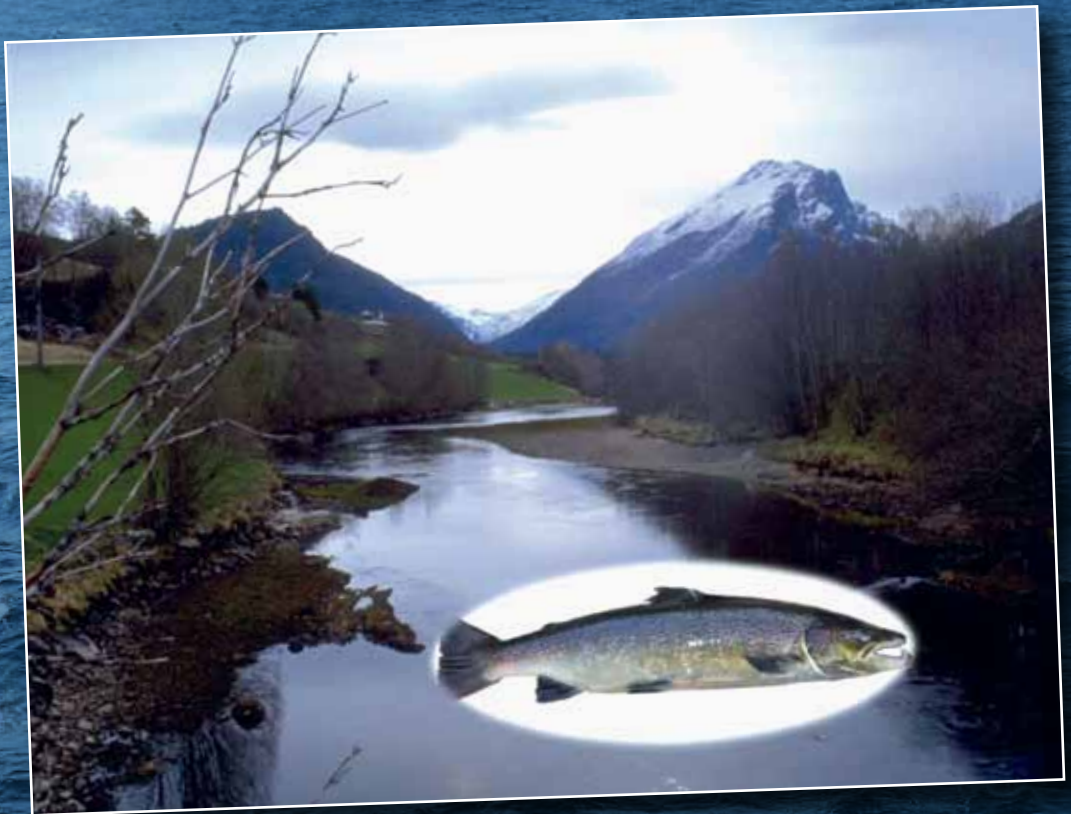


Evaluering av datagrunnlaget 2006–2009 for estimering av andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden i norske elver

Forslag til forbedringer i utvalgsmetoder og prøvetakingsmetodikk

Ove Skilbrei, Jon Helge Vølstad, Gjermund Bøthun og Terje Svåsand



Innholdsliste

1. Innledning	5
2. Spesifisering av problemstillinger	6
3. Beskrivelse av materiale og metode	7
3.1. Beskrivelse av data – andel av rømt laks i elver om høsten	7
3.1.1. <i>Valg av elver i undersøkelsen</i>	9
3.1.2. <i>Kategorisering av vassdrag</i>	9
3.2. Case-studier i elver for å studere variasjon av andelen av rømt laks	9
3.3. Skjellprøver og fettanalyse for å kategorisere rømt laks	10
3.4. Statistisk teori for design og analyse av utvalgsundersøkelser	10
4. Resultater	14
4.1. Vurdering av utvalg av elver med høstundersøkelse	14
4.1.1. <i>Geografisk fordeling og størrelse på utvalgte elver</i>	14
4.1.2. <i>Nasjonale laksevassdrag</i>	16
4.1.3. <i>Geografisk oppløsning – fylker og landsdeler</i>	17
4.2. Variasjon innen elv	19
4.2.1 <i>Elver med oppvandringshinder</i>	20
4.2.2 <i>Eidselven i Nordfjord</i>	20
4.2.3 <i>Fordeling av rømt laks i Etneelven i 2010</i>	21
4.3. Estimat av variasjon i andel oppdrettslaks i forhold til antall elver i utvalget.....	22
4.4. Bruk av data fra sportsfisket	23
4.5. Fettsyreanalyser	24
5. Diskusjon	25
5.1. Kriterier for valg av samplingsprogram	25
5.1.1. <i>Hensikt med overvåkingen</i>	25
5.1.2. <i>Geografisk oppløsning – Hvor mange elver bør inngå?</i>	26
5.1.3. <i>Hvilken type elver bør inngå?</i>	26
5.1.4. <i>Nasjonale lakseelver</i>	27
5.1.5. <i>Bruk av stratifisert utvalg</i>	27
5.2. Sampling innen elv	28
5.2.1. <i>Forsinket oppvandring av rømt laks</i>	28
5.2.2. <i>Geografisk variasjon innen elven</i>	28
5.2.3. <i>Bruk av data fra sportsfisket om sommeren</i>	29
5.2.4. <i>Bestemmelse av vill og oppdrettet laks</i>	29
5.3. Vurdering av dagens samplingprogram	30
5.3.1. Generelle betraktninger	30
5.3.2. Bruk av frivillige	31
5.4. Oppsummering og strategivalg for innsamling av data	31
6. Konklusjon og anbefalinger	33
7. Takk	35
8. Referanseliste	35

1.0 Innledning

Utviklingen av en stor lakseoppdrettsnæring i Norge gjennom de siste tiårene har ført til negative påvirkninger på de ville laksebestandene. Rømming av laks fra oppdrettsanlegg er regnet som en av de mest uheldige miljøkonsekvensene. Dette på grunn av risikoen for at oppdrettsfisken kan vandre opp i og reproducere seg i elv (Jonsson 1997), og dermed endre den genetiske strukturen i den ville bestanden. Det er kjent at laksepopulasjonen er strukturert i genetisk differensierte elvestammer med ulike egenskaper (Wennevik m.fl. 2004; Skaala m.fl. 2006; Verspoor m.fl. 2007). Det antas at det genetiske særpreget i ulike elver innebærer at laksen har tilpasset seg de lokale forholdene over tid. Den store synlige variasjonen i gytefiskens størrelse mellom norske lakseelver er et eksempel på dette. Mange egenskaper som har betydning for utvikling, vekst og overlevelse av yngel og ung fisk i de enkelte elver vil variere mellom laksestammer ettersom topografi og miljøhold også varierer mellom elvene (Finstad m.fl. 2010). Oppdrettslaksen i forskjellige elver er derimot mer uniform med mindre grad av genetisk variasjon (Skaala m.fl. 2004). Den har utgangspunkt i et mindre antall elvestammer med stor laks, og har deretter vært gjennom en målrettet seleksjon gjennom flere generasjoner for at produksjonsegenskapene skal optimaliseres i forhold til miljøet i oppdrett.

Oppdrettsbetingelsene er svært forskjellige fra forholdene i naturen, og denne seleksjonen har favorisert "risikovillige" individer med høy spiseintensitet som vokser fort (Einum og Fleming 1997; McCinnity m.fl. 1997; Jonsson m.fl. 2001; Fleming m.fl. 2000; 2002). Hos avkom etter villaks er det en naturlig større spennvidde i både adferdsmønstre og vekstrate, noe som avspeiler at denne arten er tilpasset et miljø som er variabelt og upredikerbart. Simuleringer viser at den lokale tilpasningen kan bli vasket ut og forsvinne dersom innkrysningen med fremmed fisk blir for høy over tid (Hindar m.fl. 2006, Diserud og Hindar 2010), noe som i slike tilfeller kan føre til at laksen i elven erstattes av laks som er dårligere tilpasset de lokale forholdene og at produksjonen av laks i elven dermed reduseres (McCinnity m.fl. 2003).

Prøvetaking av laks i norske elver tyder på at innslaget av rømt laks har vært foruroligende høyt over en årrekke (Gausen og Moen 1991; Fiske m.fl. 2001; Anon 2010), med anslag på flere titalls prosent i en rekke elver. Parallelt med at det de siste årene er blitt satt større fokus på behovene for å ta vare på biodiversitet og sikre genetiske ressurser, har truslene mot den norske villaksstammen fått større oppmerksomhet. I 2004 opprettet Stortinget de første nasjonale lakseelvene med tilhørende nasjonale laksefjorder som skulle gis et særlig vern mot ulike menneskeskapt faktorer, som vassdragsutbygging, forurensning, veibygging og negativ påvirkning fra oppdrett. Det ble lagt opp til at tilstanden i både nasjonale lakseelver og andre vassdrag skulle overvåkes for at ordningen skulle kunne evalueres etter noe tid. Overvåking av innslaget av oppdrettslaks i norske elver har fra 1990-tallet i hovedsak vært finansiert direkte av Direktoratet for naturforvaltning (DN), eller gjennom fylkesmennene. En stor del av prøvene kommer fra skjellprøver av laks som er fanget i løpet av den ordinære sportsfiskesesongen. Prøver om høsten er ofte tatt i elver der det drives kultivering av laks. Stamfisk blir fanget inn og det blir sjekket om de er vill eller rømt laks. Andre steder er kontroller av andel rømt oppdrettslaks om høsten muliggjort på grunn av tiltak for å ta ut rømt oppdrettslaks av elven om høsten. Etter 2006 har Fiskeridirektoratet bestilt kartlegging i utvalgte elver i forbindelse med evaluering av effekten av å innføre nasjonale laksevassdrag. Det har ikke vært ressurser til å organisere arbeidet med å overvåke innslaget av rømt oppdrettslaks i Norge som et større overordnet overvåkingsprogram, for eksempel basert på representative utvalgsundersøkelser der resultatene kan skaleres til gytebestander innen

regioner. Datagrunnlaget vi har vurdert i denne rapporten består av informasjon som er samlet inn fra ulike tilgjengelige kilder. I hovedsak er det Norsk institutt for naturforskning (NINA), Rådgivende Biologer AS og Veterinærmedisinsk oppdragscenter (VESO; Veterinærinstituttet) som har samlet inn og bearbeidet prøver fra elvene.

Overvåking av innslaget av rømt oppdrettslaks i elvene er viktig både for å kartlegge og ivareta biodiversitet og for å vurdere miljøkonsekvensene av oppdrettsnæringen. Det har også nylig blitt foreslått at innslaget av rømt fisk i utvalgte elver kan danne grunnlag for regionvis forvaltning av oppdrettsnæringen (Anon 2011). Det er imidlertid tydelig at andelen av rømt fisk kan variere betydelig både innen sesongen og mellom elver, så estimerer for andelen av rømt laks for en region vil lett bli beheftet med stor usikkerhet dersom anslagene baserer seg på data fra få elver. For å oppnå et estimat for andelen rømt oppdrettslaks i et geografisk område er det viktig at variasjonen kartlegges slik at overvåkingen kan planlegges og utføres slik at systematiske feil unngås, og slik at statistiske krav om presisjonen i estimatet er oppfylt. Dette er en nødvendig forutsetning for at forvaltningen skal ha et godt redskap for å overvåke status og trend i andel rømt oppdrettslaks over tid, og muliggjør samtidig at effekter av eventuelle miljøtiltak kan evalueres.

I tillegg til usikkerhet knyttet til estimering av innslaget av rømt oppdrettslaks i elvene, er det usikkerhet knyttet til sammenheng mellom innslag av rømt oppdrettslaks og påvisbare genetiske endringer. Dette er utredet i en egen rapport fra Havforskningsinstituttet og Norsk institutt for naturforskning (NINA) (Glover m.fl. 2011, under arbeid).

2.0 Spesifisering av problemstillinger

Denne rapporten er bestilt av Fiskeri og kystdepartementet, og oppdraget er nærmere spesifisert av Fiskeridirektoratet. Dagens undersøkelser av andelen rømt laks om høsten på gyteplasser i utvalgte lakseelver ønskes evaluert. Data fra undersøkelsene fra 2006 til 2009 er hentet inn av NINA på oppdrag fra Fiskeridirektoratet. Viktige spørsmål som ønskes belyst av Fiskeridirektoratet i denne evalueringen er:

- a) valg av (representative) elver,
- b) tilstrekkelig antall elver (utvalgsstørrelse),
- c) prøvetakingen i hver elv, er den faglig tilstrekkelig mht. mengde fisk innsamlet, tidspunktet prøvene samles inn og måten de samles inn på,
- d) hvor sikkert skiller anvendt metode mellom kategoriene rømt laks fra oppdrett og vill laks,
- e) er det rett å fokusere på samme elver hvert år, eller kan elvene med fordel trekkes tilfeldig eller rulleres mellom bestemte elver?
- f) bruk av frivillige ved prøvetaking, som dagens ordning baserer seg på, bør også vurderes,
- g) rapporten skal gi konkrete tilrådninger om metodiske forbedringer av undersøkelsene.

Vi har ikke grunnlagsdata til å kunne svare direkte på c), men har samlet opplysninger fra flere elver som eksemplifiserer problematikken vedrørende representativ sampling i elv. Ellers følger rapporten i stor grad punktene listet ovenfor.

3.0 Beskrivelse av materiale og metode

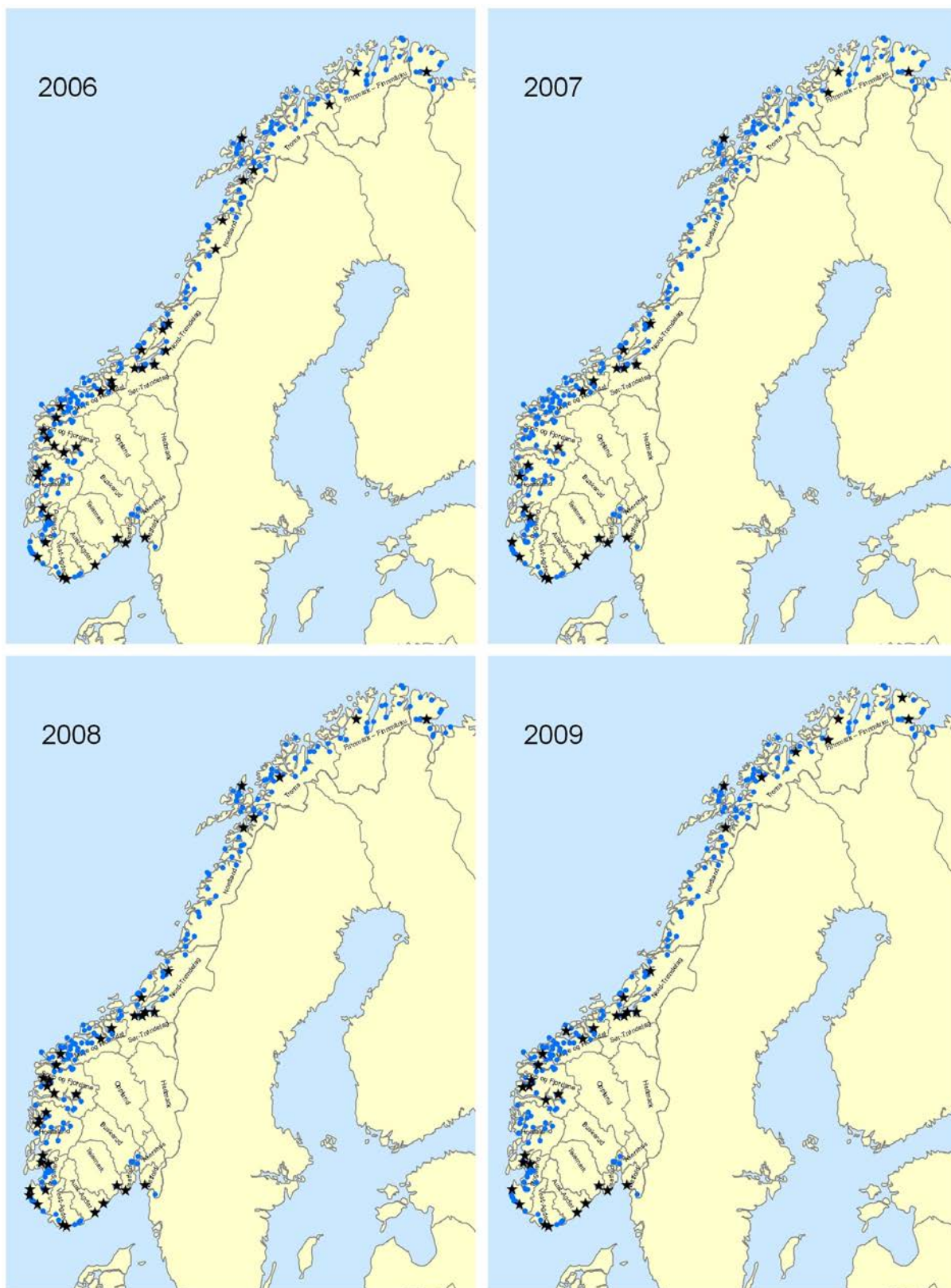
3.1 Beskrivelse av data – andel av rømt laks i elver om høsten

Utgangspunktet for denne undersøkelsen er dataene fra undersøkelser i elver om høsten fra 2006, 2007, 2008 og 2009 som NINA har samlet inn på oppdrag fra Fiskeridirektoratet. (Dataene er tilgjengelige på <http://www.fiskeridir.no/akvakultur/roemming/andel-roemt-oppdrettslaks-i-ville-gytebestander>). Materialet består av data fra i alt 51 elver, men er begrenset til 25 til 38 elver per år (tabell 1). For disse er det oppgitt antall laks som er undersøkt og andelen av disse som er klassifisert til å være oppdrettsfisk. Oversiktene inkluderer normalt ikke detaljopplysninger om tidspunkt for registrering eller fangst, fiskemetode eller sted i elven. Det er imidlertid angitt hvorfor noen er utelatt pga. utilstrekkelige data, for eksempel at prøvene er samlet inn i nedre del av elven. For Etneelva i 2009 er det kommentert at det ble benyttet prøvafiske med garn, og at mye oppdrettslaks hadde blitt tatt ut av elva vha. stangfiske (96 % av 180 skjellprøver fra stangfisket var oppdrettslaks). Fiskens opprinnelse som vill eller oppdrettet er verifisert ved lesing av vekstsoner i fiskeskjell. Dette arbeidet er utført av NINA, Rådgivende Biologer AS og VESO.

NINA har oppgitt data fra noen elver i en egen tabell fordi antallet laks i prøven fra disse elvene var lavere enn 20. Disse elvene er heller ikke behandlet i vår rapport. I elvene som brukes for å beregne andelen av rømt oppdrettslaks varierer antall fisk i prøven per elv per år fra 20 til 417 fisk. I nærmere 60 % av tilfellene var det mellom 20 og 49 fisk i prøven fra hver elv, imidlertid trekkes gjennomsnittet noe opp (til 64 stk) på grunn av langt høyere antall i noen elver (tabell 1). Elvene er fordelt fra sør til nord i landet (figur 1), med relativt færrest elver nord i landet, 4–8 elver til sammen per år i de tre nordligste fylkene.

Tabell 3.1. Antall elver undersøkt per år og fylke, og antall nasjonale elver (NLV) og elver per fylke med gytebestandsmål (GBM). I siste tre kolonner er dessuten gjennomsnittlig, og minimum og maksimum antall fisk i prøver fra høstundersøkelsene angitt.

Fylke	2006	2007	2008	2009	NLV	GBM	Prøve snitt	Prøve min	Prøve max
Østfold	1	1	1	1	1	2	78	67	95
Oslo og Akershus	0	0	0	0	0	1			
Vestfold	1	1	1	1	1	1	52	39	68
Buskerud	0	0	0	0	0	3			
Telemark	1	1	1	1	0	2	112	95	122
Aust-Agder	1	2	2	2	0	2	87	20	208
Vest-Agder	2	2	2	2	1	7	55	43	77
Rogaland	3	3	6	4	5	22	48	20	106
Hordaland	4	3	4	1	2	15	65	23	205
Sogn og Fjordane	6	1	6	7	10	24	46	21	103
Møre og Romsdal	4	2	3	4	4	33	43	26	71
Sør-Trøndelag	3	3	4	4	5	16	50	21	97
Nord-Trøndelag	4	2	2	2	5	11	124	30	417
Nordland	5	1	3	2	4	38	90	20	326
Troms	1	0	1	2	3	22	46	28	62
Finnmark	2	3	2	4	11	27	66	21	103
SUM	38	25	38	36	52	226	64	20	417



Figur 3.1. Kart over elver der andelen av rømt oppdrettsfisk har vært undersøkt om høsten (svart) og resten av de 226 vassdragene (blå) som Vitenskapelig råd for lakseforvaltning har laget gytebestandsmål (GBM) og beskatningsvurdering for.

3.1.1 Valg av elver i undersøkelsen

Vi har ikke tatt med alle registrerte lakseelver (rundt 440 stk. avhengig av kilde) i vår undersøkelse, men har tatt utgangspunkt i en statistisk populasjon av de 226 elvene som er behandlet i rapportene fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning som det både er laget gytebestandsmål og beskatningsvurdering for. Gytebestandsmålet (GBM) er utarbeidet av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning og kombinerer tilgjengelig areal i elven med antatt produktivitet for å beregne behovet for antall egg – og for antall kg hunnfisk som tilsvarer denne eggmengden (<http://www.vitenskapsradet.no/>) (tabell 3.1). Flesteparten av elvene som dermed ikke er med, er enten svært små eller utelatt av andre grunner, for eksempel at de er infisert med parasitten *Gyrodactylus salaris*.

3.1.2 Kategorisering av vassdrag

Siden elver med data på rømt oppdrettslaks ikke er tilfeldig valgt fra populasjonen av 226 elver, men dominert av større elver (nasjonale laksevassdrag), har vi valgt å gruppere elvene (poststratifisere) med prøver basert på mål på deres størrelseskategorier fra minste (1) til største (3) type elv (se Cochran 1977). En slik poststratifisering er brukt ut fra antakelsen om at prøver fra elver av en gitt størrelse (1–3) er mer representative for sin egen kategori enn for hele populasjonen av elver. Vi har kategorisert elvene i forhold til størrelse ved hjelp av antall kg hunnlaks for å møte gytebestandsmålet for elven (GBM; Hindar m.fl. 2007). Siden slike mål er tilgjengelig for alle elver i den statistiske populasjonen (N=226) kan andelen rømt oppdrettslaks for alle elver estimeres ved å vekte anslagene fra hver gruppe elver, basert på deres andel av totalt antall elver i populasjonen. Basert på antall kg hunnfisk for å møte gytebestandsmålet (GBM) har vi så delt elvene inn i de tre kategoriene;

20 kg < GBM 1 < 200 kg

200 kg < GBM 2 < 1000 kg, og

GBM 3 > 1000 kg hunnfisk

Vi har også brukt offisiell fangstatistikk som et mål for størrelsen på bestanden i elvene. Fangststatistikk for 2008, 2009 og 2010 er innhentet fra Statistisk Sentralbyrå. Antall laks fanget har blitt estimert fra disse dataene og brukt som et anslag for gytebestanden om høsten. Dette innebærer at vi har antatt en lik beskatning i hver elv tilsvarende 50 % av bestanden, selv om undersøkelser av NINA tilsier at beskatningen varierer (~ 30–70 %). Den geografiske lokaliseringen av elvene er hentet fra NVE sin database (ELVIS).

3.2 Case-studier i elver for å studere variasjon av andelen av rømt laks

For få anslag over hvordan andelen av rømt laks kan variere innen en elv, har vi sett nøyere på Gløppenelven og Eidselven i Nordfjord, Suldalslågen i Rogaland og Etneelven i Hordaland. Arbeidet er gjort i samarbeid med Rådgivende Biologer AS og Uni Miljø (v/ UiB) som har bidratt med data. Sorteringen av oppdrettslaks og villaks i de tre førstnevnte elvene er basert på analyse av innsamlete skjellprøver fra sportsfiske, mens arbeidet i Etneelven er basert på en kombinasjon av dykkerobservasjoner og fangst av fisk i elven om høsten.

3.3 Skjellprøver og fettsyreanalyse for å kategorisere rømt laks

Laks som rømmer som smolt kan muligens vandre tidligere opp i elv i løpet av sesongen enn voksne laks som nylig har rømt. Dette kan i så fall påvirke fordeling og fangbarhet av fisken i elven. Tidlige rømlinger har generelt en adferd i elven som minner mer om vill laks enn om laks som rømmer som voksne (Fleming m.fl. 1996; 1997). På grunn av usikkerhet om hvilken informasjon skjellprøver gir om rømmingstidspunkt, har vi samlet inn et ekstra materiale fra høsten 2010 fra Etneelven og Ekso i Hordaland, og Vikja i Sogn og Fjordane. Som en pilotstudie ble skjellprøver fra antatt rømt laks gjennomgått og muskelprøver har blitt analysert for fettsyresammensetning.

Andelen av ulike fettsyrer varierer betydelig mellom oppdrettsfôr og naturlig føde. Disse fettsyrene lagres i fiskens fett. Prøver av fisken kan derfor brukes som markør for hva fisken har spist de siste månedene før den ble fanget, eller etter lenger tid hvis den ikke har spist (Olsen og Skilbrei 2010). Denne metoden kan gi nyttig tilleggsinformasjon om bakgrunnen til den rømte fisken. En fisk som har rømt som smolt bør ha en helt annen fettsyresammensetning enn en som kommer direkte fra en oppdrettsmerd.

3.4 Statistisk metode for design og analyse av utvalgsundersøkelser

Vi vil vise til USA for eksempler på storskala overvåkingsprogram som baseres på statistisk utvalgsmetodikk for å kvantifisere status og trend for miljø og naturressurser i akvatiske systemer. Det amerikanske miljøverndepartementet (Environmental Protection Agency, EPA) har utviklet et nasjonalt program (EMAP¹) for miljøovervåking i akvatiske og marine habitat. I staten Maryland overvåkes elvesystemene gjennom en storskala utvalgsundersøkelse, Maryland Biological Stream Survey². Dette er stringente sannsynlighetsbaserte overvåkingsprogram som gjør det mulig å kvantifisere presisjon i viktige parametere brukt for å overvåke miljøtilstanden i elver og vassdrag (Heimbuch m.fl. 1997).

Presise og forventningsrette estimat (dvs. uten systematiske feil) på hvor stor andel av gytebestanden i norske lakseelver som utgjøres av rømt oppdrettslaks, krever at lakseprøver samles inn etter en statistisk plan som muliggjør en ekstrapolering fra utvalget til en større populasjon av elver. I praksis vil det være for kostbart å samle inn prøver av laks fra alle lakseelver. Sannsynlighetsbaserte utvalgsundersøkelser er en kostnadseffektiv alternativ metode for innsamling av prøver. Utvalgsundersøkelser der sannsynligheten for hvert element i utvalget er kjent, støtter analyser for estimering av andel rømt oppdrettslaks med mål på usikkerhet i slike estimat. Dersom utvalg av prøver fra lakseelver foretas ad-hoc, uten at sannsynligheten for utvalget er spesifisert, vil det ikke være mulig å kvantifisere usikkerheten (og dermed kvaliteten) i anslagene av andel rømt oppdrettsfisk basert på statistiske prinsipp for utvalgsundersøkelser. Tilgjengelig datamateriale er i stor grad basert på prøver av laks fra elver der frivillige har stått for datainnsamling, og er dominert av nasjonale lakseelver. Disse nasjonale lakselevene er ikke valgt etter statistiske prinsipp som sikrer at resultater av prøvetaking fra disse elvene representerer en større populasjon av laksevassdrag i en region, eller på nasjonalt nivå.

¹ <http://www.epa.gov/nheerl/arm/>

² <http://www.dnr.state.md.us/streams/MBSS.asp>

I denne rapporten vurderer vi ulike metoder som kan anvendes for å estimere andel rømt laks i gytebestanden av laks på nasjonalt nivå ($N=226$ elver), og angir metoder som kan brukes for anslag for mindre geografiske områder (region, fylke). Analyser av tilgjengelige data er basert på antakelser om at utvalg av elver, og prøver av laks innen elver, har vært valgt etter en statistisk plan. Siden datamaterialet typisk er fra elver som ikke er tilfeldig valgt (med kjent sannsynlighet), og med manglende dokumentasjon på hvordan prøver er tatt innen hver elv, kan resultatene av analysene ha systematiske feil dersom våre antakelser ikke holder.

Andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden i alle elvene innen et fylke, region, eller på nasjonal skala kan ikke forventes å være homogent fordelt i tid og rom på grunn av at:

- (1) størrelsen på gytebestandene varierer fra elv til elv,
- (2) gytefisk vanligvis vandrer tilbake til egen elv, og
- (3) antall gytende rømt oppdrettslaks i den enkelte elv vil avhenge av elvens avstand til oppdrettsanlegg med rømninger, og størrelsen på rømningene.

Dataene i denne undersøkelsen viser stor variasjon i andelen rømt oppdrettslaks mellom elver, og fra år til år, og data som presenteres fra noen elver viser i tillegg at andelen rømt laks også kan variere betydelig innen en elv, og gjennom sesongen.

På grunn av dokumentert ujevn innblanding av rømt oppdrettslaks i tid og rom er det en utfordring å sikre årlige prøver av gytelaks som er representative for hele gytepopulasjonen i et større geografisk område. Det er for eksempel ikke praktisk mulig å foreta et enkelt tilfeldig utvalg av fisk fra gytepopulasjonen i alle elver i et fylke. Det er derimot mulig å benytte en trinnvis utvalgsundersøkelse i følgende rekkefølge:

- (1) I første trinn tas et utvalg (med kjent sannsynlighet) av n elver fra listen over alle elver ($N=226$);
- (2) Fra hver elv i valgt i trinn (1) velges k_i gyteplasser (med kjent sannsynlighet) fra en liste over alle K_i gyteplasser innen elv i ;
- (3) Fra hver gyteplass k_i valgt i trinn (2) tas det prøver av et utvalg av m gytelaks (hver fisk antas å være valgt med lik sannsynlighet)

Populasjonen av elver ($N=226$) fokusert på i denne undersøkelsen kan grupperes i j strata etter forskjellige kriterier. En slik stratifisering kan være nødvendig for å sikre at det er mulig å estimere andel rømt oppdrettslaks per fylke eller region, og for å øke presisjonen ved å lage grupper av elver som har mindre variasjon i andel rømt laks. I våre analyser har vi antatt at tilgjengelige data var prøver fra et representativt utvalg av elver innen hvert av tre strata, basert på gytebiomasse (GBM1=lav, GBM2= middels, GBM3=høy). I analysene har vi poststratifisert populasjonen av elver, og har antatt at elver innen hvert stratum var tilfeldig valgt (med lik sannsynlighet). Siden hele utvalget av elver i trinn (1) er i vårt datamateriale, var det ikke mulig å foreta analyser der vi antok at elver var stratifisert på fylke. For å kunne estimere varians i anslag på p er det et minimum krav med to elver fra hvert stratum, mens det for mange fylker bare har vært samlet inn data fra en elv per år.

Andel rømt oppdrettsfisk i en utvalgt elv i i et stratum j kan estimeres som et vektet gjennomsnitt:

$$p_{ij} = \frac{\sum M_{ijk} p_{ijk}}{\sum M_{ijk}} \quad (1.1)$$

hvor p_{ijk} er estimert andel rømt oppdrettsfisk basert på prøver av m fisk fra gyteplass k_i , innen elv i , og M_{ijk} er totalt antall gyteplaks på gyteplass k_{ij} . Dersom det ikke er mulig å måle M_{ijk} settes denne størrelsen til en konstant, slik at et uvektet gjennomsnitt brukes for p_{ij} ,

$$p_{ij} = \frac{1}{k_j} \sum p_{ijk} \quad (1.2)$$

Basert på et tilfeldig utvalg av n_j elver i stratum j , kan andel rømt oppdrettsfisk i den total gytebestanden da estimeres som et vektet gjennomsnitt

$$p_j = \frac{\sum G_{ij} \times p_{ij}}{\sum G_{ij}} \quad (1.3)$$

der G_{ij} er totalt antall gyteplaks i elv i innen stratum j , der mål på G_{ij} ideelt er basert på tellinger. Rapporterte fangster i sportsfiske etter laks er en mulig proxy for G_{ij} . Dersom det ikke finnes pålitelige anslag på gytebestanden G_{ij} for hver elv i utvalget n_j , brukes et uvektet gjennomsnitt for p_j ,

$$p_j = \frac{1}{n_j} \sum p_{ij} \quad (1.4)$$

På grunn av den trinnvise utvalgsmetoden vil variansen i estimatet av p_j har tre komponenter (Sukhatme and Sukhatme 1954, side 278),

$$s_j^2 = \frac{s_{j,1}^2}{n_j} + \frac{s_{j,2}^2}{n_j \times k_j} + \frac{s_{j,3}^2}{n_j \times k_j \times m} \quad (1.5)$$

der $s_{j,1}^2, s_{j,2}^2, s_{j,3}^2$ er varians i andel rømt laks mellom elver, mellom gyteplasser innen elver, og mellom fisk innen gyteplasser. Vi har forenklet denne variansestimatorene ved å ignorere en korreksjon for andelen av elver, gytegroper, og fisk innen gytegroper som er valgt ut ("finite population correction factors", se Cochran 1977). Siden materialet vi har analysert i denne rapporten er basert på prøver fra en liten andel av alle elver, vil en slik forenklet varians estimator være tilnærmet forventingsrett. Dersom det samles prøver fra en stor andel elver innen et stratum vil det være nødvendig å korrigere for dette. Dersom for eksempel alle nasjonale lakseelver utgjør ett stratum i et overvåkingsprogram, og alle (et census) disse overvåkes, vil den første varianskomponenten $s_{j,1}^2$ elimineres (hver elv kan da betraktes som et stratum). Likeens vil varianskomponenten $s_{j,2}^2$ (variasjon mellom gytegroper) elimineres dersom det samles prøver fra alle gytegroper innen hver elv. Vi henviser til Sukhatme and Sukhatme (1954, side 301–306) for en varians estimator for p_j som inkluderer 'finite population correction factors' for hver varianskomponent i (1.5).

Våre analyser er ment å illustrere forventet varians dersom kun et mindre utvalg av elver innen et stratum er med. Vi bruker en jackknife-teknikk (Efron 1982) implementert i R-survey pakke (Lumley) for å estimere variansen i estimat av p_j , med korreksjon for andel av elver som er med i utvalget. Dersom antall elver i utvalget innen et stratum utgjør en liten andel av det totale antall elver kan variansen i estimatet av p_j måles direkte fra de primære enhetene (elver) i det trinnvise utvalget (se Williams 2000).

I praksis vil det ofte være antall primære prøver (antall utvalgte elver) som driver variansen på grunn av den komplekse trinnvise utvalgsmetoden (se Lehenen and Pahkinen 1994), slik at få fisk fra mange elver kan gi mer presise estimat enn mange fisk fra få elver.

Et vektet gjennomsnitt av andel rømt oppdrettslaks på tvers av strata er (Cochran 1977) er

$$p = \frac{\sum A_j \times p_j}{\sum A_j} \quad (1.6)$$

der A_j er antall elver i stratum j . Vi bruker en standard estimator for stratifisert sampling for å måle variansen i (1.6). Et uvektet gjennomsnitt for p uten stratifisering av elver er

$$p_u = \frac{\sum_i \sum_j p_{ij}}{n} \quad (1.7)$$

der n er totalt antall elver i utvalget fra listen over alle elver ($N=226$).

Siden de tilgjengelige dataene generelt ikke inneholder informasjon om lokalitetene der prøver ble tatt innen hver elv (trinn 2), har vi i denne undersøkelsen antatt at prøver innen en elv er fra et tilfeldig utvalg av fisk fra hele gytepopulasjonen i elven. Denne sterke antakelsen innebærer at rømt oppdrettslaks innen en elv anses å være helt mikset inn i villfiskbestanden av gytelaks. Data fra flere elver (Eidselven, Eneleven, Gloppenleven og Suldalslågen) viser at det kan være betydelig variasjon i andel rømt oppdrettslaks mellom lokaliteter innen en elv.

Basert på en varianskomponent modell (1.5), og anslag på populasjonsvariansen i andel rømt oppdrettslaks mellom elver (s_1^2), mellom gyteplasser innen elver (s_2^2), og for populasjonen av laks innen gyteplasser (s_3^2), har vi estimert ventet relativ standard feil (Jessen 1978),

$$RSE = \frac{\sqrt{\text{var}(p)}}{p} \quad (1.8)$$

Merk at populasjonsvariansen ($s_{j,3}^2$) i andel rømt oppdrettslaks innen en lokalitet k , elv i , og stratum j er:

$$s_{j,3}^2 = \frac{m_{ijk} \times p_{ijk} \times (1 - p_{ijk})}{m_{ijk} - 1} \quad (1.9)$$

under antakelse om at m_{ijk} prøver av laks er valgt ut tilfeldig fra populasjonen av laks på gyteplassen (se Cochran 1977).

Vi har estimert forventet presisjon (1.8) i anslag på andel rømt oppdrettslaks under forskjellige strategier for utvalgsundersøkelser, ved å variere antall elver (n), gyteplasser innen elver (k) og antall laks (m) innen hver gyteplass. Kombinasjoner av n, k, m plugges først inn i variansmodellen (1.5), deretter plugges $\text{var}(p)$ inn i (1.8). Slike analyser er tatt med for å vise hvordan man kan planlegge omfanget av utvalgsundersøkelser dersom det finnes gode anslag på varianskomponenten i (1.5). Optimalisering av utvalgsundersøkelser kan ha som mål å oppnå maksimal presisjon (minimum RSE) for en gitt kostnad, eller minimere kostnaden for en gitt presisjon.

4. Resultater

4.1 Vurdering av utvalg av elver med høstundersøkelse

4.1.1 Geografisk fordeling og størrelse på utvalgte elver

Som det framgår av figur 3.1 er elver med høstundersøkelser ujevnt fordelt i landet, og antallet elver i ulike fylker har endret seg noe fra år til år. Det er få undersøkte vassdrag i den nordligste landsdelen.

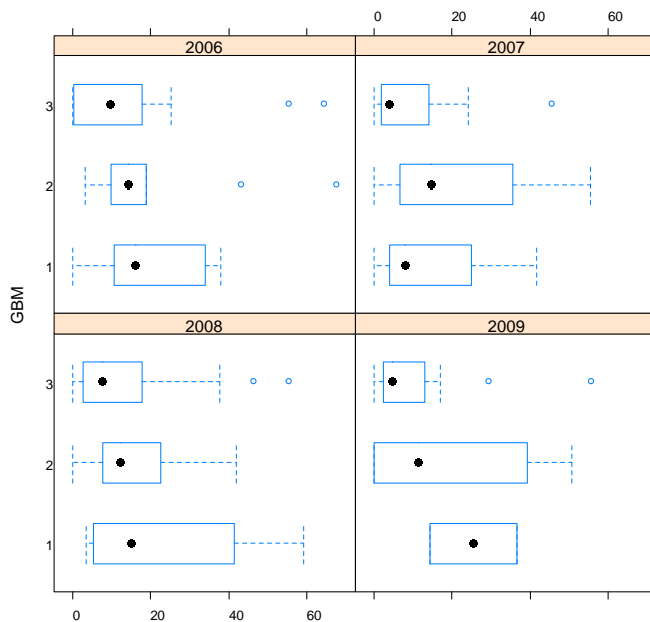
Tabell 4.1. Antall elver undersøkt per år i forhold til gytebestandsmålet (GBM) som er delt inn i tre strata basert på størrelseskategorier fra minste (1) til største (3) type elv. I siste kolonne er populasjonen av elver i vår utvalgsramme (226 elver) fordelt på strata. Tallene i parentes er antall nasjonale laksevassdrag.

GBM	2006	2007	2008	2009	Populasjon
1	5 (2)	3 (1)	4 (1)	2 (2)	67 (4)
2	10 (2)	4 (0)	10 (1)	9 (1)	94 (5)
3	23 (19)	18 (15)	24 (20)	25 (22)	65 (43)
Sum	38 (23)	25 (16)	38 (22)	36 (25)	226 (52)

Over halvparten av elvene der det foretas høstundersøkelser tilhører kategorien for de største vassdragene. Denne kategorien rommer totalt litt mindre enn en tredjedel av de 226 vassdragene med gytebestandsmål (tabell 4.1). Det er totalt like mange vassdrag i minste størrelseskategori, men her er det et fåtall elver som har blitt undersøkt om høsten. Utvalget av elver er således ikke representativt i forhold til størrelsen på (eller produksjonen) i vassdraget, men er tydeligvis knyttet opp mot ønsket om å styrke overvåkingen i nasjonale laksevassdrag, som utgjør flestparten av de største vassdragene (tabell 4.1).

Vi har beregnet andel rømt oppdrettslaks innenfor tre grupper elver (GBM 1–3), og også andelen for alle elver (landsgjennomsnittet: snitt3, snitt4 i tabell 4.2). Når andelen rømt laks for hver gruppe (GBM 1–3) kombineres ved å vekte på hvor stor andel av alle nasjonal elver hver gruppe står for, så øker anslagene i forhold til et enkelt aritmetisk gjennomsnitt (snitt1 og snitt2 i tabell 4.2). Dette skyldes at det er en tendens i dataene til at andelen av rømt laks er høyere i vassdrag med lavt gytebestandsmål (tabell 4.2). Det er for stor variasjon i dataene (figur 4.1) og usikkerheten i estimatene til å verifisere denne sammenhengen statistisk (tabell 4.2).

For å få et enkelt bilde av usikkerheten i estimatene kan man benytte seg av at konfidensintervallet rundt estimatet tilsvarer omtrentlig standardfeilen ganget med 2 og lagt til og trukket fra estimatet. Konfidensintervallet til for eksempel estimatet for GBM3 i 2006 på 13,2 % strekker seg dermed fra ~ 7,6–18,8 % (data i tabell 4.2). Dersom det er stort overlapp mellom konfidensintervallene til ulike estimat vil det i praksis ikke være statistiske grunnlag for å påvise eventuelle forskjeller mellom dem.



Figur 4.1. Boksploot over andel rømt fisk per GBM-klasse og år. Gjennomsnitt er markert som sort punkt, mens blå boks viser 25 % og 75 % percentil, og stiplede linjer viser 1 % og 99 % i fordelingen. Ekstreme verdier er vist som åpne blå sirkler.

Tabell 4.2. Estimert av andel (% , standardfeil i parentes) rømt oppdrettsfisk per stratum (GBM 1–3) og på tvers av strata (kombinert GBM 1–3) og år. Elver innen hvert stratum (GBM 1, GBM 2, GBM 3) er vektet likt, med andel rømt laks estimert fra likning (1.4). Estimert for andel rømt laks for alle elver (N=226) er basert på et enkelt aritmetisk gjennomsnitt for alle elver med prøver (snitt1), og et vektet gjennomsnitt (snitt2), med vektet basert på antall elver i hver gruppe (GBM 1–3).

	2006	2007	2008	2009
GBM 1	19.82 (6.9)	16.6 (12.5)	23.3 (12.3)	25.5 (11.9)
GBM 2	20.9 (5.9)	21.1 (11.7)	15.9 (3.9)	20.5 (6.7)
GBM 3	13.2 (2.8)	8.8 (2.4)	13.9 (2.5)	9.0 (1.9)
snitt1 ³	16.1 (2.9)	11.7 (3.1)	14.9 (2.6)	12.8 (2.6)
snitt2 ⁴	18.4 (3.3)	16.4 (6.1)	17.3 (4.1)	18.7 (4.3)

Estimatet for andel rømt laks dropper kraftig, til rundt halve anslaget (sammenlign tabell 4.2 og 4.3), når fangststatistikk brukes som et estimat for størrelsen på bestanden og de observerte andelene vektet mot fangsten i elvene. Dette skyldes at mange av elvene som har høye fangster samtidig har en lav andel rømt oppdrettslaks i høstprøven. Disse elvene får relativt større betydning enn små elver med mange oppdrettslaks. Som eksempel kan det nevnes at det i 2009 ble fanget flere tusen individer i fiskerike elver som Bjerkreimsvassdraget og Gaula i Sør-Trøndelag der andelen i høstprøven var henholdsvis 0 og 3,4 %. Det samme året hadde elver på Vestlandet som Gaula i Sunnfjord og Eneelven mange titalls prosent oppdrettsfisk, med disse bidrar lite til gjennomsnittet fordi den oppgitte fangsten gjennom fiskesesongen bare var på noen hundretalls fisk.

³ Uvektet gjennomsnitt basert på ligning (1.7)

⁴ Vektet gjennomsnitt (stratifisert på GBM-gruppe), etter ligning (1.6)

Disse eksemplene på ulike utregninger med inndeling i kategorier, og med og uten bruk av fangststatistikk, illustrerer således hvor viktig bestandsstørrelsen er for beregninger av andelen rømt laks hvis estimatet skal vektes i forhold til hvor mye fisk det er i elvene. Det er derfor nødvendig å ha gode anslag for bestandsstørrelsen i elvene. Lignende eksempler på at ulike metoder for vekting påvirker resultatene er også gitt av Fiske m.fl. (2006) og Diserud m.fl. (2010).

Tabell 4.3. Estimat av andel (% , standardfeil i parentes) rømt oppdrettfisk per stratum og på tvers av strata (basert på gytebestandsmål GBM) og år. Estimat av andel rømt oppdrettslaks innen hvert stratum (GBM 1, GBM 2, GBM 3) er basert på et vektet gjennomsnitt (1.3) der fangst i antall per elv er brukt som proxy for gytebestandsstørrelse. Det er benyttet gjennomsnitt av fangstene fra 2008 til og med 2010 for å estimere G_{ij} , totalt antall gytende laks i elv i innen stratum j , der forholdet mellom fangst og prøvestørrelse er mindre enn 2, settes fangstene til $2 \times m$, der m er gjennomsnittlig prøvestørrelse for årene 2006 til og med 2008.

	2006	2007	2008	2009
GBM 1	12.6 (6.9)	8.3 (8.1)	12.8 (7.7)	30.9 (8.4)
GBM 2	17.4 (4.0)	18.0 (4.9)	13.2 (3.6)	9.7 (4.4)
GBM 3	10.5 (2.6)	4.7 (1.1)	8.8 (1.8)	5.2 (1.1)
snitt ⁵	12.2 (2.0)	6.5 (1.3)	9.9 (1.6)	7.7 (1.8)

4.1.2. Nasjonale laksevassdrag

En oversikt over antall nasjonale laksevassdrag i de tre GMB-klassene er gitt i tabell 4.1. Den viser at de undersøkte elvene domineres av nasjonale vassdrag. Dette gjelder i særlig grad den største vassdragskategorien som inkluderer de fleste nasjonale laksevassdragene. Med GMB-klassifiseringen som bakgrunn blir utvalget skeivt i forhold til en målsetting om å sammenligne de nasjonale vassdragene med referansevassdrag fra samme kategori. Slik utvalget er, må nasjonale laksevassdrag i hovedsak sammenlignes med mindre elver – som muligens kan ha mer oppdrettslaks (se kap. 4.1.1). Dersom størrelsen på vassdraget har betydning for innslaget av rømt oppdrettslaks, er ikke datamaterialet optimalt for å si noe om eventuelle forskjeller mellom elver som inngår i ordningen med nasjonale vassdrag eller ikke.

Vi har foretatt en forenklet analyse der vi har antatt at alle elver ($N=226$) er stratifisert i to grupper (strata): nasjonale vassdrag, og ikke-nasjonale vassdrag (tabell 4.4). Videre har vi antatt at elver innen hver gruppe er valgt tilfeldig (med lik sannsynlighet), og at antall prøver fra hver elv er fra et tilfeldig utvalg av laks fra hele populasjonen av gytelaks innen elven (det forelå liten dokumentasjon på hvor mange, og hvordan lokaliteter var valgt ut innen elver).

Selv om dette datasettet kun er delt opp i to kategorier og burde være mer robust enn beregningene ovenfor, er likevel standardfeilene høye (tabell 4.4) og estimatene for andelen av rømt laks er følgelig svært usikre. I tillegg kan man anta at standardfeilen er underestimert på grunn av at vi har antatt at fisk innen en elv er tilfeldig valgt ut (noe som er umulig i praksis). Selv om man ikke nødvendigvis skulle forvente at andelen av rømt oppdrettslaks var ulik i de to gruppene, viser også dette eksempelet at variasjonen mellom elver er så betydelig at det vil være svært vanskelig å både detektere og ikke minst påvise eventuelle

⁵ Vektet gjennomsnitt av strata estimat (stratifisert på GBM 1, GBM 2, GBM 3), estimator basert på ligning (1.3) er brukt innen strata, mens estimator (1.6) er brukt på tvers av strata.

forskjeller eller eventuelle underliggende mønstre som kan forklare forskjellene uten et mer omfattende overvåkingsprogram.

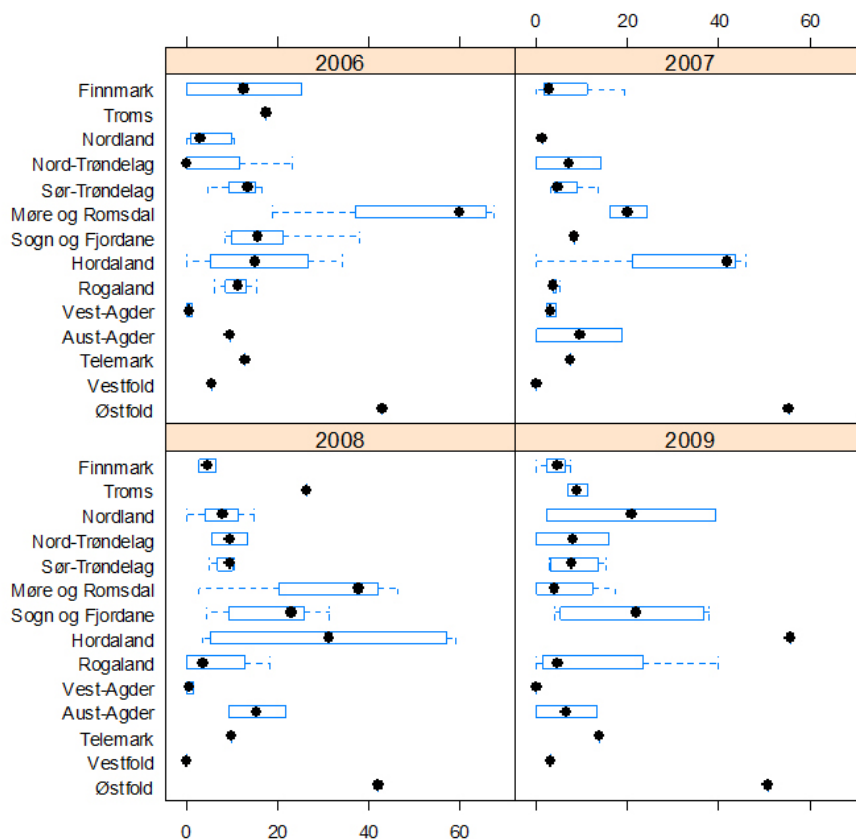
Tabell 4.4. Estimat for andel (% , standardfeil i parentes) rømt laks i nasjonale og andre laksevassdrag.

Type elv	2006	2007	2008	2009	2010
Ikke-nasjonalt vassdrag	13.1 (5.1)	19.1 (5.9)	12.2 (4.1)	16.4 (4.8)	12.8 (3.8)
Nasjonalt vassdrag	14.7 (5.7)	14.6 (6.1)	21.5 (7.7)	14.5 (7.1)	15.2 (3.6)

4.1.3 Geografisk oppløsning – fylker og landsdeler

Den geografiske oppløsningen på estimatene for andelen rømt oppdrettslaks har stor betydning for hvordan forvaltningen kan anvende resultatene fra overvåkingen. Vi har her vurdert bruken av dataene i forhold til en inndeling i

- fylker
- fem større regioner eller landsdeler

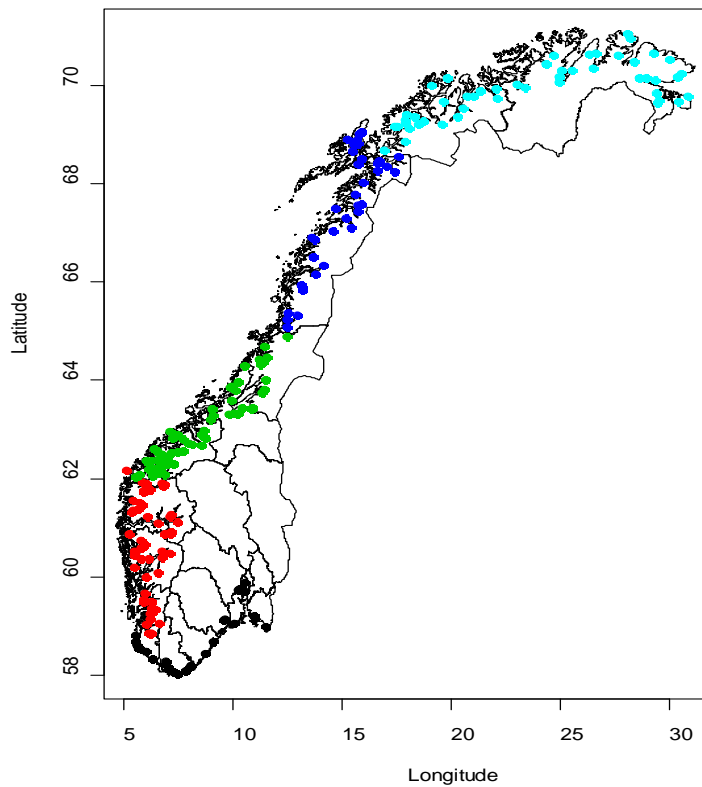


Figur 4.1. Boksplot over årlig variasjon i andel (%) rømt fisk per elv innen hvert fylke. Gjennomsnitt er markert som sort punkt, blå boks viser 25 % og 75 % percentil, og stiplede linjer viser 1 % og 99 % i fordelingen. Siden utvalgstørrelsen ($n =$ antall elver) er svært lav i mange fylker er det ikke mulig å estimere en fordeling for alle. Punkttestimat uten blå boks er basert på et utvalg av kun én elv.

I mange fylker er antallet undersøkte elver åpenbart for lavt til å gi et rimelig etstimat for fylket, ofte bare ett vassdrag (tabell 3.1, figur 4.1). I de fleste fylkene der estimatet er basert på flere elver, er forskjellene mellom dem så store i ett eller flere av de fire årene undersøkelsene har vært foretatt, at estimatene av andelen oppdrettslaks har relativt liten

bruksverdi (figur 4.1), i alle fall hvis hensikten er å vurdere om andelen oppdrettslaks er under eller over eventuelle grenseverdier i området 0–30 % rømt laks.

Vi har så slått sammen fylkene til fem større regioner for å se om presisjonen i estimatene da blir tilfredsstillende (figur 4.2, tabell 4.5). (Den sørligste sonen tar med seg elvene på Jæren fordi elvene derfra og østover er mer ensartet med hensyn til oppvandring av oppdrettslaks enn de videre nordover). Det er nå fra 5–13 elver i hver av de tre sørligste regionene, men fremdeles forholdsvis få i de to nordlige (3–6 elver per år, tabell 4.5).



Figur 4.2. Eksempel på inndeling av elvene i fem regioner. Elvene på Jæren er tatt med i den sørligste sonen, ellers er skillett mellom sonene lagt på fylkesgrenser.

Tabell 4.5. Antall elver undersøkt (antall nasjonale laksevassdrag i parentes) og totalt antall elver i populasjonen (som er elver med GBM) i eksempel der landet deles inn i fem regioner (se figur 4.2).

Region	2006	2007	2008	2009	Populasjon	Antall nasjonale
Sør	7 (3)	9 (4)	10 (5)	9 (4)	27	7
Vest	12 (6)	5 (3)	13 (6)	9 (7)	52	13
Møre-Trøndelag	11 (8)	7 (5)	9 (7)	10 (7)	60	14
Nordland	5 (3)	1 (1)	3 (1)	2 (1)	38	4
Nord	3 (3)	3 (3)	3 (3)	6 (6)	49	14

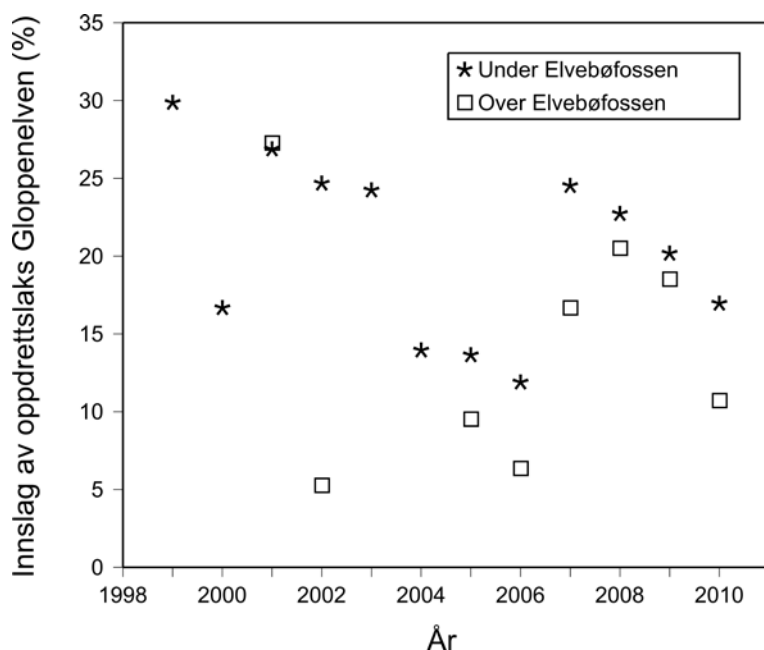
Tabell 4.6. Estimat med standardfeil for andelen (%) rømt oppdrettslaks i fem regioner (se figur 4.2).

Region	2006	2007	2008	2009
Sør	12.0 (5.2)	10.7 (5.7)	9.2 (4.1)	9.2 (5.3)
Vest	16.3 (3.1)	19.8 (9.0)	21.1 (5.1)	25.5 (6.0)
Møre-Trøndelag	24.1 (7.6)	10.7 (3.0)	15.6 (5.0)	7.3 (2.1)
Nordland	4.9 (2.0)	1.1	7.6 (3.5)	20.7 (13.3)
Nord	14.3 (6.2)	7.3 (5.0)	11.9 (6.1)	5.6 (1.4)

Også i denne beregningen viser det seg at usikkerheten til estimatene er høye. Et eksempel kan illustrere dette; for region "Sør" i 2006 kan vi egentlig ikke trekke mer ut av tabell 4.6 enn at andelen rømt laks var et sted mellom 2 og 22 % (selv om estimatet var 12,0 %). Her ville det ikke vært mulig å konkludere med om andelen rømt laks i den regionen var lavt, moderat eller høy i forhold til eventuelle antatte tålegrenser for andelen av rømt laks i gytebestanden.

4.2. Variasjon innen elv

Fordelingen av rømt oppdrettslaks kan variere betydelig innen en elv. Vi vil presentere eksempler på dette fra fire forskjellige elver, som viser at både elvens topografi, hvilken sesong og fiskested har stor betydning for andelen av rømt fisk i ulike prøver. Merk at dataene til de tre første elvene i hovedsak er fra sportsfisket i den ordinære fisketiden om sommeren.

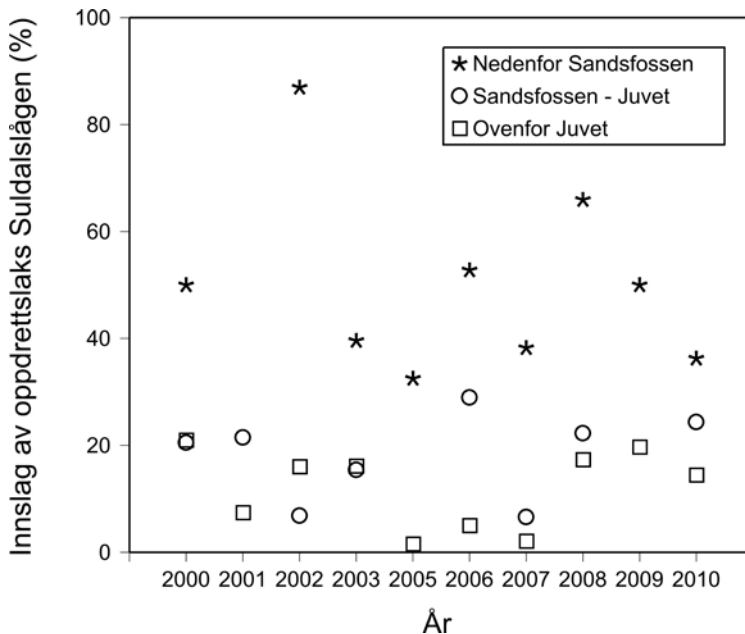


Figur 4.3. Innslag (%) av rømt oppdrettslaks i fangstene av laks nedenfor og ovenfor Elvebøfossen i Gloppenelva i perioden 1999–2008. Kun prøver med minst 19 fisk er med. Gjennomsnittlig prøvestørrelse er 70 fisk, $143 \geq n \geq 19$. Skjellene er samlet inn og lest, og dataene stilt til rådighet av Rådgivende Biologer AS.

4.2.1 Elver med oppvandringshinder

I Gloppenelven har andelen rømt oppdrettslaks i sportsfisket i den ordinære fisketiden under Elvebøfossen vært 21 %, mens 13 % av fisken over fossen har vært rømt oppdrettslaks i snitt over årene 1999 til 2010. Forskjellene mellom de to strekningene varierer imidlertid betydelig mellom år (figur 4.3).

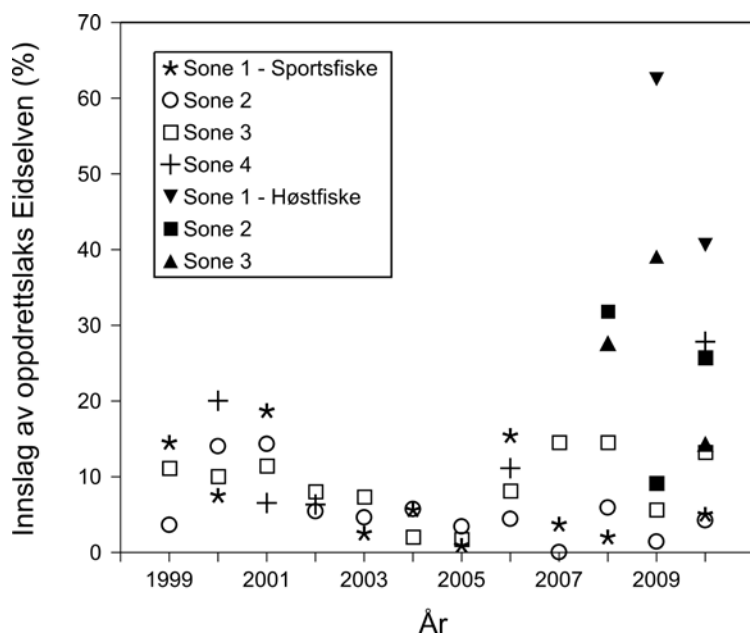
Suldalslågen inngår i gytefiskundersøkelsene. I tillegg samler Rådgivende Biologer inn skjell fra en stor andel av fisken som fanges i den ordinære fisketiden (Urdal 2010). Fra 2006 til 2009 har andelen av rømt oppdrettslaks variert mellom 3,6 til 12,8 % om høsten. Dette er betydelig lavere enn andelen i fisketiden (figur 4.4). Åraken til dette er nok at både Sandsfossen og områdene opp mot Juvet fungerer som oppvandringshindre for oppdrettslaksen, som dermed i mindre grad enn villaksen kommer seg opp på gyte plassene som i hovedsak ligger langt oppe i vassdraget.



Figur 4.4. Andelen av rømt oppdrettslaks i sportsfisket i ordinær fisketid i Suldalslågen 2000–2010 fordelt på områdene under Sandsfossen, mellom Sandsfossen og Juvet og ovenfor Juvet. Kun prøver med minst 20 fisk er tatt med. Gjennomsnittlig prøvestørrelse er 78 fisk, $203 \geq n \geq 23$. Skjellene er samlet inn og lest, og dataene stilt til rådighet av Rådgivende Biologer AS.

4.2.2 Eidselven i Nordfjord

I Eidselven er skjellprøvene av gjennomsnittlig 258 laks undersøkt hvert år fra 1999 til 2010. Ved å dele materialet inn i ulike elvesoner, og samtidig skille mellom fiske om sommeren og høsten, kan materialet tjene som en god illustrasjon på variasjonen i andelen av rømt fisk i ulike prøver, både mellom år, mellom soner og i høstfisket i forhold til fisket om sommeren (figur 4.5). I denne elven er det ikke bratte oppvandringshindre, og ikke noen systematisk tendens til at innslaget av rømt fisk nederst i elven er høyere om sommeren. Andelen av rømt laks i høstfisket har imidlertid vært betydelig høyere enn i den ordinære fisketiden, fra 30 til 37 % i forhold til 3 til 12 % om sommeren i årene 2008 til 2010 (tabell 4.7).



Figur 4.5. Andelen (%) av rømt fisk i fangst av laks i Eidselven fra 1999 til 2010. Materialet er delt inn i fire soner fra nedre til øvre del gjennom sportsfiskesesongen (1999–2010) og fra stangfiske om høsten (2008–2010). Kun prøver med minst 20 fisk er tatt med. Gjennomsnittlig prøvestørrelse er 61 fisk, $200 \geq n \geq 20$. Skjellene er samlet inn og lest, og dataene stilt til rådighet av Rådgivende Biologer AS.

Tabell 4.7. Oversikt over andelen av rømt oppdrettslaks i prøver fra Eidselven i 2009 og 2010 som er fisket på stang i den ordinære fisketiden og om høsten.

		Antall	Antall rømt	Andel rømt	SD*
		undersøkt			
Eidselven 2009	Sportsfiske	153	5	3 %	1 %
	Gytetid	105	39	37 %	5 %
Eidselven 2010	Sportsfiske	251	30	12 %	2 %
	Gytetid	107	32	30 %	4 %

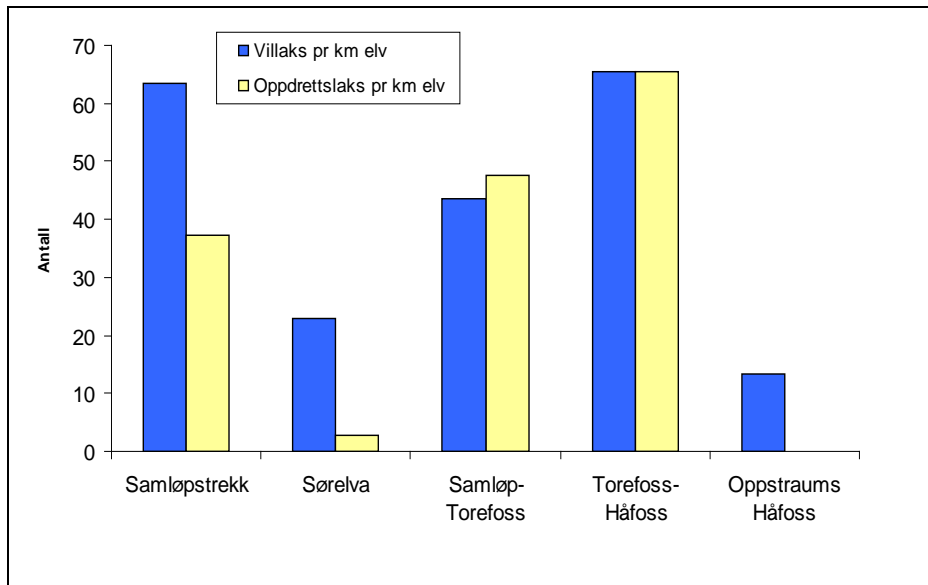
* Forventet standardavvik (SD) fra binomisk fordelte data.

4.2.3 Fordeling av rømt laks i Etneelven 2010

Uni Miljø, UiB, foretok gytefisketelling i Etneelven i november 2010. Tellingen ble gjennomført ved at to dykkere med snorkel drev parallelt ned elven og fortløpende registrerte fisk. Observasjonene ble fordelt på oppdrettslaks og villaks basert på morfologiske kjennetegn ved den enkelte fisk. Av totalt 805 registrerte fisk ble 503 vurdert som villaks og 302 som oppdrettslaks. Ved å fordele observasjonene i fem ulike soner framgår det at oppdrettslaksen og villaksen hadde en signifikant forskjellig fordeling (figur 4.6). I nedre del av elven ble det funnet en overvekt av villfisk, mens det på strekningen lenger oppstrøms, både oppstrøms og nedstrøms Torefoss, ble registrert om lag like mye oppdrettslaks som villaks. Derimot ble det funnet lite oppdrettslaks på strekningen oppstrøms Håfossen og i Sørrelva.

Fordelingen av rømt oppdrettslaks i Etneelven avviker således fra elver med oppvandringshindre, og hadde heller ikke den typiske konsentrasjonen av rømt oppdrettslaks i nedre del av elven i 2010. Oppdrettslaksen var relativt godt fordelt i elven, selv om villaks dominerte på strekningene der det var mindre tetthet av laks.

Fordi dette materialet er basert på ytre kjennetegn og ikke skjellprøver, blir sannsynligvis andelen oppdrettslaks underestimert. Det ble også kjørt fettsyreanalyse på noen av disse laksene (se kap. 4.3).

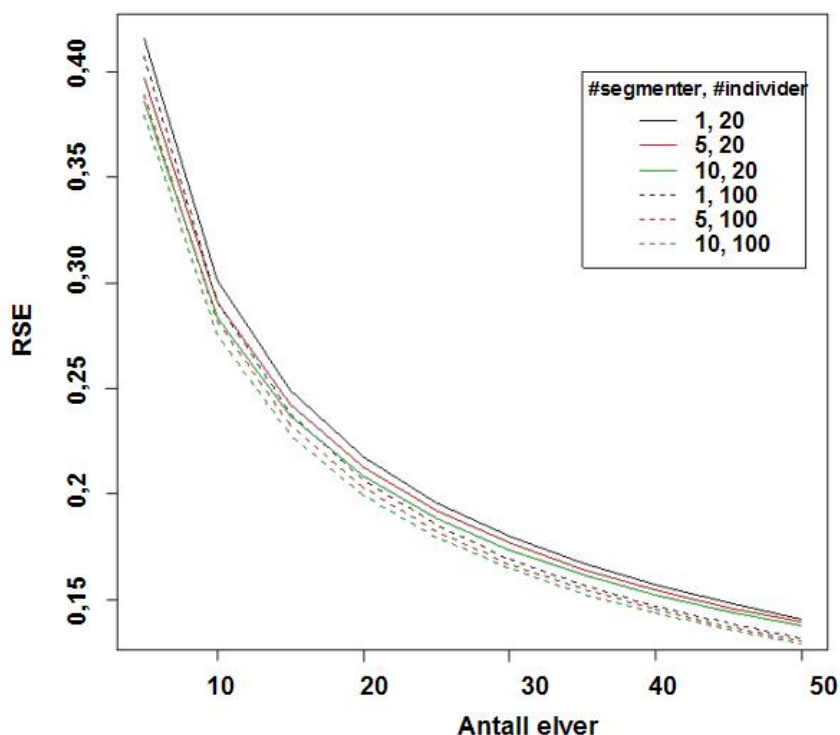


Figur 4.6. Fordeling av oppdrettslaks og villaks registrert ved gytefisktellinger i Etneelven i november 2010. Fordelingene er signifikant forskjellige ($\chi^2=74.9$, $df=4$, $P<0.001$). Dette var også tilfellet når sonene "Torefoss–Håfoss" og "Oppstraums Håfoss" ble definert som en gruppe ($\chi^2=64.3$, $df = 3$, $P<0.001$). Dataene er samlet inn og stilt til rådighet av Uni Miljø, UiB.

4.3 Estimert av variasjon i andel oppdrettslaks i forhold til antall elver i utvalget

Vi har modellert hvordan presisjonen i estimatet for andelen rømt oppdrettslaks endrer seg med antall lokaliteter per elv, antall prøver per lokalitet og antall elver med utgangspunkt i variansen i de eksisterende dataene. Alle tre parametrene bidrar, men en økning i antall elver har absolutt størst betydning for å forbedre presisjonen på estimatet. Forløpet modellen beskriver tilsier at konfidensintervallet er større enn estimatet hvis det kun tas prøver fra 10 elver. En relativ standardfeil til estimatet på rundt 20 % oppnås her ved bruk av minst 20 elver. Ifølge modellen er det en mye mindre gevinst ved å øke, til og med flerdoble antall fisk per prøve fra 20 til 100 fisk.

Det må påpekes at variasjonskomponenten brukt mellom gyteplasser er basert på en elv med forholdsvis liten variasjon (sportsfisket i den ordinære fiskesesongen i Eidselven) og er et konservativt anslag. For planlegging av prøvetaking innen elver bør et anslag for den tilhørende varianskomponenten (no 2) baseres på et større datamateriale enn det som er brukt her. Ved å benytte dataene fra elver i hele Norge i denne modellen, tar vi ikke hensyn til at andelen rømt fisk kan variere mellom regioner. Denne forenklingen kan øke den tilhørende varianskomponenten. Imidlertid har vi sett ovenfor at det er for lite data (for få elver) til å lage gode estimat innen regioner (eller fylker), blant annet fordi det også innenfor hver av disse er en betydelig variasjon.



Figur 4.7. Forventet presisjon (ligning (1.8)) i estimatet for andel rømt laks oppgitt som relativ standardfeil (RSE) under forskjellige prøvetakingsstrategier. Varianskomponent modell (1.5) ligger til grunn for analysene. Varianskomponent 1 er basert på variasjonen mellom alle 37 elver i datamaterialet, mens komponent 2 er basert på sportsfiskedata fra Eidselven om sommeren (se figur 4.5). Varianskomponent 3 er basert på (1.9). Langs x-aksen er antall elver (primære enheter) i utvalget. Solide kurver viser, for hvert utvalg av elver, forventet RSE når antall gyteplasser det tas prøver fra innen en elv varierer ($k=1, 5, 10$), og antall fisk det tas prøver fra innen hver gyteplass satt til 20. For stiplede kurver er antall fisk satt til 100, under ellers like vilkår.

4.4 Bruk av data fra sportsfisket

Dataene fra sportsfiske i den ordinære fiskesesongen fra en rekke elver i Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane er stilt til rådighet for oss av Rådgivende Biologer AS for å teste bruken av denne type data. De er i hovedsak basert på skjellanalyser av prøver som er sendt inn av sportsfiskere.

Til tross for at antall elver kan økes betraktelig i de tre fylkene ved å bruke sportsfiskedata (tabell 4.8), er standardfeilene høye, 30–50 % av estimatene for andelen rømt laks per fylke per år (tabell 4.9). Dette tilsvarer at konfidensintervallene er 60–100 % av anslagene. Eksempelvis; anslaget på 7,8 % for Sogn og Fjordane i 2009 der 13 elver inngår, har likevel en usikkerhet som strekker seg fra 1–14 %. Andelen rømt laks ser imidlertid ut til å endre seg relativt mindre fra år til år i hvert av de tre fylkene (tabell 4.9), så det kan være et potensial i denne type data hvis de kombineres over flere år.

En kategorisering av materialet i henhold til de tre GBM-klassene (tabell 4.10) indikerer som tidligere at andelen rømt laks tenderer til å være lavere i større vassdrag, selv om usikkerheten også her er for stor til å kunne trekke konklusjoner (tabell 4.11).

Tabell 4.8. Antall elver med data fra sportsfisket i den ordinære fiskesesongen (antall av disse som inngår i gytefiskundersøkelsene om høsten i parentes).

Fylke	2006	2007	2008	2009	2010	populasjon ⁶
Rogaland	6 (2)	8 (4)	9 (4)	10 (4)	10 (2)	22 (2)
Hordaland	5 (0)	3 (0)	3(0)	4 (0)	3 (0)	15 (5)
Sogn og Fjordane	13 (6)	11 (5)	10 (4)	9 (4)	9 (4)	24 (10)
Sum	24 (8)	22 (9)	22 (8)	23 (8)	22 (6)	61 (17)

Tabell 4.9. Estimat for andel rømt laks med standardfeil i elver med data fra sportsfisket i den ordinære fiskesesongen i tre fylker (antall av disse som inngår i gytefiskundersøkelsene om høsten i parentes).

Fylke	2006	2007	2008	2009	2010
Rogaland	11.4 (4.8)	7.7 (2.8)	9.9 (5.2)	8.2 (4.0)	9.2 (2.8)
Hordaland	31.4 (13.4)	48.8 (17.1)	20.4 (11.6)	38.0 (11.6)	22.9 (9.8)
Sogn og Fjordane	7.8 (3.4)	15.6 (4.6)	19.3 (6.3)	14.1 (5.3)	15.0 (5.5)

Tabell 4.10. Antall elver med data fra sportsfisket i den ordinære fiskesesongen i de tre GBM-klassene (antall av disse som inngår i gytefiskundersøkelsene om høsten i parentes).

GBM	2006	2007	2008	2009	2010	
1	11 (4)	7 (3)	8 (3)	9 (3)	10 (3)	28 (4)
2	9 (1)	9 (1)	9 (1)	9 (1)	10 (1)	20 (2)
3	4 (3)	6 (5)	5 (4)	5 (4)	2 (2)	13 (11)
sum	24 (8)	22 (9)	22 (8)	23 (8)	22 (6)	61 (17)

Tabell 4.11. Estimat for andel (%) rømt laks (standardfeil) i elver med data fra sportsfisket i den ordinære fiskesesongen (sammenslått fra tre fylker) fordelt på de tre GBM-klassene (antall av disse som inngår i gytefiskundersøkelsene om høsten i parentes).

GBM	2006	2007	2008	2009	2010
1	12.3 (4.0)	20.7 (7.0)	25.2 (7.9)	23.9 (6.6)	15.7 (5.0)
2	16.9 (8.8)	21.4 (8.3)	8.0 (2.2)	11.1 (5.8)	10.7 (3.7)
3	10.1 (7.4)	6.9 (3.4)	14.0 (9.3)	9.1 (7.3)	15.9 (11.7)

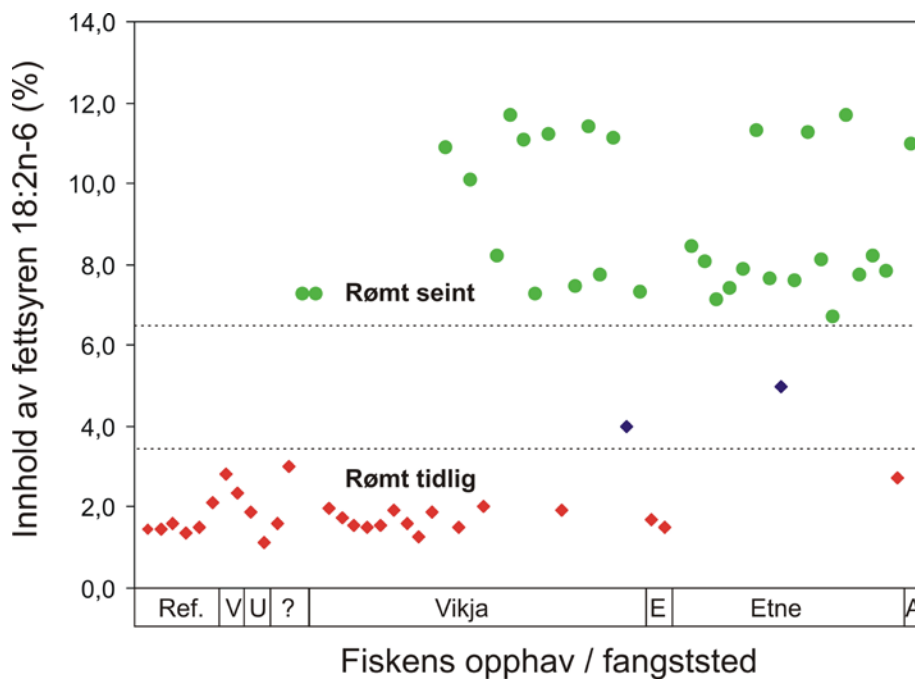
4.5 Fettsyreanalyser

Pilotstudien av sammensetningen av fettsyrer i muskel hos antatt rømt laks gav lovende resultater i forhold til målsettingen om å skille mellom tidlig og seint rømt oppdrettslaks (figur 4.8). Dessuten har kategoriseringen av rømt oppdrettslaks basert på skjellprøver tilsynelatende fanget opp både fisken som rømte som smolt og som voksne.

I motsetning til oppdrettsfôr som inneholder opptil 11 % av fettsyren 18:2n-6, har både referanseprøver fra havbeitelaks og vill laks (basert på skjellprøver) betydelig lavere nivåer; rundt 2 %. Fisk som ifølge skjellene er rømt oppdrettslaks, fordelte seg i hovedsak i to grupper. De hadde enten lave verdier av denne fettsyren, som tilsier at de har i hovedsak vokst

⁶ Dette er en delpopulasjon av elvene med GBM.

opp i Norskehavet, eller de hadde høye verdier, som innebærer at de har nylig rømt eller at de ikke har spist en betydelig del naturlig føde etter rømming (figur 4.8).



Figur 4.8. Innhold av fettsyren 18:2n-6 i muskel hos individer av laks (n = 60). Bestemmelsen av fiskens opphav er basert på merker og lesing av skjellprøver; Ref = referanseprøver fra havbeitelaks (fra Olsen og Skilbrei 2010), V = Vill, U = Utsett som smolt, ? = Usikkert opphav. Laks kategorisert som rømt oppdrettslaks er fanget i elven Vikja i Sogn, og i E = Ekso, Etneelven og A= Austrepollen i Hordaland.

Innslaget av tidlig rømt laks var nesten 50 % i prøvene fra Vikja i Sogn, mens det nesten utelukkende var seint rømt laks representert i prøvene fra Etneelven ved Hardangerfjorden. Årsakene til denne forskjellen er ukjent, men kan være relatert til at Etneelven ligger nær mange oppdrettsanlegg i Hardangerfjorden. Indikasjonen i denne pilotstudien på at innslaget av tidlig rømt laks kan variere geografisk kan også bidra til å øke variasjonen mellom elver i anslaget over andelen rømt laks. Det kan forventes at både tidspunkt for oppvandring og fangbarheten av fisken i elven kan være ulike mellom fisk som har rømt som smolt eller som voksne laks.

5. Diskusjon

5.1 Kriterier for valg av samplingprogram

5.1.1 Hensikt med overvåkingen

Overvåking av oppvandringen av oppdrettslaks i en elv kan ha flere hensikter, som ikke nødvendigvis er godt dekket av en felles samplingsstrategi. Rømt oppdrettslaks kan vandre relativt seint opp, og de blir lettere hindret av fosser enn vill laks. Undersøkelser nær

elvemunningen vil være mer følsomme for oppvandring, og dermed egne seg best hvis hensikten kun er å bruke elver som lokale "temperaturmålere" for rømmingssituasjonen i regionen om høsten. Hvis en derimot ønsker at undersøkelsen skal si noe om risikoen for at rømt laks deltar under gytingen sammen med villaksen, er det mer relevant å se på andelen av rømt oppdrettslaks i de delene av elven der størsteparten av reproduksjonen skjer. Denne type overvåking vil vanligvis være mer krevende, blant annet fordi gyteplassene må kartlegges, det blir vanskeligere å samle representative prøver uten at villfisken forstyrres og i verste fall skades på gyteplassene.

5.1.2 Geografisk oppløsning – Hvor mange elver bør inngå?

Ønsker man et gjennomsnitt for hele landet, anslag for ulike landsdeler, eller bør andelen av rømt oppdrettslaks estimeres for hvert enkelt fylke, eller enda mindre regioner? Det siste blir foreslått av et utvalg som nylig har utredet nye tiltak i forvaltningen av oppdrettsnæringen (Anon 2011). Avhengig av hvor mye variasjon det er mellom elver innenfor et geografisk område, vil antallet elver i utvalget sette grensene for størrelsen på områdene man kan dele landet inn i. I utgangspunktet kan det være naturlig å bruke fylkene som geografisk region fordi de er forvaltningsenheter.

Dersom det er ønskelig å koble oppvandringen av oppdrettslaks i elv med tilstedeværelsen av oppdrett i en region, er det nødvendig å ha kunnskap om den geografiske spredningen av rømt oppdrettslaks. Slike sammenhenger vil også påvirke vurderingen av hvor store geografiske soner det er formålstjenlig å ha estimater for. Det er vist at andelen av oppdrettsfisk i elvene er påvirket av konsentrasjoner av anlegg i regionen (Fiske m.fl. 2006), men det gjort relativt få merkestudier for å få mer eksakte data. Det er også sannsynlig at spredningsmønsteret blir påvirket av både alder og størrelse på laksen som rømmer. Når det gjelder voksten laks, har en høy andel av gjenfangstene i flere tilfeller kommet fra fjorden der laksen ble sluppet (Hansen 2006; Skilbrei 2010a; Skilbrei og Jørgensen 2010; Chittenden m.fl. 2011). Slipp på kysten om sommeren har gitt færre gjenfangster, mest av umoden laks i løpet av de første ukene. Slipp av smolt og postsmolt i fjord har antydnet at oppdrettet laks (som villsmolt) preges på utsettingsstedet og at en høy andel kommer tilbake til fjorden (Skilbrei 2010b). En stor del av individene kan likevel gå opp i elver flere hundre mil unna utsettingsstedet, og laks fra skotske opprettsanlegg kan krysse Nordsjøen og nå norskekysten (Hansen og Youngsson 2010). Ved rømming av ung fisk fra anlegg på kysten, hvor størsteparten av oppdrettsanleggene ligger, er det grunn til å tro at fisken sprer seg mer enn hvis de rømmer fra fjorder. Dette ble blant annet vist i havbeiteforsøk på 1990-tallet der voksen laks sluppet som smolt fra en lokalitet vest for Bergen, vandret opp i elver i store deler av Sør-Norge (Skilbrei og Holm 1998), og fisk sluppet på Vega fordelte seg i stor grad i små kystnære vassdrag langs kysten av Nordland. Selv om dataene er mangelfulle, og mange individer kan vandre langt, viser blant annet slipp av både smolt og større laks fra flere kommersielle anlegg langs kysten (upubliserte data) at flest fisk blir fanget innenfor en region som tilsvarer et par fylker.

5.1.3 Hvilken type elver bør inngå?

De topografiske og fysiske forholdene i norske lakseelver varierer. Denne variasjonen danner grunnlag for ulike biologiske tilpasninger, som blant annet kommer til syne som store forskjeller i alder ved kjønnsmodning og gjennomsnittlig størrelse på laksen i ulike elver. Det er en viktig problemstilling for et samplingprogram om elvene velges tilfeldig blant de ulike

”typene” i den totale norske laksestammen, eller om man ønsker å legge inn preferanser for hvilke elvetyper/laksestammer som skal overvåkes.

For å vurdere i hvilken grad elvene der det blir samlet inn høstprøver er representative for norske elver som sådan, hadde vi behov for å finne en måte å klassifisere dem på. En inndeling i størrelse på vassdraget er en av de enkleste metodene. Størrelsen på lakseelven kan imidlertid vurderes ut fra ulike forhold, for eksempel fangst over en årrekke, vannføring og antall kilometer elv. I vår vurdering valgte vi å bruke to metoder for å differensiere i forhold til størrelse, enten innrapportert fangst over en treårsperiode (2008–2010) eller gytebestandsmålet for elvene som er beregnet av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, og som kombinerer tilgjengelig areal med produktivitet. Vi antar at mulighetene for eventuelle kategoriseringer både vil øke og forbedres etter hvert som forvaltningen får mer presis informasjon om forholdene i de enkelte elvene. Vi har kun vist noen eksempler på klassifiseringer (størrelse på vassdraget og geografiske regioner). Med et større materiale kan det for eksempel også være naturlig å koble andelen av rømt oppdrettslaks mot beliggenheten av elven i forhold til avstand (Gausen og Moen 1991) og konsentrasjoner av oppdrettsanlegg (Fiske m.fl. 2006), eller til en kyst–fjord-dimensjon.

Vi har gått i detalj på den geografiske spredningen av utvalgte elver. Siden det kun er 25–38 elver som har blitt undersøkt årlig i hele Norge i det foreliggende materialet, vil det nødvendigvis være store områder som er dårlig dekket eller som ikke har noen elver med i undersøkelsen. Regional representativitet kan bare oppnås ved å øke undersøkelsens omfang.

5.1.4 Nasjonale lakseelver

Innføringen av nasjonale laksefjorder og -elver har aktualisert overvåking av andelen av rømt laks fordi det er forutsatt at disse tiltakene blir fulgt opp av en evaluering av om den særlige beskyttelsen av laksen i disse elvene har effekt eller ikke. En rekke kriterier er lagt til grunn for utvelgelsen av nasjonale laksevassdrag for å beskytte spesielt verdifulle laksestammer. Størrelsen på bestanden er blitt sterkt vektlagt fordi det ble antatt at store elver både kan ha mer biologiske (genetiske) ressurser og være mer robuste mot påvirkninger. En evaluering av tiltakene i disse elvene medfører at man også har tilgjengelig data fra en kontrollgruppe elver med lignende karakteristika. En vurdering av oppvandringen av rømt laks i nasjonale lakseelver, som ikke er plukket blant tilfeldig valgte elver, krever en annen metodisk tilnærming enn eksempelvis regionvise estimater av andelen av rømt laks der det vil være riktig å velge elver som er representative for regionen. Med den størrelseskategoriseringen vi gjorde for å sammenligne nasjonale med ikke-nasjonale laksevassdrag i samme kategori, ser det ut til at det er for få ikke-nasjonale vassdrag i samme kategori.

5.1.5. Bruk av stratifisert utvalg

I denne rapporten har vi brukt poststratifisering for å illustrere mulige grupperinger av elver. Alle elvene i populasjonen (N=226) ble gruppert (poststratifisert) basert på geografi (5 regioner), eller gytebestandsmål (GBM 1–3). En stratifisering basert på både region og GBM ville resultere i totalt 15 strata. Resultatene våre antyder at størrelsen på vassdraget hadde betydning for andelen oppdrettslaks, og det er ganske åpenbart at det er mer rømt oppdrettslaks i noen regioner i Norge enn i andre. En kombinasjon av disse faktorene kunne derfor være en grei tilnærming. Vi kunne imidlertid ikke bruke en slik utvidet stratifisering i vårt eksempel på inndeling i fem regioner fordi vi ikke hadde tilstrekkelig antall elver i alle 15

strata. En finere stratifisering som angitt over for å øke presisjon innen en region eller fylke vil øke behovet for data utover det som er tilgjengelig med dagens ressurser.

For en overvåking av lakselever på nasjonalt eller regionalt nivå basert på utvalg av elver med kjent sannsynlighet, vil stratifisering av elvene være en metode for å:

- sikre tilstrekkelig størrelse på utvalget av elver i et område, for å sikre estimat av andel rømt laks for et bestemt område (fylke eller region)
- øke presisjonen i estimat av andel rømt oppdrettslaks ved å gruppere elver som har mer lik andel rømt laks (for eksempel basert på elvenes størrelse, biomasse, avstand fra konsentrasjoner av oppdrettsanlegg, eller basert på deres lokalitet i forhold til kyst–fjord)
- bedre logistikk for datainnsamling ved å gruppere elver som kan overvåkes av et team av frivillige

Stratifisering er en metode for å kontrollere størrelsen og spredningen av utvalget på forhånd, og må ikke forveksles med poststratifisering, der et utvalg grupperes i etterskudd på grunnlag av data fra hele populasjonen (Cochran 1977). Graden av stratifisering vil i midlertidig begrenses av tilgjengelige ressurser siden det kreves estimat av andel rømt oppdrettslaks med varians for hvert stratum. Stratifisering er en metode for å sikre at sannsynligheten for utvalget av elver og størrelsen på utvalget kan bestemmes på forhånd. Metoden er svært fleksibel, slik at elver som velges med sikkerhet, for eksempel nasjonale lakselever, kan utgjøre et eget stratum.

5.2 Sampling innen elv

5.2.1 Forsinket oppvandring av rømt laks

Andelen av rømt laks i sportsfisket om sommeren er generelt lavere enn det er i høstfisket fordi rømt laks vandrer seinere opp i elv enn vill laks. Mange av de som går seint opp i elv er nok fisk som er rømt relativt nylig. Oppdrettslaks som har rømt som smolt kan gå opp i elv relativt tidlig i sesongen (Gausen og Mo 1991), men i merkeforsøk med smolt har også disse tendert til å gå seinere opp i elv når de kommer tilbake som voksne enn stedegen fisk, flestparten i løpet av august–september (Skilbrei og Holm 2011). Forsinkelsen medfører at oppdrettsfisken kan ha en annen fordeling i elven om høsten, med større innslag i nedre del av mange elver (se nedenfor). Det er også mulig at den seine oppvandringen av en del av oppdrettslaksen kan påvirke fangbarheten. Sportsfiskere som deltar i utfisking av denne fisken om høsten hevder at de er lettere å få på kroken enn villaks, men vi har ikke mulighet til å verifisere dette. Sportsfiskere opplever ofte at nygått laks er lettere å få på stang. Man kan kanskje forvente at fisk som har vært i elven i kort tid blir lettere å fange, blant annet fordi den beveger seg mer enn fisk som allerede har hatt tid til å posisjonere seg i elven for gyting. Det bør derfor undersøkes om og i hvilken grad fangbarheten til oppdrettslaks i elver om høsten avviker i forhold til villaks.

5.2.2 Geografisk variasjon innen elven

Samplingen innen elven kompliseres av oppdrettslaks kan være ujevnt fordelt. Dette er en svært reell og tydelig problemstilling i elver med større fosser som i større grad virker som et

oppvandringshinder for oppdrettsfisk enn for villfisk. Data i rapporten fra sportsfisket i Gloppenelva og Suldalslågen eksemplifiserer dette. Andelen av rømt oppdrettsfisk er betydelig høyere under fossene, og de største gytefeltene er lenger opp i begge elvene. Hvis man også tar høyde for at oppdrettslaks tenderer til å vandre seinere opp i elven, vil det i slike tilfeller ikke være usannsynlig at andelen av rømt oppdrettslaks om høsten er høyere i nedre del av vassdraget enn på de viktigste gyteplassene. Andre elver er lettere å vandre opp, og kan ha en annen profil med hensyn til fordelingen av vill og oppdrettet laks. Både Eidselven og Etnelven eksemplifiserer at oppdrettslaksen kan være jevnere fordelt. Denne type forhold bør vurderes for hver elv som inngår i et overvåkingsprogram.

5.2.3 Bruk av data fra sportsfisket om sommeren

I forhold til innsatsen for å identifisere oppdrettslaks på gyteplassene om høsten, samles det inn betydelig mer data i Norge fra sportsfisket gjennom fiskesesongen. I mange elver er fisket organisert slik at det samles inn skjellprøver fra en høy andel av laksen som fanges, i hovedsak i løpet av sommer og tidlig høst. For eksempel, i perioden 1989–2009 har NINA samlet inn mer enn prøver fra 200 000 laks i 100 elver fra det ordinære sportsfisket (K. Hindar, NINA, pers. med.), og Rådgivende Biologer AS har samlet inn og sett på skjellene til 3 000–4 000 laks per år i 30–40 elver på Vestlandet årlig fra og med 1999 (K. Urdal, pers. med). Dersom denne type materiale kunne vært brukt direkte for å anslå andelen av rømt oppdrettslaks, ville datagrunnlaget blitt vesentlig styrket. På grunn av problemstillingene med at oppdrettsfisk både vandrer seinere opp og dermed kan bli mindre beskattet enn villfisken i elven, kan andelen i sportsfisket representere et relativt stort underestimat i forhold til tilstedeværelsen av oppdrettslaks seint om høsten. På landsbasis har andelen i sportsfisket vært innenfor 45–75 % av andelen i høstprøver de fleste av de ti siste årene (Anon 2010). For å kunne kompensere for dette og slå sammen ulike datasett, har Fiske m.fl. (2006) foreslått at det kan regnes ut en årsprosent som kan brukes på begge typer data, og som gir et konservativt anslag for andelen av rømt oppdrettslaks i gytebestanden i en elv. Denne metodikken har blitt brukt til å simulere påvirkning av rømt oppdrettslaks i ti regioner i Norge (Diserud m.fl. 2010).

På grunn av gevinsten med å inkludere data fra sportsfisket bør implementeringen av slike data vurderes. I eksemplet vi har sett på fra Eidselven var det imidlertid svært stor forskjell på andelen i sportsfisket om sommeren og om høsten (fra 3 til 12 ganger flere om høsten). I Suldalslågen er derimot situasjonen tilsynelatende motsatt. Andelen av rømt oppdrettslaks i sportsfisket er langt høyere enn i høstfisket (Anon 2010), som vi antar må være foretatt i nærheten av hovedgytefeltene ovenfor Juvet langt oppe i elven. Disse eksemplene kan illustrere at slike omregninger kan være beheftet med stor usikkerhet, og at man kanskje bør se på muligheten for å tilpasse omregningsfaktoren til de elvene som eventuelt kan inngå i et slikt utvidet prøvetakingsprogram.

5.2.4 Bestemmelse av vill og oppdrettet laks

Både de nasjonale dataene, og ekstra data vi har hentet inn fra Eidselven, Gloppenelven og Suldalslågen, bygger på lesing av skjell som metode for å skille vill og rømt oppdrettslaks. I prinsippet vil de innerste åringene i skjellene av villfisk avsløre om den har vokst opp i en elv og opplevd markerte årstider. Noen ganger vil det imidlertid være tvilstilfeller. Skjellene kan være lite lesbare av ulike grunner, de kan for eksempel ha blitt regenerert etter en skade fisken har hatt, og oppdrettsfisk kan ha hatt vekststopp av ulike grunner. Problemer med identifiseringen kan også lett oppstå hvis det i elven er både villaks, oppdrettet laks og

kultivert laks som har blitt satt ut i elven (eller annen elv) som yngel eller smolt. Så langt er nok lesing av skjell den beste metoden for å avgjøre om fisken har vokst opp i en elv eller i et oppdrettsanlegg. Andre metoder, som for eksempel fettanalyser, kan gi nyttig tilleggsinformasjon om rømmingstidspunkt o.a. som har relevans for risikovurderinger av oppdrettsaktiviteter. Det utvikles for tiden nye verktøy for å skille vill og oppdrettsfisk på et genetisk grunnlag (Karlsson m.fl. 2011). De kan forhåpentligvis benyttes til å kvantifisere graden av innkryssing i en bestand, men kan ikke si noe om hvor fisken vokste opp hvis oppdrettsfisk har gytt i elven tidligere og ulike kombinasjoner av gener fra både ville forfedre og tidligere rømt oppdrettsfisk allerede finnes blant yngelen. Slike metoder kan muligens brukes som et supplement for å avklare tvilstilfeller.

Fettfinneklipping av all oppdrettsfisk er en enkel merkemethode som har et stort potensial for å lette identifiseringen av rømt oppdrettslaks. I dag fettfinneklippes det en del yngel og smolt som settes ut i kultiveringsøyemed: denne praksisen må i så fall vurderes. I tillegg til at fettfinneklipping ville ha forenklet identifiseringen av fanget laks, åpner den også nye muligheter for visuell kartlegging av andelen av rømt laks i elvene, for eksempel videoobservasjon i laksetrapper og bruk av dykkere på gytefeltene om høsten. Det er av spesielt stor verdi at en i mange situasjoner da kan få et anslag for andelen av rømt fisk uten å måtte fange og forstyrre villfisken på gytefeltet. Eventuelle tiltak for å oppspore og luke ut rømt oppdrettslaks blir også tilsvarende forenklet. Med å innføre fettfinneklipping av all oppdrettslaks vil det bli praktisk enklere og biologisk mer forsvarlig å sette opp et overvåkingsprogram for andelen av rømt fisk i elvene om høsten med ønsket detaljeringsnivå.

5.3 Vurdering av dagens samplingprogram

5.3.1 *Generelle betraktninger*

Når vi har brukt det eksisterende materialet for å eksemplifisere statistiske beregninger av andelen rømt oppdrettslaks, har vi forutsatt at rømt oppdrettslaks er homogent fordelt innen hver elv. Vi kan ikke si i hvor stor grad denne forutsetningen er oppfylt, men de mer detaljerte dataene fra enkelte elver som vi har fått tilgang til, indikerer at variasjonen i andel oppdrettslaks kan variere betydelig innen elven. Dette kan være kilde til betydelig variasjon i et slikt materiale. Til tross for denne forutsetningen, ser vi likevel at variasjonen mellom elver er så stor at det ikke oppnås presise estimat selv om elvene grupperes i fem geografiske regioner. I forhold til ønsket om å ta vare på biodiversitet og sikre de genetiske ressursene, medfører estimater med stor usikkerhet normalt at forvaltningen av ressursene bør være mer restriktiv hvis føre-var-prinsippet tas til følge.

Dersom man ønsker et estimat over innslaget av rømt laks i en region bør dataene fra ulike elver vektas i forhold til antall fisk i elvene. Det er ingen absolutte mål på gytebestanden i hver elv. Vi har brukt to indirekte mål på gytebestanden, nemlig gytebestandsmålet (GBM) fra Vitenskapsrådet, og offisiell fangststatistikk fra elvene. Begge disse målene er sannsynligvis grove tilnærminger til den virkelige bestandsstørrelsen i den enkelte elv. Det er derfor ikke mulig å sikre representative estimat av andel rømt laks, basert på den korrekte vektede estimatoren (1.3). Det er flere indikasjoner i dataene på at det prosentvise innslaget av rømt laks kan være lavere i tallrike bestander, og som både våre og NINAs (Fiske m.fl. 2006; Diserud m.fl. 2010) eksempler har vist, har metoden for vekting stor betydning for estimatet. Det er helt nødvendig å ha gode anslag for bestandsstørrelsen for å få presise estimat. Fangststatistikk kan i utgangspunktet brukes som et estimat hvis man forutsetter en beskatningsrate av fisken i elven. I mange tilfeller vil imidlertid fangststatistikken være dårlig

egnet, enten fordi kvaliteten på innrapporteringen varierer mellom elver og også fordi noen er stengt for fiske. I nesten en tredjedel av de undersøkte elvene er total rapportert fangst det året lavere enn antallet laks som er undersøkt om høsten, noe som antyder at grunnlaget for å estimere bestandsstørrelsen i disse tilfellene var svakt.

I henhold til vår analyse der effekten av utvalgsstørrelse på enten 20 eller 100 fisk ble modellert, er gevinsten av å femdoble prøvestørrelsen relativt liten i forhold til for eksempel å øke antall elver. Det ser ut til at prøvestørrelsen, gjennomsnitt på 64 fisk, er jevnt over tilfredsstillende.

Uavhengig av hvilke klassifiseringer vi har brukt for elvene med høstundersøkelser, på størrelse eller region, har resultatet blitt at variansen i dataene er for høy til å gi presisie estimat for andelen rømt laks i gytebestanden. Selv om det er utfordringer forbundet med å få representative prøver innen hver elv for denne type data, synes hovedårsaken til den lave presisjonen i estimatene å være at det er for få elver med i undersøkelsen i forhold til graden av variasjon mellom elver tilhørende samme region.

5.3.2 Bruk av frivillige

Som vi har sett, må vi anta at andelen av rømt oppdrettslaks i en prøve kan variere betydelig med tidspunkt for fangst og sted i elven. Forhold som påvirker fordelingen av rømt laks innad i elven vil også variere betydelig mellom elver. Oppdrettsfisken vil nok være jevnere fordelt i noen elver enn i andre, der andelen kan være høyere i nedre deler av vassdraget enn i øvre. Det blir derfor viktig at det lages et samplingdesign for hver elv som tar hensyn til lokale forhold for å sikre at prøvene gir et representativt bilde av andelen av oppdrettslaks i bestanden på ønsket tidspunkt (i praksis seint på høsten). Samplingen innen elven bør vurdere observasjons- og fangstmetodikk, og hvordan vill og oppdrettet laks fordeler seg i elven om høsten. Utformingen av prøveprogrammet bør gjøres i henhold til statistiske prinsipper. Frivillige har som regel god lokal kunnskap og kan være en ressurs både for arbeidet med å kartlegge elven og å ta prøver i henhold til den utarbeidete planen. Dessuten viser erfaringer fra prøvetaking med sportsfiskeredskap at bidraget fra dugnadsarbeid i praksis representerer store økonomiske verdier. Det vil innebære betydelige logistiske problemer å profesjonalisere hele innsamlingen fordi innsatsen må settes inn i mange elver over en begrenset tidsperiode (K. Hindar, NINA, pers. med.). I noen tilfeller vil fisken være vanskelig tilgjengelig slik at hele eller deler av arbeidet bør gjøres av profesjonelle, og i andre tilfeller kan det mangle et lokalt nettverk av frivillige i elver som velges ut til å inngå i en eventuell undersøkelse. Det er imidlertid viktig at retningslinjene for samplingen for hver elv som skal inngå i et overvåkingsprogram både utarbeides av og med fagfolk i henhold til lokale forhold, og følges opp årlig. Vi antar at dette vil kreve større ressurser enn det som brukes på overvåking i dag.

5.4 Oppsummering og valg av strategi for innsamling av data

Valg av strategi for innsamling av data for å estimere andel rømt oppdrettslaks i den totale gytebestanden vil avhenge av flere faktorer:

1. I romlig skala skal estimatene gjelde for:
 - a. Hele gytebestanden av laks for alle laksevassdrag på nasjonal skala

- b. Hele gytebestanden av laks for alle laksevassdrag innen et forvaltningsområde (f.eks. innen en region eller fylke)
 - c. Gytebestanden av laks innen utvalgte laksevassdrag
- 2. Tidsskala for estimatene:
 - a. Årlige estimat av andel rømt oppdrettslaks
 - b. Gjennomsnitt andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden over en tidsperiode (f.eks. 3 år)
- 3. Romlig variasjon i andel rømt oppdrettslaks, og variasjon over tid
- 4. Krav til presisjon for anslag av andel rømt oppdrettslaks
- 5. Tilgjengelige ressurser for prøvetaking

Analysene våre av historiske data har vist at det kan være stor variasjon i andel rømt oppdrettslaks mellom elver, mellom år innen elver, og mellom gyteplasser innen elver for et gitt år. Dette betyr at selv undersøkelser på liten skala (for eksempel for å estimere andel oppdrettslaks for en gytebestand i en enkelt elv) vil kreve en god kartlegging av gyteplasser, og at det samles prøver av laks fra et representativt utvalg av gyteplasser gjennom gytesesongen. Dersom et overvåkingsprogram har som mål å kvantifisere andel rømt oppdrettslaks for alle laksevassdrag innen en region eller et fylke for hvert år, vil det kreves prøvetaking fra et representativt utvalg laksevassdrag (første trinnet av en utvalgsundersøkelse), og representativ prøvetaking innen utvalgte elver som beskrevet over. For hver elv i utvalget bør så gyteplassene kartlegges, slik at det er mulig å sikre representativ prøvetaking av laks i hver elv. Overvåkingsprogram som skal sikre estimat av gjennomsnitt andel rømt laks over en tidsperiode (for eksempel 3 år), vil kreve en mer komplisert design for utvalg av elver i tid og rom (se Maryland Biological Stream Survey).

Nøyaktige estimat (presise og forventningsrette) på hvor stor andel rømt oppdrettslaks utgjør av den totale gytebestanden innen et fylke eller en region, vil kreve gode anslag på størrelsen av gytebestanden for hver utvalgte elv i undersøkelsen. Dette kan oppnås for eksempel ved bruk av dykkere for telling av laks for utvalgte gyteplasser innen hver elv valgt i trinn 1. Telling av laks som går opp i elven i gytesesongen ved bruk av videoovervåking kan også gi gode anslag på gytebestanden for utvalgte elver. Analyser av historiske data der vi har brukt både uvektet og vektet gjennomsnitt viser at estimat av andel rømt oppdrettslaks er følsomme for mål på gytebestanden som brukes i vektingen. Bruk av rapporterte fangster som proxy for størrelsen på gytebestanden innen hver elv er for usikker.

For å utvikle en kostnadseffektiv overvåkingsstrategi bør det utføres pilotundersøkelser der varianskomponentene for estimat av andel rømt oppdrettslaks (likning (1.9)) kan estimeres med større nøyaktighet for regioner eller fylker. En pilotundersøkelse bør også inkludere kartlegging av gyteplasser innen utvalgte elver, og tellinger av antall gytelaks. Som illustrasjon har vi brukt data fra hele landet for å estimere variasjonen i andel rømt laks mellom elver. Innen et fylke eller en region vil sannsynligvis variasjonen mellom laksevassdrag være lavere enn for landet som helhet. Det betyr at det er vanskelig å angi nøyaktig hvor mange elver som må undersøkes innen en region eller et fylke for å oppnå en tilfredsstillende presisjon. Et rimelig krav kan være at andel rømt oppdrettslaks skal kunne estimeres med en standard feil som er 20 % av anslaget for andelen i gytebestanden, eller lavere ($RSE < 0,2$). Et slikt krav til presisjon er for eksempel brukt for anslag på fangster av

elvesild (American shad) i sportsfisket for enkelte vassdrag langs østkysten av USA (Vølstad et al. 2006).

Våre analyser av historiske data viser at estimatorer som vekter anslagene på andel rømt oppdrettslaks i utvalgte elver basert på gytebestandsmål kan gi anslag som avviker betydelig fra enkle (uvektede) gjennomsnittberegninger. Forventingsrette anslag på andel rømt gytelaks på tvers av elver krever at anslagene fra hver elv vektes, basert på gode mål på gytebestandsstørrelsen i hver elv som er med i beregningene. Det er innlysende at et uvektet gjennomsnitt kan ha store systematiske feil. Dette kan illustreres med et enkelt eksempel. Anta at vi har representative prøver fra to elver. Elv A har 1000 gytelaks totalt, og prøver fra 50 fisk viser 50 % rømt laks. Elv B har 5000 gytelaks totalt, og prøver fra 50 fisk viser 10 % rømt laks. Et uvektet gjennomsnitt vil da være 30 % rømt laks for begge elver, mens et vektet gjennomsnitt vil (korrekt) være 17 % $[(500+500)/6000]$. Dette illustrerer at pålitelig anslag på den totale gytebestanden for hver elv som er med i en utvalgsundersøkelse er viktige.

I praksis er statistiske metoder for valg av elver svært fleksible. Et kostnadseffektivt overvåkingsprogram kan for eksempel ta hensyn til at det for en gruppe elver er billig å få data, for eksempel fra frivillige organisasjoner. Slike vassdrag kan da velges med sikkerhet (de blir da egne strata), mens resten av elvene i en region (eller fylke) utgjør en egen gruppe som kan samples med lav frekvens (men også med kjent sannsynlighet).

For fylkesestimat kan vi diskutere prøvetakingsplaner som gir estimat basert på glidende gjennomsnitt for eksempel over tre år. Maryland Biological Stream (Vølstad et al. 1994, 1995) er et eksempel på storskala overvåkingsprogram basert på statistiske prinsipper for utvalgsundersøkelser. Maryland roterer utvalg av vassdrag, slik at hele elvesystemet i Maryland dekkes over en 5-årsperiode.

6. Konklusjon og anbefalinger

Det konkluderes med at omfanget på dagens undersøkelser av andelen rømt laks i gytepopulasjonen om høsten er utilstrekkelig dersom hensikten er å oppnå regionale estimat. Dessuten er ikke kriteriet for utvalg av elver sannsynlighetsbasert, noe som er et krav for å sikre representativitet i utvalgsundersøkelser og estimat med kvantifiserbar presisjon. En viktig årsak til dette er at ressurstilgangen har vært begrenset, noe som har medført at innsatsen har blitt konsentrert til elver med god egeninnsats og til nasjonale laksevassdrag. Utvalget av elver bør økes, og samplingen innen elvene bør legges opp etter statistiske prinsipper som sikrer representative data. Bruk av frivillige til datainnsamling er kostnadseffektivt, men protokoll for innsamling av data fra hver elv bør i større grad profesjonaliseres og kvalitetssikres. Det bør være gode anslag for bestandsstørrelsen i elver som velges ut, for å sikre at en kan kombinere estimat fra flere elver til et representativt anslag for en større region.

Det anbefales at et forbedret program for prøvetaking utvikles gjennom en bred prosess, for eksempel arbeidsgruppemøter der representanter fra ulike institusjoner og fagmiljø involveres (som Havforskningsinstituttet, NINA, Rådgivende Biologer, UNI Miljø o.a. og representanter fra frivillige organisasjoner). Et detaljert designforslag som kan testes og videreutvikles i en pilotstudie kan ikke lages før ressurstilgangen er kjent. En mulig modell for et nasjonalt overvåkingsprogram i Norge med en forbedret geografisk presisjon og som vektlegger nasjonale laksevassdrag samt ivaretar statiske prinsipper for utvelgelsen av ikke-nasjonale vassdrag, kan være som skissert under.

Analysene våre indikerer at årlige estimater for andel rømt oppdrettslaks i hvert fylke med akseptabelt presisjonsnivå (relativ standard feil på 20 %) vil kreve store ressurser siden det er store variasjoner mellom elver. Et alternativ kan da være å gruppere fylker inn i regioner, og at det for hvert år samples tilstrekkelig antall elver per fylke for å oppnå et rimelig årlig estimat for hver region. Det foreslås en stratifisering av alle laksevassdrag i et hierarki som følger:

1. regioner
2. fylker
3. grupper av elver innen fylker
 - a. nasjonale laksevassdrag
 - b. resten (som i tillegg kan stratifiseres basert på størrelse)

Stratifisering på finere nivå (for eksempel basert på avstand fra konsentrasjoner av oppdrettsanlegg) kan eventuelt komme i tillegg dersom ressursene tillater det. Dersom det kreves separate estimat per fylke (eventuelt med sammenslåing av noen av de sydligste fylkene som har få laksebestander), er det et alternativ å oppnå dette gjennom gjennomsnittet over en periode på flere år (for eksempel 3 år). Program kan baseres på et større representativt utvalg av nasjonale laksevassdrag (gruppe 3a) som samples hvert år, og at det tas prøver fra et utvalg av andre lakselver (gruppe 3b) (min. to fra laveste stratifiseringsnivå). Disse elvene kan enten trekkes som et tilfeldig utvalg av elvene innen et fylke innen gruppe 3b hvert år, eller utvelgelsen kan roteres slik at det samples fra alle eller nær elver i løpet av for eksempel en 3-årsperiode. Et slikt statistisk basert system for utvalg av elver sikrer forventingsrette estimat dersom prøvetakingen innen elven er representativ. Dersom estimering av trend i andel rømt oppdrettslaks over tid har større prioritet enn status innen ett år, kan en overvåking av en kombinasjon av faste og tilfeldig utvalgte elver (f.eks. halvparten i hver gruppe) være en effektiv metode (se Cochran 1977).

I vårt eksempel brukte vi fem regioner, og har anslått i en modellering at estimatet for andelen rømt laks nærmer seg et akseptabelt nivå hvis minst 20 elver inngår i en undersøkelse. I et slikt program ville det ha vært 100 elver årlig. Dette er et grovt estimat for å gi en idé om omfanget av et program. For å spesifisere et overvåkingsprogram som sikrer et gitt presisjonsnivå på regionalt nivå eller innen fylker, kreves det videre undersøkelser som kartlegger variasjonen mellom elver, og mellom gyteplasser innen elver. Datagrunnlaget brukt i denne rapporten er for usikkert til å planlegge hvor stort antall elver som må undersøkes innen hver gruppe. Pilotundersøkelser med et visst antall stasjoner per elv burde vært gjennomført for å forbedre anslagene av de ulike varianskomponentene og utvikle modellen. En mer detaljert design bør så testes på nasjonal eller regional skala før et nasjonalt program fastlegges.

Behovet for å holde kontroll på ulike kilder til varians i dataene fordrer også at det bør lages en plan for overvåking og prøvetaking i hver elv som skal inngå i undersøkelsen for å sikre både gode anslag for bestandsstørrelsen og at prøvetakingen gir et representativt bilde av andelen rømt laks i gytepopulasjonen. Utvalget av lokaliteter innen elven må velges etter en statistisk plan for å sikre et representativt estimat for andel rømt oppdrettslaks i den enkelte elv med tilhørende variansestimater. Frivillige med lokal kunnskap kan effektivt bidra til kartlegging i den enkelte elv og prøvetaking i elven etter en fastsatt innsamlingsplan. I elver hvor fisken er vanskelig tilgjengelig (eller elven velges ut og det ikke er etablert et nettverk i elven) kan det være nødvendig at arbeidet gjøres av profesjonelle.

For å oppnå nøyaktige (presise og forventningsrette) estimat av andel rømt oppdrettslaks er det en viktig forutsetning at både vill og rømt laks kan fanges/observeres med lik sannsynlighet. For å forbedre og standardisere prøvetakingen innen elvene ville det vært ønskelig med mer kunnskap om fangbarheten av fisken med ulike redskaper om høsten, spesielt om betydningen av eventuelle forskjeller mellom rømt laks og villaks.

Det bør utredes videre om sportsfiskedata på andel rømt oppdrettslaks fra den ordinære fiskesesongen om sommeren kan og bør inkluderes i et utvidet datamateriale. Gevinsten ved dette kan være stor på grunn av bedret dataomfang, men eksemplene vi har vist fra noen elver tilsier at det da kan være nødvendig å først få gode data på hvordan oppdrettslaksen fordeler seg i de aktuelle elvene gjennom sesongen. Dersom innslaget av seint rømt laks (i forhold til laks som har rømt som smolt) er spesielt høyt i noen regioner og elver, kan dette gjøre det vanskeligere å inkludere slike data. I forhold til å bruke fangstatistikken som tilnærming for gytebestanden er det problematisk å oppnå sammenlignbare fangstdata på tvers av elver pga. forskjeller i innsats, fiskemønster og fordeling av fisk av de to typene i elvene.

Analyser av skjellprøver er den enkleste og mest praktiske metoden for å skille rømt oppdrettslaks og vill laks. Det kan suppleres med andre metoder, som genetiske metoder, fettanalyser, kjemiske analyser etc. i tvilstilfeller, og for å få mer kunnskap om fisken og økologiske interaksjoner mellom rømt og vill laks.

Det bør vurderes å fettfinneklippe all oppdrettslaks for å lette identifiseringen av dem i elv. Dette ville redusere usikkerheten ved å skille vill og rømt laks, redusere variabilitet i dataene ved å forbedre kvaliteten på samplingen innen elvene, kunne føre til en mer omfattende og skånsom innsamling av data over andelen av rømt laks på gyteplassen samt legge forholdene til rette for utsortering av rømt laks fra elvene. Det er av spesiell betydning at villaksen da blir mindre forstyrret tett på gyting fordi et utvidet prøvetakingsprogram nødvendigvis vil kunne representere en negativ påvirkning på denne viktige tiden.

7. Takk

Vi vil takke Harald Sægrov og Kurt Urdal fra Rådgivende Biologer AS og Bjørn Barlaup fra Uni Miljø, Universitetet i Bergen, for å ha vært hjelpelige med innsamling av data høsten 2010 og for å ha stilt data til rådighet til denne rapporten. Vi er også takknemlig for kommentarer fra Kjetil Hindar med kollegaer fra NINA som har vært til stor hjelp i slutføringen av denne rapporten.

8. Referanser

- Anon 2011. Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen – areal til begjær. Oslo 4. februar 2011, Rapport fra et ekspertutvalg oppnevnt av Fiskeri- og kystdepartementet. ISBN Elektronisk: 978-82-92075-05-0.
- Anon 2010. Status for norske laksebestander i 2010. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2, 213 s, med Vedleggsrapport nr 2b, 516 s.
- Chittenden C.M., Rikardsen A.H., Skilbrei O.T., Davidsen J.G., Halttunen E., Skarðhamar J., McKinley R.S. 2011. An effective method for the recapture of escaped farmed salmon. *Aquaculture Environment Interactions*, 215–224.
- Cochran W.G. 1977. *Sampling Techniques*, 3rd edn. John Wiley, New York. 428 pp.

- Diserud O.H., Fiske P. & Hindar K. 2010. Regionvis påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander i Norge. NINA Rapport 622. 40 s.
- Efron B. 1982. The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans. CBMS-NSF. Regional Conference Series in Applied Mathematics. Philadelphia, Pennsylvania. 92 pp.
- Einum S., Fleming I.A. 1997. Genetic divergence and interactions in the wild among native, farmed and hybrid Atlantic salmon. *J Fish Biol* 50, 634-651.
- Finstad A.G., Berg O.K., Forseth T., Ugedal O. & Næsje T.F. 2010. Adaptive winter survival strategies: defended energy levels in juvenile Atlantic salmon along a latitudinal gradient. *Proceedings of the Royal Society B* 277(1684), 1113-1120.
- Fiske P., Lund R.A., Østborg G.M. og Fløystad, L. 2001. Rømt oppdrettslaks i sjø- og elvefisket i årene 1989–2000. NINA oppdragsmelding, 704: 1-26.
- 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 J. Marine Sci.* 63: 1182-1189.
- Fleming I.A., Jonsson B., Gross M.R. & Lamberg A. 1996. An experimental study of the reproductive behaviour and success of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Appl.Ecol.*, 33: 893-905.
- Fleming I.A., Lamberg A. & Jonsson B. 1997. Effects of early experience on reproductive performance of Atlantic salmon. *Behav. Ecol.*, 8: 470-480.
- Fleming I.A., Hindar, K., Mjølnerud I.B., Jonsson B., Balstad, T., Lamberg, A. 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proc Royal Soc ser B-Biol Sci* 267, 1517–1523.
- Fleming I.A., Agustsson T, Finstad B, Johnsson, J.I., Björnsson, B.T. 2002. Effects of domestication on growth physiology and endocrinology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 59, 1323–1330.
- Gausen D., & 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.
- 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., Youngson A.F. 2010. Dispersal of large farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*, from simulated escapes at fish farms in Norway and Scotland. *Fish Manag Ecol* 17: 28–32.
- Heinbuch D.G., Wilson H.T., Weisberg S.B., Vølstad J.H. og Kazyak P.F. 1997. Estimating fish abundance in stream surveys by using double-pass removal sampling. *Transactions of the American Fisheries Society* 126, 795–803.
- 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 J. Marine Sci.* 63: 1234-1247.
- Hindar K., Diserud O., Fiske P., Forseth T., Jensen A.J., Ugedal O., Jonsson N., Storeid S.-E., Arnekleiv J.V., Saltveit S.J., Sægrov H. & Sættem L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport, 226: 1-78.
- Jessen R.J. 1978. *Statistical Survey Techniques*. John Wiley, New York. 520 pp.
- Jonsson B. 1997. A review of ecological and behavioural interactions between cultured and wild Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science* 54, 1031-1039.
- Jonsson, B., Forseth, T., Jensen, A.J. og Næsje, T.F. 2001. Thermal performance of juvenile Atlantic Salmon, *Salmo salar* L. *Functional Ecology*, 15, 701–711.
- Karlsson, S., Moen, T., Lien, S., Glover, K. og Hindar, K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* 11, 247–253.
- Lehtonen R. and Pahkinen E. 2004. *Practical Methods for Design and Analysis of Complex Surveys*, 2nd edn. John Wiley, New York. 349 pp.
- McGinnity, P., Stone C., Taggart J.B., Cooke D., Cotter D., Hynes R., McCamley C., Cross T., Ferguson A. 1997. Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment. *Ices J Mar Sci* 54, 998-1008.
- McGinnity P., Prodöhl P., Ferguson A., Hynes R., Ó Maoiléidigh N., Baker N., Cotter D., O’Hea B., Cooke D., Rogan G., Taggart J. and 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. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270: 2443-2450.

- Olsen R.E., Skilbrei O.T. 2010. Feeding preference of recaptured Atlantic salmon, *Salmo salar*, that escaped from fish pens during autumn. *Aquaculture Environment Interactions* 1: 167–174.
- Skaala Ø., Wennevik V., Glover K.A. 2006. Evidence of temporal genetic change in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., populations affected by farm escapees. *ICES J Mar Sci* 63: 1224–1233.
- Skilbrei O.T. 2010a. Adult recaptures of farmed Atlantic salmon post-smolts allowed to escape during summer. *Aquaculture Environment Interactions*: 147–153.
- Skilbrei O.T. 2010b. Reduced migratory performance of farmed Atlantic salmon post-smolts from a simulated escape during autumn. *Aquaculture Environment Interactions* 1: 117–125.
- Skilbrei O.T., Holst J.C., Asplin L. & Mortensen S. 2010. Horizontal movements of simulated escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a western Norwegian fjord. 67: 1206-1215.
- Skilbrei O.T., Jørgensen T. 2010. Recapture of cultured salmon following a large-scale escape experiment *Aquaculture Environment Interactions* 1: 107–115.
- Skilbrei O.T. and Holm M. 2011. High marine survival rates of sea-ranched Atlantic salmon smolts (*Salmo salar*) that had previously matured as male parr. *Fisheries Management and Ecology* (in press).
- Särndal C.E., Swensson B. and Wretman J. 1992. *Model Assisted Survey Sampling*. Springer, New York. 694 pp.
- Sukhatme P.V. and Sukhatme B.V. 1954. *Sampling Theory of Surveys with Applications*. Iowa State University Press. Iowa, USA. 452 pp.
- Urdal K. 2010. *Analysar av skjelprøver fra sportsfisket i Rogaland i 2009*. Rådgivende Biologer AS, Rapport 1327. ISBN 978-82-7658-757-8. 33 s.
- Verspoor E., Stradmeyer L. og Nielsen J. L. 2007. *The Atlantic salmon. Genetics, conservation and management*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. UK, 500 s.
- Vølstad J.H., Southerland M.T., Weisberg S.B., Wilson H.T., Heimbuch D.G. and Seibel J.C. 1996. *Maryland Biological Stream Survey: The 1994 Demonstration Project*. Report prepared by Versar, Inc., Columbia, MD, for Maryland Department of Natural Resources, Monitoring and Non-Tidal Assessment Division, MD. CBWP-MANTA-EA-95-9. PPRP Contract No. PR-91-047-001.
- Vølstad J.H., Southerland M., Chaillou J., Wilson H.T., Heimbuch D.G., Jacobson P.T. and S.B. Weisberg. 1995. *Maryland Biological Stream Survey: The 1993 Pilot Study*. Report prepared by Versar, Inc., Columbia, MD, for Maryland Department of Natural Resources, Chesapeake Bay Research and Monitoring Division, Annapolis, MD. CBRM-AD-95-3.
- Vølstad J.H., Pollock K.H. and Richkus W. 2006. Comparing and combining effort and catch estimates from aerial-access designs, with applications to a large-scale angler survey in the Delaware River. *North American Journal of Fisheries Management* 26:727–741.
- Wennevik V., Skaala Ø., Titov S.F., Studyonov, I., og Nævdal, G. 2004. Microsatellite variation in populations of Atlantic salmon from North Europe. *Environmental Biology of Fishes* 69, 143-152.
- Williams R.L. 2000. A note on robust variance estimation for cluster-correlated data. *Biometric*, 56: 645–646.
- Wolter K.M. 1985. *Introduction to Variance Estimation*. Springer, New York. 427 pp.

