

Vedlegg til Faglig vurdering av konsekvenser av mulig kapasitetsøkning for produksjon av laks og regnbueørret for miljøvirkninger av lakselus, rømt fisk og regionale effekter av nærings saltutslipp og organisk materiale

Dato: 15.06.2012

Havforskningsinstituttet

1. Mandat og avgrensning av rapport

Havforskningsinstituttet er bedt av Fiskeri- og kystdepartementet (FKD) om faglige vurderinger som grunnlag for å foreta en ny vurdering av spørsmålet om kapasitetsvekst i lakse- og ørretoppdrettsnæringen i løpet av 2012.

Det var lakselussituasjonen høsten 2009/vinteren 2010 som førte til at den planlagte kapasitetsveksten på 5 % ble satt på vent, med unntak av i Troms og Finnmark hvor det ble gitt 5 % kapasitetsøkning. Følgelig er det naturlig at særlig lakselussituasjonen har stått sentralt i den nye vurderingen. I tillegg er andre miljømessige forhold vektlagt, herunder innvirkning på villfisk av rømt oppdrettsfisk, samt tilførsler av næringsalter og organisk materiale på regionalt nivå.

FKD ba om *faglige* vurderinger av *status* på de enkelte områdene, og at data fra nasjonale laksefjorder og -vassdrag skulle identifiseres i datagrunnlaget. Der det foreligger lange tidsserier kunne disse avgrensnes til siste 20 år. Havforskningsinstituttet ble bedt om å gi en beskrivelse av mulige konsekvenser gitt på egnet geografisk nivå av kapasitetsøkning på 3 – 10 % i biomasse i matfiskanlegg for laks og regnbueørret.

Havforskningsinstituttet har de to siste årene foretatt risikovurdering av miljøeffekter av norsk fiskeoppdrett, og har angitt sannsynlighet for negative effekter av bl.a. lus på vill laksefisk, genetisk påvirkning på villaks, samt utslipp av næringsalter og organisk materiale på fylkesnivå i 2010 og 2011 (Taranger et al. 2011a,b). Disse vurderingene var forankret i forslag til miljøindikatorer og grenseverdier som ble foreslått i disse to rapportene, samt tilgjengelige overvåkningsdata og modeller. Konklusjonen var at det var moderat eller høy sannsynlighet for negative miljøvirkninger av lus (kombinert på laks og sjørørret) og genetisk påvirkning i fylkene fra og med Rogaland til Finnmark i 2011, mens sannsynligheten for negative regionalt virkende miljøvirkninger av næringsalter og organisk materiale fra oppdrett ble vurdert som lav i alle fylkene fra Rogaland til Finnmark. Det ble observert en viss forverring mhp lus fra 2010 til 2011, spesielt i forhold til villaksen i Hordaland og Sør-Trøndelag. Det er også gjort omfattende vurderinger når det gjelder effekter av lus på vill laksefisk som rapportert til Mattilsynet seinest i 2011 (Bjørn et al. 2011a,b).

Havforskningsinstituttet har også nylig i samarbeid med Veterinærinstituttet - og basert på innspill fra Fiskeridirektoratet, Mattilsynet og Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) - foreslått første generasjons effektindikatorer og grenseverdier for genetisk påvirkning på villaks og effekter av lus på vill laksefisk (Taranger et al. 2012). Her har en videreutviklet forslag til miljøindikatorer for genetisk påvirkning og lusepåvirkning både for varsling av risiko for miljøskade, samt verifiseringsindikatorer for å kunne avklare om miljøeffektene er innenfor politisk vedtatte mål for akseptabel påvirkning. Det er foreslått nye grenseverdier for påvirkning av lus på liten og stor vill laksefisk (verifiseringsindikator), samt grenseverdier for andel rømt fisk (varslingsindikator) og målt genetisk påvirkning (verifiseringsindikator). Det er også foreslått økt innsats i overvåkningsprogram, samt en plan for utprøving og implementering av disse indikatorene, og samt startet en dialog med Fiskeridirektoratet og Mattilsynet med tanke på oppfølging hvis indikatorene er over de foreslåtte grenseverdiene. En ser for seg en gradvis innføring av et slikt system fra 2013 og utover.

I den nåværende vurderingen av mulige konsekvenser av biomasseøkning i størrelsesorden 3-10 % har en i stor grad basert seg på indikatorer og grenseverdier som foreslått i Havforskningsinstituttet sine risikovurderinger (Taranger et al. 2011 a,b), med hovedvekt på data fra 2010 og 2011, men en har også hensyntatt de faglige betraktningene som ligger i den nylige rapporten på første generasjons effektindikatorer og grenseverdier (Taranger et al. 2012), og trender på andel rømt oppdrettsfisk tilbake i tid bl.a. fra nylige rapporter fra NINA (Diserud et al. 2012, Fiske 2011), samt Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anon. 2012) og en rapport fra et bredt sammensatt eutrofieringsutvalg (Anon 2011).

2. Sammenheng mellom omfang av oppdrett av laksefisk og miljøvirkninger

Sammenhenger mellom biomasse i matfiskanlegg for laks og regnbueørret og mulige miljøvirkninger er diskutert i Havforskningsinstituttet sin risikovurdering i 2011 (Taranger et al. 2011b). For å kunne drøfte dette trenger en bla kunnskap om:

- 1) Omfang og spredning av utslipp eller andre påvirkninger fra matfiskanleggene.
- 2) Kobling mellom utslipp og miljøeffekt.
 - a. Årsak – virkning i forhold til utslipp og miljøeffekt.
 - b. Dose - respons for effekt.
- 3) Sårbarhet i miljøet (eks: kommer påvirkning fra oppdrett i tillegg til andre trusler, og hvor robust er ville organismer og økosystem for påvirkning).
- 4) For å kunne gi gode råd på basis av kunnskap om utslipp og effekter både på lokalt og regionalt nivå må vi ha relevante overvåkningsprogrammer samt en formålstjenlig database med resultater fra denne overvåkningen.

Intensivt fiskeoppdrett medfører en rekke utslipp og miljøpåvirkninger. Noen av disse utslippene er mer eller mindre direkte koblet til omfang av produksjon og biomasse av oppdrettsfisk, som utslipp av næringssalt og organisk materiale, mens andre påvirkningsfaktorer har en mer indirekte kobling til omfang av produksjonen. Dette siste gjelder bl.a. utslipp av smitte, og rømning av fisk med mulighet for genetisk påvirkning på ville bestander.

For noen av påvirkningsfaktorene har vi etablert relativt god kunnskap om sammenheng mellom produksjon, utslipp og miljøeffekt, som for eksempel lokale effekter av organiske utslipp, der vi har etablert standardiserte overvåkningsregimer, modeller for påvirkningsgrad og definert miljøstandarder for akseptabel påvirkning (NS 9410, MOM-systemet). Tilsvarende har vi rimelig god kunnskap og modeller for utslipp av næringssalt fra matfiskeoppdrett av laks og andre oppdrettsarter. Med basis i kunnskap om førsammensetning kan vi beregne hvor store utslipp vi får av løst og organisk bundet nitrogen og fosfor. Det er også etablert internasjonale og nasjonale kriterier for å evaluere eutrofiering som kan brukes for å vurdere utslippene fra oppdrett opp mot sårbarhet i økosystemet.

For ett av de antatt største smitteproblemene fra oppdrett til vill fisk, lakselus, har vi etter hvert etablert modeller for eggproduksjon, utslipp og spredning under ulike hydrografiske forhold, og vi har en god del kunnskap om fysiologiske effekter av lusepåslag på vill anadrom laksefisk. Vi har også omfattende overvåking av omfang av lakselusmitte (og da spesielt modne hunnlus) på oppdrettsfisken, slik at vi har et brukbart bilde av utslipp av lakselusmitte fra norske oppdrettsanlegg. Gitt at luseinfeksjonsnivået på oppdrettslaks holdes på et vist antall hunnlus per oppdrettslaks, vil utslippet av lus i økosystemet også være positivt koblet til antall individer/biomasse av oppdrettslaks i sjøen. Imidlertid har vi ikke konkret kvantitativ kunnskap om sammenhengen mellom utslipp av lusesmitte fra anleggene og påslag på ulike ville laksefisk.

Situasjonen for rømt laks er noe forskjellig, da det ikke er noen åpenbar direkte kobling mellom antall individer/biomasse i et anlegg og omfang av rømning. Imidlertid tyder tidsserier på omfang av rømt oppdrettslaks i norske elver på en viss positiv sammenheng mellom omfang av oppdrettsvirksomhet (antall individer eller biomasse) i en region og andel rømt oppdrettslaks i elvene. Dette kan tyde på at selv om laksen vandrer over store områder etter rømning, vil rømningssted ha en god del å si for hvilket område den rømte laksen vandrer tilbake til. Det kan da se ut som at summen av små og store rømninger (både rapporterte og urapporterte) i en region sammen med tilbakevandringsmønsteret, gir seg utslag i en positiv sammenheng mellom den totale oppdrettsaktiviteten i en region og omfang av rømt laks i elvene i den regionen.

Det er større usikkerhet i forhold til sammenhengen mellom omfang av rømt laks i elvene og negative effekter på den ville bestanden. Eksperimentelle studier fra elv har imidlertid vist klare negative effekter av interaksjon med oppdrettslaks på den lokale bestanden (se utførlig gjennomgang under Kunnskapsstatus, genetiske effekter av rømt laks). Men det er fremdeles uklart hvordan den kvantitative sammenhengen er mellom omfang av rømt laks og grad av genetisk påvirkning på ville bestander, og hvilke genetiske og økologiske konsekvenser dette har på lang sikt.

Samlet sett vurderer vi at det er en viss (positiv) sammenheng mellom omfang av fiskeoppdrett (biomasse/antall individer/førforbruk) i en region og de antatt viktigste miljøvirkningene av oppdrettsvirksomheten. Det er dermed sannsynlig at ut fra gitte teknologiske og biologiske forutsetninger vil økt produksjon i en region generelt sett gi større miljøpåvirkning, og dermed økt sannsynlighet for å komme i konflikt med målsettingene i forhold til bærekraft som definert i "Strategi for en miljømessig bærekraftig havbruksnæring".

3. Lakselus

Fra 2010 har i Havforskningsinstituttet overtatt koordineringsansvaret for lakselusovervåking på vill laksefisk, spesielt i relasjon til nasjonale laksefjorder og arbeidet gjøres i samarbeid med NINA, Rådgivende Biologer AS og UNI-Miljø. Overvåkingen blir rapportert til Mattilsynet hvert år i desember og bakgrunnsdata med beskrivelse av lokaliteter og metodikk for fangst og bearbeiding av vill laksefisk for det følgende ligger i rapport fra 2010 og 2011 (Bjørn et al. 2011).

Geografisk oppløsning i datamaterialet

Overvåkingen gjør oss i stand til å sammenligne og analysere nasjonale laksefjorder med oppdrett mot nasjonale laksefjorder uten oppdrett innad i de forskjellige fylkene (for eksempel Altafjorden med oppdrett mot Porsanger uten oppdrett). Videre sammenlignes nasjonale laksefjorder mot ikke-nasjonale laksefjorder (for eksempel Follafjorden uten nasjonal laksefjord mot Vefsnfjorden med laksefjord) og store nasjonale laksefjorder mot små nasjonale laksefjorder (for eksempel Sognefjorden mot Etnefjorden). Gradientundersøkelser blir foretatt i alle fjordene fra områder med lite eller intet oppdrett innenfor laksefjorden, til områder med stor oppdrettsvirksomhet utenfor laksefjorden (for eksempel Trondheimsfjorden uten oppdrett og Hitra med stor oppdrettsaktivitet), samt indre laksefjorder uten oppdrett mot oppdrettsintensive indre oppdrettsfjorder (for eksempel Sognefjorden mot Ålesundfjorden). Vi har også to referanser der vi kan sammenligne et nordlig- (Porsangerfjorden) og ett sørlig punkt (Sandnesfjorden) fullstendig uten oppdrettsaktivitet.

I tabell 3.1 er dataene fra 2011 vist hvor vi ser at i enkelte fylker har vi få målepunkter og i andre flere, og en kan identifisere observasjoner i eller nær nasjonale laksefjorder. Det er allikevel vanskelig å beskrive geografiske områder under fylkesnivå med dagens nivå, og vi har derfor ikke kommentert ned på nivå med nasjonale laksefjorder i denne vurderingen. En spesifikk evaluering av de effektene av NLF med tanke på lus kommer seinere i 2012.

Tabell 3.1. Prevalens (andel infisert sjøørret), intensitet (antall lus per infisert sjøørret) og % sjøørret med > 0,1 lus/g fiskevekt i hvert fylke/lokaltidlig (periode 1) og seint (periode 2) **sommeren 2011**. Forekomst av prematur tilbakevandring av sjøørret er vist der vi har data.

	Periode 1			Periode 2			
	Prevalens	Intensitet	% > 0,1 lus/g	Prevalens	Intensitet	% > 0,1 lus/g	Prematur
Finnmark	4,4	0,6	0	73,3	17	34,2	-
Bugøyfjord	-	-	-	85,0	6,3	5	-
Porsanger indre	0	0	0	15,4	1,0	0	
Porsanger ytre	3,3	1,0	0	88,9	17,5	44,4	-
Alta indre	0	0	0	82,6	30,0	47,8	-
Alta ytre	14,3	1,5	0	94,7	30,3	73,7	-
Troms	20	1,5	0	100	12,7	33,3	-
Løksebotn	20	1,5	0	100	12,7	33,3	-
Nordland	75,8	14,9	15,5	78,6	22,2	36,2	
Vik i Vesterålen	93,6	18,1	12,5	100	33,1	56,5	-
Folda nord	94,4	13,7	44,4	73,7	38,5	57,9	-
Folda sør	94,7	8,7	10,5	100	26,5	66,7	-
Vefsn indre	25	28,7	5	42,9	5,8	0	-
Vefsn ytre	71,4	5,2	5,3	76,2	7,1	0	-
Nord-Trøndelag	56	13,2	4,4	82,3	19,1	31,8	-
Namsen indre	25	8,4	0	69,4	18,1	11,1	-
Namsen ytre	86,9	18	8,7	95,2	20	52,4	-

Sør-Trøndelag	60,7	33,2	40,1	90,7	24,2	36,5	-
Trondheim indre	0	0	0	72	11,3	16	-
Trondheim ytre	96,8	81,9	96,7	100	23,2	38,5	-
Hitra og Frohavet	85,3	17,8	23,5	100	38,2	55	-
Møre og Romsdal	42,5	4,8	3	63,1	11,4	19,1	-
Romsdal Indre	16,7	1,3	0	63,2	19,8	26,3	-
Romsdal ytre	90,5	7,5	9,5	91,7	9,1	25	-
Isfjorden	19,4	2,0	0	46,2	18,3	11,5	-
Storfjord indre	0	0	0	0	0	0	-
Storfjord midtre	60	9,3	4	77,4	11	19,6	-
Storfjord ytre	68,2	8,4	4,5	100	10	32,1	-
Sogn og Fjordane	45,6	10,5	23,3	45,5	7,9	11,4	-
Sognefj indre	11,7	10,5	0	0	0	0	nei
Sognefj ytre	80	10,4	46,6	90,9	15,8	22,7	ja
Hordaland	52,7	62,5	19,4	54,5	40,4	30,5	
Hardanger indre	35,3	131	11,8	36,4	56,5	9,1	ja
Hardanger midtre	100	49,8	46,3	100	48,8	77,1	ja
Hardanger ytre	22,7	6,8	0	27	15,8	5,4	nei
Rogaland	36,1	10,1	18,5	69,5	5,4	8,1	
Jæren	10	1	0	50	1,4	0	nei
Ryfylke sør	9,5	2,5	0	70	4,1	5	ja
Ryfylke nord	88,9	26,9	55,6	88,5	10,6	19,2	ja
Agder	12	1,3	0	64	3,6	0	
Sandnesfjord	12	1,3	0		64	3,9	0

Grunnlag for vurderinger for laks og sjøørret

Vi legger til grunn at < 10 % av bestanden av vill laksefisk skal ha > 0,1 lus/g fiskevekt som grense for lav sannsynlighet for bestandsregulerende effekt, eller uakseptabel negativ påvirkning, av lakselus på ville bestander av laksefisk (grønt). Dersom mellom 10 og 30 % av bestanden i et område har mer enn 0,1 lus/g, vurderer vi det som moderat sannsynlig at lus har bestandsregulerende effekt (gult). Dersom 30 % eller mer av fisken i vårt undersøkelsesmateriale har > 0,1 lus/g, vurderer vi det som sannsynlighet for uakseptabel negativ påvirkning og effekt på bestandene i området (rødt) (Taranger et al. 2011a).

Status og trend for laks

Lakselussituasjonen for utvandrende postsmolt av laks blir overvåket gjennom våren og tidlig sommer (april til juni) som beskrevet i Bjørn et al. 2010. Årets undersøkelse er i full gang om foreløpige resultater skal rapporteres til FKD seinere i juni 2012. En sammenstilling av risikovurdering for populasjonsregulerende effekt av lakselus på laks delt opp på fylkesnivå for 2010 og 2011 er vist i tabell 3.2. Lakselusnivået om våren er i stor grad styrt av foregående vinters sjøtemperatur, inngangspopulasjon av lakselus om høsten og effektiviteten og oppfølgingen av vinter og våravlusning. Det er derfor ingen direkte sammenheng mellom resultatet i risikovurderingen fra ett år til ett annet. Heldige eller uheldige omstendigheter kan derfor ha stor innvirkning. Andre undersøkelser viser at enkelte år har lakselus en målbar effekt på tilbakevandring både i antall og kondisjon, mens det andre år ikke finner en slik effekt (se Taranger et al. 2012 for diskusjon).

Ut fra dataene i tabell 3.2 og som vist i underlaget i tabell 3.1 var det en forverring av situasjonen for villaks i 2011 i forhold til 2010, spesielt i Hordaland og Sør-Trøndelag der hhv 19 og 40% av sjøørreten hadde over 0,1 lus/g i perioden da villaksen vandrer ut. Det ble også vurdert at det var en moderat sannsynlighet for negative effekter på villaksen i Hordaland i 2010, selv om sjøørretdataene ikke viste fisk over 0,1 lus/g. Denne vurderingen var basert på at det var en risiko for at laks fra de indre elvene i Hardanger vandrer ut så seint i juni at de kunne bli påvirket av det økende lusesmittepresset som ble indikert utover i juni i 2010. For de to nordligste fylkene, Troms og Finnmarks tydet sjøørretdataene i periode 1 på at det var lav sannsynlighet for negative effekter på villaksen i 2011.

I sum så situasjonen relativt positiv ut for villaksen i 2010, selv om det var indikert moderat risiko i Rogaland, Hordaland og Nord-Trøndelag. Dette kan tyde på at synkronisert vinter/ våravlusning i oppdrettsanleggene og andre tiltak i relativt stor grad klarte å holde lusesituasjonen under en viss kontroll med tanke på villaksens utvandring for de fleste elvene. Utviklingen videre til 2011 var imidlertid negativ for fylkene Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Sør-Trøndelag og Nordland. Dette var også kombinert med urovekkende høye lusetall seinere i sesongen på sjøørret i Troms og Finnmark i 2011 (se under). Dette indikerte økende risiko for effekter på villaksen langs store deler av norskekysten.

Tabell 3.2. Risikovurdering for lakselus for de ulike fylkene basert på sannsynlighet for bestandsregulerende effekt på vill laks (lav = grønn, moderat = gul, høy = rød) i 2010 og 2011. Prosentandel garnfanget sjøørret med mer enn 0,1 lus/g er vist fylkesvis der vi har data. I tillegg er det foretatt en ekspertvurdering av øvrige data som ligger til grunn for klassifiseringen.

Risikovurdering per fylke	Periode 1 2010	Periode 1 2011
Finnmark	2	0
Troms	-	0
Nordland	0	16
Nord-Trøndelag	15	4
Sør-Trøndelag	2	40
Møre og Romsdal	0	3
Sogn og Fjordane	0	23
Hordaland	0	19
Rogaland	Prematur	19
Agder	0	0

Status og trend for sjøørret

Sjøørret har en annen livshistorie enn laks og lakselusutviklingen på denne er helt annerledes. Der laks vil vandre vekk fra kysten og ut i havet vil sjøørret bli igjen på kysten og i fjordområder. Det betyr at den er utsatt for lusesmitte hele sommeren og risikobildet blir ett helt annet enn for laks. I 2010 viste dataene fra overvåkningsprogrammet at det var relativt store lusepåslag i alle de undersøkte fylkene med unntak av Finnmark med oppdrett) og Agder (uten oppdrett) (tabell 3.3). En hadde ikke konkret overvåkningsdata fra Troms i 2010, og vurderingen ble satt som moderat for fylket som helhet basert på tidligere undersøkelser og de faktiske lusetallene på oppdrettsfisken i Troms i 2010. Fra 2010 til 2011 var det en økning av andelen sjøørret

med mer enn 0,1 lus/g i de fleste fylkene unntatt i Rogaland der en observerte lav andel sjørret med infeksjon over denne grensen (8% av observasjonene).

En ny observasjon var også høye lusepåslag på sjørret utover i sesongen i Troms og Finnmark (hhv 33 og 34% av observasjonen over 0,1 lus/g). Dette tydet på en betydelig forverring for sjørret og sjørøye i disse fylkene i 2011.

I sum var vurderingen at det var moderat til høy sannsynlighet for negative effekter på sjørret (og sjørøye i de nordligste fylkene) i 2011 fra Hordaland til Finnmark, og situasjonen så i hovedsak ut til å forverre seg fra 2010 til 2011.

Tabell 3.3. Utvikling i risikovurdering for lakselus for de ulike fylkene basert på sannsynlighet for bestandsregulerende effekt på vill **sjørret og sjørøye** (lav = grønn, moderat = gul, høy = rød) i 2010 og 2011. Prosentandel garnfanget sjørret med mer enn 0,1 lus/g er vist fylkesvis der vi har data. I tillegg er det foretatt en ekspertvurdering av øvrige data som ligger til grunn for klassifiseringen.

Risikovurdering per fylke	Periode 2 – 2010	Periode 2 2011
Finnmark	0	34
Troms	-	33
Nordland	18	36
Nord-Trøndelag	36	32
Sør-Trøndelag	29	37
Møre og Romsdal	4	19
Sogn og Fjordane	19	11
Hordaland	36	31
Rogaland	Prematur	8
Agder	0	0

Mulig konsekvens av kapasitetsøkning

Havforskningsinstituttet har i to år vurdert sannsynligheten for populasjonsregulerende effekt av lakselus på vill laks, sjørret og sjørøye som funksjon av lus fra oppdrettsanlegg (Taranger et al. 2011a,b). I 2010 ble risikoen for villaksen vurdert som lav eller moderat, mens situasjonen for sjørret (og sjørøye) ble vurdert mye mer alvorlig med moderat til høy sannsynlighet for populasjonsregulerende effekter i de fleste fylkene med oppdrett. I 2011, ble situasjonen vurdert som verre for villaksen i noen fylker, og det var også en forverring for sjørret (og muligens sjørøye) i hele Nord-Norge (økt lusepåslag på villfisk i Nordland, Troms og Finnmark).

Det er allerede satt inn betydelige tiltak for å holde lusetallene ned i oppdrettsanlegg, og en forventer at en økning av biomasse i dagens situasjon vil gi en tilnærmet proporsjonal økning i utslipp av lus og dermed økt risiko for smitte å villfisk. Det er også mulig at økt biomassetetthet i oppdrett (dvs mengde oppdrettsfisk i et område) kan gi mer enn en proporsjonal økning i luseutslipp da det kan bli enda vanskeligere å kontrollere luseinfeksjonsnivåene i oppdrettsanlegg i områder med høy biomassetetthet (se betraktninger i Taranger et al. 2012).

Gitt at en ikke får mer effektive tiltak mot lakselus i oppdrett, vurderer vi at en biomasseøkning i størrelsesorden 3-10% vil ytterligere øke sannsynligheten for populasjonsregulerende effekter på sjørret i de fleste oppdrettsfylkene (og sjørøye der det er relevant), og også kunne øke sannsynligheten for slike effekter på utvandrende laksesmolt i flere fylker

4. Rømming og genetisk påvirkning

De offisielle rømmingstallene for oppdrettslaks har vist en nedadgående trend fra 921.000 i 2006 til kun 111.000 i 2008. Rømmingstallene har deretter vært økende de siste årene og i 2011 ble det rapportert at 365.000 laks rømte fra oppdrettsanlegg i Norge. Disse tallene er imidlertid forbundet med usikkerhet, og det er sannsynlig at det faktiske rømmingstallene er betydelig høyere enn de rapporterte.

Genetisk påvirkning på ville laksebestander skjer i elvene på gyteplassen, og det er etablert et program for måling av innblanding av rømt fisk i høstbestanden i en del elver. Fiskeridirektoratet finansierer prøvetaking i ca. 20 elver og Direktoratet for Naturforvaltning (DN) finansierer prøvetaking og analyse fra et tilsvarende antall elver. NINA er ansvarlig for gjennomføringen av dette programmet, og innhenter informasjon fra andre bidragsytere (Rådgivende Biologer, UNI Miljø, Veterinærinstituttet) og rapporterer samlet alle undersøkelser som er basert på skjellanalyser. Andelen rømt fisk i disse høstundersøkelsene benevnes ofte "høstprosent" og er et estimat på andel rømt fisk på gyteplassene i de enkelte elvene. Programmet har vært evaluert og Skilbri et al. (2011) har vist at en må øke antall elver til minimum 100 for å få et representativt estimat av regionvise innslag av rømt fisk dersom Norge deles i fem regioner (minimum 20 elver pr region).

Selv om det er en viss sammenheng mellom innslag av rømt fisk og genetisk påvirkning, er det nødvendig å verifisere effekten av høyt innslag av oppdrettsfisk i form av genetisk endring i de ville populasjonene med genetiske metoder (Glover et al. 2011, Taranger et al. 2012). For dette formålet er det foreslått å bruke to ulike sett med genetiske markører; SNPer (enkelt nukleotidpolymorfismer) som er antatt å kunne skille mellom rømt oppdrettslaks og villaks (Karlsson et al. 2011), og mikrosatellitter som er antatt å være nøytrale markører for den genetiske strukturen hos laksepopulasjonene i de ulike elvene (Glover et al. 2011).

I en nylig publisert rapport ble det foreslått å bruke andelen rømt laks (målt som enten høstprosent eller som årsprosent; se under) som en varslingsindikator for risiko for genetisk endring i ville laksepopulasjoner, og de genetiske metodene som nevnt over som en verifiseringsindikator, for å måle den faktiske innkrysningen og genetiske endringen i ulike villakspopulasjoner (Taranger et al. 2012). Selve den statistiske beregningen av genetisk endring over tid eller "restandel" villaks i en gitt elv må videreutvikles i fagmiljøene, og skal deretter kvalitetssikres gjennom en internasjonal peer-review-prosess i løpet av 2012 og 2013 før storskala bruk i overvåkingssammenheng (Taranger et al. 2012).

Pr i dag baseres rådgiving hovedsakelig på varslingsindikatoren "andel rømt fisk i elv". Det er foreslått at man benytter en grenseverdi på > 20 % (høstprosent) for høy risiko for genetisk påvirkning, 5–20 % for moderat risiko, og < 5 % for lav risiko, for eksempel basert på et gjennomsnitt av de 3 siste år for hver elv. Prøver kan subsidiært erstattes eller suppleres med data fra sportsfiske i elven (regnet om til den såkalte "årsprosenten" etter en gitt modell). Det er også foreslått grenseverdier for høy og moderat påvirkning når det gjelder årsprosenten (se Taranger et al. 2012). Hvis varslingsindikatoren viser høy sannsynlighet for genetisk påvirkning er det foreslått at en setter inn umiddelbare tiltak, som f.eks. utfisking av rømt laks fra elven. Tiltak i sårbare bestander bør prioriteres høyst, da det er vurdert at disse bestandene vil være mer utsatt for genetisk endring ved en gitt andel rømt laks i elven enn bestander hvor gytebestandsmålet er oppnådd.

Trender for rømming 2006-2010

Det tilgjengelige datagrunnlaget setter begrensninger for mulighetene til å foreta en detaljert og sikker analyse av trender i innblanding av rømt fisk i bestandene (Skilbri et al. 2011). Med disse forbehold har vi likevel beregnet midlere innslag av rømt fisk, for hele landet (Figur 4.1) og pr fylke (Figur 4.2), samt analysert utviklingen i perioden 2006-2010 med en logistisk regresjon. Gjennomsnittlig innslag av rømt fisk for alle undersøkte elver har variert mellom 11,7 og 16,1%, men trenden er ikke signifikant (Figur 4.1). En kan således ikke konkludere med at innslaget av rømt fisk verken har økt eller minket på landsbasis.

På fylkesnivå finner en store variasjoner, med signifikant økning i innblanding av rømt fisk i Østfold, Hordaland, Nordland og Nord-Trøndelag, og signifikant reduksjon i Møre og Romsdal. Det er også store forskjeller i innslag mellom fylker. Datagrunnlaget er begrenset og en må derfor være varsom med å trekke bastante konklusjoner, men det er klart flere fylker med signifikant økning i innblanding i flere fylker, enn med reduksjon. Det er også verd å merke seg at det har vært en økning i innblanding av rømt fisk i Hordaland og Nordland, som er de to fylkene med størst oppdrettsbiomasse.

Forhold knyttet til Nasjonale laksevassdrag

I 2007 ferdigstilte Regjeringen ordningen med 52 Nasjonale laksevassdrag (NLV) og 29 Nasjonale laksefjorder (NLF). Den eksisterende høstundersøkelsen (Fiske 2011) omfatter få elver, og gir ikke et tilstrekkelig grunnlag for å sammenligne andelen rømt laks i NLV og ikke NLV, og for å få et bedre bilde har vi også sett på annen tilgjengelig informasjon.

NINA har nylig presentert et 20 års gjennomsnitt for rømt fisk i 99 elver for perioden 1989-2009 (Diserud et al. 2012). I Figur 4.3 er 96 av disse elvene karakterisert som lav (< 4,0 %) moderat (4,0-12,9%) og høy sannsynlighet (> 12,9%) for genetisk påvirkning basert på grenseverdier foreslått for årsprosent gitt i Taranger et al. (2012). Av de 96 elvene kommer 18%, 37% og 45% i kategoriene lav, moderat og høy sannsynlighet for genetisk påvirkning basert på gjennomsnittlig årsprosent av rømt laks de siste 20 år.

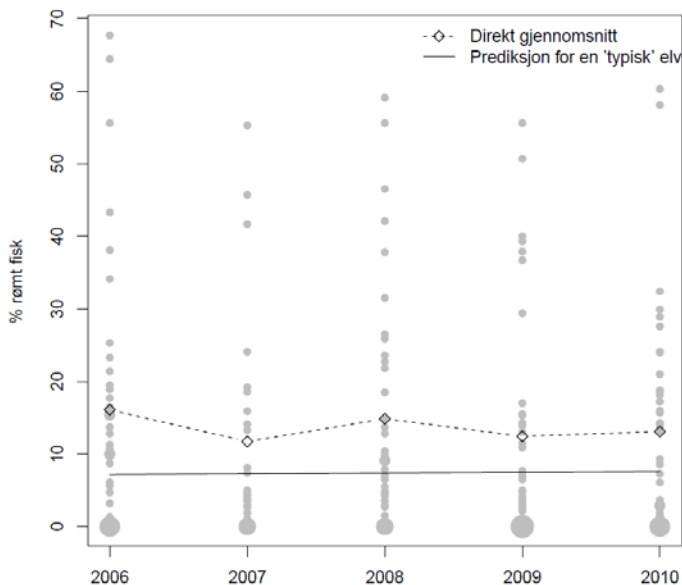
Blant elver klassifisert som Nasjonale Laksevassdrag (NLV), er det færre i kategorien høy sannsynlighet for genetisk påvirkning (45 elver; lav: 20%, moderat: 44%, høy: 36%) enn blant elver som ikke er Nasjonale Laksevassdrag (51 elver; lav: 16%, moderat: 31%, høy: 53%). Forskjellen mellom fordelingene i NLV vers ikke NLV er ikke signifikant ($\chi^2 = 2,95$, $p = 0,228$). For et signifikant resultat med disse fordelinger, måtte antall elver litt mer enn doubles.

Tilsvarende karakterisering basert på høstundersøkelser i de 50 elvene der en har slike data viser 32 %, 48% og 20% i kategoriene lav, moderat og høy sannsynlighet for genetisk påvirkning (Figur 4.4). Status i NLV er noe bedre (31 elver; lav: 38%, moderat: 42%, høy: 20%) enn i elver som ikke er klassifisert som NLV (19 elver, lav: 21%, moderat: 58%, høy: 21%), men heller ikke her finner en signifikante forskjeller ($\chi^2 = 1,79$, $p = 0,409$).

Selv om data fra høstundersøkelsene indikerer en bedre utvikling i NLV enn ikke NLV (beregnet med en logistisk regresjon), vil en ha behov for mer data for å svare opp de spørsmålene fiskeriforvaltningen reiser med nødvendig presisjon. Generelt viser varslingsindikatoren andel rømt fisk at en stor andel av de undersøkte elvene er i kategori moderat eller høy sannsynlighet for å være genetisk påvirket, både når en ser på høstprosent og på årsprosent.

Verifisering med genetiske metoder

Innblanding av rømt fisk kan brukes som en varslingsindikator, og som beskrevet i Taranger et al. (2012) må tilstanden med hensyn på genetisk integritet verifiseres med genetiske metoder som beskrevet ovenfor. En karakterisering av genetisk stabilitet over tid er gjort for 21 elver basert på foreløpige analyser (Figur 4.5). Disse analysene viser at selv om det er et vist samsvar mellom innblanding av rømt fisk og genetisk stabilitet, er det også flere elver hvor det ikke er en direkte sammenheng mellom det beregnede innslaget av rømt laks (målt som både høstprosent og årsprosent) og estimert genetisk endring i bestanden. Som Havforskningsinstituttet har pekt på i tidligere utredninger, kan det være flere årsaker til dette (Taranger et al. 2012), og mer endelige konklusjoner på status av genetisk innblanding, kan ikke trekkes før tilstanden i et større antall elver er verifisert med de genetiske metodene som nå er etablert, tidligst 2013.



Figur 4.1. Gjennomsnittlig % rømt oppdrettslaks (\diamond) i høstundersøkelsene for årene 2006-2010 for totalt 50 elver fra (Fiske 2011), vist for hele Norge. Utvikling av innslag av rømt laks i perioden 2006-2010 er også analysert med logistisk regresjon: $\text{lmer}(\text{cbind}(\#R\text{ømt},\#V\text{ill})\sim\text{år}+(1|el\text{v}), \text{family}=\text{binomial})$ (Programmert i R). Prediksjoner basert på modell er vist med heltrukken linje (ikke signifikant trend).

Spredning av rømt fisk

På oppdrag fra Fiskeridirektoratet har HI nylig utarbeidet et notat ” Vurdering av tiltak ved overskridelse av tålegrenser”. Fra notatet har vi hentet følgende betraktninger:

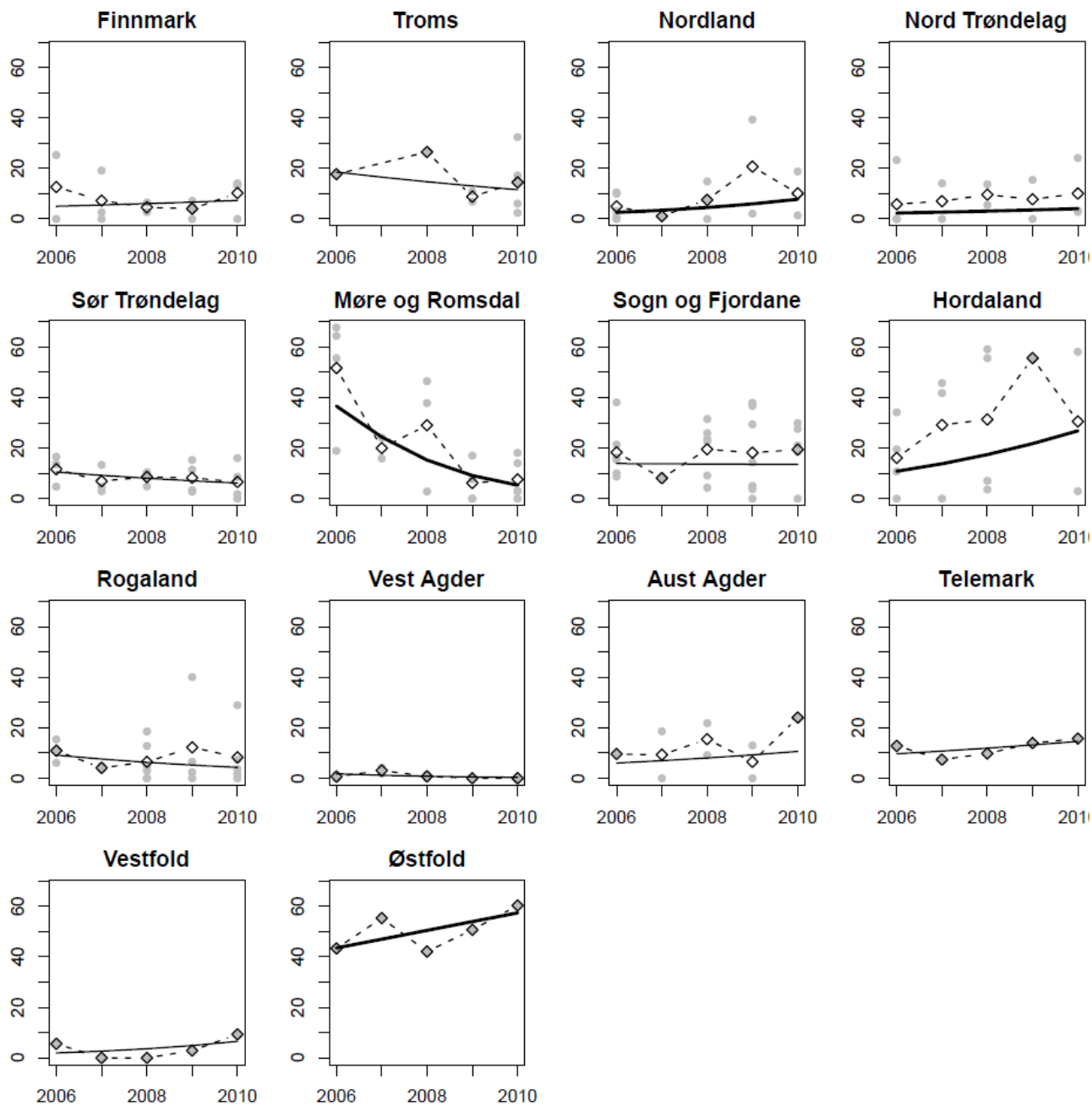
Forsøkene med slipp av merket oppdrettslaks bekrefter konklusjonen til Fiske m. fl. (2006) om at det er mest sannsynlig at rømt laks vandrer opp i elver i regionen hvor rømmingen skjer, men det er samtidig også en betydelig spredning av fisk over store avstander. Det kan se ut som om spredningen er høy for fisk som rømmer fra Hordaland, og muligens lavere for eksempel Nord-Trøndelag og Nordland. Dette kan ha sammenheng med at de rådende strømsystemene langs kysten påvirker transport av og navigering hos rømt laks. Rømt fisk i et spesifikt vassdrag vil ventelig komme fra ulike kilder. Sannsynligheten for at den rømte fisken kommer fra nærområdet vil avhenge av en rekke faktorer som rømmingssted, rømmingstidspunkt og kjønnsmodningsstatus ved rømming, vassdragets lokalisering (kystnært eller i fjord) og topografi og andre faktorer.

Selv om det ikke er mulig å dele inn Norge i eksakte soner basert på spredning og fordeling av rømt fisk, kan det likevel gjøres en inndeling basert på sannsynlighet (> ca 90%) for at rømt fisk som vandrer opp i elv, eller blir gjenfanget i sjø, kommer fra samme sone. For at sannsynligheten skal være høy, viser våre begrensede data at sonene må være store. En mulig inndeling kan være inndeling i tre soner: Østfold til og med Møre og Romsdal (1), Sør-Trøndelag til og med Nordland (2) og Troms og Finnmark (3).

Mulig konsekvens av kapasitetsøkning

Havforskningsinstituttets risikovurdering for 2011 (Taranger et al. 2011b) konkluderte med at det er moderat til høy sannsynlighet for genetisk påvirkning i fylkene fra Rogaland til Finnmark basert på andelen rømt laks på gyte plassene de siste årene. Nå har vi i tillegg analysert flere år for høstundersøkelsene, samt også vurdert et større datasett på 96 elver med gjennomsnittlig årsprosent.

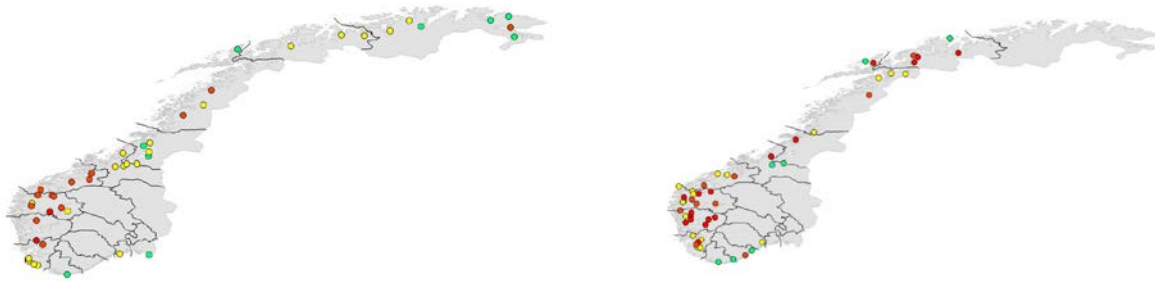
Spredningsmønsteret til rømt fisk, og de høye andelene med elver som karakteriseres som moderat eller høy sannsynlighet for å være genetisk påvirket, tilsier at videre kapasitetsøkning vil kunne forverre situasjonen, dvs øke risiko for genetisk påvirkning. Siden kun Møre og Romsdal viste nedadgående trend i forekomst av rømt fisk i elvene, og hele fem fylker viste økende trend, vil en videre kapasitetsøkning redusere mulighetene for å endre trendene fra økning til reduksjon i innblanding av rømt fisk i elvene.



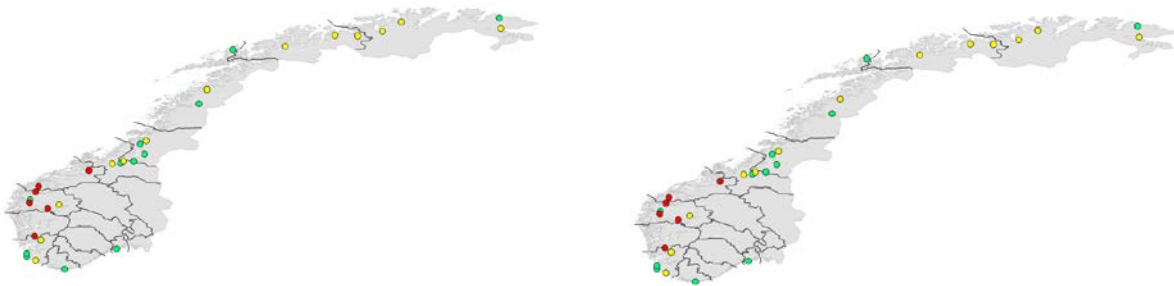
Figur 4.2. Gjennomsnittlig % rømt oppdrettslaks (\diamond) i høstundersøkelsene for årene 2006-2010 for totalt 50 elver (Fiske 2011), vist pr fylke. Utvikling av innslag av rømt laks for årene 2006 til 2010 er også analysert med logistisk regresjon for hvert fylke: `lmer(cbind(#Rømt,#Vill)~år+(år|elv),data=d,family=binomial)` (Programmert i R). Prediksjoner basert på modell er vist med heltrukken linje (Signifikant trend er vist som tykk linje).

NASJONALE VASSDRAG

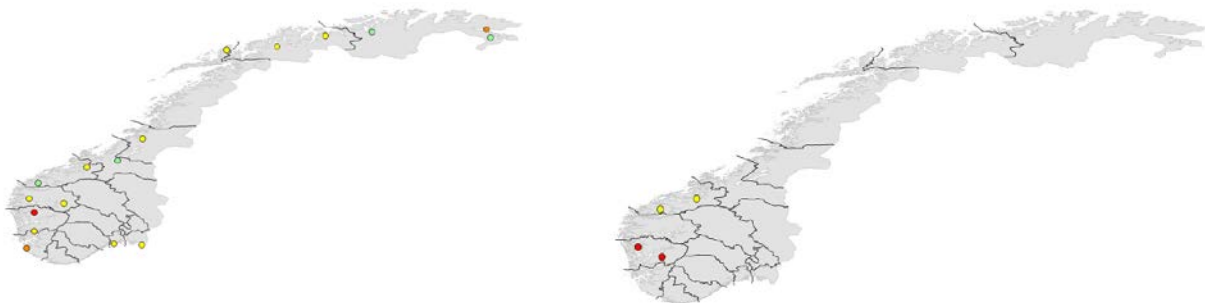
IKKE NASJONALE VASSDRAG



Figur. 4.3 Kategorisering basert på gjennomsnittlig årlig % rømt oppdrettslaks i bestanden i perioden 1989-2009 for 96 av 99 elver undersøkt av Diserud et al. (2012) fordelt på Nasjonale laksevassdrag og andre vassdrag. Elvene er kategorisert basert på transformerte grenseverdier for årsprosent for lav (grønn: <4,0 %) moderat (gul: 4,0-12,9%) og høy sannsynlighet for genetisk påvirkning (rød: >12,9%) i henhold til Taranger et al. (2012).



Figur. 4.4. Kategorisering basert på gjennomsnittlig % rømt oppdrettslaks i høstundersøkelsene i perioden 2006-2010 for totalt 50 elver (Fiske 2011) fordelt på Nasjonale laksevassdrag og andre vassdrag. Elvene er kategorisert basert på for lav (grønn: <5 %) moderat (gul: 5-20%) og høy sannsynlighet for genetisk påvirkning (rød: >20%), i henhold til Taranger et al (2012)



Figur. 4.5. Genetisk stabilitet, grønn-gul-oransje -rød: lav til høy, basert på foreløpige analyser (Taranger et al. 2012).

5. Næringsalter og organisk belastning

En har så langt begrensede data for regional påvirkning av næringsalter og organisk belastning i de ulike områdene med matfiskoppdrett av laksefisk på norskekysten. Overvåkning av organisk påvirkning etter NS9410 ble innført i 2005, men det finnes ennå ikke operative databaser over alle resultatene. I perioden 1970-2007 gjorde Havforskningsinstituttet måling av oksygennivået i fjordbassengene langs norskekysten. Disse dataene var nyttige til for å vurdere tilstand og endringer over tid. Når det gjelder en detaljert vurdering av regional påvirkning på fylkesnivå kan dette ikke gjøres på grunn av lite data. Vi må derfor generalisere ut fra undersøkelser som er gjort i områder med stor oppdrettsaktivitet.

Havforskningsinstituttet har vurdert risikoen for regional eutrofiering og regional overbelastning mhp tilførsel av organisk materiale fra fiskeoppdrett i risikovurderingene i 2010 og 2011 (Taranger et al. 2011a,b). Dette var basert på modellbetraktninger på antropogent tilførte næringsalter i ulike deler av kysten samt vurdering av vannkvalitet på fjordnivå basert på tidsserien med høstundersøkelser fra norske fjorder fra Ryfylke i sør til Finnmark i nord (1970-2007).

Vurderingen var at det er lav sannsynlighet for regional eutrofiering eller regional overbelastning mhp organisk stoff i samtlige fylker fra Rogaland i sør til Finnmark i nord. Dette var også understøttet av pågående undersøkelser i Hardangerfjorden som er en av de mest oppdrettsintensive fjordene i Norge (dvs. høy oppdrettsbiomasse pr km² fjordareal). Dataene fra Hardangerfjorden har ikke vist målbar økning i de generelle nivåene av næringsalter eller planteplankton i fjorden med dagens produksjon i dette området (Husa et al. submitted).

En budsjettberegning av de tilførte næringsalterene viser at med dagens produksjon vil planteplanktonbiomassen øke med 5-10 % i forhold til de naturlige nivåene som vist i Havforskningsinstituttets risikovurdering (Taranger et al. 2011b). En dobling av fiskebiomassen i Hardangerfjorden vil føre til en proporsjonal økning i utslippene og vil gi maksimalt en 20 % økning av planteplankton. Overgjødsling defineres av OSPAR som en 50 % økning av planteplanktonbiomasse. En økning på 3-10 % regnes som uproblematisk i forhold til næringsalterutslipp i områder med så god vannutskiftning som Hardangerfjorden og Boknafjorden, når en ser på de regionale effektene.

Risiko for eutrofiering er også vurdert av en bredt sammensatt nasjonal ekspertgruppe i 2011 (Anon. 2011), og konkluderer med at risikoen for regional eutrofiering med dagens produksjon av laksefisk er lav.

Når et gjelder tilførsel av organisk materiale vil forbruk av oksygen i bunnvannet i terskelfjorder kunne være en begrensning for økt oppdrettsproduksjon. Foreløpige beregninger med Fjordmiljømodellen (Stigebrandt et al. 2004) viser at med en dobling av produksjonen av laksefisk i Hardangerfjorden vil man få en økning i oksygenforbruket og en beregnet reduksjon av oksygenverdiene, slik at miljøkvaliteten reduseres fra Tilstandsklasse I (meget god) til Tilstandsklasse II (god) (i hht kriterier gitt av SFT, 1997).

Erfaringer fra Hardangerfjorden kan anvendes for andre deler av kysten med lignende forhold, og det er liten sannsynlighet for at biomasseøkninger i størrelsesorden 3-10 % vil ha målbare negative effekter på den regionale miljøkvaliteten i dypbassengene i fjordene. Selv om en kan ha stor resipientkapasitet i en hel fjord, kan det imidlertid være områder som er mer sårbare for tilførsel av organisk materiale. Nye studier av påvirkning på bunndyrssamfunn i Hardangerfjorden viser at området innenfor Vikingnes har lav bunnstrømsdynamikk og er naturlig sårbart (Husa et al. submitted). Området har lite oppdrett i dag og produksjonen i slike områder bør ikke økes. I midtre og ytre del av Hardangerfjorden var miljøkvaliteten på bunn god i de dype akkumuleringsbassengene. Undersøkelser fra Rogaland (Vassdal et al. 2012), viser på samme måte at der er få tegn til at den regionale miljøtilstanden er påvirket av oppdrett.

Vannutskiftningen øker jo lengre nordover man kommer langs kysten, dermed blir Hordaland og Rogaland de mest sårbare fylkene for biomasse økning. En vurdering av effektene av biomasseøkning med en lavere geografisk oppløsning bør gjennomføres der man vurderer laksebiomasse per sjøareal, foretar en budsjettberegning i forhold til strøm og vannutskiftning og vurderer hvor mye organisk materiale de spesifikke akkumuleringsbassengene kan tåle. En slik vurdering vil kunne identifisere de største pressområdene og oppfølgende overvåking av områdene bør følge en slik teoretisk vurdering. Det vil derfor være nødvendig at det settes ressurser av til et slikt arbeid.

På basis av den av den begrensede kunnskapen vi har om regional påvirkning langs kysten vurderer vi at en liten øking i biomasse ikke vil føre til vesentlige reduksjon av miljøkvaliteten på regionalt nivå på strekningen Ryfylke til Finnmark. Men en evt. tildeling av økt biomasse bør skje etter en individuell vurdering av det aktuelle området når det gjelder næringsalter og organisk påvirkning.

6. Konklusjon

Samlet sett vurderer vi at det er en viss sammenheng mellom omfang av fiskeoppdrett (biomasse/antall individer/fôrforbruk) i en region og de antatt viktigste miljøvirkningene av oppdrettsvirksomheten. Det er dermed sannsynlig at ut fra gitte teknologiske og biologiske forutsetninger at økt produksjon i en region vil generelt sett gi større miljøpåvirkning.

Situasjonen for lakseluspåvirkning er forskjellig for vill laks og sjøørret. I 2010 tydet dataene på relativt små til moderate effekter av lakselus på villaks i fylker med oppdrett, mens det så ut til å være moderat til høy sannsynlighet for populasjonsregulerende effekter på sjøørret i fylker med vesentlig oppdrett av laks og regnbueørret, med unntak av Finnmark. I 2011, så situasjonen ut til å forverre seg i de fleste fylkene med oppdrett, og det var også indikasjoner på økende sannsynlighet for populasjonsregulerende effekter også på villaks i flere fylker.

Gitt at en ikke får mer effektive tiltak mot lakselus i oppdrett, vurderer vi at en biomasseøkning i størrelsesorden 3-10% vil ytterligere øke sannsynligheten for populasjonsregulerende effekter på sjøørret i de fleste oppdrettsfylkene (og sjørøye der det er relevant), og også kunne øke sannsynligheten for slike effekter på utvandrende laksesmolt i flere fylker.

Når et gjelder rømt laks har det de siste år vært en relativt stabil andel som er observert i sportsfiske om sommeren og i undersøkelser på gyteplassene om høsten, men det øker i Hordaland og Nordland, som har vært de to fylkene med størst oppdrettsbiomasse. Ut fra dagens kunnskap vurderer vi at det er moderat til høy sannsynlighet for genetiske endringer i et stort antall elver langs hele norskekysten. I 2011 vurderte Havforskningsinstituttet at det var moderat til høy risiko for slike effekter i fylkene fra Rogaland til Finnmark, med spesielt høye nivå i Hordaland og Sogn og Fjordane.

Rømt oppdrettslaks sprer seg over store områder ut fra rømningspunktet, og rømning i et fylke kan dermed påvirke villaksen i flere nabofylker. Det er ikke en helt klar sammenheng mellom oppdrettsbiomasse, rømning og genetisk påvirkning på villaks i elver i et gitt område. Likevel tyder dataene på at det er større andel rømt laks i elver i områder med høy oppdrettsvirksomhet, og vi vurderer derfor at en biomasseøkning i et område potensielt kan øke sannsynligheten for at det går opp mer rømt laks i elvene i området - og at risiko for genetisk påvirkning øker.

Under gitte produksjonsforhold (eks: gitt fôrfaktor og fôrtype) vil utslipp av næringssalter og organisk materiale øke proporsjonalt med oppdrettsproduksjon og biomasse i et gitt område. Ut fra foreliggende data har Havforskningsinstituttet vurdert risikoen for regionalt virkende negative miljøvirkninger av næringssalter og organisk materiale fra oppdrett for å være lav fra Rogaland til og med Finnmark. Dette er basert på overvåkningsdata og modeller for hele kysten - og mer detaljerte studier i oppdrettsintensive system som Hardangerfjorden. Modellene tyder på at en økning av biomasse i størrelsesorden 3-10% ikke vil føre til risiko for regional eutrofiering eller organisk overbelastning, selv om en må vurdere risiko for lokale effekter.

7. Litteratur

- Anon. 2010. Vurdering av eutrofieringssituasjonen i kystområder, med særlig fokus på Hardangerfjorden og Boknafjorden. Rapport fra ekspertgruppe oppnevnt av Fiskeri- og kystdepartementet i samråd med Miljøverndepartementet.
- Anon. 2011. Vurdering av eutrofieringssituasjonen i kystområder, med særlig fokus på Hardangerfjorden og Boknafjorden. Rapport til Fiskeri- og kystdepartementet (83 sider).
- Anon. 2012. Status for norske laksebestander i 2012. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 4, 103s.
- Bjørn, P.A., Finstad, B., Asplin, L., Skilbrei, O., Nilsen, R., Serra Llinares, R.M. og Boxaspen, K.K. 2011a. Metodeutvikling for overvåkning og telling av lakselus på viltlevende laksefisk. Rapport fra Havforskningen 8. 58 s.
- Bjørn, P. A., Nilsen, R., Serra Llinares, R.M., Asplin, L., Boxaspen, K., K., Finstad, B., Uglem, I., Kålås, S., Barlaup, B., og Wiik Vollset, K. 2011b. Sluttrapport til Mattilsynet over lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2011.- Rapport fra Havforskningen 19. 34 s.

- Diserud, O.H., Fiske, P., and Hindar, K. 2012. Forslag til kategorisering av laksebestander som er påvirket av rømt oppdrettslaks - NINA Rapport 782. 32 s + vedlegg.
- Fiske, P. 2011. Rømt oppdrettslaks i prøver fra laksebestandene innsamlet høsten 2010. Notat fra NINA, 31.05.11.
- Glover, K.A., Hindar, K., Karlsson, S., Skaala, Ø., and Svåsand, T. 2011. Genetiske effekter av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander: utforming av indikatorer. Rapport fra Havforskningsinstituttet, Nr 5-2011.
- Husa V, Kutti T, Ervik A, Sjøtun K, Hansen PK, Aure J. (submitted). Assessing water-quality and benthic ecological status in a salmon-producing deep Norwegian fjord. *Marine Biology Research*.
- Karlsson, S., Moen, T., Lien, S., Glover, K. A., and Hindar, K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources*, 11: 247-253.
- Skilbrei, O.T., Vølstad, J.H., Bøthun, G., and Svåsand, T. 2011. Evaluering av datagrunnlaget 2006–2009 for estimering av andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden i norske elver. Forslag til forbedringer i utvalgsmetoder og prøvetakingsmetodikk. Rapport fra Havforskningsinstituttet Nr 7-2011.
- Stigebrandt, A., Aure, J., Ervik, A., and Hansen, P. K. 2004. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming - III. A model for estimation of the holding capacity in the Modelling-Ongrowing fish farm-Monitoring system. *Aquaculture*, 234: 239-261.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Madhun, A. S., Boxaspen, K. K., and (red.) 2010. Risikovurdering - miljøvirkning av norsk fiskeoppdrett, *Fisken og havet*, 3-2010 Havforskningsinstituttet.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Madhun, A. S., Boxaspen, K. K., and (red.) 2011. Risikovurdering - miljøvirkning av norsk fiskeoppdrett, *Fisken og havet*, 3-2011 Havforskningsinstituttet
- Taranger, G.L., Svåsand, T., Bjørn, P.A., Jansen, P.A., Heuch, P. A., Grøntvedt, R.N., Asplin, L., et al. 2012. Forslag til førstegenerasjons målemetode for miljøeffekt (effektindikatorer) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på villlevende laksefiskbestander. *Fisken og havet*, 13-2010 Havforskningsinstituttet; Veterinærinstituttets rapportserie Nr. 7-2012.
- Vassdal T, Heggøy E, Johansen P-O. 2012. Marin overvåkning Rogaland. Statusrapport mai-2012. SAM e-Rapport nr. 26-2012.