

PROSJEKTRAPPORT



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN
Tlf. 55 23 85 00, Fax 55 23 85 31, www.imr.no

Tromsø	Flødevigen	Austevoll	Matre
9294 TROMSØ	4817 HIS	5392 STOREBØ	5984 MATREDAL
Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 37 05 90 00	Tlf. 55 23 85 00	Tlf. 55 23 85 00
Fax 77 60 97 01	Fax 37 05 90 01	Fax 56 18 22 22	Fax 56 36 75 85

Rapport: FISKEN OG HAVET	Nr. - År
Tittel (norsk/engelsk): Hardangerfjorden - produksjon av laksefisk og effekter på de ville bestandene av laksefisk / The Hardanger Fjord - Salmonid Aquaculture and effects on wild salmonid populations	
Forfatter(e): Håkon Otterå, Ove Skilbrei, Øystein Skaala, Karin Boxaspen, Jan Aure, Geir Lasse Taranger, Arne Ervik og Reidar Borgstrøm*	
*Norges Landbrukshøgskole, Ås	

Distribusjon:
HI-prosjektnr.:
Oppdragsgiver(e): Fiskeridirektoratet
Oppdragsgivers referanse:

Dato: 12.03.04
Program: Havbruk
Forskningsgruppe:
Antall sider totalt: 43

Sammendrag (norsk): Bestandsutviklingen for ville bestander av laks og sjøørret i Hardangerfjorden er faretruende. Hydrografiske forhold og produksjonen av laksefisk i soner i fjorden blir beskrevet. Telling av lakselus på fisk i merdene er hentet inn fra 1997 og blir korrelert med fiskemengden i merdene for å kunne estimere produksjonen av lakseluslarver om våren. Basert på kunnskap om lakselusens biologi antas det at lakselus er den største akutte trussel mot ville laksefisk i fjorden, men at rømming og oppvandring i elvene er en høyst potensiell genetisk trussel. Det foreslås at tiltaks-grensen for behandling mot lakselus senkes og at det initieres et overvåkingsprogram.
Summary (English): Wild populations of salmon and sea trout in the Hardanger Fjord show significant declines in recent years. The report also describes the hydrographical conditions and the aquaculture production of salmonids in the fjord. The official numbers of adult salmon lice predating on cage reared salmon are used to estimate the production of salmon lice during spring in this fjord. It is assumed that salmon lice are the most acute threat to wild salmonids in the fjord, but the genetic impact of farmed escapees is also of great concern. A lowering of the action level for salmon lice treatment and initiation of an environmental surveillance programme is proposed.

Emneord (norsk): 1. Interaksjon vill/oppdrett laks 2. Lakselus 3. Miljøovervåking	Subject heading (English): 1. Interaction wild/cultured salmon 2. Salmon lice 3. Environmental surveillance
---	---

.....
prosjektleder

.....
forskningsgruppeleder

Bakgrunn	1
Situasjonsbeskriving.....	1
Generell beskrivelse	1
Hydrografi	2
Produksjonen av laks og regnbueørret	8
Lakselus på fisk i merdene	8
Beregning av produksjon av lakseluslarver	10
Rømt oppdrettsfisk som lakselusprodusent.....	13
Villfisk og lus	14
Laksebestandene i Hardangerfjorden	14
Rømt fisk	17
Lakselus på villfisk i Hardangerfjorden	19
Regionale skilnader i sjøoverlevinga hos villaks og sjøaure.....	20
Vekslingar i årsklassestyrke og smoltproduksjon	24
Lakselus på sjøaure fanga med makrellgarn	26
Lakselusbiologi og konsekvenser for oppdrett og ville bestander	27
Innledning.....	27
Generell biologi.....	28
Effekt av fysiske parametre på lakselusbiologi.....	29
Temperatur	29
Saltholdighet.....	31
Lys	32
Spredningspotensiale for lakselus.....	32
Lakselus og villfisk	33
Produksjon av lakselus	33
Fysiologisk effekt av lakselus på fisk	34
Forvaltningsindikatorer	34
Bestandsindikatorer	34
Årsaksindikatorer	35
Hydrografisk overvåking og modellering	37
Avgrensing av område	37
Forvaltningsråd – konklusjon.....	37
Referanser.....	39

Bakgrunn

Denne rapporten er utarbeidet etter ønske fra Fiskeridirektoratet. Bakgrunnen for dette er at det synes å være en rekke indikasjoner på at visse miljøeffekter (først og fremst effekter av lakselus på vill laksefisk) er betydelige og til dels uakseptable i Hardangerfjorden.

Fiskeridirektoratet har ikke første hånds kjennskap til totalbildet eller en samlet forståelse av årsaksforholdene, og ønsker derfor Havforskningsinstituttet sin vurdering av situasjonen.

Det blir spesielt bedt om å vurdere lakselussituasjonen i Hardangerfjorden, effektene av denne, tjenlige forvaltningsindikatorer og om det finnes grunnlag for en objektiv avgrensning av det området hvor det vil være formålstjenlig å treffe eventuelle særlige forvaltningsmessige grep.

Martin Binde, Nasjonalt Senter for Fiske og Sjømat, Mattilsynet har bidratt med tilgang til lakselustellingsdata på oppdrettsfisk. Knut Johnsen, Fiskeridirektoratet har bidratt med tilgang og tilrettelegging av produksjonsdata for opprettslaks og ørret.

Situasjonsbeskriving

Generell beskrivelse

Hardangerfjorden er ca 125 km lang fra Bømlahuk (Sletta) til utløpet av Sørfjorden. Fra utløpet av Sørfjorden til Odda er avstanden ca 40 km. Hardangerfjorden starter egentlig ved Huglo, mens fjordområdet fra Huglo til Sletta kalles henholdsvis Kosterfjorden og Bømlafjorden. Terskeldypet til Hardangerfjorden er ca 150 meter og største dyp er på ca 800 meter like innenfor Øystese. Bredden av Hardangerfjorden varierer mellom ca 2 og 7 km. Sørøst for Kosterfjorden ligger et stort fjordsystem som omfatter Ålfjorden, Skånevikfjorden, Etnefjorden, Ølenfjorden og Åkrafjorden (Figur 1).

Vi har valgt å dele Hardangerfjordsystemet inn i fem soner (Figur 1):

Sone A : Sørfjorden og Eidfjorden

Sone B : Fra Utne til Vikingnes utenfor Jondal

Sone C: Fra Vikingnes til Ånuglo

Sone D: Fra Ånuglo til Sletta

Sone E: Fjordområdene innenfor Halsnøy - Borgundøy

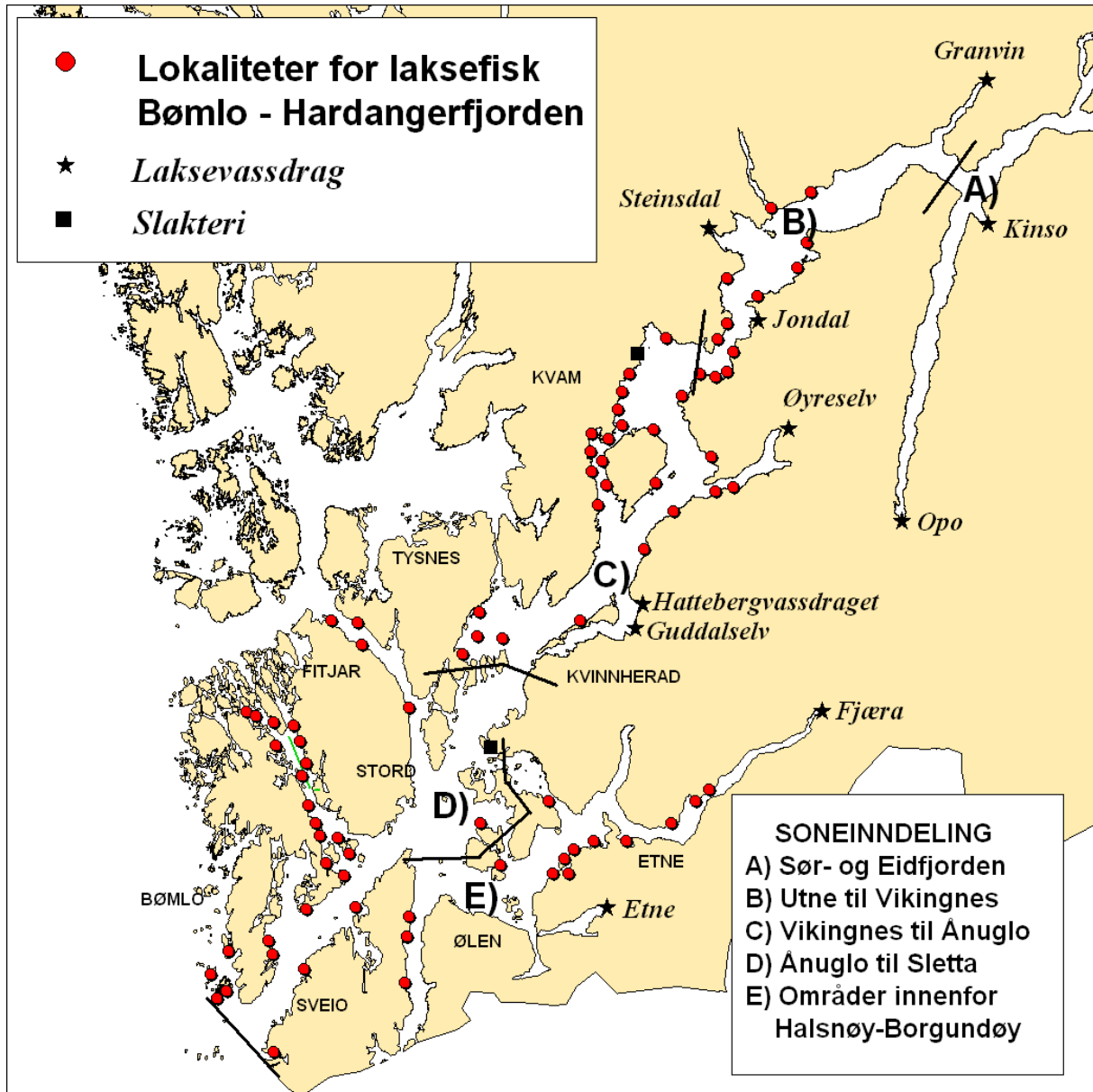
Hydrografi

Det er betydelige tilførsler av ferskvann til Hardangerfjorden, med et maksimum i juni - juli i forbindelse med snøsmelting og et minimum om vinteren i perioden fra januar til april. Det er også ofte et lokalt maksimum i ferskvannstilførslen i oktober knyttet til økt høstnedbør.

For å forenkle beskrivelsen av de hydrografiske forhold i øvre lag av Hardangerfjorden er sjøområdene delt inn i fire vanntyper (Aure, 1981):

1. Brakkvann (saltholdighet < 25 psu)
2. Overgangsvann (saltholdighet 25-30 psu)
3. Kystvann (saltholdighet > 30 psu)
4. Brakkvann hele året (saltholdighet < 25 psu hele året)

Brakkvannet i Hardangerfjorden har sin største utbredelse gjennom året i perioden fra juni til august og rekker vanligvis ut til grensen mot Bømlafjorden (Tittelsnes) (Figur 2). I samme periode er det ”overgangsvann” i Bømlafjorden og ”kystvann” utenfor. Tykkelsen av brakkvannslaget er vanligvis ca 5 meter. Utbredelsen av brakkvannet om våren og sommeren vil variere fra år til år, hovedsakelig som følge av varierende sjøsmelting. Utover senhøstes og om vinteren reduseres ferskvannstilførselen og dermed utbredelsen av brakkvannet. Om vinteren, fra januar til april, er det derfor normalt saltholdigheter over 30 psu (kystvann) i det meste av Hardangerfjorden. Unntaket er endel fjordområder hvor det er brakkvann hele året grunnet lokale utslipp av ferskvann fra vannkraftverk (Figur 2). Det er usikkert i hvor stor grad vannkraftreguleringene påvirker de hydrografiske forholdene i hele Hardangerfjord-systemet, men generelt vil ferskvannstilførselen øke om vinteren og reduseres i sommerhalvåret.



Figur 1. Kart over Hardangerfjorden med soneinndeling. Oppdrettslokaliteter og laksevassdrag er tegnet inn.

Figur 3 viser saltholdighet og temperatur i et normalt år i Hissfjorden like innenfor Varaldsøy. I Hissfjorden er det normalt "brakkvann" fra mai/juni til oktober, "overgangsvann" i april/mai og i november/desember og "kystvann" fra januar til april. Laveste midlere saltholdighet i juli måned er ca 15 psu. Lenger inn i fjorden kan saltholdighetene i øvre lag være lavere enn 10 psu. I Bømlafjorden, ytterst i fjordsystemet, er det "overgangsvann" fra juni til november og "kystvann" resten av året. Vintertemperaturene både i Hissfjorden og Bømlafjorden er normalt 4 - 5 grader C og høyeste sommertemperatur er 15- 16 grader C (Figur 3). Ved kysten (Sletta) er det relativt små endringer i saltholdighet gjennom året med saltholdigheter over 30.0 psu (kystvann) og temperaturene varierer mellom 4 og 15 grader C.

Figur 4 viser vertikalfordelingen av saltholdighet og temperatur i de øverste 20 meter fra ytre Bømlafjorden til Samlafjorden utenfor Ålvik i mai 2000 (data fra Havforskningsinstituttet). I

mai 2000 var ferskvannstilførselen forholdsvis stor, og det var brakkvann ut til Husnesfjorden.

I Klosterfjorden var det ”overgangsvann” og i Bømlafjorden ”kystvann” i overflatelaget. Innenfor Ånuglo var det et 4 -5 meter tykt brakkvannslag. I Samlafjorden og Kvinnheradsfjorden var det kystvann ($S > 30\text{psu}$) fra 6 - 7 meter dyp, mens det lenger ute i fjorden ved Ånuglo og i Klosterfjorden var kystvann fra 9 –10m dyp. Temperaturene nær overflaten var lavest ved kysten og innerst i fjorden (10-12 grader C), mens temperaturen nær overflaten i midtre del, Klosterfjorden og Kvinnheradsfjorden, var ca 14 grader C. I 10 meter dyp var det i mai 2000 markert lavere temperaturer inne i fjorden (7 - 8 grader C) enn lenger ute i fjorden (9 –10 grader C). Dette viser at det varmere kystvannet ikke hadde trengt inn til de midtre og indre delene av Hardangerfjorden 16.-18. mai 2000

Vannutskiftningen mellom Hardangerfjorden og kysten på en tidskala uker - måneder er hovedsakelig bestemt av:

Ferskvannstilførselen (Estuarin sirkulasjon)

Endringer i tetthetsfeltet (trykkfeltet) i kystvannet utenfor fjorden. Vindgenerert opp - og nedstrømning av kystvann.

I tillegg kommer korttidsendringer (timer - dager) i strøm og hydrografi som følge av lokal vind og tidevann.

Ferskvannet som tilføres fjorden blander seg gradvis med sjøvann utover i fjorden. Det resulterende brakkvannet strømmer i middel ut fjorden. Brakkvanntransporten i ytre del av fjorden er vanligvis 5 - 6 ganger større enn ferskvannstilførselen. Sjøvannet som transporteres ut av fjorden med brakkvannet må kompenseres med innstrømmende sjøvann under brakkvannslaget (estuarin sirkulasjon).

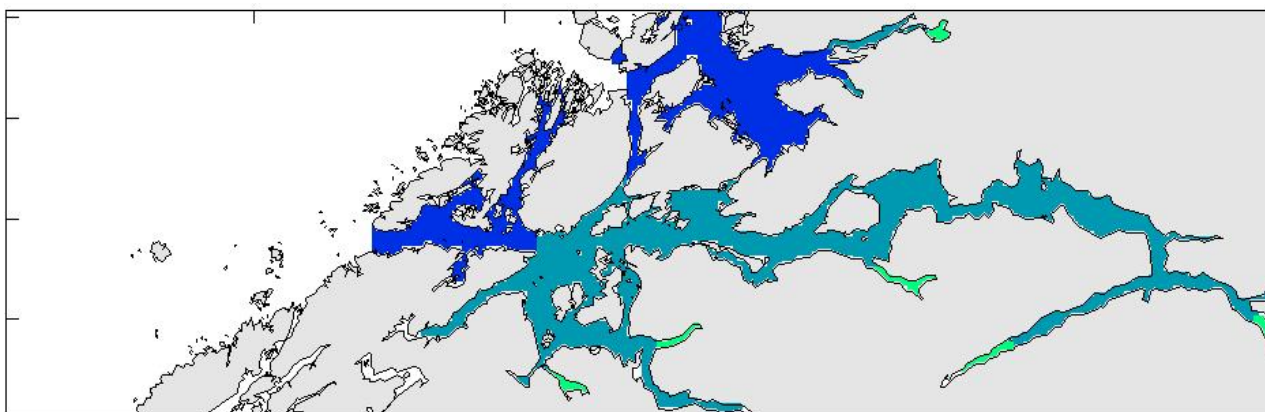
Nordavind på kysten fører til oppstrømning av saltere og tyngre vann opp mot overflaten. Under slike forhold vil vann strømme inn i fjorden i dypere liggende lag og ut i øvre lag. Spesielt i de ytre delene av fjorden vil denne type sirkulasjon dominere i forhold til den inngående kompensasjonsstrøm knyttet til brakkvannslaget. Med nordavind på kysten vil også kystrømmen stoppe opp eller gå mot sør .

Ved sørlige vinder staves kystvannet opp langs kysten (nedstrømning). I tillegg kan utstrømning av vann med lavere saltholdighet fra Skagerrak forsterke oppstuvningen av kystvann utenfor Hardangerfjorden. Nedstrømning av lettere kystvann fører til innstrømning i øvre lag (under brakkvannet) av fjorden og utstrømning i dypere liggende lag. Ved sørlige vinder går kystrømmen mot nord og Hardangerfjorden tilføres vann fra kystområdene sør for Sletta.

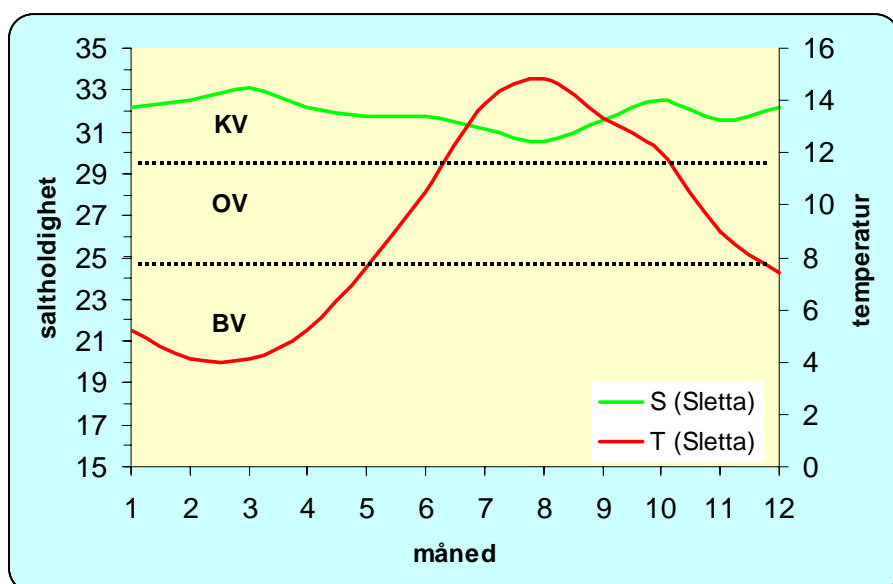
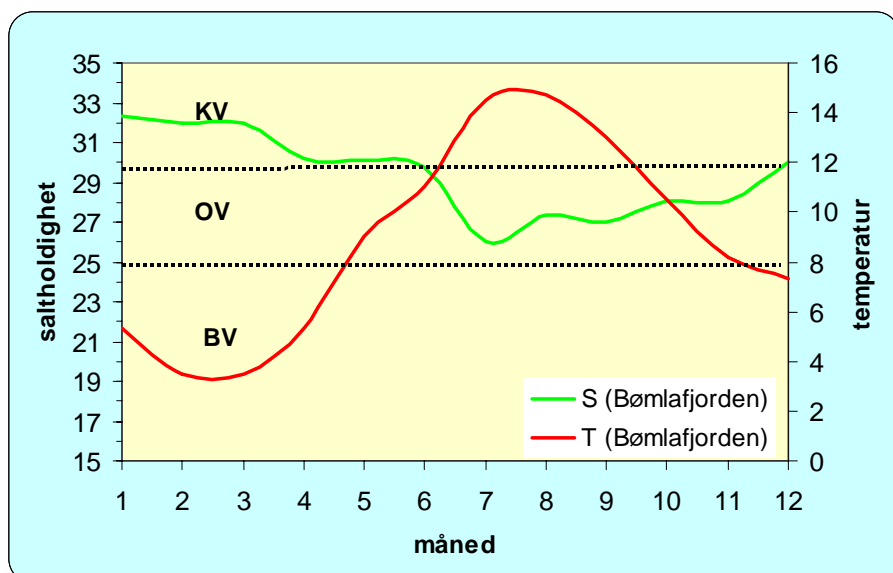
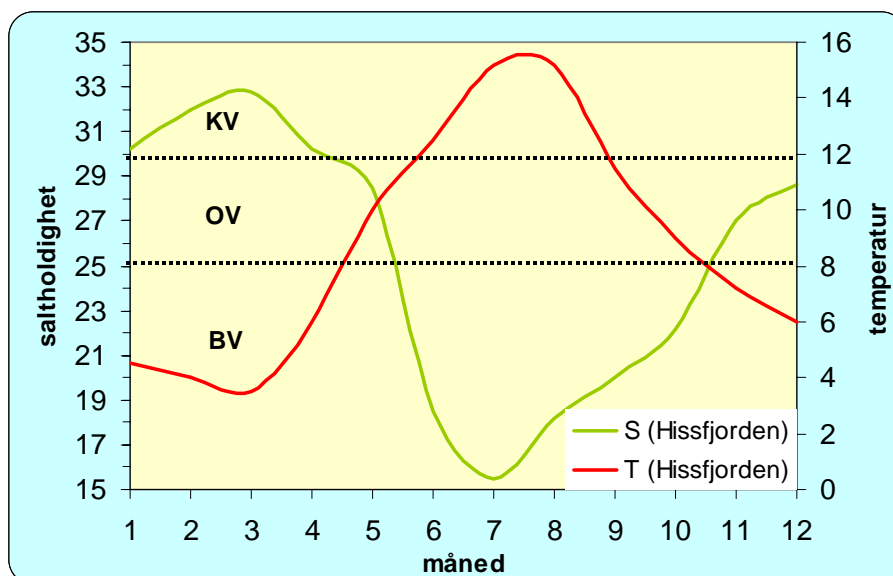
Modellberegninger viser at en merket vannmasse nær kysten, som f.eks. inneholder lakseluslarver, kan ved sørlig kuling på kysten av Vestlandet (nedstrømning av kystvann)

forflyttes 40 - 60 km innover fjorden (fra Sletta til Husnes) i løpet av noen døgn. Tilsvarende vil kuling fra nord kunne transportere ut betydelige vannmasser fra øvre lag av Hardangerfjorden

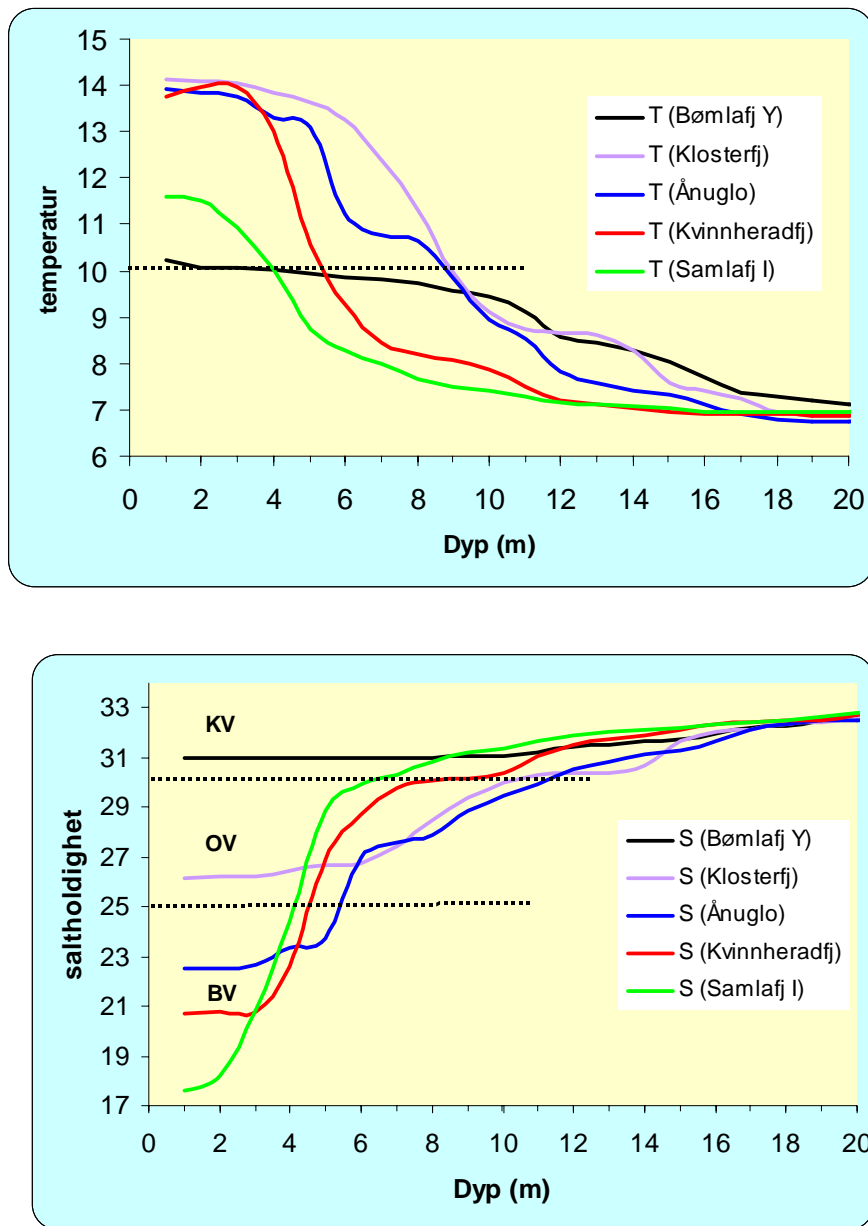
I Bømlafjorden fører trolig jordrotasjonen til at strømmene i dypere liggende lag avbøyes mot høyre. Innstrømming av vann fra kysten til Hardangerfjorden vil derfor ofte strømme inn på høyre siden av fjorden sett innover, med utgående strøm på motsatt side. Brakkvannstrømmen ut fjorden vil i større grad enn innstrømmende dypere liggende vann spre seg over hele fjordens bredde. Bredden av fjorden vil ofte være bestemmende for strømhastigheten, dvs smalere fjord økt strøm. Fjordtopografien vil også kunne påvirke brakkvannstrømmens hovedretning. For eksempel vil brakkvannet som strømmer ut ved Vikingneset kunne styres mot vestsiden av Hissfjorden og ut fjorden mellom Varaldsøy og fastlandet. Da smolten ofte følger den sterkeste brakkvannstrømmen har det vært spekulert på om mye av smolten kunne vandre ut fjorden den veien (Varaldsøyhypotesen). I 2004 vil det bli etablert en numerisk fjordmodell for Hardangerfjorden som vil være i stand til å simulere drift av lakseluslarver inn og ut av Hardangerfjordssystemet.



Figur 2. Hydrografiske soner Hardangerfjorden i juni/juli. Hovedstrømmer i overflatelaget. 1. Brakkvann (grønn), 2. Overgangsvann (mørk blå) og 3. Kystvann (hvit). 4. Brakkvann hele året (vannkraft, lysgrønn).



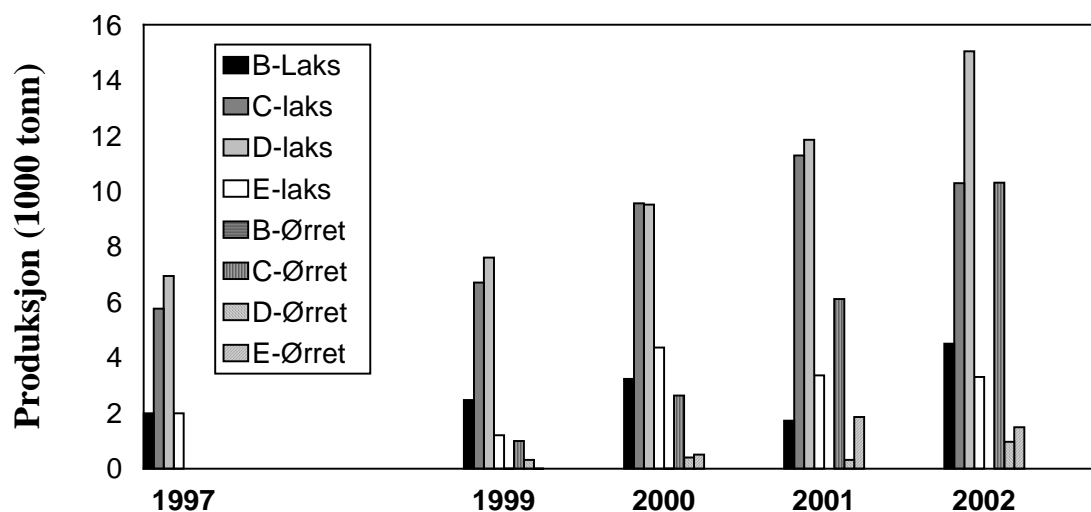
Figur 3. Midlere saltholdighet og temperatur i øvre lag gjennom året i Hissfjorden, Bømlafjorden og på Sletta. (BV = brakkvann, OV = overgangsvann og KV = kystvann)



Figur 4. Vertikalfordeling av saltholdighet og temperatur i de øverste 20 m i Bømlafjorden, Klosterfjorden, ved Ånuglo, i Kvinnheradsfjorden og i Samlafjorden 16.-18. mai 2000 (BV = brakkvann, OV = overgangsvann og KV = kystvann).

Produksjonen av laks og regnbueørret

Produksjonen av laks og regnbueørret i Hardangerfjorden har steget kraftig over flere år, fra ca 17.000 til 40.000 tonn fra 1997 til 2002. Den har vært klart høyest i sonene C og D (Figur 5), og noenlunde sammenlignbar i B og E. Det er også et klart trekk at regnbueørreten har kommet sterkere i Hardangerfjorden etter tusenårsskiftet. I sone A er det ingen produksjon.

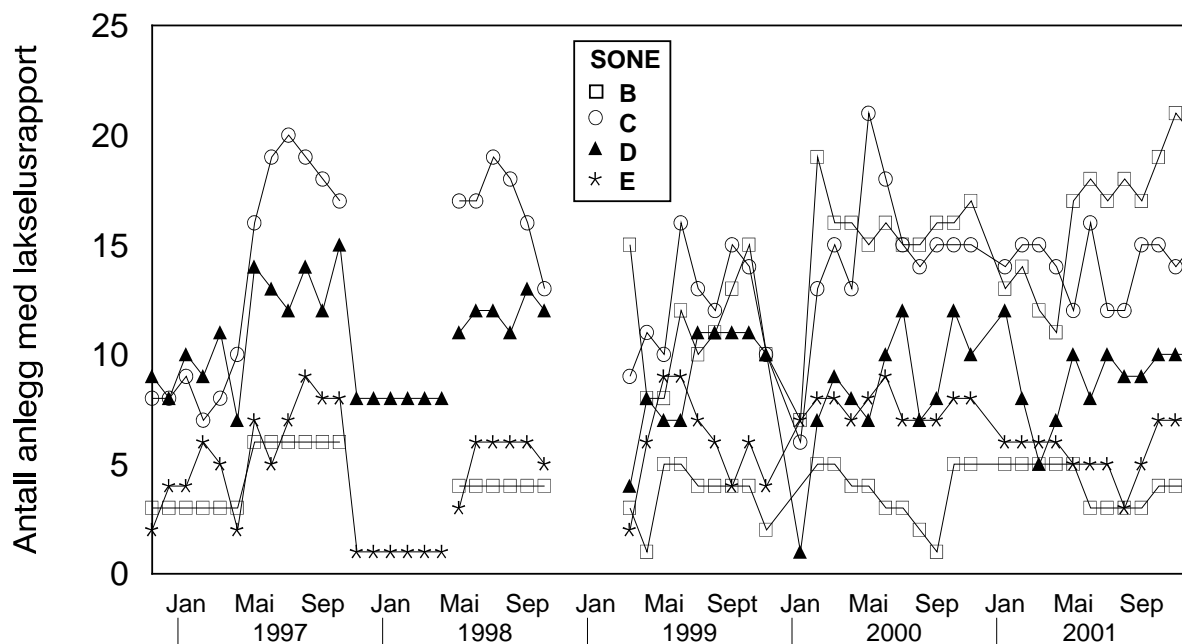


Figur 5. Produksjon av laks og regnbueørret i sonene B-E. For 1997 er laks og regnbueørret slått sammen. Regnbueørret utgjør en liten andel dette året. Data fra Fiskeridirektoratet.

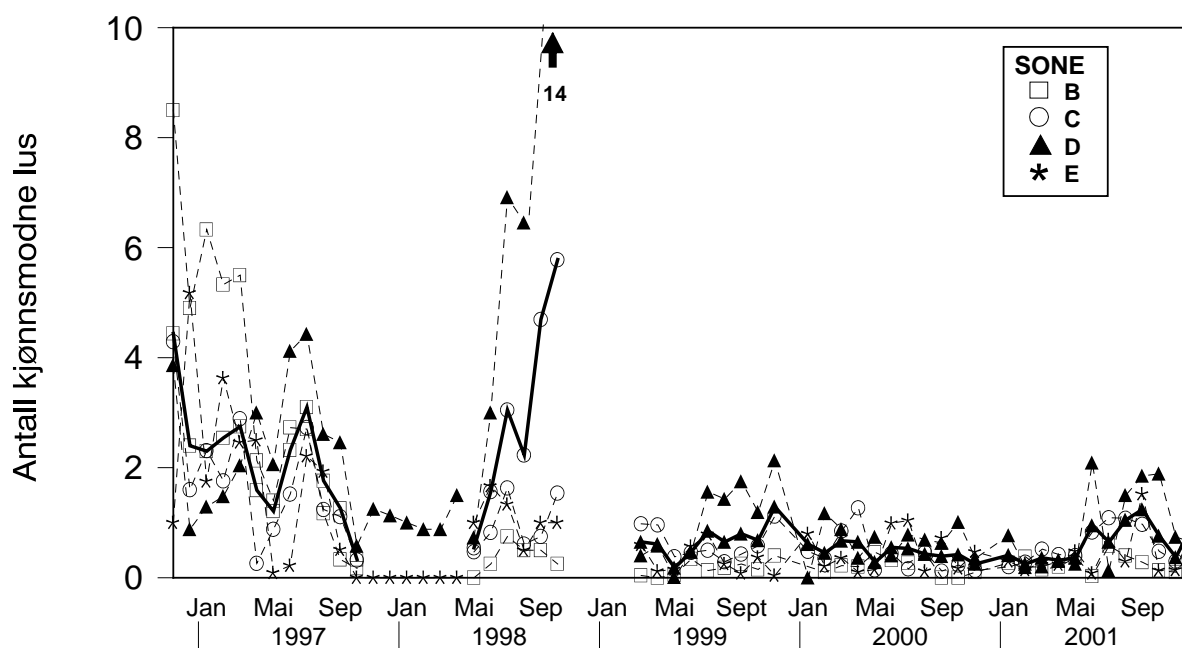
Lakselus på fisk i merdene¹

Tellinger av kjønnsmodne hunnlus på fisken i merdene ble innført høst/vinter 1996/1997. Selv om datagrunnlaget er relativt spinkelt de første årene (Figur 6), så er det klare tegn på at antall kjønnsmodne lus per fisk har gått ned fra de første årene (Figur 7). Antall lus varierer innen og mellom de fire sonene. Det er likevel en klar tendens til at sone B, den innerste sonen med oppdrett, har jevnt over lavest antall lus mens den ytterste sonen (D) har flest lus per fisk (Figur 7).

¹ Data om lakselus på fisk i merdene er innhentet fra Statens dyrehelsetilsyn.

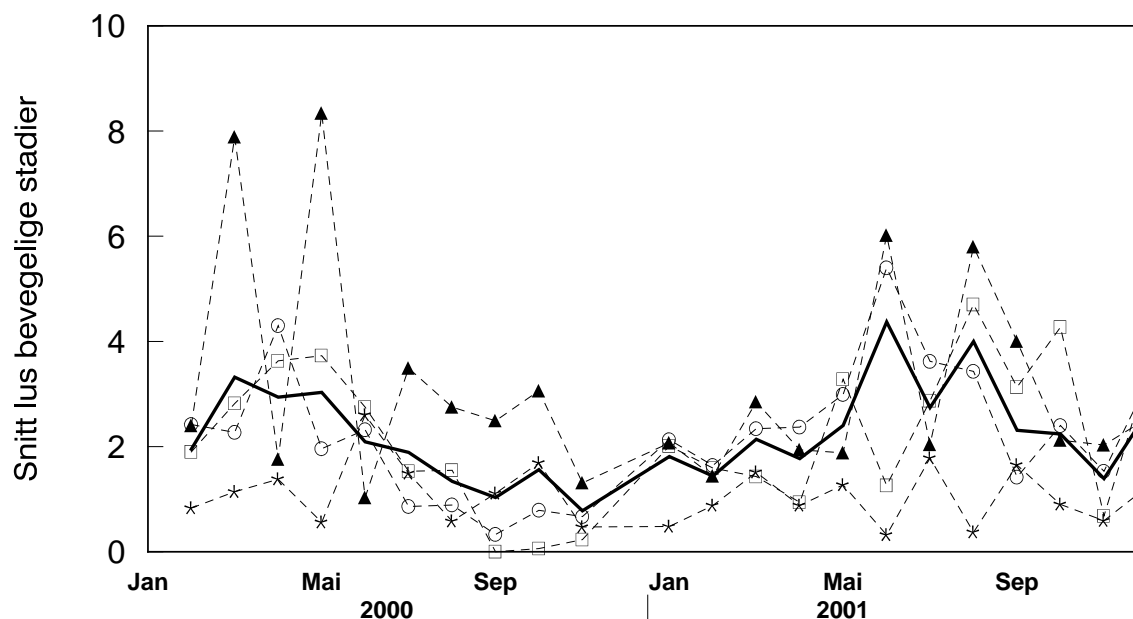


Figur 6. Antall anlegg i de fire sonene som har rapportert lus på fisken i merdene 1996-2001.



Figur 7. Gjennomsnittlig antall kjønnsmodne hunnlus på fisken i merdene 1996-2001 både for sonene B, C, D og E og for hele Hardangerfjorden (heltrukken linje).

Det er forventet at påslaget av lus øker med økende temperatur om våren og sommeren, slik vi ser for sommeren 2001 (Figur 8). Denne økningen faller godt sammen med varigheten av sjørretens beiteopphold i fjorden, og viser at sjøaure er mer eksponert for lakselus enn laksesmolt som vandrer ut om våren.



Figur 8. Gjennomsnittlig antall lakselus i de bevegelige stadier pr. fisk i sonene B-E. Gjennomsnittet for hele Hardangerfjorden er vist med heltrukken linje.

Beregning av produksjon av lakseluslarver

Produksjonen av lakseluslarver er beregnet for årene 1997 og 1999-2002 med utgangspunkt i

- antall individer i merdene i april (Figur 9),
- gjennomsnittlig antall lus per fisk og
- en antatt produksjon per hunnlus på 750 larver i løpet av en måned.

Anslaget på 750 larver per kjønnsmoden lakselus på en måned (april) framkommer ved å anta at hver hunn i gjennomsnitt produserer 3 eggstrenger med 250 egg i hver, og at alle eggene klekker. Det mangler gode data på hvor lang tid det tar for lakselushunnen å produsere nye eggstrenger under ulike miljøbetingelser. Under stabile eksperimentelle forhold og under temperaturer som er sammenlignbare med forholdene i Hardangerfjorden i april/mai kan en hunn produsere mange eggstrenger i løpet av en måned. I denne rapporten velger vi et moderat estimat for antall lakseluslarver for å ta høyde for diverse usikkerhetsmomenter

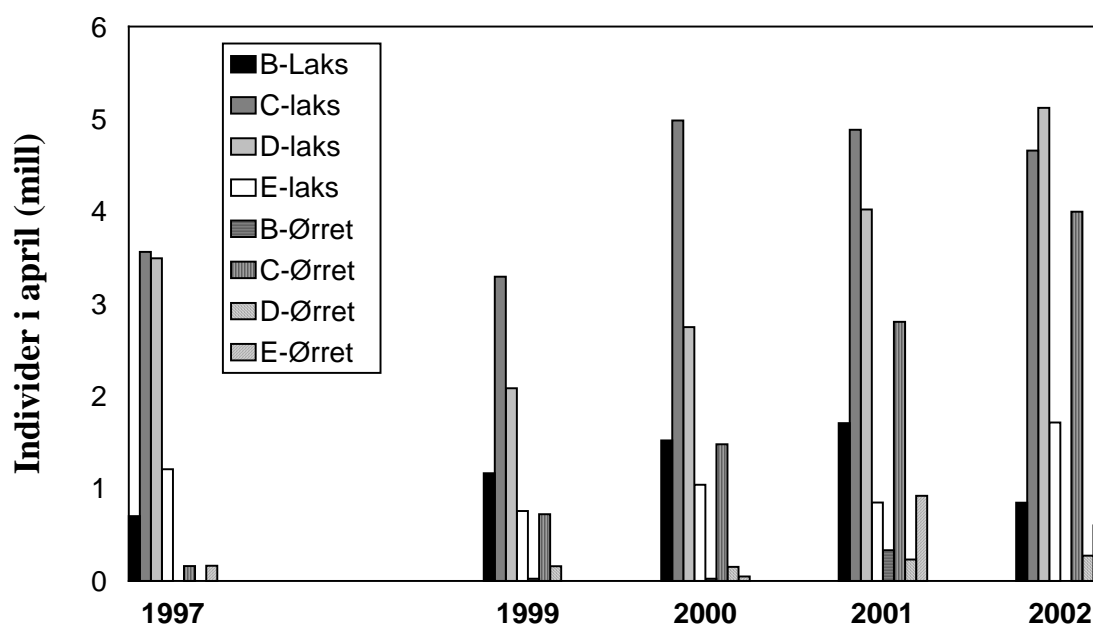
Det er videre antatt at det er produksjonen av lakseluslarver i løpet av april som har utviklet seg til infektive stadier som kan infisere utvandrende villsmolt av laks i mai. Se ellers mer inngående beskrivelse av lakselusens biologi i senere kapittel.

Figur 10 viser at den estimerte produksjonen av lakseluslarver var betydelig høyere i 1997 enn i påfølgende år, men at produksjonen etter 2000 likevel er på ca 4 - 6 milliarder larver. Reduksjonen i antall kjønnsmodne lus per fisk i merd blir delvis motvirket av at produksjonen i merdene har økt for hvert år.

En må anta at infektive lakseluslarver blir effektivt spredd i storparten av Hardangerfjorden med oppkonsentrasjoner som avhenger av variable strøm og vindforhold. Dette med bakgrunn i at:

- 1) lakseluslarvene først er infektive etter 6-7 dager,
- 2) at vannbevegelsene i Hardangerfjorden er tilstrekkelige til å fordele larvene i løpet av denne tiden, og
- 3) at oppdrettslokalitetene er spredd over store deler av Hardangerfjorden med liten innbyrdes avstand i forhold til vannmassenes potensielle transport av larver

Utvandrende laksesmolt må etter all sannsynlighet passere gjennom vannmasser med høye konsentrasjoner av lakselus. Det skal bemerkes at både antall lus per fisk i merd og produksjonen av laksefisk er høyest i fjordens ytterste del, der all smolten må passere.

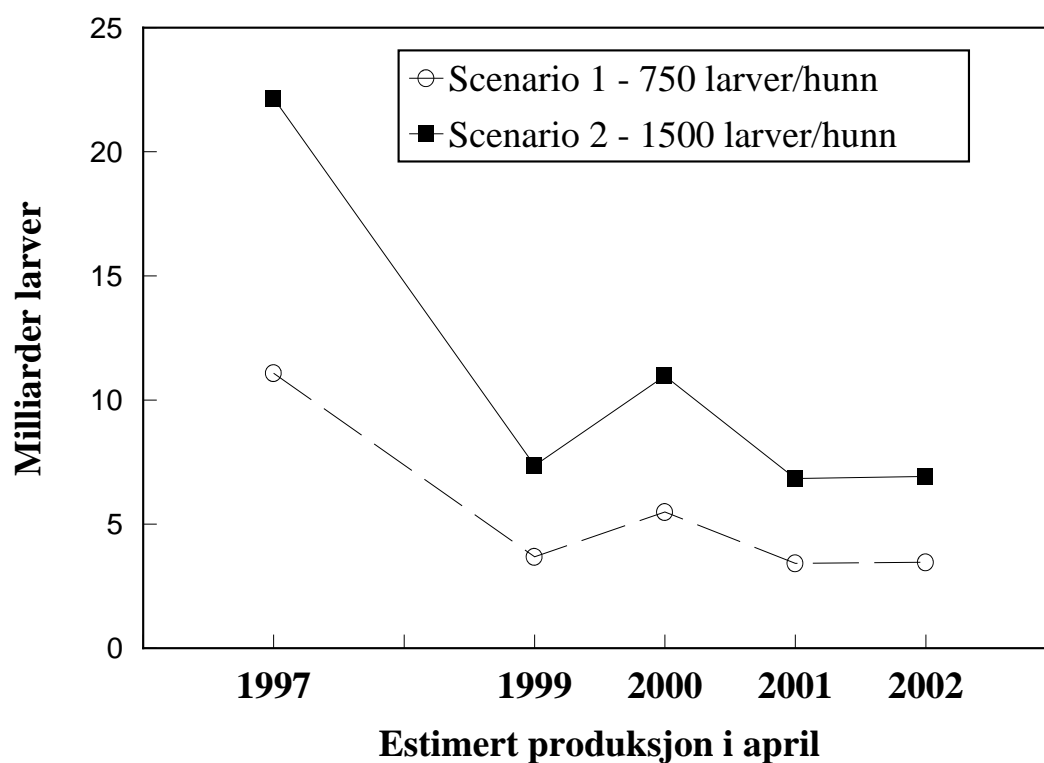


Figur 9. Antall individer i merdene i april i sonene B-E i 1997 og 1999-2002.

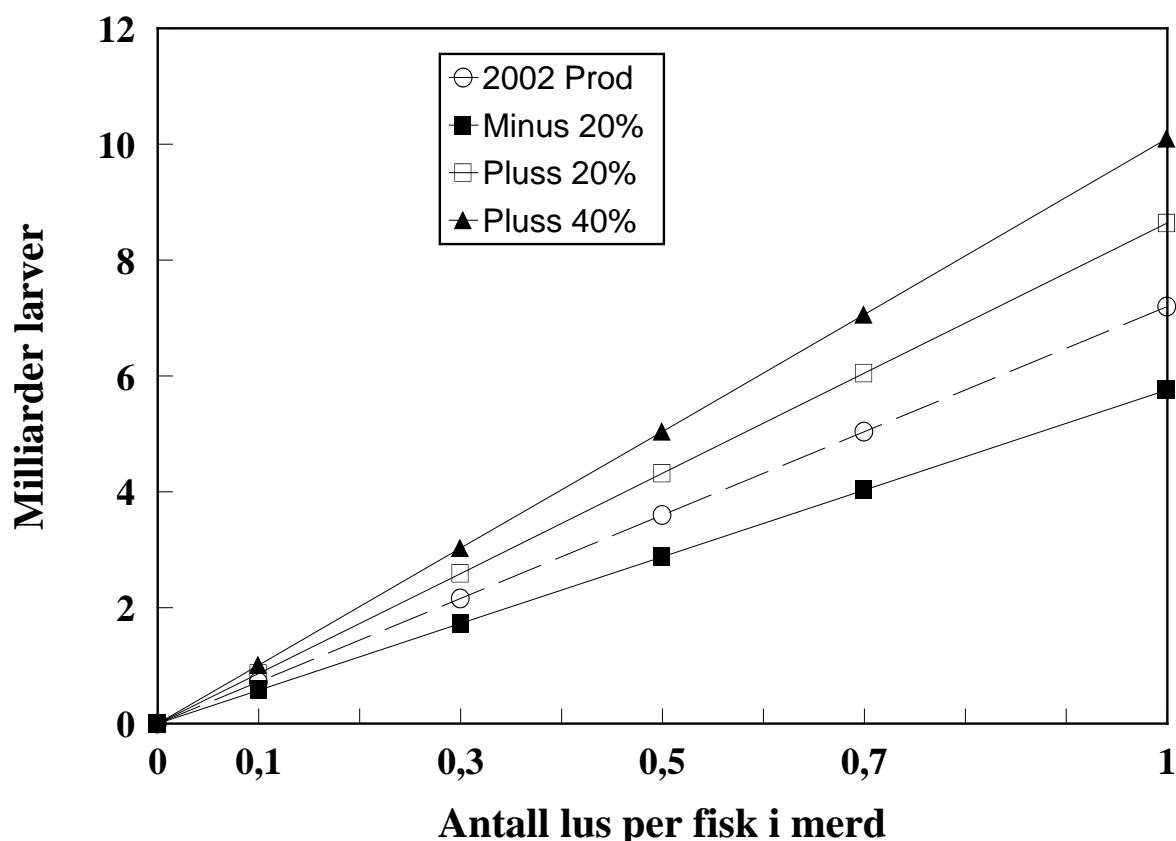
En videre beregning er foretatt for å anskueliggjøre hvordan produksjonen av lakseluslarver påvirkes av antall kjønnsmoden lus per fisk i merd og den totale produksjonen i Hardangerfjorden (Figur 11). Antall kjønnsmoden lus i merdene må reduseres vesentlig, helt ned til 0,1 lus pr fisk, dersom forventet produksjon av lakseluslarver skal presses under 1 milliard. I motsatt fall, med en moderat økning i antall lus per fisk og økning i produksjonen av fisk i området vil den estimerte produksjonen av lakseluslarver i løpet av april måned passere 5 milliarder individer.

Disse beregningene tar utgangspunkt i at tellingene av lakselus som er foretatt og innberettet av oppdretter er utført med tilstrekkelig nøyaktighet. En nylig rapport indikerer imidlertid at slike tellinger gir et betydelig underestimat (Lien, 2003). Her gav kontrolltellingene vel tre ganger så høye estimat. Dersom dette bildet er representativt for tallmaterialet i denne rapporten, så ville estimatet av den produksjonen av lakseluslarver i Hardangerfjorden i april

måned fra 1999 og framover måtte økes til nærmere 10 milliarder. Den nevnte rapporten konkluderer også med at det små bevegelige stadiene blir lettere oversett ved tellinger på anleggene. De nåværende tallene, som antyder at det om sommeren var rundt 5 millioner larver som hadde klart å slå seg på oppdrettsfisk i merdene (1,4 mill ind. x 4 lus per ind.), ville tilsvart rundt 17 millioner vellykkete påslag dersom tellingene vi baseres oss på er tilsvarende unøyaktige som indikert i rapporten. Tallene antyder uansett at det er en svært liten andel av den antatte produksjonen av lakseluslarver som ender opp som parasitter på fisk i merd. Dette kan delvis forklares med at lakseluslarvene vil være spredd over et betydelig vannvolum i fjorden i forhold til transporten av vann (og larver) gjennom merdene. Antallet lus på en enkelt fisk i merd vil ikke være representativt for risikoen for en fisk som svømmer rundt i de frie vannmassene i forhold til en vill smolt må vandre gjennom vannmassene på vei ut av fjorden fordi lakseluslarvene i et gitt vannvolum blir fordelt mellom et stort antall fisk i merdene.



Figur 10. Produksjon av lakseluslarver estimert ved å kombinere antall lakselus per fisk i merd i april med totalt antall fisk i merdene i april 1997, 1999-2000. På grunn av manglende data for lakselus i 2002 ble gjennomsnittet for april 2001 på 3.2 lus per fisk brukt.



Figur 11. Ulike scenarier for hvor mange lakseluslarver som klekkes fra fisk i merdene i Hardangerfjorden. Med utgangspunkt i antall individer i merdene i april 2002 estimeres antall larver med tre alternativer for produksjon av laksefisk, 20% reduksjon og 20 og 40% økning. Antall lus per fisk spenner fra 0,1 til 1,0 kjønnsmoden hunnlus og det antas 750 larver per kjønnsmoden lus.

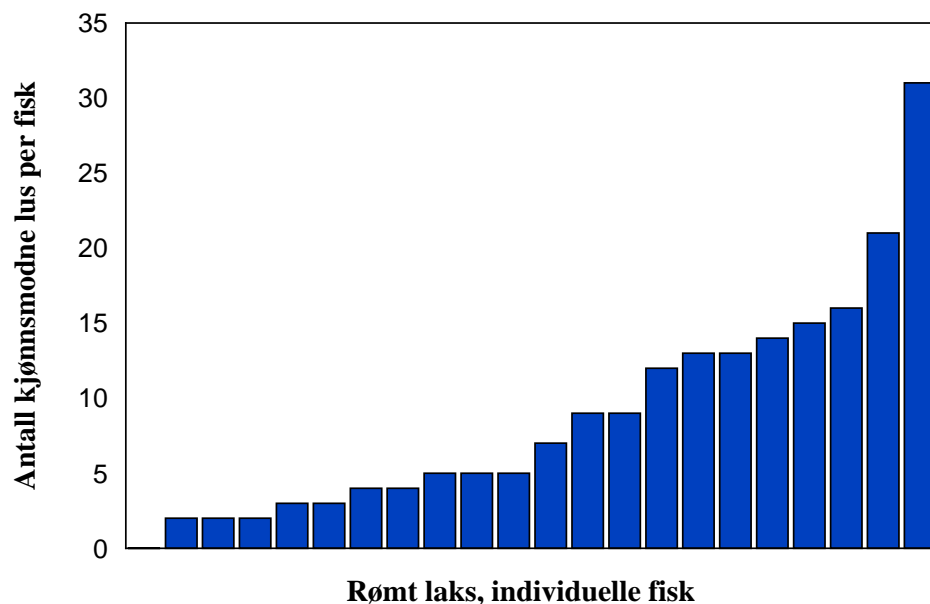
Rømt oppdrettsfisk som lakselusprodusent

Det er vanskelig å vurdere betydningen av rømt laks som lakselusprodusent fordi vi ikke vet hvor mye rømt fisk som går i fjorden om sommeren. Data eksisterer bare for fisket etter rømt fisk som starter 1. oktober og varer til 28. februar. Her har kvantumet variert fra 2,5 til 17 tonn. For å finne en omtrentlig størrelsesorden vil vi her ta utgangspunkt i et fiske på 5 tonn og bruke følgende antakelser;

- 1) at fisket om høsten er representativ for mengden rømt laks om sommeren,
- 2) at rapporteringsraten fra dette fisket er 50%, og
- 3) at 30 % av den rømte fisk i fjorden fanges i fisket.
- 4) at fisken veier i snitt 3,2 kg (basert på egne data)

Med disse forutsetningene kommer vi fram til et beregnet antall fisk på litt over 10 000 individer. Egne registreringer av antall kjønnsmoden lus på rømt oppdrettsfisk i Hardangerfjorden 2001-2003 (Figur 12) gav et gjennomsnitt på 8.9 lus per fisk, som tilsvarer en produksjon på 46 millioner lakseluslarver fra den rømte fisken. Dette estimatet for den rømte fiskens bidrag til lakseluslarver utgjør i underkant av 0.2 % av estimatet for mengden larver som frigjøres fra merdene.

På tross av alle usikkerhetsmomentene vedrørende denne sammenligningen så er det ingen grunn til å anta at rømt fisk bidrar vesentlig til å øke mengden lakseluslarver i systemet når det er lus på fisken i merdene. Den rømte fisken kan derimot ha en større betydning ved å bidra til reinfisering etter behandling mot lakselus og ved å transportere lakselus til Etnefjorden og til indre deler av fjorden uten oppdrett.



Figur 12. Antall kjønnsmodne hunnlus på rømt oppdrettslaks fanget i Hardangerfjorden i sesongen fra april-august i årene 2001-2003.

Villfisk og lus

Laksebestandene i Hardangerfjorden

Om lag halvparten av dei registrerte laksebestandene i Hordaland fins i vassdrag som drenerer ut i Hardangerfjorden (Figur 1). Dei fleste er naturleg små, medan bestandene i Etne, Eio og Granvin har vore større. I dag er det kun Etne som framleis har ein relativt stor bestand av laks i denne regionen. Sjøaurebestandene er fleire, og ofte meir talrike. For begge artar gjeld at det fins lite presise data på storleiken av gytebestandene. Det er velkjent at fangststatistikken er upresis, og avheng av både vassføring, elvetemperatur, fangsttinningsgrad, kven som fiskar, og av graden av rapportering. Ein ekspertkomite, oppnevnt av DN, med Jostein Skurdal (leiar) og Lars Petter Hansen frå Norsk institutt for naturforskning, Øystein Skaala frå Havforskningsinstituttet, Harald Sægrov frå Rådgivende Biologer og Harald Lura frå fylkesmannen i Rogaland gjennomgjekk i 2001 alle lakseførande vassdrag i Hordaland og i Sogn og Fjordane med omsyn på status og trugsmål for dei einskilde bestandene, herunder innslaget av rømt fisk (Skurdal *et al.*, 2001). Rapporten inneheld ei elvevis og regionvis vurdering av bestandsstatus og drøftar årsaker til bestandsutviklinga, og observerte skilnader mellom regionar. Denne rapporten dannar grunnlaget for det som er skrive nedanfor om dei

einskilde bestandane². Vidare er det henta opplysningar om rømt laks frå NINA sine undersøkingar, og frå Fiskeforvaltaren hos Fylkesmannen i Hordaland.

Eio

I Eidfjord er det to vassdrag med anadrome fiskebestandar, Sima og Eio. I Sima går det hovudsakleg sjøaure, men fangstopplysningane er svært sparsame, og elva blir difor ikkje omtala nærare her. Det er Eio, og den øvre delen Bjoreio, som er det dominerande laksevassdraget i Eidfjord. Den anadrome elvestrekninga er 9.6 km. På 1970-talet vart det introdusert røye i vassdraget. Gjennom fyrste del av 1970-talet varierte laksefangsten mellom 150 og 300 individ, deretter avtok fangstane kraftig. Det er registrert svært høg andel rømt laks i Eio sidan 1997. I 1999 var andelen rømt laks 74% i fiskesesongen. Det er konkludert med at påverknaden frå rømt laks har vore kortvarig, men at store lusepåslag har medført stor mortalitet på utvandrande smolt sidan 1995.

Etneelva (Storelva og Søreelva)

Etneelva har den største laksebestanden i Hordaland, med gode fangstar også på 1990-talet, også ved korrigering for innslag av rømt laks. Anadrom strekning er 15 km, og produksjonen av laksesmolt er anslått til 30.000 individ. Fangststatistikken viser laksefangstar mellom ca 500 og 1.000 individ, med ein topp på 2500 individ i 1990. Innslaget av rømt laks har vore høgt (31-79%) i gytesesongen sidan 1989, og noko lågare i fiskesesongen. Etneelva er ein av lokalitetane der ein tidleg på 1990-talet faktisk dokumenterte vellukka gyting av oppdrettslaks. Fangststatistikken viser fangst av sjøaure i hovudsak mellom 400 og 1.000 individ, med ein topp på ca 1.500 individ i 1990.

Fjæra

Elva har 1.5 km anadrom strekning, og det anslåtte produksjonspotensialet for smolt er ca 3.000, som truleg er tilstrekkeleg til å oppretthalda ein bestand. Registrerte fangstar av laks og sjøaure er små, stort sett under 10 laksar og 20 sjøaurar. På siste halvdel av 1990-talet vart det fanga bra med laks, opp mot 50-60 rapporterte individ. Truleg er det meste av dette rømt laks og feilvandra villaks.

Granvin

Granvinelva har 8 km anadrom elvestrekning. Potensial smoltproduksjon er anslått til 12.000 individ. Elva var kjent som ei av dei beste sjøaureelvane på Vestlandet, men det var også gode fangstar av laks. Frå 1972 til 1985 varierte laksefangstane frå ca 1500 til 3000 individ, medan oppgitt fangst frå 1985 til 2000 varierte frå 1000 til 2000 individ. Mellom 1970 og 1975 varierte fangstane frå ca 1800 til 3500 individ. I 1976 vart det ifølgje fangststatistikken fanga rundt 400 individ, og frå 1995 til 2000 har antal fanga sjøaure lege rundt 100-200 individ. På

² Guddalselva og Øyreselva var ikkje med i denne rapporten.

1960-talet vart det introdusert røye i vassdraget. Fangststatistikken tydar på ein reduksjon i laksebestanden, men det er særleg sjøarefangstane som er kraftig redusert på fangststatistikken, fordi oppdrettslaksen kamulerer reduksjonen i villaksbestanden. Utover 1990 talet har det vore lite villaks, og eit høgt innslag av rømt oppdrettslaks i fangst og i gytebestanden. Sidan 1997 er det fanga svært få villaks. Det er vist ekstremt høge påslag av lakselus på sjøaure frå Granvinselva.

Jondal

I Jondalselva er berre 1 km av elva tilgjengeleg for laks og sjøaure, og anslag for smoltpotensiale er 2.000 individ. Bestandane av laks og sjøaure er små. Rapporterte laksefangstar har stort sett lege under 50 individ, med ein topp på over 200 individ i 1989. Dei rapporterte sjøarefangstane er også i hovudsak under 50 individ, men med ein topp på ca 70 individ i 1989. Det er gjort registreringar av innslag av rømt laks einskilde år. I 1998 var det berre registrert oppdrettslaks i gytelsesongen, og i 2000 var innslaget 75%.

Kinso

Elva har 4,5 km strekning tilgjengeleg for anadrom fisk, og produksjonspotensialet for smolt er anslått til 8.000. Registrert laksefangstar varierte mellom 20 og 30 individ fram til 1978. Fangststatistikken viser ein tilsynelatande auke i sjøaurebestanden etter 1994, med variasjonar frå kring 30 til 160 individ.

I 1997 var det eit stort innsig av rømt laks, etter dette har det vore strenge restriksjonar på fisket etter villaks, med ein fokus på oppfisking av oppdrettsfisken.

Opo

I Opo er den anadrome strekninga oppgjeve til berre 1,5 km. Dette må vera nedstraums fisketrappa. Frå Sandvinvatnet og oppover er det større areal tilgjengeleg. Produksjonspotensialet for smolt nedstarums fisketrappa er anslått til ca 3.000, medan potensialet ovafor truleg er noko større. Gjennom første halvdel av 1970-talet vart det i følgje statistikken fanga 120-220 laks kvart år. Gjennomsnittleg individvekt er oppgjeven til 6-8 kg. Frå og med 1997 har det vorte fanga få villaks i elva, og villaksen er freda i vassdraget. Fangstane av sjøaure var variert mykje i Opo, frå under 10 individ i 1977, til over 200 individ, med variasjonar mellom ca 100 og 200 individ frå 1978 til 1997. Inntil 1997 var det lågt innslag av rømt laks i elva, og påverknaden har truleg vore kortvarig. I tilknytning til Opo er det eit større klekkeri med fasilitetar for produksjon av sommaringel og smolt, men i seinare år har ein ikkje greidd å fanga nok gytefisk til å driva kultiveringsarbeid.

Rosendalselvane (Mehlselva og Hattebergelva)

Den samla elvestrekninga tilgjengeleg for laks og sjøaure er 9 km, og produksjonspotensialet for smolt er betydeleg. I fylgje fangststatistikken, har fangstane stort sett lege under 120 laks.

Sjøaurefangstane har variert meir, og stort sett frå 30 til 700 individ. Det er grunn til å tru at rapporteringa er ufullstendig, noko som truleg også gjeld for dei fleste andre vassdrag. Registreringar av rømt oppdrettslaks på slutten av 1990-talet viste andel oppdrettslaks mellom 89 og 100%. Fiskarane i desse elvane fortel i 2003 om ein sjøarebestand som ”er vekke”.

Guddalselva

Guddalselva ved Rosendal har om lag 2 km anadrom elvestrekning, opp til Liarefossen. I følgje fangststatistikken vart det fanga mellom 10 – 120 laksar, og 10- 200 sjøaurar årleg fram til slutten på 1980 talet. Dei seinare åra er det innført strenge restriksjonar på fisket på grunn av reduserte bestandar av gytefisk. I 2000 vart det installert ei permanent smoltfelle og oppvandringsfelle i elva gjennom eit overvakingsprosjekt, Sjøaureprosjektet. I tillegg til overvakinga av rekruttering, gytebestandar og rømt fisk, vert temperatur, vasskvalitet og vassføring registrert på permanent basis.

Øyreselva

Øyreselva har om lag 1,5 km anadrom elvestrekning. Institutt for biologi og naturforvaltning (NLH) har saman med Havforskningsinstituttet estimert bestandane av sjøaure- og lakseungar årleg, frå 1988 til og med 2003. Elva har ein årvisss produksjon av sjøauresmolt og laksesmolt. Gytebestandane kjenner ein lite til utover korte undersøkingar på midten av 1990 talet i regi av Havforskningsinstituttet, som synte ein gytebestand over 100 individ og gjennomsnittleg storleik rundt 2,5 kg.

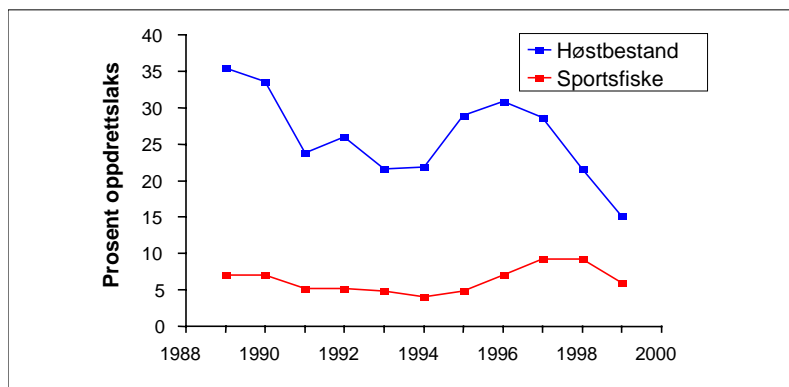
Steinsdalselva

Elva har ca 5 km strekning tilgjengeleg for laks og sjøaure. I fangststatistikken frå 1970 og framover, er det oppgjeve frå ca 5 til 220 individ. Etter 1990 har laksefangsten vore dominert av oppdrettslaks. Potensialet for smoltproduksjon er anslått til 8.000 individ. Fangstdata tyder på at innsiget av laks avtok kraftig i 1998, og villaksen har vore freda sidan 1999. Den rapporterte fangsten av sjøaure i Steinsdalselva har variert frå ca 5 til opp imot 200 individ.

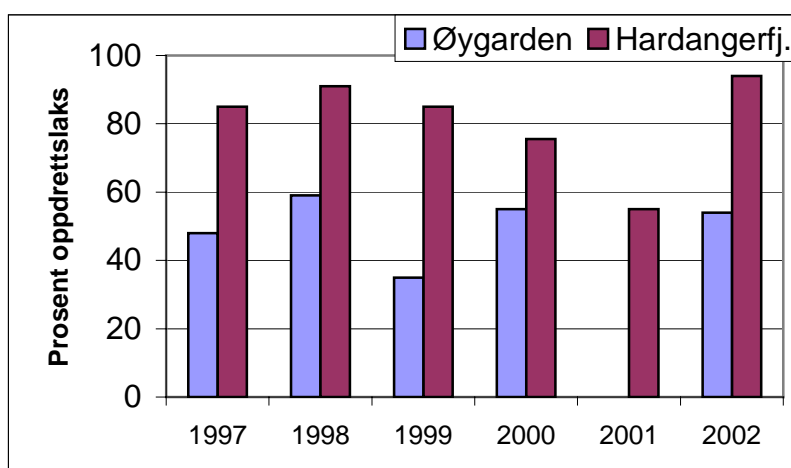
Rømt fisk

Andelen rømt laks er registrert år om anna i utvalde elvar og i sjølaksefisket. Det er generelt observert at andelen rømt laks er høgare i gytebestandane om hausten, enn gjennom fisketida (Figur 13). Dette forklarar ein med at oppdrettslaksen vandrar seinare opp i vassdraga enn villaksen gjer. Undersøkingar i Hardangerfjorden har vist svært høge andelar rømt laks i sjøfisket, varierende frå ca 58 til 95% (Figur 14). Samanliknar ein resultatata frå Hardangerfjorden med resultatata frå Øygarden, ser ein at Øygarden ligg vesentleg lågare, sjølv om andelen rømt laks også der er svært stor. Registreringa som er gjennomført i vassdraga, viser også svært høge andelar rømt laks i Hardangerfjordbestandane. Andelen oppdrettslaks har variert mykje frå år til år, særleg i Etneelva og Oselva heilt sidan registreringane tok til (Figur

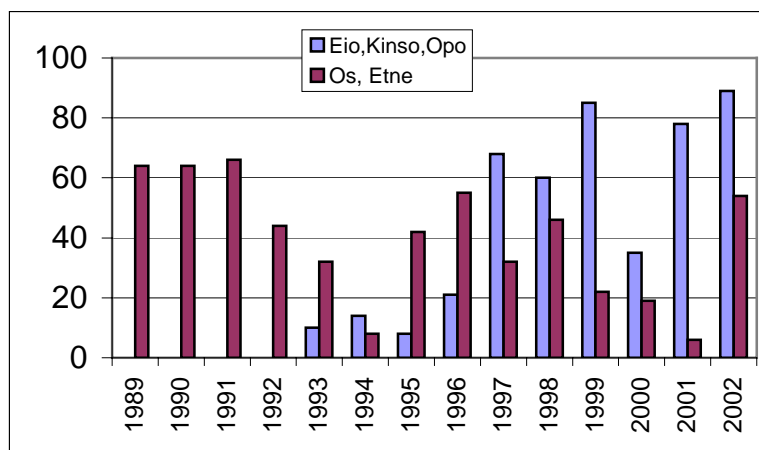
15). For bestandane lengre inne i fjorden, Opo, Eio og Kinso, ser det ut til at rømt oppdrettslaks først vart eit problem etter 1995, då andelen auka frå rundt 10% til over 80%.



Figur 13. Andelen rømt laks er vesentleg høgare i haustbestanden enn i sportsfiske gjennom fiskeseongen.



Figur 14. Andel oppdrettslaks i sjøfisket etterlaks i Øygarden og Hardangerfjorden 1997-2002. (NINA, 2001).



Figur 15. Andel oppdrettslaks i elvar i indre Hardangerfjorden (Eio, Kinso og Opo) og i ytre deler (Etne og Os). Tala viser at variasjonen er stor mellom år, og at problema med rømt fisk oppstod tidlegare i ytre område enn i dei indre områda av Hardangerfjorden. (DN rapport 2001-2).

Lakselus på villfisk i Hardangerfjorden

Registreringar av lakselus på villfisk i Hardangerfjorden er avgrensa til registreringar av lus på såkalla prematur tilbakevendt sjøaure. Undersøkingane har hatt vekslende finansiering, der både Direktoratet for Naturforvaltning og Miljøvernavingane hos Fylkesmannen i dei respektive fylka, samt Skretting, Ewos, og Hydro Seafood inngår.



Figur 16. Lus på sjøaure frå Hardangerfjorden

Undersøkingane er gjennomført av Rådgjevande biologar.

Lusesituasjonen i perioden 1995 til 1997 vart gjennomført og oppsummert av Birkeland (1998), medan registreringa i oppdrettsanlegga vart gjennomført av næringa sjølv. I rapporten konkluderte ein med at det var stor grad av samsvar i infeksjonstidspunkt hos villfisk og oppdrettsfisk i Hardangerfjordregionen, men at villfisken var sterkare infisert enn oppdrettslaksen i anlegga.

I 1995 var gjennomsnittleg intensitet i Bondhuselva og daleelva i Hardangerfjorden 124 og 49 lus, medan det i Granvinelva vart registrert over 2000 lus pr fisk. Prevalens var 100% i desse lokalitetane. I 1996 varierte median intensitet i Bondhuselva frå 3 til 208 lus mellom ulike tidspunkt, med høgaste verdiar i registreringane i juni. Dette året registrerte ein også i Æneselva som ligg om lag 10 km lengre ute i fjorden.

Infeksjonsgraden på villfisk var fleire gonger høgare enn det ein har rekna som dødeleg for fisk i denne storleiksgruppa. Til tross for at det i mars/april 1997 vart gjennomført fellesavlusing av oppdrettsanlegga i Hardangerfjorden, tydar ikkje samanlikningar av infeksjonsintensiteten på at villfisken var mindre infisert i 1997 enn tidlegare år. Målet med avlusinga var å redusera lakselusinfeksjonane på sjøauren, og på oppdrettslaksen, og rapporten konkluderte med at det var trong for ytterlegare tiltak.

Det føreligg også årsrapportar frå Rådgevande biologar som oppsummerer lusesituasjonen på villfisk i eit 40 tals vassdrag mellom Egersund og Stadt frå 1998 til 2003. Også desse undersøkingane er basert på innfanging av prematurt tilbakevendt sjøaure. Metoden har klare avgrensingar. Av desse kan nemnast:

Uvisst kor stor andel av populasjonen ein samplar på

Uvisst om samplinga er representativ for bestanden mop. infeksjonsgrad

Skilnader i fiskeatferd mellom fjordområde med mykje og lite ferskvatn i overflata

Uklart om påslagsmønsteret på prematur sjøaure reflekterer påslaga på utvandrande laksesmolt

Rapportane representerer like fullt eit viktig, og dessutan det einaste, materialet som føreligg.

Sommaren 2003 var infeksjonane av lakselus på sjøaure på Vestlandet generelt av dei lågaste ein har sett etter at det vart sett i gang undersøkingar. Midtre Hardangerfjorden skilde seg ut i negativ retning, der infeksjonane av lakselus på sjøaure har vore høge sidan registreringa tok til. Median intensitet i lakselusinfeksjonane sommaren 2003 var frå 15 til 80 lakselus per fisk ved ulike tidspunkt i ulike regionar, men det vart funne enkeltfisk med infeksjonar på opp til 350 lakselus. Dei høgaste gjennomsnittsinfeksjonane sommaren 2003 vart funne i Hardangerfjorden og Sunnfjord i veke 24 og i Sognefjorden i veke 26, med medianverdiar på rundt 80.

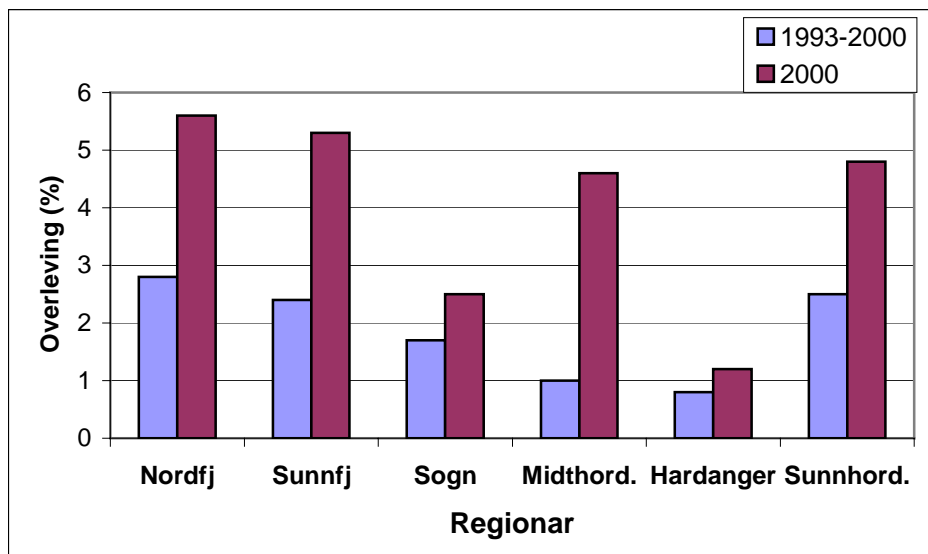
Rådgevande biologar antar at ville bestandar av laks og sjøaure i Hardangerfjordregionen dei siste ti åra truleg har opplevd den sterkaste belastninga av lakselus som nokon bestandar har vore eksponert for i noko havområde. Det vert også antatt at i denne regionen er gytefiskbestanden i enkelte elvar så små at produksjonspotensialet i elva ikkje er utnytta (Kålås & Urdal, 2000, Kålås & Urdal, 2002). Anadrom laksefisk har eit svært høgt reproduksjonspotensiale, og talet på gytefisk må være svært lågt før ein kan måle effekten på rekrutteringa i elv.

Regionale skilnader i sjøoverlevinga hos villaks og sjøaure

Villaks

Utover 1990 talet viste fangststatistikken avtakande tendens til innsig av laks til elvane i Hordaland, og andre regionar. Ut frå kunnskap om produksjonspotensialet for smolt i ulike elvar, og faktorar som ein veit verkar inn på sjøoverlevinga og fangstrapporteringa, som

restriksjonar i fisket etter villaks og havtemperaturar, vart det i 2001 gjort ei vurdering av sjøoverlevinga hos laks i ulike regionar i Hordaland og Sogn og Fjordane (Skurdal et al 2001). Vurderinga er basert på nokså upresise data for både smoltutvandring frå ulike elvar og regionar, og for tilbakevendinga av villaks, men set likevel fokus på eit sentralt tema, sjøoverlevinga for villaks, og faktorar som påverkar den. Medan laksebestandane langs det meste av kysten har vore reduserte gjennom fleire år, tok dei seg i følgje fangststatistikken oppatt frå 1999/2000 i store deler av kysten. Likevel er det eit par regionar som peikar seg negativt ut, der overlevinga ikkje har hatt tilsvarende positiv utvikling som i dei andre regionane (Figur 17). Laksebestandane i Hardanger hadde lågast sjøoverleving, med under 1% i perioden 1993-1999, medan Nordfjord, Sunnfjord og Sunnhordland hadde prosentvis overleving frå 1.8 til 2.8%. I 2000 tok alle regionane seg opp, og prosentvis overleving var over 4% og dels over 5% nokre stader. I bestandane i Hardanger var utviklinga likevel svært svak, og overlevinga vart anslått til i overkant av 1%, eller under ein fjerdedel av anslaget for fleire av dei andre regionane. Nyare undersøkingar har også vist at det fins genetiske skilnader mellom laksestammer i toleranse for lakselus (Glover *et al.*, 2004). Tilsvarende er vist for stammer av sjøaure (Glover *et al.*, 2003).



Figur 17. Prosentvis overleving av vill laks i ulike regionar i Hordaland og Sogn og Fjordane (Skurdal et al 2001).

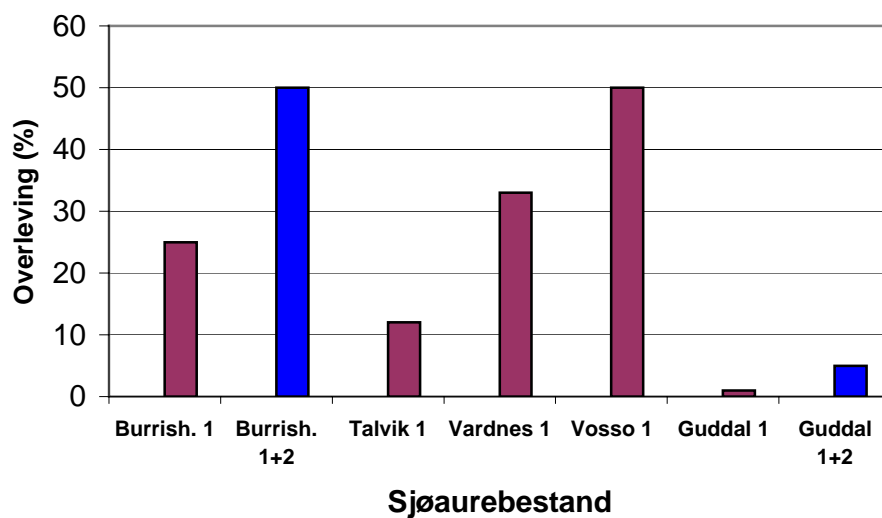
Sjøaure

Det er ikkje gjort tilsvarende vurderingar for sjøoverlevinga hos sjøaure. Også for denne arten er det lite av presise data på både smoltproduksjon og gytebestandar. Livshistorien til sjøaure er noko annleis enn livshistorien til laksen, og ikkje alle faktorar som påverkar laksen, påverkar sjøauren. Medan laksen har lange vandringar gjennom fjord, kyst og havområde, vandrar sjøauren sjeldan meir enn 40 km frå heimeelva, dei fleste held seg truleg innfor ein

radius på 15 km. Havklimaet påverkar sjøoverlevinga for villaksen, men ikkje sjøoverlevinga for sjøauren. Det er i langt større grad miljøsituasjonen i det lokale og regionale sjøområdet som påverkar sjøauren. Avhengig av vintertemperatur i sjøen og saliniteten, vil ein andel av sjøauren venda tilbake til ferskvatn som umoden fisk for å overvintra etter første sommar i sjøen. Dess lågare sjøtemperatur og høgare salinitet, dess større andel av bestanden vender tilbake til ferskvatn om vinteren. I elvar i Finmark har ein registrert at 100% av bestanden kjem tilbake etter første sjøopphald (Dr. Martin Svenning, NINA, pers.komm.).

Det føreligg likevel nokre undersøkingar av tilbakevending og sjøoverleving hos sjøaure, både frå norske elvar og frå mellom anna Irland. Resultata frå nokre av desse er vist i Figur 18.

I Burrishoole, på vestkysten av Irland har ein full kontroll med all ut- og oppvandring av fisk gjennom fiskefeller. Registreringane her starta i starten på 1970-åra. I Burrishoole kjem kring 25% av sjøauren tilbake som umoden fisk etter første sjøopphald. Samanlagt etter 1. og 2. sjøopphald kjem kring 50% tilbake til elva. I Talvik, Finmark, har ein også tilsvarande feller, og registreringa der viser minimum 12% gjenfangst (Dr. Bengt Finstad, NINA, pers. komm.). Det vert opplyst at dette talet er lågt pga. lakselusinfeksjonar. I Vardnes på Senja fann ein at over 30% kom attende etter første sjøopphald, medan ein fann ca 50% i Vosso (Dr. Bror Jonsson, NINA, pers.komm.).



Figur 18. Overleving av sjøaure etter første og første og andre sjøopphald samanlagt.

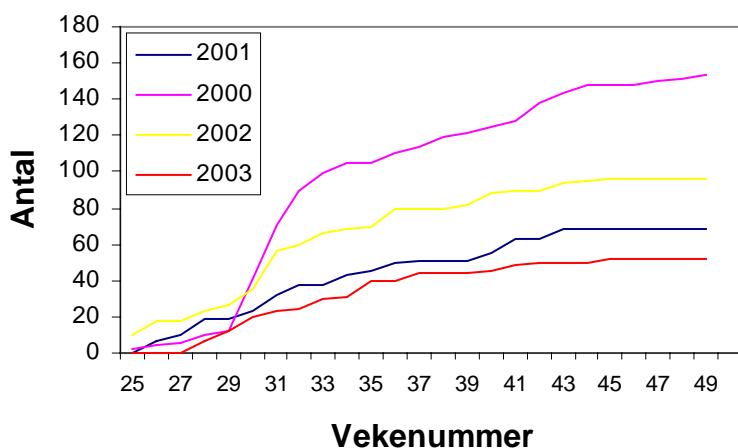
I Hardangerfjorden har ein tilsvarande feller i Guddalselva (Figur 19), som renn ut i midtre del av fjorden. Fellene vart bygd i 2000 som eit samarbeid mellom Havforskningsinstituttet, NVE, Direktoratet for naturforvaltning, Fiskeridirektoratet, Fylkesmannen i Hordaland og

Guddal elveigarlag. Eit hovudmål med dette fellseprosjektet var å framskaffa presise tal på smoltproduksjon i elva og sjøoverlevinga til bestandane i elva, i første rekkje sjøaure.

Smoltregistreringa har vist at elva produserer frå 1.200 til 1.500 smolt, det meste på den nedre ein kilometer lange strekningen ovanfor smoltfella. For 2001 kohorten er tilbakevendinga registrert etter 1. 2. og 3. sjøopphald (Figur 20). Tilbakevendinga etter 1. sjøopphald er kring 1%, og etter 1., 2. og 3. sjøopphald er overlevinga samanlagt 3-5%. Dette er under ein tiandedel av det ein reknar som normalt for sjøaure (Dr. Ken Whelan, Marine Institute, Burrishoole, pers.komm.). For 2002 kohorten i Guddalselva er tilbakevendinga på tilsvarende låge nivå (Figur 20).



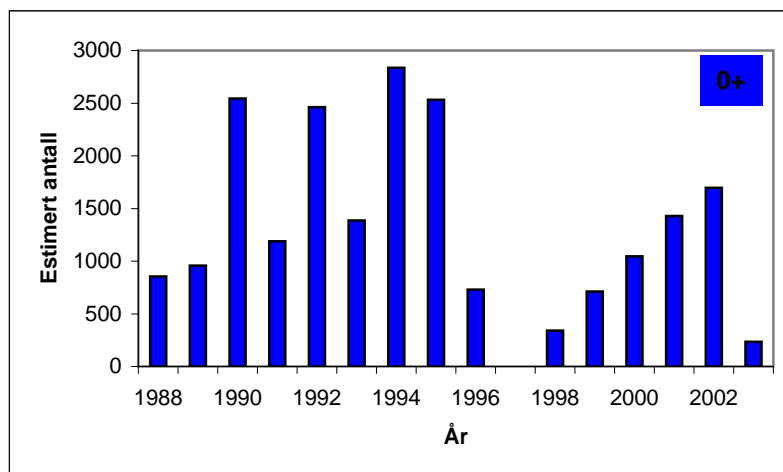
Figur 19. Smoltfella i Guddalselva gir presis informasjon om sjøoverlevinga i midtre Hardangerfjorden, eit tungt oppdrettsområde.



Figur 20. Oppvandra vill sjøaure i Guddalselva 2000-2003. Ein indikator på sjøoverlevinga i midtre del av Hardangerjorden.

Vekslingar i årsklassestyrke og smoltproduksjon

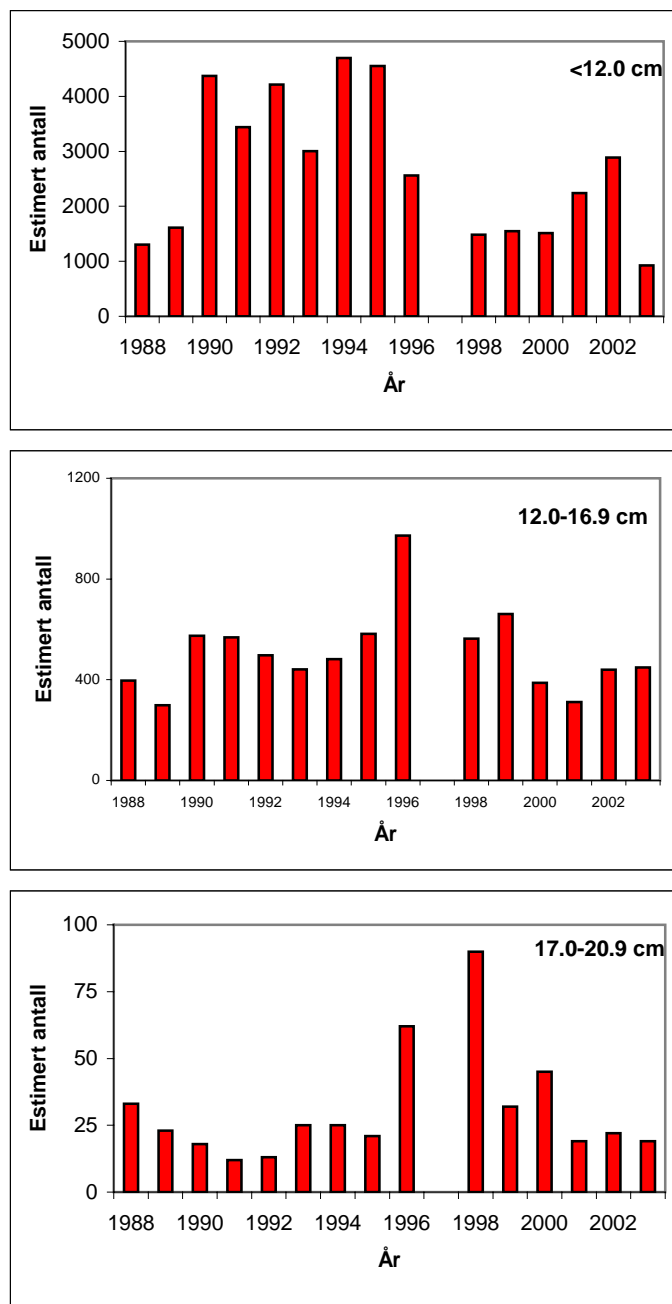
Talet på sumargamle aureungar i forsøkslokaliteten i Øyreselva er estimert kvart år i september-oktober 1988 – 2003, med unntak av 1997 (Berge 1993; Borgstrøm og Skaala 1993; Skaala *et al.* 1996; Vik *et al.* 2001; Borgstrøm *et al.* 2002). Antall ungar har variert betydeleg frå år til år (Figur 21). Tidlegare har vi vist at det har vore ein negativ samanheng mellom talet på stor aure og talet på sumargamle ungar, noko som mellom anna skuldast at dei store et mindre ungar. Antal sumargamle ungar (0+) i åra 1998-2003 er i snitt lågare enn for åra 1988-1996, men forskjellen er ikkje signifikant (t-test, $p = 0.06$). Sidan talet på ungar også vil vera ein funksjon av talet på egg lagt, kan observasjonane vera eit fyrste signal om at det har vore mindre gyttefisk dei seinare åra.



Figur 21. Estimert antal sumargamle aureunger (0+) i forsøkslokaliteten i Øyreselva, 1988-2003

Sjølv om talet på 0+ (Figur 21) og samla antal fisk under 12 cm har variert mykje i perioden 1988-2003 (Figur 22), har talet på fisk i lengdeklassen 12 – 16.9 cm ikkje vist same store variasjonen. Dette skuldast delvis at i denne lengdeklassen er det med individ frå minst to

årsklassar. Smolten vil stort sett ha lengder frå 12 til 16.9 cm, og det betyr at denne lengdeklassa vil i hovudsak innehalda presmolt. Ut frå dette kan det og sluttast at forsøkslokaliteten årleg har gjeve om lag 400-600 smolt, med variasjon frå om lag 300 til om lag 1000.



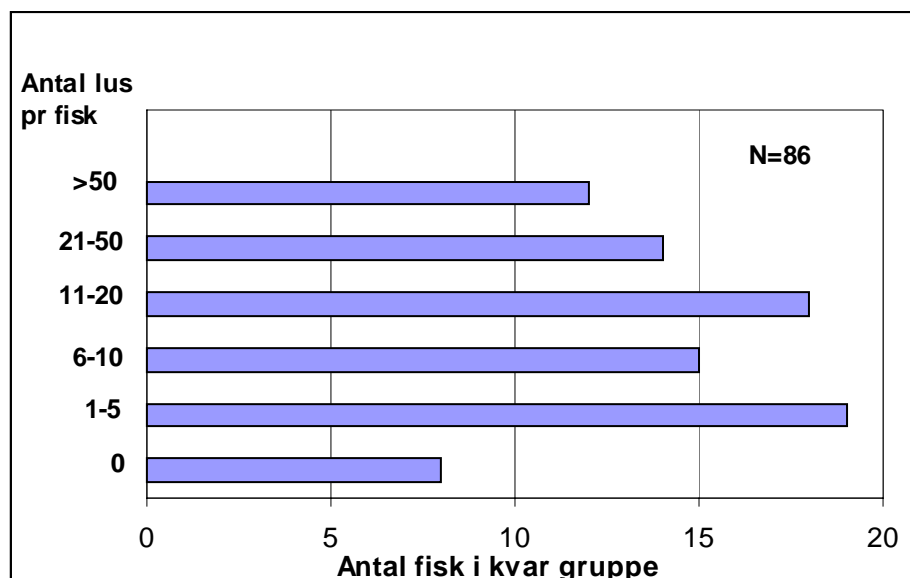
Figur 22. Estimert antal aureunger på forsøksstrekningen i Øyreselva, fordelt på lengdeklassane < 12cm, 12.0-16.9 cm og 17.0-20.9 cm

Resultata frå Øyreselva viser klårt problema med å basera forvaltning og eventuelt tiltak på sporadiske undersøkingar over få år. Fordi variasjonane i tettheit av fiskeungar er så store, ville td. konklusjonar basert på innsamling av fiskeungar i 1988 og 1996 bli svært ulike konklusjonar basert innsamlingar andre år. Slike tidsseriar som det ein har i Øyreselva, fins

det diverre svært få av. I forvaltningssamanheng, der ein må kunna skilja naturlege årsvariasjonar frå unaturlege og drastiske endringar, er denne mangelen på data eit stort problem. Det er ingen umiddelbar fare for bestanden i Øyreselva, men utviklinga bør fylgjast framover, særleg fordi dei seinare åra har vore to år (1998 og 2003) med særst låge tal på 0+.

Lakselus på sjøaure fanga med makrellgarn

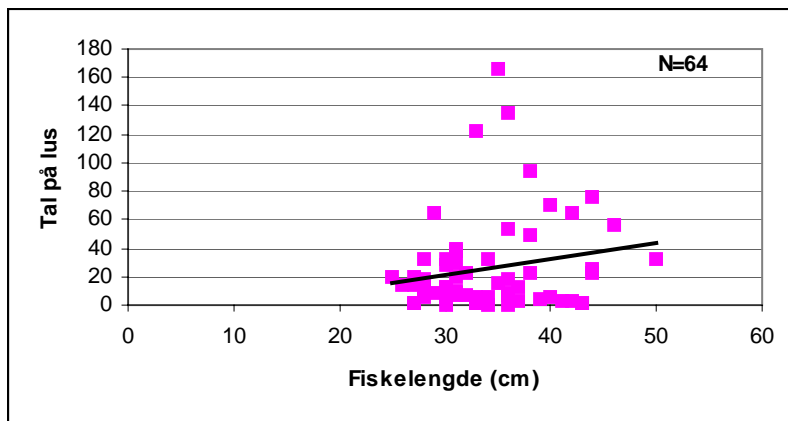
Registrering av lakselus på villfisk er vanskeleg, først og fremst fordi det er vanskeleg å fanga sjøaure med representative påslag av lakselus. Innfanging av prematur tilbakevendt postsmolt i små elveosar, fungerer ikkje i område med låg salinitet, eller der sjøauren berre i liten grad vandrar attende til ferskvatn som umodne individ. Det vart difor gjennomført ein forsøk på å fanga sjøaure med makrellgarn for å få eit estimat for lusepåslaget. Forsøket vart gjennomført på kjente fiskeplassar for sjøaure utanfor Guddalselva i Hardangerfjorden gjennom juni, juli og august frå 2001 til 2003. Det vart fiska med tre makrellgarn ei natt ved kvar fiskerunde. Garna vart trekt om morgonen og fangsten plukka ut. All sjøaure vart putta rett i individuelle plastposar for innfrysing og seinare teljing av lus i laboratoriet. Makrellgarna fanga aure mellom 25 og 50 cm. I Figur 23 er materialet frå dei tre åra slått saman, og gruppert i klassar etter kor mange lus det var på kvar fisk. Om lag 10% av fisken var utan lus, medan om lag 30% av fisken hadde over 20 lus, eller godt over det ein reknar som dødeleg for smolt. Av dei 86 sjøaurane hadde 12 fiskar over 50 lus. Dette er nok likevel minimumstal, sidan noko lus vil falla av før garna vart tekne opp, og noko fell av under handtering av fisken.



Figur 23. Antal lakselus på sjøaure fanga på makrellgarn utafor Guddalselva i Hardangerfjorden frå 2001 til 2003.

Prevalens varierte mellom år. I 2001 var 95 % av individene infisert, i 2002 var 80% infisert, og i 2003 materialet var 71% infisert. Talet på fanga fisk er lågt, særleg i 2002 og 2003, og det er difor usikkerhet i tala. For å undersøkje samanhengen mellom fiskestorleik og infeksjonsgrad vart 2001 materialet handsama separat. Dette skuldast at fangsten av sjøaure var størst i 2001, og at variasjonar i infeksjonsgrad mellom år ville påverka samanhengen mellom fiskestorleik og infeksjonsgrad. Talet på lus pr fisk varierte frå 0 til 163 dette året (Figur 24). Det var eit aukande påslag med aukande fiskestorleik innafor dette materialet, noko som var venta.

Dette pilotstudiet syner at makrellgarn kan vera ein enkel og brukbar metode til å undersøkje påslaget av lakselus på vill sjøaure.



Figur 24. Samanhengen mellom fiskelengde og infeksjonsgrad hos sjøaure fanga på makrellgarn i Hardangerfjorden i 2001. Det er lagt inn trendlinje som syner aukande tal på lus med aukande fiskestorleik.

Lakselusbiologi og konsekvenser for oppdrett og ville bestander

Innledning

Lakselus regnes som den viktigste tapsfaktor i norsk lakseoppdrett og i de seinere tider har det også blitt satt søkelys på hvilken betydning lakselus har som dødsårsak hos vill laks og sjøørret. Grovt regnet har den norske oppdrettsnæringa et årlig tap på rundt 500 millioner kroner. I dette overslaget er det regnet direkte tap, utgifter knyttet til kjemikaliebruk og ekstra arbeid til avlusing, vekttap på grunn av stress, mulig tap av fisk osv. Lus kan også spre infeksjoner og er et stort problem i andre lakseproduserende land som Irland, Skottland og Færøyene.

I Norge har vi to arter fiskelus som går på laksefisk og peker seg ut som et problem. Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) har vært og er den vanligste parasittiske lusa i oppdrett av laksefisk. Den er vertsspesifikk og avhengig av laksefisk for å fullføre livssyklusen sin. Fiskelus (*Caligus elongatus*) av noen kalt skottelus, er den andre lusearten som forekommer

langs hele kysten og er rapportert til å ha opptil 80 fiske arter som vert. Den er kjent for å hoppe fra vert til vert og kan komme og gå i lakseoppdrettsanleggene.

Det har tidligere vært gjort forsøk på å beskrive hvordan spredningen av lakselus skjer på et mer lokalt nivå, men for å bedre forståelsen av lakselusspredning er det etterhvert blitt klart at større regioner og systemer (fjord og kyst) må inkluderes. Lakselusas biologiske rammer som reaksjoner på temperatur, saltvariasjon, strøm og lys vil også være av betydning i dette arbeidet.

I de senere år har oppdretterne måttet legge nivået for avlusning stadig lavere på grunn av smitten som antagelig skjer fra oppdrettsfisk til villfisk. Denne smitten skjer ved at lakselusa klekkes fra lus på oppdrettsfisk, de frittlevende stadiene av lusa driver med vannmassene og kan til slutt finne en villfisk som ny vert. Det er i denne situasjonen viktig å ha en integrert strategi for lakselusbekjempelse som strekker seg over lengre tid. Både forebyggende og synkroniserte tiltak som i en innledende fase kanskje vil medføre forhøyet bruk av kjemikalier, vil kunne forsvares. Det området som har jobbet lengst med denne problemstillingen på en systematisk måte er Namdalsregionen. Siden 1990/91 har synkronisert avlusning og andre forebyggende tiltak, samt nøye overvåkning på oppdrettsanleggene ført til at de i 1998 ikke fant lakselus på smolt trålet utenfor Namsenfjorden (A. Rikstad, pers.komm.). Havforskningsinstituttets studier av villsmolt i Sognefjorden har også vist en nedadgående tendens i lusenivå siden 2000 (Holst o.a., 2002). For å bryte lakselusas syklus er det også viktig å vite så mye som mulig om lakselusa i de frittlevende stadiene. I de seinere år har man ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon studert ulike aspekter ved de tre stadiene av lakselus som er frittlevende (nauplius I og II samt det infektive copepoditt stadiet).

Generell biologi

En voksen hunn er 8 til 12 mm lang mens hannen er ca. halvparten. Størrelsen kan variere noe geografisk og lusa vil være større om vinteren. Det kan se ut som lusa i oppdrettsanleggene er noe mindre enn lus på den ville fisken. Kilder til nye påslag av lakselus vil være sjøørret, vill laks og oppdrettslaks som alle kan være bærere av lakselus. Lakselusa klekkes direkte ut i vannmassene fra eggstrenger festet til gentialesegmentet hos mordyret og er frittsvømmende nauplier igjennom ett skallskifte og blir deretter infektive copepoditter. Lakselus har totalt 10 livsstadier og mellom hvert stadium er det skallskifte. Spredningen kan skje passivt ved at lakselusa driver som partikler i vannmassene eller så kan egenbevegelsen til lusa virke inn i form av vandringer opp og ned i vannsøylen. De samler seg nær overflata om dagen og sprer seg i dypere vannlag om natta. I denne perioden trenger de ikke næring siden de har med seg “niste”.

Copepoditten er omlag 0,7 mm lang og 0,3 mm bred og det er den som finner, gjenkjenner og fester seg til laksefisk. Den kan vandre rundt en stund på fiskens overflate, men så vil den danne et frontalfilament for å feste seg. De fire stadiene av lus som sitter fast med dette frontalfilamentet på verten, kalles chalimus I - IV. Chalimus III og IV er fra 2 til 2,8 mm lange og på dette stadiet kan lusa oppdages på fisken uten å bruke lupe. Etter skallskifte til preadult I og i de to siste stadiene, preadult II og voksen vil lusene forflytte seg rundt på fisken. Det er også registrert at lusene hopper fra fisk til fisk. Disse siste og mobile stadiene av lakselus er funnet på andre fiskearter som sei og torsk. For mer detaljer om lakselusa sin biologi og utvikling blir det henvist til Pike & Wadsworth, 1999.

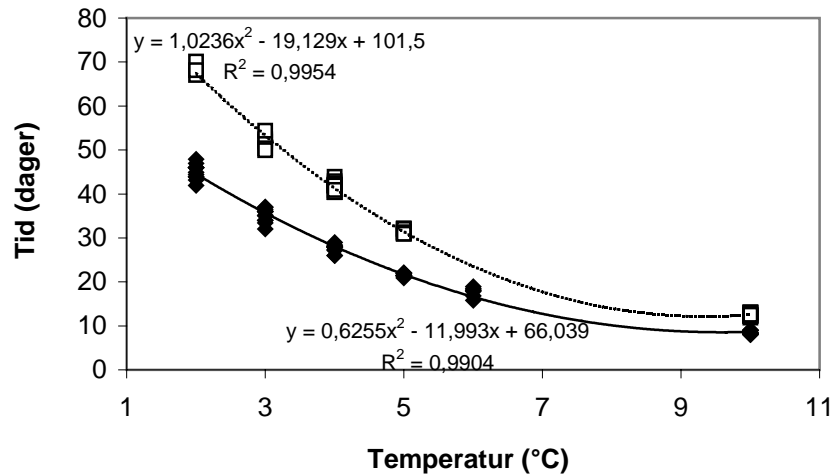
Effekt av fysiske parametre på lakselusbiologi

Temperatur

Lakselusas utvikling over tid er i stor grad styrt av temperaturen i sjøen. Ved 10°C bruker en hannlus ca 42 dager fra egg til kjønnsmodent individ. Det tilsvarende for hunner er ca 50 dager. Ved lavere temperatur tar det lengre tid og ved høyere temperatur går alt fortere. Sommeren og høsten 1997 med ekstremt høye sjøtemperaturer forsvant omtrent alle stadier av lakselus fra laks i oppdrettsanleggene på Vestlandet. Dette indikerer at stadiene av lakselus som sitter på laksen også har en maksimumstemperatur hvor lusene forsvinner. Denne temperaturen ligger et sted over 18°C. Hva som skjedde med de frittlevende stadiene av lakseluslarver under varmebølgen i 1997 har en ikke kunnskaper om. Det foregår ellers en jevn produksjon av egg, nauplier og copepoditter gjennom året, med topper utover våren og på høsten. Kulde ser ikke ut til å ha den samme utslettende effekten og lusene overlever tilsynelatende så lenge laksen gjør det. Utviklingen ser imidlertid ut til å stoppe nesten opp.

Klekking og utvikling til copepoditt

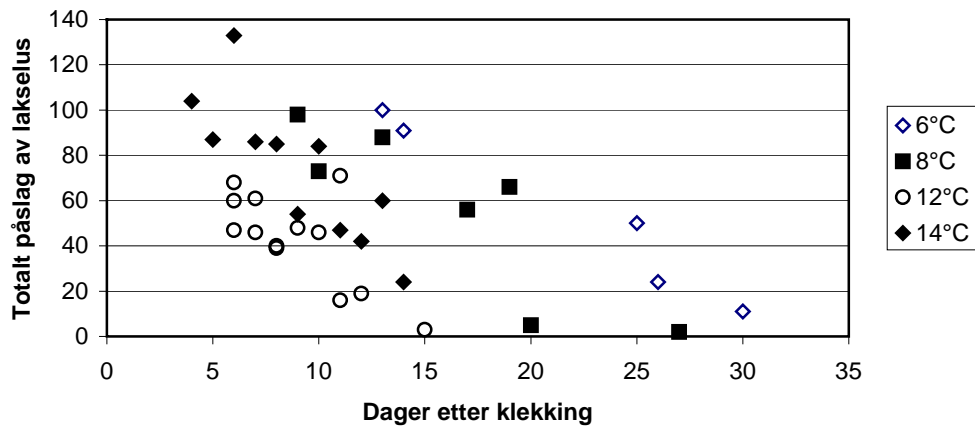
Temperaturkontrollerte studier av utviklingen til lakseluseggstrenger med påfølgende klekking og utvikling frem til copepoditt har blitt gjort fra 2°C og opp til 10°C. Selv på den laveste temperaturen klekte eggstrengene og selv om kun få dyr utviklet seg helt frem til copepoditt indikerer resultatene at dette er mulig (Figur 25). Dette tilsier at det er viktig å forholde seg til nivå av lakselus hele året og ikke hvile selv om vinteren. Resultater som disse har resultert i at høst- og vinteravlusninger er tatt i bruk som en strategi for å desimere populasjonen av lakselus før temperaturen stiger om våren.



Figur 25. Tid til første klekking (svart ruter, tilpasning: svart linje) og første copepoditt (åpen firkant, tilpasning: stiplet linje) som funksjon av temperatur (Boxaspen & Næss, 2000).

Evne til påslag over tid

Hvis lakselusa når så langt at den blir copepoditt finnes to klare utfall: den finner en vert eller ikke. Siden copepoditten har opplagsnæring og ikke spiser er tiden den har på å finne en vert begrenset. Denne tiden kan kalles et infektivt vindu. Etter at det er blitt slått fast at lakselus kan klekke og utvikle seg til det infektive stadiet helt ned til 2°C er det naturlig å spørre om den også er i stand til å feste seg til laksen og gå videre i sin utvikling på de samme temperaturene. Påslagsforsøk gjøres ved å dyrke frem copepoditter fra eggstrenger i kontrollerte systemer slik at temperaturregime, alder og opprinnelse er kjent for alle grupper som brukes. Det har vist seg at lakselus kan infisere fra dag 1 som copepoditt. Det ser allikevel ut som at lusa er mer infektive noen dager etter skallskifte. Deretter vil copepodittene brenne mer og mer av opplagsnæringen og ha mindre suksess når den endelig møter laksen noe som vises tydelig i reduksjonen av antall lus med påslagssuksess i Figur 26. En matematisk beregning ut i fra disse dataene viser at ved 6, 8 10 og 12°C får en det absolutt siste påslag av lakselus henholdsvis 32,5 dager, 27 dager, 21 dager og 17 dager etter klekking. Under norske strømforhold kan derfor en lus forflytte seg langt innenfor denne tidsrammen.



Figur 26. Påslagssuksess av lakselus ved ulike temperaturer og med copepoditter av økende alder (Boxaspen, in prep).

Saltholdighet

Lakselus er en saltvannsparasitt og tåler ikke ferskvann. De mobile stadiene faller da også av ved ferskvannseksponering slik som når laksen svømmer opp i en elv. De kan imidlertid tolerere endringer for kortere tid. Tidligere undersøkelser hentyder at frittlevende stadier av lakselus vil oppkonsentreres rundt sprangsjikt dannet av vann med ulike saltinnhold (Heuch, 1995). Sprangsjikt er et kjent fenomen i fjorder hvor en kompensasjonsstrøm av havvann vil komme inn under ferskvannet som renner ut fra elvene. For kyststrøkene vil kanskje ikke saltholdighet ha mye å si for atferden til lakseluslarvene siden saltholdighetsforholdene er mer stabile. I fjordsystemer derimot antar vi at saltholdighet kanskje vil være en av de sterkeste påvirkningsfaktorene i forhold til hvor en kan vente å finne lakselus.

Eggstrenger

Innledende studier viser at eggstrengene til lakselusa er mer sårbare for lav saltholdighet rett etter utlegging og de er også mer sårbare på lavere temperatur. Ved å eksponere eggstrenger for en saltholdighet på 24 i de første 24 og 48 timene etter utlegging ved 5 og 10°C klekket ingen strenger ved en påvirkning på 5°C og 24 timer. Det ser imidlertid ut til at de tåler 24 i saltholdighet bedre hvis de blir liggende i 48 timer. Det kan derfor se ut som at selve forandringen tidlig i klekkeprosessen og ikke selve saltholdigheten som har effekt. (Vikeså, 2000).

Nauplier og copepoditter

Ved å bruke små systemer med muligheter for å registrere atferd har det vært mulig å studere påvirkningsfaktorer som saltholdighet mer i detalj.

Ved å ta ut lakselus av samme alder og eksponere dem for ulike saltholdigheter (32,5; 27,9; 24,1; 19,9; 16,2 og 12,1) sank nauplier passivt ned allerede på 27,9. For nauplier som befinner

seg i fjordsystemer kan dette være en god respons. De tåler antagelig ikke så store variasjoner og bør komme seg ned til vannlag med høyere saltholdighet så fort som mulig.

For copepoditter ble det observert at de svømmer rundt helt ned til nest laveste saltholdighet som ble testet (16,2). De hadde imidlertid en klar økning i horisontale og nedover rettede bevegelser på lavere saltholdighet. På laveste saltholdighet (12,1) sank også copepodittene ut av synsfeltet.

Dette vil ha betydning for hvordan en skal tolke lakselusbevegelsene i fjordsystemer.

Lys

Lakseluslarvenes reaksjon

Det er vist i større systemer at frittlevende lakselus er positivt fototaktiske og ser ut til å gå aktivt opp om dagen mens de sprer seg mer passivt om natten (Heuch *et al.* 1995). I mindre systemer tilpasset til å studere atferd er det vist at ved plutselige forandringer i lysstyrke (evt. til mørke) får man en kraftig respons hos både larver og voksne. Det varierer imidlertid hvor sensitive de er for grad av forandring. Hos nauplier fant vi ingen respons ved å slå på lys. Ved å slå av lyset derimot får en sterk skyggerespons hvor naupliene svømmer oppover. Det ser da ut som alle dyrene tar et stort hopp i samme retning. Fra lysintensiteter lik eller under $4,24 \times 10^{16}$ fotoner/m²s var det ingen av-respons (Novales *et al.*, 2000). Denne av-responsen kunne observeres over hele lysspekteret fra 350 nm til 600 nm. Hos copepoditter får en den motsatte effekten slik at de reagerer når lyset blir slått på. En såkalt skyggerespons er beskrevet for andre parasitter som en viktig funksjon i vertsgjenkjennelse. Dette er ikke beskrevet i litteraturen for lakselus før. Hva denne atferden vil ha og si for lakselusas spredningsmønster i kyst- og fjord strøk må evalueres.

Bruk av lys i anlegg

Bruk av tilleggslys slik det brukes på kommersielle anlegg kan tenkes å ha en negativ effekt på nivået av lakselus. Forsøk har imidlertid vist imidlertid at lyset har større innvirkning på laksens sin posisjonering i sjøen. I forsøk hvor laks ble plassert på forskjellige dyp fikk laks som var plassert i de øverste 4 meterne 40 ganger høyere påslag av lakselus enn de som stod fra 4 til 12 meters dyp (Hevrøy *et al.*, 1998). En driftsform hvor laksen blir forsøkt holdt under fire meter kan derfor være fordelaktig (Juell *et al.*, 2003)

Spredningspotensiale for lakselus

Lakselusa har god evne til å formere seg. Den voksne lusa kan produsere opp til 800 egg i hver av sine to eggstrenger. Etter at eggene er klekt, kan lusa lage opptil 10 sett nye eggstrenger (Nordhagen, 1997).

Man antar i dag at spredning av lakselus over større avstander skjer med de frittlevende lakselusene som passive partikler i vannstrømmen. Den dominerende nordgående kyststrømmen antas derfor å være en hovedkomponent i spredningen av larvene. I mindre målestokk vil dette også kunne forklare hvordan man under spesielle strømforhold vil kunne få oppkonsentrering av larver i enkelte områder. Hvordan dette strømsystemet virker inn på lusespredning inn og ut av fjordmiljøer bør studeres nærmere.

Det er imidlertid dokumentert for andre arter at spesifikk atferd i forhold til tidevannsykluser, lys og strøm kan posisjonere dem fordelaktig. For lakselus har naupliene stort sett bare vertikalvandring som består av korte svømmeturer oppover avløst av passiv synkeatferd. Farten i den aktive fasen ble registrert til 0,17 cm/s. Netto resultatet var allikevel en relativ svømme hastighet lik 0 mm/s. Det skjer imidlertid en tydelig endring i atferd ved skallskifte fra nauplius II til copepoditt. Der hvor naupliene bare viser vertikalvandring har copepoditten også horisontal bevegelse. Ved å måle hastighet på kun den vertikale akse ble farten målt til 0,42 cm/s i lys og 0,35 cm/s i mørke. Enkelte dyr kunne komme opp i en fart på 2 cm/s for kortere intervaller (Boxaspen, *et al.*, 1999). Forskjellen i atferden til lakselus mellom kyst og fjord kan kanskje forklares med de naturgitte forskjellene i saltgradienter (det er betydelig kraftigere saltgradienter inne i fjordene. Særlig i fjordstrøk kan derfor egenbevegelse av lakselus være et betydelig element i en modell.

Det observeres forskjeller i påslagsmønster mellom kyst- og fjordmiljøer. Påslag av lakselus kan studeres i oppdrettsanlegg og hvert anlegg har ofte et mønster i påslag som gjerne gjentar seg. Wallace (1998) beskriver en situasjon inne i Samnangerfjorden (innenfor Austevoll) hvor rekruttering av lakselus på et oppdrettsanlegg var diskontinuerlig under hele forsøksperioden, og der diskrete påslag var skilt med perioder med liten eller ingen rekruttering. Episodene med påslag av lakselus var knyttet til innstrømming av kystvann til fjorden. Dette smittebildet tyder på at egensmitten hadde liten betydning i dette fjordområdet. I mer typiske kyststrøk som Austevoll, er forholdene trolig annerledes hvor det periodevis i større grad er et jevnt tilsig av lakselus (Boxaspen, 1997, Hevrøy & Mikalsen, 1994). Observasjoner indikerer dessuten at det er høyere lusepåslag på vestsiden (mot havet) enn på østsiden av øsystemet.

Lakselus og villfisk

Produksjon av lakselus

Produksjon av lakselus kan skje på all laksefisk i saltvann. Den eneste bestanden som kan reduseres ved direkte inngripen er den som finnes på oppdrettsfisken. Det vil si at produksjonen av lakselus på villfisk og på rømt oppdrettsfisk er utenfor kontroll. Graden av spredning av lakselus og konsekvensene av dette er ikke fullt ut kartlagt, men det hersker lite tvil om at lakselus kan føre til økt dødelighet på utvandrende villsmolt (Finstad *et al.*, 2000). For røye og sjøørret øker problemet med nærhet til oppdrettsanlegg (Bjørn & Finstad, 2002).

Det er antatt at den relative betydningen av rømt fisk som spredde av lakselus øker etter hvert som behandlingen av fisk i merdene er blitt mer effektiv (Heuch & Mo 2001), selv om en har liten dokumentasjon av omfanget av dette problemet. Det har blitt observert at regnbueørret utgjør en vesentlig del av den rømte fisken som oppholder seg i fjord- og kystnære strøk (Skilbrei, 2003). Fordi regnbueørret vandrer kortere avstander enn rømt laks (Jonsson, 1994) er det sannsynlig at den lokalt kan ha stor betydning som vert for lakselus.

Fysiologisk effekt av lakselus på fisk

Lakselusa beiter på slim, skinn, muskel og blod hos verten. I perioden hvor den er fastsittende (chalimus) er det ikke påvist noen alvorlig negativ fysiologisk effekt på laks (Grimnes & Jakobsen, 1996), men Finstad *et al.*, (2000) fant et forhøyet kortisolnivå i fisken. Dette tyder på at fisken selv på dette nivået er stresset. Målinger av stress uttrykt ved den målte kortisolverdier i blodprøver viser også at den store forandringen kommer når lakselusa går fra å være fastsittende til mobil (Grimnes & Jakobsen, 1996). De mobile lusene er større og kan beite rundt på laksen. Det er først nå regulære sår oppstår. Dette åpner også opp for osmotiske problemer (målt ved kloridnivå i blod) og fare for sekundære infeksjoner (Nylund, *et al.*, 1994). Forsøk gjort på smolt antyder at mellom 5 og 15 lus vil være dødelig for en fisk på størrelse med den utvandrende smolten (Nilsen & Holst).

Forvaltningsindikatorer

Som det går fram av de foregående kapitlene finnes det en rekke miljømessige faktorer som vil være nyttige for en god forvaltning av oppdrett i bl.a. Hardangerfjorden. I den følgende systematiske gjennomgangen har vi valgt å dele forvaltningsindikatorerne i to;

- 1) bestandsindikatorerne som er langsiktige og som er de egentlige målene med overvåkingen, og
- 2) indikatorer på årsakene til bestandsendringer.

For indikatorerne under punkt to har vi nesten utelukkende sett på de som er forårsaket av oppdrettsvirksomhet, og ikke tatt med andre ting som f.eks. vassdragsutbygging. Alle disse indikatorerne har en mye kortere tidshorisont enn under pkt. 1, og vil være knyttet til områder der en kan sette inn tiltak raskt. I tillegg vil hydrografisk overvåking og modellering være en forutsetning for at mye av årsaksindikatorerne skal være effektive.

Bestandsindikatorer

Siden bevaring av de ville lakse- og ørretbestandene er det egentlige målet med overvåking og tiltak er det en forutsetning at en kjenner til utviklingen av disse over tid. Her er det snakk om årlige variasjoner som kan skyldes en rekke faktorer. Det kan også være periodevise endringer som skyldes årsaker som enten er ukjente eller skyldes mer regionale endringer (eks.

klimavariasjoner). Denne typen overvåking må gjennomføres årlig, og lange tidsserier er essensielt. Bestandsindikatorer kan være både kvantitative eller kvalitative. De kvantitative kan være mengden av gyttende villaks i en elv pr. år, mens tap av genetisk variasjon er en kvalitativ indikator. Et overvåkingsprogram må innbefatte begge deler skal det være funksjonelt.

Det finnes i dag flere typer bestandsindikatorer som til dels også blir brukt i Hardangerfjorden for å karakterisere størrelsen på bestandene. Det er imidlertid mye av dette som blir gjort usystematisk og er lite egnet til å gi gode bestandsoverslag:

1. Det foregår et elvefiske etter laks og ørret i mange elver, med tilhørende fangststatistikk. Varierende reguleringer fra år til år, og område til område; varierende vannstand, osv. gjør at bestandsanslag basert på slike data vil være svært usikre.
2. Data fra garnfiske og kilenot har også lignende usikkerheter (grove, vær og vind) som punktet ovenfor. Disse redskapstypene fungerer best for vandrende fisk, og er derfor mest anvendelig i ytre kystsstrøk.
3. Det foregår noe utsettingsarbeide av smolt ifm. vassdragsutbygging også i Hardangerfjorden. Slike forsøk vil kunne være nyttige i framtiden dersom smolten merkes, og utsettingene systematiseres og settes inn i en større sammenheng.

Skal en få gode data på bestandssituasjonen for laks og ørret må en ha systematiske overvåkingsprogram som blir gjennomført år etter år med de samme metodene. En må også inkorporere genetiske analyser, for å påvise eventuelle endringer i genmaterialet, og selvsagt ha en sikker identifisering av rømt oppdrettsfisk. Det vil også være ønskelig med en overvåking av helsestatus på villfisken for å påvise eventuelle nye sykdommer og parasitter.

Vi mener den beste overvåkingsstrategien vil være å konsentrere seg om overvåking av utvalgte elver om høsten ved med tanke på hvor mye gyttfisk som vandrer opp:

Bruk av oppvandringsfeller, som den Havforskningsinstituttet driver i Guddalselva ved Rosendal

Installasjon av oppvandringsfeller i andre vassdrag

Telling av gyttfisk i utvalgte elver ved hjelp av snorkling. Dette er en metode som har vist seg å være nøyaktig ved telling i Guddalselva der en kjenner "fasiten".

Eventuelt i samband med punkt 3) ovenfor.

Årsaksindikatorer

Overlevingen til en gitt laksestamme blir gjerne målt som hvor mye laks som vandrer tilbake. Dette vil igjen være avhengig av en rekke faktorer; smoltdødelighet under utvandring, dødelighet i havet, feilvandring. I neste omgang vil også gyttedødelighet påvirke bestandssituasjonen, slik at redusert fitness i elv (og ellers) som følge av genetiske endringer kan føre til økt dødelighet. Effektiviteten av tiltak rettet mot oppdrettsnæringen vil avhenge av hvor stor del av dødeligheten som skyldes disse ulike faktorene.

I vår diskusjon av årsaksindikatorer har vi fokusert på de to viktigste årsakene som er direkte forårsaket av oppdrettsvirksomheten; rømt fisk og lakselus. Rømt fisk er både en smittekilde for lakselus og andre sykdommer og parasitter til ville bestander, samt innebærer en fare for genetisk påvirkning av de ville bestandene. Lakselus er pr. i dag sett på av mange som det viktigste miljøproblemet forårsaket av oppdrett, og er i første rekke knyttet til økt dødelighet på utvandrende villsmolt.

Overvåking av rømt fisk er i stor grad knyttet til egenrapportering av rømming fra oppdretterne. Det ser ut til å være liten overensstemmelse mellom mengde rømt fisk som blir rapportert og det en har av indikasjoner fra andre kilder. En forbedring av innrapporteringsrutiner og kontroll av disse vil derfor være ønskelig.

Det er ikke så enkelt å få til et objektivt overvåkingsprogram over rømt fisk. En har noe erfaring med prøvefiske etter rømt oppdrettsfisk i sjø, men resultatene fra slike fiskerier er ofte lite kvantitative da groe, sjøtemperatur, vær og vind påvirker fangbarheten relativt mye. Også det pålagte kontinuerlige overvåkingsfisket som oppdretterne gjennomfører ved anleggene har sine metodiske svakheter.

Fangst pr. enhet innsats ved det faste prøvefisket i sjø etter rømt fisk i perioden 1. oktober til 28. februar gir noe oversikt over de mer langsiktige trendene i rømming. Det samme får en ved hjelp av innslaget av rømt fisk i elvene.

Også når det gjelder lus vil egenrapporteringen fra oppdretterne være den viktigste kilden til kunnskap om situasjonen. Her ligger det en del forbedringspotensial både når det gjelder metoder, opplæring og kontroll av at de gjeldene prosedyrer blir fulgt.

Det potensielt mest sårbare perioden for villaksen er under utvandringen av smolt om våren. Måling av smittepresset (lakselus) på denne vil derfor være en svært nyttig indikator. Ved Havforskningsinstituttet har en i flere år sett ut små merder med smolt langs vandringsrutene for villsmolt for å måle påslaget av lakselus. Dette har til nå vært gjort i Sognefjorden, men metoden vil lett kunne overføres til Hardangerfjorden. En bør da sette ut en rekke smoltmerder i perioden mai – juni, langs de antatte vandringsrutene for smolten.

Det har også vært brukt tråling med spesielle smolttråler for å fange smolt, og undersøke lusstatus. Dette kan være et supplement til smoltmerder.

Direkte kvantifisering av lakseluslarvene ved planktonprøver har vist seg å være vanskelig. Selv om det finnes i størrelsesorden 5 milliarder luselarver i Hardangerfjorden, vil disse være fordelt på så store vannvolum at det vil være altfor resurskrevende å framskaffe pålitelige estimat.

Hydrografisk overvåking og modellering

En har i dag en oversikt over de generelle hydrografiske forholdene i Hardangerfjorden, og hvordan sirkulasjonen av vann inn og ut av fjorden foregår i prinsippet. En har imidlertid bortimot ingen overvåking av den faktiske situasjonen fra år til år eller uke til uke. En styrking av overvåkingen av saltholdighet, temperatur, fluorescens/turbiditet(alger) og strømmønster vil være en forutsetning for å vite f.eks. hvor stor del av luseproblematikken som er forårsaket av interne produksjon og hvor mye som kommer utenfra. Hydrografiske data, strøm og observasjoner av vindforhold vil være nødvendige for modellering/validering av spredning av lakseluslarver. Informasjon om hydrografi og strøm er også viktig for å forstå vandringsrutene for smolt og gytefisk

Avgrensning av område

Innstrømning av kystvann og f. eks. lakseluslarver i øvre lag av Hardangerfjorden skjer i perioder med vedvarende sørlige vinder, ofte kombinert med utstrømning av kystvann fra Skagerrak. Kystvannet transporteres innover i fjorden med en hastighet på 10 - 20 km per døgn og kan rekke inn til Utne (sone A) i løpet av en uke. Ved nordlige vinder skjer ofte den motsatte sirkulasjon, d.v.s. vann transporteres ut fjorden i øvre lag med innstrømning av saltare og kaldere vann i dypereliggende lag. Innstrømningene av vann i øvre lag er generelt mer effektiv enn utstrømningene og f. eks. lakseluslarver som transporteres inn fra kysten vil ha en tendens til å bli værende i fjordsystemet (Braarud, 1975; Dick, 1971). Inn- og uttransport av for eksempel lakseluslarver til Hardangerfjorden vil variere fra år til år avhengig av vindforholdene på kysten. I år med overveiende nordlige vinder i perioden april - juni (smoltutvandring) vil det trolig være mindre tilførsler av luselarver til Hardangerfjorden enn i år med vedvarende sørlige vinder på kysten.

Dette betyr alle sonene (B - E) det i dag er matfiskanlegg for laksefisk periodevis vil være utsatt for tilførsler av lakseluslarver fra kystvannet. Den gode vannutskiftningen i fjorden vil også sørge for at lakseluslarver internt i fjorden har et relativt stort spredningspotensiale.

Forvaltningsråd – konklusjon

Situasjonen for de ville bestandene av laks og sjøørret i Hardangerfjorden er alvorlig. Antall gytefisk er betydelig redusert, og den store andelen oppdrettsfisk er foruroligende med tanke på framtidig genetisk utvanning av den lokale bestanden. Data tyder også på at sjøoverlevingen for laks og ørret i Hardangerfjorden er lavere enn i andre sammenlignbare regioner.

Basert på den relativt gode dokumentasjonen av mengden lakselus som blir produsert i området, andel av vill laks og ørret med betydelig lakselusinfeksjon samt kunnskapen om lakselusen sin innvirkning på fiskens overleving, er det ganske klart at oppdrettsvirksomheten må ta en betydelig del av ansvaret for den kritiske situasjonen for de ville bestander av laks og sjøørret i Hardangerfjorden.

Et naturlig tiltak for å styrke bestandene vil derfor være å redusere infeksjonspresset fra lakselus produsert i oppdrettsanlegg. Dette kan skje ved å redusere mengden oppdrettslaks i området, eller ved å redusere nivået av lakselusinfeksjon i oppdrettsbestanden.

Av konkrete forvaltningsmessige tiltak for å redusere lakselusnivået vil vi anbefale:

- La tiltaksgrensen for behandling mot lakselus gjelde for all oppdrettsfisk, også for fisk som står i påvente av slakting (slaktemerder).
- Strengere håndtering og oppfølging av tiltaksgrense.
- Senke tiltaksgrense for avlusing av oppdrettsanlegg.

Andre tiltak som for eksempel flytting av oppdrettsanleggene til andre lokaliteter innen Hardangerfjorden vil trolig være av marginal betydning, siden det vil være snakk om små avstander. En optimal vertikalfordeling av laksen i merdene i forhold til brakkvannslaget kan imidlertid gi en viss positiv effekt.

Tatt i betraktning de store usikkerhetsnivåene når det gjelder å oppdage effekter (særlig bestandsindikatorer men også årsaksindikatorer) vil det trenge store reduksjoner i lakselusnivået til før en skal påvise sikre effekter av tiltakene i ettertid. Dagens tall på lakselusproduksjon fra oppdrettsnæringen i Hardangerfjorden i den kritiske utvandringsperioden for villsmolt er 3 – 6 milliarder. En reduksjon på 80% må kanskje til for å kunne påvise tydelige effekter. Hvis dette blir fulgt opp med et godt overvåkningsprogram vil en kunne få raske indikasjoner på om en slik reduksjon i utslipp er tilstrekkelig for å komme ned på en akseptabel nivå av lakselusmitte på villfisken i Hardangerfjorden.

Vårt forslag til tiltak er derfor:

1. Sette tiltaksgrensen til 0,1 modne hunnlus i perioden 15. mars til 15. juli
 - Dette kan lettest oppnåes med en felles avlusing i februar – mars for å redusere lusemengden i den mest kritiske perioden for utvandring av smolt (mai – juni)
2. Tiltaksgrense 0,5 resten av året
3. Følge opp med et overvåkingsprogram i Hardangerfjorden:
 - Måling av smittepress for villsmolt i utvandringsperioden
 - Overvåkning av lusesituasjonen i oppdrett – egenrapportering og kontroll

- Overvåkning av lusesituasjonen på prematur sjøørret
- Overvåkning av rømming av fisk fra oppdrett – egenrapportering og kontroll/prøvefiske
- Kvantitativ og kvalitativ (genetisk) overvåking av oppvandrende gytefisk i utvalgte vassdrag
- Overvåking/modellering av den konkrete hydrografiske situasjonen vil være et viktig forutsetning for tolkningen av flere av disse punktene, spesielt med tanke på lakselusmitte som kan bli transportert inn i fjorden fra kyststrømmen.

Det vises ellers til kapittelet om Forvaltningsindikatorer for nærmere detaljer om overvåking.

Det må presisere at ulike tiltak vil slå ulikt ut for villaks og sjøørret. Mens en felles avlusing om våren kan fjerne en vesentlig del av smittepresset på utvandrende villsmolt av laks i mai, så kan ny produksjon av lakseluslarver senere på sommeren likevel utgjøre en stor belastning på sjørreten som bruker fjorden som oppvekstområde.

Tiltakene bør gjennomføres for en periode på 5 år. Tiltakene evalueres og revideres på grunnlag av resultater fra overvåkingsprogrammet.

Ved siden av økt overvåkning vil en strategisk forskningsinnsats på området ville være av stor nytteverdi for å dokumentere sammenhengen mellom forvaltningstiltak og deres virkning.

Referanser

- Aure, J. 1981. Akvakultur i Hordaland. Kartlegging av høvelige lokaliteter for fiskeoppdrett. Fisken og Havet serie B. 1981 Nr. 3. 128s.
- Berge, K. 1993. Kvantitativt og kvalitativt foropptak hos laks og sjøaureungar og utsette ungar av finprikkaure i Øyreselv. - Cand. agric. oppgave, IBN, Norges landbrukshøgskole, Ås.
- Birkeland, K. 1998. Registrering av lakselus på sjøørret og oppdrettslaks i Hardangerfjorden og på Sotra 1995-1997; effekter av regional våravlusing i Hardangerfjorden. Zoologisk Institutt, Universitetet i Bergen. 21s.
- Bjørn, P. and Finstad, B. 2002. Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer), infestation in sympatric populations of Arctic char, *Salvelinus alpinus* (L.), and sea trout, *Salmo trutta* (L.), in areas near and distant from salmon farms. ICES J. Mar. Sci., 59: 131-139.
- Borgstrøm, R. & Skaala, Ø. 1993. Size-dependent catchability of brown trout and Atlantic salmon parr by electrofishing in a low conductivity stream. - Nordic J. Freshw. Res. 68: 14-21.
- Borgstrøm, R., Skaala, Ø. & Aastveit, A.H. 2002. High mortality in introduced brown trout depressed potential gene flow to a wild population. - Journal of Fish Biology 60: 1085-1097.
- Boxaspen, Karin. Experimental infection of salmon (*Salmo salar*) with salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*): temporal infection intensity and success at different temperatures. in prep.

- Boxaspen, K. 1997. Geographical and temporal variation in abundance of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on salmon (*Salmo salar* L.). *ICES Journal of Marine Science* 54, 1144-1147.
- Boxaspen, K., and Næss, T. 2000. Development of eggs and the planktonic stages of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) at low temperatures. *Contributions to Zoology* 69, 51-55.
- Boxaspen, K., Skiftesvik, A.B. and Browman, H., 1999. Behavioural studies of nauplii and copepodids of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) Possible effects of physical parameters on position of larvae. Sea Lice Conference June, Dublin, Ireland (Poster)
- Braarud, T. 1975. The Natural history of the Hardangerfjord 12. The late summer water exchange in 1956. Its effect upon phytoplankton and phosphate distribution, and the introduction of an offshore population into the fjord in June, 1956. *SARSIA* 58: 9-30.
- Dick, A. D. 1971. Planteplankton i Hardangerfjorden, juli-september 1971. Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser-Hardangerfjordprosjektet. Rapport 1-75. Institutt for Marinbiologi og Limnologi, avd Marin Botanikk. Universitetet i Oslo. 187s.
- Finstad, B., Bjørn, P. A., Grimnes, A. and Hvidsten, N. A. 2000. Laboratory and field investigations of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestation on Atlantic salmon postsmolts. *Aquaculture Research*, 31: 1-9.
- Glover, K. A., Skaala, Ø., Nilsen, F., Olsen, R., Teale, A. J., and Taggart, J. B. 2003. Differing susceptibility of anadromous brown trout *Salmo trutta* L. populations to salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) infection. - *ICES Journal of Marine Science*, 10 60: 1-10.
- Glover, K.A., L.A. Hamre, Ø. Skaala and F. Nilsen. 2004. A comparison of sea louse (*Lepeophtheirus salmonis*) infection levels in farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stocks. *Aquaculture* 232, 41-52
- Grimnes, A., and Jakobsen, P.J. 1996. The physiological effects of salmon lice infestations on post smolt of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 48, 1179-1194.
- Haakstad, M. 1970. En analyse av bunnstrømmer i Hardangerfjorden og deres relasjon til ytre forhold. Hovedfagsoppgave i Geofysikk. Universitetet i Oslo, 1970.78s
- Haakstad, M. 1979. Current measurements in the surface layer of Hardangerfjorden. Nordland Regional College, Section of Natural Science. 56pp.
- Heuch, P.A., 1995. Experimental evidence for aggregation of salmon louse copepodids (*Lepeophtheirus salmonis*) in step salinity gradients. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 75, 927-939.
- Heuch, P.A. og 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
- Heuch, P.A., A. Parsons and K. Boxaspen. 1995. Diel vertical migration: A possible host-finding mechanism in salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) copepodids? *Can.J.Fish.Aquat. Sci.*, 52:681-689.
- Hevrøy, E.M., J.C: Holm, G.L. Taranger and K. Boxaspen. 1998. Lus og lys, *Norsk Fiskeoppdrett* 21:38-39.
- Hevrøy, E.M. og Mikalsen, 1994, Påslag av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) på laks (*Salmo salar*). i perioden 13.09-03.10.93 og mulig metode for å redusere

- påslag. Kandidatoppgave i akvakultur, Sogn og Fjordane Distriktshøgskule, Sogndal, Norge.
- Holst, J.C., Jakobsen, P.J., Nilsen, F. og Holm, M. 2000. Lakselus dreper villaksen. Tiltak på vei! I: Karlsen, Ø og Mangor-Jensen, A. (red). Havbruksrapport 2000. Fisken og havet, særnr. 3-2000.
- Holst, J.C., Nilsen, F., Asplin, L. og Holm, M. 2003. Interaksjoner villaks-lakselus-oppdretslaks: Hvor står vi, hva er målet? I: Ervik, A, Kiessling, A., Skilbrei, O og van der Meeren, T. (red.), 2003. Havbruksrapport 2003. Fisken og havet, særnr. 3-2003.
- Jonsson, N. 1994. Fjordbeite med ørret og regnbueørret . NINA Utredning 063
- Juell, J.E., Oppedal, F., Boxaspen, K. and Taranger, G.L., 2003. Submerged Light Increases Swimming Depth and Reduces Fish Density of Atlantic Salmon *Salmo Salar* L. In Production Cages. Aquaculture Research 34, 469-477.
- Kålås, S. & K. Urdal. 2000. Overvaking av lakselusinfeksjonar på tilbakevandra sjøaure i Rogaland, Hordaland og Sogn & Fjordane sommaren 2000, Rådgevande biologar, Rapport Nr: 483, 44s.
- Kålås, S. & K. Urdal. 2002. Overvaking av lakselusinfeksjonar på tilbakevandra sjøaure i Vest-Agder, Rogaland, Hordaland og Sogn & Fjordane sommaren 2002. Rapport Nr: 631, 39s.
- Lien, T., 2003. Rapport fra Lakselusprosjekt vår/sommer 2003. Dyrehelsetilsynet november 2003. 88 s
- Nordhagen, J.R., 1997. Livshistorie og morfologi til lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) fra villaks og oppdretslaks. Master Thesis. Institute of Biology, University of Oslo, Oslo, Norway, 51 pp. Norwegian.
- Novales I.F., Browman, H.I., Belanger, M. and Boxaspen, K., 2000. Ontogenetic changes in visual sensitivity of the parasitic salmon louse *Lepeophtheirus salmonis*. J. Exp. Biol. 203, 1649-1657.
- Nylund, A., Bjørknes, B., and Wallace, C. (1991) *Lepeophtheirus salmonis* - A possible vector in the spread of diseases on salmonids. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 11, 213-316.
- Nylund, A., Hovland, T., Hodneland, K., Nilsen, F., and Lovik, P., 1994. Mechanisms For Transmission Of Infectious Salmon Anemia (Isa). Dis. Aquat. Biol. 19, 95-100.
- Pike and Wadsworth, S., 1999. Sea lice in Salmonids. Their biology and control. Adv. Parasitology, 44, 234-337.
- Skaala, Ø., Jørstad, K.E. & Borgstrøm, R. 1996. Genetic impact on two wild brown trout (*Salmo trutta* L.) populations after release of non-indigenous spawners. - Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2027-2035.
- Skilbrei, O. T. 2003. Fangst i sjø av rømt laks og regnbueørret. I: Ervik, A, Kiessling, A., Skilbrei, O og van der Meeren, T. (red.), 2003. Havbruksrapport 2003. Fisken og havet, særnr. 3-2003.
- Skurdal, J., Hansen, L.P., Skaala, Ø., Sægrov, H. og Lura, H. 2001. Elvevis vurdering av bestandsstatus og årsaker til bestandsutviklingen av laks i Hordaland og Sogn og Fjordane. Direktoratet for Naturforvaltning. Utredning 2001-2.
- Vik, J. O., Borgstrøm, R. & Skaala, Ø. 2001. Cannibalism governing mortality of juvenile brown trout, *Salmo trutta*, in a regulated stream. - Regulated Rivers: Research and Management 17: 583-594.
- Vikeså, V. 2000. Innvirkning av salinitet og temperatur på tidlige livsstadier av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*). Hovedfagsoppgave, Institutt for fiskeri og marinbiologi. UiB.

Wallace, C., 1998. Possible causes of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) infections on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a western Norwegian fjord-situated fish farm; implications for the design of regional management strategies. Master Thesis. Institute of fisheries and marine biology, University of Bergen , Bergen, Norway, 49 pp. English.