett.

#### Om lakselus og effekter.

Lakselus er en marin parasitt som kan medføre store utfordringer både for villfisk og for oppdrettsfisk. Tidligere var lakselus et direkte produksjonsmessig problem i mange oppdrettsanlegg fordi lusa skadet fisken før behandling ble iverksatt og fordi midlene som ble benyttet var mindre effektive enn dagens. I dag behandles det mot lus på et tidligere tidspunkt, både for å unngå skader men også for å redusere spredning av lakseluslarver i de frie vannmassene og til villfisk. For villfisk kan infeksjonen være dødelig hvis de får påslag av for mange lus. Laksenæringen bruker betydelige mengder kjemikalier for å bekjempe lus. Tidligere beregninger (Villaksutvalget) antydde at næringen hadde årlige kostnader på 300 - 500 millioner kroner som følge av lakselusinfeksjoner.

Forvaltning, oppdrettsnæring og forskere er enige om at lusespredningen må reduseres til et minimum i laksens utvandningsperiode for å unngå for stort infeksjonspress.

#### Om planer og tiltak for å bekjempe lakselus.

På 1990-tallet satte en del sentrale aktører innen forskning og forvaltning fokus på lakselus som problem for villfiskbestandene. Oppdretternes fagorganisasjon (FHL-Havbruk) oppfattet signalene og tok i 1997 initiativet til en nasjonal handlingsplan mot lakselus. Målet var å redusere lusebelastningen generelt og få til samordnet avlusing slik at det ikke var kjønnsmoden lakselus i oppdrettsanleggene på den tiden villakssmolt vandret ut fra vassdragene.

Nevnte plan virket fram til 2002, men avlusingsprogrammet har fortsatt, og antall lus pr. fisk er redusert i forhold til 1990-tallet. Siden oppdrettsproduksjonen har økt vesentlig, er likevel infeksjonsintensiteten på vill laks og sjørret fortsatt stor i mange områder. (Heuch et al. 2005; Bjørn et al. 2007).

Fra myndighetssiden ble det i 2000 fastsatt en ”Forskrift om bekjempelse av lakselus (FOR 2000-02-01 nr 70) (se vedlegg 3).

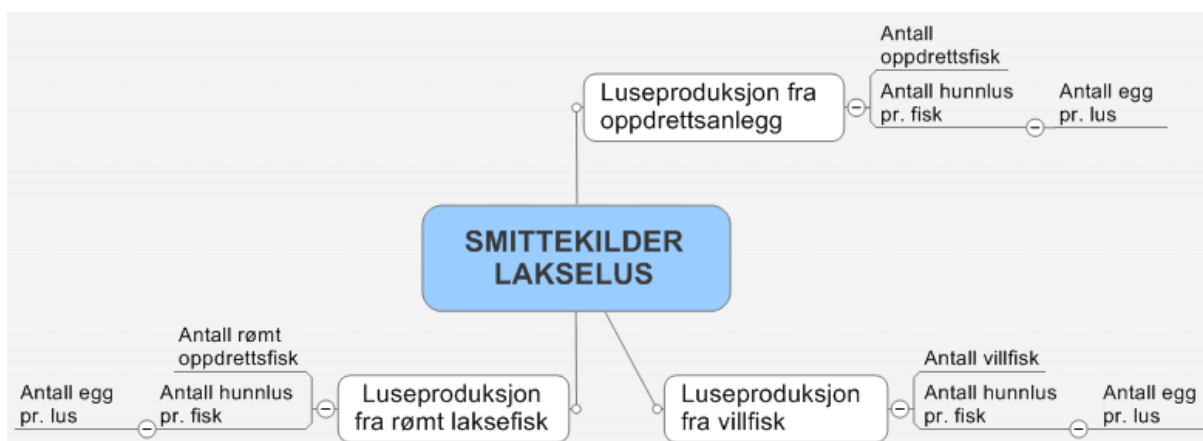
Forskriften pålegger oppdrettere av laksefisk å telle lus minst hver 14. dag, og på hver lokalitet skal det undersøkes minst 2 merder med 20 tilfeldig utvalgte fisk fra hver merd. En av merdene skal være en fast referansemerd som det telles fra hver gang.

Innsamlete registreringer fra oppdretterne lagres i en database (Anistat) som eies av Mattilsynet. Mattilsynets distriktskontor fører kontroll via Anistat og foretar stikkprøvebaserte kontroller av tellingene.

#### 4.2 Et helhetlig perspektiv og ulike enkeltelementer.

Heuch og Mo (2001) presenterte en modell som viste lusepress fra ulike kilder.

Figur 12 viser de ulike kildene og en del sammenhenger som ble knyttet til hver smittekilde.

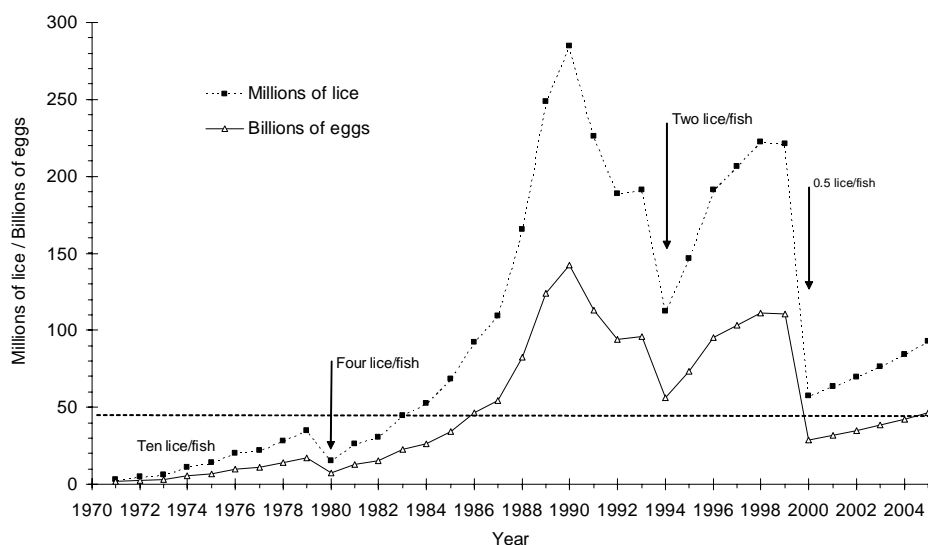


**Figur 12. Kilder som generer luseproduksjon**

Hvor mye hver av de 3 kildene representerer når det gjelder lusespredning, vil selvsagt være avhengig av om en klarer å finne pålitelige målepunkter og en adekvat modell som viser sammenhenger.

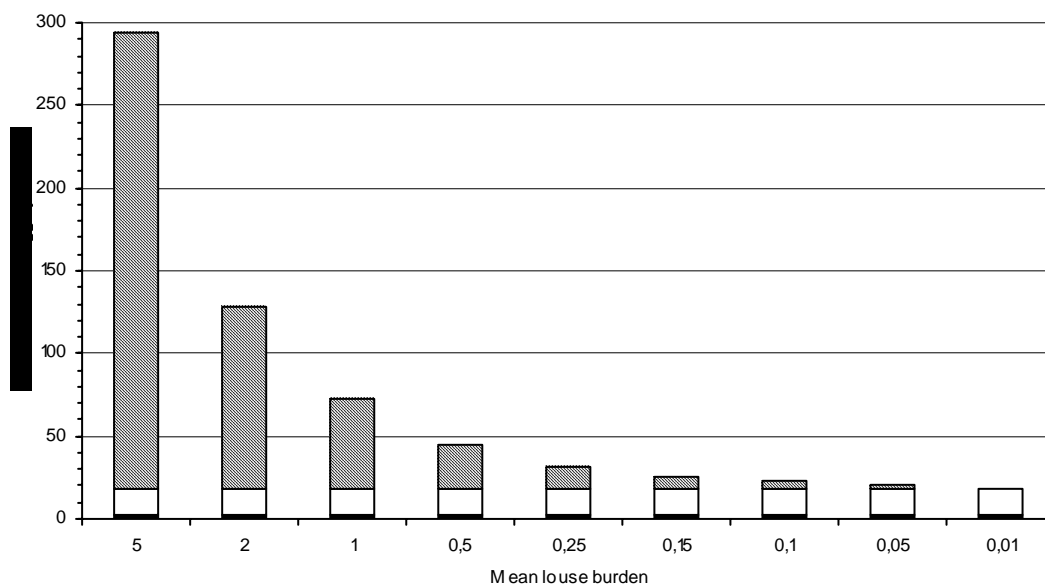
Heuch & Mo (2001) modellerte sammenhengen mellom antall laksefisk i oppdrett og totalproduksjonen av lakselus. Modellen baserte seg på at oppdrettsfiskene hadde lusenivåer lik de som var fastsatt i offentlige forskrifter. I modellen ble det lagt inn et grovt anslag og antagelse for villfiskenes tålegrense for lusebelastning. Heuch & Mo beregnet at det i 1986/87 ble produsert ca 50 millioner voksne hunnlus totalt og at dette trolig var akseptabelt for ville laksefisk i og med at det i denne perioden ikke ble rapportert om unormalt høye luseinfeksjoner på ville laksefisk.

Figur 13 gir et bilde av utviklingen i luseproduksjon fra norske oppdrettsanlegg med basis i produksjon av laks fram til 2000 og har inkludert nye myndighetskrav når det gjelder antall lus pr. fisk. Hovedpoenget til forfatterne var å illustrere behovet for å skjerpe slike krav, dersom lakseproduksjonen skulle økes.



**Figur 13. Simulering av lakselusproduksjon som følge av vekst i oppdrettsnæringen.**  
*Fra Heuch og Mo(2001)*

I figur 14 er det simulert en eggproduksjon med gitte lusenivåer på oppdrettsfisken. Nivået for eggproduksjon fra rømt fisk og fra vill anadrom fisk har i modellen en konstantverdi – modellen har tatt utgangspunkt i mengde oppdrettsfisk pr. mai 1999.



■ Wild salmonids □ Salmonids escaped from farms ▨ Farmed salmonids

**Figur 14. Simulering av lusepress ved ulike nivåer av lus pr oppdrettsfisk.**

*Figuren er hentet fra Heuch og Mo(2001). X-aksen viser ulike infeksjonsverdier for oppdrettsfisken, mens lusebelastningen fra rømt fisk og villfisk er holdt konstant.*

Figur 14 beskriver det relative forhold mellom de forskjellige kilder for produksjon av lakselusegg. Dette er ikke det samme som det absolutte forhold mellom kildene for lus, men hvor mange egg som ville bli produsert fra hver av kildene i 1999, gitt at tallene for antall

rømte og ville laksefisk og deres lusebelastning er riktige. Det er derfor ikke mulig å si at tallene i modellen gjelder i dag, eller at forholdet mellom de forskjellige kildene for luseegg er det samme som i 1999

I sin modell la Heuch og Mo bl. a. til grunn at det i den gitte perioden vandret 1,5 mill. rømt oppdrettslaks langs kysten, at 50 000 villaks var kommet inn fra havet og at hver rømt fisk og hver villaks var infisert med 10 lus. Det ble antatt at ca. 700 000 vill sjørret oppholdt seg i saltvann og hadde 3 lakselus hver. Antall laksefisk i oppdrett ble anslått til ca. 120 mill. individer, dvs. ca. 40% færre enn i 2006.

### **Luseundersøkelser i Hardangerfjorden.**

I 2004 laget HI en rapport som fokuserte på hvilke effekter oppdrettsproduksjonen hadde på ville bestander av laksefisk i Hardangerfjorden (Otterå et al. 2004). Det ble referert at luseregistreringer gjort i perioden 2001-2003 viste at rømt oppdrettsfisk gjennomsnittlig hadde 8,9 kjønnsmodne hunnlus per fisk. Antall rømte fisk i fjorden ble antatt å være ca. 10 000, mens det i merdene var 12,3 millioner individer.

Basert på fangstdata fra fjorden har Skilbrei (pers. med.) i ettertid påpekt at 6000 rømte individer trolig er et mer korrekt estimat.

Med utgangspunkt i april 2002- situasjonen mente han lusespredningen fra rømt fisk kunne illustreres slik:

Rømt fisks andel av lus-/ larvespredning:	Antall lus på laks i merd
0,45 %	1
0,90 %	0,5
4,52 %	0,1

Dvs. bidraget fra rømt fisk øker fra 0,45 til 4,5 %, når antall lus på fisken i merdene reduseres fra 1 til 0,1 voksen hunnlus per fisk.

Skulle det skje en betydelig rømming i et slikt fjordsystem, vil lusespredningen som skyldes rømt fisk, kunne bli vesentlig større.

Selv om det knyttes betydelig usikkerhet til slike beregninger, konkluderte HI-forskerne med at rømt fisk ikke bidro vesentlig til å øke mengden lakseluslarver i systemet, så lenge det var en viss mengde lus på fisken i merdene. Den rømte fisken synes derimot å ha en større betydning ved å bidra til reinfisering etter behandling mot lakselus og ved å transportere lakselus til andre deler av fjorden uten oppdrett.

NINA koordinerte i 2004-2006 et større forskningsprosjekt knyttet til Hardangerfjorden. (Se <http://www.nina.no> (Hardangerfjordprosjektet). Hovedmålet med prosjektet har vært å få mer kunnskap om hvordan lakselusen fordeler seg mellom oppdrettet- og vill laksefisk. Sluttrapport fra fase 1 kommer i inneværende år, mens fase 2 vil videreføres til 2009.



### **4.3 Om å måle lusepåvirkning ...**

*”Den beste luseindikatoren er - lus”.*

Hvilken skade som faktisk skjer når en copepoditt har festet seg til en vertsfisk, er godt dokumentert. Det er gjort en rekke studier som viser dette, bl. a. tålestudier fra laboratorium (Bjørn & Finstad 1997; Finstad et al. 2000) og feltarbeid (Holst & Jakobsen 1999; Bjørn 2002). Forsøkene viser at en laksesmolt vanligvis dør, dersom den er bærer av mer enn ca. 10 voksne lus, og at subletale effekter sannsynligvis inntreffer på atskillig lavere nivå enn dette.

Forsøk har vist redusert vekst hos laksesmolt som følge av lakselus (Skilbrei 2004). Smolt som ikke var behandlet mot lakselus vokste betydelig dårligere fra utsetting og fram til den kom tilbake til elven etter ett år i havet. Vekttapet var mest tydelig for de ubehandlede gruppene som ble sluppet i mai, noe som kan tolkes som at antallet lakselus har vært for lavt til å ta livet av denne fisken, men samtidig høyt nok til å påvirke fisken negativt (ved å gi den fysiologiske problemer, redusert appetitt eller endret adferd). Disse resultatene bekreftes ved flere års utsettinger av lakselusbehandlet smolt langs norskekysten. I tillegg har gjenfangsten av den behandlede fisken i flere tilfeller vært bedre (Bengt Finstad, NINA, pers. medd.).

Overvåking av lus på villfisk har vært gjennomført siden begynnelsen av 1990-tallet. En har laget oversikter der det er registrert lusepåslag:

- På sjøaure og sjørøye fanget i prøvefiske i sjø og elv.
- På laksefangster i kilenøter.
- Overflatetråling etter utvandrende smolt i ulike fjordsystemer.
- Undersøkelser av prematurt tilbakevandrende sjøaure og sjørøye.

En kunnskapsoppsummering er presentert av Bjørn et al. (2003). Måleparametere har primært vært antall lus pr fisk og andel individer som er infisert. (I sistnevnte tilfelle også utviklingen mht.. antall tilbakevandrende fisk)

Forslaget til overvåkingsprogram for nasjonale laksevassdrag og laksefjorder tar sikte på å følge utviklingen av lakselus i om lag 10 fjorder. (Nasjonale laksefjorder og referansefjorder.)

For å kunne vurdere om beskyttelsesregimet i de nasjonale laksefjordene har effekt tenkes fire primærmetoder brukt:

1. *Garnfiske etter sjøørret/sjørøye.*
2. *Kilenotfiske etter laks.*
3. *Burforsk.*
4. *Utsettinger av lakselusbehandlet smolt.*

Forslaget til overvåkingsprogram nevner at disse metodene kan suppleres med elfiske etter prematurt tilbakevandrende laks eller sjøaure i elver og overflatetråling etter utvandrende smolt. Undersøkelser med slipp av grupper med lakselusbehandlet smolt regnes i samme kategori. Det understrekes at disse metodene har større usikkerhet i feltinnsamlingen av data og/eller er langt mer ressurskrevende enn de som er nevnt først.

Programforslaget presiserer at overvåking og tolking av lakselusspredning må ses i sammenheng med hydrografiske forhold.

#### **4.4 Forslag til metoder og indikatorer**

I drøftingen av metoder vil gruppen legge til grunn 3 påvirkningskilder og gjøre en del kvalifiserte forutsetninger basert på kunnskap om produksjon av luseegg og spredning av egg. Det vil også bli lagt vekt på opplegget som er foreslått i overvåkingsprogrammet.

*A. Lusepress som skyldes lus fra oppdrettsfisk i merd.*

1) Måleparameter som indikerer lusepress fra oppdrettsfisk i merd tilsvarende det som presenteres av lusedata.no:

***Regionindeks for lusepress fra oppdrettsfisk i merd*** = Lus pr. oppdrettsfisk x antall fisk.

Denne parameteren sier selvsagt ikke noe om effekt av rømt oppdrettsfisk, men kan være en nyttig bakgrunnsparameter. (Et høyt lusenivå i merdene vil sannsynligvis forsterke luseinfeksjonene fra villfisk og rømt fisk.)

Gruppen antar at Mattilsynet/FHL vil fortsette publisering av denne typen data (se vedlegg 4).

*B. Oppsummering av en del metoder som måler lusepress i et område og som omfatter lusepåvirkning fra rømt fisk.*

2) Indikatorer basert på fangst av sjøørret .

**a) Ørretindikator** = Gjennomsnittsverdi av registrerte lus pr tilbakevandret sjøørret i et antall vassdrag i regionen.

**b) ”Utviklingsindikator ørret”** = årlig verdi i forhold til ”normal tilbakevandningsverdi”

I deler av landet har en registrert antall lus på tidlig tilbakevandrende sjøørret som mål på lusepresset i området. (*Luseforekomsten undersøkes ved elfiske i elveosene.*) Ved årlig telling av lus får en et mål som viser lusepresset distriktets sjøørretbestand utsettes for, og data som synliggjør utviklingen over tid.

I bestander med høye luseinfeksjoner kan effekten av lus være redusert overlevelse eller vekstreduksjon hos fisken. I tillegg antas at høye luseinfeksjoner kan bidra til å endre livshistorien til sjøørret.

I en del norske vassdrag er det påvist prematurt (dvs unormalt tidlig) tilbakevandret sjøørret med svært høye luseinfeksjoner. Det er sannsynlig at en del fisk dør som følge av disse høye infeksjonene. Dersom dødeligheten hos sjøørret i sjøfasen vedvarer, kan dette bidra til en livshistorieendring i ørretbestanden slik at andelen ferskvannsstasjonære individer i bestanden øker. Det finnes i dag ingen dokumentasjon på at en slik (genetisk basert) livshistorieendring har skjedd. Dersom dette dokumenteres, vil det, som i andre sammenhenger der påvises effekt

av lakselus, bli en utfordring å finne ut hvor stor del av lusebelastningen som skyldes lus fra rømt oppdrettsfisk.

Metoden forutsetter målbare bestander av sjøørret. Den kan ikke si noe om hvilken smittekilde som i størst grad bidrar til sjøørretens luseproblemer. Gruppen mener det kan være fornuftig å fortsette bruk av metoden der en allerede har gode tidsserier. Det kan også bli aktuelt å overvåke sjøørretbestanden ved garnfiske i sjøen.

### 3) Indikator basert på overflatetråling etter utvandrende smolt i ulike fjordsystemer.

Siden slutten av 1990-tallet har HI drevet forsøk med overflatetråling etter utvandrende smolt i fjordsystemer på Vestlandet og delvis Trøndelag. Forsøkene ble foretatt med spesialutstyr utviklet av HI for levendefangst av laks i havet. Undersøkelsene viste noen steder alarmerende store påslag av lakselus på utvandrende postsmolt. (Holst et al. 2003). NINA har i samarbeid med Fiskeriforskning foretatt tråling i Trondheimsfjorden siden 1992 og i Altafjorden siden 2002. Resultatene herfra har vist til dels lave lusepåslag på smolten, men i enkelte år har enkelte smolt i Trondheimsfjorden hatt høyere lusepåslag.

Metoden gir direkte et uttrykk for lusepresset som den utvandrende smolten utsettes for. (En måler påslagene direkte på den ville fisken). Metoden er relativt kostnadskreven, og den fordrer at trålingen makter å fange den utvandrende fisken. (En må være på rett sted til rett tid, noe som kan være vanskelig å få til.). Overflatetråling kan så langt ikke gi data om hvilken kilde som forårsaker lusepåslag.

Overvåkingsprogrammet synes å tone ned denne metoden når det gjelder overvåking av NLF. Sannsynligvis vil et fåtall fjorder tråles hvert år, med alternering mellom fjordene.

Gruppen synes dette er en fornuftig vurdering, men antar at metoden fortsatt bør brukes for å kontrollere andre målemåter.

### 4) Indikator basert på telling av lus på bur-smolt.

Forsøk der smolt av laks og/eller ørret settes i bur og undersøkes mht. lusepåslag er av relativt ny dato, men dersom det etableres et opplegg med autoriserte og regelmessige lusetellinger av utsatt "burfisk", vil forvaltningen trolig kunne få mer systematiske data enn dem en får gjennom trålfiske.

Overvåkingsprogrammet anser metoden som relevant for å måle lusepresset i fjordene og har antydning at det skal settes ut bur 2-4 steder fra innerst i fjordene og ut i åpent farvann. Det tas sikte på å etablere 2-4 lokaliteter langs en geografisk akse fra indre til ytre del av fjordområdene.

Regelmessig overvåking av lus på smolt som settes i merder (jf. vedlegg 1 C, HI del) kan gi et direkte mål på lusepresset i et område.

**"Burindikator" = Gjennomsnittlig antall lus pr. fisk i buret.**

Metoden gir muligheter til å observere geografisk forskjeller, samt ulikheter over tid.

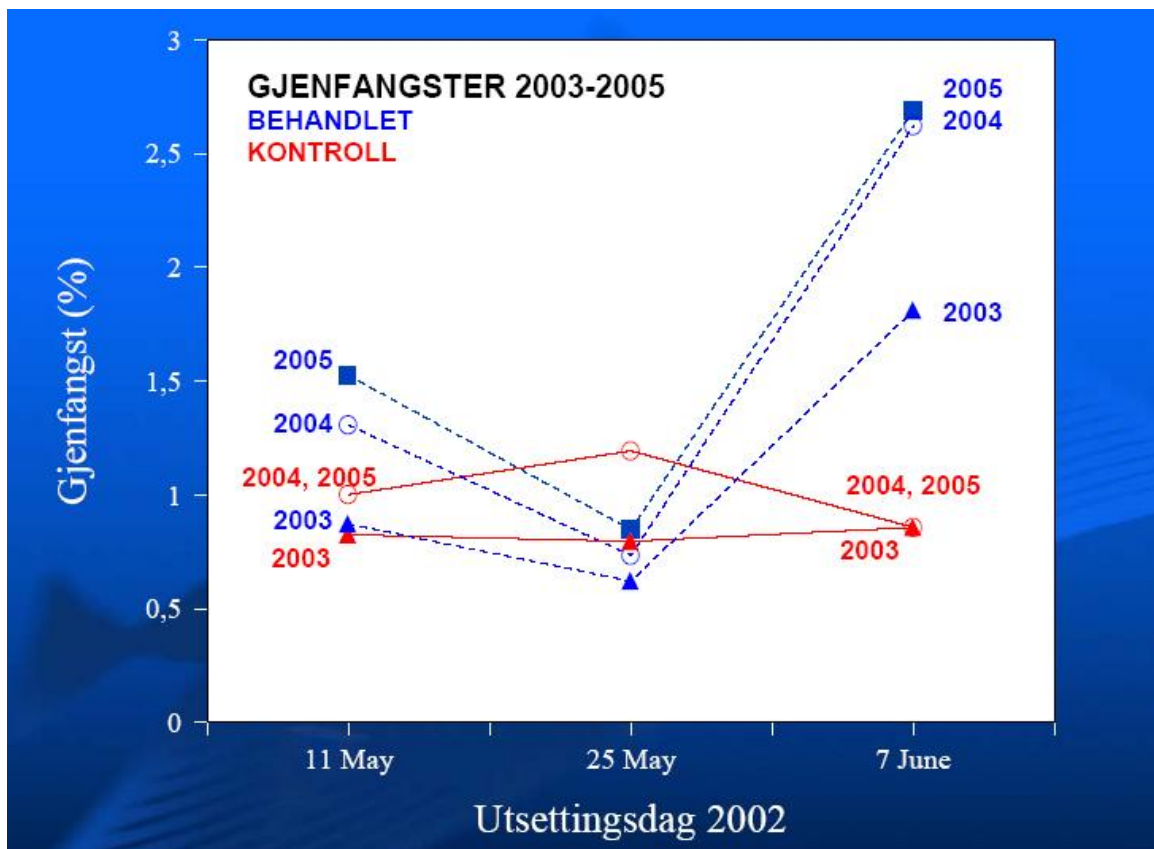
I områder med fiskeoppdrett vil det være vanskelig å beregne hvor mye av lusespredningen som skyldes rømt fisk, i forhold til lusespredning fra anlegg og villfisk.

Om en har data fra referanseområder uten oppdrett (eksempelvis Svennerbassenget), vil en kunne korrigere for "naturlig lusenivå" og få en nettoeffekt som kan tilskrives oppdrett.

##### 5) Bruk av lakselusbehandling på utvandrende smolt for å finne effekter.

NINA og HI har gjort undersøkelser med slipp av grupper med lakselusbehandlet smolt, som kan brukes til å estimere sammenhengen mellom lakselus og dødelighet på smoltstadiet. Metoden forutsetter at behandlingen med Slice eller tilsvarende nøytraliserer effekten av lakselus på utvandrende smolt.

Figur 15 er lånt fra en presentasjon av Ove Skilbrei, HI, og illustrerer forskjeller i gjenfangst mellom utsatt smolt som er behandlet/ ikke-behandlet med Slice og deretter utsatt i Daleelva, Vaksdal kommune.



**Figur 15. Forskjeller i gjenfangst ved slicebehandling.**

Det kan tenkes et system med smoltutsett (behandlet smolt samt kontrollgrupper) i definerte vassdrag for å måle lusepresset som den utvandrende fisken utsettes for. **Måleparameter kan da være prosentvis forskjell når det gjelder gjenfangst** (mht. antall og/eller størrelse).

Metoden kan eventuelt også brukes til å måle **prosentvis forskjell når det gjelder vekt** (forskjell mellom behandlet og ubehandlet smolt).

Fordelen med metoden er at den måler direkte effekt av lus; ulempen er at den ikke skiller mellom påvirkning fra rømt laks og fra nærliggende oppdrettsanlegg/villfisk. Skal en vurdere effekten av rømt fisk må en gjøre antakelser vedrørende de to andre utslippskildene.

### *C. To metoder som mer direkte måler lusepåvirkning fra rømt fisk*

#### 6) Måleparameter basert på innsendte data om rømt fisk.

***Regionindeks for lusepress fra rømt fisk = Anslått mengde lus pr. rømt fisk x antall rømt fisk.***

Når det gjelder anslag mht. lus pr. rømt fisk, er det mulig å bruke data fra Anistat som gjelder de aktuelle anleggene.

En indikator av denne typen vil bli relativt grov, men det er mulig å kvalifisere den ved å ta hensyn til om det er regnbueørret eller laks som har rømt, når tid på året rømming skjedde mm.

Et ankepunkt mot en slik enkel metode vil være at det er vanskelig å beregne hvordan antall lus pr. rømt fisk vil utvikles over tid. Det er usikkert hvor mange rømte fisk som vil overleve, bli værende i regionen osv. Å beregne hvor stort lusepress det er fra urapportert rømt fisk vil også være problematisk.

#### 7) Indikator basert på fangst av rømt fisk.

Ove Skilbrei (2005) har foreslått at det bør etableres et helårig overvåkingsfiske etter rømt laks og regnbueørret. Med basis i diverse forsøk har han pekt på at rømt regnbueørret i fjordene kan fiskes ned til et betydelig lavere nivå i løpet av få uker.

Ifølge Skilbrei vil *Fangst per innsats, dvs. antall fisk per garn per dag*, trolig gi et godt mål for den relative tettheten av rømt laks og regnbueørret i kyst- fjordområdene. Om det nyttes en slik metode, vil en kunne få opplysninger om hvor mye oppdrettsfisk som vandrer i et gitt område, samt direkte informasjon om lusemengde på denne fisken.

Gruppen kan tenke seg at det etableres en del faste fangststeder i utvalgte kyst- og fjordområder. En vil kunne telle antall lus på den rømte fisken og la dette være en indikator, eller en kan bruke dataene til å lage et totalmål for lusepresset i området. For å spare villfisken bør fangstingen avgrenses til visse deler av året.

DN har i dag et dusin kilenotlokaliteter som måler innblanding av rømt oppdrettsfisk i fiskesesongen. Disse bør kunne inngå i et program der en foretar systematiske målinger av lus på villfisk/rømt oppdrettsfisk.

Om det etableres et målesystem basert på overnevnte idé vil :

***Nivået på fangst per innsats.(F) kunne brukes som basis for å angi mengden rømt laks/regnbueørret som oppholder seg i et gitt fjord-/kystområde.***

*Det kan estimeres et*

*forholdstall/ en kvotient som viser sammenhengen mellom fangstmengde og mengden av rømt fisk i distriktet ( $q$ ). Rømmingsepisoder hvor en kjenner  $R$  kan benyttes til å kalibrering av  $q$ , gjerne i sammenheng med merke-gjenfangsforsøk*

$F \times q = R$  (dvs. mengde rømt fisk i området)

*En beregner den rømte fiskens lusespredningspotensial ved å ta utgangspunkt i **antall lus som telles på den rømte fisken som er fanget ( $Z$ )**. Det legges til grunn en **spredningsindeks ( $S$ )** (jf. Heuch & Mo2001) der en forutsetter at hver lus kan produsere et gitt antall luselarver/ copepoditter.*

Vi tenker oss at en parameter ( $I_{\text{nd lusepress}}$ ) for lusepress som forårsakes av rømt fisk kan defineres slik:

$I_{\text{nd(lusepress)}} = R \times Z \times S$

#### Utvalgets vurdering og tilrådning.

Utvalget mener at luserelaterte effekter på ville laksefisk som følge av laksefiskrømminger må måles så direkte som mulig. Indirekte mål vil, særlig hos frittlevende fisk, som regel resultere i en synsing fordi resultatene med hensyn på effekt vil være påvirket av en rekke andre faktorer enn de enkeltfaktorer som måles.

Etter å ha vurdert 7 ulike indikatorer har utvalget konkludert med at det er nødvendig å telle lus på rømt fisk direkte. En metode er å koble rømmingsdata og lusedata fra den merd eller hele anlegg som fiskene har rømt fra. Dette kan enten skje gjennom den pågående lusetellingen hvis denne er tilstrekkelig oppdatert i forhold til rømmingstidspunktet, eller man går aktivt inn og teller lus på gjenværende fisk i merder eller hele anlegg etter at en rømming har skjedd.

Den siste varianten vil være å foretrekke, men dette krever en viss beredskap. Denne beredskapen bør imidlertid kunne være pålagt det enkelte anlegg slik at kostnadene for den offentlige overvåkingen ikke behøver å øke. For å kunne beregne effekten av lakselus fra rømt laksefisk er det i tillegg nødvendig å følge villfiskpopulasjonene i lange tidsserier, både med hensyn på bestandsendringer og med hensyn på lusenivåer. Når vi kjenner luseproduksjonen i oppdrettsanlegg, luseproduksjonen hos rømt oppdrettsfisk og den "interne" luseproduksjonen innen villfiskbestander (data fra kontrollbestander) kan eksisterende modeller utvikles til å si noe om de relative bidrag av lus fra de tre kildene og således i forhold til effekt av lakselus på villfisk der lusene har opprinnelse fra rømt laksefisk.

Om forvaltningen vil ha et noenlunde direkte mål for lusespredningseffekten av rømt laks/regnbueørret, vil gruppen tilrå bruk av metode nr.7 kombinert med data som er nevnt i metode nr.6. En indikator basert på telling av lus på burmolt (metode nr. 4) vil kunne gi et godt uttrykk for samlet lusepress i et område.

#### **4.5 Om rømt oppdrettsfisk og overføring av andre infeksjose agens**

Historisk finnes det noen episoder der rømt fisk er definert som hovedårsak til spredning av sykdom til villfiskbestander. Det mest kjente eksempelet er furukolosespredningen på slutten av 1980tallet, da hundretusenvis av infisert oppdrettsfisk rømte, og det skjedde en spredning til mange vassdrag. Vi skal gi et kort resymé når det gjelder historisk spredning og den epidemiske perioden i Norge.

##### **Furunkulose**

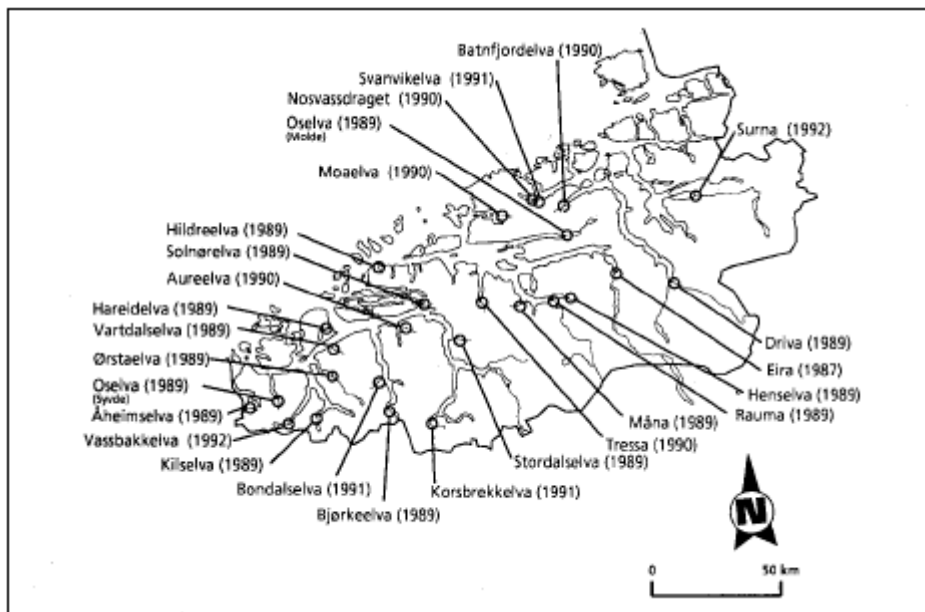
Klassisk furunkulose som skyldes en bakterieinfeksjon, ble første gang beskrevet i forbindelse med sykdomsutbrudd i sørtyske dambruk i 1894. Selv om furunkulose ikke ble rapportert fra USA før i 1902, er det mulig at introduksjonen av regnbueørret fra USA til Europa har bidratt til spredningen. Regnbueørretens sterke motstandsevne overfor furunkulose i forhold til ørret og laks understøtter til en viss grad denne hypotesen.

Furunkulosen fikk rask spredning i Europa rundt århundreskiftet. I Sørvest-England oppstod alvorlige utbrudd i fire elver i 1911. I 1935 ble syk laks og aure funnet i 28 elver med avløp mot øst- og sørvestkysten av Skottland..

Furunkulose ble påvist første gang i Norge i 1964. Regnbueørret i et oppdrettsanlegg i Vestfold fikk sykdommen etter import fra Danmark. Etter hvert dukket sykdommen opp i flere fiskeanlegg, og på villfisk i Numedalslågen, der den ble registrert jevnlig fram til 1977-78.

I 1985 ble furunkulose påvist i oppdrettsanlegg i sjøen i Nord-Trøndelag etter import av laksesmolt fra Skottland. Sykdommen ble registrert i Møre og Romsdal i 1988, og til sammen 32 anlegg i Møre og Romsdal og Nord-Trøndelag ble smittet. I løpet av 1989 spredte sykdommen seg hurtig til oppdrettsanlegg langs store deler av kysten, og spredningen fortsatte i de påfølgende årene. Antallet infiserte anlegg var 550 ved utgangen av 1992.

Samtidig spredte sykdommen seg til flere vassdrag. Ved utgangen av 1989 var det 22 infiserte vassdrag. Antallet økte til 42 i 1990, og til 74 ved utgangen av 1992 (Johnsen & Jensen 1994). Den raske spredningen hadde sannsynligvis sammenheng med de store rømmingene av oppdrettsfisk. Spredning skjedde trolig også ved uheldig transport (fisk, fôr) og via villfisk i sjøen.



**Fig 16 Furunkuloseutbrudd i vassdrag på Møre(1989-1992)**

*Furunkuloseinfiserte vassdrag i Møre og Romsdal pr.31.12.1992. 26 vassdrag ble smittet; derav 15 i 1989. De aller fleste ligger på Sunnmøre.(Jf. De store rømmingene pga.uvær) Vassdragene ligger delvis ute ved kysten, delvis langt inne i fjorder. Kilde: NINA*

De fleste sykdomsutbruddene med stor dødelighet(i vassdrag) ble rapportert fra områder med sammentrengning av store mengder fisk(under fosser og stryk som var vanskelige å passere.) Høy vanntemperatur var også en faktor som økte risikoen for utbrudd.

Når det gjaldt risiko for smitte, syntes laksen å være mer utsatt for furunkulose enn sjøørret og innlandsørret. Hos voksen laks var dødeligheten i en del vassdrag meget omfattende.(Johnsen & Jensen 1994)<sup>2</sup>) Virkningen på ungfisk (presmolt) var mindre enn på større fisk. (I denne perioden ble det bare funnet furunkulosedød ungfisk i to vassdrag.)

Konklusjonen fra denne epidemien er at furunkulose kan overføres til vassdrag ved at villfisk kommer i direkte kontakt med syk fisk, ved rømt oppdrettsfisk som fører patogener med seg eller via passiv spredning med vannmassene. Fisk kan være bærer av smitten uten at sykdommen bryter ut.

I dag vaksineres alle oppdrettslaks og regnbueørret mot furunkulosebakterien, og furunkulose vurderes ikke som en generell trussel for ville bestander av laks. Sykdommen kan tidvis gi store tap av gytefisk i enkelte vassdrag, og for små laksepopulasjoner kan furunkuloseangrep være ødeleggende.

Det er sannsynlig at furunkulosebakterien også i dag finnes hos mange villaks og kan utløse sykdomsutbrudd i vassdrag ved gitte uheldige miljøforhold.

### Om fiskesykdommen BKD

<sup>2</sup>)Mesteparten av opplysningene er hentet fra *NINA's.faktaark* Nr.10 — 1993



Bakteriell nyresykdom (BKD) var et problem i oppdrettsnæringen på 1980-tallet, men utbruddene er vesentlig redusert i ettertid.

Sykdommen forekommer fremdeles i enkelte områder der den også kan påvises i lakseførende vassdrag.

BKD er en bakteriesykdom av mer kronisk art som gir redusert tilvekst, men som sjelden forårsaker akutt dødelighet. Behandling med antibakterielle midler har som regel liten eller ingen effekt. Sykdommen bekjempes med kontrollert slakting, brakklegging og smitteforebyggende tiltak. Det finnes ingen effektiv vaksine. Som for furunkulose pålegges det spesiell sykdomskontroll ved stryking av stamfisk for å forhindre oppformering av smitten gjennom kultivering. Det er usikkert hvordan interaksjoner mellom oppdrettet og vill fisk påvirker utviklingen av BKD. Sykdommen anses ikke som en generell trussel for ville bestander av laks, men det er usikkert hvordan enkelte smittede bestander påvirkes over tid.

#### Andre fiskesykdommer.

##### *Infeksiøs pankreasnekrose (IPN)*

I dag kan IPN-viruset påvises i de fleste norske matfiskanlegg. IPN er den sykdommen som forårsaker størst tap av oppdrettssmolt etter utsetting i merder i sjø.

IPN-viruset er forholdsvis vanlig forekommende hos villaks. Den historiske utbredelsen til IPN-viruset er ikke kjent. Viruset kan ha vært vanlig forekommende også før man startet oppdrett i Norge, men det er også mulig viruset har blitt stadig spredt til nye områder med flytting av fisk og via vandrende, rømt fisk. Viruset vil også kunne spres med vandrende ville laksefisk.

Det er ikke påvist dødelighet som følge av IPN på ville bestander av laks, men utbrudd av sykdommen er påvist i kultiveringsanlegg. Den relativt høye forekomsten av IPN i oppdrettsanlegg ser ikke ut til å ha gitt negative effekter for viltlevende bestander, men en kan ikke utelukke at uheldig påvirkning forekommer.

*Pancreas sykdom (PD)* er et betydelig og økende problem i oppdrettsnæringen. Sykdom hos villfisk er ikke påvist, og det er heller ikke kjent om villfisk kan være et reservoar for denne sykdommen.

Fra slutten av 1980-tallet har *Infeksiøs lakseanemi (ILA)* representert en stor trussel for norsk oppdrettsnæring. Viruset har imidlertid kort levetid i sjø og lar seg kontrollere ved brakklegging. En har ikke kunnet påvise negative effekter hos viltlevende bestander i områder med mye ILA.

Noen forskere hevder at utbrudd av ILA i Norge og andre land, der utbruddene ikke kan settes i forbindelse med tidligere utbrudd av sykdommen, indikerer at smitte fra naturlige reservoar til oppdrettsfisk forekommer langt hyppigere enn tidligere antatt. I Norge har studier utført ved Universitetet i Bergen antydning at hovedreservoaret for ILA-viruset sannsynligvis er ørret (*Salmo trutta*) i ferskvann.

Et annet viktig resultat av smittestudier med ILA-virus på ørret er oppdagelsen av at virusproduksjonen i fisken varierer med fiskens tilstand. Hvis ørret blir stresset av miljøfaktorer, lakselus eller kjønnsmodning, så øker produksjon av virus i fisken.

Den høyeste tettheten/nærkontakten av laks og ørret er i elvene i forbindelse med gyting. På denne måten sikrer ILA-viruset seg muligheten for spredning.(Nylund et al. 2003)

Sykdommen *Kardiomyopatisyndrom (CMS, "hjertesprekk")* var inntil nylig bare påvist på oppdrettslaks, men i 2003 ble det tilfeldig påvist hjerteforandringer forenlige med CMS på 2 villaks fanget ved Dønna i Nordland og i Namsen i Nord-Trøndelag.(Poppe & Seierstad, 2003)

Med hensyn til oppdrettsnæringens smittespredning kan en generelt si at tiltak som regelmessig brakklegging av lokaliteter, generasjonsadskillelse, flytting til bedre lokaliteter og ikke minst effektive vaksiner har ført til at presset fra denne kilden nå synes mindre enn det var for 10- 20 år siden.

Dersom smittepresset fra oppdrettsnæringen holdes på et lavt nivå, kan det se ut som om sykdomsproblemene for villaksen er relativt beskjedne.

Men situasjonen kan endre seg, og det kan oppstå nye sykdommer som er vanskeligere å håndtere.

#### **4.6 Status for overvåking av andre infeksjose agens**

Overvåkings- og kontrollprogrammene som gjelder fiskehelse er hovedsakelig knyttet til oppdrettsnæringen og er enten utformet for å opprettholde fristatus eller for å få innvilget tilleggsgarantier etter gjeldende EU-bestemmelser. Frisonestatusen er av stor betydning for omsetning av akvakulturdyr/produkter fra Norge til Europa og omvendt.

For å tilfredsstille kravene for opprettholdelse av fristatus mhp VHS/IHN foretas:

- Inspeksjon i alle typer anlegg med mottakelige arter fisk/skjell.
- Prøvetaking i 50% av fiskeanleggene med mottakelige arter (mhp VHS/IHN) som er i drift hvert år (på rotasjonsbasis).

Norge har søkt om tilleggsgarantier for sykdommene *BKD* og *infeksjon med Gyrodactylus salaris*. Dette medfører at det også for disse sykdommene må dokumenteres status. For parasitten *Gyrodactylus salaris* må det bevises fravær i villlevende bestander.

Etter gruppens vurdering bør fiskeprøvene som tas i overvåkingsprogrammet for *Gyrodactylus salaris*, også kunne brukes i andre sammenhenger- f.eks. til å definere fiskens generelle sykdomsstatus, til uttak av DNA mv.

Prøveuttak mhp BKD og *Gyrodactylus salaris* skjer i anlegg som er kvalifisert til det i henhold til prosedyren for den aktuelle sykdom og som allerede er besluttet prøvetatt mhp VHS/IHN. Ferskvannsanlegg for laks som skal prøvetas mhp VHS/IHN i 2006 prøvetas også for de to andre sykdommene.

Alle oppdretts- og kultiveringsanlegg er en pålagt risikobasert, regelmessig helsekontroll, og den private dyrehelsetjenesten/oppdretterne er pålagt å rapportere smittsomme sykdommer til

Mattilsynets distriktskontorer. (Dette gjelder A- og B-sykdommer). Dataene plottes fortløpende inn i databasen Anistat. Alle A- og B-sykdommer skal verifiseres av Veterinærinstituttet som er nasjonalt referanselaboratorium. Veterinærinstituttet har sin egen database for registrering av sykdommer og agens påvist hos fisk i Norge.

Sykdomsdata fra vill anadrom laksefisk blir normalt registrert i Anistat i den grad påvisningen kan knyttes til et juridisk foretak (kultiveringsanlegg og lignende). Data fra syk villaks mv. registreres p.t. noe tilfeldig hos Mattilsynet i det aktuelle distriktet/ regionen.

### *Signaler fra overvåkings- og evalueringsprogrammet for nasjonale laksevassdrag og laksefjorder*

Effekten av NLF skal evalueres gjennom et overvåkingsprogram. Her skal også forekomsten av fisesykdommer hos rømt oppdrettslaks og villaks kartlegges.

Overvåkingsprogrammet vil ta initiativ til at:

- Det utarbeides rutiner som sikrer at all rapportering av fisesykdommer på anleggslokaliteter for anadrome laksefisk og marine arter innenfor nasjonale laksefjorder blir rapportert til overvåkingsprogrammet.
- Det utarbeides rutiner for registrering av selvdød og syk fisk i samarbeid med lokale rettighetshavere og lokalt mattilsyn.
- Rapporteringen som er knyttet til sykdom på villfisk i kultiveringsanlegg, samt tilfeldige funn/rapporter fra sportsfiskere må også rutineres.

Siden dagens prøvetakingsprogrammer (OK programmer<sup>3</sup>) primært har til hensikt å dokumentere fravær av meldepliktige sykdommer (VHS/IHN, BKD og *Gyrodactylus salaris*) i norsk oppdrettsnæring, vil disse programmene i liten grad gi informasjon om hvorvidt oppdrettsaktivitet påvirker villaks i nærliggende vassdrag.

Skal en få mer eksakt viten er det nødvendig å etablere nye systemer eller prosjekter som kartlegger sykdomsstatus på vill og rømt oppdrettslaks i vassdrag. En slik kartlegging er avhengig av at en har et tilgjengelig apparat og får tilgang til fisk fra aktuelle vassdrag.

Uavhengig av hvilken infektiv organsime vi ønsker å følge, må vi kjenne prevalens for å kunne fastslå bidraget fra rømt oppdrettsfisk og effekt på ville laksefisk

I dag vet vi altfor lite om den ville fiskens sykdomssituasjon. For å opparbeide en status og legge et grunnlag for senere analyser bør derfor en begynne å samle inn biologisk materiale i et gitt antall vassdrag med/uten stor innblanding av oppdrettsfisk. Prøver fra frittstående villfisk og oppdrettsfisk fanget i sjø kan også gi nyttig informasjon.

---

<sup>3</sup> Mattilsynets overvåkings- og kontrollprogrammer som gjelder fiskehelse og skjellhelse.

Dersom rømt fisk skal overvåkes med hensyn på lakselus, bør de samme individene kunne brukes til å kartlegge prevalens og abundans for andre infeksjose agens. Dersom det er ønskelig/nødvendig å komme raskt i gang med en slik kartlegging og overvåking, forut for en grunnleggende kartlegging av hva som naturlig finnes i ville laksefiskbestander, mener gruppen at det bør fokuseres på Pankreas Sykdom (PD) og den marine formen av ørretmarken *Eubothrium crassum*.

PD er en forholdsvis ”ny” sykdom som synes å spre seg, mens ørretmarken er forholdsvis vanlig i tarmen til oppdrettsfisk og villfisk. På samme måte som for lakselus, må det forventes at det store antallet infiserte oppdrettsfisk bidrar til et vesentlig økt smittepress av ørretmark mot villfisk. Det er vel kjent at effekten av noen ørretmark i en laksefisktarm reduserer fiskens vekst. En slik effekt kan måles hos ville laksefisk. De infeksjose agens som eventuelt skal overvåkes hos rømt oppdrettsfisk, må også undersøkes hos ville laksefisk. Kjennskap til de infeksjose agens er, som nevnt, en forutsetning for at det skal være mulig å registrere endringer og eventuelle effekter av dem.

Indikatorer som gjelder andre infeksjose agens - en kort tilråding.

- A) Ved undersøkelser av infeksjose agens hos villaks og rømt oppdrettslaks vil det i første omgang være fornuftig å overvåke viruset som forårsaker Pancreas sykdom (PD), og den marine varianten av ørretbendelmarken *Eubothrium crassum*.
- B) På sikt kan det muligens utvikles måleparametere ved å:
  - a. Teste for andre relevante infeksjoner.
  - b. Undersøke for eventuelle patologiske forandringer (obduksjon/histologi) som følge av sykdom på vill- og rømt oppdrettslaks.
  - c. Undersøke blodparametere knyttet til vill- og oppdrettslaks mot utvalgte fiskepatogener.

## **KAPITTEL 5**

### **MARINE ARTER – EFFEKT AV RØMMING OG MULIGE INDIKATORER**

I dag synes de største miljøutfordringene i forbindelse med rømming av marin fisk å være knyttet til torskoppdrett, og beskrivelsen av denne arten vektlegges her. Mer informasjon knyttet til genetisk påvirkning fra oppdrett av viktige akvakulturarter i Europa kan finnes på:  
<http://genimpact.imr.no>

#### **5.1 Torsk**

Våre viktigste kommersielle fiskebestander som nordøstarktisk torsk har gyteområder langs kysten, i tillegg til en rekke stedeagne bestander. Dersom oppdrettsanlegg legges i tilknytning til slike områder, er det flere muligheter for interaksjoner.

Oppdrett av torsk kan påvirke lokale bestander på flere områder som:

- Genetiske interaksjoner (Rømt domestisert torsk kan krysse seg med vill torsk, gyting i merder m.m.).
- Spredning av patogener.
- Påvirkning av gytevandring til vill torsk.
- Økologiske interaksjoner med andre (fiske)arter.

Det er gjennomført en rekke relevante prosjekter både av Havforskningsinstituttet og andre institusjoner, men denne kunnskapen er ennå ikke satt sammen for å belyse hvordan oppdrett av torsk kan påvirke lokale bestander av torsk. Her er en foreløpig oppsummering basert på revisjon av deler av Svåsand et al., (2005, 2006; Jørstad & van der Meeren, (2006). For mer utfyllende informasjon se også: Jørstad et al. (2006), Samuelsen et al. (2006).

#### **Rømming av torsk - Genetisk påvirkning på ville bestander?**

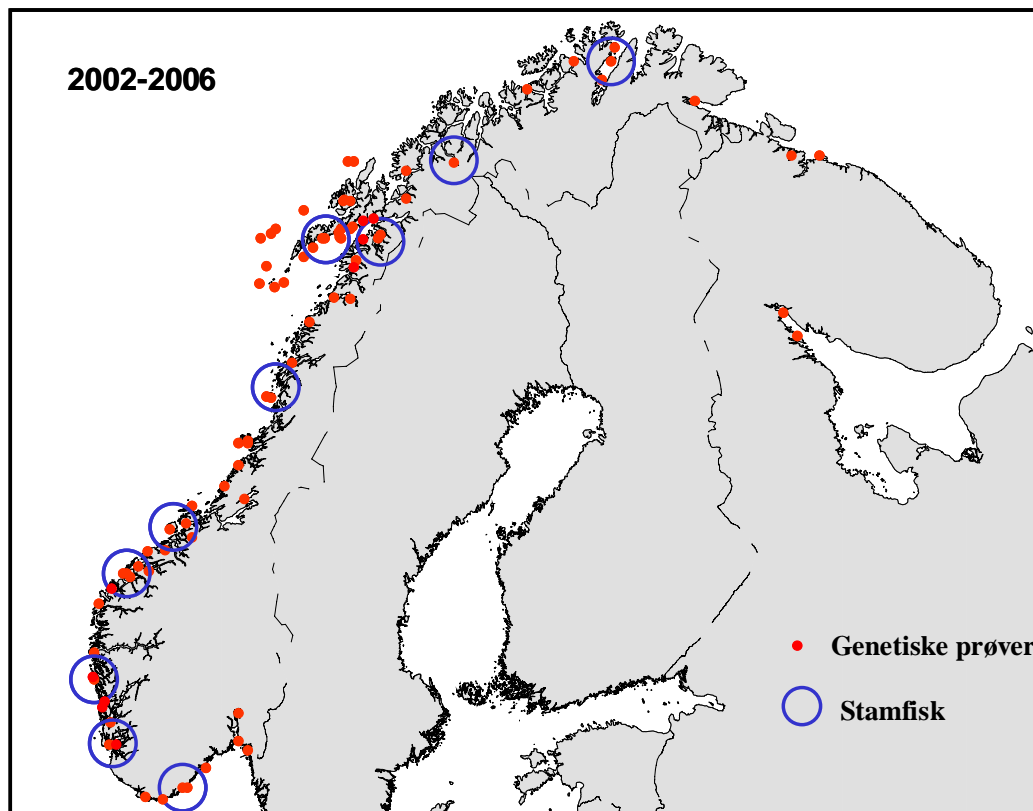
Genetisk påvirkning på ville bestander er en av de viktigste miljøutfordringene ved oppdrett. Torsk har en annen atferd enn laks og har lettere for å rømme når det først er hull i merden. Selv om størrelsen på torskoppdrett ennå er svært liten, er det allerede rapportert om store rømmingsepisoder.

Flere forhold tilsier at utfordringene vil bli store med torskoppdrett. Kysttorsk har gyte- og oppvekstområder i de samme områdene som oppdrettsanleggene ligger, uten barrierer. Under normale forhold blir torsk kjønnsmoden etter to år i oppdrett, og genetisk påvirkning kan da skje ved at torsk rømmer, eller at befruktete egg slippes ut av merden.

For torsk har en et godt grunnlag for å evaluere genetiske effekter av oppdrett, ettersom en fra 1960-tallet har gjennomført genetiske studier av torsk. Fra 2002 er det gjennomført en storskala kartlegging av kysttorsk langs hele norskekysten, basert på tidligere (syv protein loci) og nye DNA-baserte genmarkører (seks mikrosatellitt-loci og *PanI*; Figur 18). Over 10000 prøver er samlet inn fra 90 lokaliteter langs hele kysten.

De nye analysene bekrefter at det er store genetiske forskjeller mellom nordøstarktisk torsk (skrei) og kysttorsk i *PanI*-systemet. Det er funnet genetiske forskjeller mellom norsk arktisk

torsk og kysttorsk også i hemoglobin-systemet og i tre DNA-mikrosatellitter. Det er stor genetisk variasjon mellom kysttorsk fra ulike områder - særlig mht. nord / syd.



**Figur 17. Kartlegging av kysttorsk i perioden 2002-2006.** Torsk er samlet inn fra 90 lokaliteter (røde punkt), og levende stamfisk er samlet inn fra ti lokaliteter (blå sirkler). Samarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Bergen,; Fiskeriforskning, Tromsø; Norges Fiskerihøgskole, Tromsø og Moscow State University, Moskva.

Som en del av havbeiteprogrammet Push ble det produsert og satt ut over 200 000 genetisk merket torsk på tre lokaliteter i Hordaland (Heimarkspollen i Austevoll, Masfjorden og Øygarden). Dette medførte en genpuls med økt frekvens av markørgenet i utsettingsområdene. Havforskningsinstituttet har nå reetablert en bestand av genetisk merket torsk, og i 2006 ble det gjennomført et kontrollerte forsøk for å studerer effekten av gyting i merd.

### Gyting i merd

Under normale vekstforhold vil mesteparten av oppdrettstorsken bli kjønnsmoden ved toårs alder, og under gode vekstforhold kan en del oppdrettstorsk bli moden allerede som ettåringer. Oppdrettstorsken blir tidligere moden enn tilsvarende torsk i vill tilstand hvor modningen gjerne først inntreffer mellom tre og åtte år, avhengig av bl.a. vekstforholdene. Det er sannsynligvis den gode fødetilgangen og veksten som forårsaker tidlig modning i oppdrett. Kjønnsmoden oppdrettstorsk kan representere en genetisk trussel mot de ville torskestammene, hvis den rømmer fra merdene eller ved vellykket gyting og befruktning av egg i merdene. Oppdrettstorsk produserer store eggmengder, og en stor bestand av gytende oppdrettstorsk langs kysten kan gi en stor andel gyttede egg i forhold til villtorsk.

For å få nærmere data på effekten av gyting i merd, gjennomførte Havforskningsinstituttet i 2006 et forsøk hvor det er satt ut en stamfiskbestand bestående av genetisk merket torsk i et avgrenset fjordsystem, Heimarkspollen (80 millioner m<sup>3</sup>) på Austevoll. Vill torsk gyter også i pollen. Bruk av genetisk merket stamfisk muliggjør identifisering av avkom, og dermed kvantifisering av naturlig gyting i merd. Pilotforsøk i Heimarkspollen i Austevoll viste at 25 % av torskelarvene i de frie vannmassene i begynnelsen av april kom fra genmerket oppdrettstorsk som var satt ut i merd for å gyte. Et nytt larvetokt i slutten av april viste betydelig spredning av torskelarvene, også ut av pollen. Av larver som ble funnet 8 km fra gytemerden, hadde vel 1 % av torskelarvene det genetiske merket.

Forskning har så langt vist at kjønnsmodning av oppdrettstorsk med lysstyring i merdene kan utsettes, men ikke stoppes. På samme måte som for laks, kan bruk av lys utsette første modning og øke veksten hos oppdrettstorsken. I kar kan kjønnsmodningen utsettes hos torsk til den er minst tre år gammel ved lysstyring, men i merder har en så langt kun klart å utsette modningen med rundt fire til seks måneder, slik at selve modningen finner sted om sommeren i stedet for den naturlige gytesesongen som normalt er fra februar til april.

Det er foreløpig usikkert om den lysstyrte torsken virkelig slipper egg i merdene når den blir moden i sommermånedene, og om disse eggene blir befruktet og kan gi levedyktig avkom. Høye sommertemperaturer forhindrer sannsynligvis torskens gyting, men dette er ennå ikke studert.

Selv om lysstyring kan bidra til bedre produksjonsresultatet for torskeoppdretterne, og muligens også forhindre eller redusere utslipp av befruktete torskeegg fra merdene, vil slik lysstyring ikke forhindre gyting hos rømt torsk. Torsk ser ut til å rømme lett fra oppdrettsmerdene, og det kan derfor bli behov for alternative teknikker for å hindre kjønnsmodning og gyting hos oppdrettstorsk. Dette kan omfatte produksjon av steril torsk, for eksempel ved triploidisering. Triploidisering innebærer at fisken har tre kromosomsett, to fra mor og en fra far. Triploid fisk er normalt helt steril. Den triploide fisken produseres normalt ved at en utsetter eggene for et trykksjokk like etter befruktning, men dette er enda ikke testet i torsk. Det er også usikkert om triploid torsk vil klare seg like godt i oppdrett som normal torsk.

## **5.2 Spredning av infeksiøse agens fra torskeoppdrett**

Spredning av infeksiøse agens fra oppdrettsanlegg til ville bestander kan bli et betydelig miljøproblem. Ikke minst lakselusproblemer har vist at slik spredning kan gi store negative effekter på ville bestander. Spesielle hensyn må tas når oppdrettsanlegg legges i viktige oppvekst, eller gyteområder for villfisk. Havforskningsinstituttet har blant annet på dette grunnlag frarådd torskeoppdrett i Lofoten/Vesterålen (Svåsand et al. 2006). Det er i dag neppe kunnskapsgrunnlag for å kunne si hvilke patogener som vil forårsake problemer for villfisken. Ut fra en generell økologisk betraktning vil parasitter som kan smitte direkte mellom torsk, ha forutsetninger for å kunne formere seg i oppdrettsanlegg, mens parasitter som har en eller flere mellomverter, sannsynligvis vil kunne kontrolleres med enkle tiltak. En rekke parasitter er tidligere kjent fra torsk. Flere *Gyrodactylus*-arter og flere arter av lus og er potensielle problemskapere. Det samme kan gjelde flere virus og bakterier. En kunnskapsstatus om virus- og bakteriesykdommer hos torsk finnes hos Samuelson m. fl. (2006).

Sykdomsfremkallende mikroorganismer vil ha ulik overlevelsessevne i de frie vannmasser. Frie viruspartikler vil bli mer eller mindre inaktivert av UV-stråler, mens virus som er bundet i

organiske partikler i større grad vil kunne bli stabilisert. Det vil også være stor forskjell i overlevelsestid mellom ulike typer virus, siden virus er ”konstruert” svært forskjellig fra naturens side. De fleste bakterier som kan forårsake sykdom hos fisk, er det som kalles ”*opportunistisk sykdomsframkallende*”, og disse kan overleve i vann i lengre tid og formere seg utenfor verten. Omkring 1990 ble det publisert flere arbeider som omhandlet bakteriers evne til å tåle sulting, og de konkluderte med at mange slike bakterier kan overleve lenge, både i vannmasser og i sedimenter.

I dag vet en at bildet er mer sammensatt. Omsetningen av bakterier i naturen kan være høy, og det betyr at bakterier som ikke formerer seg raskt, kan minke i antall.

Bakterier av typen ”opportunister” har et mye videre sett av overlevelsesstrategier enn det som finnes hos virus eller såkalt ”*obligat sykdomsframkallende*” bakterier, som bare kan overleve ved å framkalle sykdom hos en vert. Opportunister kan ikke bare overleve uavhengig av verter, de kan ofte utgjøre en del av vertenes normalflora. De betyr at de er til stede hos friske individer og først utløser sykdom når verten svekkes, for eksempel som følge av temperaturendringer, ekstrem sult eller andre former for stress. Mange slike bakterier, for eksempel vibriosebakterien *Listonella (Vibrio) anguillarum* og atypiske furunkulosebakterier (*Aeromonas salmonicida*), er kjent fra mange arter. Også IPN-virus har et vidt vertsspekter. Viruset er viktig hos laks, og har også vært en viktig dødsårsak i oppdrett av kveite og piggvar. En vet lite om disse virusene hos villfisk, men det er ikke usannsynlig at de har en vid utbredelse i ville fiskebestander, kanskje også hos torsk.

En bakterie som har bydd på vesentlige problemer i torskeoppdrett er *Francisella* sp. I 2006 har infeksjon med *Francisella* sp. antakelig vært den viktigste torskesykdommen. Det er sterke indikasjoner på at disse bakteriene er utbredt i ville populasjoner. Det er mulig at torskeoppdrett skaper gode forhold for oppformering av disse bakteriene. Tiltak for å hindre slik oppformering, kombinert med overvåking av nivået på slike infeksjoner i ville populasjoner er derfor nødvendig.

Nodavirus, som er kjent fra kveite i Norge, kan også ramme torsk. Tidligere har kanadiske torskeyngeloppdrettere rapportert betydelige problemer med dette viruset. Sykdommen er sannsynligvis underrapportert i Norge, siden påvisning vil medføre båndlegging og alvorlige økonomiske tap for oppdretterne. Det er dokumentert flere andre virusinfeksjoner hos torsk, og all erfaring fra andre oppdrettsarter tilsier at problemer vil oppstå. Hvilke effekter dette vil ha på villfisk er det ikke mulig å si noe sikkert om i dag. I områder med høy konsentrasjon av oppdrettsanlegg er risikoen for smittespredning fra oppdrett til villfisk størst. Her vil det være viktig å skjerme de viktigste gyteområdene – som Lofoten – for torskeoppdrett. Samtidig er det klart at nodavirus og andre infeksiøse agens kan ha et betydelig ”bakgrunnsnivå” i ville populasjoner. For å kunne evaluere effekter av oppdrett er det avgjørende å kartlegge ”naturlig” forekomst av viktige infeksiøse agens i ville bestander i forkant av utviklingen av torskeoppdrettsnæringen.

Et virus som byr på spesielle utfordringer er VHSV (viral haemorragisk septikemi virus). Slike virus kan gi alvorlig sykdom på regnbueørret, og er derfor listet som en gruppe A-sykdom. (dvs en alvorlig fiske sykdom som normalt ikke forekommer i Norge). Beslektede virus er vanlig på marin fisk, bl.a. torsk. Tilgjengelig informasjon, vesentlig fra britiske og danske forskningsmiljøer gir klare holdepunkter for at VHSV er utbredt i marine fiskebestander, men at disse virusene har lav sykdomsframkallende evne.

Ut fra tilgjengelig biologisk kunnskap er det derfor liten grunn til å betrakte disse virusene som en trussel i våre kyst- og havområder.



## Lus og andre parasitter

Over 100 forskjellige parasittarter er kjent fra torsk. Noen av disse vil nok forårsake problemer i torskeoppdrett. Generelt vil parasitter med direkte smittevei (dvs. uten mellomverter) være de som kan gi størst problemer, selv om det er flere slike parasitter som kan gi alvorlig sykdomsproblemer. Slike parasitter vil få gode livsbetingelser i et system med høy tetthet av verter – noe som per definisjon finnes i oppdrett. Parasitter med mer kompliserte livssykluser vil i mindre grad gi problemer.

Når dyreplankton blir brukt som fôr i ekstensive og semi-intensive oppdrettsanlegg, blir kan parasitter komme inn via foret(merk: ikke alle parasitter spres denne veien). Etter hvert som intensive produksjonsmetoder tar over, vil problemet reduseres og sannsynligvis elimineres.

Lakselus er blitt et kjent begrep for de fleste etter problemene denne parasitten har skapt i de senere årene. Lakselusen har en rekke slektninger, og de fleste fisker i havet har sine "lus". Når det gjelder torskeoppdrett, er det spesielt to arter som kan lage problemer, torskelus (*Caligus curtus*) og skottelus (*Caligus elongatus*). Torskelus finnes på torsk og ulike andre torskefisk som f.eks. lange, lyr, sei og brosme, mens skottelus er en generalist som er funnet på mer enn 80 fiskearter fra ulike familier.

En betydelig andel av lakselusen en i dag finner i de frie vannmasser, er produsert av lus som sitter på oppdrettsfisk i merd. Vill laksefisk blir derfor utsatt for et langt høyere smittepress enn hva som ville vært tilfelle i et naturlig miljø uten oppdrett. Spørsmålet er da om det samme vil skje med lus på oppdrettstorsk. Et scenario der omfattende torskeoppdrett langs kysten er kombinert med at torskelus og/eller skottelus trives i merdene, vil utgjøre en vesentlig økologisk utfordring, ettersom villfisk i merdenes nærrområder vil være naturlige verter for både torskelus og skottelus. Det er vist at lakselus kan overføre virus fra en fisk til en annen. Om torskelus eller skottelus kan fungere som smittebærere vet vi lite om, men potensialet for en toveis overføring av sykdom mellom villfisk og fisk i merd er tilstede, spesielt når både skottelus og torskelus synes å være mer tilbøyelige til å hoppe mellom verter enn lakselusen, og at merdene naturlig er omgitt av villtorsk og andre nært beslektede arter.

I 2006 startet et flerårig samarbeidsprosjekt for å kartlegge og følge utvikling i parasittfauna hos vill og oppdrettet torsk i to områder med torskeoppdrett, Øksfjord i Finnmark og Helgeland i Nordland. Både lokal fjordtorsk, innsigtorsk, klekkeriprodusert torsk og levendefanget torsk til oppdrett blir undersøkt. Alle organer hos fiskene blir studert ferske med hensyn på forekomst av alle typer parasitter. Etter behov blir parasitter tatt med til laboratoriet og undersøkt ved hjelp av lysmikroskopi, skanning- eller transmisjons-elektronmikroskopi eller genetiske metoder. Prosjektet er kalt CODPAR og ledes av Veterinærinstituttet i Oslo.

De siste årene har HI undersøkt torskelusens livssyklus og forekomsten av lus på gytetorsk langs kysten. Undersøkelser av garnfanget torsk fra Tromsø til Stavanger viser små forekomster av torskelus. Erfaringer fra laboratoriet viser imidlertid at lus detter svært lett av fisken ved håndtering, og det er uklart i hvilken grad vi kan stole på data fra fisk fanget i garn. Erfaring tyder også på at denne lusearten forsvinner fort fra infisert fisk som settes i både merd og kar. Det synes derfor klart at torskelusen har en helt annen atferd enn lakselusen, som er mye tettere bundet til sin vert. Et åpent spørsmål er derfor om torskelusen vil trives i merdene.

Forekomst, økologi og atferd hos torskulus og skottelus er generelt lite undersøkt. Det avgjørende for fremtidig utvikling vil være om lusener infiserer torsk i merd og trives der, og om avkom fra lus på oppdrettstorsk bidrar til økt smittepress for villfisk og annen oppdrettstorsk. Skal man kunne si noe nærmere om hvilke konsekvenser torskeoppdrett kan ha for spredning av lus, må det legges en innsats i forskning på disse to artene i årene fremover.

Først og fremst er det viktig å bringe på det rene om fisk i merd smittes, eventuelt hvor vanlig slik smitte er og hvordan fisken smittes. Er det fullvoksen lus som svømmer gjennom noten og hopper på fisken, eller vokser lusener opp på fisken i merden? Videre må oppdrettsanlegg overvåkes og data samles, slik at en kan oppdage endringer i infeksjonsbildet over tid. Spesielt viktig er også kunnskap om normalsituasjonen i havet og i oppdrettsanlegg, før torskeoppdrettet brer om seg, slik at det blir mulig å måle eventuelle effekter av torskeoppdrett. Denne innsatsen må komme nå, ellers blir det for sent og en vil aldri kunne kartlegge basisnivået uten oppdrett – akkurat som for andre patogener med direkte smittevirkning.

Innen denne kunnskapen er på plass vil det være en god strategi å ikke legge oppdrettsanlegg i torskens viktigste gyteområder.

### **5.3 Mulige indikatorer – effekter av rømt marin fisk, spredning av infeksjose agens**

#### **Genetiske interaksjoner**

Etter at populasjonsstrukturen hos kysttorsk er klarlagt og dokumentert, foreslås det igangsetting av et overvåkingsprogram hvor en årlig tar prøver av kysttorsk i utvalgte lokaliteter, og sammenligner genetisk struktur i prøvene med "baseline" fra kartleggingsarbeidet. En signifikant endring i genetisk struktur vil være et mål på negativ effekt av rømt oppdrettsfisk, eller gyting i merd. Dette forutsetter at en også har data på oppdrettslinjene som brukes i torskeoppdrett, og at den genetiske endringen kan knyttes til avkom av oppdrettstorsk i naturen.

#### **Bestandsutvikling og økologiske interaksjoner**

Utvikling av bestandsstørrelse for viktige kysttorskpopulasjoner (totalstørrelse og gytebestand) bør overvåkes.

Det vil også være en utfordring å finne gode indikatorer på endringer i *økologiske egenskaper* som er viktige for torskens lokale tilpasning og som potensielt kan påvirkes av rømt oppdrettstorsk. Mulige parametere kan være vekst, vandring, tid for kjønnsmodning, gyteatferd, oppdrift til egg mm.

#### **Spredning av infeksjose agens**

Basisnivå for utvalgte parasitter, bakterier og virus kartlegges og overvåkes systematisk i utvalgte marine bestander. Det er viktig å inkludere bestander med ulik eksponering for oppdrett i overvåkningen.

## **KAPITTEL 6**

### **FORSLAG TIL FORSKNING OG METODEUTVIKLING.**

#### **6.1 Laksefisk**

##### **Om å måle økologiske effekter.**

Det er gjort en god del forskning med formål å studere konsekvenser av rømt laks som går opp i elv og påvirker de ville laksebestandene.

Den største utfordringen for forskning på økologiske effekter, er sannsynligvis å måle effekter av rømt oppdrettslaks på laksebestandens produktivitet. Dette kan gjøres ved å utvide antallet eksperimenter som kvantifiserer effekter av oppdrettslaks under kontrollerte betingelser, koblet til mer indirekte analyser av rømt oppdrettslaks som én av flere faktorer som påvirker bestandens *produktivitet*. Blant forsøk som bør følges opp, er:

- Beregning av produktivitet (og 'stock-recruitment'-sammenhenger) i bestander som består av en blanding av rømt oppdrettslaks og villaks.
- Beregning av produktivitet i bestander som kun er basert på rømt oppdrettslaks.
- Vurdering av hvilke betingelser (miljøforhold, fisketetthet etc.) som favoriserer rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen.

Det vil også være en utfordring å finne gode indikatorer på endringer i *økologiske egenskaper* som er viktige for laksens tilpasninger til det enkelte vassdrag. Spesielt bør det gjøres forskning som kan skille effekten av innkrysning av oppdrettslaks fra effekten av andre endringer i vassdraget.

Effektstudier av rømt regnbueørret bør legge vekt på muligheten for at de graver opp gytegroper der det har gytt laks og ørret, og på hvilke faktorer som begrenser regnbueørretens evne til å danne selvreproduserende bestander.

##### **Metoder/utviklingstiltak for identifikasjon av rømt oppdrettsfisk.**

I forbindelse med behandlingen av den første proposisjonen om NLV/NLF gjorde Stortinget vedtak om merking av oppdrettslaks, og dette ble fulgt opp med en rapport fra Merkeutvalget (Fiskeridirektoratet 2004). Det er satt i gang omfattende forskningsprosjekt (TRACES) for å utvikle metoder som nytter laksen sine naturlige karakterer, som DNA-profiler, fettsyreprofiler og sporstoff til slik identifisering.

Fokus for Merkeutvalget var individ-basert identifikasjon av oppdrettslaks, slik at en kunne "knytte rømt laks fra urapporterte rømningskildene". I vår vurdering av tjenlige indikatorer for effekter av rømt oppdrettslaks, er det blitt klart at det også er viktig med en rask og enkel identifikasjon av (gruppen) oppdrettslaks – aller helst i felt. En grunn er at beregninger av mengden rømt oppdrettslaks og av bestandsstørrelsen til villaksen i en gitt elv er avhengig av at det er mulig å skille disse to gruppene. En annen grunn er at spesielle tiltak,

som for eksempel å sortere rømt oppdrettslaks ut av gytebestanden, lettere vil kunne settes i verk om sikker identifikasjon kan gjøres i felt.

Oppdrettslaks som har vært lenge på rømmen, kan se ut som villaks i ytre trekk og derfor vanskelig identifiseres annet enn ved detaljerte og tidkrevende analyser. Dersom all oppdrettslaks ble gruppemerket, ville imidlertid rømt oppdrettslaks kunne identifiseres umiddelbart i felt, noe som ville være fordelaktig både for forskning og forvaltning.

Finneklipping av oppdrettslaks er trolig det enkleste og mest kostnadseffektive tiltaket for å identifisere rømt laks. Det kan iverksettes raskt og dermed være blant de tiltakene som vil ha størst effekt for å sikre villaksen. Det vil dessuten gi mulighet for å koble sikre opplysninger om forekomst av rømt oppdrettslaks i en gitt bestand med observerte forandringer i DNA-profiler og økologiske egenskaper.

Siden klipping av fettfinne allerede benyttes i nasjonale og internasjonale forskningsprosjekter (sammen med snutemerker), bør denne og alternative metoder for gruppemerking drøftes med ICES og NASCO før iverksetting. Det må også tas hensyn til fiskevelferd ved vurdering av metoder for gruppemerking av oppdrettslaks. Dette forslaget bør også utredes mht. tekniske og økonomiske konsekvenser.

### **Om å måle genetiske effekter.**

Utvikling av genetiske metoder for identifikasjon av oppdrettslaks og deres avkom vil være meget relevant når en studerer genetiske interaksjoner mellom ville laksebestander og rømt laks. Det må tas hensyn til at det fins flere oppdrettsstammer av laks, som forandrer seg over tid. Gruppen vil framheve følgende typer studier:

- Utvikle effektive genetiske screening-metoder for identifikasjon av oppdrettslaks,
- Simulere ulike blandinger av rømt og vill laks for å se hvor mange markører som må studeres for å sikre identifikasjonen (her bør også utvikling av merkemethoder som gir sikker identifikasjon av oppdrettslaks være med i vurderingene).
- Utvikle metoder for å identifisere avkom av oppdrettslaks i naturen – for eksempel ved å kombinere informasjon fra kontrollerte forsøk, empiriske studier av genetiske markører og simulering i datamaskin.

Det vanskeligste spørsmålet på lang sikt, er å finne metoder for å studere hvor stor genetisk endring en laksebestand tåler, før dens tilpasningsdyktighet reduseres signifikant. Dette er et spørsmål som neppe har noe presist svar (for noen organisme), og der forskning på laks må ta hensyn til generell kunnskap om bestanders levedyktighet. Viktige spørsmål er blant annet:

- Hva bestemmer hastigheten på de genetiske endringene i ville bestander som mottar rømt oppdrettslaks?
- Hvilke villaksbestander er mest sårbare overfor rømt oppdrettslaks, og hvilke egenskaper (eller hvilke miljøbetingelser) gjør dem mer sårbare enn andre?
- Hva er betydningen av tetthet for hvor raskt genetiske endringer skjer?
- Når kan man si at en vill laksbestand er endret i den grad at den ikke lenger representerer vassdragets opprinnelige bestand?
- Hvor raskt vil en bestand basert på oppdrettslaks gjenvinne tilpasninger til en elv?

## Om å måle effekter av infeksjose agens hos laksefisk som følge av rømt laks.

Gruppen vil peke på to tiltak som bør følges opp:

- **Etablering av metoder slik at en kan finne effekt av infeksjose agens når det gjelder vekst og produksjon hos villfisk.** Spesielle forsøk bør settes i gang for å måle effekt av bendelmark. Se begrunnelse i kap. 4.
- **Etablering av biobank for studier av infeksjose agens.** Det synes å foreligge et økende behov for biobanker med biologisk materiale fra ulike fiskearter, hentet inn gjennom mange år, tatt ut etter epidemiologiske prinsipper og oppbevart på relevant sikker måte. Dette har bl.a. sammenheng med utvikling av ny metodikk, særlig genteknologiske metoder som åpner for ny sykdomsdiagnostikk og forskning som kan kartlegge utvikling og historikk innenfor flere fagfelter. En genbank er en biobank der innholdet primært er samlet inn for å lagre genetisk materiale. Gruppen ser et klart behov for å videreutvikle eksisterende biobanker og eventuelt etablere nye biobanker med materiale som også kan styrke grunnlaget for å kartlegge smittestatus hos villfisk
- Behov for utvikling av metoder som kan avgjøre om rømt laksefisk representerer en risiko mht. spredning av viktige laksesykdommer som ILA og PD til villfisk.

## Om å måle lusespredning som skyldes rømt fisk.

- Det er behov for grundigere studier som definerer rømt oppdrettsfisks potensiale som spreder av lakselus. I forbindelse med slike studier bør det gjøres konkrete forsøk for å finne hvor mye rømt fisk som vandrer langs norskekysten.
- For å måle effekt bør det vurderes å drive ad hoc-studier i distrikt der det nylig har vært betydelige rømmingsepisoder.
- Det er foretatt simuleringer når det gjelder spredning av lus i Hardangerfjorden og Ytre Sognefjord - Det kan være nyttig å utvikle en lusespredningsmodell(basert på dagens oppdrettsnæring) for hele kysten.
- Teknisk utstyr for å måle lusemengde direkte i sjø er tatt i bruk i Skottland – det bør vurderes å nytte en slik metode i norske farvann.

## 6.2 Marin fisk

### **Forslag om oppfølgende studier vedrørende marine arter:**

#### *Økologiske forhold.*

For å få mer viten om marint oppdretts påvirkning på ville kystbestander hadde det vært ønskelig med ny viten basert på:

- Forsøk med kontrollerte utslipp av marin oppdrettffisk
  - Fokus på vandringsmønster
  - Fokus på gjenfangstrater, overlevelse mm.

- Studier av marin oppdrettsfisks gyteatferd.
  - Vil drektig rømt oppdrettstorsk finne fram til egnete gytefelt og kunne produsere egg/yngel som overlever?
  - Vil slik fisk gyte på et tidspunkt av året som gjør det mulig for larvene å overleve?

#### *Påvirkning av infeksjøs agens*

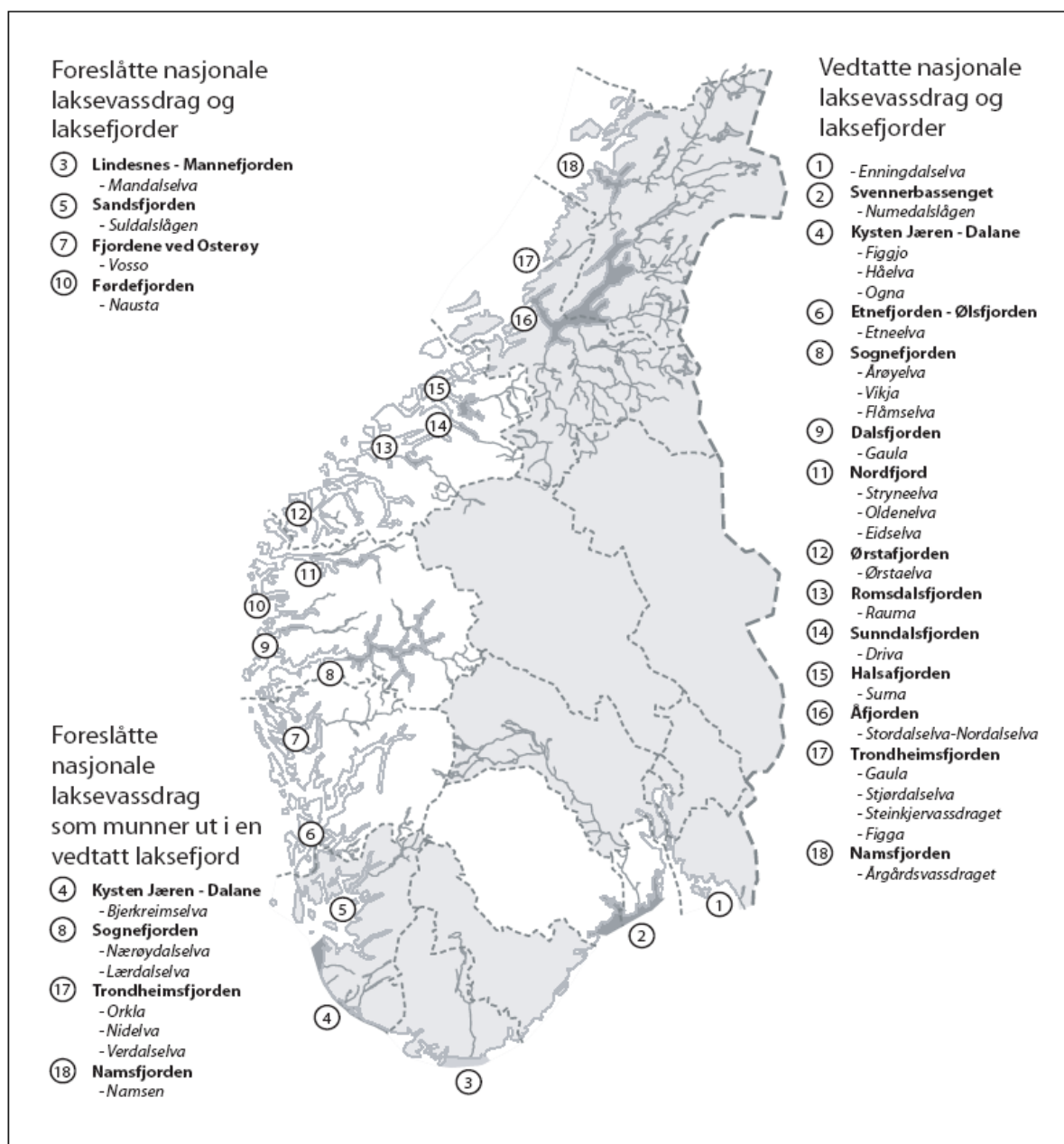
Pr. dags dato vet vi lite om påvirkning av infeksjøs agens fra marint oppdrett og rømt marin fisk til de ville bestandene i området.

- Skjer det spredning av nodavirus/VHSV/Francisella sp. eller andre sykdomsframkallende agens?
- Hvordan er helsesituasjonen til fisk i merdene sammenlignet med villfisken?
- Hva er villfiskens bakgrunnsnivå m.h.t. viktige patogener?
- Hvilke torskesykdommer kan også være en trussel mot annen villfisk?
- Det er ikke tvungen telling av lus i oppdrettsanlegg som produserer marin fisk – men det kan være hensiktsmessig å iverksette visse overvåkningsforsøk mht. de aktuelle artene av lus og Gyrodactylus spp.
- Framtidig overvåking bør også omfatte *Francisella* sp., nodavirus og VHSV
- Det bør vurderes å opparbeide en database som viser ”normal” prevalens av disse parasittene og sykdommene på ville bestander langs kysten.(Jf. forslaget om biobank for vill laksefisk.)
- Denne prevalensen bør studeres over tid i ellers sammenliknbare områder med og uten torskeoppdrett.
- Det er behov for adferdsstudier av torskelus og skottelus i og utenfor oppdrettsmerder.

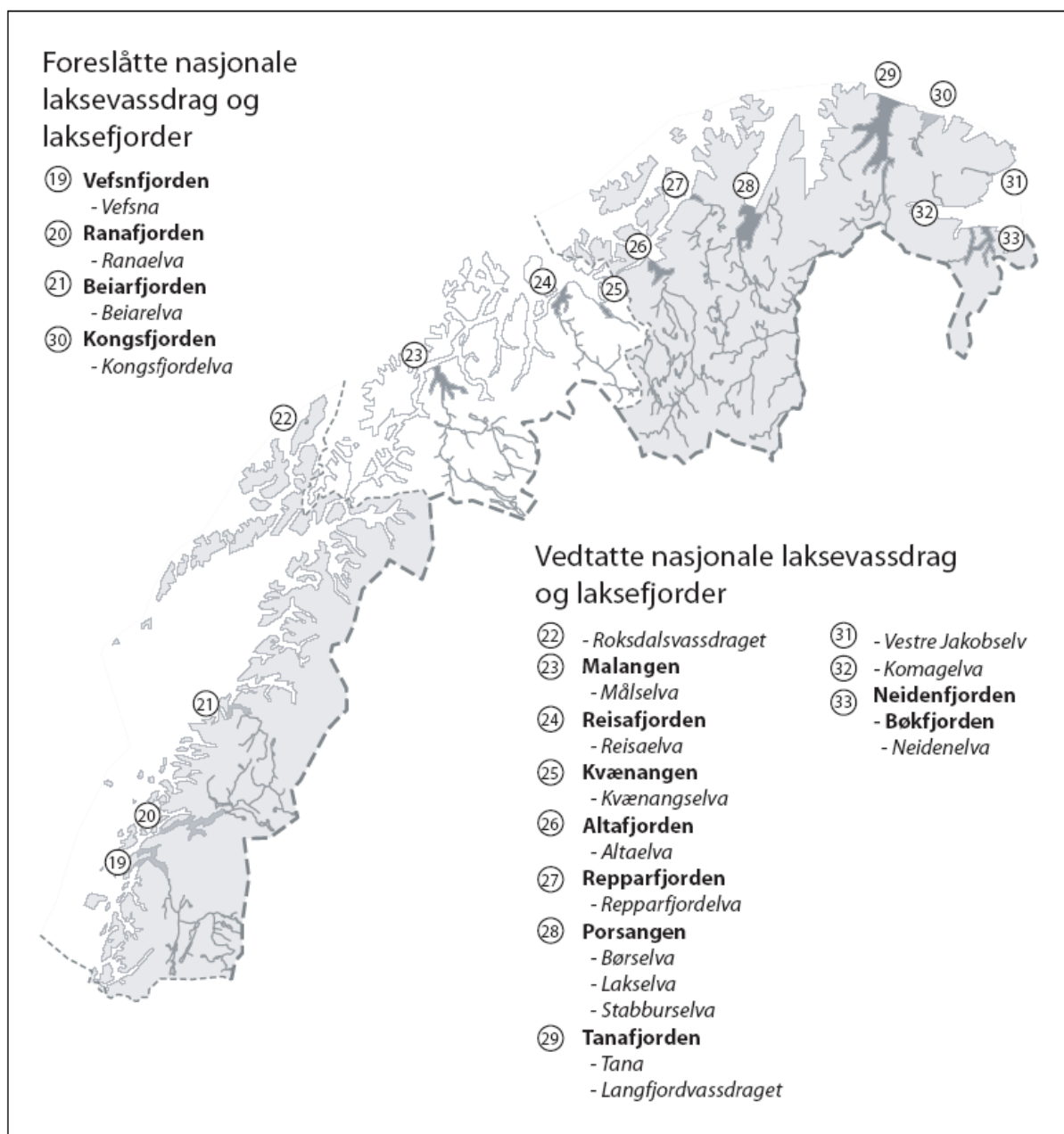
#### *Genetisk påvirkning*

- Arbeidet med å kartlegge den genetiske strukturen hos kysttorsk må videreføres.
- Det bør opprettes biobanker av viktige stammer(arkiv både mht. levende materiale og DNA).
- Konsekvensene av gyting i merd bør utredes.

VEDLEGG 1 A  
 OVERSIKT OVER VEDTATTE OG FORESLÅTTE NASJONALE LAKSEVASSDRAG  
 OG LAKSEFJORDER



Figur 1.1 Vedtatte og foreslåtte laksevassdrag og laksefjorder i Sør-Norge



Figur 1.2 Vedtatte og foreslåtte laksevassdrag og laksefjorder i Nord-Norge



## VEDLEGG 2

### RAPPORTERINGSSKJEMA FOR RØMMING FRA OPPDRETTSANLEGG.

**Del 1** sendes F.dirs regionkontor - pr. faks eller elektronisk - straks rømming er oppdaget eller mistanke om rømming foreligger.

**Del 2** sammen med **Del1** (ekskl. side 2) sendes F. dirs reg.ktr. senest en uke etter at merd(er) med rømming er kontrollert og skadeomfang avklart.



Opplysningene kreves med hjemmel i fiskeoppdrettsloven. Opplysninger som omfattes av forvaltningslovens § 13 er unntatt fra offentlighet, jfr. offentlighetslovens § 5a. Med sikte på å redusere bedriftenes skjemaavelde, kan opplysninger som avgis i dette skjema i medhold av lov om Oppgaveregisteret §§ 5 og 6, helt eller delvis bli benyttet også av andre offentlige organer som har hjemmel til å innhente de samme opplysningene. Opplysninger om eventuell samordning kan fås ved henvendelse til Oppgaveregisteret på telefon 75 00 75 00, eller hos Fiskeridirektoratet på telefon 55 23 80 00.

Bokmål **Melding om rømming - Del 1** Fylt ut av oppdretter  Forvaltning

<b>Selskapsopplysninger</b>		Organisasjonsnummer:		Tlf:	Konsesjonsnr.:
Firmanavn: .....		.....		.....	.....
Kontaktperson: .....		.....		Faks: .....	Lokalitetnummer: .....
E-postadresse: .....		.....		.....	Lokalitetnavn: .....
<b>Anleggsopplysninger</b>					
Settefisk <input type="checkbox"/>	Matfisk <input type="checkbox"/>	Stamfisk <input type="checkbox"/>	Slakteri <input type="checkbox"/>	Transport <input type="checkbox"/>	Annet <input type="checkbox"/>
Besvares dersom rømmingen har skjedd fra matfiskanlegg			(gjelder merder hvorfra det er rømt fisk)		
Anlegget utplassert på lokaliteten den: .....			Dugelighetsbevis Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/>		
Evt. dugelighetsbevis utstedt av: .....			den: .....		
<b>Flytekrage</b>		<b>Fortøyning</b>		<b>Not</b>	
Stål <input type="checkbox"/> Plast <input type="checkbox"/> Annet <input type="checkbox"/>	Sertifisert leverandør:	Omkrets: .....		Dybde: .....	Når anskaffet: .....
Produktsert.: Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/>	..... m		..... m	..... år og ..... mnd
Leverandør: .....	Leverandør: .....	Produktsert.: Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/>		Dugelighetsbevis: Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/>	
Når anskaffet: .....	Når anskaffet: .....	Leverandør: .....		Utstedt den: .....	
..... år og ..... mnd	..... år og ..... mnd				
Dersom rømmingen har skjedd fra andre typer anlegg enn matfiskanlegg, angis relevante opplysninger under kommentar på neste side.					
<b>Skadetidspunkt</b>			Når antas rømmingen å ha skjedd:		
Når ble rømmingen oppdaget: .....			.....		
<b>Rønningsomfang</b>			<b>Fiskens helsestilstand<sup>1)</sup>:</b> Diagnostisert sykdom: Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/>		
Ant. antall rømt fisk: ..... stk Art: .....			Evt. diagnose: .....		
Gj.sn. vekt: ..... kg Kun mistanke om rømming <input type="checkbox"/>			Medisinert: Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Evt. medisin: .....		
Antatt omkommet umiddelbart: ..... stk			Tilbakeholdstid: .....		
<b>Rønningsårsak</b> (utfyllende opplysninger kan gis på side 2)					
Hvordan rømmingen ble oppdaget: .....					
.....					
Spesifiser rønningsårsaken nærmere			(tilleggsopplysninger kan gis under kommentarer på side 2):		
Uværsskade på			Revne i not forårsaket av		
Flytekrage <input type="checkbox"/>	Not <input type="checkbox"/>	Fortøyning <input type="checkbox"/>	Propell <input type="checkbox"/>	Skade fra lodd <input type="checkbox"/>	Gnag forøvrig <input type="checkbox"/>
			Fra: Br.båt <input type="checkbox"/>		Predatorer <input type="checkbox"/>
			Förbåt <input type="checkbox"/>		Drivgods <input type="checkbox"/>
			Arb.båt <input type="checkbox"/>		Annet, spesifiser <input type="checkbox"/>
			Annet <input type="checkbox"/>		Påkjørsel <input type="checkbox"/>
					Slepning <input type="checkbox"/>
					Fra: Br.båt <input type="checkbox"/>
					Förbåt <input type="checkbox"/>
					Arb.båt <input type="checkbox"/>
					Annet <input type="checkbox"/>
Driftsuhell / håndtering, spesifiser:			Annet, spesifiser:		
.....			.....		
<b>Skadeoppgjør</b> Når ventes merd(er) med rømming å være kontrollert slik at skadeomfanget er avklart:					
.....					
<b>Forsikring</b>					
Er skaden meldt forsikringsselskapet? Ja <input type="checkbox"/> Nei <input type="checkbox"/> Forsikringsselskap: .....					
Gjelder den rømte fiskens helsestilstand					

Fiskeridirektoratets Regionkontor sender kopi til: Side 1 av 3

Mattilsynets distr.ktr., Fylkesmannens MVA og F.dirs., Kyst- og havbr.avd.

Utarbeidet den: 19.04.01  
Revidert den: 08.09.05  
Meldt Brønnøysund 25.01.05

**Del 1** sendes F.dirs regionkontor - pr. faks eller elektronisk - straks rømning er oppdaget eller mistanke om rømning foreligger.

**Del 2** sammen med **Del1** (ekskl. side 2) sendes F. dirs reg.ktr. senest en uke etter at merd(er) med rømning er kontrollert og skadeomfang avklart.



Opplysningene kreves med hjemmel i fiskeoppdrettsloven. Opplysninger som omfattes av forvaltningslovens § 13 er unntatt fra offentlighet, jfr. offentlighetslovens § 5a

Med sikte på å redusere bedriftenes skjemavelde, kan opplysninger som avgis i dette skjema i medhold av lov om Oppgaveregisteret §§ 5 og 6, helt eller delvis bli benyttet også av andre offentlige organer som har hjemmel til å innhente de samme opplysningene. Opplysninger om eventuell samordning kan fås ved henvendelse til Oppgaveregisteret på telefon 75 00 75 00, eller hos Fiskeridirektoratet på telefon 55 23 80 00.

**Hvilke tiltak er satt i verk for å sikre restbeholdningen:**

**Gjefangstfiske:**

Er gjefangstfiske iverksatt      Ja       Nei

**Hvilke tiltak er satt i verk for å hindre gjentakelse:**

**Kommentarer / Andre opplysninger**

**Vedlegg**      Skisse med anvisning av rømningspunkt skal vedlegges  
(for matfiskanlegg skadepunkt i skaderammet not og notens plassering i anlegget).

**Andre vedlegg**, spesifiseres:

..... den ..... 20.....

.....  
Signatur

Fiskeridirektoratets Regionkontor sender kopi til:      Side 2 av 3  
Mattilsynets distr..ktr., Fylkesmannens MVA og F.dirs., Kyst- og havbr.avd.

Utarbeidet den: 19.04.01  
Revidert den: 08.09.05  
Meldt Brønnøysund 25.01.05

**Del 1** sendes F.dirs regionkontor - pr. faks eller elektronisk - straks rømning er oppdaget eller mistanke om rømning foreligger.

**Del 2** sammen med **Del1** (ekskl. side 2) sendes F. dirs reg.ktr. senest en uke etter at merd(er) med rømning er kontrollert og skadeomfang avklart.



Opplysningene kreves med hjemmel i fiskeoppdrettsloven. Opplysninger som omfattes av forvaltningslovens § 13 er unntatt fra offentlighet, jfr. offentlighetslovens § 5a

Med sikte på å redusere bedriftenes skjemavelde, kan opplysninger som avgis i dette skjema i medhold av lov om Oppgaveregisteret §§ 5 og 6, helt eller delvis bli benyttet også av andre offentlige organer som har hjemmel til å innhente de samme opplysningene. Opplysninger om eventuell samordning kan fås ved henvendelse til Oppgaveregisteret på telefon 75 00 75 00, eller hos Fiskeridirektoratet på telefon 55 23 80 00.

## Melding om rømning - Del 2

<b>Rømningsomfang etter at skadeomfanget er avklart</b>			Antall rømt fisk etter at skadeomfanget er avklart:		
Antall rømt fisk tidligere meldt til F.dirs. reg.ktr. (Del1):			..... Stk    Gj.sn. vekt ..... kg    Art.....		
..... Stk	Gj.sn. vekt ..... kg	Art.....	..... Stk	Gj.sn. vekt ..... kg	Art.....
<b>Eventuelle korreksjoner i forhold til tidligere innsendt Del 1</b>					
<b>Gjenfangstfiske:</b>					
Antall fisk i gjenfangstfisket: ..... stk    gj.sn.vekt: ..... kg					
<b>Hvilke tiltak er satt i verk for å hindre gjentakelse</b>					
<b>Kommentarer / Andre opplysninger</b>					
<b>Vedlegg</b> Skisse med anvisning av rømningspunkt skal vedlegges (for matfiskanlegg skadepunkt i skaderammet not og notens plassering i anlegget).					
<b>Andre vedlegg</b> , spesifiseres:					

..... den ..... 20.....

.....

Fiskeridirektoratets Regionkontor sender kopi til:      Side 3 av 3  
Mattilsynets distr..ktr., Fylkesmannens MVA og F.dirs., Kyst- og havbr.avd.

Utarbeidet den: 19.04.01  
Revidert den: 08.09.05  
Meldt Brønnøysund 25.01.05

## VEDLEGG 3 A

### Forskrift om bekjempelse av lakselus(FOR 2000-02-01 nr 70)”

Alle oppdrettere er i dag pålagt å overvåke lusepåslag, og :

- ved sjøtemperatur lik eller over 4 ° Celsius skal forekomstene av lus undersøkes og registreres minst hver 14. dag.
- Antall voksne hunnlus (lakselus), antall lakselus i bevegelige stadier, antall gjennomførte behandlinger, sjøtemperatur og bruk av leppefisk skal registreres og rapporteres månedlig til Mattilsynet innen den 7. i nærmest påfølgende måned
- Dersom det ved en telling i perioden fra 1. desember til 1. juli påvises 0,5 eller flere voksne hunnlus, eller til sammen 5 eller flere voksne hunnlus og bevegelige stadier, gjennomsnittlig pr. fisk i enkeltmerder, skal behandling mot lakselus gjennomføres på hele lokaliteten. I Troms og Finnmark fylker gjelder disse grenseverdier i perioden fra 1. november til 1. juli.
- Dersom det ved en telling i perioden fra 1. juli til 1. desember påvises 2 eller flere voksne hunnlus, eller til sammen 10 eller flere voksne hunnlus og bevegelige stadier, gjennomsnittlig pr. fisk i enkeltmerder, skal behandling mot lakselus gjennomføres på hele lokaliteten. I Troms og Finnmark fylker gjelder disse grenseverdier i perioden fra 1. juli til 1. november.

## VEDLEGG 3 B

Fra lusedata.no 's presentasjon av data om lakselus. Figuren viser regionvis forekomst av lus pr. mars 2007



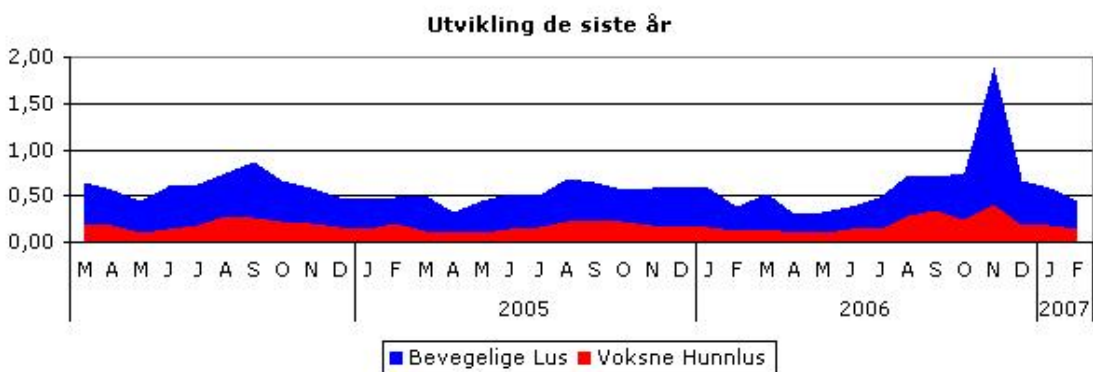
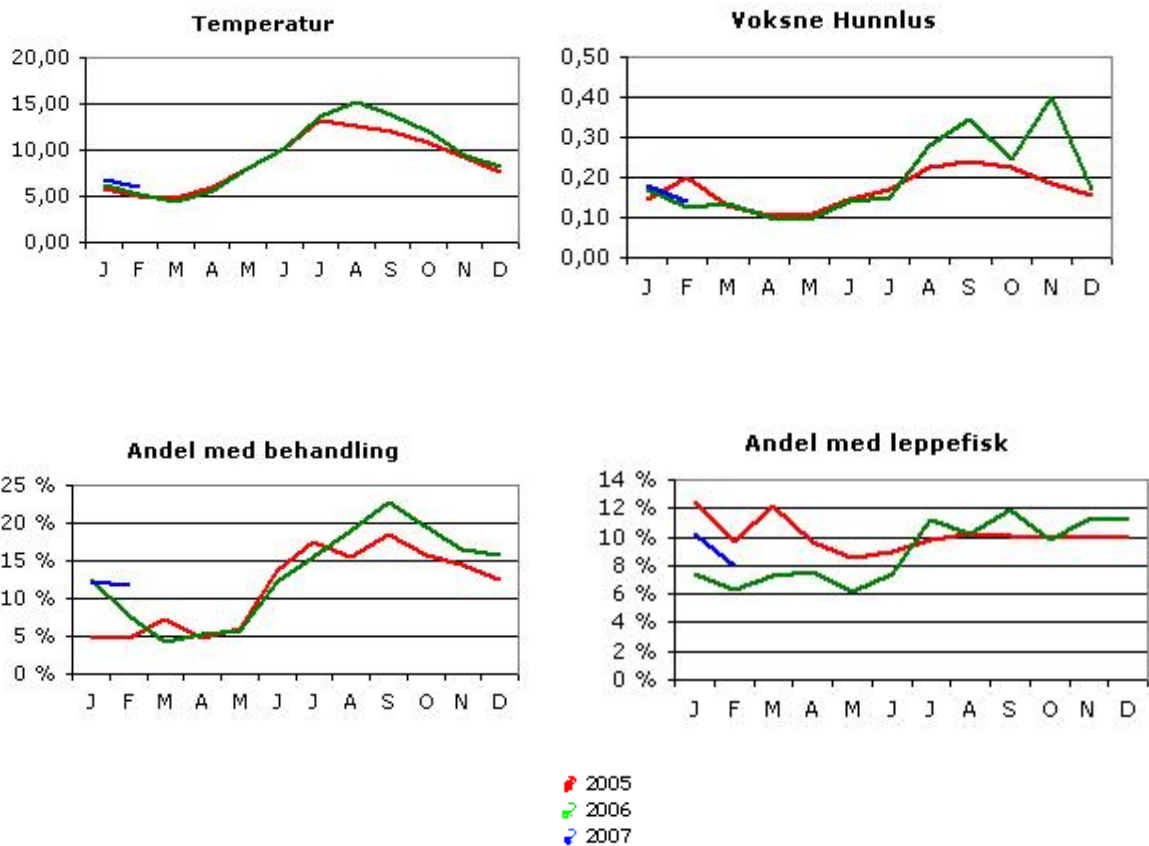
### Forklaring

Søylediagrammene viser utviklingen av lusebestanden de siste tre måneder. Klikk på kartet eller velg landsdel i menyen for å se detaljer.

Hurmlus forrige måned

Over 2,00
0,50 - 2,00
0,26 - 0,50
0,00 - 0,25

Oversikt over parametere som er relatert til lakselusutviklingen i oppdrettsnæringen.(Gjelder hele landet).



Kilde: Lusedata.no

## VEDLEGG 4

### **CNL(06)48**

**Resolution by the Parties to the Convention for the Conservation of Salmon in the North Atlantic Ocean to Minimise Impacts from Aquaculture, Introductions and Transfers, and Transgenics on the Wild Salmon Stocks.**

#### ***The Williamsburg Resolution***

**(Adopted at the Twentieth Annual Meeting of NASCO in June 2003  
and amended at the Twenty-First Annual Meeting of NASCO in June 2004  
and at the Twenty-Third Annual Meeting of NASCO in June 2006)**

The Parties,

NOTING the provisions of the Convention for the Conservation of Salmon in the North Atlantic Ocean of 2 March 1982 (the .Convention.), which seeks to promote the conservation, restoration, enhancement and rational management of salmon stocks;

WELCOMING the achievements in salmon conservation by the Parties to the Convention, within the framework of the Convention, and the role of the North Atlantic Salmon Conservation Organization (the .Organization.) therein;

NOTING that NASCO and its Contracting Parties have agreed to apply the Precautionary Approach to the conservation of salmon and acknowledging the need for measures taken in accordance with this Resolution to be consistent with the Precautionary Approach;

AWARE of the need for cooperation between the Parties in order to maintain and to restore the wild salmon stocks, and promote sustainable conservation and management of such stocks;

RECOGNISING the benefits, including the socio-economic benefits, which have resulted from the development of salmon aquaculture;

CONSCIOUS of the threats to the wild stocks of salmon from different human activities, including possible adverse effects from aquaculture, introductions and transfers and transgenics;

RECOGNISING that in order to protect wild salmon stocks from adverse impacts that can or might be caused by aquaculture, introductions and transfers, and transgenics, there is a need to take into account local conditions in determining appropriate management measures;

DESIRING to minimise the possible adverse impacts of aquaculture, introductions and transfers and transgenics on the wild stocks and noting the earlier initiatives taken by the Organization in this respect;

RESOLVE as follows:

## **ARTICLE 1**

### *Cooperation between the Parties*

The Parties shall cooperate in order to minimise adverse effects to the wild salmon stocks from aquaculture, introductions and transfers and transgenics.

## **ARTICLE 2**

### *Definitions*

For the purposes of this Resolution definitions are as given in Annex 1.

## **ARTICLE 3**

### *Burden of Proof*

Each Party, in accordance with the Precautionary Approach, should require the proponent of an activity covered by this Resolution to provide all information necessary to demonstrate that the proposed activity will not have a significant adverse impact on wild salmon stocks or lead to irreversible change.

## **ARTICLE 4**

### *Risk Assessment*

Risk assessment is integral to the implementation of the Precautionary Approach and serves to promote transparency in the decision-making process. Risk assessment should include identification of options and consideration of mitigation measures. The Parties should develop and apply appropriate risk assessment methodologies in considering the measures to be taken in accordance with this Resolution.

## **ARTICLE 5**

### *Measures to Minimise Impacts of Aquaculture and Introductions and Transfers*

Each Party shall take measures, in accordance with Annexes 2, 3 and 4 to this Resolution, to:

- Minimise escapes of farmed salmon to a level that is as close as practicable to zero through the development and implementation of action plans as envisaged under the Guidelines on Containment of Farm Salmon (CNL(01)53);
- Minimise impacts of ranched salmon by utilizing local stocks and developing and applying appropriate release and harvest strategies;
- Minimise the adverse genetic and other biological interactions from salmon enhancement activities, including introductions and transfers;
- Minimise the risk of disease and parasite transmission between all aquaculture activities, introductions and transfers, and wild salmon stocks.

Movements into a Commission area of reproductively viable Atlantic salmon or their gametes that have originated from outside that Commission area should not be permitted.

3

## **ARTICLE 6**

### *Non-Indigenous Fish*

No non-indigenous fish should be introduced into a river containing Atlantic salmon without a thorough evaluation of the potential adverse impacts on the Atlantic salmon population(s) which indicates that there is no unacceptable risk of adverse ecological interactions.

Introductions into any Commission area of reproductively viable non-indigenous anadromous salmonids or their gametes should not be permitted.

## **ARTICLE 7**

### *Transgenic Salmonids*

The Parties should apply the Guidelines for Action on Transgenic Salmon, CNL(97)48 (Annex 5), to protect against potential impacts from transgenic salmonids on wild salmon stocks. In view of the current lack of scientific knowledge on the impact of transgenic salmonids on wild salmon stocks, the use of transgenic salmonids should be considered a high-risk activity. There should be a strong presumption against any such use.



## **ARTICLE 8**

### *River Classification and Zoning*

For the purposes of developing management measures concerning aquaculture and introductions and transfers, Parties should, as appropriate, develop and apply river classification and zoning systems. Details of such systems should be established in accordance with the guidance in Annex 6.

## **ARTICLE 9**

### *Mitigation and Corrective Measures*

Where significant adverse impacts on wild salmon stocks are identified, the Parties should initiate corrective measures without delay and these should be designed to achieve their purpose promptly.

Mitigation measures can include activities to safeguard against potential future impacts (e.g. contingency planning, gene banks).

## **ARTICLE 10**

### *Implementation*

In order to have confidence that the wild stocks are protected from irreversible genetic change, from significant ecological impacts and from significant impacts of diseases and parasites, full implementation of the measures in this Resolution and its Annexes is essential. Local conditions may warrant consideration of stronger measures. All measures should be regarded as adaptable to improved salmon aquaculture technologies and methodologies (e.g. use of sterile fish, lice vaccines, etc.)

Where detailed agreements are developed by a regional Commission of NASCO in support of this Resolution, they will be appended. Appendix 1 indicates the current situation within the North American Commission. Appendix 2 contains a Memorandum of Understanding between Canada and the USA intended to reconcile the differences between the methods used to authorise introductions and transfers in the two countries. Any further guidelines to assist in implementing this Resolution will be annexed. Each Party shall report annually to the Organization on the measures adopted and actions taken under Articles 5, 6, 7 and 9.

## **ARTICLE 11**

### *Research and Development*

Each Party should encourage research and data collection in support of this Resolution (as detailed in Annex 7) and should take steps to improve the effectiveness of the measures contained in this Resolution.

Each Party shall report annually to the Organization on the research and development carried out.

## **ARTICLE 12**

### *Dissemination of Information*

Educational materials should be developed and distributed to increase awareness of the risks that introductions and transfers of aquatic species may pose to wild salmon stocks and the need for the measures that control these activities.

## VEDLEGG 5

### **Litteraturliste**

#### Referanser kapittel 3

- Allendorf, F. W. & Ryman, N. 2002. The role of genetics in population viability analysis. I: Beissinger, S. R. & McCullough, D. R. (eds.) *Population Viability Analysis*, pp. 50-85. University of Chicago Press, Chicago.
- Beacham, T. D., & Dempson, J. B. 1998. Population structure of Atlantic salmon from the Conne River, Newfoundland as determined from microsatellite DNA. *Journal of Fish Biology*, 52: 665-676.
- Bourke, E. A., J. Coughlan, H. Jansson, P. Galvin & T. F. Cross. 1997. Allozyme variation in populations of Atlantic salmon located throughout Europe: diversity that could be compromised by introductions of reared fish. *ICES Journal of Marine Science*. 54: 974-985.
- Chilcote, M. W. 2003. Relationship between natural productivity and the frequency of wild fish in mixed spawning populations of wild and hatchery steelhead (*Oncorhynchus mykiss*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60: 1057-1067.
- Clifford, S. L., McGinnity, P., & Ferguson, A. 1998a. Genetic changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations of Northwest Irish rivers resulting from escapes of adult farm salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 358-363.
- Clifford, S.L., McGinnity, P., & Ferguson, A. 1998b. Genetic changes in an Atlantic salmon population resulting from escaped juvenile farm salmon. *Journal of Fish Biology*, 52: 118-127.
- Cornuet, J.-M., Piry, S., Luikart, G., Estoup, A., & Solignac, M. 1999. New methods employing multilocus genotypes to select or exclude populations as origins of individuals. *Genetics*, 153: 1989-2000.
- Coughlan, J., P. McGinnity, B. O'Farrell, E. Dillane, O. Diserud, E. de Eyto, K. Farrell, K. Whelan, R. J. M. Stet & T. F. Cross. 2006. Temporal variation in an immune response gene (MHC I) in anadromous *Salmo trutta* in an Irish river before and during aquaculture activities. *ICES Journal of Marine Science* 63: 1248-1255.
- Criscione, C. D., B. Cooper & M. S. Bluin 2006. Parasite genotypes identify source populations of migratory fish more accurately than fish genotypes. *Ecology* 87: 823-828.
- Crozier, W. W. 1993. Evidence of genetic interaction between escaped farmed salmon and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a Northern Irish River. *Aquaculture* 113: 19-29.
- Crozier, W. W. 2000. Escaped farmed salmon, *Salmo salar* L., in the Glenarm River, Northern Ireland: genetic status of the wild population 7 years on. *Fisheries Management and Ecology*. 7: 437-446.

- Einum, S. & Fleming, I. A. 1997. Genetic divergence and interactions in the wild among native, farmed and hybrid Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 50: 634-651.
- Elo, K., Vuorinen, J. A., & Niemelä, E. 1994. Genetic resources of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Teno and Näätämö rivers, northernmost Europe. *Hereditas*, 120: 19-28.
- Fiske, P., Lund, R. A., Østborg, G. M., & Fløystad, L. 2001. Escapees of reared salmon in coastal and riverine fisheries in the period 1989-2000. *NINA Oppdragsmelding*, 704: 1-26. (In Norwegian, English summary)
- Fiske, P., Lund, R. A., & Hansen, L. P. 2006. Relationships between the frequency of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L, in wild salmon populations and fish farming activity in Norway, 1989 – 2004. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1182-1189.
- Fleming, I. A., & Einum, S. 1997. Experimental tests of genetic divergence of farmed from wild Atlantic salmon due to domestication. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 1051-1063.
- Fleming, I. A., Hindar, K., Mjølnerød, I. B., Jonsson, B., Balstad, T., & Lamberg, A. 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 267: 1517-1523.
- Fleming, I. A., Jonsson, B., Gross, M. R., and Lamberg, A. 1996. An experimental study of the reproductive behaviour and success of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Applied Ecology*, 33: 893-905.
- Fleming, I. A., Lamberg, A., and Jonsson, B. 1997. Effects of early experience on reproductive performance of Atlantic salmon. *Behavioral Ecology*, 8: 470-480.
- Ford, J. & Myers, R. 2006. (Abstract) Estimating impacts of salmon farming on salmonid survival in the wild: a meta-analytic approach using population dynamics data, pp. 31-32 In L. P. Hansen & M. Windsor (Eds). *Interactions between Aquaculture and Wild Stocks of Atlantic Salmon and other Diadromous Fish Species: Science and Management, Challenges and Solutions. Conveners' Report*. NINA Special Report 34.
- Garant, D., Fleming, I. A., Einum, S., and Bernatchez, L. 2003. Alternative male life-history tactics as potential vehicles for speeding introgression of farm salmon traits into wild populations. *Ecology Letters*, 6: 541-549.
- Gausen, D., and Moen, V. 1991. Large-scale escapes of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) into Norwegian rivers threaten natural populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48: 426-428.
- Gjedrem, T., Gjøen, H. M., and Gjerde, B. 1991. Genetic origin of Norwegian farmed salmon. *Aquaculture*, 98: 41-50.
- Gjøen, H. M., and Bentsen, H. B. 1997. Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 1009-1014.

Hansen, L. P. 2006. Migration and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released from two Norwegian fish farms. *ICES Journal of Marine Science* **63**: 1211-1217.

Hansen, L. P., Fiske, P., Holm, M., Jensen, A. J., & Sægrov, H. 2006. Bestandsstatus for laks i Norge. Rapport fra arbeidsgruppe. *Utredning for DN 2006-3*: 48 sider

Hansen, L. P., K. B. Døving & B. Jonsson. 1987. Migration of farmed adult Atlantic salmon with and without olfactory sense, released on the Norwegian coast. *Journal of Fish Biology* **30**: 713-721.

Hayes, J.W. 1987 Competition for spawning space between brown (*Salmo trutta*) and rainbow trout (*S. gairdneri*) in a lake inlet tributary, New Zealand. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **44**: 40-47.

Hedrick, P. W. 1983 *Genetics of Populations*. Science Books International, Boston.

Heuch, P. A., Bjørn, P. A., Finstad, B., Holst, J. C., Asplin, L., & Nilsen, F. 2005. A review of the Norwegian 'National Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids': The effect on wild salmonids. *Aquaculture*, **246**: 79-92.

Hindar, K. & O. Diserud. 2007. Sårbarhetsvurdering av ville laksebestander overfor rømt oppdrettslaks. NINA Rapport 244 (under trykking)

Hindar, K. & I. A. Fleming. (In press). Behavioral and genetic interactions between escaped farm and wild Atlantic salmon. In T. M. Bert (Ed.) *Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Hindar, K., Fleming, I. A., McGinnity, P., & Diserud, O. 2006. Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modelling from experimental results. *ICES Journal of Marine Science*, **63**: 1234-1247.

Hindar, K., Fleming, I. A., Jonsson, N., Breistein, J., Sægrov, H., Karlsbakk, E., Gammelsæter, M. & Dønnum, B. O. 1996. Regnbueørret i Norge: forekomst, reproduksjon og etablering. *NINA Oppdragsmelding* **454**: 1-32.

Hindar, K., Ryman, N., & Utter, F. 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **48**: 945-957.

Hvidsten, N. A., Johnsen, B. O., Jensen, A. J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E. B., Jensås, J. G., Bakke, Ø. & Forseth, T. 2004. Orkla - et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. *NINA Fagrapport* **079**: 94 s.

Jonsson, J. I., J. Höjesjö, & I. A. Fleming. 2001. Behavioural and heart rate response to predation risk in wild and domesticated Atlantic salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**: 788-794.

Jonsson, N., Hansen, L. P. & Jonsson, B. 1991). Variation in age, size and repeat spawning of adult Atlantic salmon in relation to river discharge. *Journal of Animal Ecology*, **60**: 937-947.

- Jonsson, N., Jonsson, B., & Hansen, L. P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*, 67: 751-762.
- Jonsson, N., Jonsson, B., Hansen, L.P. & Aass, P. 1993. Coastal movement and growth of domesticated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)) in Norway. *Ecology and Freshwater Fish* 2: 152-159.
- Koljonen, M-L., Pella, J. J., & Masuda, M. 2005. Classical individual assignment versus mixture modeling to estimate stock proportions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) from DNA microsatellite data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic*, 62: 2143-2158.
- Lande, R., & Shannon, S. 1996. The role of genetic variation in adaptation and population persistence in a changing environment. *Evolution*, 50: 434-437.
- Lund, R. A. 1998. Rømt oppdrettslaks i sjø- og elvefisket i årene 1989-1997. *NINA Oppdragsmelding* 556: 1-25.
- Lura, H. 1995. Domesticated female Atlantic salmon in the wild: spawning success and contribution to local populations. Dr. scient. avhandling, Universitetet i Bergen.
- Lura, H., & Sægrov, H. 1991. Documentation of successful spawning of escaped farmed female Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Norwegian rivers. *Aquaculture*, 98: 151-159.
- Lura, H., & Økland, F. 1994. Content of synthetic astaxanthin in escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., ascending Norwegian rivers. *Fisheries Management and Ecology*, 1: 205-216.
- McGinnity, P., Prodöhl, P., Ferguson, A., Hynes, R., Ó Maoiléidigh, N., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J., & Cross, T. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon *Salmo salar* as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 270: 2443-2450
- McGinnity, P. 2006. (Abstract) Measuring the impact on the natural production of Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) of native origin hatchery fish spawning in the wild, p. 43 In L. P. Hansen & M. Windsor (Eds). *Interactions between Aquaculture and Wild Stocks of Atlantic Salmon and other Diadromous Fish Species: Science and Management, Challenges and Solutions. Conveners' Report*. NINA Special Report 34.
- Mjølnærød, I. B., U. H. Refseth, E. Karlsen, T. Balstad, K. S. Jakobsen & K. Hindar. 1997. Genetic differences between two wild and one farmed population of Atlantic salmon (*Salmo salar*) revealed by three classes of genetic markers. *Hereditas* 127: 239-248.
- Mork, J., H. B. Bentsen, K. Hindar & Ø. Skaala. 1999. Genetiske interaksjoner mellom oppdrettslaks og vill laks, s. 181-200 i *Til laks åt alle kan ingen gjera? Norges offentlige utredninger 1999:9*, Statens forvaltningstjeneste, Oslo.

Nielsen, E. E., Hansen, M. M. & Loeschcke, V. 1997. Analysis of microsatellite DNA from old scale samples of Atlantic salmon *Salmo salar*: a comparison of genetic composition over 60 years. *Molecular Ecology*. 6: 487-492.

Nielsen, E.E., M.M. Hansen & V. Loeschcke. 1999. Genetic variation in time and space: Microsatellite analysis of extinct and extant populations of Atlantic salmon. *Evolution* 53: 261-268.

Prévost, E., E. Parent, W. Crozier, I. Davidson, J. Dumas, G. Gudbergsson, K. Hindar, P. McGinnity, J. MacLean & L. M. Sættem. 2003. Setting biological reference points for Atlantic salmon stocks: transfer of information from data-rich to sparse-data situations by Bayesian hierarchical modelling. *ICES Journal of Marine Science*. 60: 1177-1193.

Rengmark, A. H., A. Slettan, Ø. Skaala, Ø. Lie & F. Lingaas. 2006. Genetic variability in wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) strains estimated by SNP and microsatellites. *Aquaculture*, 253: 229-237.

Roberge, C., Einum, S., Guderley, H., & Bernatchez, L. 2006. Rapid parallel evolutionary changes of gene transcription profiles in farmed Atlantic salmon. *Molecular Ecology*, 15: 9-20.

Ryman, N. 1991. Conservation genetics considerations in fishery management. *Journal of Fish Biology* 39 (Suppl. A): 211-224.

Skilbrei, O. T. & V. Wennevik. 2006. The use of catch statistics to monitor the abundance of escaped farmed Atlantic salmon and rainbow trout in the sea. *ICES Journal of Marine Science*. 63: 1190-1200.

Skaala, Ø. & K. Hindar. 1998. Genetic changes in the River Vosso salmon stock following a collapse in the spawning population and invasion of farmed salmon, s. 29 og s. 63-65. I A. F. Youngson, L. P. Hansen & M. L. Windsor (red.). *Interactions between Salmon Culture and Wild Stocks of Atlantic Salmon: The Scientific and Management Issues*. Report by the conveners of an ICES/NASCO Symposium at Bath, U. K., 18-22 April 1997. Norwegian Institute for Nature Research, Trondheim.

Skaala, Ø., Høyheim, B., Glover, K., & Dahle, G. 2004. Microsatellite analysis in domesticated and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): allelic diversity and identification of individuals. *Aquaculture*, 240: 131-143.

Skaala, Ø., A. A. Makhrov, T. Karlsen, K. E. Jørstad, Yu. P. Altukhov, D.V. Politov, K. V. Kuzishin & G. G. Novikov. 1998. Genetic comparison of salmon (*Salmo salar* L.) from the White Sea and northwestern Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology*, 53: 569-580.

Skaala, Ø., Taggart, J.B. & Gunnes, K. 2005. Genetic differences between five major domesticated strains of Atlantic salmon and wild salmon. *Journal of Fish Biology* (Supplement A) 67, 118-128.

Skaala, Ø., V. Wennevik & K. Glover. 2006. Evidence of temporal genetic change in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., populations affected by farmed escapes. *ICES Journal of Marine Science* 63: 1224-1233.

- Solem, Ø., O. K. Berg & A. J. Kjørnes. 2006. Inter- and intra-population morphological differences between wild and farmed Atlantic salmon juveniles. *Journal of Fish Biology*, 69: 1466-1481.
- Stabell, O. B. 1984. Homing and olfaction in salmonids: a critical review with special reference to the Atlantic salmon. *Biological Reviews* 59: 333-388.
- Ståhl, G. 1987. Genetic population structure of Atlantic salmon, s. 121-140 i N. Ryman & F. Utter (red.). *Population Genetics and Fishery Management*. University of Washington Press, Seattle, WA.
- Ståhl, G. & K. Hindar. 1988. Genetisk struktur hos norsk laks: status og perspektiver. *Rapp. 1-1988, Fiskeforskningen, Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim*, 57 s.
- Sægrov, H. & K. Urdal. 2006. Rømt oppdrettslaks i sjø og elv; mengd og opphav. *Rådgivende Biologer Rapport 947*: 21 s.
- Sægrov, H., Hindar, K., Kålås, S., & Lura, H. 1997. Escaped farmed Atlantic salmon replaces the original salmon stock in the River Vosso. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 1166-1172.
- Sægrov, H., Hindar, K. & Urdal, K. 1996. Natural reproduction of anadromous rainbow trout in Norway. *Journal of Fish Biology* 48: 292-294.
- Taylor, E. B. 1991. A review of local adaptation in Salmonidae, with particular reference to Pacific and Atlantic salmon. *Aquaculture* 98: 185-207.
- Tufto, J. 2001. Effects of releasing maladapted individuals: A demographic-evolutionary model. *American Naturalist*, 158: 331-340.
- Tufto, J., & Hindar, K. 2003. Effective size in management and conservation of subdivided populations. *Journal of Theoretical Biology*, 222: 273-281.
- Waples, R. S. & P.E. Smouse. 1990. Gametic disequilibrium analysis as a means of identifying mixtures of salmon populations. *American Fisheries Society Symposium*, 7: 439-458.
- Weir, L. K., Hutchings, J. A., Fleming, I. A., & Einum, S. 2005. Spawning behaviour and success of mature male Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr of farmed and wild origin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 1153-1160.
- Youngson, A. F., Webb, J. H., Thompson, C. E., & Knox, D. 1993. Spawning of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*): hybridisation of females with brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50: 1986-1990.

#### Referanser kapittel 4

Bjørn, P.A. & Finstad, B. 1997. The physiological effects of salmon lice infection on sea trout post smolt. *Nordic Journal of Freshwater Research* 73: 60-72.

Bjørn P.A. 2002, The physiological and ecological effects of salmon lice infection on anadromous salmonids, Dr. scient. Thesis

Bjørn, P.A., Finstad, B. & Kristoffersen, R. 2003. Registreringer av lakselus på laks, sjørret og sjørøye i 2002. *NINA Oppdragsmelding* 789: 1-43.

Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R., Skaala, Ø. & Øverland, T. 2007. Registreringer av lakselus på laks, sjørret og sjørøye i 2006. *NINA Rapport* (under trykking),

Boxaspen K & Asplin, L, - *HI-nytt* 6-2005

Finstad, B., Bjørn, P.A., Grimnes A. & Hvidsten, N.A., 2000. Laboratory and field investigations of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) postsmolts. *Aquaculture Research* 31: 1-9.

Heuch PA & Mo T A 2001 A model of salmon louse production in Norway: effects of increasing salmon production and public management measures . *Diseases of Aquatic Organisms* 45: 145–152,

Holst J. C., Nilsen F.L, Holm M. 2003 Interaksjoner villaks – lakselus – oppdrettslaks: Hvor står vi, hva er målet? . *Havbruksrapport 2003* 107-108

Holst, J. C., Jakobsen, P., Nilsen, F., Holm, M., Asplin, L. & Aure, J. 2003. Mortality of seaward- migrating post-smolts of Atlantic salmon due to salmon lice infection in Norwegian salmon stocks. *I Salmon at the edge*, pp. 136-137. Ed. Mills, D. Blackwell Science, Oxford, England.

Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. 1994. The spread of furunculosis in salmonids in Norwegian rivers. *Journal of Fish Biology* 45: 47-55.

NINA 2006 I Hardangerfjordprosjektet deltok følgende institusjoner: NINA, HI, Fiskeriforskning, Veterinærinstituttet ,University of Columbia(Kanada), NUTRECO Aquaculture Research Centre, Norsk sjømatcenter og Hardanger Fiskehelse Nettverk. B. Finstad, NINA har vært koordinator.

Nylund A., Plarre H, Devold M, Fridell F. *Norsk Fiskeoppdrett* 10.12.03

Otterå H, Skilbrei O, Skaala Ø, Boxaspen K, Aure J, Taranger G L, Ervik A og Borgstrøm R Hardangerfjorden - produksjon av laksefisk og effekter på de ville bestandene av laksefisk *FISKEN OG HAVET* 2004



Skilbrei O - Rømt laks og regnbueørret bør fiskes opp, *Kyst og havbruk 2005*

Skilbrei O. Om redusert vekt med mer. *Havbruksrapport 2004*

### Referanser kapittel 5

Jørstad K.E., Fjalestad K.T., Ágústsson T. and Marteinsdottir G. (2006). Atlantic cod – *Gadus morhua*. In: “Genetic effects of domestication, culture and breeding of fish and shellfish, and their impacts on wild populations.” D. Crosetti, S. Lapègue, I. Olesen, T. Svåsand (eds). GENIMPACT project: Evaluation of genetic impact of aquaculture activities on native populations. A European network. WPI workshop “Genetics of domestication, breeding and enhancement of performance of fish and shellfish”, Viterbo, Italy, 12-17th June, 2006,1-6 <http://genimpact.imr.no>

Jørstad, K., van der Meeren, T. 2006. Oppdrettstorsk ”rømmer” ved å gyte i merden <http://www.imr.no/aktuelt/nyhetsarkiv>

Samuelsen, O.B., Nerland, A.H., Jørgensen, T., Schrøder, M.B., Svåsand, T., Bergh, Ø. (2006). Viral and bacterial diseases of Atlantic cod *Gadus morhua*, their prophylaxis and treatment: a review. *Diseases of Aquatic Organisms* **71**: 239-254

Svåsand, T., Bergh, Ø., Dahle, G., Hamre, L., Jørstad, K.E., Taranger, G.L., Bjørn, P.A. 2006. Kapittel 1. 1.11 Lofoten - egnet område for torskoppdrett? Pp. 51-54 i: I Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E., Jørgensen, L.L. (Eds.) *Kyst og havbruk 2006. Fisken og havet, særnr. 2-2006*.

Torrissen, O.J. 2006. Statusrapport for norsk akvakultur 2006. Pp. 10-11 i: I Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E., Jørgensen, L.L. (Eds.) *Kyst og havbruk 2006. Fisken og havet, særnr. 2-2006*.

Svåsand, T. 2005. Miljøeffekter av torskoppdrett. *Havforskningstema 2005(2)*, 12 pp.

### Referanser kapittel 6

Identifisering av rømt oppdrettslaks, Utredning fra juni 2004, Fiskeridirektoratet (Merkeutvalget)