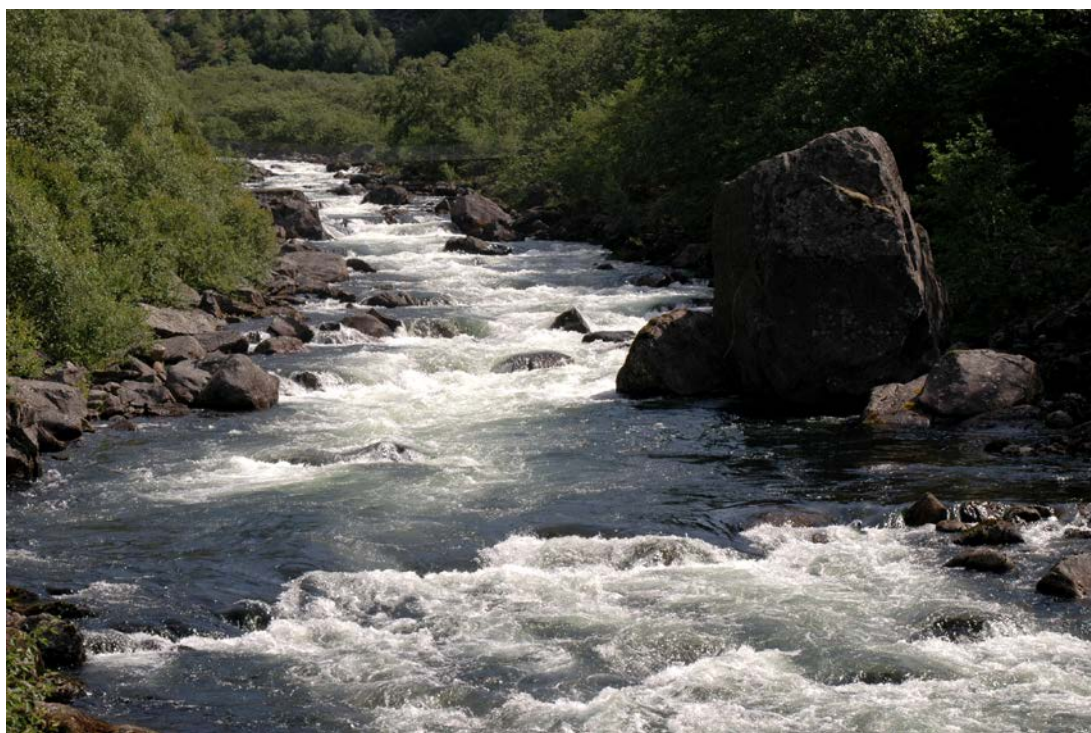


Rapport nr. 203

Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget – sluttrapport for perioden 2004-2012

Helge Skoglund, Bjørn T. Barlaup, Sven-Erik Gabrielsen, Gunnar B. Lehmann, Godtfred A. Halvorsen, Tore Wiers, Bjørnar Skår, Ulrich Pulg & Knut Wiik Vollset



uni Miljø

Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

LABORATORIUM FOR FERSKVANNSØKOLOGI OG INNLANDSFISKE LFI Uni Miljø Thormøhlensgt. 49B 5006 Bergen		TELEFON: 55 58 22 28
ISSN NR: ISSN-1892-889	LFI-RAPPORT NR: 203	
TITTEL: Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget – sluttrapport for perioden 2004-2012	DATO: 12.06.2012	
FORFATTERE: Helge Skoglund, Bjørn T. Barlaup, Sven-Erik Gabrielsen, Gunnar B. Lehmann, Godtfred A. Halvorsen, Tore Wiers, Bjørnar Skår, Ulrich Pulg & Knut Wiik Vollset LFI Uni Miljø	GEOGRAFISK OMRÅDE: Hordaland	
OPPDRAGSGIVER: Statkraft Energi	ANTALL SIDER: 108	
UTDRAG: <p>Denne rapporten omhandler undersøkelser foretatt i Eidfjordvassdraget i perioden 2004-2012. Resultatene viser at bestandssituasjonen for laks i vassdraget fortsatt er kritisk, med lav gytebestand, forholdsvis lave ungfisktettheter og med et høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Situasjonen for sjøaurebestanden er bedre enn for laks. Sjøaurebestanden synes imidlertid å være betydelig redusert i forhold til situasjonen før regulering. Den uheldige bestandssituasjonen synes primært å skyldes lav sjøoverlevelse, men vassdragsreguleringer har også hatt negative effekter på fiskebestandene i vassdraget.</p> <p>Lav vannstand på vinteren som følge av reguleringen medfører økt eggdødelighet ved at gytegroper strander, og reduserer trolig også overlevelse hos ungfisk. Tiltaket med slipp av vann vinterstid har vært viktig for å øke overlevelse for egg og ungfisk. Det anbefales derfor at tiltaket videreføres. Basert på en omfattende registrering av gytegroper er det beregnet at det må en vintervannføring på om lag 1,5-2 m³/s for å unngå stranding. Det har blitt laget en modell for å beregne hvor mange gytegroper som blir liggende utsatt til for stranding ut i fra vannstanden i gytetiden. Denne kan brukes som grunnlag for å vurdere behov for vannslipp.</p> <p>Endret manøvrering ved å erstatte tapping av kaldt bunnvann fra Sysen med slipp av varmere vann fra Isdal og Storlia i minstevannføringsperioden 1. juni – 15. september bidrar til økt vanntemperatur på lakseførende strekning. Dette medfører bedre vekstvilkår og rekrutteringsforhold for ungfisk av laks og aure i Bjoreio, og det anbefales derfor at tiltaket opprettholdes.</p> <p>Smoltutvandringen i årene 2009-2011 har i hovedsak foregått i perioden fra slutten av mai til midten av juni. Dette tyder på at laksesmolten vil vandre ut Hardangerfjorden i løpet av juni da det er stor fare for høyt infeksjonspress fra lakselus.</p> <p>Rognplanting ovenfor lakseførende strekning har bidratt til økt produksjon av laksesmolt. Det anbefales at rognplantingen opprettholdes, og at lakseførende strekningen tas i bruk til rognplanting i år da gytebestandene av laks i vassdraget er under gytebestandsmålet.</p>		
EMNEORD: Regulert vassdrag, fisk, bunndyr, gytegroper, temperatur, rognplanting, vannføring	SUBJECT ITEMS: Regulated river, fish stock, benthos, redds, temperature, egg planting, water discharge	
FORSIDEFOTO: Bjoreio ved Blåsteinen med sommervannføring. Foto: Helge Skoglund		

Forord

På oppdrag fra Statkraft har LFI Uni Miljø utført fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget i perioden 2004-2012. Hovedfokus for undersøkelsene har vært å vurdere effekten av iverksatte tiltak i form av vannslipp vinterstid og endret manøvrering for å øke temperaturen i Bjoreio. Disse undersøkelsene ble i første omgang finansiert direkte fra Statkraft, men fra 2007 har deler av undersøkelsen blitt finansiert ved at Bjoreio har vært et såkalt demovassdrag i forskningsprosjektet EnviDORR (Environmentally Designed Operation of Regulated Rivers). EnviDORR er et forskningsprosjekt som inngår i CEDREN (Center for Environmental Design of Renewable Energy), og har vært finansiert av vannkraftbransjen, forvaltning og forskningsrådet. I tillegg har det blitt gjennomført undersøkelser i forbindelse med gjennomføring av tiltaksplanen for Eidfjordvassdraget, som har erstattet utsettingspålegget i vassdraget i perioden 2008-2012. Rolf Yngvar Jenssen har vært prosjektleder i Statkraft og har i tillegg til rent faglige innspill bidratt med en rekke opplysninger om vassdraget.

Vi vil takke alle som har bidratt for god innsats og et godt og konstruktivt samarbeid!

Bergen, mai 2012



Helge Skoglund
PhD, prosjektkoordinator



Bjørn T. Barlaup
Dr.scient, forskningsleder

Innhold

Sammendrag.....	7
1.0 Innledning.....	13
1.1 Bakgrunn og hensikt	13
1.2 Beskrivelse av vassdraget og reguleringer.....	13
1.3 Tiltaksplan og iverksatte tiltak for å bedre situasjonene for laks og sjøaure	15
2.0 Materiale og metoder	17
2.1 Gytefisktellinger og eggtetthet.....	17
2.2 Elektrisk fiske	18
2.3 Rognplanting.....	19
2.4 Undersøkelser av gytegroper	20
2.5 Undersøkelser av utvandrende smolt	21
2.5.1 Kameraovervåking av nedvandrende smolt ved Tveitofossen	21
2.5.2 Fangst av utvandrende smolt med ruse i Eidfjordvatnet.....	22
2.6 Bunndyr.....	22
2.7 Modeller.....	23
2.7.1 Simulering av temperatur uten vannslipp	23
2.7.2 Swimup og vekst	24
2.7.3 Modell for sammenheng mellom vannstand i gytetiden og stranding av gytegroper.....	24
3.0 Resultat.....	26
3.1 Gytefisktelling og eggtettheter.....	26
3.1.1 Bjoreio	26
3.1.2 Eio.....	28
3.1.3 Veig	29
3.2 Undersøkelser av ungfisk.....	30
3.2.1 Bjoreio	30
3.2.2 Eio.....	32
3.2.3 Veig	35
3.3 Kultiveringsstrategier i Bjoreio.....	37
3.3.1 Innslag av settefisk i ungfiskbestanden	37
3.3.2 Rognplanting i Bjoreio ovenfor Tveitofossen	40
3.3.3 Eggoverlevelse.....	41
3.3.4 Ungfiskundersøkelser i rognplantingsområdet	41
3.4 Smoltutvandring.....	44
3.4.1 Videoovervåking av smoltvandring forbi Tveito kraftverk.....	44
3.4.2 Fangst av utvandrende laksesmolt i ruser i Eidfjordvatnet.....	47
3.4.3 Hydrologiske endringer under smoltutvandring som følge av regulering	49
3.5 Vintervannføring og undersøkelser av gytegroper.....	52
3.5.1 Vannstand og vannføring vinterstid i Bjoreio	52
3.5.2 Undersøkelser av gytegroper i perioden 2004-2011	57
3.5.3 Stranding av gytegroper og eggoverlevelse.....	58
3.5.4 Sammenheng mellom vannstand og stranding	63
3.5.1 Undersøkelser av gytegroper i Veig	66
3.5.2 Evaluering av vannslipp gjennomført i perioden 2004-2011	67
3.6 Temperaturforhold og manøvrering av vannslipp til Vøringsfossen om sommeren.....	68
3.6.1 Temperaturforholdene i Bjoreio, Veig og Eio.....	68
3.6.2 Manøvrering av tapping til Vøringsfossen fra tilsig med ulik temperatur.....	70
3.6.3 Temperatureffekt av tapping fra Isdal og Storlia.....	73
3.6.4 Beregnet effekter av økt temperatur på swimup og vekst hos ungfisk av laks og aure ...	77
3.6.5 Effekt av temperatur på rekruttering.....	79
3.7 Vannkjemi og bunndyr.....	79

4.0	Diskusjon.....	82
4.1	Status for bestandene av laks og sjøaure.....	82
4.2	Kultivering og rognplanting.....	85
4.3	Smoltutvandring.....	86
4.4	Vintervannføring og stranding av gytegroper.....	88
4.5	Temperaturforhold og manøvrering av vannslipp til Vøringsfossen om sommeren.....	92
5.0	Konklusjoner og anbefalinger.....	93
5.1	Bestandssituasjonen for laks og sjøaure i Eidfjordvassdraget.....	93
5.2	Utvandrende smolt.....	94
5.3	Kultivering og rognplanting.....	94
5.4	Vintervannføring og vannslipp.....	95
5.5	Manøvrering for økt vanntemperatur i perioden 1. juni – 15. september.....	97
5.6	Andre tiltak.....	97
6.0	Litteratur.....	97
	Vedlegg 1.....	102
	Vedlegg 2.....	105
	Vedlegg 3.....	106
	Vedlegg 4.....	107
	Vedlegg 5.....	108

Sammendrag

Bakgrunn og hensikt

Situasjonen for laksebestanden i Eidfjordvassdraget har de siste tiårene vært kritisk. Vassdragsreguleringene har siden slutten av 1970-tallet medført betydelige endringer i vannføring og temperaturforhold i vassdraget og har hatt negative effekter på fiskebestandene i Bjoreio. Siden starten av 2000-tallet har det blitt gjennomført en rekke tiltak for å bedre bestandssituasjonen for laks og sjøaure i vassdraget. De viktigste tiltakene inkluderer:

- Vannslipp fra Sysendammen vinterstid fra 2004 for å hindre at gytegroper og ungfisk strander ved lave vannføringer. Fra 2007-2011 ble manøvreringsreglement for Bjoreio midlertidig endret ved at minstevannføringen om sommeren ble redusert fra 12 m³/s til 11,5 m³/s, mot at det ble sluppet 0,5 m³/s i perioden 15. desember – 31. mars. I perioden 2011-2013 vil det bli sluppet 0,4 m³/s i perioden 1. desember – 13. april.
- Fra tidlig 1990-tallet har manøvreringen blitt endret ved at det slippes vann fra Isdal og Storlia i minstevannsføringsperioden om sommeren for å redusere tapping av kaldt bunnvann fra Sysendammen. Dette for å øke temperaturen i fiskens vekstsesong i Bjoreio.
- Kultivering ved å plante rogn ovenfor lakseførende strekning i Bjoreio fra 2002.
- I 2006 ble det installert forbitappingsventil i Tveitofossen kraftstasjon for å hindre at driftsstans fører til store variasjoner i vannstanden som kan føre til stranding av rogn og ungfisk på elvestrekningen nedstrøms.
- I perioden 2002-2011 er det gjennomført ulike biotopforbedrende tiltak (bla. utlegging av gytegrus, forsøk med åpning av sideløp og smoltpassasje ved inntaksdammen til Tveitofossen kraftstasjon).

Den foreliggende rapporten er en sluttrapport for fiskebiologiske undersøkelser LFI Uni Miljø har gjennomført i Eidfjordvassdraget i perioden 2004-2012. Siden 2007 har deler av undersøkelsene blitt gjennomført ved at Bjoreio har vært et såkalt demovassdrag i forskningsprosjektet EnviDORR som har vært finansiert gjennom Norges forskningsråd, forvaltning og vannkraftindustrien. I tillegg har det blitt gjennomført en rekke undersøkelser tilknyttet tiltaksplanen for Eidfjordvassdraget. Tiltaksplanen inngår som en avtale mellom Direktoratet for naturforvaltning og Statkraft for perioden 2008-2011, og har i denne perioden erstattet utsetningspålegget i vassdraget.

Gytebestandene av laks og sjøaure

Resultater fra gytefisktellinger har vist at laksebestanden i Bjoreio i perioden 1999-2011 med få unntak har vært kritisk lav med <40 observerte gytelaks. Høsten 2011 skiller seg ut ved at det ble talt 117 gytelaks. I Eio har gytebestanden av villaks hovedsakelig vært <50 gytelaks i den samme perioden. I Veig er det registrert mellom 5-26 villaks i perioden 2009-2011. De beregnede eggtektetene for vassdragsavsnittene tilsier at gytebestanden av villaks stort sett har vært vesentlig lavere enn gytebestandsmålet (dvs. < 2 egg per m²). Dette til tross for at laksen har vært fredet i vassdraget siden 2000. Resultatene tilsier derfor at gytebestanden i de fleste årene har vært begrensende for ungfiskproduksjonen i vassdraget. I tillegg har det i hele undersøkelsesperioden vært et høyt innslag (> 20 % i flere år) av rømt oppdrettslaks i gytebestanden.

Tellingene har vist at gytebestanden av sjøaure har bestått av >100 gytefisk i både Bjoreio og Eio i perioden 1999-2011. I begge vassdragsavsnittene synes det å være en økning i antall sjøaure i 2010 og 2011. I Veig har det i 2009-2011 blitt registrert fra 59-74 sjøaure. Et gjennomgående trekk i hele vassdraget er at en stor andel av sjøauren er storvokst (>2 kg).



Gytebestanden av laks har med får unntak vært kritisk lav i perioden 2004-2011 og med et høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Bildet viser en villaks i Veig. Foto: LFI Uni Miljø v/Tore Wiers

Ungfisk og rekruttering

Ungfiskundersøkelsene viser at tetthetene av lakseunger i Bjoreio har vært lave (1-25 lakseunger >0+ per 100 m²) i perioden 1999-2011. Det er imidlertid en tendens til økte tettheter av både ensomrige og eldre lakseunger i den siste delen av perioden. Dette tyder på at rekrutteringsforholdene har vært bedre fra om lag 2005 og ut undersøkelsesperioden. Tettheten av aureunger i Bjoreio har generelt vært høyere enn for laks (6-31 aureunger >0+ per 100 m²). Det er ingen klare trender for tetthetene av aureunger gjennom perioden, men årsklassen 2006 og 2008 synes å være forholdsvis sterke for både aure- og laks, og kan tyde på gunstige rekrutteringsforhold i disse to årene. I Eio kan tettheten av lakseunger i 2007-2011 karakteriseres som moderate (6-24 lakseunger >0+ per 100 m²), mens tettheten av aureunger kan karakteriseres som gode (18-24 aureunger >0+ per 100 m²). I Veig har tetthetene av lakseunger i perioden 2008-2011 vært svært lave (1-5 lakseunger >0+ per 100 m²), mens tetthetene av aureunger kan karakteriseres som lave til moderate (6-15 aureunger >0+ per 100 m²).

Årsyngelen oppnår de fleste årene en gjennomsnittlig lengde på om lag 4,0-4,5 cm hos laks og mellom 4,5-5,0 cm for aure. Både lakse- og aureungene vokser noe raskere i Eio, mens veksten synes å være lavest i Veig. Undersøkelser av utvandrende laksesmolt fanget nært utløpet av Eidfjordvatnet tilsier at de fleste laksene vandrer ut fra vassdraget som treåring, mens noen vandrer ut som fireåring.

Rognplanting og kultivering

Kultiveringsinnsatsen i Eidfjordvassdraget har blitt endret fra å være basert på smoltutsettinger til rognplanting ovenfor lakseførende strekning, og noen begrensede utsettinger av ensomrige settefisk. Settefisk som har blitt gjenfanget i ungfiskundersøkelsene har ofte blitt funnet i svært høye tettheter nært utsettingslokaliteten selv flere måneder etter utsetting. En stor andel bærer da preg av å være i dårlig kondisjon.

Siden 2002 er det gjennomført rognplanting mellom Tveitofossen og Vøringsfossen ovenfor den lakseførende strekningen i Bjoreio. Siden 2008 har rognplanting blitt gjennomført årlig som en del av tiltaksplanen for vassdraget. Resultatene viser at eggoverlevelsen generelt har vært god (>95 % overlevelse fra utlegging til yngelen forlater grusen med unntak av enkelte ugunstige lokaliteter). Evaluering ved bruk av både ungfiskundersøkelser og videoovervåking av utvandrende smolt viser at strekningen produserer smolt. Rognplanting ovenfor lakseførende strekning vurderes derfor som en

egnet metode for å øke ungfiskproduksjonen i Bjoreio. Ut i fra de tilgjengelige arealene av egnede oppvekstområder anses 100 000 rogn å være tilstrekkelig for utplanting på den aktuelle strekningen, og det forventes at dette vil gi en smoltproduksjon i størrelsesorden 1 000-5 000 smolt.

Ettersom ungfiskproduksjonen av laks på lakseførende strekning synes å være begrenset av lav gytebestand, samt at gytebestanden i mange år har vært preget av et høyt innslag av rømt oppdrettslaks, anbefales det at også den lakseførende strekningen i Bjoreio blir tatt i bruk til rognplanting.

Smoltutvandring

Ved videoanalyser av utvandrende laksesmolt ved inntaksdammen til Tveitofossen kraftstasjon ble det i årene 2009-2011 kun registrert 57, 70 og 10 laksesmolt/parr som vandret inn i vanninntaket til turbinen. Dette er langt mindre enn det som ble observert å vandre over dammen. Det synes dermed som om laksesmolt som vandrer ned fra rognplantingsområdene ovenfor Tveitofossen bare i liten grad går inn i vanninntaket til kraftstasjonen, og at det dermed er lite tap av smolt som følge av turbindødelighet. Tiltaket ved å lage en utsparing på dammen synes å gi en positiv effekt ved at den lager en mer konsentrert strøm og større vannbyp som trolig letter utvandringen av smolt forbi dammen.

Basert på resultatene fra videoanalysene synes den viktigste utvandningsperioden i 2009 å være i løpet av 29. mai-1. juni. I 2010 og 2011 trakk smoltutvandringen noe lenger ut i tid, men en stor del av smolten ble observert å vandre ut over dammen i løpet av første halvdel av juni. Et usikkerhetsmoment ved videoanalysene er at det forekommer en del lakseparr som også vandrer forbi kameraene. Disse kan pga. vanskelige observasjonsforhold i mange tilfeller ikke skilles fra laksesmolt. Det er også ukjent om parren holder seg i området rundt kameraene, om den forlytter seg innen vassdraget eller om den underveis smoltifiserer og vandrer ut som smolt. Forekomsten av parr synes å øke utover i siste halvdel av juni. Dette gjør det vanskelig å vurdere med sikkerhet hvor lagt ut i juni smoltutvandringen faktisk foregår. Ved bruk av storruser nært utløpet i Eidfjordvatnet ble det i årene 2009-2011 fanget henholdsvis 61, 48 og 38 laksesmolt. I 2009 ble det fanget flest laksesmolt i månedsskifte mai/juni, mens det i 2010 og 2011 ble fanget mest smolt i løpet av første halvdel av juni. Til tross for at datagrunnlaget er basert på relativt få fisk, peker fangstene fra rusefiske i samme retning som resultatene fra videoanalysen. Den viktigste utvandningsperioden i årene 2009-2011 har vært i månedsskiftet mai/juni og i løpet av første halvdel av juni. Prøvetaking av et utvalg av smolt fanget i rusene viste at smolten hadde en god smoltstatus og at nivåene av aluminium på gjellene var lave.

Det forholdsvis sene utvandringstidspunktet for smolt fra vassdraget, og den lange utvandningsruten ut gjennom fjordsystemet, tilsier at laksesmolt som vandrer ut fra Eidfjordvassdraget vil oppholde seg i Hardangerfjorden i løpet av hele juni og trolig også ut i juli. I denne perioden har det i flere år blitt registrert et høyt infeksjonspress av lakselus i fjordsystemet. Laksesmolten fra Eidfjordvassdraget kan derfor være spesielt utsatt for høye infeksjoner av lakselus.

Reguleringen i vassdraget har ført til at vannføringen i perioden for smoltutgang er vesentlig redusert i forhold til tidligere. I tillegg har reguleringen ført til at ferskvannsavrenningen til fjordsystemet har blitt høyere om vinteren og lavere på forsommeren. Det foreligger ikke data som kan tilsi om disse effektene har påvirket utvandningsforløpet eller overlevelse for utvandrende smolt. Samlet sett vurderes det rådende vannførings- og temperaturregime etter regulering ikke å være noen hindring for et naturlig smoltutvandningsforløp og det anses som lite sannsynlig at tidspunktet for smoltutgang er blitt vesentlig endret som følge av regulering.

Vintervannføring og stranding av gytegroper

Undersøkelsene av gytegroper i Bjoreio i årene 2004-2011 viser at perioder med lav vannstand på vinteren kan føre til økt eggdødelighet som følge av stranding av gytegroper. Det ble funnet total eggdødelighet i en høy andel av gytegroper som ligger grunt (dvs. høyt i elveleiet) og som har vært utsatt for stranding i løpet av vinteren. I år når vannstanden i gytetiden har vært høy, legger fisken gytegroper høyt i elveleiet, og dette gjør groperne mer utsatt for stranding. Dødelighet som følge av stranding er derfor både avhengig av vannstanden i gytetiden og vannstand gjennom inkubasjonstiden. Flere gytegroper vil strande i år når vannstanden i gytetiden om høsten er høy og vannstanden er lav

den påfølgende vinteren. Høsten og vinteren 2005/2006 hadde et slikt forløp og medførte at eggene gikk tapt i om lag 32 % av gytegroperne som følge av stranding. I de øvrige årene i undersøkelsesperioden ble det beregnet at mellom 10-20 % av gytegroperne ble utsatt for stranding, og at 3-14 % av de undersøkte gytegroperne gikk tapt.



Redusert vannføring fører til økt eggdødelighet ved at gytegroper strander ved lave vannstander om vinteren. Slipp av vann fra Sysen vinterstid har vært et viktig tiltak for å motvirke stranding. Bildet viser registrering av strandet gytegrep i nedre del av Bjoreio. Foto: LFI Uni Miljø v/Helge Skoglund

For å motvirke stranding av gytegroper har det i hele undersøkelsesperioden blitt sluppet vann fra Sysendammen i perioder om vinteren. I 2004-2006 ble det sluppet om lag $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ i spesielt tørre perioder om vinteren. Som en følge av en midlertidig endring i manøvreringsregimet har det i 2007-2011 blitt sluppet $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, mens det fra 2011 har blitt sluppet $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Disse vannslippene har bidratt til å øke vannføringen betydelig på lakseførende strekning i perioder med lite tilsig i restfeltet om vinteren. Dette har derfor vært et viktig tiltak for å redusere perioder med lav vannstand og stranding av gytegroper. I tillegg har det med stor sannsynlighet også ført til bedre forhold for ungfisk. Hvor stor effekt vannslippene har hatt for å redusere stranding av gytegroper har variert mellom år, ettersom vannføring fra restfelt og andelen av gytegroper som ligger utsatt til på grunne områder har variert. Den fastsatte perioden med krav til vannslipp (15. desember-31. mars) har vært for kort, ettersom det i flere av årene har forekommet perioder med lav avrenning fra restfeltet og synkende vannstander i perioden før 15. desember og etter 31. mars. For å unngå kritisk lave vannstander startet Statkraft frivillig tapping fra Sysen tidligere og holdt på lenger enn planlagt i årene 2007-2010. Dette har vært avgjørende for å opprettholde den gunstige effekten av vannslippene.

Basert på dybdefordelingen av de registrerte gytegroperne er det beregnet at en vannføring på om lag $1,5\text{-}2 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Skarsenden, i øvre del av den lakseførende elvestrekningen i Bjoreio, i stor grad vil være tilstrekkelig for å unngå at det strander gytegroper. Ved en vannføring på om lag $1 \text{ m}^3/\text{s}$ vil i gjennomsnitt mindre enn 5 % av gytegroperne strande, mens en vannføring på om lag $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ (tilsvarer vannstand på 70 cm ved logger på Skarsenden og 97 cm ved Blåsteinen) vil være tilstrekkelig til å sikre at færre enn 10 % av gytegroperne strander de fleste årene. Basert på dybdefordelingen av gytegroper er det også utviklet en modell som predikerer hvor mange gytegroper som blir liggende utsatt til for stranding ut i fra vannstanden i gytetiden. Denne modellen kan brukes til å vurdere hvor stort behovet for vannslipp er for å sikre gytegroper mot å strande. Med tanke på at situasjonen er kritisk for laksebestanden, samt at sjøaurebestanden også er redusert, anbefales et vannføringsregime som medfører lavest mulig stranding av gytegroper, og som samtidig sikrer overlevelse av ungfisk.

Temperaturforhold og manøvrering av minstevannføring

Tapping av kaldt bunnvann fra Sysendammen for å opprettholde minstevannføringen ved Vøringsfossen fører til en senkning av vanntemperaturen i Bjoreio om sommeren. Tiltaket med å endre manøvreringen av vannslipp ved å tappe vann fra luker i inntaksdammene ved Isdal og Storlia medfører at deler av det kalde vannet fra Sysen erstattes med vann som i gjennomsnitt er 5-8 °C varmere gjennom store deler av sommeren. Det har blitt sluppet en vannføring på anslagsvis 2,5-4,5 m³/s, avhengig av hvor mye lukene har vært åpnet de ulike årene i tiltaksperioden. Dette har anslagsvis utgjort opp til om lag 20-40 % av vannføringen som totalt har blitt sluppet for å opprettholde minstevannføringen ved Vøringsfossen i årene 2004-2011. Til tross for disse slippene, vil vannføringen i minstevannføringsperioden om sommeren vanligvis domineres av vann som slippes fra Sysen. På sensommeren utgjør vannslipp fra Sysen i gjennomsnitt 60-70 % av vannføringen ved Vøringsfossen.



Ved å erstatte deler av tapping fra Sysen med vann fra Isdal og Storlia for å opprettholde minstevannføringen ved Vøringsfossen oppnås en økt temperatur om sommeren. Dette har gitt bedret forhold for rekruttering og vekst hos ungfisk på den lakseførende strekningen i Bjoreio. Foto: LFi Uni Miljø v/Helge Skoglund

Det er beregnet at manøvreringen har bidratt til å øke temperaturen på den lakseførende strekningen av Bjoreio med om lag 1-2 °C gjennom store deler av tappeperioden om sommeren, og trolig opp til 3-4 °C i enkelte perioder. Temperaturøkningen er vanligvis størst i juli og august når temperaturforskjellen i vannmassene er størst, og vannføringen fra restfeltet er lavest slik at det ellers må tappes tilsvarende mer fra Sysen for å opprettholde minstevannføring. Vekstberegninger tilsier at temperaturøkningen kan ha økt den årlige tilveksten med opptil 0,9 cm for ungfisk av laks og opptil 0,5 cm for ungfisk av aure. Raskere vekst vil bidra til redusert smoltalder og trolig bidra til økt smoltproduksjon. Økt temperatur og bedre vekstforhold om sommeren har trolig også medført bedre rekrutteringsforhold for både laks og aure. Resultatene fra ungfiskundersøkelsene tyder på at år med høyere temperatur gir sterkere årsklasser. Totalt sett vurderes derfor manøvreringen med vannslipp å være et viktig bidrag til å bedre forholdene for vekst og rekruttering for laks og aure i Bjoreio.

Vannkjemi og bunndyr

Resultatene fra vannkjemiske analyser i Bjoreio, Veig og Eio viser at vannkjemien i vassdraget er god, med forholdsvis høy pH og høyt kalsiuminnhold sammenlignet med mange andre Vestlandsvassdrag. Vannprøvene indikerer ingen forurensningsproblemer og det er heller ingen indikasjoner på organisk forurensing. Disse konklusjonene underbygges av resultatene fra analyser av bunndyrfaunaen som viser at det forekommer flere arter som er sensitive for forurensing i både Bjoreio, Veig og Eio. ASPT

indeksen tilsier også at den økologiske tilstanden med hensyn til organisk belastning er god til svært god i Bjoreio, svært god i Veig og god i Eio.

Samlet vurdering og anbefalinger

Samlet sett viser undersøkelsene at situasjonen for laksebestanden i vassdraget fortsatt er kritisk, med en lav gytebestand og et høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Vassdragsreguleringen har hatt en negativ effekt på fiskebestandene i vassdraget, særlig i Bjoreio, og sannsynligvis bidratt til den uheldige situasjonen. En tilsvarende uheldig bestandssituasjon er imidlertid tilfelle også for en rekke andre vassdrag i regionen og tyder på en unaturlig høy dødelighet i sjøfasen for laks og sjøaure som vandrer ut fra elvene i Hardangerfjorden. Lakselus har blitt utpekt som en viktig bestandsreducerende faktor for laks og sjøaurebestandene i fjordsystemet. I tillegg har ugunstig havmiljø trolig bidratt til at sjøoverlevelsen har vært dårligere i de siste årene, og dermed at bestandene blir ekstra utsatt for andre effekter som reduserer overlevelsen. En forutsetning for å få tilbake en livskraftig laksebestand i vassdraget er at livsbetingelsene både er tilstrekkelige for reproduksjon og oppvekst i ferskvannsfasen, og for vekst og overlevelse i sjøfasen.

De gjennomførte tiltakene har bidratt til å bedre miljøforholdene for ungfisk av laks og sjøaure i Bjoreio. Ungfiskundersøkelsene tilsier også at tettheten av lakseunger har vært noe høyere i perioden etter 2005, men det er ingen stor respons i form av økte tettheter av ungfisk. Dette kan skyldes at rekruttering har vært begrenset av lav gytebestand, at tiltakene ikke har vært omfattende nok, eller at rekrutteringen har vært begrenset av andre faktorer. Basert på resultatene anbefaler vi følgende:

- Fortsette rognplantingen. Det anbefales at det også plantes ut rogn på den lakseførende strekningen i årene når gytebestanden er under gytebestandsmålet. Om lag 100 000 rogn vurderes som tilstrekkelig for utplanting på elvestrekningen oppstrøms Tveitofossen. På lakseførende strekning anbefales det at rognmengden tilpasses slik at den bidrar til å fylle gytebestandsmålet.
- Fortsette med slipp av vann vinterstid. Vannslippet bør gi et vannføringsregime som sikrer lavest mulig stranding av gytegroper, og samtidig sikrer at det ikke oppstår lave vannstander som kan være flaskehals for overlevelse av ungfisk. Primært anbefales det derfor å opprettholde en minstevannføring på den lakseførende strekningen som er tilstrekkelig høy til å sikre at færrest mulig gytegroper strander uansett vannstand i gytetiden. For å oppnå dette bør en holde en vannføring på lakseførende strekning på 1,5-2 m³/s. Subsidiert anbefales det å slippe tilstrekkelig med vann slik at en begrenser omfanget av stranding til et lavt nivå (maksimum 10 %). Hvor stor vannstanden må være for å oppnå dette vil variere mellom år etter hvor høy vannstanden har vært i gytetiden. En vannføring på om lag 0,75-1 m³/s øverst på den lakseførende strekningen vil i de fleste år være tilstrekkelig for å sikre at mindre enn 10 % av gytegroperne strander. Vannføringen bør heller ikke være lavere enn dette med hensyn til ungfisk. Et økt vannslipp om vinteren kan for eksempel innføres ved å omdisponere mer vann fra minstevannføringsperioden om sommeren, noe som vil gi bedre forhold for fiskeproduksjonen både vinter og sommer.
- Ordningen med manøvrering av vannslipp fra Isdal og Storlia i minstevannføringsperioden 1. juni-15. september bidrar til økt vanntemperatur om sommeren, og dermed til bedre vekst og rekrutteringsvilkår for laks og sjøaure. Det anbefales at ordningen videreføres, og at disse slippene erstatter mest mulig av slippet som ellers måtte vært gjort fra Sysen for å opprettholde minstevannføringen ved Vøringsfossen.

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn og hensikt

Laksebestanden i Eidfjordvassdraget gikk kraftig tilbake på 1990-tallet, og er kategorisert som truet. I 1999 påla Direktoratet for naturforvaltning Statkraft å foreta fiskebiologiske undersøkelser i vassdraget som en basis for fremtidige tiltak. Disse undersøkelsene ble gjennomført av NINA og ble sluttført i 2003, og resultatene er presentert i en rekke rapporter (Nøst m. fl. 2000, Berger m. fl. 2001, Berger m. fl. 2002, Jensen m. fl. 2003 og Jensen m. fl. 2004). Undersøkelsene konkluderte med at vassdragsregulering er en av flere sannsynlige faktorer som har bidratt til den uheldige bestandssituasjonen, og at reguleringen har medført negative konsekvenser for flere av livsstadiene til laks og sjøaure i Bjoreio. Noen av de viktigste effektene vurderes å være:

- Fravær av minstevassføring i vinterhalvåret fører til at gytegrøper strander og blir tørrlagt, og at areal for gyting og oppvekstområder for ungfisk blir redusert
- Lavere vannføring kan ha endret utvandringstidspunkt for smolt og medføre problemer for oppvandring av gytefisk.
- Redusert sommertemperatur som følge av tapping av bunnvann fra Sysendammen for å opprettholde minstevassføringen ved Vøringsfossen har trolig medført dårligere vekst og rekrutteringsforhold

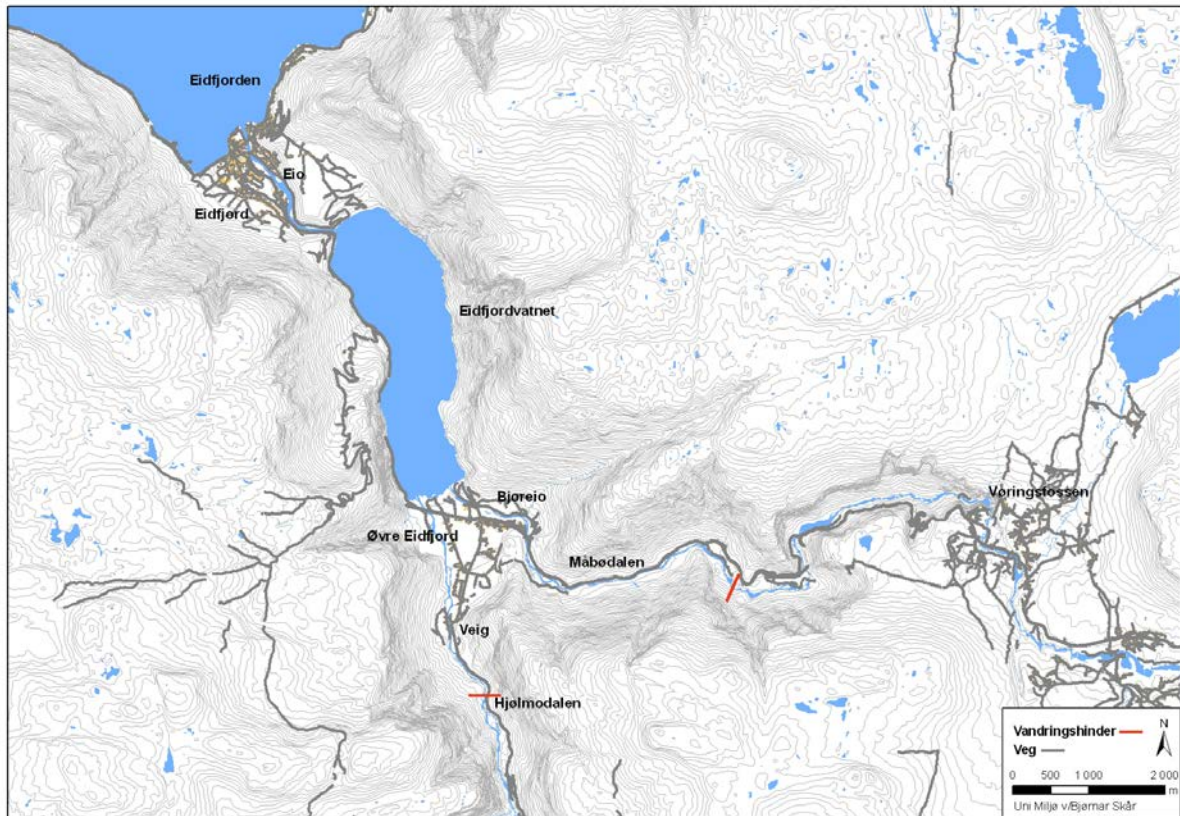
Basert på disse undersøkelsene ble det iverksatt flere tiltak for å styrke bestandene av laks og sjøaure. Dette inkluderte slipp av vann i tørre perioder vinterstid, slipp av vann fra Isdal og Storlia for å heve vanntemperaturen i minstevannføringsperioden sommerstid og utlegging av gytegrus. Oppfølgende undersøkelser i perioden 2004-2006 gjennomført av LFI Uni Miljø (tidligere Unifob) konkluderte blant annet med at det hadde forekommet til dels omfattende stranding av gytegrøper til tross for at det hadde blitt sluppet vann om vinteren. Det ble da anbefalt at vannslippet burde økes for å unngå stranding av gytegrøper, og at manøvrering av vannslipp om sommeren for å øke vanntemperaturen burde videreføres (Skoglund m. fl. 2007). På bakgrunn av dette fikk Statkraft innvilget en midlertidig endring av manøvreringsreglementet, som innbefatter at minstevannføringen om sommeren blir redusert mot at den tilsvarende mengden vann i stedet blir sluppet i vinterperioden. Oppfølgende undersøkelser til dette ble gjennomført ved at Bjoreio i perioden 2007-2011 ble brukt som et demovassdrag i forskningsprosjektet EnviDORR (Environmentally Designed Operation of Regulated Rivers), der hensikten har vært å finne gode miljøløsninger for drift av regulerte vassdrag som er fordelaktige for både fisk og kraftproduksjon.

Som et ledd i å sikre det videre arbeidet med bedring av miljøforhold for laks og sjøaure i vassdraget, ble Statkraft og Direktoratet for naturforvaltning i 2008 enige om en tiltaksplan for Eidfjordvassdraget. Denne skulle gjelde for perioden 2008-2011 med sluttrapportering i 2012, og erstatter utsetningspålegget på 15 800 laksesmolt og 10 000 ensomrige sjøaure i denne perioden. Tiltaksplanen omfatter blant annet utsetting i form av rognplanting, gjennomføring av ulike tiltak i vassdraget og undersøkelser for å evaluere tiltakene og overvåke status i vassdraget gjennom ulike fysiske, kjemiske og biologiske undersøkelser. Disse undersøkelsene er gjennomført av LFI Uni Miljø.

Hensikten med denne rapporten er å sammenfatte undersøkelsene som er gjennomført i prosjektet Bjoreio smolt, EnviDORR og i kultiveringsplanen. Målet er å gi en evaluering av de iverksatte tiltakene og gi konkrete anbefalinger om videre tiltak.

1.2 Beskrivelse av vassdraget og reguleringer

Eidfjordvassdraget består av tre hovedvassdragsavsnitt, Bjoreio og Veig som munner ut i Eidfjordvatnet fra henholdsvis Måbødalen og Hjølmodalen, og Eio som strekker seg fra Eidfjordvatnet og ned til sjøen. Eio er ca. 2 km, Bjoreio er lakseførende ca. 5 km opp til Tveitofossen, mens Veig er lakseførende ca. 2,5 km (Figur 1). De lakseførende elvestrekningene er hovedsakelig preget av partier med stryk og høler, og et bunnsstrat som i stor grad er dominert av blokker og stor stein.



Figur 1. Oversikt over de lakseførende strekningene av Eidfjordvassdraget.

Elvekraftverket Tveitafoss kraftverk ble bygget i 1946, og fikk ved kongelig resolusjon av 16. mai 1952 tillatelse til å regulere Sysenvatnet med 3,5 m (Jensen m. fl. 2004). Utløpet av kraftstasjonen utnytter fallet ved Tveitofossen, som er vandringshinder for laks og sjøaure, og har dermed utløp helt i øvre del av den lakseførende strekningen i Bjoreio. Tveitafoss kraftverk drives i dag av Hardanger Energi, har to Francisturbiner og en driftsvannføring på mellom 0,1 – 3 m³/s (Jensen m. fl. 2004).

Eidfjord Nord reguleringen ble fastsatt ved Kongelig resolusjon av 18. mai 1973 og kongelig resolusjon av 4. juni 1976, og medførte at større deler av feltene til Bjoreio, Simadalselva og Osavassdraget ble fraført til Sima kraftstasjon med utløp i Simafjorden. I Bjoreio omfatter de fraførte feltene Leiro, som har sitt naturlige utløp i Sysendammen, Bjoreio som overføres til Sysendammen ved Storlia og øvre deler av Isdalen som overføres til Sysendammen. Reguleringen har medført at om lag 74 % av det opprinnelige nedbørfeltet til Bjoreio ved utløpet i Eidfjordvatnet er fraført (Paulsen 2000). Veig er ikke påvirket av Eidfjord Nord reguleringen, men øvre deler av nedslagsfeltet er overført østover til Nordmannslågen ved Viersla. Nedbørfeltet til Eio er redusert fra 1015,1 km² før regulering, til 640 km² etter regulering (Paulsen 2000).

Reguleringen har medført betydelig redusert vannføring i Bjoreio. Før regulering var vannføringen i Bjoreio typisk preget av lav vintervannføring og høy vannføring på våren og forsommeren. I forbindelse med reguleringen ble det gitt pålegg om å holde en minstevassføring på 12 m³/s i Bjoreio ved Vøringsfossen i perioden 1. juni – 15. september. Fraværet av minstevannføring ellers i året medførte at vannføringen i Bjoreio kunne bli svært lav i perioder med lite tilsig fra restfeltet, noe som har vært ansett som en mulig flaskehals for fiskebestandene i vassdraget (Jensen m. fl. 2004). I tillegg kan det forekomme hurtige vannføringsendringer på den lakseførende strekningen i Bjoreio som følge av kjøremønsteret til Tveitofossen kraftstasjon. Etter reguleringen er vannføringen i Bjoreio ved Vøringsfossen om lag 30 % av vannføringen før regulering sommerstid, og om lag 20 % av vannføringen ellers i året. I Eio er årsmiddelvannføringen redusert fra om lag 44 m³/s før reguleringen til om lag 28 m³/s etter reguleringen (Paulsen 2000).

1.3 Tiltaksplan og iverksatte tiltak for å bedre situasjonene for laks og sjøaure

Basert på anbefalinger fra Jensen m. fl. (2004) og Skoglund m. fl. (2007), samt erfaringer opparbeidet i vassdraget, har det siden 2003 blitt gjennomført en rekke tiltak for å bedre situasjonen for lakse- og sjøaurebestanden i Bjoreio. En oversikt over de viktigste gjennomførte tiltakene er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Tabell over iverksatte tiltak for å bedre bestandssituasjonen for laks og sjøaure i Bjoreio.

Iverksatte tiltak	Hensikt	Tidspunkt
<p>Vannføring</p> <p>Slipp av vann vinterstid</p> <p>Slipp av vann fra Isdal og Storlia i minstevannføringsperioden på sommeren</p> <p>Installere forbitappingsventil i Tveitofossen kraftstasjon</p>	<p>Motvirke stranding av gytegroper og øke vanndekt areal om vinteren</p> <p>Øke temperaturen for å bedre forhold for vekst og rekruttering</p> <p>Motvirke stranding av gytegroper og yngel som følge av hurtige vannstandsreduksjoner ved driftsstans i kraftstasjonen</p>	<p>2004-2011</p> <p>Tidlig 1990-tallet - 2011</p> <p>Utført i 2006</p>
<p>Kultivering</p> <p>Rognplanting oppstrøms lakseførende strekning</p> <p>Utsetninger av settefisk og smolt på lakseførende strekning</p>	<p>Øke ungfiskproduksjon</p>	<p>2002, 2005-2011</p> <p>Årlig smoltutsetting frem til 2005, deretter sporadisk utsetninger av smolt og ensomrig settefisk</p>
<p>Biotoptiltak</p> <p>Utlegging av gytegrus</p> <p>Fjerning av gytegrus på strandingsutsatt område i Bruhølen</p> <p>Utsparing av inntaksdammen til Tveitofossen kraftstasjon</p> <p>Gjenåpning av sideløp ved Øvre Eidfjord</p>	<p>Øke tilgang til gyteareal</p> <p>Hindre at fisken gyter på strandingsutsatte områder</p> <p>Hindre utvandrende smolt fra rognplantingsområdet fra å vandre inn i turbinen i kraftstasjonene ved å lede fisken ned i elveleiet</p> <p>Øke oppvekstområder for ungfisk</p>	<p>Ved Blåsteinen i 2002 og fire øvrige lokaliteter i 2005</p> <p>2009</p> <p>Utført vår 2011</p> <p>Gjenåpning og forsøk med slipp av vann foretatt i 2011, permanent gjenåpning avventes til en får vurdert tilstand ved lav vannføring</p>

Slipp av vann vinterstid

For å motvirke de uheldige effektene av lave vintervannføringer, startet Statkraft i 2004 å slippe vann fra Sysendammen og ned i Bjoreio i perioder med lavt resttilsigg som et frivillig tiltak. Dette ble gjort frem til og med vinteren 2006. Basert på undersøkelser i denne perioden anbefalte Skoglund m. fl. (2007) at vannstanden ikke burde synke under nivået som tilsvarer 0,7 m på vannstandssensoren ved Skarsenden gjennom vinteren, da dette ble beregnet å redusere omfanget av stranding til under 10 % av gytegroppene. For å redusere tap av kraftproduksjon ved et slikt vannslipp, søkte Statkraft om en midlertidig endring i manøvreringsreglement for Bjoreio. Dette ble innvilget fra NVE våren 2007, og innebar at Statkraft i perioden 1. juni 2007-31. mai 2009 kunne redusere minstevannføringen i perioden 1. juni-15. september fra 12 m³/s til 11,5 m³/s, mot at det ble sluppet en vannføring på 0,5 m³/s i perioden 15. desember-31. mars. Ved utgangen av denne perioden ble det innvilget en videreføring av ordningen for perioden 1. juni 2009-31. mars 2013. Erfaringene fra perioden 2007-2010 tilsa imidlertid at det var hensiktsmessig å slippe vann også utenom perioden 15. desember-31. mars for å unngå stranding av gytegroper. For å unngå å slippe mer vann enn det som kunne tas igjen på sommeren ble manøvreringen omgjort til å endre tappeperioden til 1. desember-13. april og at vannføringen ble redusert fra 0,5 m³/s til 0,4 m³/s.

Endret manøvrering for vannslipp til Vøringsfossen i minstevannføringsperioden om sommeren

Vann som tappes fra Sysendammen for å opprettholde minstevannføringen ved Vøringsfossen består av kaldt bunnvann som medfører en betydelig senkning av temperaturen nedstrøms i Bjoreio. For å øke temperaturen i sommerhalvåret har det blitt sluppet vann fra de regulerte feltene i Bjoreio og Isdal som holder en høyere temperatur. Ettersom begge disse feltene renner ut i Bjoreio ovenfor Vøringsfossen, vil disse vannslippene erstatte deler av tappingen fra Sysen i minstevannføringsperioden og dermed bidra til økt temperatur nedstrøms i Bjoreio. Dette vil dermed ikke medføre tap av vann for kraftproduksjon til Sima kraftverk, og gjøres i praksis ved å åpne luker i inntaksdammen til vanninntaket til overføringstunnelene, slik at vannet følger det opprinnelige elveleiet ned i Bjoreio. Det er usikkert når tiltaket ble satt i verk, men det har blitt foretatt i ulikt omfang fra tidlig på 1990-tallet. I perioden før 2004 er det usikkert når og hvor mye lukene har vært åpnet, mens det etter 2004 har blitt foretatt konsekvent dokumentasjon av tiltaket.

Tiltaksplan for Eidfjordvassdraget 2008-2012

Som et ledd i arbeidet for å bedre miljøforholdene for laks og sjøaure i Eidfjordvassdraget utarbeidet Statkraft i samarbeid med Direktoratet for naturforvaltning en tiltaksplan for vassdraget for perioden 2008-2012. Planen erstatter utsettingspålegget på 15 800 laksesmolt og 10 000 ensomrige settefisk frem til og med 2012, og inneholder aktiviteter i form av utsettinger (rognplanting), ulike habitattiltak og undersøkelser for å evaluere tiltakene og miljøstatus i vassdraget. Tiltaksplanen innebærer i stor grad aktiviteter og undersøkelser som allerede har vært iverksatt og pågående aktiviteter som gjennomføres i forbindelse med EnviDORR prosjektet. De viktigste aktivitetene som er omfattet av tiltaksplanene er:

- Bonitering av områder som er egnet for fisk og rognplanting
- Utplanting av 150 000 øyerogn av laks fra levende genbank årlig. Dette skal fortrinnsvis gjøres ovenfor lakseførende strekning, men kan også gjøres på lakseførende strekning dersom det er faglig tilrådelig. All øyerogn skal merkes med otolittmerking, og all eventuell settefisk som settes ut skal merkes med fettfinneklipping.
- Opprettholde tiltak med vannslipp vinterstid og endret manøvrering av vannslipp fra Isdal og Storlia som sommeren

I tillegg omfatter tiltaksplanene en rekke undersøkelser som er utført av LFI Uni Miljø. Disse inkluderer:

- Bonitering av områder som er egnet for fisk og rognplanting
- Evaluering av rognplanting
- Evaluere om forbitappingsventilen på Tveitofossen medfører jevnere vannføring
- Måling av vannføring og temperatur
- Ungfiskregistreringer i Bjoreio, Veig og Eio
- Gytefisktellinger i Bjoreio, Veig og Eio
- Evaluere vannkvaliteten basert på vannkjemi og bunndyr i Bjoreio, Veig og Eio

- Utrede hvorvidt smolt som vandrer ned fra rognplantingsområdene blir unødig hindret, skadet eller drept i Tveitofossen kraftstasjon, og iverksette eventuelle tiltak.
- Utrede mulige endringer i utvandringstidspunkt for smolt i forhold til før regulering. Evaluere hvorvidt endret vannføringsmønster i elv og fjordområder påvirker overlevelsen til utvandrende smolt

2.0 Materiale og metoder

2.1 Gytetelling og eggtetthet

Gytetellingene ble utført ved at en eller flere personer snorklet nedover elva. Observasjoner av fisk ble fortløpende noterte på vannfaste blokker og markert på vannfaste kart. Sjøauren ble delt inn i følgende størrelseskategorier: <1 kg, 1-2 kg, 2-3 kg og >3 kg. Blenkjer, dvs. umoden sjøaure som vandrer frem og tilbake mellom ferskvann og sjø, ble registrert men ikke tatt med i regnskapet over gytefisk. Laksen ble delt inn i følgende størrelseskategorier: tert (<3 kg), mellomlaks (3-7 kg) og storlaks (>7 kg), og oppdrettslaks ble skilt fra villaks. Oppdrettslaks kan ofte skilles fra villfisk ut i fra finneslitasje, kroppsform og avvikende pigmenteringsmønster, men oppdrettslaks som har gått i sjøen i lengre tid vil ofte ikke kunne skilles fra villaks utelukkende basert på morfologiske kriterier. Dette medfører at andelen av oppdrettslaks generelt kan bli underestimert ved dykkerregistreringene (Lehmann m. fl. 2008).

Gytetellingene ble gjennomført i andre halvdel av oktober i de fleste årene (Tabell 2). Høsten 2006 ble det gjort et forsøk på å gjennomføre gytefisktelling 13. oktober, men tellingen måtte avbrytes pga. dårlig sikt og noe høy vannføring. Vedvarende dårlig sikt og høy vannføring utover høsten medførte at gytefisktellingene ikke var gjennomførbare i løpet av gytetiden. Det ble i stedet gjennomført tellinger etter gytefisk som sto igjen i elva på vinteren, såkalte "vinterstøinger". I 2008 ble gytefisktellingene i Bjoreio og Eio gjennomført 22. september. Ettersom dette er noe tidlig i forhold til gytetiden, sto trolig mye av fisken i Eio fortsatt i Eidfjordvatnet. Den 4. november 2008 ble det gjennomført en ekstra telling på "Soget", dvs. utløpet av Eidfjordvatnet og elvestrekningen like nedstrøms hvor en vanligvis ser majoriteten av gytefrisken. Ettersom tellingen på denne begrensede elvestrekningen i november ga et høyere antall enn tellingen i september, er kun novembertellingene rapportert.

Tabell 2. Oversikt over dato for gjennomføring av gytefisktelling i Bjoreio, Eio og Veig i undersøkelsesperioden.

År	Bjoreio	Eio	Veig
2004	19.10.2004	19.10.2004	-
2005	19.10.2005	19.10.2005	-
2006	02.02.2007*	-	-
2007	03.10.2007	03.10.2007	-
2008	22.09.2008	22.09.2008/04.11.2008	-
2009	27.10.2009	27.10.2009	11.10.2009
2010	26.10.2010	26.10.2010	26.10.2010
2011	26.10.2011	10.11.2011	17.11.2011

*Gytetelling i 2006 ikke gjennomført i gytetiden, men som en begrenset telling av vinterstøinger på vinteren

Eggtetthet er beregnet ut fra en forventning om antall egg gytt av hofiskene i de ulike størrelseskategoriene i bestandene i forhold til elvearealet. Dette er gjort ved samme metode som er brukt for utregning av gytebestandsmål (Hindar m. fl. 2007), der andelen av hofisk blant tert, mellomlaks og storlaks er antatt å være henholdsvis 10 %, 70 % og 55 %. For sjøaure ble det antatt en kjønnsfordeling på 50 % for alle størrelsesgruppene. Videre har vi antatt gjennomsnittsvekten for tert, mellomlaks og storlaks å være 2 kg, 5 kg og 8 kg, og for sjøaure er vekten for observasjonskategoriene 0,5-1 kg, 1-2 kg 2-3 kg og >3 kg oppgitt som henholdsvis 0,75 kg, 1,5 kg, 2,5 kg og 4 kg. Antall egg pr. kg hofisk ble antatt å være 1450 for laks (Hindar m. fl. 2007) og 1900 for sjøaure (Sættem 1995). Arealet i Bjoreio, Eio og Veig er beregnet ut i fra N50-kartverk å være henholdsvis 129 000 m², 120 000 m² og 77 100 m².

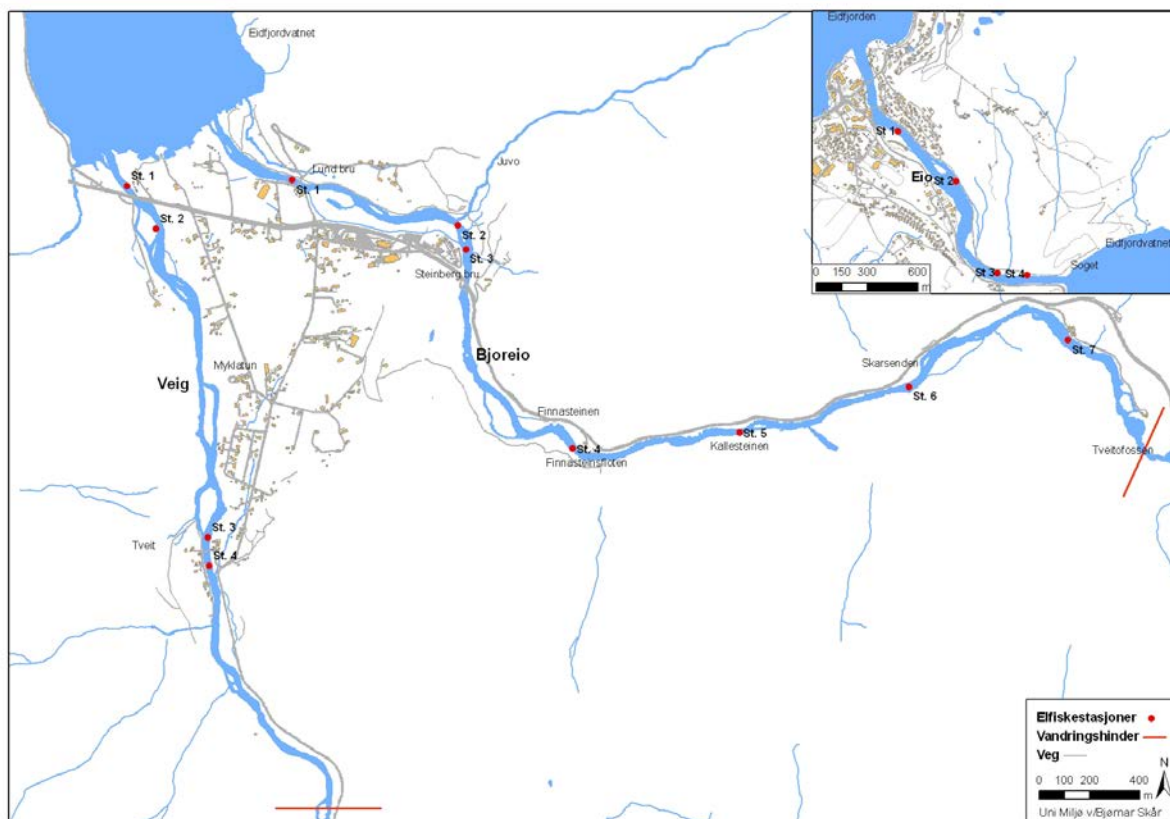
2.2 Elektrisk fiske

For å undersøke tettheten av ungfisk i Eidfjordvassdraget ble det i perioden 2004-2011 gjennomført et kvantitativt elektrisk fiske med tre gangers overfiske på hver stasjon i henhold til standard metode beskrevet av Bohlin m. fl. (1989). Undersøkelsene ble utført på stasjonsnettet som tidligere var etablert av Jensen & Steine (1990) og Berger m. fl. (2001). I Bjoreio har stasjonsnettet 7 stasjoner mens det i Eio og Veig er 4 stasjoner i hvert av vassdragsavsnittene (Figur 2). Arbeidet ble utført i september, oktober eller i november. Vannføring og temperatur ved gjennomføringen av undersøkelsene i perioden 2004-2011 i Bjoreio, er vist i Tabell 4. Arealet på den enkelte stasjon var 100 m². All fisk samlet inn ved elektrisk fiske ble artsbestemt, og årsyngel og eldre ble skilt ut i fra fiskens størrelse. Et utvalgt av fisken ble så tatt og frosset ned for senere å bli lengdemålt og aldersbestemt ved lesing av otolitter. Basert på resultatene fra det elektriske fisket og aldersanalysen, er det gitt estimater for tetthetene av de ulike alderskategoriene av ungfisk på de ulike stasjonene. Grunnet et meget høyt innslag av settefisk på stasjon 7 i Bjoreio, vil dette redusere fangbarhet også hos villfisk. Denne stasjonen ble derfor tatt ut ved beregning av gjennomsnittlige tettheter av naturlig rekruttert laks og aure i perioden 2004-2006 og i 2011.

I hele Eidfjordvassdraget er generelt fangbarheten av årsunger beheftet med betydelig usikkerhet. Dette skyldes liten fiskestørrelse kombinert med de fysiske forholdene med mye stor stein og store hulrom som gjør det vanskelig å fange liten fisk ved elfiske.

Tabell 3. Vannføring og vanntemperatur ved gjennomføringen av det elektriske fiske for å undersøke tettheter av ungfisk i Bjoreio i perioden 2004-2010.

Dato	Vannføring (l/s)	Vanntemperatur (°C)
18-19.10. 2004	750	5,9
18-19.10. 2005	900	1,1
12-13.10. 2006	1 800	8,6
24-25.10. 2007	1 200	3,9
23-24.09. 2008	540	7,9
28-29.10. 2009	1 400	4,1
10-11.11. 2010	1 000	0,4
09.11. 2011	1 900	-



Figur 2. Oversikt over stasjoner for elektrisk fiske i Bjoreio, Veig og Eio.

2.3 Rognplanting

Rognplanting som kultiveringsmetode kan utføres på ulike måter. De vanligste metodene som tidligere har vært brukt er enten å grave rogn direkte ned i elvegrusen, eller å legge dem i kasser eller bokser som igjen plasseres ut i elva (Barlaup & Moen 2001). Hvilken metode som er best egnet er avhengig av vassdrags- og lokalitetsspesifikke forhold. Basert på erfaringene med utplantingen oppstrøms lakseførende strekning i Eidfjordvassdraget, er bruken av Whitlock-Vibert bokser (heretter kalt Vibert bokser) plassert i kasser de beste plantemetodene, fordi bunnforholdene i den aktuelle delen av vassdraget er dominert av blokk og stor stein. Det var derfor relativt få plasser rognen ville kunne graves direkte ned i elvegrus. Bruk av Vibert bokser gir god mulighet til å fordele rognen og vår erfaring fra tilsvarende prosjekt i en rekke andre vassdrag, tilsier at dette er en generelt god og robust metode (Gabrielsen m. fl. 2007). I tillegg er det lett å registrere eggoverlevelsen i etterkant i Vibert boksene.

Kassene som ble brukt i de første årene, var perforerte plastkasser (21 cm høy, 40 cm bred og 60 cm lang). Disse ble fylt med grus og deretter plassert og gravd ned på egnede plasser i elva. Når kassene ble fylt med grus ble det samtidig satt ned fire drensør (ca. 20 cm lange). Rogn ble helt i porsjoner å ca. 500-600 rogn i hvert av disse drensørene og når rørene så ble trukket opp, raste grusen over og omsluttet eggene (se bilde). Eggene ble da liggende i lommer innimellom grusen som i en naturlig gytegrep. Det er svært viktig at grusen i kassene har riktig kornfordeling. Hvis det er for mye finpartikulært materiale i grusen vil dette føre til dårlig gjennomstrømming og oksygensvikt for eggene, mens for grov grus kan føre til at hulrommene i grusen blir for store og at eggene lekker ut av kassen. Kassene ble plassert på steder i elva som på forhånd var vurdert som egnede i forhold til ulike hydrauliske forhold. Dette for å sikre at kassene ikke ble utsatt for tørrelegging, utspyling og/eller sedimentering, og at yngelen skulle få tilgang til egnede habitat etter å ha forlatt kassene. Kassene ble sikret ved å grave dem delvis ned i elvegrusen eller ved å plassere dem mellom større steiner.

Vibert boksene som ble brukt var plastikkbokser (15 cm x 9 cm x 6 cm) hvor ca. 1000 øyerogn ble lagt i sammen med litt grus (se bilde). Disse ble gravd ned på egnede steder, og sikret så godt som

mulig. De ulike stedene for planting av rogn, ble merket av på kart, samtidig som det i tillegg ble foretatt en stedsfesting ved bruk av GPS på hver lokalitet.



Klargjort kasse med påfylling av rogn med rør (oppe til venstre), rørene trekkes forsiktig opp og grusen omslutter rognene nede i kassen (oppe til høyre). Ferdig kasse med rogn (nede til venstre). Vibert boks med rogn og noe grus graves ned i elvebunnen (nede til høyre). Foto: LFI Uni Miljø v/Tore Wiers og Bjørn Barlaup.

For å evaluere rognplantingen ble det gjort registreringer av overlevelse fra utlegging og frem til yngelen forlot kassene på sommeren samt undersøkelser av ungfisktettheter på høsten. Overlevelsen fra utplanting og frem til yngelen forlot kassene ble registrert ved å ta opp kassene, helle ut grusen og telle hvor mye død rogn og/eller plommeseckkyngel som lå igjen i kassen. I et utvalg av kassene ble en av eggglomene lagt i en Vibert-boks som en referanse for å få et best mulig estimat på overlevelsen. I tillegg ble de enkelte Vibert boksene tatt opp og antallet døde rogn i hver boks talt.

Før utlegging ble all rogn fargemerket, dvs. at rognene bades i fargestoffet alizarin på øyerognstadiet slik at det avsettes et fargemerke i øresteinen (otolitten). Fargestoffet vil settes av som en farget ring i fiskens øresteien og kan senere avleses under mikroskop (Moen 1996, 2000). Hensikten med denne merkingen er å senere kunne identifisere fisk som stammer fra rognplantingen. Denne metoden gjør det bl.a. mulig å analysere øresteinen av fisk tatt ved sportsfiske eller stamfiske for å identifisere innslaget av laks som stammer fra rognplantingen.

2.4 Undersøkelser av gytegrøper

Gytegrøper ble funnet ved å grave forsiktig i grusen med en spiss gartnerspade i områder der bunnsstrat er egnet for gyting. Når en gytegrøp (eggglomme) ble lokalisert, ble vanddypet over gytegrøpa og gravedypet ned til eggene registrert, samt at et utvalg rognkorn ble tatt opp med en hov. Overlevelsen ble estimert ved å telle antall levende og døde egg og/eller plommeseckkyngel. Det er viktig å bemerke at overlevelsen frem til ungfiskstadiet kan bli noe overestimert her da det kan inntreffe dødelighet både i perioden fra undersøkelsestidspunktet og frem til klekking og videre frem til yngelen forlater gytegrøpene. Et par rognkorn fra hver gytegrøp ble frosset ned og senere artsbestemt på laboratoriet ved hjelp av isoelektrisk fokusering av enzymer (Mork & Heggberget 1984; Vuorinen & Piironen 1984). Resterende rogn ble forsiktig gravd ned i grusen igjen. Ved undersøkelsene har det vært forsøkt å samle inn et så representativt utvalg som mulig med hensyn til

dyp og plassering av gytegroper. Gytegroperne har blitt undersøkt på etterm vinteren, vanligvis i begynnelsen av april (Tabell 4) når vannstanden (med få unntak) har vært lav. Fra og med 2008 har de fleste undersøkte gytegroper blitt stedfestet ved bruk av GPS.

Tabell 4. Dato for gjennomføring av undersøkelser av gytegroper i undersøkelsesperioden.

År	Dato
2004	28.03. og 01.04.2004
2005	06.04.2005
2006	07.04. og 09.04.2006
2007	10.04.2007
2008	13.03., 14.03., 04.04. og 09.04.2008
2009	01.04. og 02.04.2009
2010	07.04.2010
2011	01.04.2011
2012	28.03. og 12.04.2012

For å beregne hvor mange av gytegroperne som har vært strandet gjennom vinteren er det tatt utgangspunkt i dybdefordelingen av gytegroperne og vannstanden fra sensoren ved Skarsenden ved gjennomføring av gytegroppregistreringene hvert av årene. Deretter har vi beregnet hvor mange gytegroper som blir liggende over vannspeilet ettersom vannstanden synker, dersom en antar at vannstanden ved gytegroperne endrer seg i forholdet 1:1 med vannstanden ved sensoren i Skarsenden. Selv om sammenhengen mellom vannstand og vannføring vil variere mellom lokaliteter ut i fra variasjon i elveprofilen, så tilsier manuelle vannstandsmålinger ved flere viktige gyteområder at dette er en sannsynlig forutsetning innenfor spennet av vannstander som er aktuelt i dette tilfellet (Skoglund m. fl. 2007). En gytegropp blir her vurdert å være strandet dersom differansen mellom vannstanden ved undersøkelsestidspunktet og den laveste vannstanden som er registrert gjennom vinteren er større enn vanddyptet til gytegroppa. Det vil si at gytegroppen anses som strandet når substratet over gytegroppen ikke lenger er vanddekket.

2.5 Undersøkelser av utvandrende smolt

2.5.1 Kameraovervåking av nedvandrende smolt ved Tveitofossen

I årene 2009-2011 har det blitt benyttet undervanns videokamera for å overvåke smoltutvandringen ved Tveitofossen. Hensikten har vært å utrede hvorvidt smolten som skal vandre ned fra rognplantingsområdet skades eller drepes ved at den vandrer inn i vanninntaket til Tveitafoss kraftverk. Det var også en målsetting å tidfeste når på våren laksesmolten vandret. I tillegg har det vært en målsetting å evaluere hvorvidt tiltaket med å lage en utsparring av dammen har ført til at smolten i større grad vandret ut her enn inn i vanninntaket til kraftstasjonen.

Det tekniske oppsettet av video-systemet består av fire undervannskamera med lys som plasseres i elven. De fire videosignalene blir samlet til ett ved hjelp av en bildesplitter (quad). Dette firedelte bildet blir lagret ca. 2 ganger per sekund ved hjelp av en spesialbygget PC. Kameraene får strømforsyning via kabler fra et video-skap, og returnerer også signal gjennom kabelen til en harddisk-opptaker som står i skapet. Fire undervannskamera har årlig vært utplassert langs damterskelen og ved åpningen til vanninntaket til Tveitafoss kraftverk. Dette oppsettet vil ikke dekke hele overløpet på terskeldammen, og en vil derfor ikke kunne få en total oversikt over hvor mye smolt som vandrer ned fra området. I de tre årene har kameraene blitt satt ut i slutten av april, og de har filmet fram til slutten av juni/begynnelsen av juli (Tabell 5). Plasseringen av kameraene har variert noe mellom år. I 2009 var to kameraer plassert ved vanninntaket til kraftstasjonen, og to på terskeldammen. I 2010 og 2011 var ett kamera plassert ved vanninntaket og tre ved terskeldammen. I 2009 ble hele opptaket for perioden gjennomgått i sin helhet. Basert på erfaringene fra videoanalysene i 2009 ble analyseperioden kortet noe ned i 2010 og 2011. Det ble da kun gjennomført stikkprøver i perioder da det ble forventet lav aktivitet, og deretter kontinuerlig analyse i perioden for hovedutvandring av smolt.

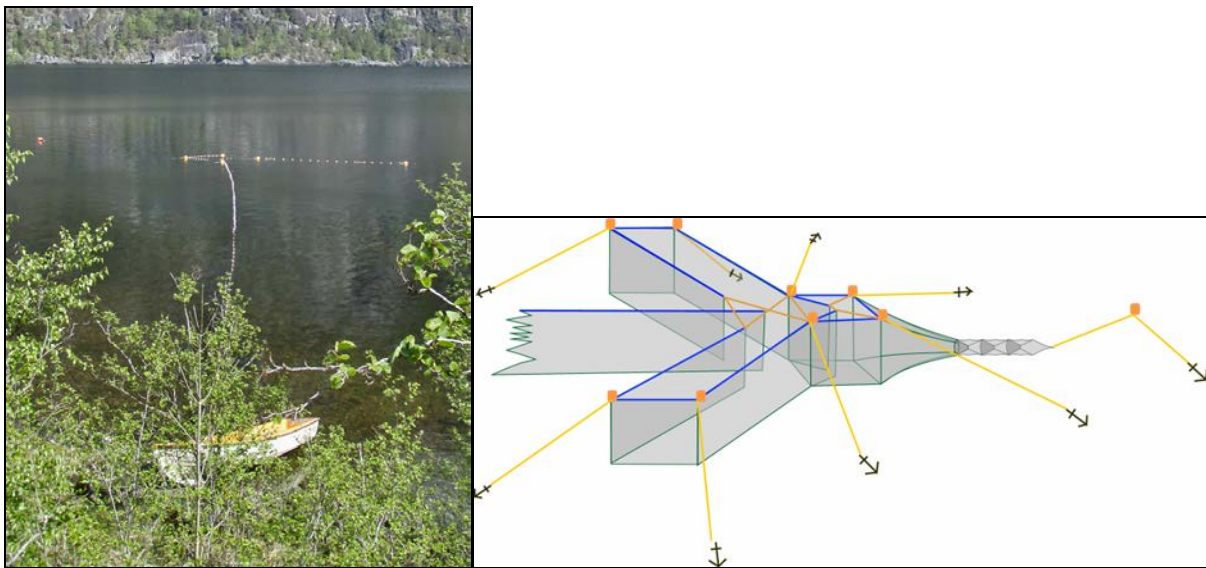
Tabell 5. Tveitofoss inntaksdam 2009-2011. Oversikt over tidspunkt for utsetting av kamera og over analysert tidsperiode. I tillegg er det foretatt stikkprøver i perioden i forkant.

År	Kamera satt ut	Analyseperiode
2009	27.04	27.04-20.06
2010	23.04	20.05-30.06
2011	16.04	20.05-04.07

2.5.2 Fangst av utvandrende smolt med ruse i Eidfjordvatnet

Parallelt med video-overvåkningen av smolt ved Tveitofoss har det vært fisket etter smolt med ruser i Eidfjordvatnet. Dette har vært storruser fra Innfisk AS (v/Jon Løyland). Rusene var plassert nær Soget ved utløpet av Eidfjordvatnet, i mai og juni. Hensikten med rusefisket var å undersøke utvandningsforløpet for smolt, samt undersøke størrelse, vekt og fysiologiske tilstand for smolten. I 2009 ble det fisket med en ruse, og i 2010 og 2011 med to. Rusene sto ca. 100 m ovenfor Soget, og ble røktet av personell fra Statkraft. Det ble ført logg over fisken som ble fanget.

Et utvalg av smolten ble samlet inn for videre analyse. Umiddelbart etter innfangning ble det tatt gjelleprøver for analyse av aluminiumspåslag, og for å undersøke smoltifiseringstilstanden ved Na/K ATPase prøver. Dette ble gjort ved at andre gjellebue på høyre side ble dissekert ut og lagt på forhåndsveide, syrevaskete telleglass. Andre gjellebue på fiskens venstre side ble så dissekert ut og lagt i kald SEI-buffer på Eppendorf-rør, og deretter frosset. Aluminiumsprøvene ble analysert av Universitetet for miljø og biovitenskap, mens analyse av ATPase ble utført av Havbruksinstituttet as.



Ruse for fangst av utvandrende smolt i Eidfjordvatnet (t.v.) og prinsippskisse for smolttrusen (t.h.). Skissen er utarbeidet av Jon Løyland ved Innfisk AS som produserer rusene.

2.6 Bunndyr

En lokalitet i nederste del av Bjoreio, Veig og Eio ble undersøkt. På hver lokalitet ble det tatt 4 separate sparkeprøver (Frost m. fl. 1971). Prøvene ble tatt den 5.11.2009 og den 13.04.2010. Hver sparkeprøve bestod av en strekning på 3 x 1 m, der substratet ble rotet opp og fanget i en hov med 250 µm maskevidde. UTM-referansene til lokalitetene er vist i Tabell 6.

Tabell 6. UTM-referanse til bunndyr-lokalitetene i Eidfjordsvassdraget.

Lokalitet	UTM-referanse
Bjoreio	32396948 6700251
Veig	32396333 6700153
Eio	32394044 6704839

Prøvene ble konserverert på etanol, og sortert under lupe i laboratoriet. Hver prøve ble først sortert i en time, der formålet var å få et representativt utvalg av alle arter/grupper i prøven. Dette utvalget ble så artsbestemt. Deretter ble resten av prøven sortert for å få med eventuelle arter/grupper som hadde blitt oversett under første sortering.

Forsurings-indeks 1 (Fjellheim & Raddum, 1990) og Forsurings-indeks 2 (Raddum, 1999) ble regnet ut for hver prøve på hver lokalitet.

Den totale prøven fra hver lokalitet ble brukt i utregningen av ASPT indeksen ('Average Score Per Taxon') (Armitage m. fl. 1983). Dette er en indeks som hovedsakelig gir størrelsen på den organiske belastningen på en lokalitet. Den baserer seg på 'scores' eller poeng, der enkelte familier av bunndyr får poeng avhengig av hvor tolerante artene i familien er for organisk anriking / forurensing. De mest tolerante får lav verdi, mens de minst tolerante får høy verdi. Summen av disse poengene for en bunnprøve utgjør BMWP indeksen ('Biological Monitoring Working Party System'). ASPT indeksen er en justering, der BMWP indeksen er delt på antall poenggivende arter/grupper i prøven. Denne indeksen er mer uavhengig av størrelsen på prøven enn BMWP indeksen, og blir derfor foretrukket.

Vurderingen av økologisk status med hensyn på organisk forurensing med ASPT indeksen er foreløpig, og må derfor brukes med en viss forsiktighet. En beskrivelse av indeksen på norsk kan finnes i Brittain (1988) og i Lyche Solheim m. fl. (2004).

Tabell 7. Grenseverdier for forsurening basert på forsuringsindeks 1 og 2, og for organisk påvirkning basert på ASPT indeksen.

Økologisk status	Forsuringsindeks 1 og 2	ASPT – verdi
Høy	$x = 1,0$	$x \geq 6,8$
God	$1,0 > x \geq 0,75$	$6,8 > x \geq 6,0$
Moderat	$0,75 > x \geq 0,5$	$6,0 > x \geq 5,2$
Dårlig	$x = 0,25$	$5,2 > x \geq 4,4$
Svært dårlig	$x = 0$	$x < 4,4$

2.7 Modeller

2.7.1 Simulering av temperatur uten vannslipp

For å finne ut hvor stor effekt vannslipp fra lukene i Isdal og Storlia har hatt på temperaturen på lakseførende strekning i årene 2004-2011, har vi brukt en enkel modell for å simulere hvordan temperaturen ville vært på anadrom strekning dersom denne manøvreringen ikke hadde vært gjennomført, og at tilsvarende vannføring i stedet hadde blitt sluppet fra Sysendammen. Dette har vi gjort ved å sette opp en modell der vi først beregner den øyeblikkelige temperaturen en får ved å blande vann med temperatur fra de ulike tilsigene som danner vannføringen ved Høl (T_1):

$$T_1 = T_{\text{System}} \times (Q_{\text{System}}/Q_{\text{Høl}}) + T_{\text{Isdal}} \times (Q_{\text{Isdal}}/Q_{\text{Høl}}) + T_{\text{Storli}} \times (Q_{\text{Storli}}/Q_{\text{Høl}}) + T_{\text{Rest}} \times (Q_{\text{Rest}}/Q_{\text{Høl}})$$

der T_{System} , T_{Isdal} , T_{Storli} er døgnmiddeltemperaturen fra loggerene ut av henholdsvis Sysendammen, Isdøla og Bjoreio fra Storlia oppstrøms Sysendammen. Q_{System} , er døgnmiddelvannføring ut av Sysendammen, og Q_{Isdal} og Q_{Storli} antatt vannføring ut av lukene ved Isdal og Storlia. Restvannføringen er beregnet som differansen mellom vannføring ved Høl og vannføringen fra de andre bidragene:

$$Q_{\text{Rest}} = Q_{\text{Høl}} - (Q_{\text{System}} + Q_{\text{Storli}} + Q_{\text{Isdal}})$$

Temperaturen fra restfeltet er ikke kjent, men siden Isdalen nedstrøms vanninntaket utgjør en stor del av restfeltet ved Høl, er T_{Rest} satt lik temperaturen i Isdøla (T_{Isdal}).

For å finne temperaturen på anadrom strekning dersom en bytter vannmengden som har blitt sluppet ut av lukene i Isdal og Stolia, i periodene disse har vært åpne, med vannføring fra Sysen, har vi benyttet følgende ligning:

$$T_2 = T_{\text{System}} \times ((Q_{\text{System}} + Q_{\text{Isdal}} + Q_{\text{Storli}})/Q_{\text{Høl}}) + T_{\text{Rest}} \times (Q_{\text{Rest}}/Q_{\text{Høl}}) + (T_{\text{Lund bru}} - T_1)$$

der $Q_{\text{System}} + Q_{\text{Isdal}} + Q_{\text{Storli}}$ er den nye vannføringen fra tapping av Sysendammen til vannføringen ved Høl, og $(T_{\text{Lund bru}} - T_1)$ er differansen mellom temperaturen ved Lund bru og simulert temperatur en har ved blanding av vannmassene fra tilsigene i årene.

2.7.2 Swimup og vekst

Tidspunkt for når yngelen kommer opp av grusen og starter første næringsopptak (heretter kalt swimup) de ulike årene er beregnet ved bruk av ligning 1b fra Crisp (1981, 1988). Denne modellen beregner utviklingshastigheten for egg og plommeseekkyngel som en funksjon av temperatur. For å beregne tidspunkt for swimup i årene 2004-2006 med og uten vannslipp, er det brukt døgnmiddeltemperaturer fra Lund bru og simulerte temperaturer som beregnet fra kapittel 3.6.3.

Forskjeller i vekstforhold med og uten vannslipp fra Isdal og Storlia er beregnet ved bruk av vekstmodeller. Vekstmodellene beregner vekst for ungfisk av henholdsvis laks og aure i forhold til temperatur dersom næringstilgangen ikke er begrensende for veksten. For å beregne vekst hos laks har vi brukt en vekstmodell utviklet av Elliott & Hurley (1997):

$$W_t = \left[W_0^b + bc \frac{(T - T_{LIM})}{\{100(T_M - T_{LIM})\}} \right]^{1/b}$$

der W_0 er fiskens vekt i gram ved start av perioden og W_t er fiskens vekt etter t dager med temperatur T . $T_{LIM} = T_L$ dersom $T \leq T_M$ eller $T_{LIM} = T_U$ hvis $T > T_M$. T_M er optimumstemperaturen for vekst, mens T_L og T_U er henholdsvis nedre og øvre grense for vekst, dvs. der vekstraten er lik null. b er eksponenten som medfører at veksten er lineær med tid, og c er vekstraten til en fisk på 1 g ved optimumstemperaturen (T_M). For verdiene til konstantene b og c , samt verdiene for T_M , T_L og T_U , er det for beregningene av laksens vekst brukt verdier beregnet av Forseth m. fl. (2001). Tilsvarende for vekstmodellen for aure har vi brukt Elliott m. fl. (1995). Ved temperaturer lavere enn T_L antok vi at vekten holdt seg konstant.

Vekst hos ensomrig laks er beregnet ved å anta at vekstsesongen starter ved swimup. Størrelsen på yngelen i det de kommer opp av grusen kan variere noe som følge av variasjon i eggstørrelse mellom gytefisk. Vi har her antatt at både laks og aureyngel i snitt er om lag 0,2 g (2,5 cm -3 cm) ved swimup. For de eldre årsklassene har vi tatt utgangspunkt i gjennomsnittslengder fra samme årsklasse funnet ved elektrisk fiske høsten i forkant. Siden vekstmodellen bruker vekt og ikke lengde som utgangspunkt, har vi brukt forholdet mellom lengde (cm) og vekt (g) fra et stort materiale av fisk fra en rekke vassdrag (LFI Uni Miljø upubliserte data). For aure er følgende ligning brukt:

$$\text{Ln}(\text{lengde}) = 0,3066 \times \text{Ln}(\text{vekt}) + 1,5348 \quad (r^2 = 0,99)$$

og tilsvarende for lakseunger:

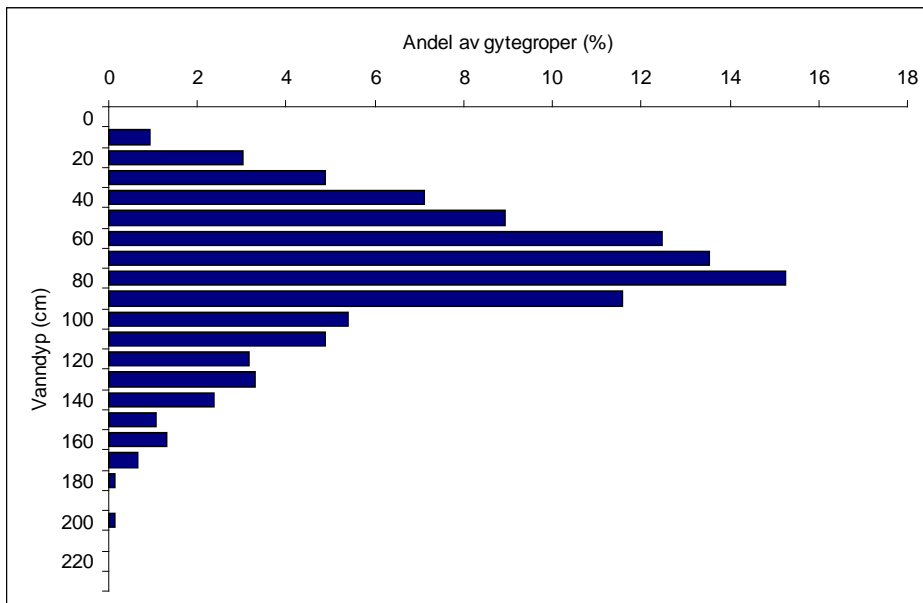
$$\text{Ln}(\text{lengde}) = 0,3203 \times \text{Ln}(\text{vekt}) + 1,5744 \quad (r^2 = 0,99)$$

2.7.3 Modell for sammenheng mellom vannstand i gytetiden og stranding av gytegroper

For å kunne estimere hvor utsatt gytegroperne vil være for stranding etter en gytesesong, har det blitt laget en enkel mekanistisk modell for å forstå sammenhengen mellom vannstand i gytetiden og stranding av gytegroper. Modellen tar utgangspunkt i at hofisk har klare preferanser for vanddypet på gyteplassen. Ved å ta utgangspunkt i de observerte vanddyperne på gytegroper som er registrert i Bjoreio i perioden 2004-2010, og den gjennomsnittlige vannstanden i gytetiden, har vi kommet frem til en fordeling for forventet gytedyp for laks og sjøaure i Bjoreio (Figur 3). Ettersom gytegroper som ligger grunnest sjeldent kan artsbestemmes som følge av dødelighet ved stranding, har det ikke blitt

skilt mellom laks og aure i modellen. Som følge av de forholdsvis lave gytebestanden av laks i perioden er en stor hoveddel av gytegroperne gytt av sjøaure. Ut i fra sammenhengen vil ca. 80 % av gytegroperne blir gytt på vanddyb i intervallet 30-110 cm, noe som også samsvarer med gytedyp rapportert fra andre vassdrag (Barlaup et al. 2008). Dersom en så forutsetter at fiskens preferanser for gytedyp er uavhengig av vannstand/vannføring, beregnes så andelen av gytegroper som blir lagt på ulike dyp på en gitt vannstand. Andelen gytegroper som forventes å strande ved ulike vannstands nivåer estimeres så ved å se på frekvensen av gytegroper som antas å ligge over vannstands nivået (tørt).

Modellen tar utgangspunkt i nivået for vannstand slik det har blitt målt ved måleren på Skarsenden. Videre forutsetter den at vannstanden endrer seg likt med varierende vannføring på alle gyteområdene.



Figur 3. Forventet vanddyb for gyting for sjøaure og laks basert på alle registrerte gytegroper fra Bjoreio i perioden 2004-2010.

3.0 Resultat

3.1 Gytefisktelling og eggtettheter

3.1.1 Bjoreio

LFI Uni Miljø har utført gytefisktelinger i Bjoreio i perioden 2004-2011, og resultatet av disse tellingene er gitt i Tabell 8. I tillegg har det blitt gjennomført gytefisktelinger i regi av NINA i perioden 1999-2003, og resultatene for alle årene er oppsummert i Tabell 9.

Observasjoner av villaks har variert fra 5-117 fisk, og de aller fleste årene har det blitt observert færre enn 40 gytelaks og i enkelte år færre en 10 gytelaks (Tabell 8). Det synes ikke å være noen klar trend gjennom perioden med hensyn til utvikling av bestanden, men en gytebestand på 117 laks i 2011 er mer en dobbelt så mye som er observert i noen av årene tidligere i undersøkelsesperioden, og er det høyeste antallet som er observert siden gytefisktelingerne ble startet opp i vassdraget i 1999 (Tabell 9). I hele undersøkelsesperioden har det vært en hovedvekt av mellomlaks i gytebestanden, dvs. fisk i størrelsesgruppen mellom 3-7 kg. Det har vært observert fra 1-10 rømt oppdrettslaks i undersøkelsesperioden (med unntak av i 2006). Til tross for at antallet rømt oppdrettslaks som har vært observert er relativt lavt, så har andelen av rømt oppdrettslaks i bestanden vært betydelig i enkelte år ettersom bestanden av villaks har vært lav (> 20 % i flere år). Ettersom det i mange tilfeller kan være vanskelig å skille rømt oppdrettslaks fra villaks utelukkende basert på morfologiske kjennetegn i mange tilfeller, så vil trolig en del rømt oppdrettslaks feilbestemmes som villaks. Dette vil i så fall medføre at andelen rømt oppdrettslaks vil bli noe underestimert.

Antall observasjoner av sjøaure har i perioden 2004-2011 variert fra 113-417, og der antallet sjøaure i gytebestanden har vært høyest i siste del av undersøkelsesperioden (Tabell 8). Til sammenligning ble det talt mellom 281-369 sjøaure på gytefisktelinger gjennomført i perioden 1999-2003 (Tabell 9). Sjøaurebestandene i 2010 og 2011 var dermed henholdsvis den høyeste og tredje høyeste som har vært registrert i siden gytefisktelingerne startet opp i 1999. Et karakteristisk trekk ved sjøaurebestanden er at en stor andel av sjøauren er storvokst med forholdsvis mange individer >3kg (Tabell 8). Det har imidlertid blitt registrert en økning av mindre sjøaure i de siste årene, samtidig som antall store sjøaurer (>2 kg) har vært forholdsvis konstant. Dette tyder på at rekrutteringen til gytebestanden har økt.

I enkelte av årene har det vært vedvarende høy vannføring og dårlig sikt utover høsten, noe som har bidratt til at observasjonsforholdene har vært vanskelige. Antall gytefisk vil derfor representere minimumsestimat på gytebestanden, men vil nok i stor grad reflektere nivået på gytebestanden og fange opp endringer i bestandsstørrelse mellom år. Et unntak var i 2006 da det ikke var mulig å gjennomføre gytefisktelinger i det hele tatt på høsten pga. høy vannføring og dårlige sikt. Det ble i stedet gjort et forsøk på å telle «vinterstøinger» som sto igjen i elva etter gytesesongen 2. februar 2007. Det meste av sjøauren og trolig store deler av gytebestanden av laks hadde da vandret ut fra Bjoreio ved dette tidspunktet, og tellingene kan derfor ikke brukes til å si noe om størrelsen på gytebestanden dette året. Tellingene sier allikevel at det var minimum 11 laks i som hadde gytt.

Tabell 8. Resultater fra gytefisktellingsene i Bjoreio i perioden 2004-2011.

	Vektclasser	Bjoreio							
		2004	2005	2006*	2007	2008	2009	2010	2011
Sjøaure	0,5 – 1 kg	14	18	-	36	69	83	153	92
	1 – 2 kg	29	25	-	34	53	80	174	154
	2 – 3 kg	20	31	-	21	32	31	51	75
	> 3 kg	56	39	10	37	34	19	39	44
	Sjøaure totalt	119	113	10	128	188	213	417	365
Villaks	Tert (<3 kg)	0	5	1	0	8	2	9	15
	Mellomlaks (3 – 7 kg)	7	27	9	6	20	3	21	82
	Storlaks (>7 kg)	0	9	1	5	5	0	3	20
	Villaks totalt	7	41	11	11	33	5	33	117
Oppdrettslaks	Tert (<3 kg)	0	0	-	0	3	0	0	0
	Mellomlaks (3 – 7 kg)	2	4	-	0	7	1	10	2
	Storlaks (>7 kg)	0	0	-	1	0	0	0	3
	Oppdrettslaks totalt	2	4	-	1	10	1	10	5

* Utført etter gytesesongen (februar 2007) pga. uegnete forhold for gytefisktelling på høsten

For hele perioden har de beregnede eggtetthetene for villaks i Bjoreio med få unntak vært lavere enn 1 egg pr m², og i mange årene er har eggtettheten også vært lavere enn 0,5 egg per m² (Tabell 9). I 2011 tilsvarte gytebestanden en eggtetthet på 4,2 egg pr m², og er med det det eneste året siden 1999 at gytebestanden er stor nok til å oppnå gytebestandsmålet som foreløpig er satt til 2 egg per m² i Eidfjordvassdraget (Hindar m. fl. 2007). For sjøaure har de beregnede eggtetthetene variert fra 2,1-4,9 egg per m² i perioden 1999-2011.

Tabell 9. Totalt antall villaks, oppdrettslaks og sjøaure observert ved gytefisktellinger, andel rømt oppdrettslaks og eggtetthet i Bjoreio i perioden 2001-2009. Data for perioden 2001-2003 er hentet fra Berger m. fl. 2002, Jensen m. fl. 2003 og Jensen et al. 2004 (for gytefisktellingsene utført i oktober).

År	Bjoreio					Sjøaure	
	Laks				Eggtetthet (egg per m ²)	Antall	Eggtetthet (egg per m ²)
	Villaks	Rømt oppdrettslaks	Andel rømt oppdrettslaks (%)				
1999*	20	--			0,9	281	4,5
2000*	30	--			0,5	297	2,4
2001	6	4	40,0		0,2	232	2,8
2002	26	7	21,2		0,6	369	4,0
2003	11	3	21,4		0,3	330	3,1
2004	7	2	22,2		0,3	119	2,4
2005	41	4	8,9		1,5	113	2,1
2006**	-	-	-		-	-	-
2007	11	1	8,3		0,5	128	2,1
2008	33	10	23,3		1,1	188	2,6
2009	5	1	20,0		0,1	213	2,9
2010	33	10	23,0		1,0	417	4,9
2011	117	5	4,1		4,2	365	4,9

* Ikke data for oppdrettslaks

** data utelatt pga. telling utført etter gytesesongen

3.1.2 Eio

I Tabell 10 er det gitt en oversikt over gytefisktellinger gjennomført av LFI Uni Miljø i perioden 2004-2011, mens det i Tabell 11 er gitt en oppsummering av resultatene for alle årene det er gjennomført gytefisktellinger i Eio. I årene 2004-2011 har det blitt registrert fra 20-69 villaks, fra 0-14 rømt oppdrettslaks og fra 69-247 sjøaure. Dette er på samme nivå som for perioden 1999-2003 og det synes ikke å være noen generell trend gjennom perioden verken for bestanden av laks eller sjøaure, men gytebestanden av sjøaure i 2010 og 2011 er blant de høyeste for hele perioden. Også i Eio er det et høyt innslag av forholdsvis stor sjøaure (>2 kg).



En stor andel av sjøauren i vassdraget er storvokst, dvs >2 kg. Foto: LFI Uni Miljø v/Bjørn T. Barlaup.

Et forhold som kan ha innvirkning på resultatene fra gytefisktellinger i Eio er at deler av gytebestanden trolig oppholder seg i Eidfjordvatnet før og etter gyting. Det viktigste gyteområdet i elva ligger i tilknytning til utløpet av Eidfjordvatnet, Soget, og det er her hovedmengden av gytefisk vanligvis blir observert. Ettersom tidspunktet for gytefisktelling har variert mellom år som følge av varierende vannføring og observasjonsforhold, så kan andelen av gytefisk som har trukket ned på gyteplassen på Soget også variere. I 2008 var vannføringsforholdene gunstige tidlig på høsten, og det ble gjennomført en telling med tre dykkere 22. september. På denne tiden sto trolig mye av gytefisk inne i Eidfjordvatnet, og medførte mest sannsynlig til en betydelig underestimering av gytebestanden.

Det ble deretter gjennomført en begrenset telling med kun to dykkere på Soget og elvestrekningen like nedenfor den 4. november, og siden denne tellingen ga et større antall fisk enn tellingen i september er kun novembertellingene presentert. I 2009 ble gytefisktelling gjennomført med kun to personer, noe som kan ha gitt en større grad av underestimering enn om en hadde vært tre dykkere som en har vært i de fleste øvrige årene. Det er derfor grunn til å tro at det noe lavere antall gytefisk av sjøaure talt i årene 2008 og 2009 (Tabell 10) kan skyldes metodiske årsaker knyttet til gjennomføringen, fremfor at det har vært noen reell nedgang i gytebestanden.

Tabell 10. Resultater fra gytefisktellinger i Eio i perioden 2004-2009.

	Vektclasser	Eio						
		2004	2005	2007	2008**	2009	2010	2011
Sjøaure	0,5 – 1 kg	12	34	50	24	27	80	82
	1 – 2 kg	28	44	37	19	44	81	106
	2 – 3 kg	52	49	28	12	29	34	36
	> 3 kg	93	34	16	14	14	15	23
	Sjøaure totalt	185	161	131	69	114	210	247
Villaks	Tert (<3 kg)	8	14	1	7	4	14	13
	Mellomlaks (3 – 7 kg)	27	16	12	34	15	21	44
	Storlaks (>7 kg)	10	14	7	9	8	6	12
	Villaks totalt	45	44	20	50	27	41	69
Oppdrettslaks	Tert (<3 kg)	1	0	0	1	0	3	1
	Mellomlaks (3 – 7 kg)	1	1	0	12	1	7	5
	Storlaks (>7 kg)	0	0	0	1	0	0	0
	Oppdrettslaks totalt	2	1	0	14	1	10	6

* Ikke gjennomført i 2006 pga høy vannføring

**Kun dykket ”Soget” + hølen rett nedstrøms ”Soget”

De beregnede egg tetthetene for villaks har kun unntaksvis vært høyere enn 2 egg per m², som er det foreløpige nivået på gytebestandsmålet som er satt for Eidfjordvassdraget, og har også vært <1,5 egg per m² de fleste årene i perioden 1999-2011 (Tabell 11). For sjøaure har egg tetthetene variert fra 1,0-7,7 i løpet av hele perioden 1999-2011, men har kun med få unntak vært >3 egg per m².

Tabell 11. Oversikt over antall villaks, rømt oppdrettslaks og sjøaure observert under gytefisktelinger i Eio i perioden 1999-2011. Data for perioden 1999-2003 er hentet fra Berger m. fl. 2002, Jensen m. fl. 2003 og Jensen et al. 2004 for gytefisktelingene utført i oktober. I 1999 og 2000 ble det ikke skilt mellom villaks og rømt oppdrettslaks.

År	Eio				Sjøaure	
	Laks			Eggtetthet	Antall	Eggtetthet
	Villaks	Rømt oppdrettslaks	Andel rømt oppdrettslaks (%)			
1999*	17			1,8*	111	2,1
2000*	77			2,7*	112	1,5
2001	11	0	0	0,5	105	2,1
2002	16	13	44,8	0,9	342	7,7
2003	14	1	6,7	0,4	139	2,9
2004	45	2	4,3	1,7	185	4,4
2005	44	1	2,2	1,5	161	2,8
2006**	-	-	-	-	-	-
2007	20	0	0	0,9	131	1,8
2008	50	14	21,9	1,9	69	1,0
2009	27	1	3,7	1,1	114	2,1
2010	41	10	19,6	1,2	210	2,6
2011	63	6	8,7	2,5	247	3,2

* Ikke data for oppdrettslaks

** Ikke mulig å gjennomføre i løpet av gytetiden

3.1.3 Veig

I Veig har det blitt gjennomført gytefisktelinger i perioden 2008-2011, og resultatene fra disse er fremstilt i Tabell 12. Høsten 2008 ble det kun talt gytefisk på en begrenset strekning nederst i (vassdraget fra bro ved Tveit og ned til Eidfjordvatnet) pga. høy vannføring, og det ble da kun talt 12 sjøaure. I årene 2009-2011 ble det observert fra 58-74 sjøaure og fra 5-26 villaks på de undersøkte strekningene. I 2010 og 2011 ble det også observert henholdsvis 7 og 5 rømt oppdrettslaks. Som følge av mye store blokker og strie stryk er det svært vanskelig å telle gytefisk effektivt på hele elvestrekningen i Veig, og det vil dermed kunne være en del fisk som ikke blir talt.

Ut i fra gytefisktelingene er eggtettheten i Veig i årene 2009-2011 beregnet å være henholdsvis 0,3, 0,2 og 1,5 egg per m² for villaks og 1,5, 1,4 og 1,6 egg per m² for sjøaure.

Tabell 12. Resultater fra gytefisktelingen i Veig i årene 2008-2011.

	Vektclasser	Veig			
		2008*	2009	2010	2011
Sjøaure	0,5 – 1 kg	0	14	15	18
	1 – 2 kg	4	20	29	31
	2 – 3 kg	4	10	11	17
	> 3 kg	4	14	7	8
	Sjøaure totalt	12	58	61	74
Villaks	Tert (<3 kg)	0	0	4	4
	Mellomlaks (3 – 7 kg)	0	2	3	18
	Storlaks (>7 kg)	0	3	0	4
	Villaks totalt	0	5	7	26
Oppdrettslaks	Tert (<3 kg)	0	0	0	0
	Mellomlaks (3 – 7 kg)	0	0	7	4
	Storlaks (>7 kg)	0	0	0	1
	Oppdrettslaks totalt	0	0	7	5

*Kun talt på en begrenset strekning i 2008 pga. høy vannføring

3.2 Undersøkelser av ungfisk

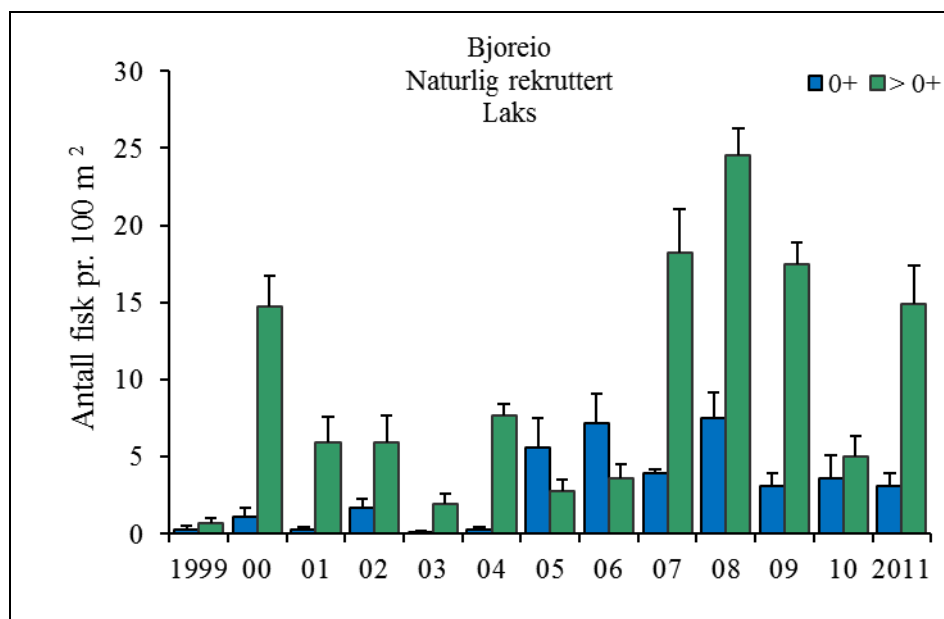
3.2.1 Bjoreio

Tettheter av naturlig rekruttert laks i Bjoreio

Tetthetene av naturlig rekrutterte ensomrige og eldre lakseunger registrert i Bjoreio i perioden 1999-2011 er vist i Figur 4. Resultatene viser at tetthetene av ensomrig laks på de syv undersøkte stasjonene i Bjoreio har vært lave gjennom hele perioden, men at tetthetene fra og med 2005 har vært høyere enn i årene før 2005. Den gjennomsnittlige tettheten i perioden 1999-2004 var 0,6 ensomrig laks pr. 100 m² og 4,9 i perioden 2005-2011. Dette tyder på økt rekruttering til bestanden. Det har blitt registrert relativ stor variasjon i tettheter av ensomrig laks mellom stasjonene (se Vedlegg 1). Det er spesielt på stasjon 3, ved Måbødalen campingsenter, at de høyeste tetthetene av ensomrige laks har blitt registrert. I dette området ligger også de største gyteområdene i Bjoreio.

Tetthetene av eldre laksunger har variert mye i undersøkelsesperioden, men har generelt sett vært høyere i perioden 2007-2011 sammenlignet med perioden 1999-2006 (Figur 4). Tetthetene funnet i årene 2007, 2008, 2009 og 2011 er de høyeste i overvåkingsperioden, og gjennomsnittlig tetthet for perioden 2007-2011 er 16 eldre laks pr. 100 m².

I perioden 2004-2006 og i 2011 ble det registrert et høyt innslag av settefisk på enkelte av stasjonene, noe som trolig har medført en del dårligere fangbarhet av naturlig rekruttert laks (se tettheter av settefisk i Bjoreio). Dette gjelder spesielt på stasjon 7, som av den grunn har blitt tatt ut ved beregninger av gjennomsnittlige tettheter for årene 2004, 2005, 2006 og 2011.



Figur 4. Gjennomsnittlige tettheter av naturlig rekruttert ungfisk på de undersøkte stasjonene i Bjoreio i 1999- 2011. Det er skilt mellom årsunger (0+) og eldre ungfisk (>0+). Data for perioden 1999-2003 etter Jensen m. fl. (2004). I 2004, 2005, 2006 og 2011 er stasjon 7 tatt ut av beregningene grunnet høyt innslag av utsatt laks som trolig reduserte fangbarheten av naturlig rekrutterte lakseunger betydelig. Stolpene over søylene angir 95 % konfidensintervall.

Tettheter av settefisk i Bjoreio

I årene 2004, 2005, 2006 og i 2011 har det på enkeltstasjoner i Bjoreio blitt fanget et relativt høyt antall settefisk. På den øverste stasjonen ble det fanget nesten 200 settefisk i 2005, og antallet har vært høyt i de årene hvor det ble registrert utsatt laks på denne stasjonen. I tillegg til stasjon 7 har det, i løpet av disse fire årene, blitt fanget et høyt antall settefisk på stasjonene 1 og 4 (100-150 stykker). Det høye antallet settefisk på disse stasjonene har gjort innsamlingen av ungfisk vanskelig, og har trolig påvirket estimatene for tetthetene av naturlig rekruttert fisk.

Vekstforhold for naturlig rekruttert laks i Bjoreio

Gjennomsnittlig fiskelengde for ulike aldersgrupper av lakseunger fra det elektriske fiske i Bjoreio i perioden 2004-2011, er vist i Tabell 13. Resultatene tilsier at lakseungene i Bjoreio vokser forholdsvis sent, med en årlig tilvekst på 3-4 cm pr. år. I perioden 1999-2003 ble gjennomsnittlig smoltalder funnet å være 3,3 år og gjennomsnittlig smoltlengde 14,1 cm (Jensen m. fl. 2004). I forbindelse med vår innsamling av smolt på utløpet av Eidfjordvannet i 2009, 2010 og i 2011 var gjennomsnittlig lengde henholdsvis 13,5, 14,7 og 15,6 cm. Aldersanalysen for smolt fanget i 2009 viser at samtlige laksesmolt var 3 år gamle. Tilsvarende viste aldersanalyse for smolt fanget i 2011 at 26 av 36 smolt var treåringer, og at de øvrige 10 smoltene var fireåringer.

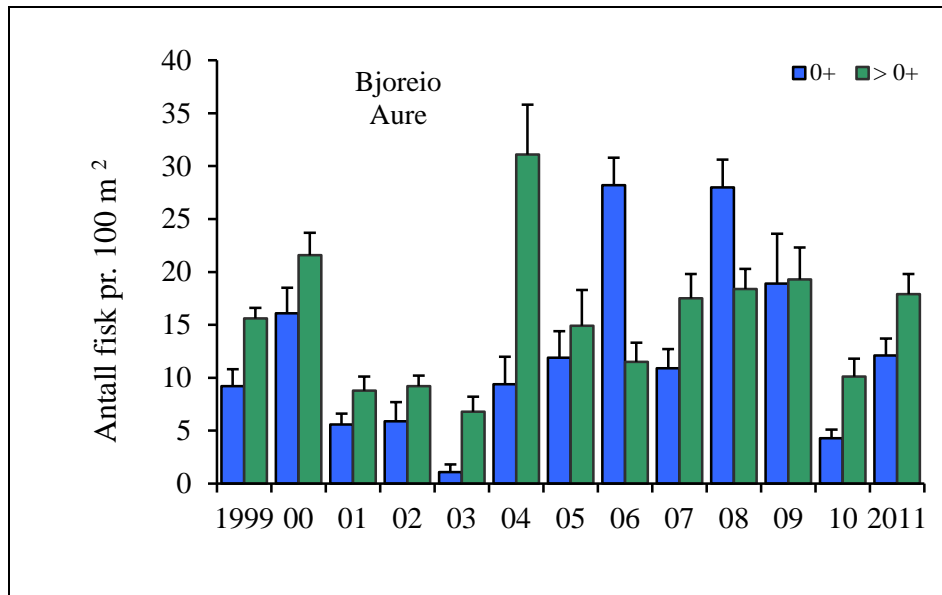
Tabell 13. Gjennomsnittlig lengde (cm) ± 95 % konfidensintervall for ulike aldersgrupper av naturlig rekruttert laks i Bjoreio i årene 2004-2011. N er antallet laks undersøkt. Data er basert på aldersanalyse av otolitter.

År	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)		Femsomrig (4+)	
	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N
2004	4,2 ± 0,2	2	10,2 ± 1,2	7	13,1 ± 0,4	31	15,1 ± 1,3	3	19,8 ± 1,2	2
2005	4,3 ± 0,1	33	7,4 ± 0,8	9	12,8 ± --	1	14,5 ± 1,2	4	20,6 ± 0,7	3
2006	4,9 ± 0,2	43	8,9 ± 0,3	23		0	15,8 ± --	1	16,1 ± --	1
2007	4,0 ± 0,1	27	8,1 ± 0,2	97	11,7 ± 0,3	27		0		0
2008	4,3 ± 0,1	52	7,7 ± 0,2	49	11,6 ± 0,2	109	13,4 ± 1,2	8		0
2009	4,2 ± 0,1	21	7,9 ± 0,2	47	11,6 ± 0,3	40	13,5 ± 0,3	31	16,2 ± --	1
2010	4,4 ± 0,2	12	8,1 ± 0,5	7	11,6 ± 1,0	5	14,1 ± 0,7	8	17,0 ± 0,5	2
2011	4,2 ± 0,2	12	7,7 ± 0,3	16	11,1 ± 0,5	20	13,3 ± 0,4	10	16,1 ± --	1

Tettheter av aure i Bjoreio

De gjennomsnittlige tetthetene av ensomrige (0+) og eldre (>0+) aureunger registrert i perioden 1999-2011 er vist i Figur 5. Resultatene viser at tetthetene av både ensomrig og eldre aure på de syv undersøkte stasjonene i Bjoreio har variert mye i undersøkelsesperioden. Som for ensomrig lakseyngel, synes årsklassene i 2006 og 2008 å ha vært sterke. Det ble registrert relativ stor variasjon i tettheter av ensomrig aure mellom stasjonene (se Vedlegg 1). De fleste årssunger har i denne perioden blitt fanget på stasjon 3, rett nedstrøms Steinbergbru hølen, men og på stasjonen ved Lund bru (stasjon 1) og stasjon 6 har det blitt fanget relativt mange årssunger. De eldre aurene har i denne perioden vært fanget relativt jevnt fordelt på hele den lakseførende strekningen, men som for årssungene er det blitt fanget flest eldre aure nedstrøms Steinberg bru, Lund bru og på stasjon 6.

Aureungene er antallsmessig dominerende i forhold til naturlig rekruttert laks i vassdraget. Det har årlig blitt funnet ensomrig aure på samtlige stasjoner i den undersøkte perioden. Dette tyder på at det rekrutteres aure i hele den lakseførende strekningen i Bjoreio.



Figur 5. Gjennomsnittlige tettheter av ungfisk av aure på de undersøkte stasjonene i Bjoreio i årene 1999-2011. Det er skilt mellom årsunger (0+) og eldre ungfisk. Data for perioden 1999-2003 etter Jensen m. fl. (2004). I 2004, 2005, 2006 og 2011 er stasjon 7 tatt ut av beregningene grunnet et høyt innslag av utsatt laks som reduserte fangbarheten av naturlig rekrutterte fisk betydelig. Stolpene over søylene angir 95 % konfidensintervall.

Vekstforhold for aure i Bjoreio

Årlig tilvekst for ungfisk av aure i Bjoreio har vært 3-4 cm per år (Tabell 14). Auren er noe større enn laksen etter den første vekstsesongen i elva, og siden tilveksten er ganske lik laksen, holder denne størrelsesforskjellen seg ettersom de blir eldre. I perioden 1999-2003 ble gjennomsnittlig smoltalder funnet å være 3,1 år og gjennomsnittlig smoltlengde 16,0 cm (Jensen m. fl. 2004). Tilsvarende smoltalder synes også å være sannsynlig utfra aldersbestemt aure i perioden 2003-2011 (Tabell 14).

Tabell 14. Gjennomsnittlig lengde (cm) \pm 95 % konfidensintervall for ulike aldersgrupper av aure i Bjoreio i årene 2004-2011. N er antallet aure undersøkt. Data er basert på aldersanalyse av otolitter.

År	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)		Femsomrig (4+)	
	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N
2004	5,1 \pm 0,2	62	8,3 \pm 0,2	72	12,2 \pm 0,3	93	15,0 \pm 0,3	19	17,9 \pm 1,1	2
2005	4,7 \pm 0,2	69	8,5 \pm 0,3	32	12,1 \pm 0,3	40	14,8 \pm 0,5	22	20,0 \pm ---	1
2006	5,1 \pm 0,1	177	8,5 \pm 0,2	53	12,4 \pm 0,6	13	15,0 \pm 1,2	8	16,3 \pm 3,4	2
2007	5,0 \pm 0,2	73	8,7 \pm 0,2	88	12,5 \pm 0,4	22	15,4 \pm 0,5	6	18,5 \pm 2,1	2
2008	4,8 \pm 0,1	190	8,4 \pm 0,2	68	11,9 \pm 0,4	42	15,5 \pm 0,8	9	17,9 \pm 0,9	6
2009	4,8 \pm 0,1	125	8,4 \pm 0,3	64	11,8 \pm 0,3	44	15,4 \pm 0,6	17	18,2 \pm ---	1
2010	4,7 \pm 0,3	25	8,4 \pm 0,3	43	12,2 \pm 0,7	15	14,7 \pm ---	1	---	0
2011	4,4 \pm 0,3	32	8,1 \pm 0,3	31	11,9 \pm 0,4	25		0		0

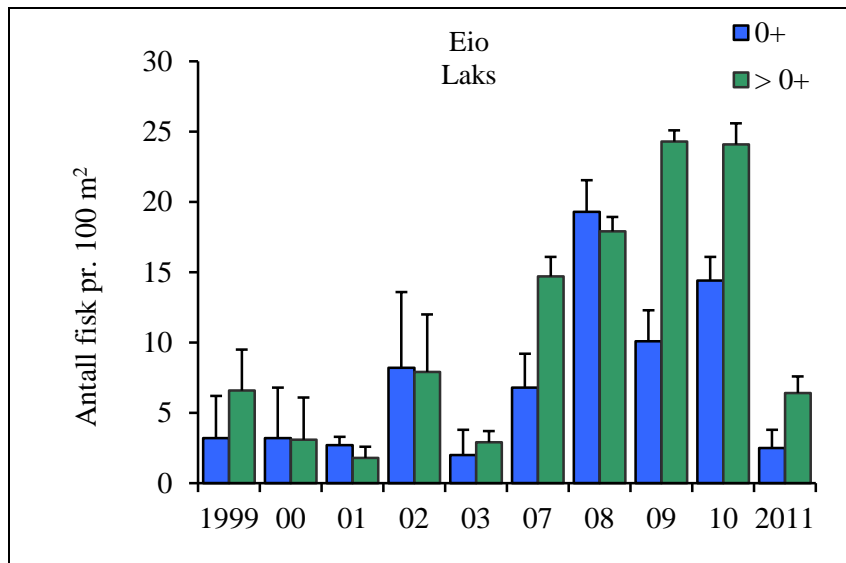
3.2.2 Eio

Tettheter av naturlig rekruttert laks i Eio

Tetthetene av naturlig rekrutterte ensomrige og eldre lakseunger registrert i Eio i perioden 1999-2011 er vist i (Figur 6). I perioden 2004-2006 ble det ikke utført undersøkelser av ungfiskbestandene i Eio. Resultatene viser at tetthetene av ensomrig laks på de fire undersøkte stasjonene i Eio har variert mye, men at de stort sett har vært lave gjennom hele perioden. Tetthetene i perioden 2007-2010 har vært høyere enn i perioden 1999-2003. Den gjennomsnittlige tettheten i perioden 1999-2003 var 3,9 ensomrig laks pr. 100 m² og 10,6 i perioden 2007-2011. Det er blitt registrert en relativ jevn fordeling

av både ensomrig og eldre laks mellom stasjonene i Eio (se Vedlegg 1). Tetthetene av eldre laksunger har også variert mye i undersøkelsesperioden, men har generelt sett vært høyere i perioden 2007-2010 sammenlignet med perioden 1999-2003 (Figur 6). Det ble imidlertid funnet en nedgang i tetthetene for både ensomrige og eldre lakseunger i 2011. Tetthetene funnet i årene fra 2007-2010 er de høyeste i hele overvåkingsperioden, og gjennomsnittlig tetthet for perioden 2007-2011 er 17,5 eldre laks pr. 100 m². Gjennomsnittlig tetthet i perioden 1999-2003 var 4,5 eldre laks pr. 100 m². Trolig gjenspeiler økningen i de siste årene økte tettheter av ensomrig laks.

I årene 2007, 2009 og i 2011 ble det registrert et høyt innslag av settefisk på enkelte av stasjonene, noe som trolig har medført en del dårligere fangbarhet av naturlig rekruttert laks.



Figur 6. Gjennomsnittlige tettheter lakseunger ved elektrisk fiske på fire stasjoner i Eio i 1999-2011. Det er skilt mellom årsunger (0+) og eldre ungfisk (>0+). Data for perioden 1999-2003 etter Jensen m. fl. (2004), mens det ikke er gjennomført undersøkelser i perioden 2004-2006. Stolpene over søylene angir 95 % konfidensintervall.

Vekstforhold for naturlig rekruttert laks i Eio

Gjennomsnittlig lengde for ulike aldersgrupper av lakseunger fra det elektriske fiske i Eio i perioden 2007-2011 er vist i Tabell 15. Som for Bjoreio, viser analysen av vekstforløpet at laksen har en relativt sen vekst i Eio. Årlig tilvekst for naturlig rekruttert laks i Eio er fra 3 til 4 cm per år.

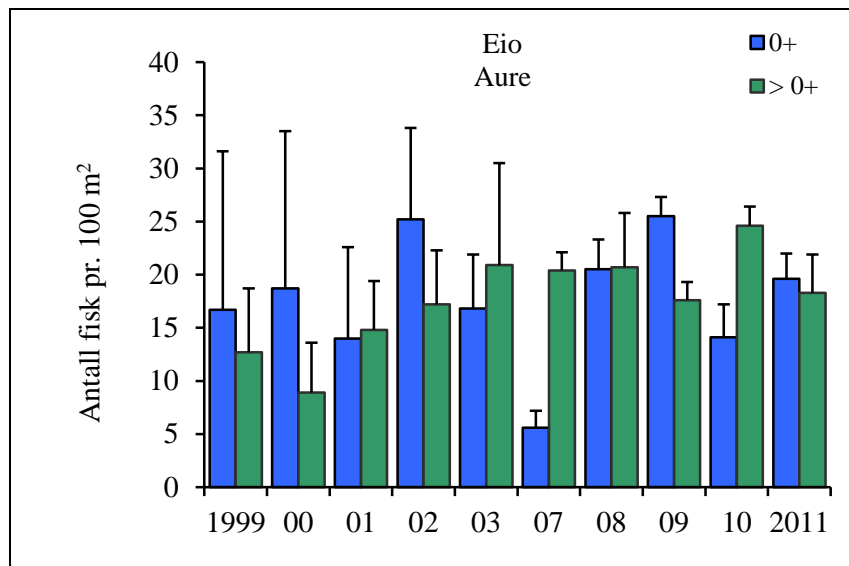
Tabell 15. Gjennomsnittlig lengde (cm) ± 95 % konfidensintervall for ulike aldersgrupper av laks i Eio i perioden 2007-2011. N er antallet laks undersøkt. Data er basert på aldersanalyse av otolitter.

Dato	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)	
	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N
2007	4,3 ± 0,2	28	8,0 ± 0,3	40	11,4 ± 0,5	16		0
2008	4,6 ± 0,1	76	7,7 ± 0,2	47	10,9 ± 0,4	20		0
2009	4,5 ± 0,1	39	8,5 ± 0,2	65	11,1 ± 0,4	26	12,9 ± --	1
2010	4,3 ± 0,2	23	8,4 ± 0,3	32	12,8 ± 0,7	9		0
2011	5,1 ± --	1	7,7 ± 0,3	6	12,7 ± 0,4	3		0

Tettheter av aure i Eio

De gjennomsnittlige tetthetene av ensomrig (0+) og eldre (>0+) aureunger registrert i perioden 1999-2011 er vist i Figur 7. Resultatene viser at tetthetene av både ensomrig og eldre aure på de fire undersøkte stasjonene i Eio, med unntak av ensomrig aure i 2007, har vært relativt stabile i undersøkelsesperioden. Gjennomsnittlig tetthet i perioden 1999-2011 er 17,7 ensomrig aure per 100 m² og 17,6 eldre aure per 100 m². Både ensomrig og eldre aure har i denne perioden vært fanget relativt jevnt fordelt på hele den lakseførende strekningen.

Aureungene var klart antallsmessig dominerende i perioden 1999-2003 i forhold til naturlig rekruttert laks i vassdraget. I perioden 2007-2011 synes det som at dette forholdet har endret seg. I denne perioden har det blitt fanget omtrent like mange laks som aure på stasjonene.



Figur 7. Gjennomsnittlige tettheter av aureunger ved elektrisk fiske på fire stasjoner i Eio i 1999-2011. Det er skilt mellom årsunger (0+) og eldre ungfisk (>0+). Data for perioden 1999-2003 etter Jensen m. fl. (2004), mens det ikke er gjennomført undersøkelser i perioden 2004-2006. Stolpene over søylene angir 95 % konfidensintervall.

Vekstforhold for aure i Eio

Som for laksen, har auren i Eio også en relativt sen vekst (Tabell 16). Årlig tilvekst for ungfisk av aure i Eio er ca. 4 cm pr. år, og er noe bedre enn sammenlignet med tilveksten for laks. Auren er noe større enn laksen etter den første vekstsesongen i elva, og siden tilveksten er noe bedre, øker størrelsesforskjellen med alder.

Tabell 16. Gjennomsnittlig lengde (cm) ± 95 % konfidensintervall for ulike aldersgrupper av aure i Eio i perioden 2007-2011. N er antallet aure undersøkt. Data er basert på aldersanalyse av otolitter.

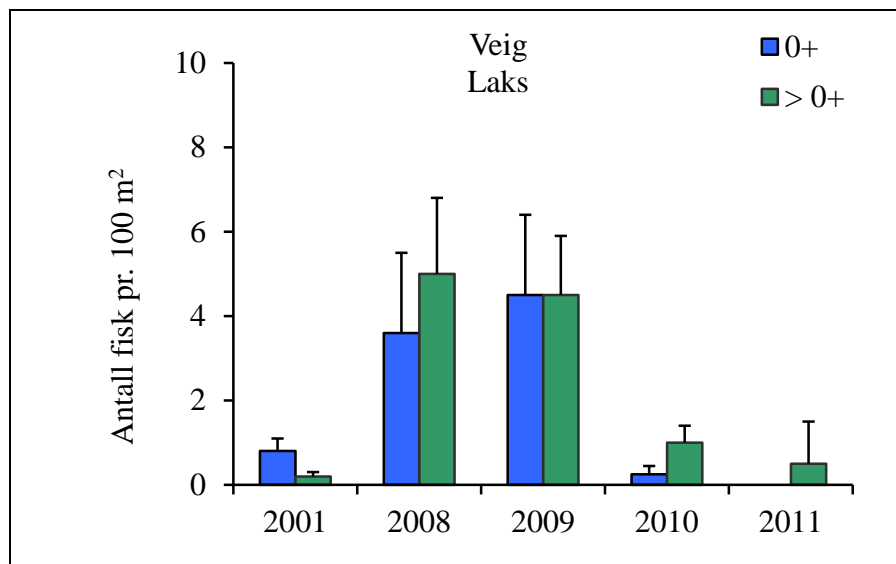
År	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)		Femsomrig (4+)	
	cm	N	Cm	N	cm	N	cm	N	cm	N
2007	4,9 ± 0,3	21	8,9 ± 0,3	55	11,7 ± 0,7	17	15,6 ± 0,3	2	15,5 ± 1,1	2
2008	4,9 ± 0,1	77	8,3 ± 0,3	44	11,5 ± 0,4	31	13,5 ± 1,1	5		0
2009	5,5 ± 0,2	100	9,5 ± 0,3	52	13,3 ± 1,1	14	12,8 ± 3,0	2		0
2010	5,3 ± 0,3	23	9,9 ± 0,5	31	13,1 ± 0,5	9		0		0
2011	4,8 ± 0,2	45	9,0 ± 0,4	28	12,9 ± 0,6	12	12,6 ± 1,6	3		0

3.2.3 Veig

Tettheter av naturlig rekruttert laks i Veig

Tetthetene av naturlig rekrutterte ensomrige og eldre lakseunger registrert i Veig i 2001 og i perioden 2008-2011 er vist i Figur 8. I perioden 2002-2007 ble det ikke utført undersøkelser av ungfiskbestandene i Veig. Resultatene viser at tetthetene av både ensomrig og eldre laks på de fire undersøkte stasjonene i Veig har vært lave gjennom hele perioden. I 2011 ble det ikke registrert ensomrig laks. Gjennomsnittlig tetthet i de undersøkte årene er henholdsvis 1,8 ensomrig laks og 2,2 eldre laks per 100 m². De aller fleste laksene har blitt fanget på stasjonene 1 og 2 som ligger i nedre del av elvestrekningen.

Tidligere undersøkelser i Veig har vist at tettheten av årsunger av laks har vært svært lav. I perioden 1979-1990 var høyeste registrerte tetthet av eldre laks ca. 10 individer pr 100 m² (Jensen & Steine 1990). BioVest A/S gjennomførte et elfiske på tre stasjoner i oktober 2000 uten å registrere laks (Lyse 2000, referert i Berger m. fl. 2002).



Figur 8. Gjennomsnittlige tettheter av lakseunger på fire stasjoner i Veig under innsamlingene i 2001 og i perioden 2008-2011. Det er skilt mellom årsunger (0+) og eldre ungfisk (>0+). Data for 2001 etter Berger m. fl. (2002). Stolpene over søylene angir 95 % konfidensintervall

Vekstforhold for ungfisk av laks i Veig

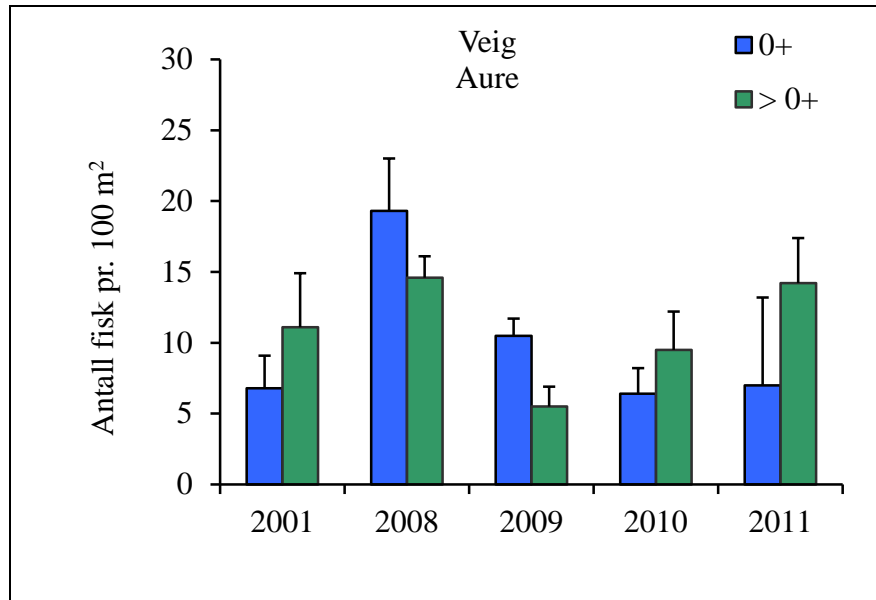
Siden det har blitt fanget få lakseunger ved våre undersøkelser i Veig, må analysen av vekstforholdene brukes med varsomhet. Gjennomsnittlig lengde for ulike aldersgrupper av lakseunger fra det elektriske fiske i Veig i perioden 2008-2011, er vist i Tabell 17. Som for Bjoreio, viser analysen av vekstforløpet at laksen har en relativt sen vekst i Veig. Årlig tilvekst for naturlig rekruttert laks i Veig har vært på mellom 3-4 cm pr. år.

Tabell 17. Gjennomsnittlig lengde (cm) \pm 95 % konfidensintervall for ulike aldersgrupper av laks i Veig i perioden 2008-2010. N er antallet laks undersøkt. Data er basert på aldersanalyse av otolitter. I 2011 ble det kun fanget 2 laks og begge ble satt ut i elven igjen.

År	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)	
	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N
2008	4,4 \pm 0,2	14	7,3 \pm 0,6	6	10,7 \pm 0,7	14		0
2009	4,5 \pm 0,4	18	8,4 \pm 0,9	14	10,7 \pm 0,8	3	13,8 \pm --	1
2010	4,8 \pm --	1	8,6 \pm 0,7	3	11,1 \pm --	1		0

Tettheter av aure i Veig

De gjennomsnittlige tetthetene av ensomrig (0+) og eldre (>0+) aureunger registrert i 2001 og i perioden 2008-2011 er vist i Figur 9. Resultatene viser at tetthetene av både ensomrig og eldre aure på de fire undersøkte stasjonene i Veig har variert noe i undersøkelsesperioden. Gjennomsnittlig tetthet i de undersøkte årene er 10,0 ensomrig aure pr. 100 m² og 11,0 for eldre aure. Det er blitt fanget flest eldre aure på de to øverste stasjonene, mens de ensomrige aurene har vært fanget relativt jevnt fordelt på hele den lakseførende strekningen. Aureungene er klart antallsmessig dominerende i forhold til naturlig rekruttert laks i vassdraget.



Figur 9. Gjennomsnittlige tettheter av aureunger på fire stasjoner i Veig under innsamlingene i 2001 og i perioden 2008-2011. Det er skilt mellom årsunger (0+) og eldre ungfisk (>0+). Data for 2001 etter Berger m. fl. (2002). Stolpene over søylene angir 95 % konfidensintervall

Vekstforhold for aure i Veig

Auren i Veig har en sen vekst (**Tabell 18**) og årlig tilvekst ligger på omtrent 3 cm pr. år. Auren synes å vokse noe senere i Veig sammenlignet med Bjoreio og Eio.

Tabell 18. Gjennomsnittlig lengde (cm) ± 95 % konfidensintervall for ulike aldersgrupper av aure i Veig i 2008 og 2009. N er antallet laks undersøkt. Data er basert på aldersanalyse av otolitter.

År	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)	
	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N
2008	4,6 ± 0,1	72	7,5 ± 0,2	37	10,8 ± 0,4	17	11,6 ± 3,0	2
2009	4,8 ± 0,9	42	8,2 ± 1,0	14	11,5 ± 0,6	4	15,3 ± 1,2	4
2010	4,7 ± 0,4	17	7,1 ± 0,5	6	12,1 ± --	1		0
2011	4,8 ± 0,3	17	7,3 ± 0,5	18	10,8 ± 0,5	12	16,6 ± --	1

3.3 Kultiveringsstrategier i Bjoreio

Som en del av konsesjonsbestemmelsene, ble regulanten i 1975 pålagt årlige utsettinger av 15 800 toårige laksesmolt av stedegen stamme og 10 000 ensomrige sjøaure som en kompensasjon for tapt fiskeproduksjon (Jensen m. fl. 2004). Utsetting av sjøaureyngel opphørte i 2001 etter anbefaling av Berger et al. (2001). Frem til 2002 ble laks hovedsakelig satt ut som smolt, men etter dette har det også blitt satt ut laks som både øyerogn og ensomrig settefisk (Tabell 19). Utsatt fisk har med få unntak vært fettfinneklippet siden 1990. All rogn er merket med rødt fargemerke i otolitten og utplantet ovenfor lakseførende elvestrekning (se kapittel 3.3.2). Settefisken har blitt fordelt på den lakseførende strekningen i Bjoreio og Eio. Smolten har blitt satt ut i mai, mens den ensomrige settefisken har blitt satt ut til noe ulike tider. Ensomrig settefisk har i hovedsak blitt satt ut fordi isforhold o.l. ikke har gjort det mulig å plante dem ut som rogn på vinteren. I 2009 ble det også satt ut noe fisk som smolt i Eidfjordvatnet. Denne fisken var opprinnelig produsert for å ha en mulighet til å gjennomføre utsettingsforsøk med merket smolt. Dette forsøket ble ikke realisert, og fisken ble i stedet satt ut i Eidfjordvatnet.

Tabell 19. Oversikt over utsetting av laks i Bjoreio og Eio i perioden 1990-2006. Data fra årene 1990-2001 er hentet fra Berger m. fl. (2001) og Berger m. fl. (2002), mens dataene fra årene 2002-2011 er oversendt fra Statkraft. I perioden 1990-1992 ble settefisken satt ut som 1-åringer, mens settefisken satt ut i perioden 2003-2011 er satt ut som ensomrige (0+).

År	Øyerogn	Settefisk	Smolt
1990	-	9 550	6 380
1991	-	11 282	16 071
1992	-	18 288	34 482
1993	-	-	17 163
1994	-	-	7 299
1995	-	-	12 974
1996	-	-	10 466
1997	-	-	11 500
1998	-	-	10 600
1999	-	-	8 558
2000	-	-	5 901
2001	-	-	5 440
2002	36 000	-	5 540
2003	-	2 956	3 286
2004	-	3 000	13 000
2005	18 000	57 000	17 150
2006	-	98 000*	-
2007	144 000	20 000	-
2008	85 000	-	-
2009	140 000	20 860	12 300
2010	140 000	-	-
2011	57 000	37 000	-

* Ikke fettfinneklippet

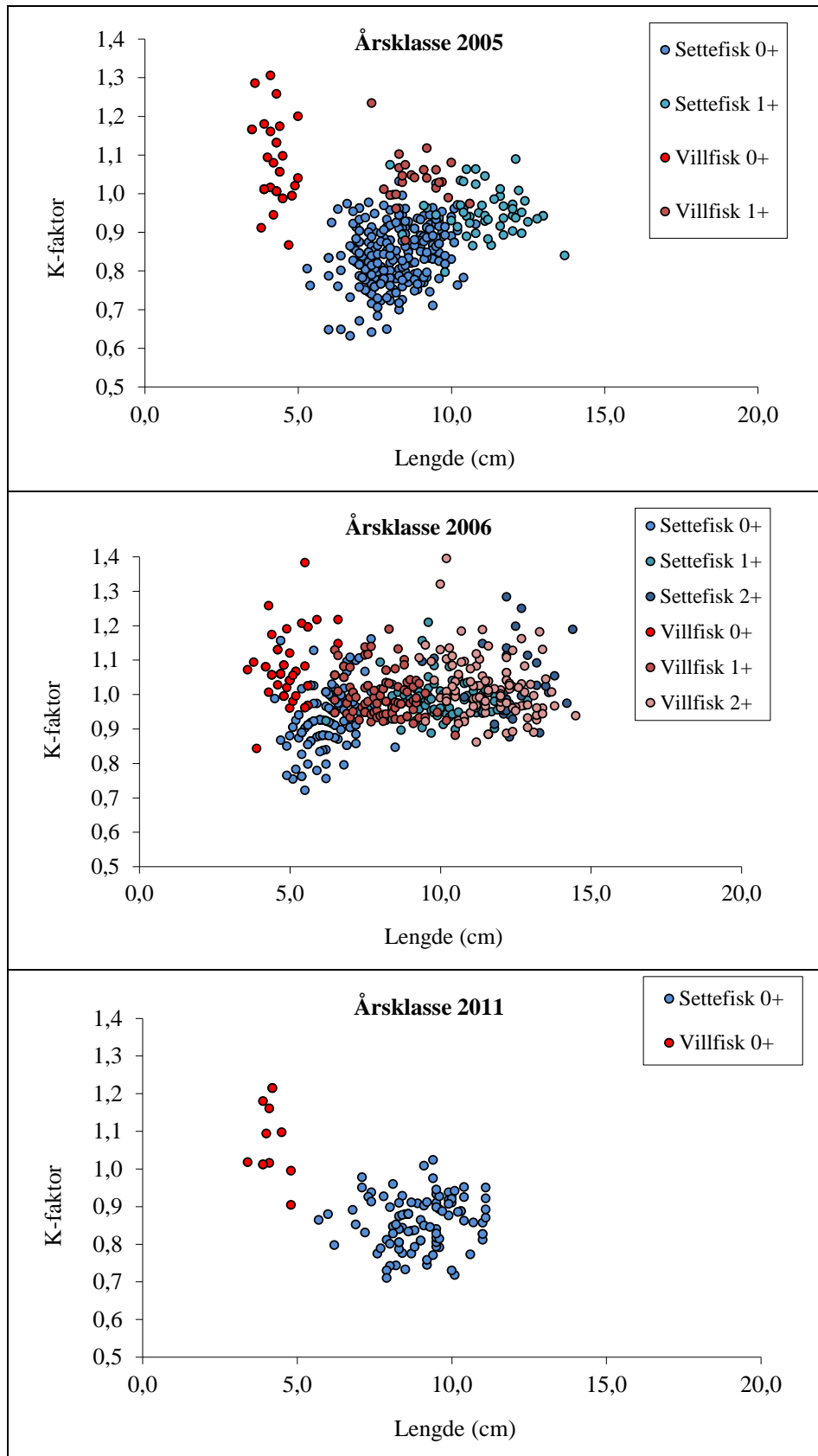
3.3.1 Innslag av settefisk i ungfiskbestanden

Ved det elektriske fisket i Bjoreio og Eio i perioden 2004-2011 kunne mesteparten av settefisken skilles fra naturlig rekruttert laks ettersom fettfinnen var klippet. Settefisk som ikke var fettfinneklippet ble identifisert ut i fra morfologi, pigmentering og vekstmønster ved lesing av ørestein. Resultatene viser at tettheten av settefisk har vært svært høy på enkelte stasjoner og nesten fraværende på andre stasjoner (se Vedlegg 2).

En høy andel av settefisken tatt ved det elektriske fisket ble vurdert å være nokså tynne under innsamlingene samt at en god del hadde forkortede gjellelokk (se bilde ovenfor). Ut i fra det utvalget av fisk som ble tatt med for analyse på laboratoriet i perioden 2005-2011, har ensomrig settefisk hatt en lavere kondisjonsfaktor sammenlignet med ensomrig villfisk (Figur 10). Denne forskjellen har vært signifikant for ensomrig laks for alle årsklassene undersøkt (t-test 0+ i 2005, $p < 0,001$; t-test 0+ i 2006 $p < 0,001$ og t-test 0+ i 2011, $p < 0,001$). Denne forskjellen i lengde-vekt forholdet tilsier at en stor del av den ensomrige settefisken er i dårlig kondisjon, og at en kan forvente høyere dødelighet den første vinteren blant settefisken. Blant ensomrige laks fanget ved elektrisk fiske høsten 2005 i Bjoreio, var forholdet mellom naturlig rekruttert laks og settefisk om lag 1:8, mens den samme årsklassen som tosomerige laks høsten 2006 ble funnet i et forhold som tilsvarer om lag 1:2. Tilsvarende resultater ble funnet for årsklassen 2006 med forholdstall 1:3 som 0+ i 2006 og 1:1 som 1+ i 2007. Liknende resultater ble observert i Eio. Selv om det er mulig at en del settefisk kan ha gått ut som smolt påfølgende vår, tyder resultatene på at denne forskjellen i stor grad skyldes en større dødelighet blant den ensomrige settefisken med dårligst kondisjon. Den tosomerige settefisken (dvs. settefisk satt ut som ensomrig og gjenfanget året etter) har hatt bedre kondisjon, noe som viser at settefisk som overlever den første vinteren har en normal vekst og god kondisjon.



En stor del av den ensomrige settefisken fanget om høsten i både Bjoreio og Eio var tynne og hadde dårlig kondisjon da de ble fanget. Noen hadde i tillegg gjellelokkforkortning. Bildet viser ensomrig settefisk fanget i Eio november 2011.



Figur 10. Kondisjonsfaktor i forhold til fiskelengde hos settefisk og naturlig rekruttert ungfisk av laks fra elektrisk fiske i Bjoreio for årsklassene 2005, 2006 og 2011.

3.3.2 Rognplanting i Bjoreio ovenfor Tveitofossen

Rognplanting før 2008

Prosjektet som rapporteres her omfatter utleggingen av øyerogn av laks i Bjoreio siden 2008. Det har imidlertid også tidligere vært lagt ut lakserogn og satt ut lakseunger i vassdraget. Første gang det ble plantet ut lakserogn, var oppstrøms lakseførende strekning ved Måbø gård i 2002. Oversikt over utsettinger før 2008 er gitt i Tabell 20. Resultater fra dette er tidligere rapportert og beskrevet i LFI-rapport nr. 136 (Skoglund m.fl. 2007) og 177 (Lehmann m.fl. 2010).

Tabell 20. Utsettinger av lakserogn/-yngel ovenfor lakseførende strekning i Bjoreio før 2008.

Dato	Antall, stadium, overlevelse
23.01.02	36 000 øyerogn, lagt ut av LFI. Rognoverlevelse 82 % (5 % initial dødelighet)
Jan. 2005	18 000 øyerogn, lagt ut av Statkraft.
24.05.06	98 000 årsunger (0+) ble satt ut av Statkraft langs hele Bjoreio. Noe av fisken ble også satt ut ovenfor lakseførende strekning, bl.a. ovenfor Måbøvatnet.
23.03.07	144 000 øyerogn, lagt ut av Statkraft. Rognoverlevelse 97 % (lav initial dødelighet)

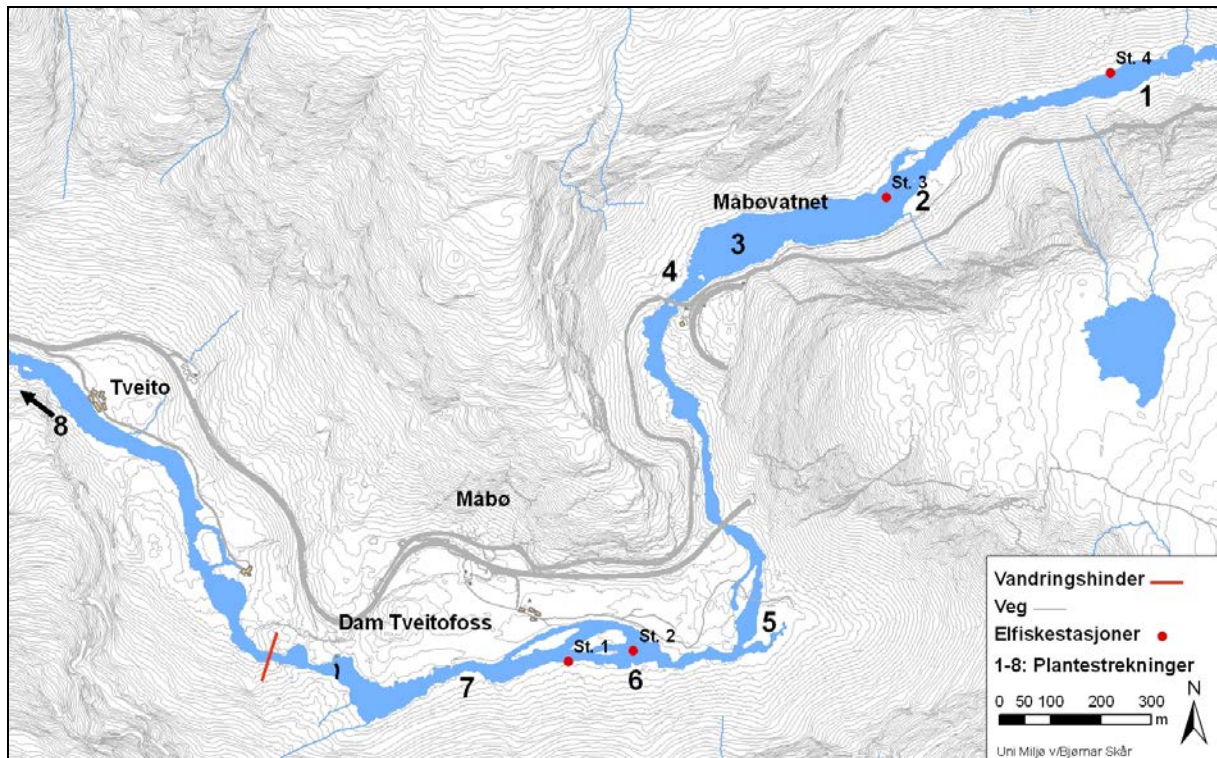
Rognplanting i perioden 2008-2011

Tabell 21 og Figur 11 gir oversikt over utsettingsstrekninger, utplantingsmetode, antall egg og eggoverlevelse. Generelt er utsettingsstrekningene dominert av moderate og strie stryk, avbrutt av roligere kulper. Substratet er stort sett grovt (stein, blokk), med stedvis opp til 100 % mosedekke. Sand og fin grus forekommer flekkvis enkelte steder, helst i bakevjer og bak blokker. Strekningene har tidligere blitt karakterisert gjennom bonitering, og er beskrevet i LFI-rapport nr. 157 (Lehmann m. fl. 2008). Enkelte boksene ble ikke gjenfunnet, trolig som følge av at de hadde blitt skjult under tykt mosedekke, sedimentert dypt ned i sand/grus, eller skylt bort i flom.

Tabell 21. Antall lakserogn utplantet ovenfor lakseførende strekning i Bjoreio f.o.m. 2008. V= direkte utplasserte Vibertbokser. K=Vibertbokser i kasser. Plantestrekningene er også vist på kart i Figur 11.

Plantestrekning	Antall 2008	Antall 2009	Antall 2010	Antall 2011
1: Ovenfor Måbøvatnet (V)	8000	28000	17000	11000
2: Innløp Måbøvatnet (V)	8000	8000	3000	10000
3: I Måbøvatnet (V)	5000	0	0	0
4: Utløp Måbøvatnet (K)	20000	24000	24000	12000
5: Nedenfor Måbøvatnet (V)	12000	32000	32000	0
6: Kulp ved Måbø (K)	24000	24000	24000	24000
7: Nedenfor kulp ved Måbø (V)	4000	11000	0	0
8: Bjoreio, lakseførende str. (V)	0	0	40000	0
SUM	81000	127000	140000	57000
Eggoverlevelse, %	89*	96	79*	99
Utplanting, dato	03.04.2008	01.04.2009	24.03.2010	06-29.04.2011
Opptak/kontroll, dato	22.09.2008	28.10.2009	30.09.2010	22.11.2011

*: Høy dødelighet pga. lav vannstand i Måbøvatnet og tørrlegging av egg.



Figur 11. Strekninger med rognplanting i Bjoreio i perioden 2008-2011.

3.3.3 Eggoverlevelse

Eggoverlevelsen ble funnet ved optelling av døde egg i Vibertbokser som ble kontrollert høsten etter utplanting. Overlevelsen er regnet som prosentandel av eggene som ikke ble gjenfunnet døde i Vibertboksene. I bokser som var plassert ut direkte i elvestrekninger, enten enkeltvis eller i grupper på 2-3, var eggdødeligheten generelt meget lav i alle de fire årene med rognplanting, og av 1000 utlagte egg per boks ble det typisk funnet i størrelsesorden 0 - 15 døde egg. I de få tilfellene der dødeligheten i direkte utplasserte bokser i elv var høy eller nær total, skyldtes dette gjerne ugunstig plassering som hadde resultert i sedimentering av sand og fin grus inn i boksene.

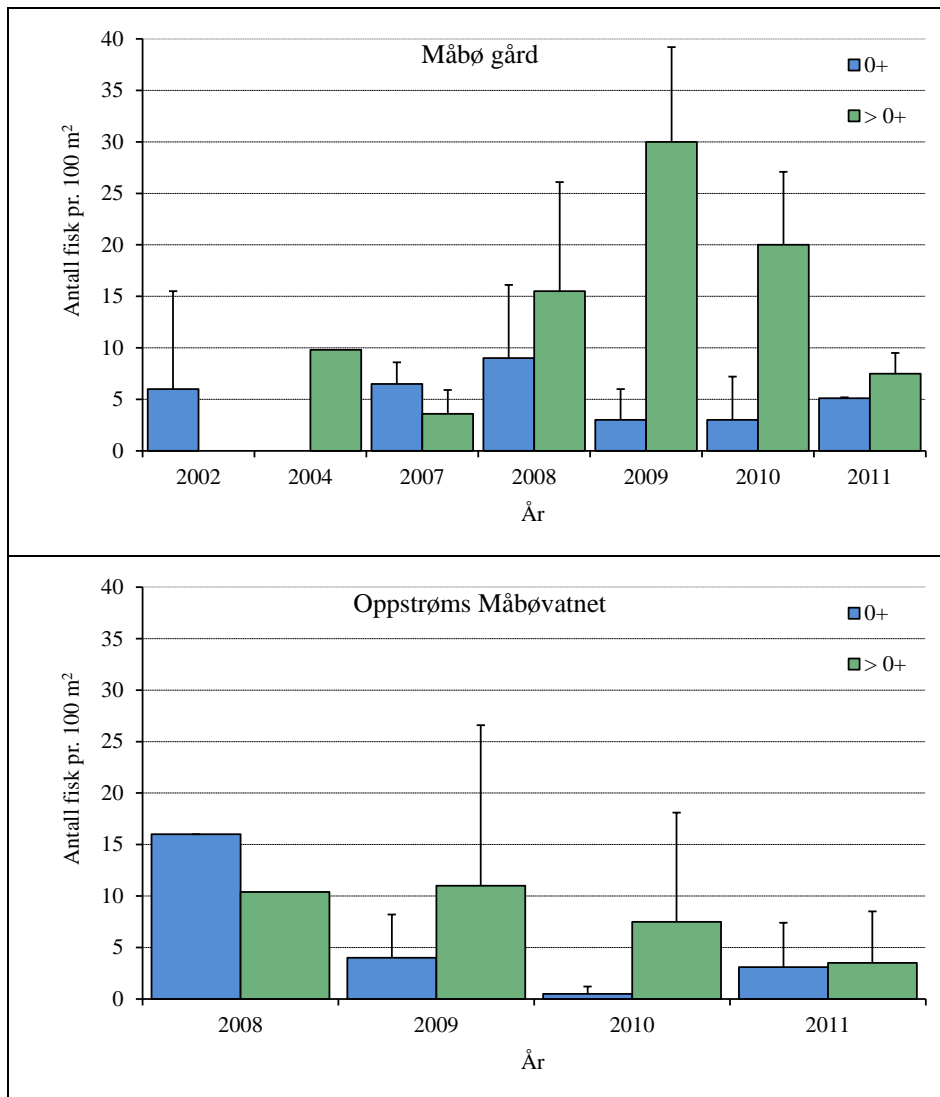
Den enkeltfaktoren som påvirket eggdødelighet mest, var lav vannstand i Måbøvatnet om våren i 2008 og 2010 i perioden mellom utplanting og påslipp av vann over Vøringsfossen. Den lave vannstanden skyldtes lavt tilsig i Bjoreio på ettervinteren, i kombinasjon med at vann lekker ut gjennom grusmassene som demmer opp på utløpet av Måbøvatnet. I 2008 førte dette til at kasser med Vibertbokser som ved utplanting sto på ca 0,5 m dyp på utløpet, ble helt eller delvis tørrlagt slik at eggene døde. Vannstandssenkningen i 2008 rammet også Vibertbokser som sto i innløpet til Måbøvatnet og inne i selve Måbøvatnet. Etter lavvannsepisoden i 2008 ble kasser på utløpet av Måbøvatnet satt ut på rundt 1,5 m dyp i årene etterpå, men vannstandssenkningen i Måbøvatnet i 2010 var så stor at også dette dypet ble tørrlagt.

Generelt viser resultatene at når det ikke har vært episoder med tørrlegging og sedimentering av egg, kan det forventes nær 100 % overlevelse på egg i Vibertbokser, fra øyerognstadiet til yngelen har svømt ut av boksen. Dette var situasjonen i 2009 og 2011 (Tabell 20).

3.3.4 Ungfiskundersøkelser i rognplantingsområdet

I forbindelse med utplantingen av lakserogn ovenfor Tveitofossen, har det blitt utført ungfiskundersøkelser siden 2002 på strekningene hvor det blir plantet ut lakserogn. Resultatene fra disse undersøkelsene er vist i Figur 12. I planteområdet ved Måbø gård har tetthetene av ensomrig laks vært lave og har variert fra 3 til 9 individer pr. 100 m². Tilsvarende lave tettheter er blitt funnet for ensomrig laks oppstrøms Måbøvatnet men med en noe større variasjon; 0,5-16 individer pr. 100 m².

Gjennomsnittlig tetthet for eldre laks ved Måbø gård i perioden 2004-2011 er 14,4 individer pr 100 m². Tilsvarende tetthet oppstrøms Måbøvatnet i perioden 2008-2011 er 8,1 individer pr 100 m².



Figur 12. Gjennomsnittlige tettheter av ungfisk av laks fanget på to stasjoner ved Måbø gård (øverste figur) og på to stasjoner oppstrøms Måbøvatnet (nederste figur) oppstrøms lakseførende strekning i Bjoreio hvor det har blitt plantet ut lakserogn i perioden 2002-2011. Det er skilt mellom årsunger (0+) og eldre ungfisk (>0+). Stolpene over søylene angir standard avvik.

Gjennomsnittlig lengde for ulike aldersgrupper av lakseunger fra det elektriske fiske oppstrøms Tveitofossen i Bjoreio i perioden 2002-2011, er vist i Tabell 22 og Tabell 23. Analysen av vekstforløpet viser at laksen har en relativt sen vekst og at den er forholdsvis lik veksten i lakseførende strekning i Bjoreio. Årlig tilvekst for laks fra rognplantingen ligger på rundt 4 cm pr. år. Trolig vil de fleste lakseungene fra rognplantingen vandre ut som smolt når de er tre år gamle.

Tabell 22. Gjennomsnittlig lengde (cm) \pm 95 % konfidensintervall for ulike aldersgrupper av laks fanget ved Måbø gård i Bjoreio i perioden 2002-2011. N er antallet laks undersøkt. Data er basert på aldersanalyse av otolitter.

År	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)		Femsomrig (4+)	
	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N
2002	5,1 \pm 0,2	18		0		0		0		0
2004		0		0	14,2 \pm 0,5	22		0		0
2007	4,5 \pm 0,2	13	9,0 \pm 1,0	2	14,2 \pm 0,8	4		0		0
2008	4,5 \pm 0,2	18	8,5 \pm 0,2	31						
2009	4,3 \pm 0,4	6	8,1 \pm 0,4	12	12,4 \pm 0,3	32		0		0
2010	4,2 \pm 0,2	6	8,4 \pm 0,8	13	12,4 \pm 0,6	17	15,3 \pm --	1		0
2011	4,3 \pm 0,2	5	7,6 \pm 0,3	3	10,2 \pm 1,1	3		0		0

Tabell 23. Gjennomsnittlig lengde (cm) \pm 95 % konfidensintervall for ulike aldersgrupper av laks fanget oppstrøms Måbøvatnet i Bjoreio i perioden 2008-2011. N er antallet laks undersøkt. Data er basert på aldersanalyse av otolitter. Det ble ikke samlet inn laks for aldersanalysen oppstrøms Måbøvatnet i 2011.

År	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)		Femsomrig (4+)	
	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N	cm	N
2008	4,5 \pm 0,2	16		0		0		0		0
2009	4,4 \pm 0,2	8	9,2 \pm 0,4	13	10,6 \pm 0,3	7		0		0
2010	3,7 \pm --	1	7,9 \pm 0,5	5	13,0 \pm 0,6	9		0		0

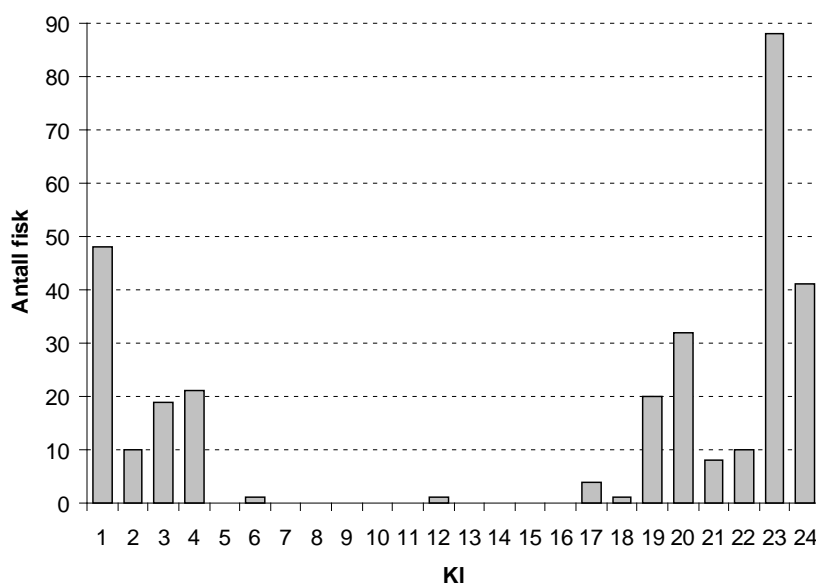
3.4 Smoltutvandring

3.4.1 Videoovervåking av smoltvandring forbi Tveito kraftverk

Ved kameraovervåking ble det i årene 2009, 2010 og 2011 totalt gjort registreringer av henholdsvis 304, 288 og 301 laksesmolt som vandret ned forbi de fire kameraene ved dammen ovenfor Tveitofossen. I tillegg ble det observert noe aure og lakseparr som oppholder seg ved og/eller vandret over kanten på dammen. I 2009 kunne i hovedsak all laks som vandret ned identifiseres som utvandrende laksesmolt. I 2010 og 2011 ble det observert en del laks som passerte kameraene som hadde mer fremtredende parrmerker enn den øvrige smolten, og aktiviteten av disse syntes å øke utover mot slutten av juni (se nedenfor). I mange tilfeller viser det seg å være vanskelig å skille parr og smolt ut i fra videoanalysen, noe som medfører at det er vanskelig å si hvor mange som faktisk er utvandrende smolt og det bidrar dermed til å komplisere analysen av utvandringstidspunkt. En stor del av laksesmolten som ble registrert vandret enkeltvis, men det ble også observert fisk i større og mindre grupper, og den største gruppen som ble registrert var en stim på 25 laksesmolt i 2009.

Døgnvariasjon i smoltutvandring

Videoregistreringene i 2009 av fisk som passerte kameraene viste at smoltutvandringen i all hovedsak foregår i den mørke delen av døgnet. Mer enn halyparten av smolten vandret ut mellom kl. 23.00 og kl. 01.00, og 302 av 304 fisk ble registrert mellom kl. 17 og 05 (Figur 13). For 2010 og 2011 foreligger det ikke fullstendig informasjon om døgnvariasjon i utvandring ettersom det da kun ble analysert et utvalg av døgnet i deler av analyseperioden.



Figur 13. Døgnvariasjon i utvandring av smolt forbi inntaksdammen på KV Tveitofoss, 27.04-20.06.09.

Smoltvandring i forhold til vanninntaket til kraftverket

I 2009 og 2010 ble det observert henholdsvis 57 og 18 laksesmolt som tilsynelatende vandret inn i vanninntaket til turbinen til Tveitofoss (Tabell 24). Disse utgjorde henholdsvis 18,8 % og 6,3 % av all laksesmolten som ble registrert. Det er viktig å påpeke at den egentlige andelen av smolt som vandrer inn vanninntaket vil være lavere, ettersom kameraene på dammen kun dekker en liten del av tverrsnittet og dermed kun registrerer en begrenset andel av smolten som vandrer ut over dammen. Våren 2011 ble det laget en utsparring på betongterskelen like bortenfor vanninntaket. Under smoltutvandringen våren 2011 ble det kun observert 10 laksesmolt (3,4 % av totalt antall registrerte laksesmolt) som gikk inn i vanninntaket. Det synes derfor som en forholdsvis liten andel av fisken vandrer inn i vanninntaket, og at mesteparten av smolten vandrer over dammen på vei ned. Fritjof

Myklatun ved Hardanger Energi har oppsynet med ristene i inntaksluken, og sier at han ved flere anledninger har observert stimer med fisk som vandret fram og tilbake ved inntaksluken. Han har imidlertid ikke observert død fisk på ristene, som har spalteåpning 1,5 til 2 cm og blir rensket minst en gang i uken.

Tabell 24. Nedvandrende smolt registrert ved damterskel og ved vanninntak for KV Tveitofoss. 2009-2011.

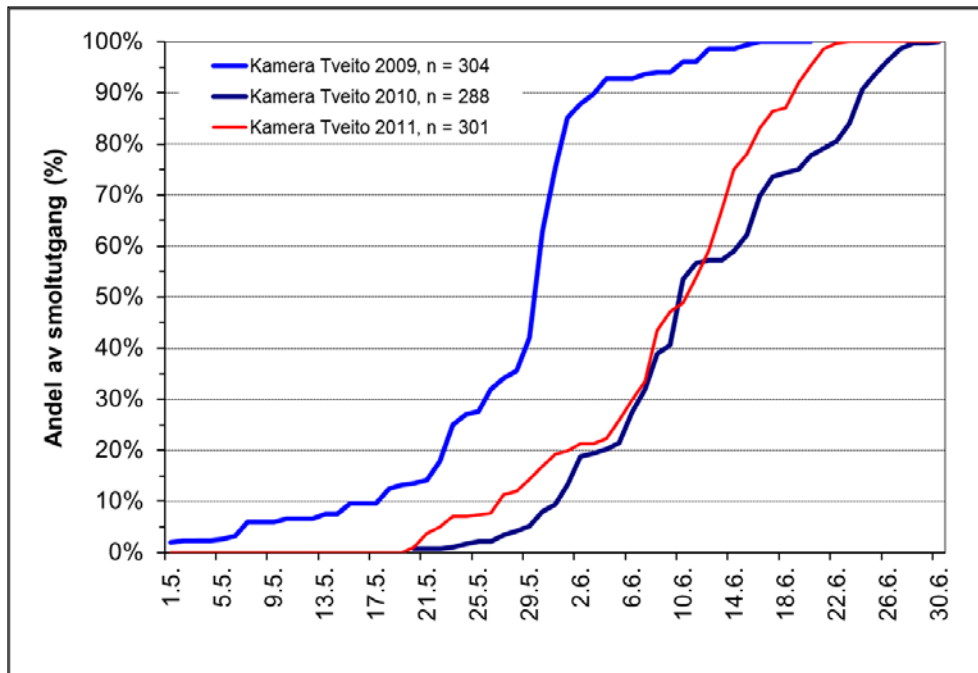
År	Reg. smolt	Ut over damterskel	Inn i vanninntak
2009	304	247	57
2010	288	270	18
2011	301	291	10



Utsparing (LxD = 160 x 30 cm) i betongterskelen ved dammen på Tveito, våren 2011.

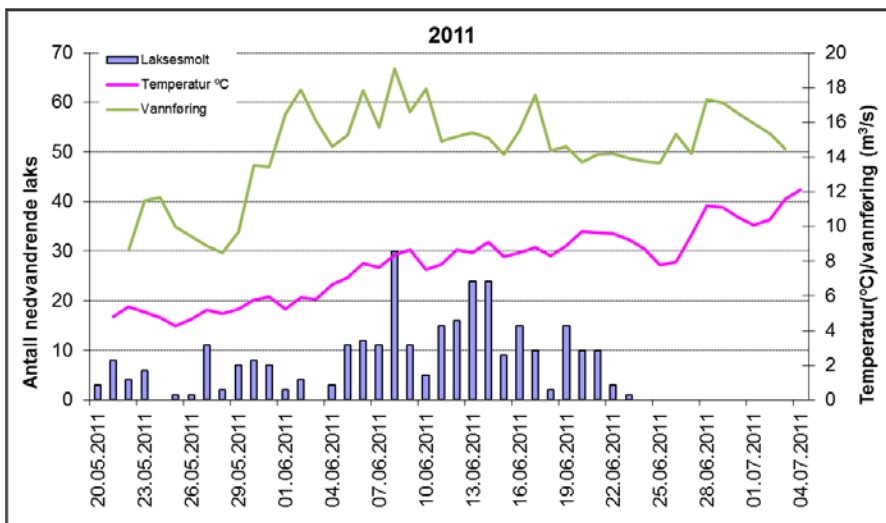
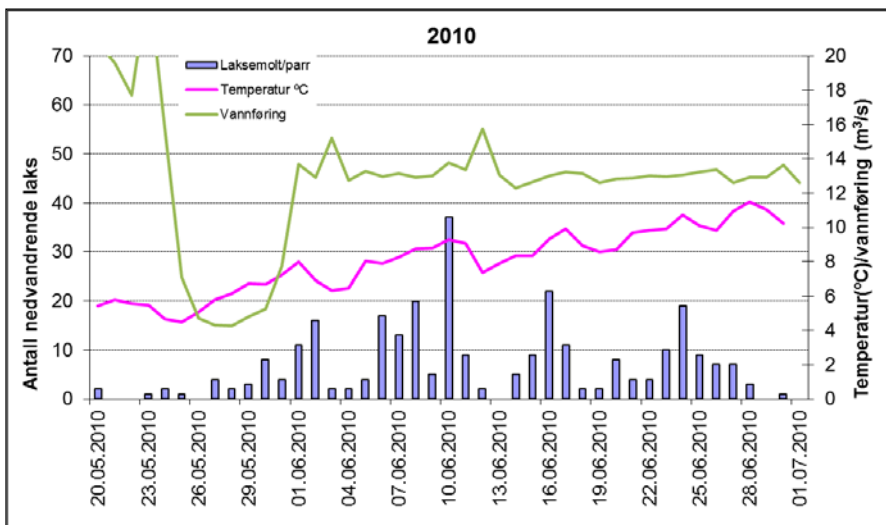
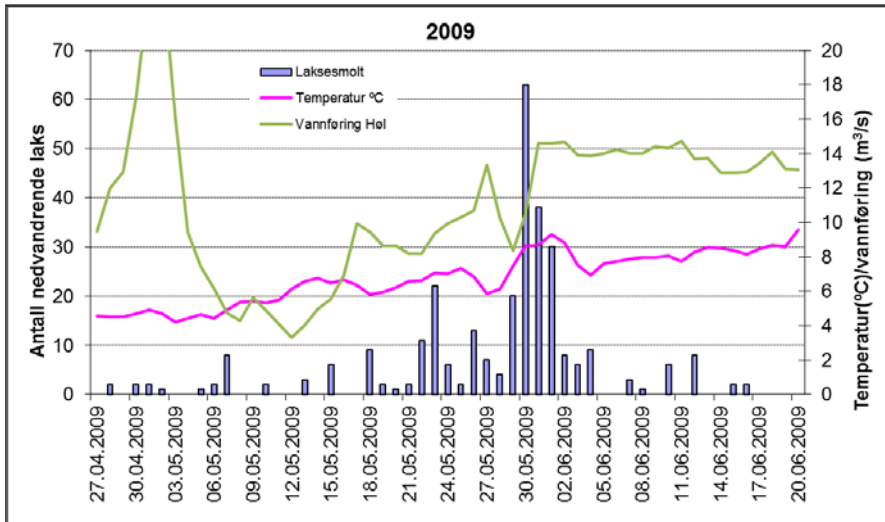
Tidspunkt for smoltutvandring

Den viktigste tiden for utvandring synes i alle årene å forekomme i løpet av juni, men utvandningsforløpet skiller seg noe mellom årene (Figur 14). I 2009 ble det observert nedvandrende laksesmolt allerede i månedsskifte april/mai, men det synes å være en klar topp i utvandringen i perioden 29. mai – 01. juni. I både 2010 og i 2011 synes utvandringen å trekke ut over en noe lengre periode, og å være noe senere (Figur 15). Et usikkerhetsmoment er at det har vært vanskelig å skille klart mellom utvandrende smolt og lakseparr. I både 2010 og 2011 ble det observert en økning i aktivitet av laks ved kameraene fra midten av juni utover. Mye av denne fisken hadde mer markerte parrmerker og det er usikkert om dette faktisk er laksesmolt eller om det er parr som oppholder seg ved kameraene. Det er også vanskelig å si om dette er fisk som vandrer nedover eller hvorvidt det er et fåtall fisk som oppholder seg på området ved damterskelen og blir registrert flere ganger. Basert på adferd og morfologi har antatt parr blitt utelatt fra analysene av smoltutgang. Ettersom det i mange tilfeller ikke har vært mulig å skille definitivt mellom smolt og parr, kan en ikke utelukke at noe parr har blitt feilregistrert som smolt. Dette kan ha en innflytelse på vurderingen av utvandningsforløpet og da særlig i slutten av juni. Hovedmengden av fisk som ble observert utvandrende i første halvdel av juni hadde imidlertid klart mer markert smoltpigmentering. Dette tilsier at hovedutvandringen for smolt i 2010 og 2011 var i de to midterste ukene i juni.



Figur 14. Akkumulert utvandring av smolt forbi inntaksdammen til Tveitofoss kraftverk i årene 2009, 2010 og 2011.

I Figur 15 er registreringer av utvandrende smolt ved Tveitofossen i årene 2009-2011 vist sammen med temperatur og vannføringsforhold under smoltutgangen. I slutten av mai har temperaturen ligget mellom ca. 5-7 °C, og så har den steget opp mot ca. 8-9 °C i løpet av de første to ukene i juni. I 2009 synes hoved utvandringen av smolt å sammenfalle med en markert økning i både vanntemperatur og vannføring, mens utvandringen i 2010 og 2011 ikke kan relateres til noen markante endringer i temperatur og vannføring.



Figur 15. Tidspunkt for nedvandring av laksemolt/parr ved dammen i Tveitofoss, sammen med døgnmiddel verdier for temperatur og vannføring fra Høl. Merk at X-aksen i 2009 er ulik 2010 og 2011. Ettersom det i mange tilfeller har vært vanskelig å skille klart mellom parr og smolt, enkelte noe lakseparr feilaktig ha blitt registrert som smolt.

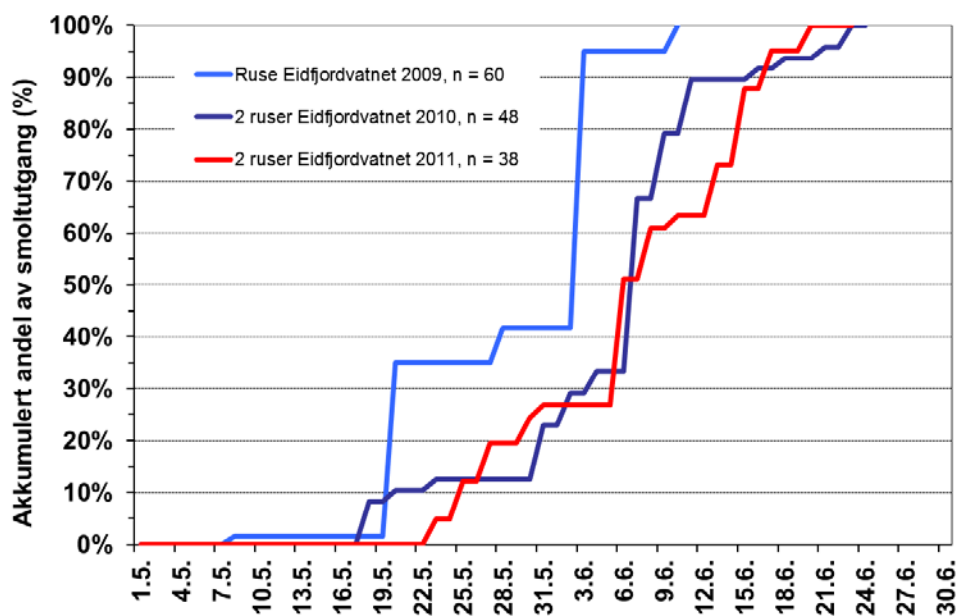
3.4.2 Fangst av utvandrende laksemolt i ruser i Eidfjordvatnet

Ved fiske med storruser nært utløpet av Eidfjordvatnet ble det i 2009, 2010 og 2011 fanget henholdsvis 61, 48 og 38 laksemolt, i tillegg til en del aure, røye, laks og ål (Tabell 25). En stor del av

anadrom sjøaure som ble fanget var blenkjer som trolig var på vei ut av vassdraget. I 2009 ble i alt 32 av de 60 smoltene (53 %) fanget i løpet av døgnet 2-3. juni (Figur 16). Tilsvarende ble det i 2010 fanget 27 smolt (56 %) i perioden 7.-11. juni. I 2011 ble det fanget 15 smolt (37 %) i perioden 6.-10. juni. Hovedutvandringen forbi Tveitofoss skjedde dermed i omtrent samme tidsrom som i Eidfjordvatnet alle de tre årene.

Tabell 25. Oversikt over fangster i storruser nært utløpet av Eidfjordvatnet i mai/juni i årene 2009, 2010 og 2011.

Art, type	2009 – 1 ruse	2010 – 2 ruser	2011 – 2 ruser
Laks, smolt	61	48	38
Laks, parr	8	0	0
Laks, anadrom	1	2	3
Aure, smolt	204	175	203
Aure, anadrom	5	302	257
Aure, stasjonær	243	552	514
Røye	124	85	214
Ål	0	14	0



Figur 16. Fangst av laksesmolt i storruser ved Soget i Eidfjordvatnet i mai/juni 2009-11. Utvandningsforløpet er vist kumulativt.

Tabell 26. Alder, lengde, vekt, gjelle-aluminium og Na/K ATPase hos laksesmolt fanget i ruser i Eidfjordvatnet i mai/juni, 2009, 10 og 11. *: To smolt med gjelle-Al verdier på hhv. 158 og 88 er regnet som utliggerer (evt. forurenset prøve) og er ekskludert fra snittverdiene. **: I 2009 hadde smolten lavere ATPase verdier i mai enn i juni (Lehmann m.fl. 2010). I 2011 ble det ikke registrert en slik forskjell.

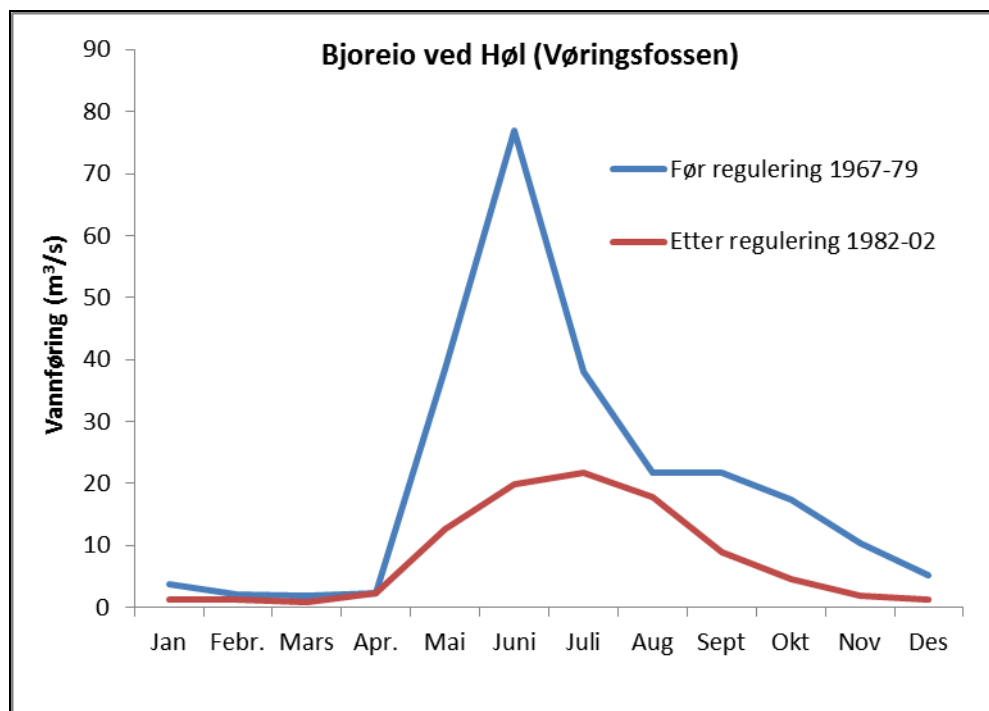
År	Alder	Lengde, cm	Vekt, g	Al, µg/g	Na/K ATPase µmol ADP/mg protein/t
2009	3+ (n=25)	14,1 ± 0,8	20,3 ± 3,7	5 ± 2* (n=14)	2-16**
	4+ (n= 2)	15,5	26,8	7 (n= 2)	
2010	- (n=48)	14,7 ± 0,9	24,4 ± 4,3	-	-
2011	3+ (n=26)	15,2 ± 0,9	24,4 ± 4,8	7 ± 5* (n=8)	16 ± 4 (8-25)
	4+ (n=10)	16,7 ± 1,6	31,5 ± 7,4	5 ± 2 (n=6)	16 ± 4 (12-22)

I Tabell 26 er en oversikt over alder, lengde, vekt og resultater fra gjelleprøveanalyser av aluminium og Na/K ATPase-aktivitet. Nivået av gjellealuminium var svært lavt og nært nivået for deteksjonsgrensen for de fleste fiskene som ble analysert. Det ble funnet to utliggerverdier blant til sammen 30 analyserte fisker, som hadde vesentlig høyere verdier enn de øvrige (158 og 88 μg). Dette skyldes trolig at prøvene var kontaminert. Nivået av Na/K ATPase aktivitet indikerer laksesmoltens smoltifiseringsstatus og evne til å skille ut salt, og smolten regnes som sjøvannsklar når ATPase -aktiviteten har en verdi på ca. 10 ($\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$). Na/K ATPase aktiviteten hos laksesmolten som ble fanget i rusen i Eidfjordvassdraget var i snitt over 10 i juni både i 2009 og 2011 (Tabell 26). Både nivåene for aluminium og Na/K ATPase aktivitet tilsier at smoltstatusen var god under utvandringen.

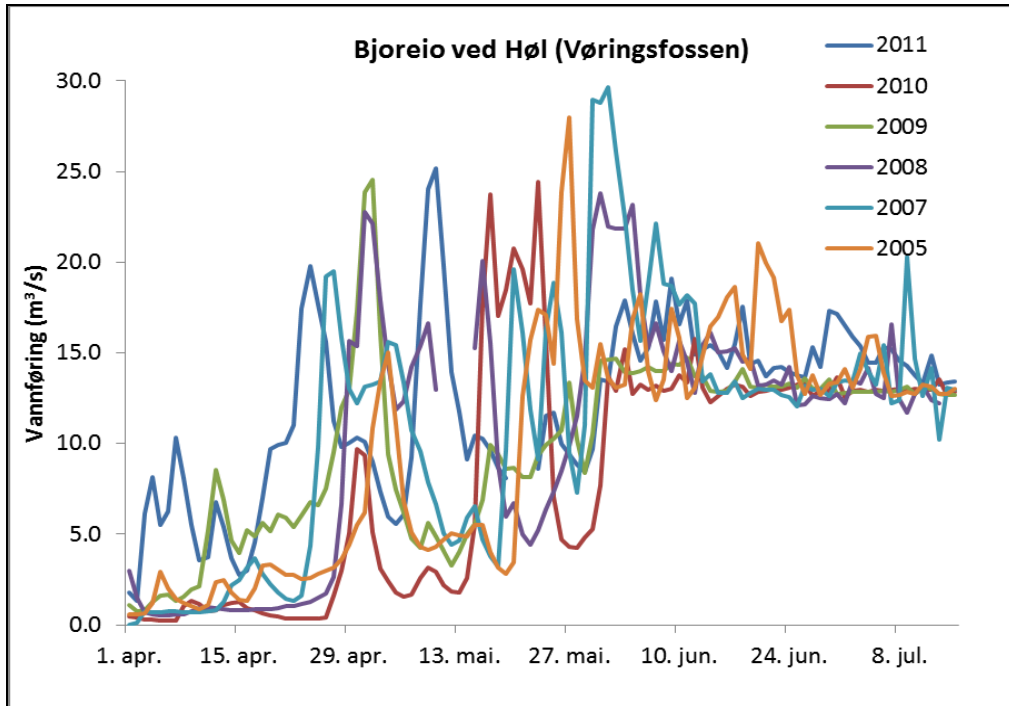
Av den utvandrende smolten som ble fanget i 2011, ble det funnet fargemerke i otolitten til to av 34 undersøkte laksesmolt. Disse stammer med høy sannsynlighet fra rognplanting på elvestrekningen oppstrøms Tveitofossen.

3.4.3 Hydrologiske endringer under smoltutvandring som følge av regulering

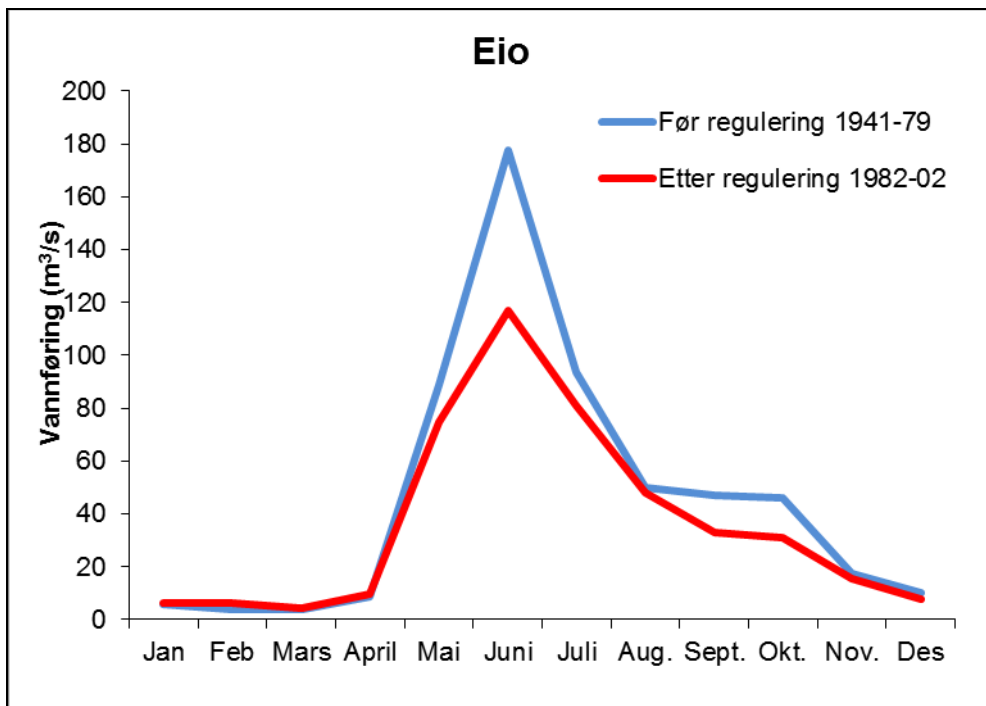
Reguleringen har medført at vannføringen i Bjoreio har blitt betydelig redusert gjennom hele året. I perioden før regulering forekom den høyeste vannføringen i Bjoreio i forbindelse med snøsmelting i juni (Figur 17). Det er dermed i perioden rundt smoltutvandringen at reduksjonen i vannføring er størst. Etter regulering er vannføringen før minstevannføringen starter 1. juni i stor grad styrt av nedbør og snøsmelting, og dermed i stor grad varierende (Figur 18). I de fleste årene forekommer det allikevel regelmessig vannføringstopper høyere enn 20 m^3/s i løpet av mai måned også under dagens situasjon, mens vannføringen i stor grad synes å stabilisere seg etter at minstevannføringen inntre 1. juni. I Eio er også vannføringen redusert under perioden for smoltutvandring, men vannføringsreduksjonen er mindre her enn den er i Bjoreio (Figur 19).



Figur 17. Vannføring for Bjoreio ved Høl ved Vøringsfossen i periodene før og etter Eidfjord Nord regulering.

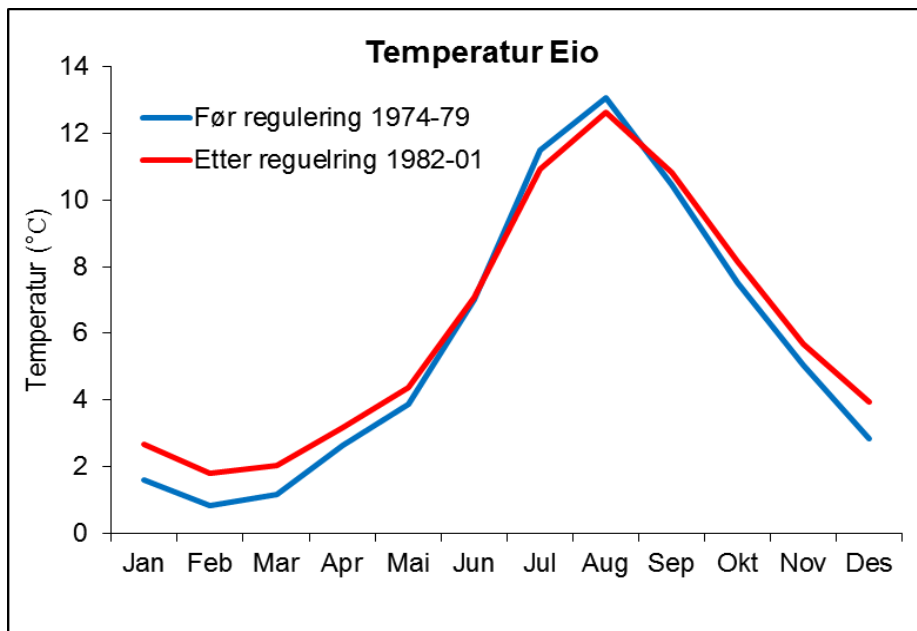


Figur 18. Vannføring (døgnmiddel) i Bjoreio målt ved Høl ved Vøringsfossen i perioden 2005-2011.



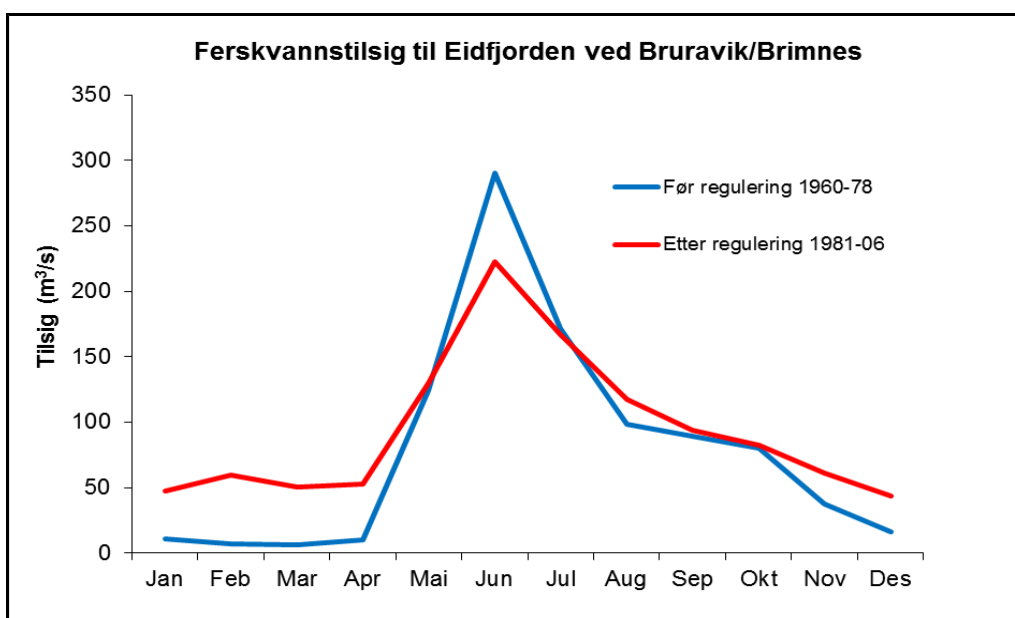
Figur 19. Vannføring (månedsmiddel) i Eio for periodene før og etter Eidfjord Nord reguleringen.

I tillegg til endringene i vannføring så har temperaturforholdene endret seg etter regulering. Temperaturforholdene i Bjoreio er mer omtalt i kapittel 3.6.1, men generelt synes temperaturen i Bjoreio å ha økt i perioden før og under smoltutgangen, mens sommertemperaturen har blitt redusert. Et tilsvarende mønster synes å være tilfelle for Eio, men som for vannføring så er endringene mindre her enn i Bjoreio (Figur 20).



Figur 20. Temperaturer (månedsmiddel) i Eio i perioden før og etter Eidfjord Nord reguleringen. Målingene før 1993 er foretatt manuelt, mens i perioden etter er det data fra NVE logger (Data fremskaffet fra Statkraft fra NVE).

I tillegg til endringer i vannføring i vassdraget, har også reguleringen medført endringen i tilsigsmønsteret av ferskvann i fjordsystemet. Den største effekten av reguleringen er at ferskvannstilførselen til fjorden nå er langt høyere om vinteren, mens tilførslen på forsommeren i forbindelse med snøsmeltingen er redusert (Figur 21). Den gjennomsnittlige avrenningen i mai er nokså lik som før regulering. Dette tyder på at ferskvannsavrenningen til fjordsystemet trolig er nokså likt som før regulering tidlig i smoltuvandringsperioden, mens ferskvannstilførslene er lavere senere i smoltutgangen og under hovedutvandringsperioden.

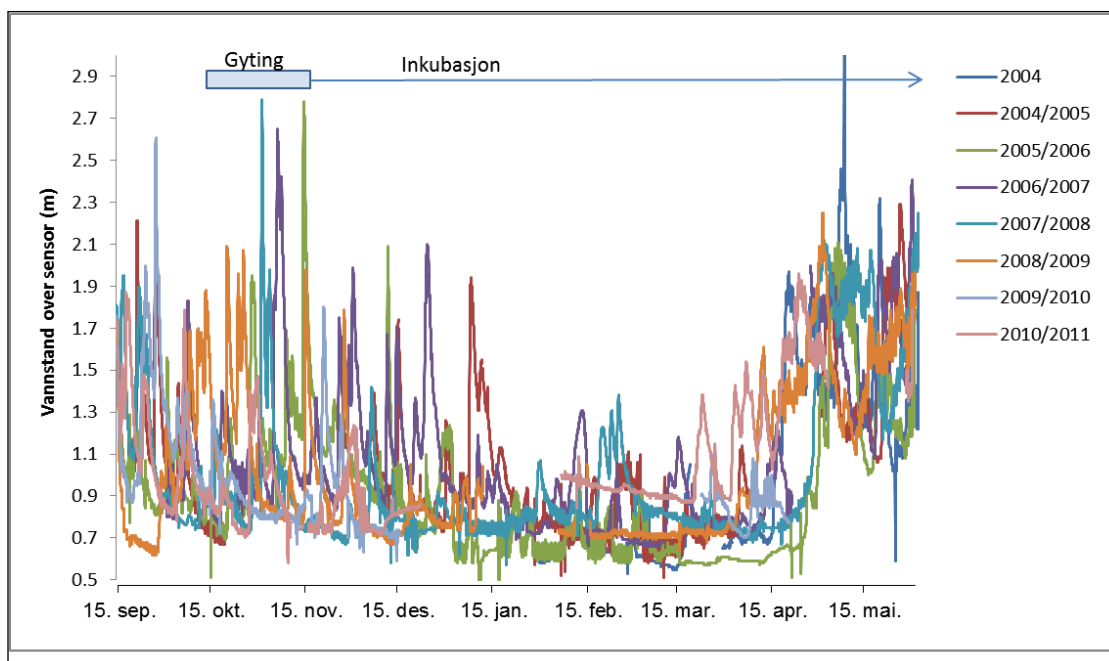


Figur 21. Beregnet ferskvannstilsig gjennom året til de indre delene av Eidfjorden i Hardanger før (1960-1978) og etter (1981-2006) Eidfjord Nord utbyggingen. Tilsiget er beregnet ut i fra målte og estimerte vannføringer fra vassdragene med avrenning til Hardangerfjorden innenfor Bruravik/Brimnes, samt fra kraftstasjonene med utløp i Simafjorden. Målestasjonen «Hølen» i Kinso er brukt som referanse for alle nedbørsfelt hvor det ikke foreligger målinger. Beregninger foretatt av Statkraft v/Arve Tvede.

3.5 Vintervannføring og undersøkelser av gytegroper

3.5.1 Vannstand og vannføring vinterstid i Bjoreio

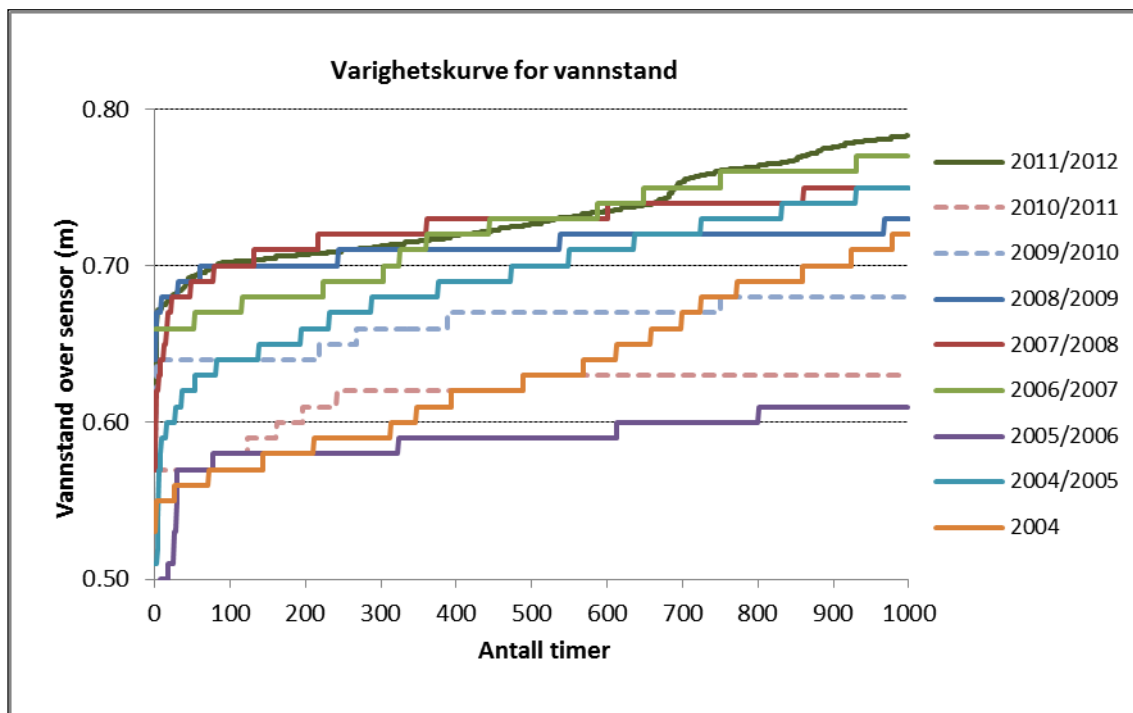
Vannstanden i Bjoreio har blitt logget med en times intervall med en vannstandslogger i hølen ved Skarsenden siden januar 2004 og frem til høsten 2011, og fra november 2011 ved Blåsteinen. Begge lokalitetene ligger i den øvre delen av den lakseførende strekningen. For loggeren ved Skarsenden er det også etablert en kalibreringskurve mot vannføring i intervallet 24 l/s - 1000 l/s. I Figur 22 er perioder med tilgjengelige data for vannstand fra Skarsenden vist for vinterhalvåret i perioden 2004-2011. Et typisk trekk ved vannføringssituasjonen i Bjoreio er at vannstanden ofte varierer mye på høsten som følge av nedbør, mens de laveste vannstandene som regel forekommer i løpet av desember-mars. I april øker ofte vannstanden igjen etter hvert som snøsmeltingen tiltar, men tidspunktet for når dette skjer har variert fra tidlig til sent i april. Det har imidlertid vist seg vanskelig å få kontinuerlige dataserier fra vannstandsloggeren ettersom det ved flere tilfeller har dannet seg bunnis på lokaliteten der loggeren er plassert. Oppstuing av is medfører dermed at sensoren i perioder viser en høyere vannstand enn hva vannføringen skulle tilsi, og gir dermed et feilaktig bilde av hva vannstandsforholdene er i resten av den lakseførende strekningen. I tillegg fører kulde og isdannelse til at loggeren periodevis er helt ute av drift. Disse periodene forekommer ofte i kalde og tørre perioder, og dermed når vannstanden er på sitt laveste. Det er dermed usikkerhet knyttet til hvor lav vannstanden har vært og over hvor lang tid den har vært lav i flere av vintersesongene. Av den grunn har det fra høsten 2011 blitt etablert en ny vannstandslogger ved Blåsteinen, hvor det sjelden danner seg bunnis.



Figur 22. Oversikt over vannstand registrert ved Skarsenden i Bjoreio i vinterperioden for årene 2004-2011. I flere av årene mangler vannstand for enkelte perioder. I tillegg er målingene enkelte perioder på vinteren er påvirket av oppstuing av is. En vannstand på 0,5 m vil tilsi en vannføring nær null, mens en vannstand på 0,75 tilsier en vannføring på om lag 1 m³/s. Perioden for gyting og etterfølgende inkubasjon er indikert øverst.

For problematikken rundt stranding av gytegroper er det i hovedsak periodene gjennom vinteren når vannstanden er lavest som er mest interessant, ettersom det er ved den laveste vannstanden at flest gytegroper vil være strandet. De laveste vannstandene som har blitt registrert gjennom vinteren i periodene med tilgjengelige data for årene 2004-2012 er vist som akkumulerte varighetskurver for timesverdier i Figur 23. Den laveste vannstanden som er registrert er 0,49 m over sensoren, noe som trolig tilsvarer en nullvannføring. Disse ble registrert vinteren 2005/2006 som for øvrig peker seg ut som et år da det forekom forholdsvis lange perioder med lav vannstand gjennom vinteren. I alle årene er det registrert verdier under 0,70 m ved sensoren, som tilsvarer en vannføring på om lag 0,75 m³/s, mens det i de fleste årene også forekommer vannstander under 0,60 m, som tilsvarer en vannføring på

om lag $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$. Som det kommer fram av Figur 23 forekommer det ofte veldig lave vannstander som (kun totalt sett) har en kort varighet, og i flere tilfeller kun noen timer i løpet av vinteren. Disse episodene har i mange tilfeller vært knyttet til drift av Tveitofossen kraftstasjon (se nedenfor).



Figur 23. Varighetskurve for de 1000 timene med lavest vannstand vinterstid i Bjoreio for årene 2004-2011, målt som vanddyb over sensoren ved Skarsenden. Kurvene er ikke fullstendige da det mangler vannstand for perioder av vinteren i enkelte år. For 2009/2010 og 2010/2011 (vist med stiplet linje) er vannstanden rekonstruert ut fra enkelte målinger av vannstand fra målestav ved Blåsteinen, og er derfor beheftet med usikkerhet. For 2011/2012 er kurven basert på vannstand omregnet fra registreringer fra logger ved Blåsteinen.

For vintersesongene 2009/2010 og 2010/2011, som begge var kalde og tørre vintre med mye isdannelse i elva, mangler vannstandsregistreringer i perioden desember-mars når vannstanden var på sitt laveste. Gjennom disse periodene har Statkraft foretatt manuelle målinger av vannstand ved Blåsteinen i Bjoreio. Ettersom forholdet mellom vannstand på Blåsteinen og på Skarsenden er kjent, og ved å anta at vannstanden endret seg jevnt mellom periodene når de manuelle målingene ble foretatt, har vi rekonstruert hvordan vannstanden var også disse to vintrene (Figur 23, se også Figur 24). Tilsvarende er vannstanden registrert på den nye loggeren ved Blåsteinen omregnet til tilsvarende nivå ved Skarsenden for å kunne gjøre disse sammenlignbare.

Vintervannføring og vannslipp fra Sysen

For å motvirke den uheldige effekten av lave vintervannføringer har Statkraft sluppet vann fra Sysenmagasinet gjennom deler av vinterhalvåret. I de første årene ble dette gjennomført som et frivillig tiltak med slipp av ca. $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ i tørre vinterperioder. Fra høsten 2007 er vannslippet gjort som en del av det endrete manøvreringsregimet, der minstevannføringen på sommeren har blitt nedjustert fra $12 \text{ m}^3/\text{s}$ til $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$, mot at tilsvarende mengde vann slippes i vinterhalvåret i stedet for. Mengden vann som har blitt sluppet i perioden 2003 og frem t.o.m. 2011 er oppgitt i Tabell 27. Som det kommer frem av tabellen har Statkraft sluppet vann fra Sysen også utenom perioden som omfatter kravene for de midlertidige manøvreringsreglementene. Dette er gjort som frivillige tiltak ettersom det har oppstått perioder med lave vannstander i perioden før og/eller etter den fastsatte tiden for vannslipp. Vinteren 2010/2011 ble det sluppet mindre vann enn kravene tilsier, ettersom reguleringsventilen fra Sysen ble demontert i forbindelse med bygging av Leiro kraftverk ved Sysendammen.

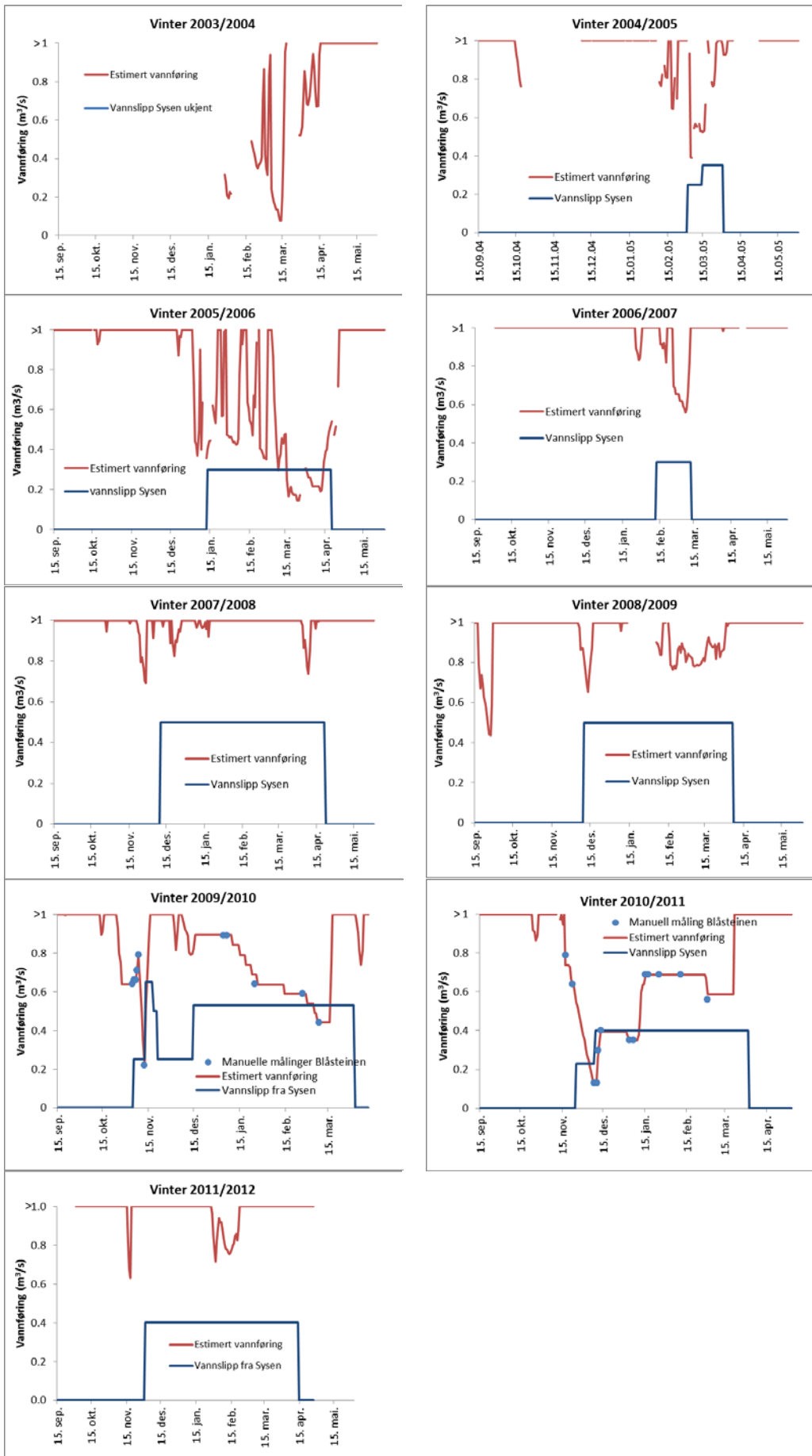
Tabell 27. Perioder med slipp av vann fra Sysendammen om vinteren i perioden 2005-2006. I de første årene ble vannet sluppet som et frivillig tiltak, mens fra høsten 2007 er vannslippet gjennomført som en følge av det endrete manøvreringsregimet. Data oppgitt fra Statkraft.

År	Krav til slipp av vann fra Sysendammen	Dato for vannslipp	Vannføring sluppet fra Sysen (m ³ /s)
2003/2004	-	Ukjent	Ukjent
2004/2005	-	03.03.04-15.03.04 15.03.04-ca 01.04.04	0,25 0,35
2005/2006	-	13.01.06-19.04.06	0,3
2006/2007	-	12.02.07-12.03.07	0,3
2007/2008	0,5 m ³ /s 15.12-31.03	10.12.07-21.04.08	0,5
2008/2009	0,5 m ³ /s 15.12-31.03	10.12.08-06.04.09	0,5
2009/2010	0,5 m ³ /s 15.12-31.03	05.11.09-12.11.09 12.11.09-17.11.09 17.11.09-20.11.09 02.12.09-15.12.09 15.12.09-01.04.10	0,25 0,65 0,5 0,25 0,53
2010/2011	0,5 m ³ /s 15.12-31.03	25.11.10-08.12.10 08.12.10-01.04.11	0,23 0,4*
2011/2012	0,4 m ³ /s 01.12-13.04	01.12.11-13.04.12	0,4

*Tapping lavere enn krav fra manøvreringsreglementet pga. bygging av Leiro kraftverk.

Basert på de registrerte vannstandene og den etablerte vannføringskurven har vi estimert vannføringen i perioder med lav vannføring (dvs. når vannføringen er <1m³/s) på den lakseførende strekningen av Bjoreio ved Skarsenden i årene 2004-2012. Ettersom det ikke foreligger vannstandsregistreringer fra Skarsenden gjennom deler av vinteren 2009/2010 og 2010/2011 er vannføringen basert på manuelle vannstandsmålinger fra Blåsteinen. De estimerte vannføringene er vist i Figur 24 sammen med vannføringen som er sluppet fra Sysen i de ulike periodene. Som det kommer frem av figurene utgjør vannslippet fra Sysen et vesentlig bidrag til vannføringen i perioder med lavt resttilsig. Dette gjelder særlig i tørre år, som f.eks. vintrene 2005/2006, 2009/2010 og 2010/2011 da vannføringen trolig ville blitt kritisk lav i perioder uten vannslipp. I flere av de tørre årene synes det også som om vannføringen på den lakseførende strekningen i perioder faktisk er lavere enn det som slippes fra Sysen. En mulig årsak til dette er at deler av vannet fryser til og/eller trenger ned i grunnen på den om lag 15 km lange strekningen mellom utløpet av Sysen og den lakseførende strekningen i kalde og tørre perioder. Det er imidlertid også mulig at dette skyldes usikkerheter i forholdet mellom vannstand og vannføring, og at vannføringen i realiteten er noe høyere enn det den estimerte vannføringen tilsier ved lave vannstander. På den annen side så kan det også forekomme tilfeller der vannføringen blir overestimert i perioder med bunnis ved loggeren på Skarsenden. Det er imidlertid klart at vannføringen i perioder har vært svært lav også mens det har blitt sluppet vann fra Sysen, og vannføringen i disse periodene kunne blitt ekstremt lave uten vannslipp.

Vannføringskurvene viser også at perioder med lav vannføring forekommer utenom tiden det er krav om vannslipp. Både høsten 2009 og 2010 førte kalde og tørre perioder i november til synkende vannstander. For å unngå ytterligere lavere vannstander startet Statkraft å tappe fra Sysen i november i begge årene, noe som høyst sannsynlig bidro til å unngå kritisk lave vannstander i perioden før det er krav om vannslipp (15. desember).

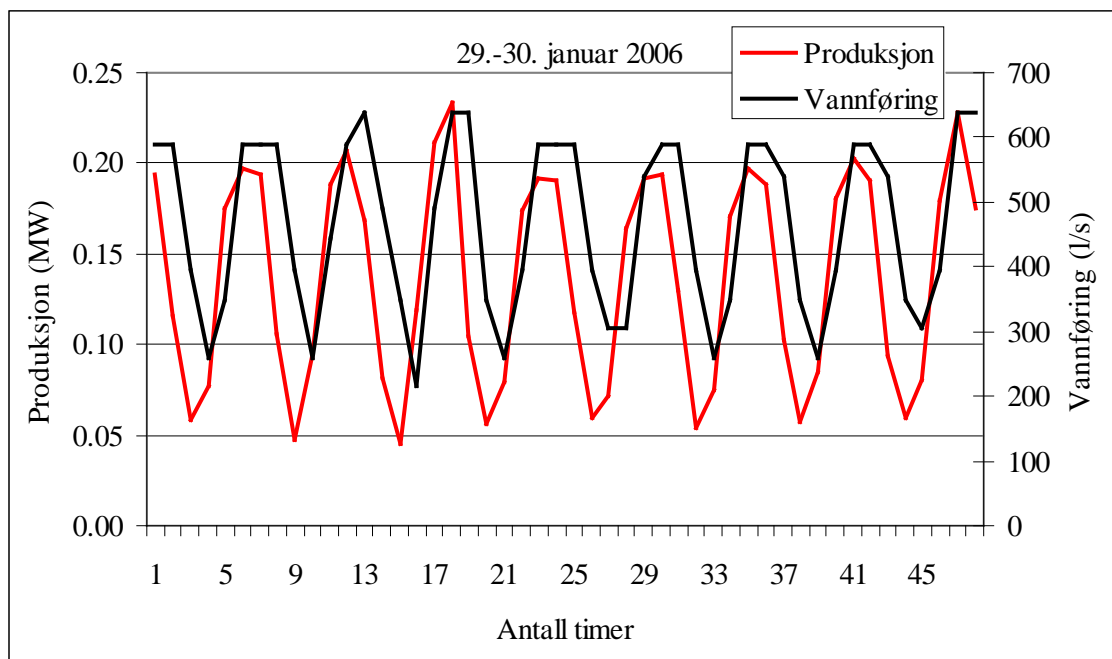


Figur 24. Estimert vannføring (døgnmiddel) i øvre del av lakseførende strekning i Bjoreio i årene 2004-2012 basert på vannstandslogger ved Skarsenden, og vannføringen sluppet fra Sysen. For periodene det mangler vannstand vintrene 2009/2010 (15.12.2009-23.03.2010) og 2010/2011 (17.11.2010-21.03.2011), er vannføringen basert på manuelle målinger fra Blåsteinen og en

antagelse om at vannføringen endrer seg jevnt mellom målingstidspunktene. Vannføring 2011/2012 er basert på ny etablert vannstandlogger ved Blåsteinen f.o.m. 1. november 2011.

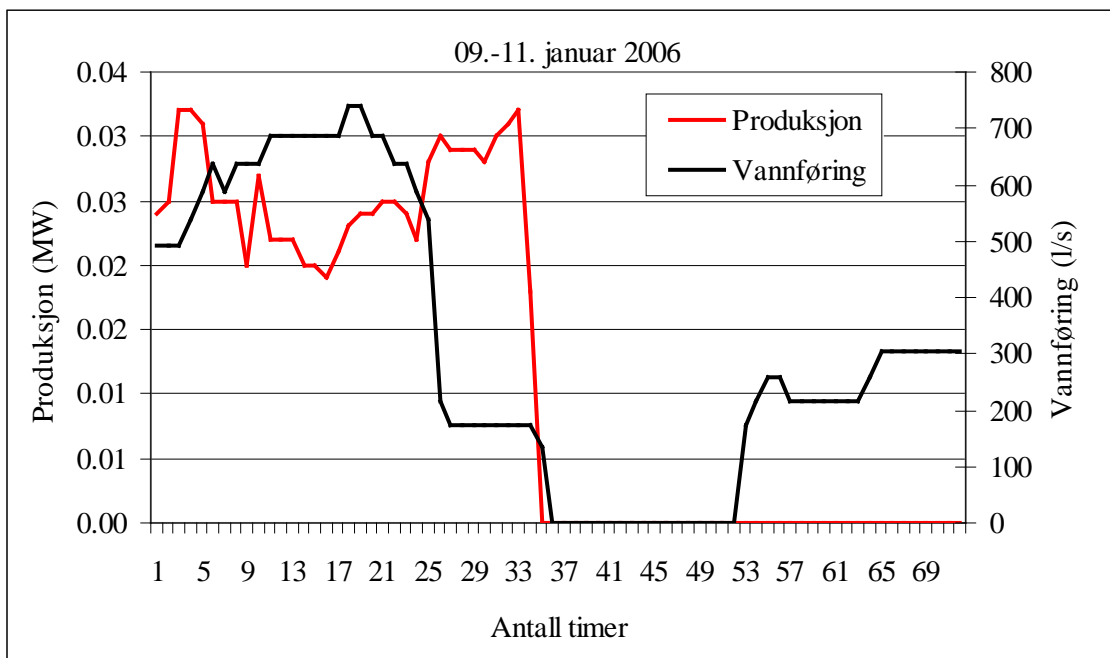
Effekt av Tveitofoss kraftstasjon på vannføringen i Bjoreio

I tillegg til effekten av Sysenreguleringen vil vannføring i Bjoreio påvirkes av driftsmønsteret i Tveitofossen kraftstasjon. Inntaksdammen til Tveitofossen kraftstasjon ligger like ovenfor vandringshinderet for laks i Tveitofossen, og har sitt utløp øverst på den lakseførende strekningen. Ved lave vannføringer i elva har et vanlig kjøremønster vært å variere produksjonen ved at kraftstasjonene kjøres så lenge det er vann i inntaksdammen, for deretter å redusere eller stanse produksjonen mens inntaksdammen fylles opp. Et typisk eksempel på dette er vist på Figur 25, der produksjonen i kraftverket er vist sammen med vannstanden i Skarsenden i perioden 29.-30. januar 2006. Her ser en at variasjon i kjøremønster fører til hurtige variasjoner i vannføringen nedstrøms i Bjoreio ved Skarsenden, der vannføringen stiger og synker mellom om lag 300 l/s og 600 l/s. Dette mønsteret kjøres med seks timers mellomrom i denne perioden.



Figur 25. Produksjonen i Tveitofossen kraftstasjon og vannføring målt i Skarsenden i perioden 29-30. januar 2006 (produksjonsdata fra Indre Hardanger kraftlag).

Et annet kjøremønster har forekommet når kraftstasjonen har stanset driften ved lave vannføringer. Vannføringen nedstrøms dammen kan da bli svært lav i perioden fra driften stanser og frem til inntaksdammen har fylt seg opp og det igjen blir overløp. Et eksempel er vist i Figur 26 fra en driftsstans 10. januar 2006. På et par timer falt vannføringen først fra om lag 700 l/s til om lag 170 l/s. Deretter stanses driften i kraftstasjonen, noe som medfører at vannføringen i løpet av kort tid synker ned til tilnærmet null. I denne episoden holder vannføringen seg på tilnærmet null i 18 timer, før inntaksdammen har fylt seg opp og vannføringen igjen stiger til om lag 200 l/s. Lignende episoder ble observert flere ganger gjennom denne vinteren. Høsten 2006 ble det montert en forbitappingsventil i kraftstasjonen som skal utjevne forskjellen i vannføring ved driftsstans. Ettersom det finnes få perioder med tilgjengelige vannstandsdata ved lav vannføring har det ikke vært mulig å evaluere om det forekommer episoder med vannstandsfall etter at forbitappingsventilen ble installert.



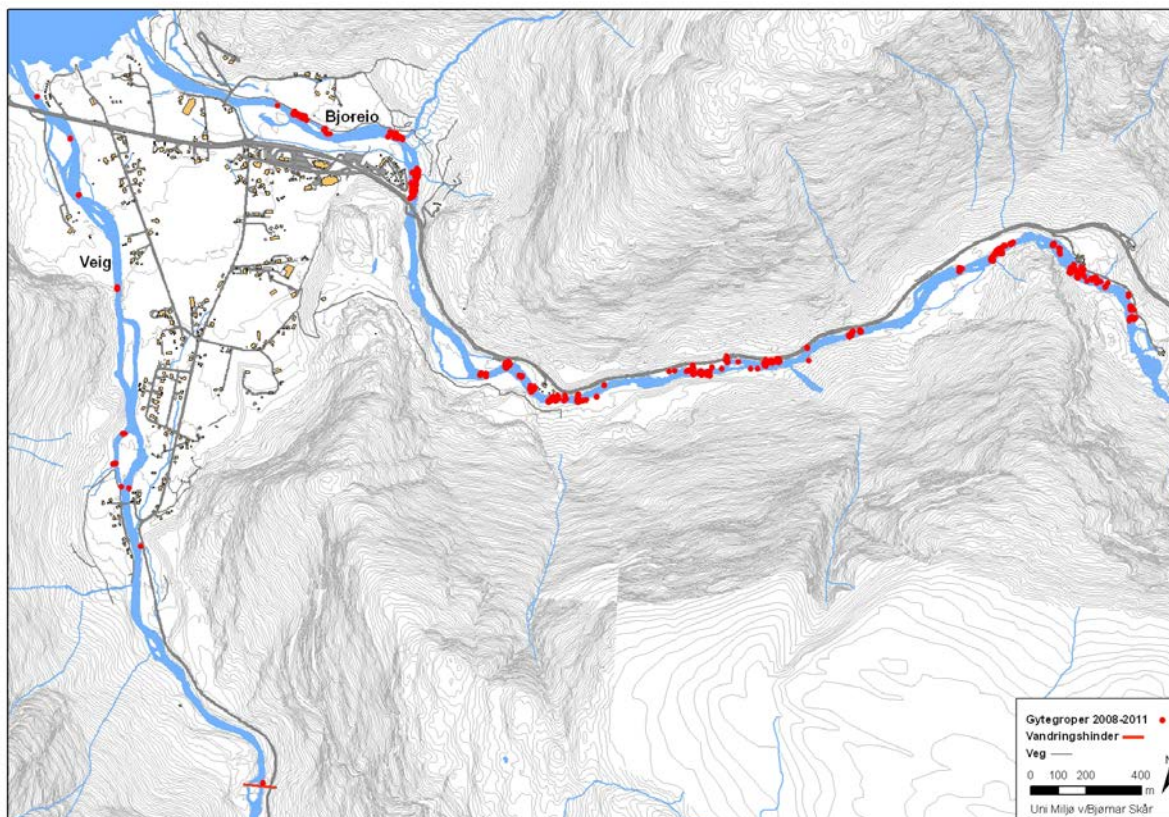
Figur 26. Produksjonen i Tveitofossen kraftstasjon sammen med vannstanden i Skarsenden i perioden 09-11. januar 2006. Produksjonsdata fra Indre Hardanger kraftlag (nå Hardanger Energi).

3.5.2 Undersøkelser av gytegrøper i perioden 2004-2011

I løpet av undersøkelsesperioden 2004-2012 har det årlig blitt gjort registreringer av mellom 55-174 gytegrøper i Bjoreio (Tabell 28). Gytegrøpene utgjør kun et utvalg av de eksisterende gytegrøpene som har blitt gytt de ulike årene, men har blitt samlet inn fra de fleste av de viktigste gyteområdene og fordelt utover mesteparten av den lakseførende strekningen (Figur 27). Elektroforese av egg viser at det i hovedsak er en klar overvekt av aure, og med unntak av to år (2006 og 2012) har færre enn 25 % av gytegrøpene blitt gytt av laks (Tabell 28). Begge disse årene var det forholdsvis høye innslag av laks i gytebestanden høsten i forkant (se gytefisktelling i kapittel 3.1.1). I flere av årene har det også blitt funnet enkelte gytegrøper med egg som synes å være hybridavkom mellom laks og aure.

Tabell 28. Oversikt over registrerte antall og artsfordeling av gytegrøper i Bjoreio gjennom undersøkelsesperioden. Eggene i gytegrøpene er artsbestemt ved bruk av elektroforese. Enkelte egg lar seg ikke artsbestemme (blant annet døde egg) og er dermed satt som ubestemt.

År	Antall gytegrøper				
	Laks	Aure	Hybrid	Ubestemt	Totalt
2004	5	98	-	27	130
2005	16	48	2	18	84
2006	20	20	3	25	68
2007	5	34	1	15	55
2008	20	98	4	34	156
2009	22	104	2	21	149
2010	32	128	1	13	174
2011	18	108	-	22	148
2012	38	51	-	16	105



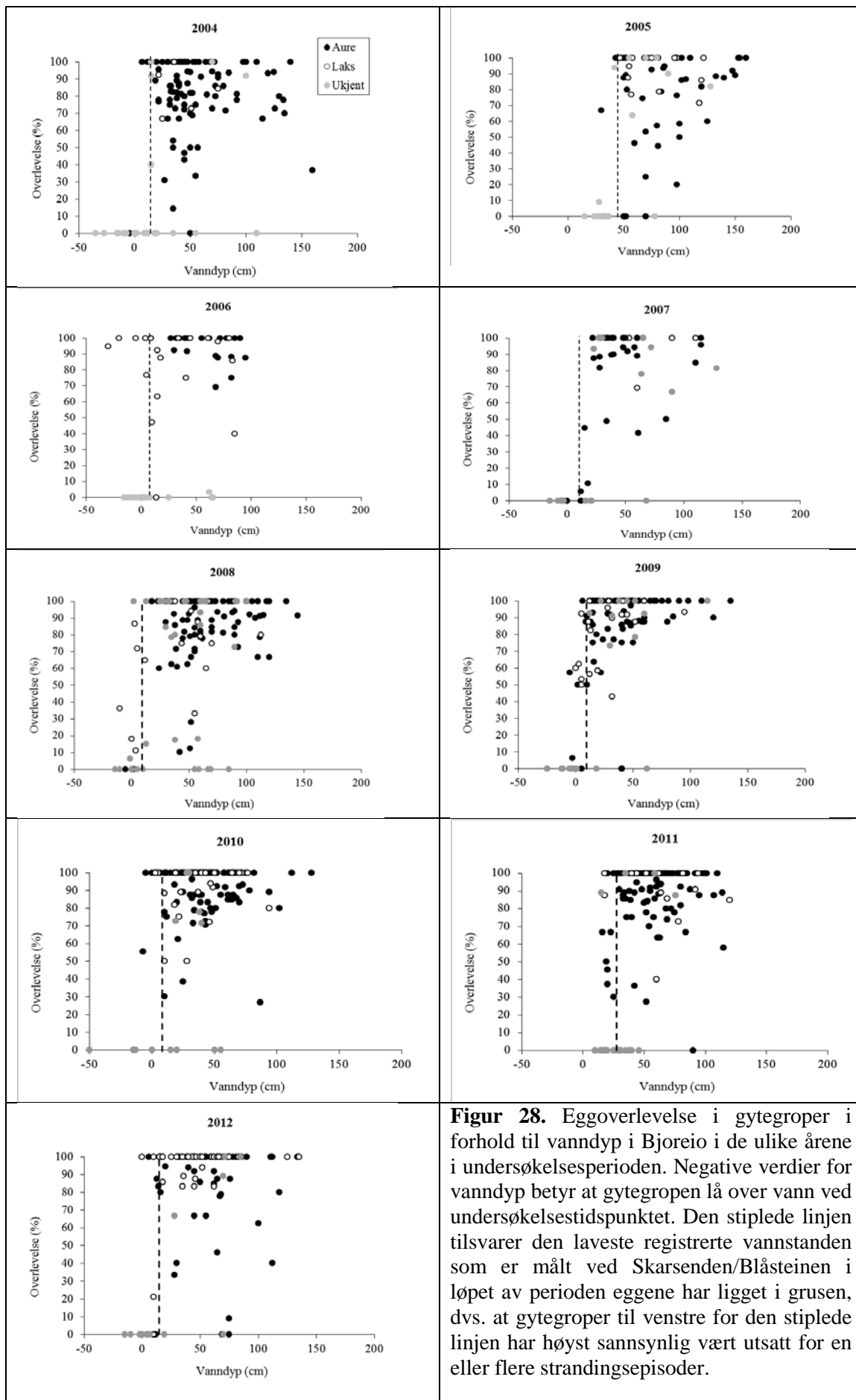
Figur 27. Oversikt over plassering av gytegrøper registrert i Bjoreio og Veig i perioden 2008-2011.

3.5.3 Stranding av gytegrøper og eggoverlevelse

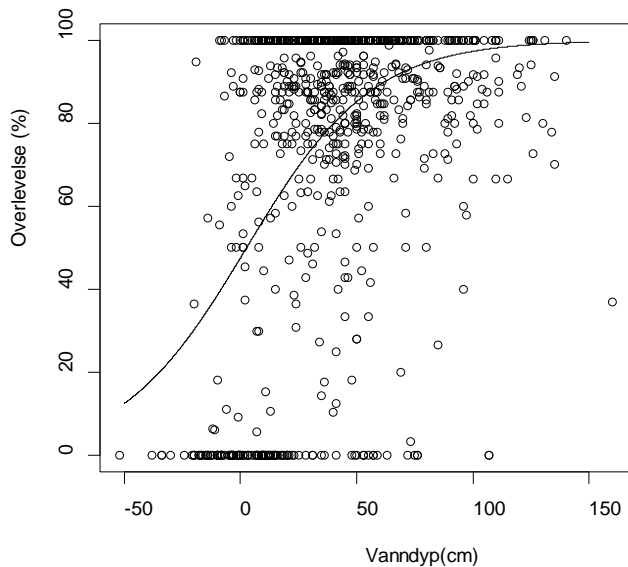
Undersøkelsene gjennom perioden viser at det er en klar sammenheng mellom lave vintervannføringer, stranding og overlevelse for egg i gytegrøpene. Gytegrøpene er vanligvis undersøkt på ettervinteren når vannstanden fortsatt er lav, og flere av gytegrøpene ble da funnet tørrlagt. I en stor andel av de tørrlagte gytegrøpene har det blitt funnet total eggdødelighet (dvs. 100 % eggdødelighet, Figur 28). I tillegg er det ofte funnet total dødelighet i mange av gytegrøpene som ligger grunt, og som høyst sannsynlig har vært utsatt for stranding når vannstanden har vært lavere tidligere på vinteren. Som følge av dette er eggoverlevelsen totalt sett sterkt avhengig av vanddyb, der eggoverlevelsen øker betydelig for gytegrøper som ligger dypere (Figur 29). Ettersom det i de fleste tilfeller ikke er mulig å artsbestemme døde egg, er det ikke mulig å si om det er forskjeller mellom laks og aure i strandingsfrekvens. Det er imidlertid funnet grunne gytegrøper med levende egg av både laks og aure (Figur 28), noe som viser at gytegrøper av begge artene er utsatt for stranding.



Egg i strandete gytegrøper i Bjoreio. I bildet til venstre har eggene blitt liggende fuktig og var levende, mens i bildet til høyere var det total dødelighet. Foto: LFI Uni Miljø v/Helge Skogluns og Bjørn T. Barlaup



Figur 28. Eggoverlevelse i gytegrøper i forhold til vanndyp i Bjoreio i de ulike årene i undersøkelsesperioden. Negative verdier for vanndyp betyr at gytegrøpen lå over vann ved undersøkelsestidspunktet. Den stiplede linjen tilsvare den laveste registrerte vannstanden som er målt ved Skarsenden/Blåsteinen i løpet av perioden eggene har ligget i grusen, dvs. at gytegrøper til venstre for den stiplede linjen har høyst sannsynlig vært utsatt for en eller flere strandingsepisoder.

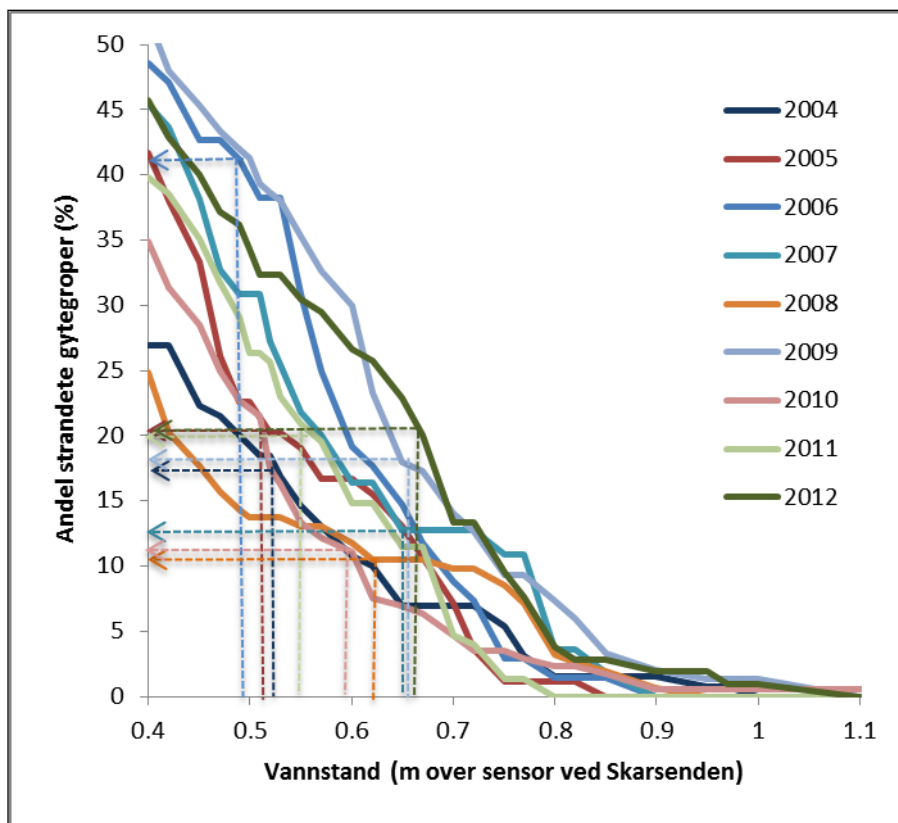


Figur 29. Sammenheng mellom vanddyb og overlevelse samlet for alle gytegrøpene som er registrert i Bjoreio i perioden 2004-2011. Punktene viser verdier for enkelte gytegrøper, mens linjen viser sammenhengen beregnet ut i fra en generalisert lineær modell med binomial fordeling ($z = 10.7$, $P < 0.001$).

Ut i fra vannstanden i elva (målt ved Skarsenden) ved undersøkelsestidspunktet og vanddypet på de undersøkte gytegrøpene, har vi beregnet hvor mange av gytegrøpene som vil strande ved ulike vannstander i de ulike årene (Figur 30). Ut i fra denne sammenhengen, og vannstanden som er registrert ved Skarsenden, har vi så estimert hvor mange gytegrøper som strandet når vannstanden var på sitt aller lavest laveste gjennom vinteren i de ulike årene (Figur 30 og Tabell 29). Vinteren 2005/2006 skiller seg spesielt ut ved at hele 40 % av gytegrøpene ble estimert å ha vært utsatt for stranding. Dette gjenspeiles også i eggoverlevelsen, da det ble funnet totalt dødelighet i 38 % av gytegrøpene og den gjennomsnittlige eggoverlevelsen totalt for alle gytegrøpene var på kun 54 %. Selv om ikke dødeligheten i alle disse gytegrøpene nødvendigvis kan relateres direkte til stranding, så var 32 % av gytegrøpene med total dødelighet utsatt for stranding (Tabell 29), og dette var dermed høyst sannsynlig årsaken til dødeligheten. Årsaken til den høye andelen stranding og påfølgende lave eggoverlevelsen vinteren 2006 skyldtes at mange gytegrøper lå utsatt til for stranding som følge av høy vannføring i gytetiden (se kapittel 3.5.4), kombinert med lave vintervannstander som følge av lavt tilsig gjennom vinteren. Generelt er andelen gytegrøper som har vært utsatt for stranding lavere og eggoverlevelsen høyere i de siste fire årene i perioden som har vært omfattet av vannslipp under det endrede manøvreringsreglementet (Tabell 29).



Tørrlagt gyteområde ved lav vintervannføring. Fra Bruhølen i Bjoreio april 2006. Foto: LFI Uni Miljø.

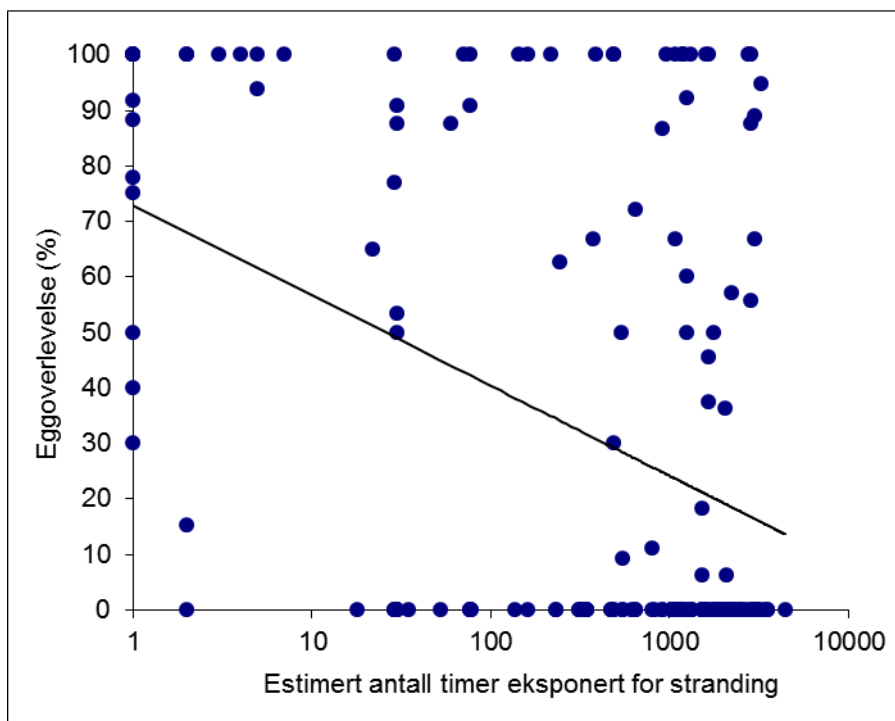


Figur 30. Beregning av hvor mange gytegroper i Bjoreio som strandet som en funksjon av vannstand. Vannstanden er vist som nivået for vannstand ved sensoren i Skarsenden (2004-2011) og Blåsteinen (2012), og strandingsfrekvensen er beregnet ut i fra dybdefordelingen av undersøkte gytegroper i årene 2004-2011. De stiplede linjene og pilene viser hvor mange gytegroper som strandet ved den laveste vannstanden (timesverdi) som ble registrert gjennom vinteren i hvert av de ulike årene.

Tabell 29. Oversikt over eggoverlevelse og andel gytegroper som har vært utsatt for stranding i løpet av vinteren i årene 2004-2011. De to første kolonene angir henholdsvis den gjennomsnittlige eggoverlevelsen for alle de registrerte gytegroperne et gitt år, og hvor stor andel av gytegroperne der alle eggene var døde (dvs. total dødelighet). Den tredje kolonnen angir hvor stor andel av gytegroperne som hadde total dødelighet som følge av at de lå grunt og høyst sannsynlig var utsatt for stranding, mens den siste kolonnen angir hvor mange av gytegroperne som er beregnet å ha vært utsatt for stranding ved den laveste registrerte vannstanden (laveste vedvarende timesverdi) gjennom vinteren.

År	Gj.snittlig eggoverlevelse	Andel gytegroper med total dødelighet	Andel gytegroper med total dødelighet som samtidig har vært strandet	Andel gytegroper som er beregnet utsatt for stranding ved laveste vannstand om vinteren
2004	66.8 %	20.0 %	13.8 %	16.9 %
2005	68.9 %	19.0 %	14.3 %	21.4 %
2006	54.2 %	38.2 %	32.4 %	39.7 %
2007	66.7 %	21.8 %	12.7 %	12.7 %
2008	77.3 %	9.0 %	5.8 %	10.5 %
2009	80.4 %	11.4 %	9.4 %	18.1 %
2010	87.8 %	5.2 %	2.9 %	10.9 %
2011	76.5 %	14.9 %	10.8 %	19.6 %
2012	76.7 %	15.2 %	11.4 %	20.0 %

Hvor stor effekt stranding av gytegroper vil ha på overlevelse er trolig både avhengig av hvor lenge gytegroperne blir eksponert (dvs. tørrlagt), og av hvordan forholdene er under eksponeringen. Gytegroper som ligger høyt oppe i elveleiet vil naturligvis være utsatt for stranding over en mye lengre periode enn gytegroper som ligger dypere. Figur 31 viser sammenhengen mellom estimert eksponeringstid for stranding og overlevelse samlet for alle gytegroper som har vært utsatt for en eller flere strandingsepisoder i perioden 2004-2010. Gytegroper som har vært utsatt for mindre enn ca. 10 timer med tørrlegging synes ikke å vise noen redusert overlevelse, mens gytegroper som er utsatt for lengre perioder har en langt større sjanse for total dødelighet. Ettersom det i flere av årene mangler vannstandsdata for enkelte perioder, og det også forutsettes at eksponeringen for alle gytegroper tilsvarer vannstanden i Skarsenden, så vil det foreligge en del feilkilder ved beregning av eksponeringstid for stranding vist i Figur 31. I tillegg er stranding i denne sammenhengen definert som nivået der vannstanden går under elveleiet der gytegroppen ligger. Ettersom eggene ligger noen centimeter begravd ned i grusen vil ikke nødvendigvis eggene bli tørrlagt i alle gytegroperne som her blir definert som strandet. Det kommer imidlertid klart frem at gytegroper som har ligget høyt i elveleiet og har vært eksponert for stranding over lang tid har høy sannsynlighet for total eggdødelighet. På den annen side framkommer det også at overlevelsen i enkelte gytegroper er høy til tross for langvarig eksponering for stranding, noe som viser at eggene kan tåle langvarig stranding dersom de ligger tilstrekkelig fuktig og ikke fryser. Dersom episodene med stranding forekommer i perioder med kulde, slik at eggene blir utsatt for frost, så kan trolig høy dødelighet også forekomme ved nokså korte eksponeringstider. I tillegg vil lave vannføringer trolig kunne føre til redusert vannutskifting og medføre oksygenvinn, som også fører til økt eggdødelighet. For øvrig synes ikke kalde år med massiv isdannelse å medføre økt dødelighet i gytegroper. Vinteren 2010 var en kald vinter med massiv isdannelse i store deler av den lakseførende strekningen i Bjoreio. Til tross for det var dette året med høyest eggoverlevelse i hele perioden (Tabell 29). Det ble også funnet høy overlevelse i flere av gytegroperne som trolig hadde vært strandet over en lengre periode gjennom vinteren. Dersom snø og is får legge seg som et beskyttende lag over substratet, kan trolig dette bidra til å isolere gytegroperne og forhindre frost samtidig som det sikrer høy fuktighet i substratet.

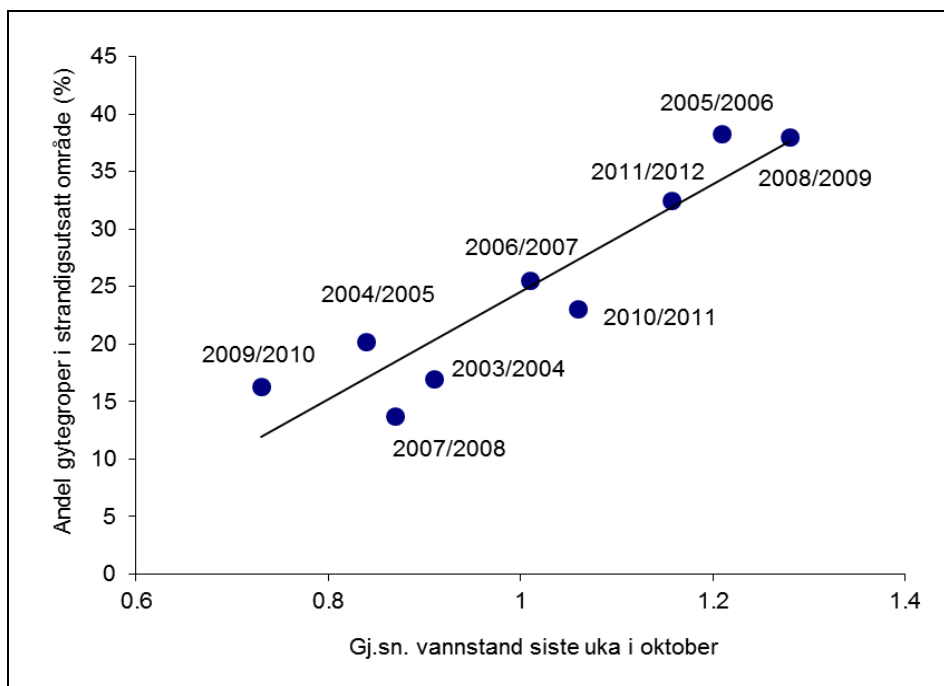


Figur 31. Sammenheng mellom estimert tid gytegroperne er eksponert for stranding og overlevelse for alle gytegroper som forventes å ha vært utsatt for stranding i perioden 2004-2010 ($R^2 = 0.21$, $F = 39.6$, $P < 0.001$). Merk at x-aksen er logaritmisk.

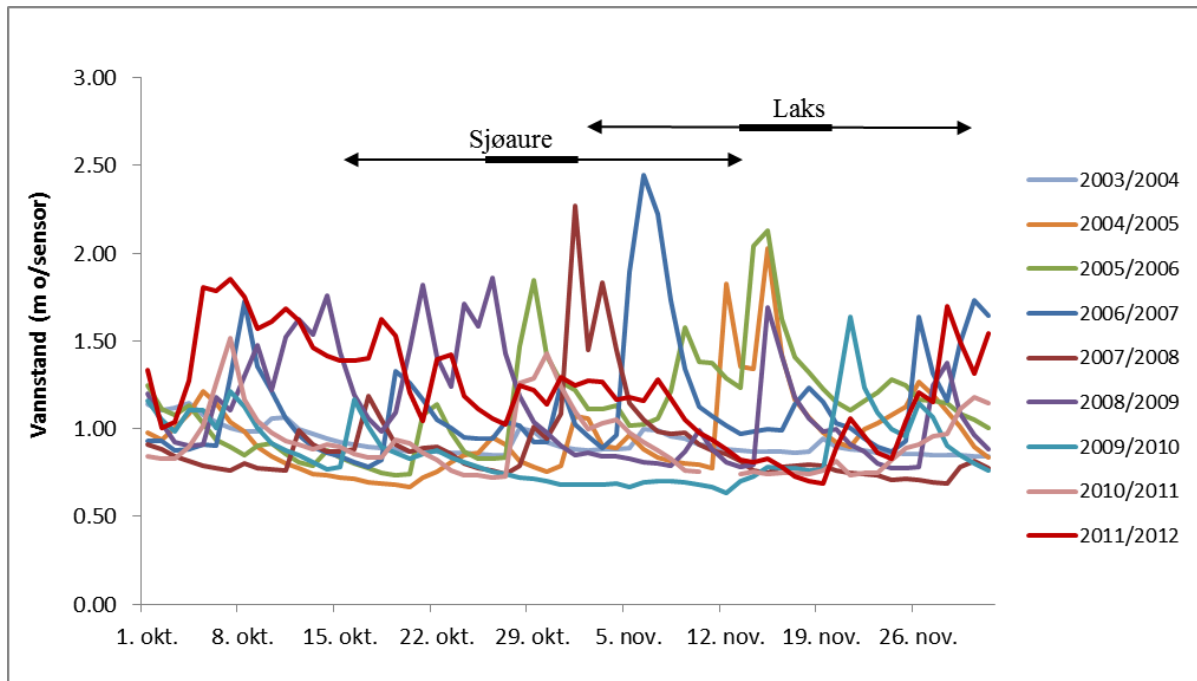
3.5.4 Sammenheng mellom vannstand og stranding

Hvor mange gytegroper som strander vil være en kombinasjon av hvor lav vannstand som forekommer i løpet av vinteren, samt av hvor mange gytegroper som ligger så grunt at de blir utsatt for stranding ved lave vannstander. Undersøkelsene av gytegroper har vist til dels stor mellomårsvariasjon i hvor mange gytegroper som ligger på lokaliteter høyt i elveleiet og dermed er utsatt for stranding. I utgangspunktet er det gytegroper som ligger i den delen av elveleiet som blir tørrlagt når vannføringen synker ned mot 0 som er utsatt for stranding. Omfanget av gytegroper som ligger i denne sonen synes å være avhengig av vannstanden i gytetiden (Figur 32). Dersom det er høy vannføring i gytetiden (og dermed høy vannstand) vil flere av gytegroperne ligge utsatt til for stranding. Både gytetiden 2005 og 2008 skiller seg ut ved at vannføringen var spesielt høy under gytetiden (Figur 33), noe som medførte at om lag 38 % av gytegroperne ble liggende i det strandingsutsatte området. Ettersom vannstanden gjennom vinteren var forskjellig resulterte dette i forskjeller i stranding av gytegroper i disse to årene. Vinteren 2005/2006 ble etterfulgt av en tørr vinter preget av lave vannstander, noe som resulterte i omfattende stranding av gytegroper og eggdødelighet. Vinteren 2008/2009 var imidlertid våt, samtidig som det ble sluppet vann fra Sysen, noe som resulterte i forholdsvis lav stranding og dødelighet. Høsten 2009 skiller seg ved at det var spesielt lav vannføring gjennom gytetiden. Til tross for at vinteren 2009/2010 var tørr og kald, medførte kombinasjonen av lav vannføring i gytetiden og slipp av vann til at relativt få gytegroper strandet, og at den gjennomsnittlige eggoverlevelsen ble den høyeste registrerte i perioden (87,7 %, Tabell 29).

En annen mulig faktor som kan påvirke hvor gytegroperne blir gytt er variasjon i hvor mye egnet gytesubstrat som ligger i ulike deler av elveleiet. I løpet av undersøkelsesperioden er det både gjort tiltak i form av å legge ut gytegrus på områder som ikke blir tørrlagt, samt fjerning av grus på strandingsutsatte områder. I tillegg er det naturlig tilført grus fra sidebekker ved flommer og ras, som så har blitt liggende i ulike deler av elveleiet, og som endrer seg fra år til år. Som et tiltak for å redusere stranding har det i Bruhølen blitt lagt ut gytegrus på dypere partier, samtidig som en har fjernet grus som ligger utsatt til for stranding. Begge disse tiltakene har høyst sannsynlig bidratt til å redusere stranding av gytegroper.

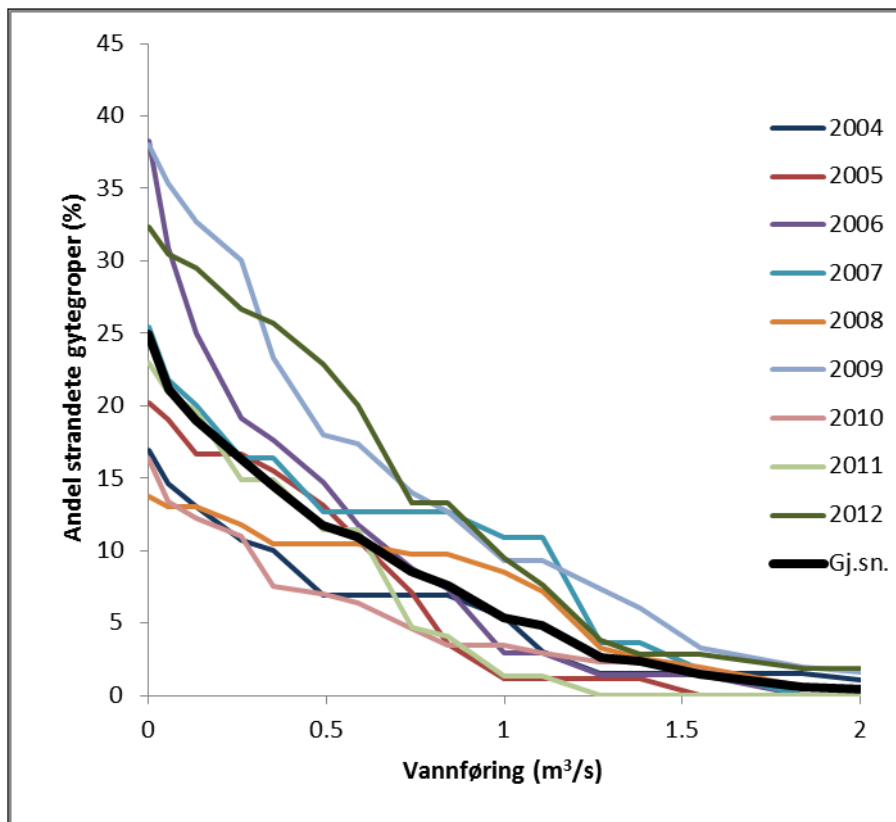


Figur 32. Sammenheng mellom vannstanden i gytetiden (som gjennomsnitt i siste uke i oktober) og andelen av gytegroper som ligger i den strandingsutsatte området av elveleiet, dvs. det som blir liggende tørt når vannstanden er under 0.53 (tilsvarer nær nullvannføring) over sensoren på Skarsenden ($R^2 = 0.85$, $F = 42.7$, $P < 0.001$).



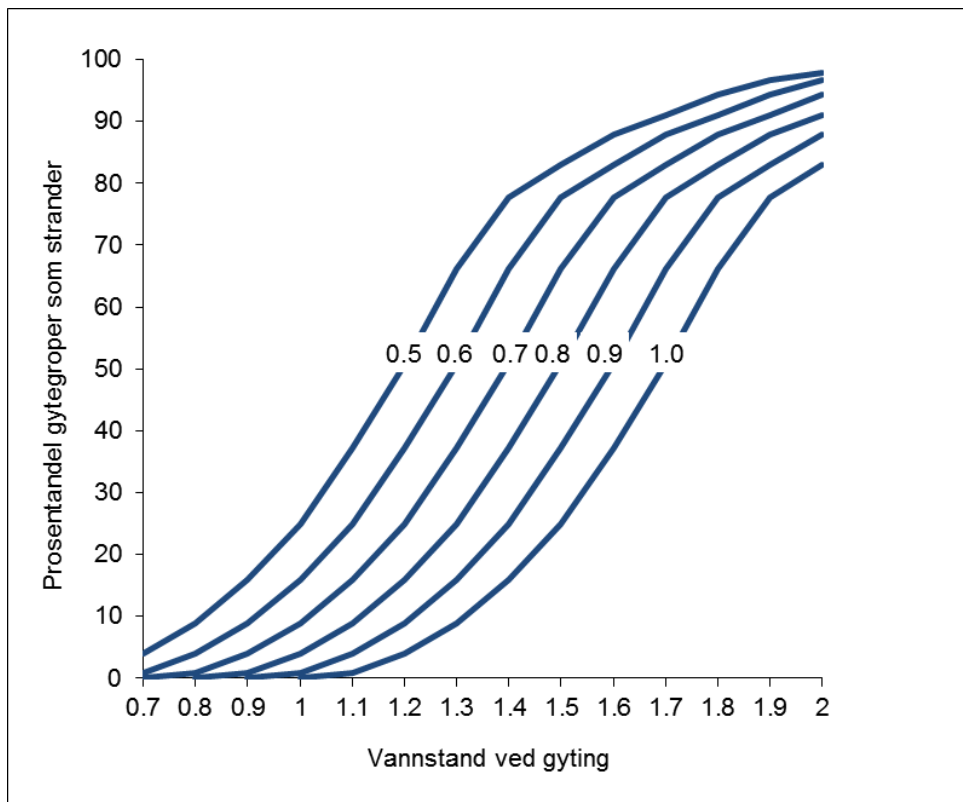
Figur 33. Vannstand på Skarsenden i Bjoreio om høsten, med antatt gytetid for sjøaure og laks indikert. Forventet gytetopp er markert med tykk linje. I perioder der vannstand fra Skarsenden mangler er tilsvarende omregnet ut i fra vannføringsdata fra Høl, og fra vannstandslogger ved Blåsteinen (2011).

Ut i fra sammenhengen mellom dybdefordelingen av gytegrøpene i de ulike årene som vist i Figur 30 har vi beregnet hvor mange gytegrøper som vil strande på ulike vannføringer gjennom vinteren (Figur 34). Ut i fra denne sammenhengen ville i gjennomsnitt om lag 5 % av gytegrøpene strande i et gjennomsnittså når vannføringen synker ned mot $1 \text{ m}^3/\text{s}$, mens om lag 25 % av gytegrøpene vil strande når vannføringen nærmer seg 0. Figuren viser også at det er stor variasjon i hvor stor andel gytegrøper som strander ved samme vannføring i ulike år. Dersom vannføringen hadde holdt seg over $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ (tilsvarer en vannstand på 0,7 m over sensoren på Skarsenden), så ville færre enn 10 % av gytegrøpene ha strandet i et gjennomsnittså. I årene da mange gytegrøper lå høyt i elveleiet (etter år med høy vannføring i gytetiden som i 2006 og 2009) må vannføringen være over om lag $1 \text{ m}^3/\text{s}$ for å sikre at mindre enn 10 % av gytegrøpene strander, mens i år med få gytegrøper liggende utsatt til (etter år med lav vannføring i gytetiden) vil om lag $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ være tilstrekkelig for å sikre et tilsvarende strandingsnivå.



Figur 34. Forventet andel av gytegrøper i Bjoreio som vil strande (dvs. substratet over gytegrøpen blir tørrlagt) ved ulike vannføringer basert på dybdefordeling av de undersøkte gytegrøpene i undersøkelsesperioden. Vannføringen er basert på vannføringskurven som er kalibrert for vannstandssensoren ved Skarsenden, og kan være unøyaktig for vannføringer nære null og for vannføringer >1 m³/s.

For å kunne gi et forvarsel om hvor utsatt gytegrøpene vil være for stranding etter en gytetesong, har vi laget en enkel mekanistisk modell for å beregne sammenhengen mellom vannstand i gytetiden og stranding av gytegrøper. Modellen tar utgangspunkt i at hofisk har klare preferanser for vandypet på gyteplassen (se Skoglund og Barlaup 2010 for øvrige detaljer). Gytepreferansen er basert på de observerte vandypene fra alle gytegrøper som er registrert i Bjoreio og den gjennomsnittlige vannstanden i gytetiden. Dersom en så antar at fisken vil gyte på samme vandyp uavhengig av vannstanden ved gyting, så kan en estimere hvor mange gytegrøper som vil strande på ulike vannstander om vinteren avhengig av vannstanden ved gyting (Figur 35). Eksempelvis vil en vannstand på 1.2 m (målt som vannstand ved sensoren i Skarsenden) under gytetiden medføre at 25 % av gytegrøpene vil strande når vannstanden etter gyting synker til 0.7, mens 50 % av gytegrøpene vil strande dersom vannstanden synker til 0.5. Denne modellen kan brukes som grunnlag til å vurdere hvor høy vannstand som bør holdes gjennom vinteren, og dermed hvor mye vann som bør slippes i ulike år ut i fra hvor høy vannstanden har vært i gytetiden.



Figur 35. Modell for beregning andel av gytegrøper som strander ut i fra vannstand ved gyting. Hver linje angir beregnet andel gytegrøper som strander ved den laveste vannstanden på vinteren, med laveste vannstand, fra 0,5 til 1,0, angitt for hver linje. Vannstand er gitt som vannstand over sensoren ved Skarsenden.

3.5.1 Undersøkelser av gytegrøper i Veig

Siden 2008 har det blitt gjennomført undersøkelser av gytegrøper også i Veig. Den lakseførende strekningen av Veig er preget av å være nokså stri og storsteinet, og med forholdsvis mye massetransport av grus. Mye av de tilgjengelige gyteområdene ligger i grusrygger som har lagt seg opp bak blokker etc. og bunnsstratet er generelt karakterisert med lite begroing. Disse forholdene gjør det krevende å finne og registrere gytegrøper i Veig sammenlignet med i Bjoreio, noe som har gitt langt færre registrerte gytegrøper her. I tillegg har gytebestandene av både laks og sjøaure vært lavere, slik at det også er en lavere tetthet av gytegrøper. I årene 2008, 2010 og 2011 ble det gjort undersøkelser av henholdsvis 8, 23 og 8 gytegrøper (Tabell 30). I 2009 ble det ikke foretatt undersøkelser pga. ugunstige vannføringsforhold. Lokaliseringen av gytegrøpene er vist i Figur 27.

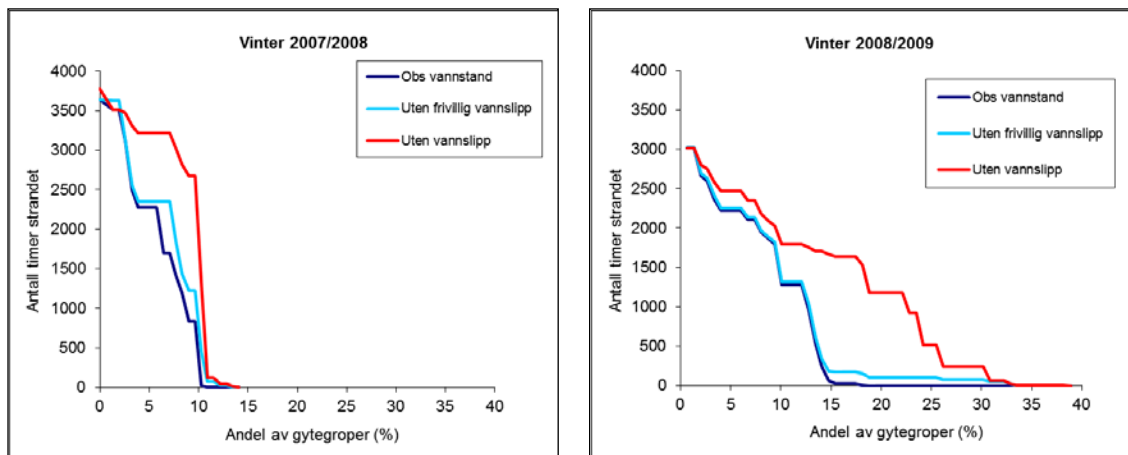
I 2008 og 2009 ble det funnet om lag like mange gytegrøper av laks som av aure, mens det i 2011 kun ble registrert gytegrøper av aure. Eggoverlevelsen er generelt høy i alle tre årene, og det er kun registrert total dødelighet i to av gytegrøpene som ble registrert i 2010. Begge disse gytegrøpene lå grunt og hadde trolig vært utsatt for stranding. Ettersom det ikke foreligger vannstandsdata fra Veig er det imidlertid ikke mulig å beregne hvor stor andel av gytegrøpene som har vært utsatt for stranding i de ulike årene.

Tabell 30. Oversikt over gytegrøper registrert i Veig i de ulike årene 2008-2011. I 2009 var det ikke mulig å foreta registreringer av gytegrøper pga. ugunstige vannføringsforhold.

År	Laks	Aure	Hybrid	Ubestemt	Gj.sn. eggoverlevelse
2008	5	3	-	-	77,6 %
2009	-	-	-	-	-
2010	10	9	1	3	80,3 %
2011	0	8	-	-	93,4 %

3.5.2 Evaluering av vannslipp gjennomført i perioden 2004-2011

Vannslippene som er gjort fra Sysendammen gjennom undersøkelsesperioden har bidratt til å øke vannføringen gjennom vinteren, og dermed til å holde vannstanden på et høyere nivå (se Figur 24). For å vurdere hvor stor effekt vannslippene har hatt for å redusere stranding av gytegroper, har vi estimert hvor mye lavere vannstanden har vært over tid dersom en trekker fra vannføringsbidraget som kommer fra Sysen. Deretter har vi simulert hvor lang strandingseksponering gytegroperne ville fått uten vannslipp vinteren 2007/2008 og 2008/2009 (Figur 36), som er to av årene da det finnes forholdsvis komplette vannstandsdata fra Skarsenden i Bjoreio gjennom hele vinteren. Høsten 2008 var det forholdsvis høy vannføring i gytetiden, noe som medførte at mange gytegroper lå utsatt til for stranding. Vinteren 2008/2009 ble det estimert at 18 % av gytegroperne ble utsatt for stranding, og trolig medførte stranding total dødelighet i 9 % av gytegroperne. Uten vannslipp ville anslagsvis 38 % av gytegroperne ha blitt utsatt for stranding, samtidig som mange av gytegroperne ville blitt eksponert for stranding over en lengre tid (Figur 36). Dette ville utvilsomt medført en betydelig økt eggdødelighet denne vinteren. Det kommer også frem fra simuleringen at den laveste vannstanden trolig ville ha forekommet i en tørr og kald periode tidlige i desember. Statkraft startet å tappe fra Sysen den 10. desember, altså fem dager før kravet om vannslipp. Disse dagene med frivillig slipp av vann var trolig avgjørende for å unngå omfattende stranding denne vinteren. I vintersesongen 2007/2008 var tilsiget fra restfeltet forholdsvis høyt gjennom store deler av vinteren, samtidig som relativt få gytegroper lå utsatt til for stranding. Vannslippet gjennom vinterperioden ser derfor ut til å ha hatt forholdsvis beskjeden effekt på omfanget av gytegroper som strander dette året (Figur 36). For vintersesongene 2009/2010 og 2010/2011 mangler det gode nok grunnlagsdata for vannstand til å gjøre tilsvarende simuleringer. Begge disse vintrene var preget av lange perioder med tørt og kaldt vær, og vannstanden ville trolig blitt svært lav gjennom store deler av vinteren uten slipp av vann. I disse årene lå anslagsvis 16 % og 23 % av gytegroperne på strandingsutsatte lokaliteter (se Figur 32), og trolig ville de fleste av disse strandet uten slipp av vann. Andelen gytegroper hvor alle eggene døde som følge av stranding i 2010 og 2011 var henholdsvis 3 % og 11 %.

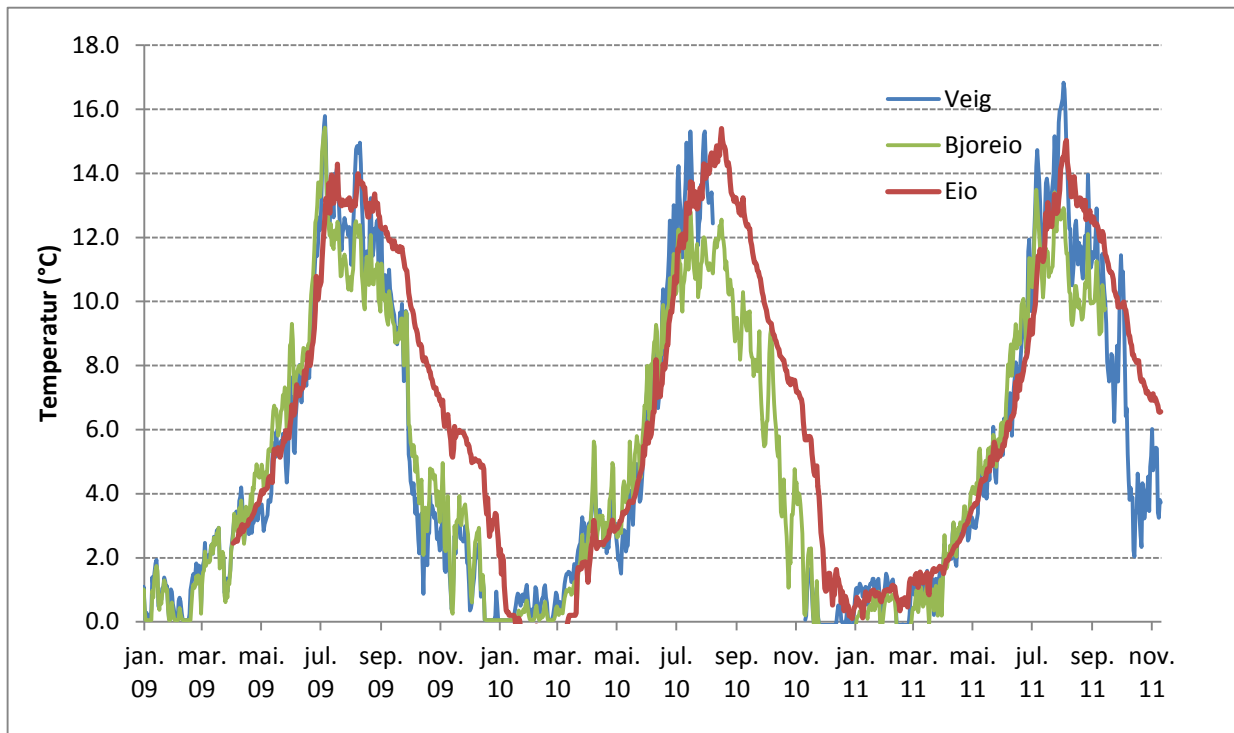


Figur 36. Beregnet antall timer som ulike andeler av gytegroperne i Bjoreio var strandet vintrene 2007/2008 og 2008/2009, og hvor lenge gytegroperne anslagsvis ville vært strandet uten vannslipp fra Sysen, og uten frivillig vannslipp (dvs. vann sluppet utenom perioden 15. desember-31. mars). Kurvene er beregnet ut i fra vanndypet til de ulike gytegroperne som ble registrert det aktuelle året, sammen med varighetskurvene for de observerte og simulerte vannstandene. X-aksen angir prosentandel av de totalt registrerte gytegroperne som blir utsatt for ulike eksponeringer, mens Y-aksen angir hvor mange timer gytegroperne totalt blir utsatt/eksponert for stranding/tørrelgging den aktuelle vinteren.

3.6 Temperaturforhold og manøvrering av vannslipp til Vøringsfossen om sommeren

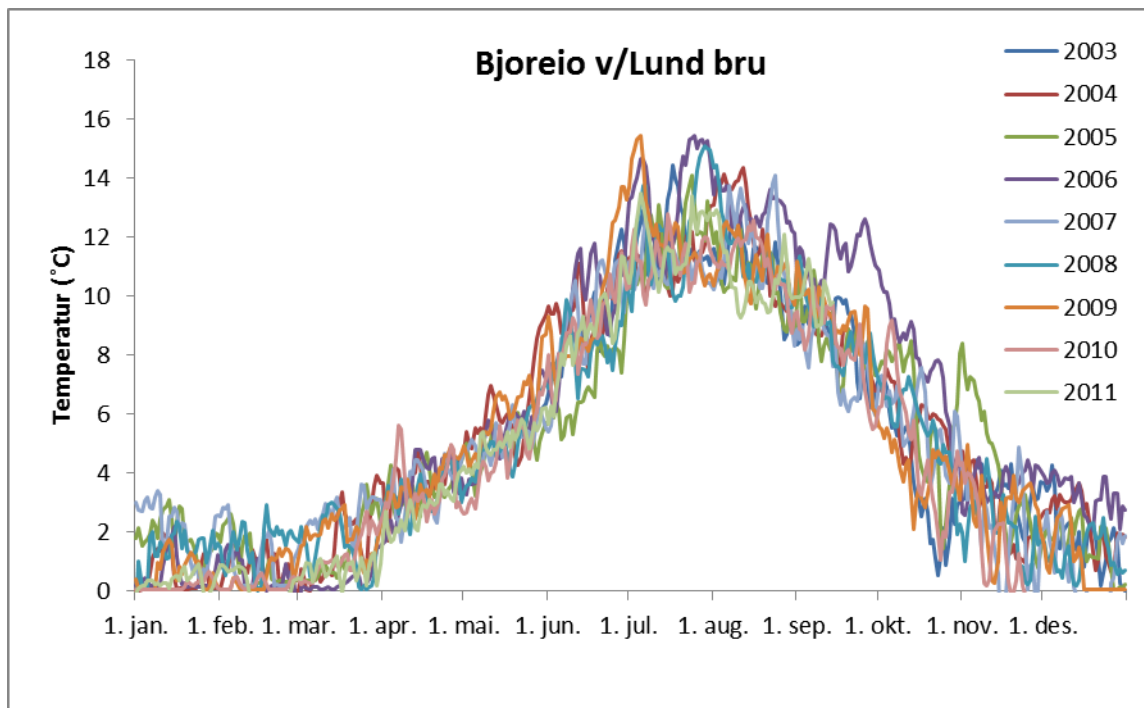
3.6.1 Temperaturforholdene i Bjoreio, Veig og Eio

Temperaturforholdene på de lakseførende strekningene av Bjoreio, Eio og Veig er vist i Figur 37 for perioden 2009-2011, da det finnes tilgjengelige temperaturdata fra alle tre vassdragsavsnittene samtidig. I disse tre årene er temperaturforholdene i Veig og Bjoreio forholdsvis like gjennom sesongen, men Bjoreio er 1-2°C varmere enn Veig på våren (april-juni) og høsten (oktober-desember), men 1-3°C kaldere i perioden juli-september. Eio skiller seg fra Bjoreio og Veig ved at temperaturoppgangen på våren og sommeren kommer noe senere, mens temperaturen er mer stabil og holder seg høyere utover høsten.



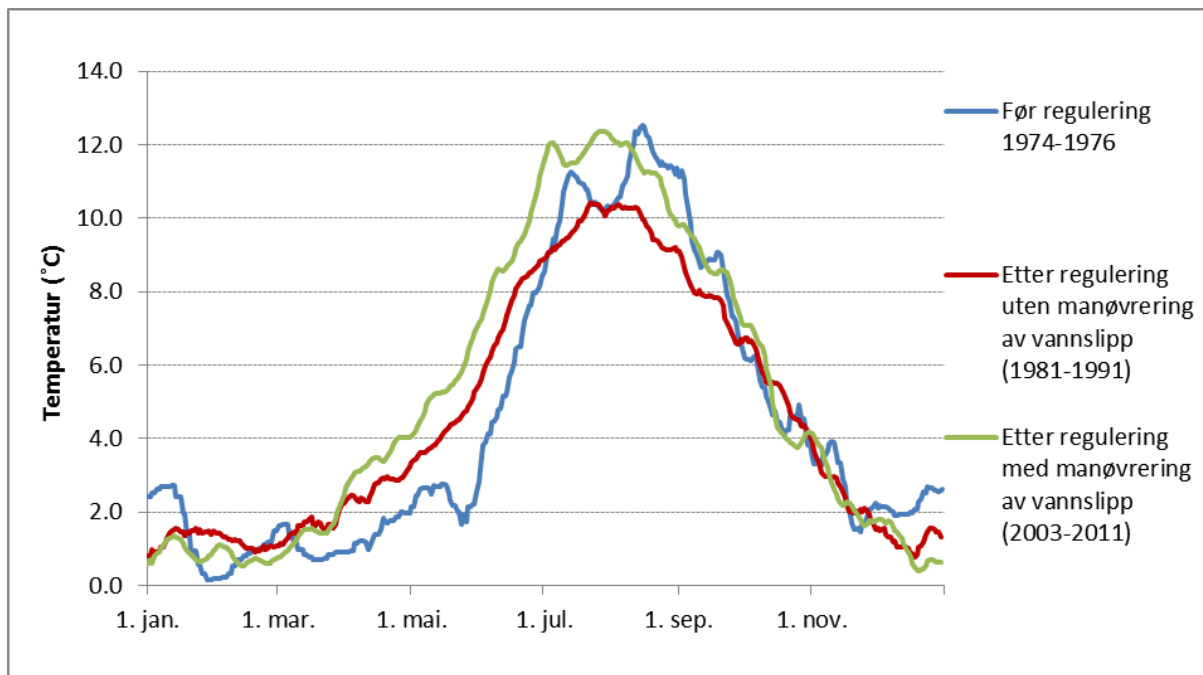
Figur 37. Døgnmiddeltemperatur i Veig, Bjoreio og Eio i perioden 2009-2011.

I Bjoreio har temperaturen blitt logget kontinuerlig i nedre del av lakseførende strekning ved Lund Bru siden 2003 (Figur 38). I vintermånedene ligger temperaturen hovedsakelig mellom 0-3°C. Fra begynnelsen av april stiger temperaturen og når vanligvis sommer maksimum i juli til midten av august. I perioden 2003-2011 har maksimum døgnmiddeltemperatur om sommeren vært mellom 12,8-15,5°C, mens gjennomsnittlig temperatur i juli har vært mellom 11,0-13,6°C.



Figur 38. Døgnmiddeltemperatur i Bjoreio målt ved Lund bru i perioden 2003-2011.

Fra perioden før regulering finnes det manuelle temperaturmålinger fra Bjoreio foretatt ved Sæbø i regi av NVE i årene 1974-1976. Fra etter regulering foreligger det manuelle temperaturdata for perioden 1981-1988 og fra temperaturlogger fra NVE i perioden 1988-1991, i tillegg til temperaturlogger ved Lund bru i perioden 2003-2006 (Figur 39). Disse tilsier at temperaturforholdene på den lakseførende strekningen i Bjoreio har blitt noe høyere i perioden april-juni, noe som trolig skyldes at store deler av de høyereliggende nedbørsfeltene har blitt fraført og dermed reduserer bidraget av kaldt smeltevann på våren og forsommeren. I tillegg vil den reduserte vannføringen bidra til at oppvarmingen blir større nedover vassdraget. Kurven for perioden 1981-1991 etter regulering tilsier også at sommertemperaturen ble vesentlig redusert etter regulering, noe som skyldes at vassdraget tilføres kaldt bunnvann fra Sysendammen for å opprettholde minstevannføring ved Vøringsfossen sommerstid. Kurvene for perioden 2003-2011 tilsier at sommertemperaturen i denne perioden er nokså lik som før regulering, men at sommermaksimum nå er noe tidligere enn før regulering. En av årsakene til dette er høyst sannsynlig endret manøvreringsregime som medfører at deler av det kalde vannet som slippes fra Sysen nå byttes ut med vann fra Isdøla og fra Bjoreio ved Storli, som omtales mer nedenfor. Til tross for at temperaturen for perioden 2003-2011 tilsier at sommertemperaturen er nokså lik den før regulering, så må det tas i betraktning at datagrunnlaget for perioden før regulering kun er basert på tre år og på vesentlig færre målinger som er foretatt manuelt, og at dette gjør det usikkert å sammenligne temperaturdataene direkte. Det er også vanskelig si hvor mye av forskjellene i temperaturforhold over tid som skyldes endringer i klima.



Figur 39. Temperaturkurver for Bjoreio vist som løpende ukemiddeltemperaturer i perioden før regulering og for to ulike perioder etter regulering (før og etter innføring av endret manøvrering med vannslipp fra Isdal og Storlia som erstatter deler av volumet fra Sysen). Temperaturdataene før regulering er basert på manuelle målinger fra NVE foretatt ved Sæbø, for perioden 1981-1991 inngår det både manuelle målinger og loggerdata fra NVE, mens data fra perioden 2003-2011 er basert på loggerdata fra Lund bru.

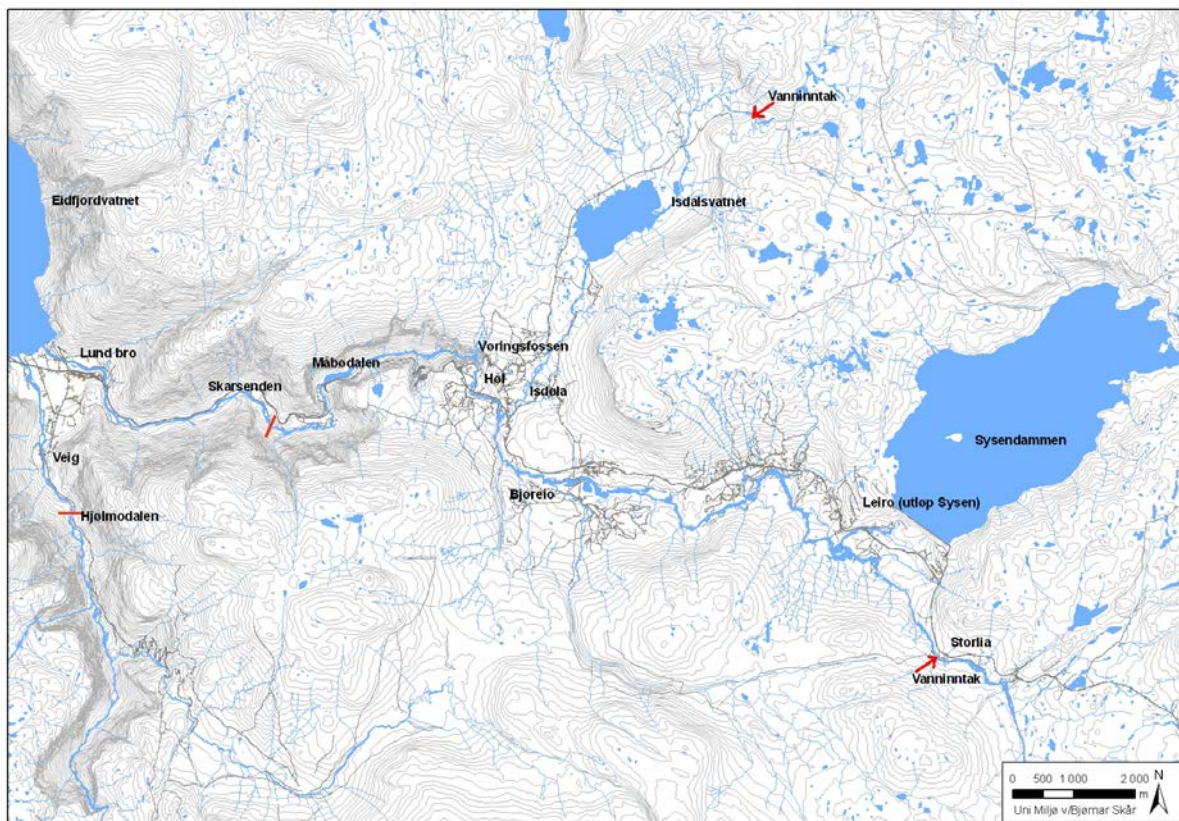
3.6.2 Manøvrering av tapping til Vøringsfossen fra tilsig med ulik temperatur

Som en del av konsesjonsvilkårene for reguleringen ble det i perioden 1. juni – 15. september pålegg om å opprettholde en minstevannføring på 12 m³/s ved Vøringsfossen. Som følge av det endrete manøvreringsregimet med slipp av vann vinterstid, har minstevannføringen i perioden f.o.m. 2007 blitt midlertidig redusert til 11,5 m³/s. For å redusere bidraget av kaldt vann fra Sysendammen, har Statkraft i en periode gjennomført et forsøk med å tappe vann fra de regulerte feltene i Bjoreio og Isdal. Ettersom begge disse feltene renner ut i Bjoreio ovenfor Vøringsfossen, vil disse vannslippene erstatte deler av tappingen fra Sysen i minstevannføringsperioden. Vannslippet foregår ved å åpne luker i inntaksdammen for vanninntaket til overføringstunnelene manuelt, slik at vannet ledes ned det opprinnelige elveleiet til Bjoreio (Figur 41). Denne ordningen med vannslipp har vært gjennomført konsekvent siden 2004, og en oversikt over tidsrommene lukene har vært åpnet og den antatte vannføringen fra lukene er gitt i **Tabell 31**.

Tabell 31. Oversikt over perioder det har blitt sluppet vann fra lukene ved vanninntakene ved Isdal og Storlia i årene 2004-2011. Noen av datoene er usikre ettersom de er oppgitt som ukenummer. Data oppgitt fra Statkraft.

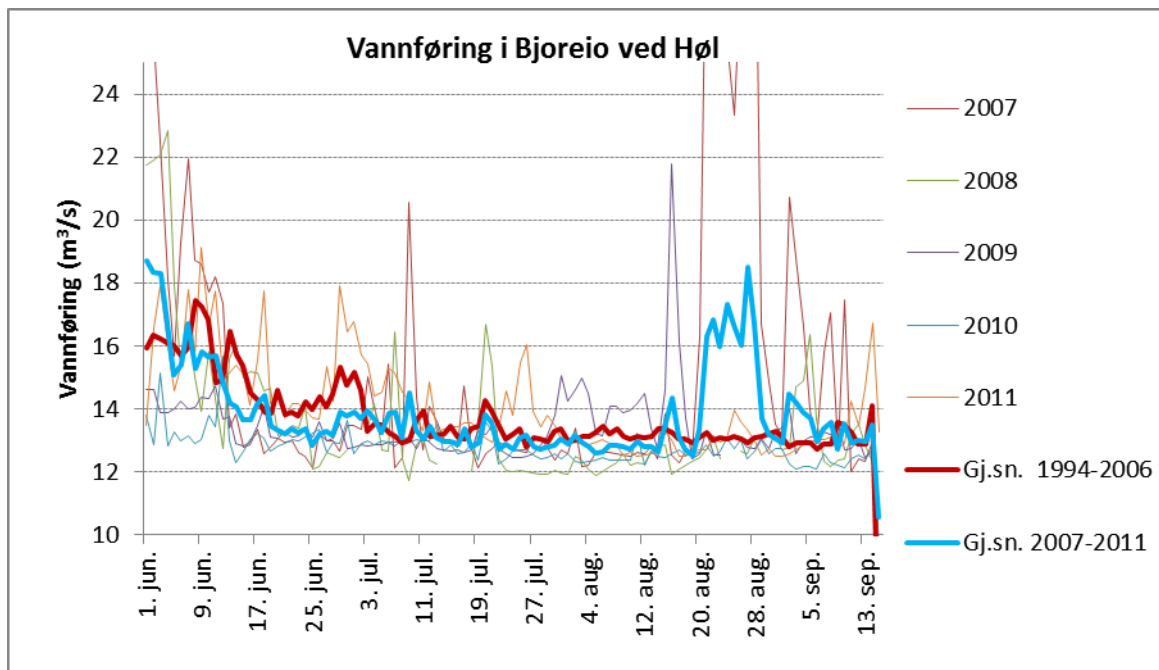
År	Isdal		Storlia	
	Periode	Vannføring	Periode	Vannføring
2004	03.06-ca.23.08	1,5 m ³ /s	Ca. 05.07-14.09 (stengt uke 35)	3 m ³ /s
2005	ca. 06.06-ca. 27.08	1,5 m ³ /s	21.07-29.08 og 05.09-15.09	3 m ³ /s
2006	28.06-11.09	1,5 m ³ /s	31.05-13.09	3 m ³ /s
2007	27.06-12.09	1,5 m ³ /s	20.06-14.09	1,7 m ³ /s
2008	18.06-15.09	1,5 m ³ /s	18.06-14.09	1,75 m ³ /s
2009	17.06-11.09	1,5 m ³ /s	17.06-11.09	1,5 m ³ /s
2010	10.06-16.09	1,5 m ³ /s	15.06-16.09	1 m ³ /s
2011	30.06-15.09	1,5 m ³ /s	30.06-15.09	1,5m ³ /s*

*redusert til 0,8 m³/s f.o.m. 26.07.2011

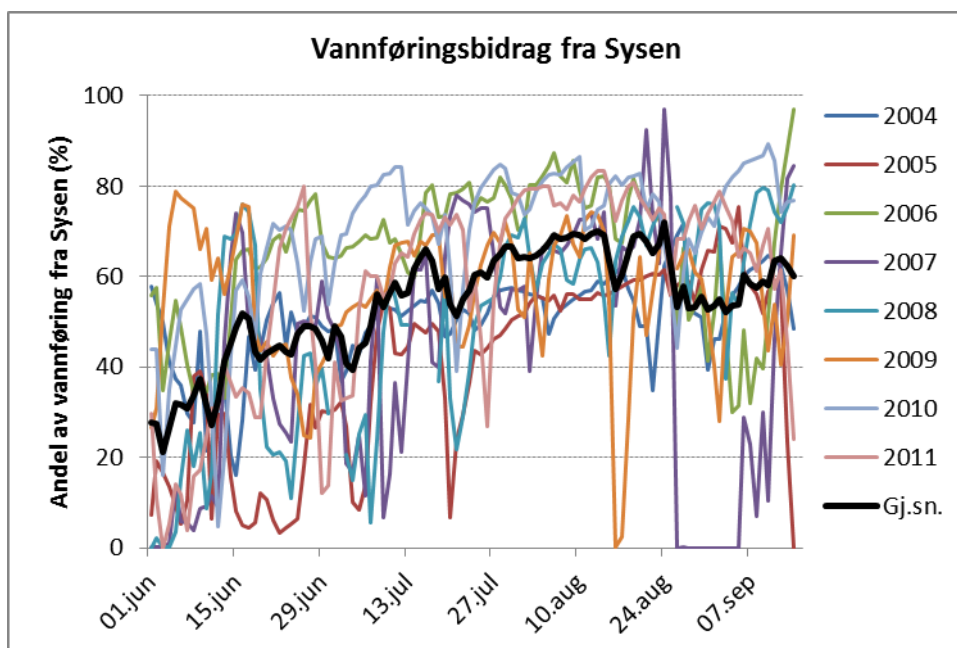


Figur 40. Kart over tilsigsområdet til Bjoreio. Lukene hvor vann fra Isdal og Storlia slippes fra er markert med piler.

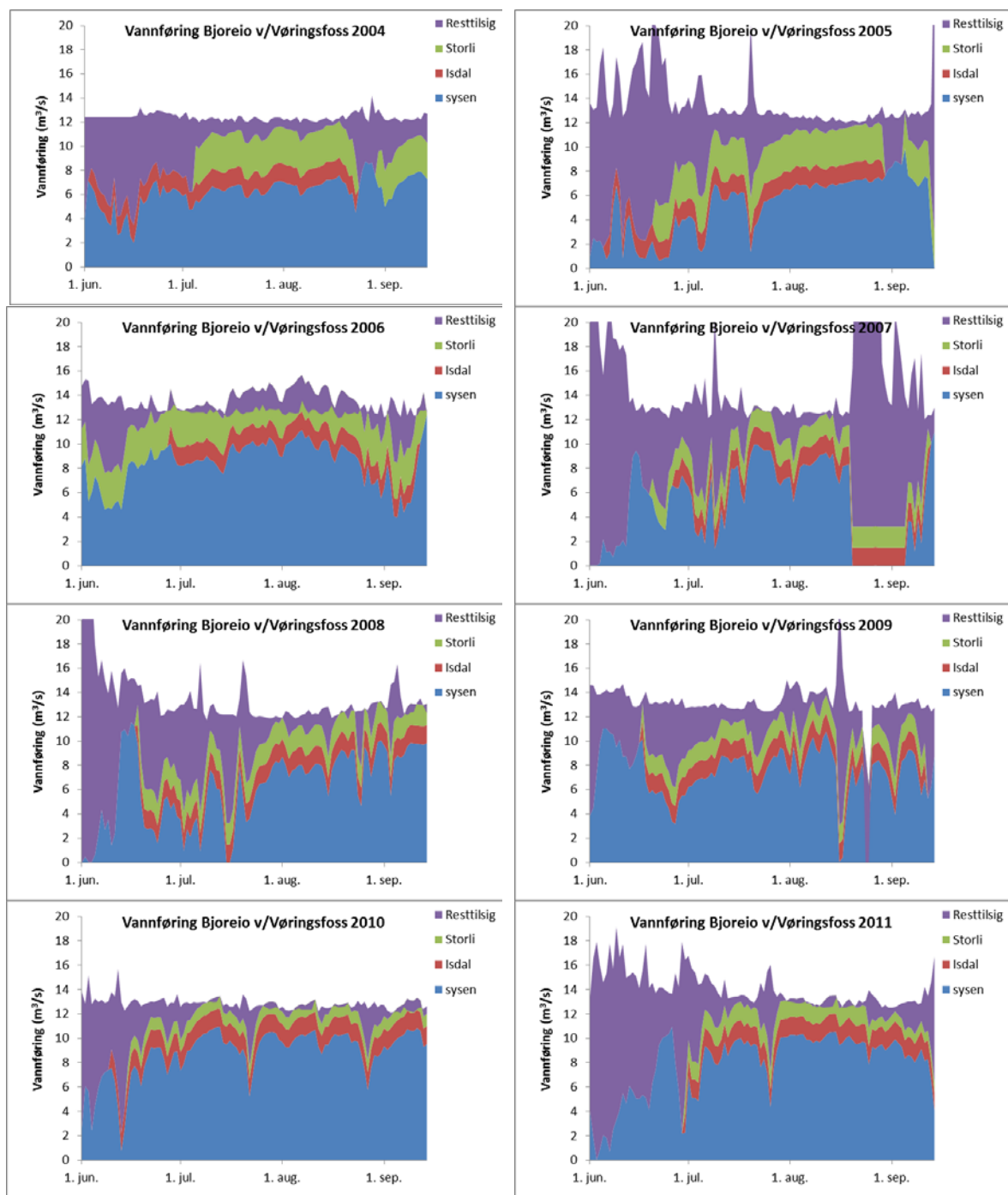
Overholdelse av minstevannføringen måles ved en vannføringsmåler ved Høl, like oppstrøms Vøringsfossen. Vannføringsdata fra denne stasjonen tilsier at den gjennomsnittlige vannføringen i perioden 1. juni – 15. september for årene 1994-2006 var $13,8 \text{ m}^3/\text{s}$, og dermed $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ høyere enn kravet til minstevannføring (Figur 41). For årene 2007-2011, da minstevannføringskravet har vært redusert til $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$ har gjennomsnittlig vannføring vært $13,9 \text{ m}^3/\text{s}$. I perioden med manøvrering av vannslipp fra Storlia og Isdal har tappingen fra Sysen i gjennomsnitt utgjort om lag 54 % av vannføringen ved Høl. Tappingen fra Sysen varierer gjennom sesongen og vanligvis tappes det mindre i juni da vannføringen ofte får et stort bidrag fra snøsmelting fra restfeltet, mens bidraget er høyest i juli og august da i gjennomsnitt 60-70 % av vannføringen tappes fra Sysen. Hvor stort bidrag som til enhver tid kommer fra tapping fra Isdal og Storlia, og fra det øvrige restfeltet er ikke kjent. Statkraft oppgir at luken fra Isdal gir en vannføring på om lag $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, mens lukene ved Storlia ved full åpning gir en vannføring på om lag $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Imidlertid vil vannføringen fra lukene også være avhengig av vannivået i inntaksdammen ovenfor, slik at vannføringen trolig vil variere noe gjennom sesongen. I tillegg har ikke lukene ved Storlia vært åpnet like mye hvert år, slik at vannføringen herfra har vært noe mindre i de senere årene (Tabell 31). Dersom en antar at vannføringen fra lukene er så høy som antatt, så tilsier dette at vannslippene har stått for mellom 20-40 % av vannet som totalt har blitt tappet i de ulike årene for å opprettholde minstevannføringen. I Figur 43 er vannføringen ved Høl i minstevannføringsperioden fremstilt for årene 2004-2011, der vannføringen er delt opp mellom tapping fra Sysen og de antatte bidragene av vannslipp fra Storlia, Isdal og restfeltet.



Figur 41. Vannføring i perioden med minstevannføring (1. juni – 15. september) i Bjoreio ved Høl, like oppstrøms Vøringsfossen, vist som gjennomsnitt for årene 1994-2006 og for døgnmiddel de ulike årene 2007-2011 med tilhørende gjennomsnitt. I perioden før 2006 var minstevannføring 12 m³/s, mens f.o.m. 2007 har minstevannføringen vært 11,5 m³/s.



Figur 42. Prosentandel av vannføringen (døgnmiddel) ved Høl som stammer fra slipp fra Sysen i perioden med minstevannføring om sommeren i årene 2004-2011.

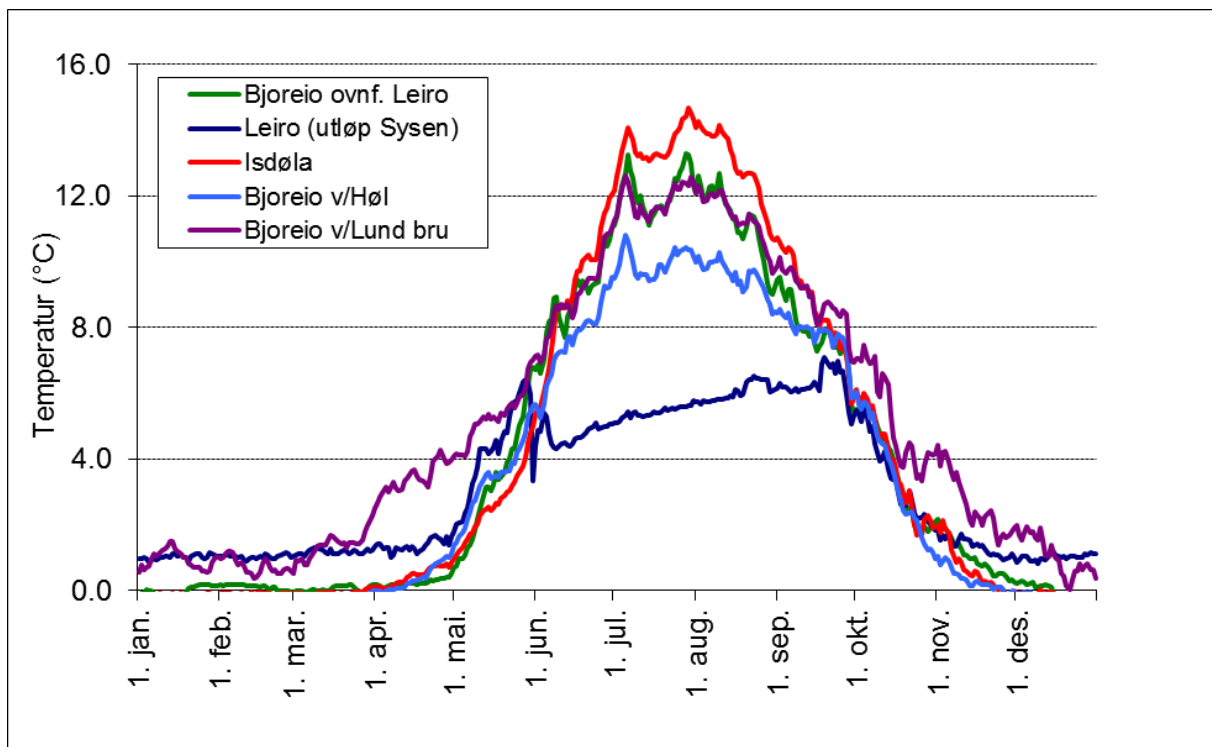


Figur 43. Vannføring ved Høl like ovenfor Vøringsfossen med bidragene fra vannslipp fra Sysendammen, vannslipp fra lukene i Isdal og Storlia, og resttilsig. Vannføringen fra Sysendammen blir målt like nedstrøms reguleringsventilen, vannføring fra Isdal og Storlia er antatt å tilsvare det som oppgis av Statkraft for lukene og være konstant gjennom sesongen, og restvannføringen er beregnet som differansen mellom vannføringen på Høl og summen av vannslippene.

3.6.3 Temperatureffekt av tapping fra Isdal og Storlia

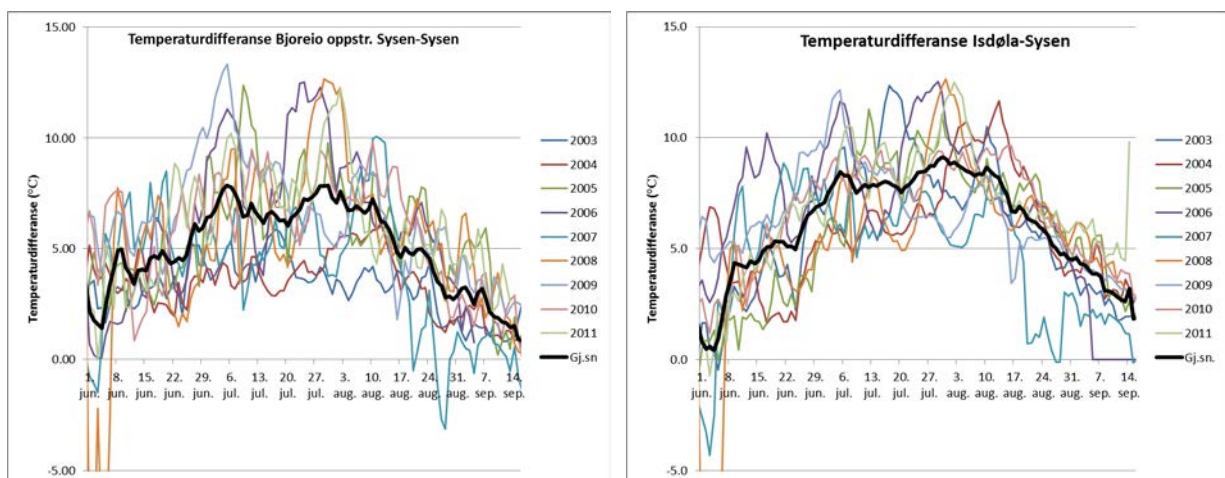
Temperaturforholdene i Bjoreio bestemmes av temperaturene i vannmassene som tilføres elva, samt eventuelle temperaturendringene som forekommer ved oppvarming og nedkjøling nedover vassdraget. Mens vannet som tappes fra Sysendammen holder en stabil temperatur på 4-6 °C, holder vannet som tilføres Bjoreio oppstrøms samløp med Leiro og fra Isdøla en vesentlig høyere temperatur gjennom sommersesongen (Figur 44). Som følge av det kalde vannet som tilføres fra Sysen, er sommertemperaturen ved Høl vesentlig kaldere enn bidragene fra Isdøla og Bjoreio oppstrøms Sysen.

Lenger nedover vassdraget vil temperaturen i Bjøreio øke som følge av oppvarming og tilførsel av varmere sidebekker, slik at temperaturen ved Lund bru er om lag 1-2 °C høyere enn ved Høl.



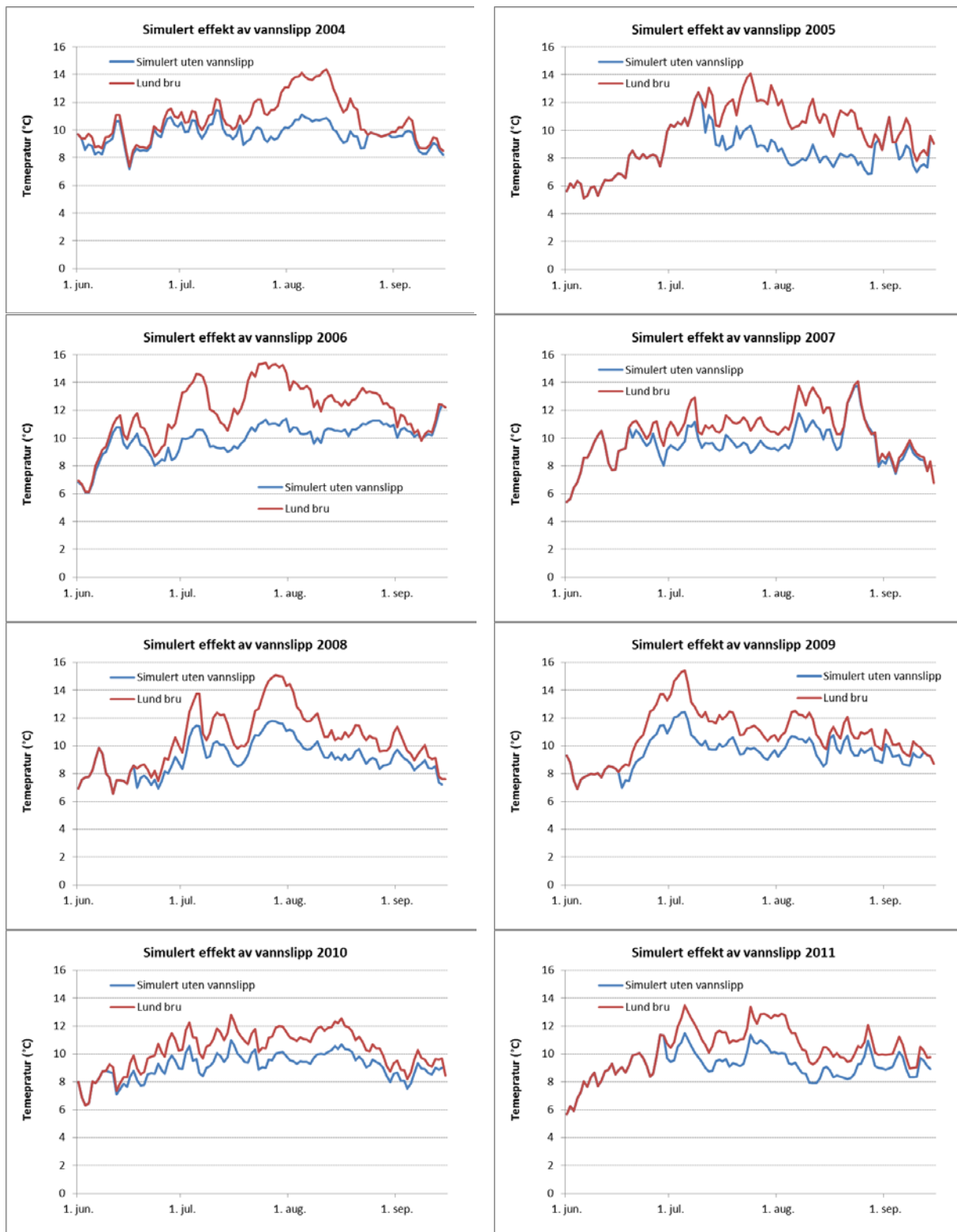
Figur 44. Middeltemperaturer for tilgjengelig data i perioden 2001-2006 fra Isdøla, Bjøreio ovenfor Leiro (utløp Sysendammen), Leiro like nedstrøms tappeventilen i Sysendammen og Bjøreio ved Høl (Vøringsfossen) og Lund Bru.

Mens temperaturen i vannet som tappes fra Sysen holder en jevn lav temperatur gjennom sommeren, vil temperaturen i Isdal og Storlia varieres gjennom sommeren. Størst er temperatordifferansen fra slutten av juni til midten av august, da vannet fra Bjøreio oppstrøms Sysen og fra Isdøla i gjennomsnitt er 5-8 °C varmere enn det som slippes fra Sysen, og i perioder opp til 10 °C varmere (Figur 45). Temperaturene er her målt like ovenfor samløpspunktene til hovedelva, slik at det både omfatter vannet som slippes fra inntaksdammene og fra de respektive restfeltene, og eventuell oppvarming fra slippet og ned til Bjøreio.



Figur 45. Temperaturforskjellen (vist som differansen i døgnmiddel) mellom vannmassene som kommer fra Storlia og Isdøla i forhold til det som tappes fra Sysen i minstevannsføringsperioden 1. juni – 15. september i årene 2003-2011.

Hvor stor temperaturegevinst slippet av vann fra Isdal og Storlia har hatt på temperaturforholdene på den lakseførende strekningen er vanskelig å vurdere direkte. Sammenlignet med perioden før vannslippordningen ble innført er middeltemperaturen på den lakseførende strekningen over 2 °C høyere ved sommermaksimum i perioden 2003-2011 (Figur 39). Det er imidlertid usikkert hvor mye av dette som skyldes endret manøvrering med vannslipp i forhold til andre endringer i avrenning og klimatiske forhold. For å vurdere hvor stor temperaturegevinst en kan forvente å oppnå med ordningen, har vi simulert hvordan vanntemperaturen på anadrom strekning ville vært om en hadde byttet ut vannføringsbidraget fra Isdal og Storlia med vann fra Sysendammen i årene 2004-2011, og dersom en forutsetter at vannføringsbidragene fra vannslippene og restfeltet er som vist i Figur 43. Detaljer for hvordan simuleringen er foretatt er beskrevet i Skoglund m. fl. (2007). Resultatene fra simuleringen er gjengitt i Figur 46 og tilsier at vanntemperaturen i gjennomsnitt har økt med anslagsvis 1-2 °C gjennom store deler av perioden manøvreringen har pågått, og i perioder har økt med 3-4°C. Temperaturegevinsten av vannslippet kan bli noe overestimert dersom vannføringene er lavere enn antatt. Dette var trolig tilfellet i deler av sommeren i 2006, og kan også være tilfellet i andre år. Simuleringen tar heller ikke hensyn til at oppvarmingen av vannet nedover vannstrengen sommerstid vil være høyere for kaldt enn for varmt vann, noe som også kan bidra til å overestimere temperaturegevinsten. Til tross for at den eksakte temperaturendringen som følge av vannslippet er beheftet med noe usikkerhet så illustrer det uansett at tiltaket kan bidra til å gi en vesentlig økt temperatur på den lakseførende strekningen.



Figur 46. Observert temperatur ved Lund bru sammen med simulert temperatur dersom manøvreringen av vannslipp ikke hadde blitt gjennomført, dvs. dersom vannføringsbidraget av vannslipp fra Isdal og Storlia hadde blitt erstattet med vann fra Sysendammen i årene 2004-2011.

3.6.4 Beregnet effekter av økt temperatur på swimup og vekst hos ungfisk av laks og aure

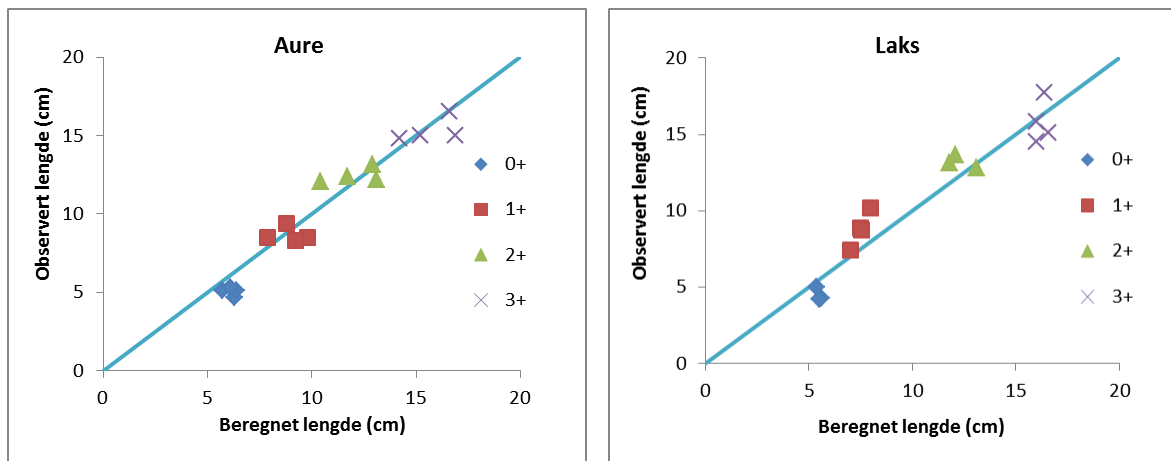
Basert på de simulerte temperaturene vist i Figur 46 har vi beregnet hvordan manøvreringsordningen med vannslippene har påvirket tidspunkt for swimup og vekstforholdene for yngel og ungfisk i Bjoreio. Tidspunktet for swimup, som er tiden da yngelen har brukt opp opplagsnæringen og kommer opp av grusen for å ta til seg næring, er i veldig liten grad påvirket av temperaturendringene hos både laks og aure (Tabell 32). Manøvreringen synes imidlertid å ha resultert i økt temperatur i perioden for swimup hos lakseyngelen i noen år, men i liten grad for auren.

Tabell 32. Beregnet tidspunkt for når yngelen hos laks og aure kommer opp av grusen i Bjoreio for årsklassene i 2004-2011. Perioden med swimup er beregnet ut i fra temperatur ved Lund bru og simulerte temperaturer ved Lund bru uten vannslipp fra Isdal og Storlia, og modeller for temperaturavhengig utvikling fra Crisp (1981, 1988), og antatt at gytetiden for laks er 3-17. november, og for sjøaure 25. oktober-8. november. Temperaturen angir middeltemperatur i perioden med swimup.

Årsklasse	Observert temperatur (m/vannslipp)		Simulert uten vannslipp	
	Peak swimup	Temperatur	Peak swimup	Temperatur
Laks				
2004	13-20. juni	8,6 °C	14-21. juni	8,4 °C
2005	25. juni-1. juli	8,7 °C	25. juni-1. juli	8,7 °C
2006	20-28. juni	9,8 °C	20-30. juni	8,7 °C
2007	11-18. juni	8,9 °C	11-18. juni	8,9 °C
2008	25-30. juni	9,5 °C	26. juni-1. juli	8,5 °C
2009	21-26. juni	11,4 °C	22-27. juni	10,0 °C
2010	27. juni-1. juli	10,8 °C	29. juni-4. juli	9,6 °C
2011	3-6. juli	12,8 °C	3-7. juli	10,9 °C
Aure				
2004	1-6. juni	9,3 °C	1-6. juni	9,0 °C
2005	6-16. juni	6,0 °C	6-16. juni	6,0 °C
2006	5-14. juni	9,7 °C	5-14. juni	9,5 °C
2007	24. mai-5. juni	5,9 °C	24. mai-5. juni	5,9 °C
2008	8-16. juni	7,7 °C	8-16. juni	7,7 °C
2009	6-12. juni	7,9 °C	6-12. juni	7,9 °C
2010	12-19. juni	8,6 °C	12-20. juni	7,9 °C
2011	18-24. juni	9,5 °C	18-24. juni	9,5 °C

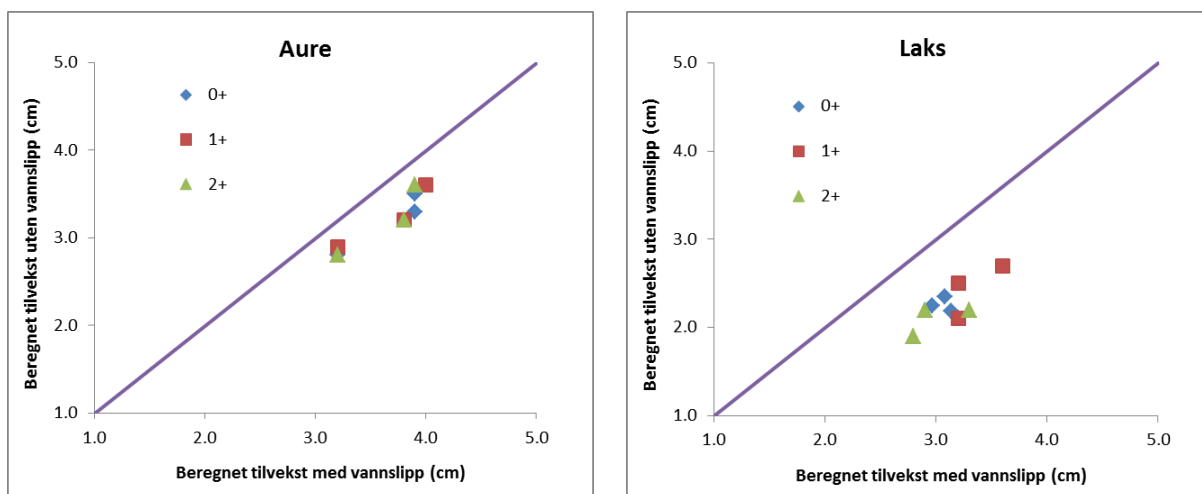
For å undersøke hvilken effekt vannslipp har på vekstforholdene for laks og sjøaure i Bjoreio, har vi benyttet vekstmodeller for å beregne veksten til de ulike årsklassene av laks og aure. Vekstmodellene beregner veksthastigheten til fisk av en gitt størrelse ved ulike temperaturer dersom fisken ikke er begrenset av næringstilgang, dvs. at den har overskudd av mat.

For å undersøke hvor godt egnet vekstmodellen er til å beskrive vekstmønsteret for ungfisk i Bjoreio, har vi beregnet lengden på de ulike årsklassene av ungfisk av laks og aure i Bjoreio i perioden 2003-2006 (Figur 47). Det ble generelt funnet en god overensstemmelse mellom beregnede og observerte lengder av de ulike årsklasser for både laks ($r^2 = 0,92$) og aure ($r^2 = 0,94$), men det var noe dårligere overensstemmelse mellom forventet og observert vekst innen årsklassene. For både ensomrig aure og laks synes den beregnede veksten å være noe høyere enn det som er observert. Totalt sett tilsier resultatene at presisjonene i vekstberegningene ikke er egnet til å gi detaljert beskrivelse av mellomårsvariasjon i vekstforholdene, men at de er tilfredsstillende for å beskrive det generelle vekstmønsteret for ungfisk i Bjoreio.

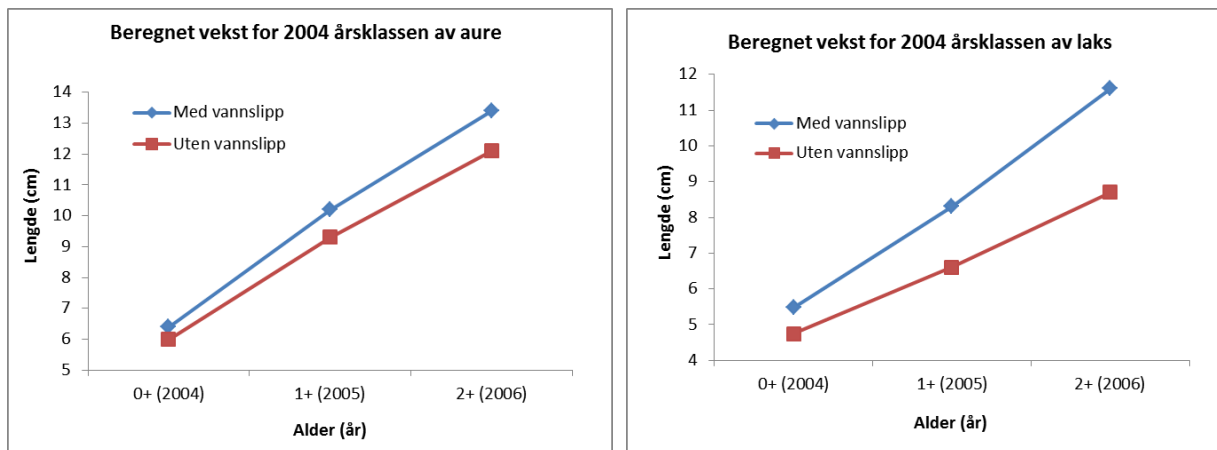


Figur 47. Forholdet mellom lengdevekst beregnet med vekstmodeller og observerte lengder fra elektrisk fiske på høsten for ulike årsklasser av ungfisk av aure (t.v.) og laks (t.h.) i Bjoreio i perioden 2003-2006. Linjen viser 1:1 forholdet mellom beregnet og observert lengde, dvs at det ikke er forskjell mellom de to regimene.

Vekstmodellene tilsier at den beregnede tilveksten for ensormige (0+), tosomrige (1+) og tresomrige (2+) ungfisk av laks i gjennomsnitt var henholdsvis 0,8 cm, 0,9 cm, og 0,9 cm høyere enn den ville vært uten vannslipp i årene 2004-2006 (Figur 48). Tilsvarende beregning for ungfisk av aure tilsier at tilveksten for ensormige, tosomrige og tresomrige henholdsvis var 0,5 cm, 0,4 cm, og 0,4 cm høyere som følge av vannslipp. Hvis vi følger årsklassen som kom opp av grusen sommeren 2004, ville størrelsesforskjellen for lakseunger ved de to ulike temperaturregimene være 0,7 cm som 0+ etter endt vekstsesong høsten 2004, 1,7 cm som 1+ høsten 2005 og 2,9 cm som 2+ høsten 2006 (Figur 49). Tilsvarende forskjell for aureunger ville vært 0,4 cm som 0+ høsten 2004, 0,9 cm som 1+ høsten 2005 og 1,3 cm som 2+ høsten 2006 (Figur 49).



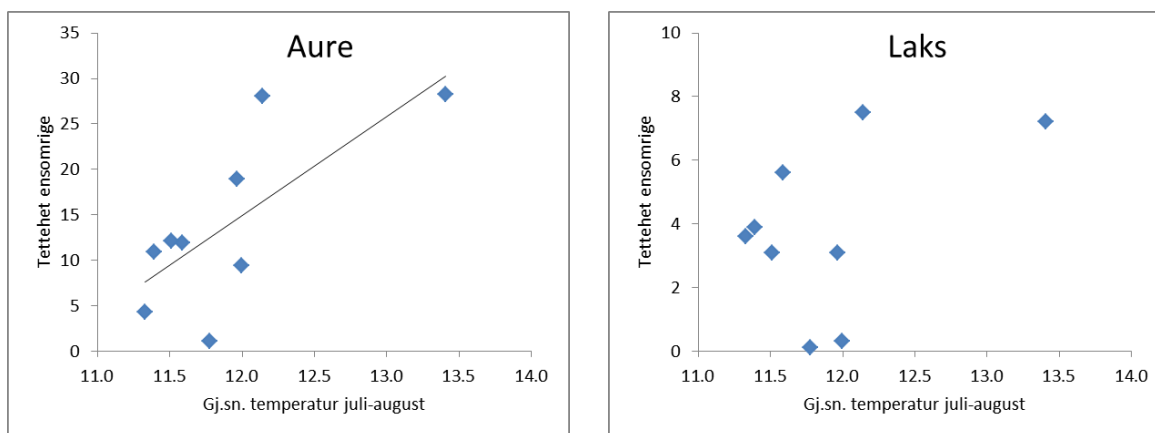
Figur 48. Tilvekst for ulike årsklasser av aure (t.v.) og laks (t.h.) beregnet ved bruk av vekstmodeller for temperaturer med og uten vannslipp fra Isdal og Storlia i årene 2004-2006. Linjen viser hvor forholdet mellom tilvekst med og uten vannslipp er 1:1.



Figur 49. Beregnet vekstforløp for 2004 årsklassen av laks (t.v.) og aure (t.h.) i perioden 2004-2006 i tilfelle med rådende vannslipp fra Isdal og Storlia, og i tilfelle uten vannslipp.

3.6.5 Effekt av temperatur på rekruttering

Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom temperatur ved swimup og tettheter av verken aure eller laks (lineær regresjon, $P > 0,7$). Det ble imidlertid funnet en positiv sammenheng mellom tettheter av ensomrig aure og gjennomsnittstemperaturen i perioden juli–august (lineær regresjon, $F = 7,7$, $P = 0,028$, Figur 50), noe som tilsier at rekrutteringen av aure har vært bedre i år med høye sommertemperaturer. Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom sommertemperatur og tettheter av ensomrige lakseunger ($P = 0,23$), men de to årene med høyest tetthet av lakseyngel forekommer i to av de varmeste årene i perioden.



Figur 50. Sammenheng mellom gjennomsnittstemperaturen i sommerperioden juli-august og tettheter av ensomrige aureunger (t.v.) og ensomrige lakseunger (t.h.) funnet ved elektrisk fiske i Bjoreio i årene 2003-2011.

3.7 Vannkjemi og bunndyr

I Tabell 33 er resultatene fra de vannkemiske analysene foretatt høsten 2009 og våren 2010. Verdiene av kalsium og totalt karbon kategoriserer elvene som kalkfattige / moderat kalkfattige og klare i følge klassifiseringsveilederen for vanddirektivet (Direktoratsgruppen 2009). Sammenlignet med mange Vestlandsvassdrag har Eidfjordvassdraget en god vannkjemi med relativt høyt kalsiuminnhold. Vannprøvene indikerer ingen forureningsproblemer. Total fosfor og nitrogen indikerer heller ingen problemer med organisk forurensing.

Tabell 33. Vannkjemimålinger i Eidfjordsvassdraget den 10.11.2009 og 13.04.2010.

	Bjoreio		Veig		Eio	
	10.11.2009	13.04.2010	10.11.2009	13.04.2010	10.11.2009	13.04.2010
pH	7,15	6,84	7,36	7,19	7,19	7,11
Konduktivitet (mS/m)	3,34	3,41	3,43	3,13	2,38	2,58
Alkalitet (mmol/l)	0,163	0,128	0,237	0,196	0,161	0,162
ANC (µekv/l)	156	133	202	186	139	150
Total P (µg/l)	3	6	1	2	3	2
Total N (µg/l)	245	335	113	230	133	133
NO₃ (µg/l)	98	175	70	150	59	72
TOC (mg/l)	3,00	5,00	0,64	2,30	1,50	1,40
Cl (mg/l)	1,83	2,83	0,71	0,94	0,96	0,97
SO₄ (mg/l)	4,21	3,08	3,66	2,70	2,24	2,40
Labilt aluminium (µg/l)	5	4	< 5	6	5	< 5
Ca (mg/l)	4,32	3,53	4,92	4,24	3,27	3,50
Mg (mg/l)	0,29	0,29	0,25	0,25	0,20	0,21
Na (mg/l)	1,18	1,65	0,69	0,81	0,72	0,77
K (mg/l)	0,47	0,73	0,29	0,46	0,24	0,27

En detaljert oversikt over artene som ble registrert i bunndyrprøvene er vist i Vedlegg 2-4. Diversiteten er rimelig høy til å være på Vestlandet, og det er verdt å merke seg at steinfluen *Dinocras cephalotes* er tilstede i alle tre elvene. Arten er ikke blant de vanligste av steinfluene.

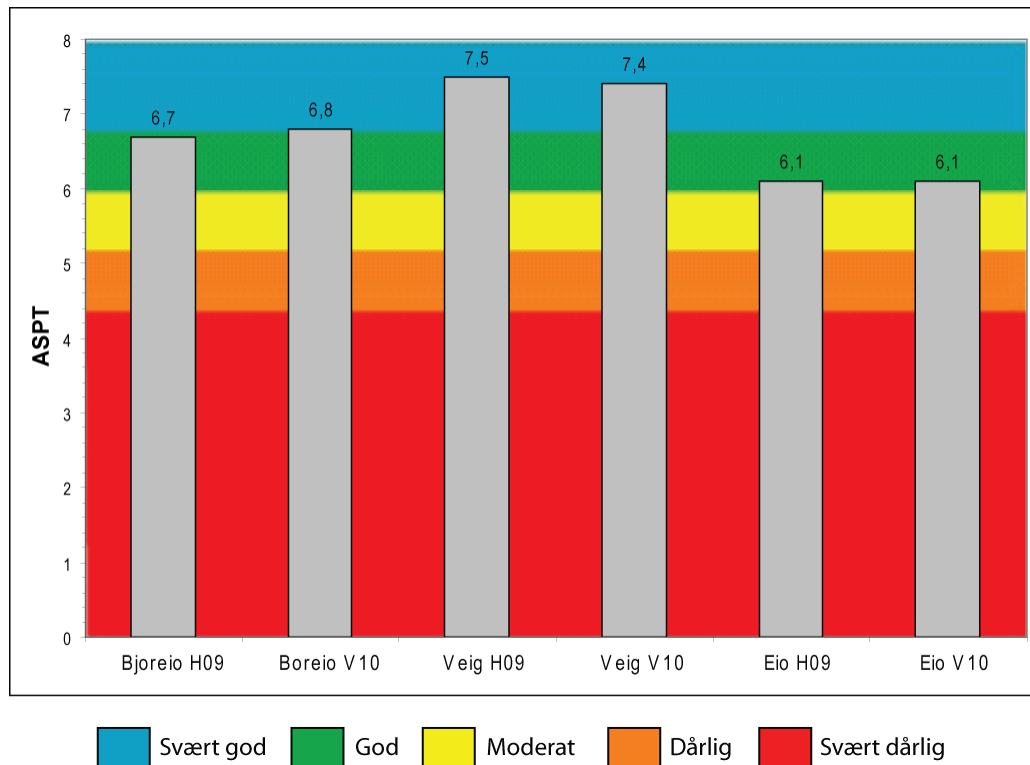
Figur 1 viser Forsuringsindeks 2 på de tre lokalitetene. Det ble funnet 12 arter som er sensitive for forsurening i Bjoreio, 10 arter i Veig og 7 arter i Eio høsten 2009 / våren 2010. Det ble ikke registrert noen forsureningsproblemer i vassdraget, verken om våren eller høsten.

**Figur 51.** Forsuringsindeks 2 på lokalitetene i Eidfjordsvassdraget høsten 2009 og våren 2010.

Dette er det samme resultatet som ble observert i undersøkelser basert på en roteprøve på de samme lokalitetene høsten 2007 og 2008 (upubliserte data).

Det ble heller ikke registrert noen organisk belastning på bunndyrsamfunnet i noen av elvene (Figur 52). ASPT indeksen indikerte god økologisk tilstand i Bjoreio høsten 2009, og svært god tilstand

våren 2010. I Veig viste indeksen svært god økologisk tilstand både høst og vår, men i Eio indikerte indeksen god tilstand på begge tidspunkt. Dette er også i samsvar med de nevnte undersøkelsene høsten 2007 og 2008. Her indikerte ASPT-indeksen i høstprøvene svært god økologisk tilstand i Bjoreio og Veig begge årene, mens prøvene i Eio indikerte moderat økologisk tilstand om høsten i 2007 og god tilstand høsten 2008. Verdien på indeksen i Eio var 6,1 høsten 2008, det samme som i denne undersøkelsen, mens den hadde verdien 5,8 høsten 2007. Dette kan bety at det var større belastning på Eio dette året, men det kan like gjerne være en følge av at det bare ble tatt en prøve på lokalitetene disse årene.



Figur 52. ASPT-indeksen på lokalitetene i Eidfjordsvassdraget høsten 2009 og våren 2010.

Forskjellene i indeksverdier mellom vassdragene indikerer at den organiske belastningen fra jordbruk og bebyggelse var større i Bjoreio enn i Veig, og at Eio får den samlede belastningen fra de to elvene pluss det som kommer fra bebyggelsen i Øvre og Nedre Eidfjord.

Oppsummert tilsier undersøkelsene av bunndyr i Bjoreio, Veig og Eio indikerer ingen forsureningsproblemer, og ingen problemer med organisk belastning eller annen forurensing i elvene.

4.0 Diskusjon

4.1 Status for bestandene av laks og sjøaure

Eidfjordvassdraget har tidligere hatt livskraftige og høstbare bestander av både laks og sjøaure, og var et av de mest betydningsfulle laksevassdragene i Hardangerfjordsystemet. Basert på de samlede fangstene på garn i Eidfjordvatnet og kjerr og stangfiske i elva, kom Jensen og Steine (1990, referert til i Jensen m. fl. 2004) frem til at det normalt ble fanget om lag 4 100 kg laks og 2 910 kg sjøaure i vassdraget i perioden 1968-1979. Dette er betydelig mer enn det som ble rapportert i den offisielle fangststatistikken i samme periode. Ut i fra dette beregnet Jensen m. fl. (2004) at innsiget i et «normalår» var om lag 600-700 laks og om lag 2100 sjøaure. I tillegg var det på denne tiden et omfattende fiske langs kysten og i fjordområdene som trolig medførte en høy beskatning på laks og sjøaure som skulle inn til Eidfjordvassdraget. Laksebestanden gikk betydelig tilbake utover 1990-tallet og laksen har vært fredet i hele vassdraget siden 2000. Til tross for fredning i vassdraget og en betydelig innskrenkning i laksefiske i sjøen, tilsier resultatene i både de foreliggende og tidligere undersøkelsene at den kritiske situasjonen for laksebestanden har vedvart og at innsiget av laks til vassdraget har vært svært lavt i hele perioden frem til 2011. Det ble riktignok registrerte en betydelig økning i gytebestanden av laks i 2011 i forhold til de tidligere årene i perioden, men innsiget er fortsatt lavt i forhold til tidligere og det gjenstår å se om dette gjenspeiler en bedring i situasjonen for laksebestanden på sikt. Situasjonen for sjøauren i vassdraget er bedre enn for laks, men bestandene synes også å være betydelig redusert i forhold til tidligere.

Resultatene som er opparbeidet i prosjektperioden sannsynliggjør at reguleringen har hatt negative effekter på ungfiskproduksjonene i vassdraget, spesielt i Bjoreio. I en gjennomgang av fiskebiologiske undersøkelser i perioden 1999-2003 påpekte Jensen m. fl. (2004) at det er sannsynlig at reguleringen har påvirket de fleste livsstadiene for laks og sjøaure i vassdraget ved følgende endringer:

- Tørrlegging og innfrysing av gytegroper og rogn
- Reduserte oppvekstområder for ungfisk
- Redusert vannføring under smoltutgang
- Redusert vannføring under oppvandring for voksen fisk
- Redusert vannføring og begrensning av gyteområder
- Endret temperatur påvirker vekst og rekrutteringsforhold
- Hurtige vannstandsreduksjoner ved stans i Tveitofossen kraftstasjon

De foreliggende undersøkelsene underbygger at reguleringen har hatt negative effekter på fiskebestandene i vassdraget, og effekter av de ulike påvirkningsfaktorene og iverksatte tiltak er omtalt i egne kapitler. Som Jensen m. fl. (2004) også påpekte er imidlertid reguleringen kun en av flere sannsynlige årsaker til nedgangen og den vedvarende uheldige situasjonen for bestandene av laks og sjøaure i Eidfjordvassdraget. Hardangerfjorden er en av de mest oppdrettsintensive fjordsystemene i Norge, og høye nivåer av lakselus har blitt utpekt som en viktig bestandsreducerende faktor for laks og sjøaure i fjordsystemet (Skaala m. fl. 2009, Bjørn m. fl. 2011, Taranger m. fl. 2011). I tillegg har det vært en høyere dødelighet for laksen i havet i de siste 20-25 årene som trolig gjenspeiler ugunstig havmiljø med tanke på overlevelse for laks (Anon. 2011). Den negative bestandsutviklingen er heller ikke spesiell for Eidfjordvassdraget, og laksen har i en årrekke vært fredet i flere andre vassdrag i regionen (f.eks. Opo, Kinso, Granvinselva, Steinsdalselva, Jondalselva, Rosendalselvene). I perioden 2004-2011 har LFI Uni Miljø gjennomført gytefisktellinger i en rekke vassdrag på Vestlandet, og resultatene fra disse tilsier at bestandssituasjonen for laks har vært kritisk lave i de fleste andre vassdragene i Hardanger og mange øvrige vassdrag i Hordaland, og at mange av sjøaurebestandene er kraftige redusert (Skoglund m. fl. 2009, LFI Uni Miljø upubliserte data). Dette tyder på en spesielt høy dødelighet i sjøfasen for smolt som vandrer ut fra vassdragene i regionen, og dette er trolig en viktig årsak til den vedvarende uheldige bestandssituasjonen. Høsten 2011 ble det observert en markant økning i innsig av mellomlaks i mange av elvene i regionen, noe som tyder på at smolten som vandret ut våren 2009 hadde relativt god overlevelse i sjøfasen. Det gjenstår å se om dette gjenspeiler en mer generell bedring i sjøoverlevelse, eller om det er en forbigående effekt. Det har i den senere tid blitt fokusert på effektene havbruksnæringen har på de ville bestandene av laksefisk i Hardangerfjorden, og det har blitt utarbeidet et eget forslag om å iverksette en rekke strakstiltak for å avbøtende den

uheldige situasjonen (Skaala m. fl. 2010). En forutsetning for å få tilbake livskraftige bestander av laks og sjøaure i vassdraget er at livsbetingelsene både er tilstrekkelig for reproduksjon og oppvekst i ferskvannsfasen, og for vekst og overlevelse i sjøfasen. I den nåværende situasjon, som innebærer lav sjøoverlevelse, er det generelt viktig å sikre rekrutteringen og ungfiskproduksjonen i vassdraget. Iverksatte og foreslåtte tiltak som omtales i foreliggende rapport vurderes som viktige virkemiddel for å nå en slik målsetting.

En annen faktor som kan ha bidratt til nedgangen for bestanden av sjøaure i vassdraget er etableringen av røye i Eidfjordvatnet. Røye ble første gang registrert i vassdraget i 1978 og bestanden vokste raskt utover 1980-tallet (Nøst m. fl. 2000). Eidfjordvatnet har trolig vært et viktig oppvekstområde for ungfisk av sjøaure. Etablering av røye kan ha medført at næringsgrunnlaget for aure i Eidfjordvatnet har blitt redusert, og dermed mindre egnet som oppvekstområde for aureunger.

Innslag av rømt oppdrettslaks i gytebestanden

En viktig trusselfaktor for laksebestanden i Eidfjordvassdraget er det vedvarende høye innslaget av rømt oppdrettslaks i gytebestanden. Rømt oppdrettslaks kan påvirke villaksbestandene både indirekte, gjennom ulike interaksjoner som konkurranse og sykdomsspredning, og direkte gjennom genetisk innkryssing ved hybridisering med villaksbestandene (Ferguson m. fl. 2007). Dette kan på sikt redusere villaksbestandenes genetiske integritet og føre til at bestandene blir mindre levedyktige (McGinnity m. fl. 2003, Hindar & Diserud 2007). Det lave antallet gytelaks gjør villaksbestanden i Eidfjordvassdraget ekstra sårbar for innkryssing av rømt oppdrettslaks, og andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden har i flere av årene vært >20 %. Ved å sammenligne skjellprøver fra historisk materiale, fant Skaala m. fl. (2006) at den genetiske sammensetningen av laksebestanden i Eio var forandret i forhold til tidligere, og at dette høyst sannsynlig skyldtes innblanding av rømt oppdrettslaks. Ut i fra modelleringer beregnet Diserud m. fl. (2012) at den opprinnelige villaksbestanden sannsynligvis utgjør mindre enn 25 % av bestanden i Eidfjordvassdraget, og kategoriserte bestanden som kritisk truet eller tapt. Denne kategoriseringen tar imidlertid ikke hensyn til at bestanden er tatt vare på i levende genbank. I denne sammenhengen er laksemateriale fra Eidfjordvassdraget som er ivaretatt i levende genbank et viktig virkemiddel for å motvirke den uheldige effekten av rømt oppdrettslaks, og er et sentralt virkemiddel for å gjenoppbygge en livskraftig laksebestand i vassdraget.

Bjoreio

I hele perioden 1999-2011 da det har blitt gjennomført gytefisktellinger i Bjoreio har det med få unntak blitt talt <40 villaks. Dette til tross for at laksen har vært fredet siden 2000 og det dermed ikke har vært noe beskatning i form av fiske. I noen av årene har det blitt tatt ut noe stamfisk før gytefisktellingerne ble gjennomført, og i tillegg vil gytefisktellingerne generelt representere et minimumsestimat på gytebestanden ettersom noe av fisken ikke blir observert under telling. Innsiget og gytebestanden kan derfor være noe høyere enn det gytefisktellingerne tilsier. Det generelle bildet er likevel at gytebestanden har vært svært lav gjennom hele undersøkelsesperioden. Et år som skiller seg ut er 2011, da det ble observert 117 villaks. Den lave gytebestanden gjenspeiles også i at eggtetthetene i Bjoreio er lave. Med unntak av 2011 da eggtettheten ble beregnet til 4,2 egg per m², har eggtettheten i hele undersøkelsesperioden vært under 2 egg per m² som er satt som gytebestandsmål for Eidfjordvassdraget (Hindar m. fl. 2007). Det er derfor sannsynlig at det lave antallet laks i gytebestanden i hele perioden 1999-2010 har vært begrensende for ungfiskproduksjonen i Bjoreio.

Gytebestanden av sjøaure i Bjoreio har i hele perioden bestått av >100 gytefisk. Det høyeste antallet som har vært registrerte var i 2010 da det ble talt 417 sjøaure. Mens gytebestanden av sjøaure var nokså stabil rundt 300 gytefisk i perioden 1999-2003, var det en tilsynelatende nedgang i bestanden i årene 2004-2008, før bestanden igjen tok seg opp igjen i slutten av undersøkelsesperioden. Fra 2007 har det også vært stans i fiske etter sjøaure i Bjoreio, og redusert beskatning har derfor bidratt til økningen i sjøaurebestanden de siste to årene. Eggtettheten for sjøaure har i perioden 1999-2011 vært beregnet mellom 2,0-4,9 egg per m². Det er ikke kjent hvor høy eggtetthet som trengs for å nå bæreevnene med hensyn til ungfisk hos sjøaure, men det er mulig at gytebestanden i enkelte år har vært begrensende for ungfiskproduksjonen. Et karakteristisk trekk for sjøaurebestanden i vassdraget er at det er forholdsvis stor andel av storvokst sjøaure (> 2-3 kg).

Ungfiskundersøkelsene viser at tetthetene av lakseunger i Bjoreio har vært forholdsvis lave i perioden 1999-2011. Det er imidlertid en tendens til at tetthetene av både ensomrige og eldre lakseunger har vært noe høyere i årene 2005-2011. Dette tyder på at rekrutteringsforholdene har vært bedre i årene fra om lag 2005 og ut undersøkelsesperioden. Når det gjelder tetthetene av aureunger så har disse generelt vært høyere enn tilsvarende for laks, og tettheten av eldre aureunger kan generelt sett karakteriseres som moderat til god. Det ingen klare trender i utviklingen i tetthetene av aureunger gjennom perioden. Årsklassene 2006 og 2008 synes å være forholdsvis sterke for både aure- og laks, og kan tyde på gunstige rekrutteringsforhold disse to årene. Ungfiskundersøkelsene tilsier dermed at tiltakene som er gjennomført i perioden synes å ha medført noe bedre rekrutteringsforhold, men det er ingen klar respons i form av økte tettheter av ungfisk. Ettersom den lave tettheten av gytelaks kan ha vært begrensende for rekrutteringen, er det mulig at dette kan ha overskygget noe av effekten av tiltakene.

Eio

I Eio viser gytefisketellingene i perioden 1999-2011 at det hovedsakelig har vært <50 villaks i gytebestanden, og det synes ikke å være noen klare trender i bestandsutviklingen i undersøkelsesperioden. Med unntak av i 2000 og 2011, har de beregnete egg tetthetene i Eio har vært under 2 egg per m², og dermed lavere enn gytebestandsmålet for laksebestanden i Eidfjordvassdraget. Med hensyn til sjøaure har det med ett unntak blitt observert >100 gytefisk av sjøaure i perioden 1999-2011, og som ellers i vassdraget er sjøaurebestanden preget av mye storvokst fisk. Det synes ikke å være noen generell trend i utviklingen for sjøaurebestanden i undersøkelsesperioden, men som i Bjoreio var det en økning i sjøaurebestanden i 2010 og 2011. Et usikkerhetsmoment med gytefisketellingene i Eio er at fisken i stor grad er konsentrert ved og like nedstrøms utløpet av Eidfjordvatnet (Soget) som også er det viktigste gyteområdet i elva. Under gytefisketellingene er det ikke mulig å få inntrykk av hvor mye fisk som står opp i vannet i forhold til nede på gyteplassen der de kan bli observert, noe som kan bidra til å underestimere gytebestandene av både laks og sjøaure. Laksen i Eio har vært fredet siden 2000, mens det i hele undersøkelsesperioden har vært åpent fiske etter sjøaure og rømt oppdrettslaks. Det har blitt foretatt ungfiskundersøkelser i Eio i periodene 1999-2003 og fra 2007-2011. Tetthetene av lakseunger var svært lav i den første delen av undersøkelsesperioden, men har deretter økt noe og kan karakteriseres som moderate i perioden 2004-2011. Tettheten av aureunger i Eio har vært forholdsvis stabil gjennom de to undersøkelsesperiodene og kan generelt karakteriseres som gode.

Veig

Ved gytefisketelling i Veig ble det i årene 2009 og 2010 observert henholdsvis 5 og 7 villaks, mens det høsten 2011 ble talt 26 villaks. Høsten 2008 ble det ikke observert laks, men da førte høy vannføring til dårlige observasjonsforhold og kun en begrenset del av elvestrekningen ble undersøkt. Det ble funnet ensomrige lakseunger høsten 2009, noe som viser at det forekom gyting av laks i Veig også høsten 2008. Tilsvarende ble det talt fra 58-71 sjøaure i årene 2009-2011, mens det kun ble observert 12 sjøaure i 2008. Partier med store blokker og strie stryk gjør det utfordrende å telle gytefisk i Veig og kan gjøre at mye av fisken ikke blir observert. Det er derfor grunn til å tro at gytebestanden registrert ved tellingene kan være mer underestimert enn i de andre vassdragsavsnittene. Likevel synes bestandene av både laks og sjøaure å være fåtallige. Som i Eio og Bjoreio har det også i Veig blitt observert mange storvokste individer av sjøaure.

I Veig er det gjennomført ungfiskundersøkelser i årene 2008-2011, og i alle disse årene er det registrert ungfisk av laks, men tetthetene har vært svært lave. Høsten 2011 ble det kun registrert 2 lakseunger på de fire undersøkte stasjonene. Disse resultatene samsvarer med tidligere undersøkelser i vassdraget som også har funnet svært lave tettheter eller fravær av lakseunger i Veig (Berger m. fl. 2002). Totalt sett tilsier resultatene at laksebestanden i Veig er svært lav, men at det jevnlig forekommer rekruttering av laks i elva. Tettheten av aureunger har vært lave til moderate i undersøkelsesperioden, og gjenspeiler trolig at også gytebestanden av sjøaure har vært lav i de senere årene.

Både gytefisketellingene og ungfiskundersøkelsene tilsier at bestandene av både laks og sjøaure i Veig er lavere enn i Bjoreio og Eio. Dette er til tross for at Veig kun er minimalt berørt av vassdragsregulering, og dermed burde forventes å ha bedre betingelser for å opprettholde sterkere bestander av både laks og sjøaure. Årsaken til denne forskjellen er ikke kjent. Det foreligger også mindre informasjon om hvor store forekomster det har vært av laks og sjøaure i Veig tidligere. Generelt synes det å være forholdsvis gode oppveksthabitat for ungfisk i store deler av elvestrekningen

og det synes også å være flere områder med gode gytemuligheter. Det er imidlertid en mulighet at ulike naturgitte miljøforhold medfører at Veig er mindre gunstige og produktiv for ungfiskproduksjon. For eksempel fremtrer Veig som stri med klart vann og lite begroing på elvebunnen. Det er mulig at ungfiskproduksjonen dermed er begrenset av forhold som høy massetransport og dårligere næringsbetingelser. Et forhold som peker i denne retning er at veksten hos både lakse- og aureunger er noe lavere i Veig enn i de andre vassdragsavsnittene. Dette til tross for at temperaturforholdene målt i de siste tre årene tilsier at Veig er noe varmere gjennom sommeren enn Bjoreio.

4.2 Kultivering og rognplanting

Settefisk

For å opprettholde utsettingspålegget på 15 800 laksesmolt, var kultiveringsstrategien i Bjoreio frem til ut på 2000-tallet basert på smoltutsetninger. Etter 1990 har all smolt som har vært satt ut i vassdraget blitt fettfinneklippet, og lave andeler av fettfinneklippet fisk i gjenfangster tyder på at utsatt smolt har hatt svært lav overlevelse (Jensen m. fl. 2004, Skoglund m. fl. 2007). Utsettingene av smolt ble stanset etter 2005, og i perioden frem til 2011 har kultivering i hovedsak blitt utført ved rognplanting ovenfor lakseførende strekning. I tillegg har det siden 2003 blitt satt ut ensomrig settefisk av laks i enkelte år på den lakseførende strekningen i Bjoreio og i Eio. Bruken av settefisk i de senere årene har hovedsakelig vært gjort fordi det ikke har vært mulig å plante ut rogn på vinteren før klekking, blant annet pga. isforhold i vassdraget. I flere av årene viste ungfiskundersøkelsene at settefisken i stor grad synes å være oppkonsentrert i til dels svært høye tettheter rundt utsettingslokalitetene selv flere måneder etter at de har blitt satt ut. I tillegg har en stor del av den utsatte lakseyngelen båret preg av å være i dårlig kondisjon, og undersøkelser påfølgende år tilsier at det har vært en unormalt høy dødelighet i løpet av det første året etter utsetting. Den settefisken som har blitt fanget ett år etter utsetting synes imidlertid å være i langt bedre hold, slik at de som har klart seg gjennom det første året trolig vil ha en mer normal overlevelse fram til smoltstadiet.

Årsaken til dårlig kondisjon og overlevelse hos settefisken kan skyldes flere faktorer. Overgangen fra karmiljø til elvemiljø kan være stressende, og settefisk er ofte mindre effektive enn villfisk til å ta til seg næring (Sundström & Johnsson 2001) og unngå predatorer (Einum & Fleming 2001) i perioden etter utsetting. I tillegg er spredningen hos settefisken ofte begrenset, og vil føre til at settefisken ofte er konsentrert rundt utsettingsstedet i lengre perioder etter utsetting. Dette kan føre til høy konkurranse og tetthetsavhengig vekst (Sundström m. fl. 2004). Slike effekter vil vanligvis bli mindre dess tidligere i livssyklusen fisken settes. Minst uheldige effekt av kultivering vil en få ved å sette ut fisken som øyerogn. Det videre kultiveringsarbeidet i Eidfjordvassdraget bør derfor prioritere å sette ut det tilgjengelige fiskemateriale som tilbakeføres fra genbanken ved utplanting av øyerogn. Dersom is eller andre forhold gjør det vanskelig å plante ut rognmaterialet på området ovenfor Tveitofossen anbefales det at rogn i stedet blir plantet ut på lakseførende strekningen.

Rognplanting

Resultatene fra rognplanting gjennomført på strekningen ovenfor Tveitofossen og opp mot Vøringsfossen tilsier at rognplanting har fungert tilfredsstillende. Det har generelt vært god overlevelse fra utlegging og frem til yngelen forlater grusen. Ett unntak er på lokalitetene tilknyttet Måbøvatnet der vannstanden synker spesielt mye ved lav vannføring i vassdraget. Dette har ført til at en del av den utplantede rogn har blitt tørrlagt. Ungfiskundersøkelser har også vist at tetthetene og vekstmønster hos lakseunger på utplantingsområdet er forholdsvis like som for naturlig rekruttert laks på den lakseførende strekningen i Bjoreio. Det konkluderes derfor med at rognplanting er en egnet metode for å produsere smolt oppstrøms lakseførende strekning. En ulempe med å plante ut rogn på denne strekningen er imidlertid at isforhold o.l. i enkelte år kan gjøre det krevende å gjennomføre rognplantingen i tide før eggene klekker.

Hvor mye rogn som bør plantes ut og hvor mye smolt som kan forventes å bli produsert oppstrøms Tveitofossen er avhengig av størrelsen og kvaliteten på det tilgjengelige oppvekstarealet. Ved bonitering av området (rapportert i Lehmann m.fl. 2008), ble deler av elvestekningen karakterisert til å være preget av stryk med kulper og grovt substrat, og vurdert som gode oppvekstområder for ungfisk av laks. Strekningene ved inntaksdammen til Tveitofossen kraftstasjon og Måbøvatnet er imidlertid preget av å være dype og stilleflytende. Selv om disse stille dypområdene kan fungere som oppveksthabitat for lakseunger, og trolig kan være viktige som refugieområder ved lave

vintervannføringer, så er områdene trolig lite produktive som oppvekstområder i forhold til arealet de utgjør. I tillegg er trolig noen av de strieste partiene også lite egnet som oppvekstområder. Ut i fra kartanalyser er det totale arealet av den benyttede elvestrekningen beregnet å være om lag 104 000 m². Av dette er om lag halvparten (ca. 50 000 m²) ansett å være godt egnet som oppvekstområder for lakseunger. I tiltaksplanen er det satt et mål på å plante ut om lag 150 000 rogn årlig, mens det i årene 2007-2011 har blitt plantet ut fra 57 000 til 140 000 rogn. Dersom en tar utgangspunkt i at det må tilføres om lag 2 egg per m² for å fylle bæreevnen, noe som tilsvarer gytebestandsmålet på den lakseførende strekningen, så tilsier dette at en kan legge ut opp mot 200 000 rogn på den aktuelle strekningen før en forventer at smoltproduksjonene avtar. Dersom en i tillegg tar utgangspunkt i at omtrent halvparten av elvearealet er mindre egnet som oppveksthabitat, så vil imidlertid en rognmengde på om lag 100 000 rogn trolig være tilstrekkelig. Dette begrunnes også med at det på strekningen er forholdsvis begrenset med tilgang på gode lokaliteter som er egnet for å plassere ut boksene/kassene med rogn. En økt rognmengde vil derfor medføre at en må øke utsettingsmengden på de eksisterende lokalitetene, noe som vil gi økt lokal tetthetsavhengig dødelighet.

Både ungfiskundersøkelsene og kameraovervåkingen av smolt på dammen ved Tveitofossen viser at det har blitt produsert smolt på elvestrekningen. Disse metodene kan imidlertid ikke brukes til å si noe om hvor stort antall som totalt har vandret ut. Ettersom vassdraget i utgangspunktet er forholdsvis kaldt med lav vekst om sommeren, og at lave vannføringer vintertid kan være en flaskehals for overlevelse for ungfisk, kan en anta at området som er tatt i bruk til rognplanting kan produsere mellom 1-5 smolt per 100 m² (se Gabrielsen m.fl. 2009). Dette vil i så fall si et sted mellom 1000-5000 smolt. Ved beregning av gytebestandsmål for Eidfjordvassdraget anslo Hindar m. fl. (2007) smoltproduksjonen i hele den lakseførende strekningen å være nær 9000 smolt dersom gytebestandsmålet er nådd. Selv om Hindar m. fl. (2007) sitt estimat for smoltproduksjon er beheftet med usikkerhet, tilsier det at rognplantingen forventes å gi et viktig bidrag til smoltproduksjonen i vassdraget.

I tillegg til rognplanting på området ovenfor Tveitofossen, bør det vurderes om den lakseførende strekningen også bør tas i bruk til rognplanting. Dette begrunnes med at det tilgjengelige oppvekstområdet for ungfisk på den lakseførende strekningen er vesentlig større enn på området oppstrøms Tveitofossen som til nå har vært tatt i bruk. Ettersom gytebestanden i de fleste årene har vært betydelig lavere enn gytebestandsmålet har dette oppvekstarealet sannsynligvis ikke blitt realisert ved naturlig rekruttering. Ved å ta i bruk den lakseførende strekningen til rognplanting vil en også ha et større spillerom for å plante ut rogn før den klekker. Dersom det er aktuelt å plante ut rogn på den lakseførende strekningen bør dette gjøres på områder hvor det er lite naturlig gyting for å unngå konkurranse fra naturlig rekruttert fisk.

4.3 Smoltutvandring

Nedvandring av smolt forbi Tveitofossen kraftstasjon

Tveitofoss kraftstasjon har to Francisturbiner og en driftsvannføring på mellom 0,1 og 3 m³/s. Andre undersøkelser har vist en smoltdødelighet på mellom 25 % og 73 % i Francisturbiner (Skåre m. fl. 2006). Dødelighet hos smolt kan oppstå ved inntaket, i selve turbinen og i kraftverksutløpet (Monten 1985). I videoanalysene ble det i årene 2009-2011 kun registrert henholdsvis 57, 18 og 10 laksesmolt som vandret inn i vanninntaket til kraftstasjonen. Til sammenligning ble det registrert over 288-304 laksesmolt på kameraene ved overløpet på dammen. Disse kameraene dekker kun en begrenset del av dammens tverrsnitt, og kameraplasseringen og analysemetode har variert noe mellom de tre årene slik at tallene på smolt ikke vil være direkte sammenlignbare mellom år. Det er imidlertid klart at det reelle tallet som vandrer over dammen trolig er vesentlig høyere enn de 288-304 som har blitt registrert. Kameraovervåkingen gir derfor en klar indikasjon på at det er forholdsvis lite smolt som går tapt ved at de vandrer i turbinen i Tveitofossen kraftstasjon. I forkant av smoltutgangen i 2011 ble det laget en utsparring i dammen som smolten kunne vandre gjennom. Hensikten var å motvirke at smolten går gjennom turbinen. Det lave antallet smolt som vandret inn i vanninntaket til turbinen i 2011 gir en klar indikasjon på at dette tiltaket fungerer godt og vil ytterligere redusere dødelighet som følge av at smolt vandrer gjennom turbinen.

Det har også blitt stilt spørsmål om hvorvidt laksesmolten som vandrer ned over dammen klarer seg ned selve fossestrykene i Tveitofossen. De strie fossestrykene kan medføre at smolten får skader

og/eller dør under utvandring som følge av slag mot stein etc. Det er ikke kjent hvorvidt det forekommer dødelighet av smolt i Tveitofossen som følge av dette, men erfaringer fra andre vassdrag (f. eks. Daleelva i Vaksdal) tilsier at smolten overlever nedvandring fra fosser som synes å være like røffe som Tveitofossen (LFI Uni Miljø upubliserte data). Analyser av otolitter fra smolt fanget i rusene i Eidfjordvatnet våren 2011 viste at to av 34 undersøkte smolt hadde fargemerke i otolitten, og dermed høyst sannsynlig stammer fra rognplantingen oppstrøms Tveitofossen. Dette viser at laksesmolt har overlevd utvandringen fra rognplantingsområdet og ned forbi Tveitofossen. Datagrunnlaget er imidlertid for lite til å si hvor stort bidrag av smoltutgangen fra vassdraget som kommer fra rognplanting.

Utvandringstidspunkt

Videoanalysene fra dammen ved Tveitofossen i 2009 tilsier at det vandret smolt nedover vassdraget fra slutten av april og frem til midten av juni, med en klar topp i utvandringen i perioden fra 29. mai – 1. juni. I 2010 og 2011 synes nedvandringen å foregå over en lengre tidsperiode, og i tillegg om lag en til to uker senere. En kompliserende faktor med videoanalysen i 2010 og 2011 er at det i disse årene også blir observert en del lakseparr som vandrer ned forbi kameraene. Trolig er dette parr som er på vandring innad i vassdraget. Men det kan ikke utelukkes at det har blitt foretatt registreringer av lakseparr som oppholder seg i området ved dammen, og som feilaktig har blitt registrert som nedvandrende når de har passert kameraene. Det er også usikkert om noen av lakseparrene er registrert flere ganger. Fisk som tydelig kan identifiseres som parr har ikke blitt tatt med i oversikten nedvandrende smolt, men i mange tilfeller er det vanskelig å bedømme hva som er parr og hva som er utvandrende smolt. Det ble observert en stadig økende aktivitet av parr utover i juni, og usikkerhetene med å skille parr og smolt gjør det vanskelig med sikkerhet å fastslå hvor langt utover i juni smoltutvandringen faktisk finner sted. Det er imidlertid klart at det i 2010 og 2011 vandret mye smolt i løpet av første halvdel av juni. I rusene ved utløpet av Eidfjordvatnet ble det i 2009 registrert en klar topp i fangster av laksesmolt i månedsskifte mai/juni, noe som sammenfalt med utvandringstoppen fra videoregistreringene i Tveitofossen. I 2010 og 2011 var det begge årene en topp i rusefangstene i løpet av første halvdel av juni, og også dette fangstforløpet peker i samme retning som resultatene fra videoanalysene fra Tveitofossen. Imidlertid er det noe usikkerhet beheftet med utvandningsforløpet fra smoltfangstene i rusene, ettersom de er basert på et relativt lite antall smolt (38-61 stk.).

Utvandringstidspunktet er viktig siden det kan ha stor innflytelse på smoltens overlevelse under fjordvandringen. Infeksjonspresset av lakselus øker vanligvis med økende temperatur utover våren og forsommeren, slik at smolt som vandrer sent gjennom fjordsystemet trolig vil oppleve et langt større infeksjonspress enn smolt som vandrer tidlig på sesongen. I flere år har det blitt funnet høye infeksjoner av lakselus på sjøaure i Hardangerfjorden i midten av juni (Bjørn m. fl. 2010, Anonym 2011). Smolten som forlater Eidfjordvassdraget har en vandringsdistanse på om lag 165 km ut gjennom Hardangerfjorden før den når kysten ved utløpet av Bømlafjorden. Det er gjort en rekke studier på vandringshastighet for postsmolt av laks i de senere årene, og resultatene viser at vandringshastigheten kan variere mye. Et forsøk med akustisk merket laksesmolt som ble sluppet ved Odda, viser at denne smolten brukte i gjennomsnitt 15-18 dager før den nådde utløpet av Hardangerfjorden (Plantalech Manel-la m. fl. 2011). Ettersom dette forsøket ble foretatt med klekkerismolt som er betydelig større enn villsmolt, er det mulig at en villsmolt vil kunne bruke opp til dobbelt så lang tid på den samme distansen (Anonym 2011). Dersom en tar utgangspunkt i at smolten forlater Eidfjordvassdraget i løpet av første halvdel av juni, vil trolig mye av smolten befinne seg i Hardangerfjorden utover i juni og begynnelsen av juli, og dermed oppholde seg i fjordsystemet i perioden da infeksjonspresset fra lakselus er høyt.

Effekter av regulering på smoltutvandring

Tidspunktet for smoltutvandring bestemmes av flere faktorer. Lysregime og vanntemperatur synes å være de viktigste faktorene som initierer smoltifiseringsprosessen, og dermed i stor grad er bestemmende for når smolten er klar for å vandre. Selve utvandringen blir ofte utløst av økende vannføring og temperatur (McCormick m. fl. 1998). Den reduserte vannføringen i vassdraget kan ha medført at utvandringen har blitt forsinket, og i tillegg medføre at fisken vil vandre med lavere fart både ut av vassdraget og ut gjennom fjordsystemet. Til tross for at vannføringen er betydelig redusert, så forekommer det allikevel regelmessig vannføringstopper ($>15 \text{ m}^3/\text{s}$) som følge av snøsmelting i perioden fra slutten av april og utover i mai. Disse vil trolig være tilstrekkelige til å initiere smoltutvandring. I tillegg har vanntemperaturen gjennom våren økt i forhold til før regulering, noe

som trolig vil bidra til å fremskynde smoltifiseringen i forhold til tidligere. Dersom utvandringstidspunktet som foreligger fra videoanalysen i Tveitofoss og fra rusefangstene i Eidfjordvatnet er representativt for laksesmolten i vassdraget, tilsier dette at utvandningsforløpet er forholdsvis sent sammenlignet med mange andre vassdrag. I Hardangerfjorden foreligger det data fra smoltutvandring fra Guddalselva i Kvinnherad, hvor laksesmolten i hovedsak vandrer ut i løpet av første halvdel av mai (Skaala m. fl. 2010). Den tidlige utvandringen i Guddalselva kan imidlertid skyldes forskjeller i temperaturregimet ved at temperaturen her stiger tidligere i sesongen. Foreløpige analyser fra videoovervåking av smoltutgang i Kinso, som i liten grad er påvirket av regulering og som for øvrig har et vannførings- og temperaturregime som er mer sammenlignbart med Eidfjordvassdraget, tilsier at smolten i stor grad synes å vandre ut i slutten av mai og første halvdel av juni (LFI Uni Miljø upubliserte data). Dette er dermed mer i tråd med utvandningsforløpet som er funnet for laksesmolten i Eidfjordvassdraget. Ettersom det ikke foreligger informasjon om når smolten vandret i perioden før regulering, er det vanskelig å vurdere hvorvidt reguleringen har endret utvandningsforløpet. Samlet sett vurderes vannføring- og temperaturregime etter regulering ikke å være noen hindring for et naturlig smoltutvandningsforløp og det vurderes som lite sannsynlig at tidspunktet for smoltutgang er blitt vesentlig endret som følge av regulering.

I tillegg til endringene i selve vassdraget har reguleringen ført til endringer i avrenningsmønsteret av ferskvann til fjorden. For perioden med snøsmelting på forsommeren er ferskvannstilførselen i de indre delene av Eidfjorden blitt redusert etter reguleringen, mens avrenningen nå er langt høyere gjennom vinteren. Det er ikke gjort noen studier som kan belyse denne effekten på lakse- og sjøaurebestandene i vassdraget. En kan imidlertid se for seg en rekke effekter av et slikt endre mønster. For eksempel kan redusert utstrømning av ferskvann fører til redusert vandringshastighet og dermed lenger oppholdstid for smolten i fjordsystemet. I tillegg vil mindre ferskvannstilførsel kunne medføre økt salinitet i overflatelaget i større deler av fjordsystemet, og dermed at en større del av fjorden har en salinitet som er gunstig for lakselus. En tredje mulig effekt er at endringene i avrenningsmønster gjennom året kan påvirke artssammensetningen av den øvrige marine faunaen i fjordsystemet. Dette kan ramme utvandrende laksesmolt indirekte, for eksempel ved å endre predasjonsregimet i fjordsystemet.

4.4 Vintervannføring og stranding av gytegroper

Stranding av gytegroper og eggoverlevelse

Laks og sjøaure gyter ofte på grunne partier av elveleiet der den kan finne egnet grus til å grave gytegroper. Dersom vannstanden i løpet av inkubasjonstiden synker mye i forhold til vannstanden i elva da fisken gyter, vil gyteområdene kunne bli liggende tørt og gytegroperne strande. Etter regulering kan vannføringen fra resttilsaget i Bjoreio bli svært lavt i tørre perioder. Undersøkelsene av gytegroper på sen vinteren i perioden 2004-2011 viser at det forekommer økt dødelighet på egg som følge av at gytegroper strander ved lave vannstander i vinterhalvåret. Gytegroperne som ligger grunnest og som har vært strandet i løpet av vinteren er i stor grad utsatt for total dødelighet, men resultatene viser også at overlevelsen i enkelte gytegroper har vært høy til tross for langvarig stranding. Årsaken til dødeligheten er sannsynligvis primært at eggene tørker og/eller fryser, men trolig kan det også forekomme dødelighet som følge av oksygenmangel selv om eggene ikke blir tørrlagt (Becker & Neitzel 1985). Undersøkelsen viser at høy vannstand i gytetiden fører til at flere gytegroper blir gytt høyt i elveleiet, og dermed er mer utsatt for stranding i år når vannstanden i gytetiden har vært høy. Kombinasjonen med høy vannstand i gytetiden, etterfulgt av lav vannstand om vinteren er fører til at spesielt mange gytegroper strander. Dette var tilfellet høsten og vinteren 2005/2006, da det ble funnet total eggdødelighet i 38 % av gytegroperne som ble undersøkt. Basert på dybdefordelingen av gytegroperne og vannstandsregistreringer er det beregnet at som lag 40 % av gytegroperne denne vinteren ble utsatt for stranding når vannstanden var på det aller laveste. Stranding var sannsynligvis den primære årsaken til at eggene gikk tapt i 32 % av gytegroperne. I de øvrige årene i undersøkelsesperioden er mellom 10-20 % av gytegroperne beregnet å være vært utsatt for stranding når vannstanden gjennom vinteren var på det laveste, og at stranding har medført at eggene gikk tapt i 3-14 % av gytegroperne i disse årene.

Evaluering av gjennomført vannslipp

I hele undersøkelsen har det blitt sluppet vann fra Sysendammen i perioder av vinteren. Fra vinteren 2004 til vår 2006 ble det sluppet om lag $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ i tørre perioder etter behov som et frivillig tiltak. Til tross for slipp av vann ble det funnet til dels omfattende stranding av gytegroper (Skoglund m. fl. 2007). Basert på resultatene i perioden 2004-2006 ble det anbefalt å øke vannslippet slik at vannstanden på den lakseførende strekningen holdt et nivå som tilsvarte $0,70 \text{ m}$ på vannstandssensoren ved Skarsenden (Skoglund m. fl. 2007). Fra høsten 2007 ble vannslippet økt til $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ i perioden 15. desember til 31. mars som en del av endring i manøvreringsregimet. Disse vannslippene har bidratt betydelig til å øke vannføringen på lakseførende strekning i perioder med lite tilsig i restfeltet om vinteren. Vannslippet har derfor vært viktig for å redusere perioder med lav vannstand og stranding av gytegroper. Eggoverlevelsen har også vært høyere i de fem vintrene med økt vannslipp i manøvreringsperioden 2008-2012 sammenlignet med den foregående fireårsperioden. Hvor stor effekt vannslippene har hatt for å redusere stranding av gytegroper har variert mellom år, i henhold til variasjon i vannføring fra restfelt og andelen av gytegroper som ligger utsatt til for stranding. Generelt vil vannslippet ha størst effekt i år når mange gytegroper er utsatt som følge av høy vannstand i gytetiden, og i tørre perioder med lite tilsig fra restfeltet. Det har vist seg at den fastsatte perioden med krav til vannslipp (15. desember-31. mars) har vært for kort ettersom det i flere av årene har forekommet perioder med lav avrenning fra restfeltet i perioden før 15. desember. For å unngå kritisk lave vannstander startet Statkraft frivillig tapping fra Sysen tidligere enn planlagt i årene 2007-2010, noe som trolig har vært avgjørende for å opprettholde effekten av vannslippene. Dette medførte at Statkraft søkte om å endre manøvreringsordningen ved å utvide perioden det slippes vann mot at det slippes en mindre vannføring, dvs. den totale vannmengden som slippes forblir den samme. Denne endringen trådte i kraft høsten 2011. Dette vil trolig bidra til å redusere behovet for å slippe vann frivillig utenom ordningen, men ettersom det til enhver tid slippes en lavere vannstand så vil dette også medføre at vannstanden vil bli lavere i tørre perioder. Vinteren 2011/2012 var preget av forholdsvis mye tilsig fra restfeltet, og kombinert med vannslippet så bidro dette til at vannstanden denne vinteren var blant de høyeste i hele perioden. Imidlertid så var vannstanden under deler av gytetiden forholdsvis høy høsten 2011, noe som resulterte i at det ble funnet total dødelighet som følge av stranding i 11,4 % av de undersøkte gytegroperne våren 2012.

Vannføeringsbehov for å unngå stranding av gytegroper

Omfanget av gytegroper som strander vil generelt øke med synkende vannstand, og dermed vannføring gjennom vinteren. Ut i fra gytegropernes dybdefordeling i de ulike årene i undersøkelsesperioden har vi beregnet hvor høy vannstand, og dermed hvor høy vannføring, som trengs for at gytegroperne skal være vanndekket. En vannføring på om lag $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Skarsenden (dvs. i øvre del av lakseførende strekning) ville ha vært tilstrekkelig til å holde alle gytegroperne vanndekket i alle årene. De fleste årene ville en vannføring på om lag $1 \text{ m}^3/\text{s}$ være tilstrekkelig for å unngå at mindre enn 5 % av gytegroperne strandet, mens en vannføring på om lag $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ ville vært tilstrekkelig til at i gjennomsnitt færre enn 10 % av gytegroperne ville ha strandet. I enkelte år når vannstanden har vært lav i gytetiden så ville strandingen være av begrenset omfang selv ved vannføringer ned mot $0,3\text{-}0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tidspunkt for behov av vannslipp

Resultatene fra vannstandsregistreringene tilsier at de laveste vannstandene vanligvis forekommer i løpet av perioden desember-mars. Det er imidlertid ikke uvanlig at det også forekommer perioder med lave vannstander i perioden fra 15. september og frem til desember, og i løpet av april før snøsmeltingen tilar. Både høsten 2009 og 2010 forekom det tørre perioder i løpet av november, og det ble nødvendig å starte slipp av vann tidligere enn planlagt for å unngå risiko for kritisk lave vannstander. Ettersom selv kortvarige episoder med stranding kan føre til høy dødelighet er det viktig at det ikke forekommer kritisk lave vannstander i hele perioden eggene/plommeseckkyngelen ligger i grusen. Dette vil si fra gytetiden i oktober/november og frem til yngelen kommer opp av grusen på forsommeren. Trolig vil lave vannføringer i perioden etter 15. september og fremover også være ugunstig for ungfisk og gytefisk, og bør derfor unngås.

Alternativer modeller for manøvrering av vannslipp

Erfaringene med et kontinuerlig slipp av $0,4$ og $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ fra Sysen over en fastsatt periode om vinteren tilsier at vannslippet har blitt for lavt til å unngå lave vannstander og stranding i perioden med lavt tilsig fra restfeltet, samt at det kan forekomme perioder med lav vannstand utenom den fastsatte

perioden. I disse periodene har Statkraft sluppet vann frivillig for å unngå kritisk lave vannstander. Samtidig slippes det vann i perioder når tilsiget fra restfeltet er høyt og tilstrekkelig til å sikre en god vannføring på den lakseførende strekningen. En alternativ manøvrering ville vært å ha en fleksibel ordning der en sparer vann i perioder med høyt resttilsig og slipper mer vann i perioder når resttilsiget er lavt. En vil da øke vannstanden i de tørreste periodene og dermed redusere stranding av gytegroper. På denne måten vil en kunne optimalisere vannslippet med tanke på å oppnå en gunstig effekt av en begrenset mengde vann. En usikkerhet med et slikt system er imidlertid at det er en betydelig forsinkelseeffekt fra vannet slippes fra Sysen til det når den lakseførende strekningen. En vil derfor være veldig sårbar ovenfor usikkerhet i prognoser for tilsig.

En annen erfaring fra prosjektperioden er at andelen av gytegroper som ligger på strandingsutsatte områder høyt i elveleiet varierer mellom år, og i stor grad er avhengig av vannstanden i gytetiden. En mulig modell for manøvreringsordning er å variere vannslippet mellom år, slik at en holder en høyere vannstand i år da vannstanden i gytetiden har vært høy. Basert på modellen presentert i Figur 35 kan en utfra målt vannstand i gytetiden estimere hvor mange gytegroper som ligger utsatt til, og hvor høy vannstanden bør være for å sikre at en gitt andel av gytegroper skal være vanndekket. Utfallet fra modellen vil være sterkt avhengig av gytetidspunktet som legges til grunn, spesielt dersom vannføringen varierer mye gjennom høsten. Gytetoppen for sjøaure antas å være i månedsskifte oktober/november, mens laksen er om lag en til to uker senere. Det er imidlertid mulig at gytetidspunktet vil variere noe mellom år, og i tillegg kan trolig gytetidspunktet også være påvirket av vannføringsforhold. Før en slik ordning eventuelt blir satt i kraft er det behov for å evaluere hvor robust modellen er og å tilpasse parameterne som skal legges til grunn for å bestemme tilstrekkelig vannstands nivå.

Bestandseffekter av stranding av gytegroper

I hvor stor grad stranding av gytegroper vil redusere rekruttering og ungfiskproduksjon er vanskelig å tallfeste. For eksempel viser ungfiskundersøkelsene at den omfattende strandingen av gytegroper vinteren 2006 ble etterfulgt av relativt sett sterke årsklasse hos både laks og aure, noe som trolig skyldes at den varme sommeren i 2006 var spesielt gunstig for yngelens vekst og overlevelse. Økt dødelighet på eggstadiet kan trolig til dels kompenseres med redusert tetthetsavhengig dødelighet på ungfiskstadiet. I tillegg vil størrelsen på gytebestanden, og dermed hvor mange egg som totalt blir gytt, være viktig for rekrutteringen. En høy eggdødelighet som følge av stranding vil trolig ha mindre å si for rekrutteringen dersom gytebestanden er så høy at det uansett overlever tilstrekkelig med egg til å fylle bæreevnene med hensyn til ungfisk. Som følge av at gytebestanden av laks i Bjoreio i en årrekke har vært lav, og trolig har vært begrensende for rekruttering av lakseunger, er det sannsynlig at stranding har hatt en negativ effekt på rekruttering av laks i vassdraget. I tillegg vil ofte noen lokaliteter være mer utsatt for stranding enn andre, slik at stranding kan medføre begrenset rekruttering på noen elvestrekninger men ikke andre. Ettersom de tetthetsavhengige prosessene på de tidlige ungfiskstadiene skjer på en lokal skala (ca. 100 m, Einum og Nislow 2005), kan dette være med på å redusere ungfiskproduksjon i elva totalt sett. En annen uheldig effekt er at stranding av gytegroper fører til at enkelte hofisk vil miste store deler av avkommet sitt, og dermed fører til at færre individer bidrar med avkom til neste generasjon. Dette kan være uheldig ettersom det reduserer den effektive bestandsstørrelsen, og medfører tap av genetisk variasjon i bestanden. I en fåtallig gytebestand som i Bjoreio vil dette være spesielt uheldig.

Effekter av økt vintervannføring på ungfisk

I tillegg til å unngå stranding av gytegroper så vil økt vintervannføring bidra til å øke vanndekt areal og dermed øke tilgang til leveområder for ungfisk. Lave vintervannføringer antas å være en viktig flaskehals for overlevelse til ungfisk av laks og aure (Hvidsten m. fl. 2004), og det er sannsynlig at de lave vannføringene i Bjoreio har vært en flaskehals for vinteroverlevelse hos ungfisk. Det foreligger ikke noe grunnlag for å si hvor mye det vanndekte arealet øker med vannføring i Bjoreio, eller hvordan overlevelsen til ungfisk forventes å variere med vannføring. Ut i fra skjønsmessige vurderinger synes imidlertid områder med gunstige ungfiskhabitat å synke raskt når vannføringen er lavere enn om lag 1 m³/s. Sammenhengen mellom ungfiskhabitat og vannføring kan eventuelt beregnes ut i fra hydrauliske modeller.

Konsekvenser av redusert sommervannføring

En konsekvens av manøvreringsordningen er at minstevannføringen har blitt redusert fra 12 m³/s til 11,5 m³/s. Denne reduksjonen i minstevannføring har i praksis ikke gitt klare utslag i redusert vannføring. Den gjennomsnittlige vannføringen ved Vøringsfossen i perioden 2007-2011 (dvs i perioden med redusert minstevannføring) var 13,9 m³/s, mens den gjennomsnittlige vannføring i perioden 1994-2006 (dvs. før innføring av manøvreringsreglementet) var 13,8 m³/s. Det er derfor liten grunn til å tro at redusert minstevannføring har hatt noen betydelig effekt på vannføringsregimet på den lakseførende strekningen så langt i perioden med endret manøvreringsregime.

Den høye gradienten medfører at store deler av den lakseførende elvestrekningen i Bjoreio fremtrer som forholdsvis stri med mye fossestryk ved normal sommervannføring. De høye vannhastighetene kan begrense ungfiskens mulighet til å bruke deler av elvestrekningen som oppveksthabitat. Dette gjelder særlig for lakse- og aureyngel som har begrenset svømmeevne og er avhengig områder med forholdsvis lave vannhastigheter de første ukene etter at de er kommet opp av grusen (Nislow m. fl. 2009). Selv om en redusert vannføring vil medføre redusert vanndekt areal, så vil en moderat reduksjon i sommervannføring sannsynligvis medføre at flere av strykområder vil få vannhastigheter som er mer gunstige for ungfisk. I tillegg vil en lavere vannføring medføre redusert bidrag av kaldt bunnvann fra Sysen, og dermed bidra til økt temperatur og bedre forhold for vekst og overlevelse for ungfisk. Totalt sett vurderes derfor en manøvreringsordning ved flytting av vann fra sommer til vinter å gi bedre forhold for ungfisk både på sommeren og vinteren. Ut i fra biologiske kriterier er det derfor gode grunner til å øke overføringen av vann fra minstevannføringsperioden om sommeren til vinterhalvåret ved vurderinger av nytt manøvreringsregime i Bjoreio. Vi har ikke noe grunnlag for å si hva som er den optimale sommervannføringen med hensyn til oppveksthabitat for ungfisk i Bjoreio, men trolig ville habitatforholdene vært mer gunstige ved en moderat reduksjon i sommervannføring. Dette kan evt. vurderes ved bruk av hydraulisk modellering. En redusert vannføring kan imidlertid få konsekvenser for andre interesser i vassdraget som det visuelle inntrykket av Vøringsfossen og utøvelse av fiske. Vi har ikke grunnlag for å vurdere hvordan sommervannføringer påvirker disse forholdene.

Effekt av Tveitofossen kraftstasjon

Et annet viktig tiltak som har vært gjennomført for å redusere stranding av gytegroper og ungfisk har vært å installere forbitappingsventil i Tveitofossen kraftstasjon fra og med høsten 2006. Stans i driften og utfall av kraftstasjonene har i mange tilfeller medført at elveleiet nedstrøms i perioder ble nærmest tørrlagt. Slike episoder har medført en ekstra høy stranding av gytegroper, og selv om disse episodene har begrenset varighet kan de likevel medføre dødelighet på egg dersom de for eksempel opptrer i kalde perioder slik at gytegroperne fryser. I tillegg kan raske reduksjoner i vannføringen føre til stranding av ungfisk av laks og aure (se bla. Hvidsten 1985, Saltveit m. fl. 2001). Forseth m. fl. (1996) fant at stranding av ungfisk etter driftsstans var den mest sannsynlige årsaken til redusert ungfiskproduksjon og lavere fangst av laks nedstrøms Alta kraftverk i Altaelva. Ungfisk synes også å være mest utsatt for stranding om vinteren, noe som trolig henger sammen med aktivitetsnivået til fisken (Saltveit m. fl. 2001). Det er sannsynlig at slike episoder har medført betydelig økt dødelighet av egg og ungfisk, og at disse derfor har vært en flaksehals for ungfiskproduksjonen for i Bjoreio. På denne bakgrunn ble det høsten 2006 installert en forbitappingsventil som har en kapasitet på 360 l/s. Dette vil trolig i stor grad bidra til å redusere problemet med hurtige vannstandsreduksjoner ved stans og utfallet av kraftstasjonen. Ettersom det mangler vannstandsdata for store deler av perioden med lav vannføring etter at forbitappingsventilen har blitt installert, har det ikke vært mulig å vurdere om det fortsatt forekommer episoder med hurtige vannstandsreduksjoner. Dette forholdet er det viktig å få evaluert ved fremtidige målinger av vannstand og vannføring.

En annen effekt av Tveitofossen kraftverk er at elvestrekningen mellom inntaket og utløpet av kraftstasjonen kan bli nærmest tørrlagt i perioder når hele vannføringen går igjennom kraftstasjonen. Selv om dette er en begrenset elvestrekning (ca. 100 m) står det ofte mye gytefisk i den øverste hølen nedstrøms fossen. Høsten 2011 ble det for eksempel observert 20 gytelaks og 3 sjøaure i denne hølen. Disse fiskene var tilsynelatende sperret inn i hølen ettersom vannføringen syntes å være for lav til at de klarte å vandre ned. Fisken blir på denne måten spesielt utsatt for predasjon og/eller tjuvfiske. Tilsvarende har også blitt observert i tidligere år. Det er svært lite gytemuligheter i tilknytning til denne hølen, og dersom vannføringen er vedvarende lav gjennom gytetesongen kan dette føre til at fisken ikke klarer å få gytt. Det bør derfor gjøres nærmere undersøkelser for å bestemme om

vannføringen på den regulerte strekningen ved Tveitofossen er tilstrekkelig til at laks og sjøaure har mulighet til å vandre ned herfra i løpet av gytetiden, og eventuelt vurdere tiltak for å hindre at gytefisken blir sperret inne i hølen.

4.5 Temperaturforhold og manøvrering av vannslipp til Vøringsfossen om sommeren

Tapping av kaldt bunnvann fra Sysendammen for å opprettholde minstevannføringen ved Vøringsfossen fører til en betydelig senkning av vanntemperaturen nedstrøms i Bjoreio om sommeren. I tillegg synes temperaturen på våren å ha økt noe etter regulering, noe som kan skyldes at de høyere liggende feltene er fraført. Det har blitt påpekt at endringer i temperaturforholdene trolig har medført endringer i klekkesidspunkt og vekstforhold for ungfisken, og at dette kan ha bidratt til redusert ungfiskproduksjon etter regulering (Nøst m. fl. 2000, Jensen m. fl. 2004). Tiltaket med å endre manøvreringen av vannslipp ved å tappe vann fra luker i inntaksdammene ved Isdal og Storlia medfører at deler av det kalde vannet fra Sysen erstattes med vann som i gjennomsnitt er 5-8 °C varmere gjennom store deler av sommeren. Vannføringen fra lukene er oppgitt å være om lag 1,5 m³/s fra Isdal, mens det fra Storlia har blitt sluppet mellom om lag 1-3 m³/s avhengig av hvor mye lukene har vært åpnet i de ulike årene av tiltaksperioden. Det foreligger ikke vannføringsdata fra slippstedene, og en vet ikke om vannføringen fra slippene er lik gjennom hele sommerperioden alle årene. Statkraft oppgir at deres erfaring tilsier at tilsiget til inntakene vanligvis vil være tilstrekkelig til å holde denne vannføringen i tappeperioden, og at det derfor er rimelig å anta at vannføringen vil være nokså stabil gjennom perioden lukene er åpne (Rolf Jenssen pers. med.). I så fall tilsier dette at bidragene fra Isdal og Storlia utgjør om lag 20-40 % av vannføringen som totalt har blitt sluppet for å opprettholde minstevannføringen ved Vøringsfossen i årene 2004-2011. Til tross for tapping fra både Isdal og Storlia vil vannføringen som slippes fra Sysen dominere gjennom store deler av minstevannføringsperioden. På sensommeren utgjør tapping fra Sysen i gjennomsnitt 60-70 % av vannføringen ved Vøringsfossen.

Ut i fra simuleringer har vi beregnet at manøvreringen har bidratt til å øke temperaturen på den lakseførende strekningen av Bjoreio med om lag 1-2 °C gjennom store deler av tappeperioden om sommeren, og opp til 3-4 °C i enkelte perioder. Temperaturøkningen er vanligvis størst i juli og august, ettersom det er da temperaturforskjellen i vannmassene er størst. I tillegg er tilsiget fra restfeltet ofte lavt på denne tiden, slik at det må tappes tilsvarende mer fra Sysen for å opprettholde minstevannføring ved Vøringsfossen. Temperaturgevinsten har også vært noe lavere i årene etter 2007, ettersom det da har blitt tappet en noe lavere vannføring fra Storlia. Temperaturberegningene vil være beheftet med noe usikkerhet ettersom de blant annet forutsetter at vannslippene har vært stabile gjennom sommeren, og at temperaturendringene nedover vassdraget er uavhengig av tappestrategi. Temperaturgevinsten fra vannslippet vil for eksempel bli overestimert dersom vannslippet i perioder er mindre enn antatt, noe som kan være tilfellet i tørre perioder når tilsiget til inntaksdammene i Isdal og Storlia er lavt. Til tross for dette så illustrerer resultatene at det endrede manøvreringsregime med tapping fra Isdal og Storlia gir et vesentlig bidrag til å øke vanntemperaturen i vassdraget. Temperaturregistreringene som har vært foretatt på den lakseførende strekningen i Bjoreio tilsier også at temperaturen i tiltaksperioden 2004-2011 har vært om lag 1-2 °C høyere enn i årene med tilgjengelig temperaturdata fra før tiltaket ble satt i gang.

Ettersom temperatureffekten av manøvreringen er lav tidlig i sesongen, har tiltaket liten effekt på tidspunktet for swimup (dvs når aureyngelen kommer opp av grusen for å ta til seg næring), men fører til noe økt temperatur i swimup perioden for lakseyngelen i enkelte år. Effekten vil være noe forskjellig for laks og aure, ettersom lakseyngelen vanligvis vil komme opp av grusen to til tre uker senere enn auren. Den økte temperaturen vil resultere i bedre vekstforhold for ungfisken, og vekstberegninger med bruk av vekstmodeller tilsier at temperaturøkningen kan ha økt den årlige tilveksten med opptil 0,9 cm for ungfisk av laks og opptil 0,5 cm for ungfisk av aure. Effekten vil imidlertid være mindre enn dette i de fleste årene. En raskere vekst vil medføre lavere smoltalder for ungfisken av laks og aure, og trolig bidra til økt ungfiskproduksjon. Det er særlig temperaturforholdene i de tidlige ungfiskstadiene som har vært ansett som kritisk for overlevelse og rekruttering. Vanligvis er dødeligheten svært høy i de første ukene etter at yngelen kommer opp av grusen og skal begynne å ta til seg næring, og overlevelsen vil i denne perioden avhenge av både tetthet og ulike hydrologiske forhold. Ettersom vekst og næringsopptak hos lakseunger vanligvis er

svært lavt ved temperaturer under 8 °C har det vært antatt at dette var en kritisk grense for overlevelse for lakseyngel. Nøst m. fl. (2000) beregnet at tidspunktet når yngelen kommer opp av grusen hadde blitt fremskyndet som en konsekvens av reguleringen. Dette førte til at temperaturen ble lavere i den kritiske fasen der yngelen skulle starte og ta til seg næring. De konkluderte med at dette kan ha medført økt dødelighet, og dermed dårligere rekrutteringsforhold. Nyere studier som er gjennomført i regi av EnviDORR viser at lakseyngel ikke er begrenset av lave temperaturer når den skal starte næringsopptak (Skoglund et al 2011a), og at fremskyndet utvikling og lave temperaturer når yngelen kommer opp av grusen ikke nødvendigvis medfører økt dødelighet (Skoglund et al 2011b). Imidlertid er det mulig at temperaturforholdene ved swimup kan påvirke overlevelsen indirekte, for eksempel ved at yngelen takler andre ugunstige forhold som høye vannføringer dårligere ved lavere temperaturer. Ettersom små yngel generelt vil være mer sårbare for ugunstige forhold og predasjon, kan lavere vekst gjennom sommeren også gjøre yngelen mer utsatt for dødelighet. Ettersom Bjoreio i utgangspunktet er et kaldt vassdrag med sen vekst for ungfisken, vil en temperaturøkning trolig kunne gi et viktig bidrag for å bedre rekrutteringsforholdene for både laks og aure. Ungfiskundersøkelsene viser at både 2006 og 2008 resulterte i forholdsvis sterke årsklasser hos både laks og aure. Dette sammenfaller med at begge årene er blant de varmeste i perioden. Flere andre studier tyder også på at lave sommertemperaturer kan være begrensende for rekruttering i kalde vassdrag (Coleman and Fausch 2007, Sægrov m. fl. 2007). Totalt sett vurderes derfor manøvreringen med vannslippet å ha bidratt til å bedre forholdene for vekst og overlevelse for laks og aure i Bjoreio.

5.0 Konklusjoner og anbefalinger

- Laksebestanden er kritisk truet og sjøaurebestanden redusert. Lavt innsig av gytelaks synes i første rekke å skyldes lav sjøoverlevelse, men vassdragsreguleringer har også hatt negativ effekt på fiskebestandene (se kap. 5.1).
- I årene 2009-2011 synes laksesmolten i hovedsak å ha vandret ut av vassdraget tidlig i juni. Dette tilsier at mye av laksesmolten vil vandre ut Hardangerfjorden i løpet av juni når infeksjonspresset fra lakselus kan være spesielt høyt (kap. 5.2).
- Rognplanting har bidratt til økt ungfiskproduksjon av laks. Det anbefales at det plantes ut rogn også på lakseførende strekning i år når gytebestandsmålet ikke nås (kap. 5.3).
- Redusert vannføring vinterstid kan føre til en betydelig økt eggdødelighet som følge av stranding av gytegroper. Flere gytegroper blir gytt på strandingsutsatte lokaliteter når vannstanden i gytetiden er høy (kap. 5.4).
- Slipp av vann fra Sysen vinterstid vurderes som et avgjørende tiltak for å redusere stranding av gytegroper og for å bedre overlevelse for ungfisk. Det anbefales at tiltaket videreføres og at det opprettholdes et vannføringsregime som er tilstrekkelig til å sikre at det ikke strander gytegroper eller oppstår flaskehals for overlevelse for ungfisk (kap. 5.4).
- En vintervannføring på 1,5-2 m³/s vil kunne sikre gytegroperne mot stranding. Et slikt vannføringsregime kan f.eks. opprettholdes ved å omdisponere vann fra minstevannføringsperioden om sommeren. Dette kan gi en såkalt vann-vinn situasjon hvor både hensynet til å sikre fiskebestandene og å opprettholde kraftproduksjonen kan ivaretas (kap. 5.4).
- Endret manøvrering med slipp av vann fra Isdal og Storlia sommerstid bidrar til å øke temperaturen på den lakseførende strekningen, og har bedret forholdene for vekst og rekruttering for sjøaure og laks i Bjoreio. Det anbefales derfor at tiltaket videreføres (kap. 5.5).

5.1 Bestandssituasjonen for laks og sjøaure i Eidfjordvassdraget

Situasjonen for laksebestanden i Eidfjordvassdraget er kritisk, med lav gytebestand og et høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Den lave gytebestanden har trolig vært begrensende for ungfiskproduksjonen i hele undersøkelsesperioden. Sjøaurebestanden i vassdraget er derimot levedyktig, men bestanden synes å være betydelig redusert i forhold til tidligere.

Vassdragsreguleringene har hatt negative effekter på fiskebestandene, særlig i Bjoreio, og således bidratt til at bestanden har blitt redusert. Den kritiske situasjonen for laksen synes imidlertid i første rekke å skyldes høy dødelighet i sjøfasen og et høyt innslag av rømt oppdrettslaks i gytebestanden. Dette synes også å være tilfelle for mange av de andre laksebestandene i regionen. Lakselus er sannsynligvis en viktig bestandsreduserende faktor for laks og sjøaure som vandrer ut i/gjennom Hardangerfjorden, samtidig som ugunstig havmiljø har gjort bestandene mer sårbare for andre trusselfaktorer.

Ungfiskundersøkelsene tilsier at det har vært en bedring i rekrutteringen av lakseunger i de senere årene, men det er ingen klare økninger i tettheter av ungfisk i perioden etter at tiltakene har vært satt i kraft. Dette kan skyldes at rekruttering har vært begrenset av lav gytebestand, at tiltakene ikke har vært omfattende nok, eller at rekrutteringen har vært begrenset av andre faktorer. Det er også en mulighet at undersøkelsene ikke er følsomme nok til å fange opp moderate endringer i bestanden, ettersom de fysiske forholdene i vassdraget gjør det utfordrende å få presise mål på ungfisktettheter ved elektrisk fiske.

5.2 Utvandrende smolt

Smolten som produseres ved rognplanting på strekningen ovenfor Tveitofossen må kunne vandre forbi kraftverket uten å gå tapt i turbinen. Videoovervåking av utvandrende smolt tilsier at det kun er en begrenset andel av smolten som vandrer inn i vanninntaket til kraftverket. Tiltak med etablering av smoltløp over dammen på Tveitofossen har trolig også bidratt til å redusere tap av smolt ved turbindødelighet.

Resultatene tilsier at den viktigste utvandningsperioden for smolt fra Eidfjordvassdraget i årene 2009-2011 har vært i månedsskifte mai-juni og i løpet av første halvdel av juni. Dette tilsier at smolten vil vandre ut gjennom Hardangerfjorden i løpet av juni når infeksjonspresset fra lakselus kan være spesielt høyt. Det anbefales at utvandningsforløpet følges i flere år for med større sikkerhet å få tallfestet mellomårsvariasjon for når smolten vandrer ut fra vassdraget.

Reguleringene har medført betydelig endringer i vannføringsforholdene i perioden for smoltutvandring. Dagens situasjon med tanke på vannføring- og temperaturregime vurderes ikke å være noen hindring for et naturlig smoltutvandningsforløp og det vurderes som lite sannsynlig at tidspunktet for smoltutgang er blitt vesentlig endret som følge av regulering. Reguleringen har også medført endringer i avrenningsmønsteret av ferskvann til fjordsystemet. Det foreligger ikke data som kan avklare om dette har medført endringer som har betydning for overlevelsen til laksesmolten som vandrer ut igjennom fjordsystemet.

5.3 Kultivering og rognplanting

Resultatene fra rognplanting på elvestrekningen oppstrøms Tveitofossen viser at klekkesuksessen generelt har vært god og at tiltaket er egnet for å øke ungfiskproduksjonen i Bjoreio. **Det anbefales at rognplantingen videreføres så lenge bestandssituasjonen for laks i vassdraget vurderes som kritisk lav.**

Ut i fra vurderinger av tilgangen til oppveksthabitat anbefaler vi at det plantes ut i størrelsesorden 100 000 rogn på elvestrekningen som frem til nå har vært tatt i bruk til rognplanting. Det vil ikke være noe i veien for å plante ut en større mengde rogn på den aktuelle elvestrekningen, men trolig vil en da øke konkurransen og dermed øke den tetthetsavhengige dødeligheten på ungfiskstadiene.

Den ca. 1,5 km lange elvestrekningen innerst mot Vøringsfossen har ikke vært tatt i bruk til rognplanting i perioden frem til 2011. Elvestrekningen har gode oppveksthabitat for lakseunger og er egnet til å plante ut rogn, men bruken av området må veies opp mot at tilkomsten er vanskelig og om det er sikkerhetsmessig forsvarlig med hensyn til tilgjengelighet og rasfare.

I tillegg til strekningen oppstrøms Tveitofossen, **vurderes det som et godt alternativ å ta i bruk den lakseførende elvestekningen for rognplanting.** Dette gjelder særlig i år når gytebestanden er lav og under gytebestandsmålet, og trolig er for lav til å sikre en fullverdig naturlig rekruttering av ungfisk.

Ved å ta i bruk den lakseførende strekningen vil en også kunne få et større spillerom for å plante ut rogn, ettersom isforhold m.m. ofte kan gjøre det utfordrende å komme til på elvestrekningen oppstrøms Tveitofossen. Ved utplanting på lakseførende strekning er det viktig at rognen blir plantet ut på områder der det er lite tilgang på gyteområder for å unngå konkurranse med villfisk. Dette kan gjøres ut i fra eksisterende kunnskap om gyteområdenes plassering og gytefiskens fordeling innad i vassdraget. En mulig fordeling av rognmaterialet er å plante ut rogn slik at den samlede rognmengden fra rognplanting og naturlig gyting er tilstrekkelig for å oppfylle gytebestandsmålet på 2 egg per m². Den gjenværende rognmengden utover dette kan så plantes ut på strekningen ovenfor Tveitofossen. Det gjenåpnede sideløpet i Øvre Eidfjord kan også være et aktuelt utplantingsområde når vannføringen her blir sikret hele året.

Ungfiskundersøkelsene viser at utsettinger av ensomrig settefisk på den lakseførende strekningen har resultert i høye lokale tettheter av settefisk. På enkelte områder kan dette ha hatt en negativ effekt på villfisk. Generelt anbefales det at fisken settes ut på et så tidlig livsstadium som mulig, primært som øyerogn. I tilfeller der dette ikke er mulig bør en sikre at settefisken blir satt ut ved lavere lokale tettheter, og på områder der de i minst mulig grad kommer i konflikt med naturlig rekruttert fisk.

Med hensyn til det høye innslaget av rømt oppdrettslaks som har vært i bestanden over lengre tid, og det faktum at det er registrert genetiske endringer i bestanden, vil tilbakeføring av rognmaterialet fra genbanken være et viktig virkemiddel for å sikre laksebestanden i Eidfjordvassdraget. Med samme bakgrunn anbefales det et fortsatt aktivt uttak av rømt oppdrettslaks fra vassdraget.

5.4 Vintervannføring og vannslipp

Lave vannstander i vinterhalvåret medfører økt eggdødelighet som følge av stranding av gytegroper, og antas også å være en flaskehals for overlevelse av ungfisk. **Slipp av vann fra Sysen vurderes som et avgjørende tiltak for å bedre livsvilkårene for laks og sjøaure i vassdraget, og det anbefales derfor at tiltaket opprettholdes også etter at det midlertidige manøvreringsreglementet opphører i 2013.** Videreføring av tiltaket bør både sikre en tilstrekkelig vannføring for å minimalisere dødelighet som følge av stranding av gytegroper, og samtidig sikre tilstrekkelig vanndekt areal for ungfisk i hele perioden som i dag er uten minstevannføring. Den viktigste effekten av vannslipp er at en øker vannstanden i tørre perioder da tilsiget fra restfeltet er lavt.

Resultatene viser at antall gytegroper som strander øker jo lavere vannstanden er i inkubasjonsperioden som varer fra gyting om høsten og fram til yngelen forlater grusen på forsommeren. Hvor høy vannstand, og dermed vannføring, som trengs for å sikre gytegroper mot stranding vil variere mellom år, ettersom flere gytegroper vil bli gytt på grunne partier i elveleiet og dermed stå i fare for å strande i år når vannstanden i gytetiden er høy. Ved en vannføring på den øvre delen av lakseførende strekning på om lag 1,5-2 m³/s vil en i stor grad helt unngå at det strander gytegroper i de fleste årene. Ved en vannføring på om lag 1 m³/s vil i gjennomsnitt mindre enn 5 % av gytegroperne strande, mens en vannføring på om lag 0,75 m³/s (tilsvarer vannstand på 70 cm ved logger på Skarsenden og 97 cm ved Blåsteinen) vil være tilstrekkelig til å sikre at færre enn 10 % av gytegroperne strander de fleste årene. Med tanke på den kritiske situasjonen som er for laksebestanden, samt at sjøaurebestanden også er redusert, **anbefales et vannføringsregime som medfører lavest mulig stranding av gytegroper, og som samtidig sikrer at det ikke oppstår lave vannstander som kan være flaskehals for overlevelse av ungfisk.**

Vår primære anbefaling er derfor:

- Å opprettholde en minstevannføring på den lakseførende strekningen som er tilstrekkelig høy til å sikre at et minimum av gytegroper strander uansett vannstand i gytetiden. For å oppnå dette bør en holde en vannføring på lakseførende strekning på 1,5-2 m³/s.

Et slikt vannføringsregime kan innføres ved å omdisponere mer vann fra minstevannføringsperioden om sommeren, noe som vil gi bedre forhold for fiskeproduksjonen både vinter og sommer. En slik omdisponering av vannet antas å gi en betydelig miljøgevinst uten at det reduserer potensialet for kraftproduksjon. Dette vurderes totalt sett som en svært gunstig miljøløsning med hensyn til biologiske kriterier for fiskebestandene, ettersom vannføringsssituasjonene om vinteren anses som den

største flaskehalsen for ungfiskproduksjonen av laks og sjøaure i Bjoreio. En moderat reduksjon i vannføring om sommeren vil trolig også medføre en bedring i oppvekstvilkår for ungfisk gjennom økt tilgang til egnede oppveksthabitat. I tillegg vil en reduksjon i sommertapping fra Sysendammen gi økt vanntemperatur og dermed økt vekst for ungfisken. Imidlertid vil en redusert sommervannføring måtte avveies i forhold til andre brukerinteresser i vassdraget med behov for å opprettholde en gitt vannføring i Vøringsfossen. Forvaltning og brukerinteresser har i denne situasjonen et handlingsrom som kan gi en såkalt vinn-vinn situasjon hvor både hensynet til å sikre fiskebestandene og å opprettholde kraftproduksjonen kan ivaretas.

Dersom den primære anbefaling ikke lar seg gjennomføre vil vi subsidiært anbefale følgende:

- Det bør slippes tilstrekkelig med vann slik at en begrenser omfanget av stranding til et lavt nivå. Det bør ikke forekomme lavere vannstander enn at **maksimum 10 % av gytegrøpene strander**. Hvor stor vannstanden bør være for å opprettholde dette vil variere mellom år etter hvor høy vannstanden har vært i gytetiden, men for de fleste årene vil en vannføring på om lag 0,75-1 m³/s øverst på den lakseførende strekingen være tilstrekkelig for dette. Basert på datagrunnlaget samlet inn i undersøkelsesperioden er det laget en modell som kan brukes til å estimere ulike strandingsscenarier ut i fra vannstanden i gytetiden (Figur 35). Denne kan brukes til å beregne vannstandsbehov fra år til år. Før modellen tas i bruk til et slikt formål er det behov for å evaluere hvor robust modellen er og å tilpasse parameterne som skal legges til grunn for å bestemme tilstrekkelig vannstands nivå.
- Med hensyn til at lave vannføringer om vinteren også kan være en flaskehals for ungfisk anbefales det at vannføringen ikke bør være lavere enn om lag 0,75-1 m³/s, selv i år da vannføringen i gytetiden er lav.
- Det bør vurderes om det er mest formålstjenlig med et fast slipp av vann kontra et tilsigstyrt vannslipp. Den biologiske miljøgevinsten som oppnås ved slipp av et gitt vannvolum vil være langt høyere ved et fleksibelt ("smart") slipp av vann som er styrt av tilsiget fra restfeltet sammenliknet med et fast slipp av en konstant vannføring fra Sysen. Dette fordi en ved et fleksibelt slipp kan fordele mer av vannet til de tørreste perioder som utgjør de mest alvorlige flaskehalsene. Dersom et fast slipp av vann vurderes som mest robust og formålstjenlig teknisk sett, så tilsier erfaringene fra det eksisterende manøvreringsreglementet at et vannslipp på om lag 0,5 m³/s fra Sysendammen generelt vil være tilstrekkelig for å holde en vannføring på om lag 0,75 m³/s gjennom vinteren, men at dette kan være for lite i spesielt tørre perioder. I år med høy vannføring i gytetiden vil dette gi en høy risiko for stranding. Det bør derfor slippes en høyere vannføring i slike spesielt tørre perioder. Alternativt kan det slippes en høyere vannføring gjennom hele vinteren i år når vannføringen i gytetiden har vært høy.
- Perioder med svært lav vannstand (< 0,75 m³/s) bør primært unngås i hele perioden fra 15. september – 1. juni. Vanligvis vil det laveste tilsiget opptre i perioden desember-mars, og det er derfor i denne perioden det normalt vil være størst behov for vannslipp. Erfaringene fra gjeldende ordning har imidlertid vist at det i flere av årene har forekommet perioder med lavt resttilsig også i perioden september-desember og i april før snøsmeltingen tiltar. Det er avgjørende at gytegrøpene ikke blir utsatt for stranding i hele inkubasjonstiden fra gyting til forsommeren. I tillegg er det også viktig å sikre en tilstrekkelig vannføring for ungfisk og gytefisk i perioden mellom opphør av minstevannføring 15. september og frem til et evt. vannslipp starter. Dette vil bare være aktuelt i år da det forekommer spesielt tørre perioder på høsten. **For å sikre at en unngår kritisk lave vannstander i hele perioden fra 15. september-1.juni bør en derfor slippe vann i spesielt tørre perioder.**
- For å evaluere og eventuelt justere iverksatte tiltak er det viktig med oppfølgende registreringer. Det er avgjørende at forbitappingsventilen i Tveitofossen kraftstasjon fungerer etter hensikten og ikke medfører vannstandsfall ved lave vintervannføringer. Dette kan evalueres ved bruk av den nye vannstandsmåleren ved Blåsteinen. Denne vil gi mer pålitelige registreringer ved lave vannstander enn tilsvarende logger fra Skarsenden. Det anbefales også at det etableres en vannføringskurve for vannstandloggeren på Blåsteinen. Det bør også vurderes om vannføringsregime på den tørrlagte delen ved Tveitofossen medfører at gytefisk

blir stengt inne når hele vannføringen går gjennom kraftstasjonen. Tilsvarende er det viktig fortsatt å registrere fordeling og strandingsfrekvens av gytegrøpene i forhold til vannstand i gytetiden og etterfølgende vinter.

5.5 Manøvrering for økt vanntemperatur i perioden 1. juni – 15. september

Manøvrering av vannslipp med tapping fra Isdal og Storlia bidrar til å øke temperaturen på den lakseførende strekningen, og vurderes som et viktig tiltak for å bedre forholdene for vekst og rekruttering for sjøaure og laks i Bjoreio. **Det anbefales derfor at ordningen med slipp av vann fra Isdal og Storlia videreføres.** For å få størst mulig effekt av tiltaket anbefales det at bidragene fra Isdal og Storlia utgjør en så høy andel av det totale vannslippet som mulig. Dette gjelder særlig i perioder når det ellers må tappes mye fra Sysendammen.

Vanntemperaturen i bidragene fra Isdøla og Storlia vil vanligvis være høyere enn fra Sysen det meste av minstevannføringsperioden, men vil normalt være størst fra slutten av juni til midten av august. Det anbefales at lukene fra Isdøla og Storlia åpnes så tidlig på sesongen som mulig etter at snøsmeltingen har avtatt, og at lukene er åpne ut minstevannføringsperioden til 15. september.

Det har vært noe usikkerhet knyttet til hvor stort bidraget fra vannslippene i Isdøla og Storlia har vært i perioden. Det anbefales at det etableres vannføringsmålinger fra lukene for å fremskaffe bedre dokumentasjon på hvor stort vannføringsbidraget fra vannslippene er gjennom sommeren.

5.6 Andre tiltak

Undersøkelsene har vist at det kan forekomme større masseforflytninger i elveleiet som fører til endringer i fiskens tilgang på gyteområder. Enten ved at tilgangen økes som følge av tilførsler av grus fra ras, eller ved at gyteområdene reduseres som følge av utspyling av grus ved stor flom. Utlegging av gytegrus har vært et tiltak som har fungert godt på enkelte lokaliteter som i Bruhølen, mens på andre lokaliteter har hydrauliske forhold ført til at den utlagte grusen er blitt spylt ut. Ved behov vil et egnet tiltak være å sikre etablerte gyteområder som i Bruhølen ved ytterligere tilførsel av grus. Utlagt grus legges da ut på et dyp som sikrer gyteområdet mot stranding. Likeledes har det vært gjort tiltak ved å fjerne grus fra strandingsutsatte gyteområder. Slik situasjonen var per 2012 var det ikke noen lokaliteter som pekte seg ut med tanke på tilførsel eller fjerning av gytegrus, men framtidig masseforflytning kan aktualisere denne type tiltak.

6.0 Litteratur

Anon. (2011) Status for norske laksebestander i 2011. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3, 285 sider.

Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. & Furse, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17: 333-347.

Barlaup, B. T. & V. Moen 2001. Planting of salmonid eggs for stock enhancement – a review of the most commonly used methods. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 75: 7-19.

Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.-E., Skoglund, H. & Wiers, T. 2008. Addition of spawning gravel – a means to restore spawning habitat of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.). *River research and Applications*, 24: 453-550.

Becker, C.D. & Neitzel, D.A. 1985. Assessment of intergravel conditions influencing egg and alevin survival during salmonid redd dewatering. *Environmental Biology of Fishes*, 12: 33-46.

- Berger, H.M. Nøst, T., Sægrov, H., Hellen, B.A. & Jensen, A.J. 2001. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget, Hordaland fylke 2000-2001. NINA Oppdragsmelding 692: 1-40.
- Berger, H.M., Johnsen, B.O., Jensen, A.J. & Lamberg, A. 2002. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget, Hordaland fylke 2001-2002. NINA Oppdragsmelding 743: 1-42.
- Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø. & Hvidsten, N.A. 2010. Nasjonal lakselusovervåkning 2009 på ville bestander av laks, sjøørret og sjørøye langs Norskekysten samt i forbindelse med evaluering av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder - NINA Rapport 547. 50 sider.
- Bjørn, P.A., Nilsen, R., Llinares, R.M.S., Asplin L., Boxaspen, K.K., Finstad, B., Uglem, I., Kålås, S., Barlaup, B. & Vollset K.W. 2011. Sluttrapport til Mattilsynet over lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2011. Rapport fra Havforskningen, nr. 19-2011. 34 s.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. and Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Brittain, J.E. 1988. Bruk av bunndyr i vassdragsovervåking med vekt på organisk forurensning i rennende vann. LFI-rapport 118, Univ. i Oslo, 70 sider.
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for the eggs of five species of salmonid fishes. *Freshwater biology* 11:361-368.
- Crisp, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eying, hatching and 'swim-up' times for salmonid embryos. *Freshwater biology* 19:41-48.
- Coleman, M.A. & Fausch, K.D. 2007. Cold summer temperature limits recruitment og age-0 Cutthroat trout in high-elevation Colorado streams. *Transaction of the American Fisheries Society* 136: 1231-1244.
- Direktoratsgruppen. 2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann - Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Veileder 01:2009. (www.vannportalen.no).
- Diserud, O. Fiske, P. & Hindar, K. Forslag til kategorisering av laksebestander som er påvirket av rømt oppdrettslaks. NINA rapport nr. 789. 782 sider.
- Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 1997. A functional model for maximum growth of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from two populations in northwest England. *Functional Ecology*, 11, 592-603.
- Elliott, J.M., Hurley, M.A., & Fryer, R.J. 1995. A New, Improved Growth-Model for Brown Trout, *Salmo-Trutta*. *Functional Ecology*, 9, 290-298.
- Einum, S. & Fleming, I. 2001. Implications of stocking: Ecological interactions between wild and released salmonids. *Nordic Journal of Freshwater Research* 75: 56-70.
- Einum, S. & Nislow, K. H. 2005. Local scale density-dependent survival of mobile organisms in continuous habitats: an experimental test using Atlantic salmon. *Oecologia*, 143, 203-210.
- Ferguson, A., Fleming, I.A., Hindar, K., Skaala, Ø., McGinnity, P. Cross, T.F. & Prodöhl, P. 2007. Farm Escapes, I: The Atlantic salmon – genetics, conservation and management (red. Verspoor, E., Stradmeyer, L. & Nielsen, J.L.). Blackwell. 500 sider.
- Fjellheim, A. & Raddum, G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *The Science of the Total Environment*, 96: 57-66.

- Forseth, T., Hurley, M.A., Jensen, A.J., & Elliott, J.M. 2001. Functional models for growth and food consumption of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from a Norwegian river. *Freshwater biology*, **46**, 173-186.
- Forseth, T., Næsje, T., Jensen, A.J., Saksegård, L. & Hvidsten, N.A. 1996. Ny forbitappingsventil i Alta kraftverk: betydning for laksebestanden. – NINA oppdragsmelding 392: 26 sider.
- Frost, S., Huni, A. & Kershaw, W.E. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Canadian Journal of Zoology*, **49**: 167-173.
- Gabrielsen, S.-E., Barlaup, B.T., Skoglund, H. & Wiers, T. 2007. Rognplanting ,etablering av nytt gyteområde og gytefisktelinger i Flekke og Guddalsvassdraget – undersøkelser i perioden 2001-2006. LFI-Unifob rapport nr. 144. 29 sider.
- Gabrielsen, S.-E., Barlaup, B.T., Skoglund, H. & Wiers, T., Lehmann, G.B., Sandven, O.R., Gladsø, J.A. 2009. Utlegging av rogn som alternativ kultiveringsmetode i Vikja og Dalselva - resultater fra undersøkelser i perioden 2002-2008. LFI Unifob rapport nr 153. 102 s.
- Glover, K.A., Hindar, K., Karlsson, S., Skaala, Ø. og Svåsand T. 2011. Genetiske effekter av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander: utforming av indikatorer. NINA rapport nr. 726. 35 s.
- Hindar, K. & Disreud, O. Sårbarhetsvurdering av ville laksebestander overfor rømt oppdrettslaks. NINA rapport nr. 244. 45 sider.
- 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 nr. 226. 78 s.
- Hvidsten, N.A. 1985. Mortality of pre-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L. and brown trout, *Salmo trutta* L., caused by fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, Central Norway. *Journal of Fish Biology* **27**: 711-718.
- Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Jensen A.J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E., Jensås, J.G., Bakke, Ø. & Forseth, T. 2004. Orkla – et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. NINA Fagrapport 079, 96 sider.
- Jensen, A.J., Johnsen, B.O., Berger, H.M. & Lamberg, A. 2003. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget, Hordaland fylke høsten 2002. NINA Oppdragsmelding 779. 37s.
- Jensen, A.J., Johnsen, B.O., Berger, H.M. & Lamberg, A. 2004. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget, Hordaland fylke høsten 2003. NINA Oppdragsmelding 810. 34s.
- Jensen, J.W. & Steine, I. 1990. Eidfjord-nord utbyggingen og fisket etter laks og sjøaure i Eidfjordvatnet, Bjoreio og Veig. – Fiskerisakkyndig uttalelse: 1-53.
- Lehmann, G.B., Gabrielsen, S.-E. & Sandven, O.R. 2008. Bonitering og utlegging av øyeroغن ovenfor lakseførende strekning i Bjoreio, 2008. LFI Unifob rapport nr. 157. 19 sider.
- Lehmann, G., Wiers, T. & Gabrielsen, S.-E. 2008. Uttak av rømt oppdrettslaks fra vassdrag – undersøkelser høsten 2007. LFI-Unifob Rapport nr. 149. 31 sider.
- Lehmann, G., Wiers, T. & Gabrielsen, S.-E., Sandven, O.R., Skoglund, H. & Barlaup, B.T. 2010. Kultiveringsplan Eidfjordvassdraget: Rognplanting og registreringer av utvandrende smolt i Eidfjordvassdraget i 2009. LFI Uni Miljø rapport nr. 177. 19 s.
- Lyche Solheim, A., Andersen, T., Brettum, P., Bækken, T., Bongard, T., Moy, F., Kroglund, T., Olsgard, F., Rygg, B., & Oug, E. 2004. BIOKLASS – Klassifisering av økologisk status i norske vannforekomster: Forslag til aktuelle kriterier og foreløpige grenseverdier mellom god

- og moderat økologisk status for utvalgte elementer og påvirkninger. NIVA-rapport 4860-2004, 63 sider.
- Lyse, A.A. 2000. Fiskeribiologiske undersøkelser i Veig, Eidfjord kommune, Hordaland. – Bio Vest Notat nr. 1002: 1-12.
- McCormick, S.D., Hansen, L.P., Quinn, T. & Saunders, R.L. 1998. Movement, migration and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55(suppl. 1): 77-92.
- McGinnity P, Prodohl P, Ferguson K, Hynes R, O'Maoileidigh N, Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J. & Cross, T. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. Proceedings of the Royal Society of London Series B- Biological Sciences 270: 2443–2450.
- Moen, V. 1996. Otolitt-merking av laks. Massemerking av rogn og yngel ved tilsetning av fargestoff i vannbad. SVLT-Oppdragsavdelingen. Rapport 1996.
- Moen, V. 2000. Badmerking av øyerogn – effekter av merking på laks utsatt i vassdrag som øyerogn og uforet yngel. VESO Rapport 1-2000.
- Montèn, E. 1985. Fisk og turbiner; om fiskars møyilighet att uskadd passere gjennom kraftverksturbinder. ISBN 01-7186-243-9. Vattenfall. 114 sider.
- Mork, J., & T. G. Heggberget. 1984. Eggs of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.); identification by phosphoglucoisomerase zymograms. Fisheries Management 15:59-65.
- Nislow, K.H., Folt, C.L. & Parrish, D.L. 1999. Favorable foraging locations for young Atlantic salmon: Application to habitat and population restoration. Ecological Applications, 9: 1085-1099.
- Nøst, T., Sægrov, H., Hellen, B.A., Jensen, A.J. & Urdal, K. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget, Hordaland fylke 1999. – NINA Oppdragsmelding 645: 1-41.
- Paulsen, K. 2000. Hydrologiske forhold i Bjoreio/Eio. Notat fra Statkraft, 4 sider.
- Plantalech manel-la, N., Chittenden, C.M., Økland, F., Thorstad, E.B., Davidsen, J.G., Sivertsgård, R., McKinley, R.S. & Finstad, B. 2011. Does river of origin influence the early marine migratory performance of *Salmo salar*? Journal of Fish Biology, 78(2): 624-643.
- Raddum, G.G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes. I: Raddum, Rosseland & Bowman (red.) Workshop on biological assesment and monitoring; evaluatoin and models. NIVA-rapport SNO 4091/1999, ICP Waters rapport 50/1999, 96 sider.
- Saltveit, S.J., Halleraker, J.H., Arnekleiv, J.V., & Harby, A. 2001. Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated Rivers: Research & Management*, **17**, 609-622.
- Skaala, Ø., Finstad, B., Kålås, S., Bjørn, P.A., Barlaup, B., Heuch, P.A. og Bjørge A. 2009. Hardangerfjorden, på utsida av rammene for berekraftig oppdrett? I: Fisken og havet, særnummer 2-2009.
- Skaala, Ø., Johnsen, G.H. & Barlaup, B.T. 2010. Prioriterte strakstiltak for sikring av de ville bestandene av laksefisk i Hardangerfjordbassenget i påvente av langsiktige forvaltningstiltak. Rapport fra Havforskningen, nr. 10-2010. 39 sider.

- 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 Journal of marine science* 63: 1224-1233.
- Skoglund, H., Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.-E. & Wiers, T. 2007. Fiskebiologiske undersøkelser i Bjoreio, Eidfjordvassdraget, i perioden 2004-2006 - med vekt på vintervannføring og temperaturforhold. LFI-rapport nr 136. 67 s.
- Skoglund, H. & Barlaup, B.T. 2010. Konsekvenser av stranding i gytetiden og vannslipp i vinterhalvåret på stranding av gytegroper av laks og sjøaure i Bjoreio. LFI notat, oktober 2010, 23 sider.
- Skoglund, H., Sandven, O.R., Barlaup, B.T., Wiers, T., Lehmann, G.B. & Gabrielsen, S.-E. 2009. Gytefisktellinger i Nordhordland, Hardanger og Ryfylke 2004-2008 – bestandsstatus for villfisk og innslag av rømt oppdrettslaks. LFI Unifob rapport nr. 163. 62 sider.
- Skåre, P.E., Hvidsten, N.A., Forseth, T. & Fjeldstad, H.-P. 2006. Smoltutvandring forbi Skotfoss kraftverk i Skiensvassdraget ved bygging av nytt flomkraftverk. NINA rapport 193, 24 sider.
- Sundström, L.F., Bohlin, T. & Johnsson J.I. 2004. Density-dependent growth in hatchery-reared brown trout released into a natural stream. *Journal of Fish Biology* 65: 1385-1391.
- Sundström, L.F. & Johnsson J.I. 2001. Experience and social environment influence the ability of young brown trout to forage on live novel prey. *Animal Behaviour* 61, 249–255.
- Sægrov, H., Hellen, B.A., Kålås, S., Urdal, K & Johnsen G.H. 2007. Endra manøvrering i Aurland 2003 – 2006. Sluttrapport – Fisk. Rådgivende Biologer rapport nr. 1000. 103 s.
- Sættem, L.M. 1995. Gytebestander av laks og sjøaure. En sammenstilling av registreringer fra ti vassdrag i Sogn og Fjordane fra 1960-94. – Direktoratet for Naturforvaltning. Utredning nr. 7-1995. 107 sider.
- Taranger, G.L., Svåsand, T., Madhun, A.S & Boxaspen, K.K. 2011. Risikovurdering – miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett. *Fisken og havet*, særnummer 3–2011. 101 s.
- Vuorinen, J., & J. Piironen. 1984. Electrophoretic identification of Atlantic Salmon (*Salmo salar*), brown trout (*S. trutta*), and their hybrids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41:1834-1837.

Vedlegg 1. Tettheter av naturlig rekruttert laks og aure på stasjoner med elektrisk fiske.

Tabell S1. Estimerte tettheter av naturlig rekrutterte ensomrige (0+) laks per 100 m² på stasjonene 1-7 undersøkt med elektrisk fiske i Bjoreio i perioden 2004-2011. Stasjon 7 er utelatt fra gjennomsnittet for årene 2004, 2005, 2006 og 2011 fordi et høyt antall settefisk av laks medførte redusert fangbarhet av naturlig rekruttert fisk.

Stasjons nr.	Ensomrig laks (0+)							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	0	1	2	4	1	0	0	0
2	0	9,2	6	4	6	1	1	2,2
3	1	17	14	4	8	7	11	9
4	1	1	2	6	20	7,4	0	2,2
5	0	3,1	17	4	12	5	13,3	3
6	0	2	2,2	2,2	2,2	1	0	2
7*	0	0	0	3	3	0	0	0
Gjsn.	0,3	5,6	7,2	3,9	7,5	3,1	3,6	3,1

*Ikke med i gjennomsnitt for årene 2004, 2005, 2006 og 2011 pga. mye settefisk

Tabell S2. Estimerte tettheter av naturlig rekrutterte eldre laksunger (>0+) per 100 m² på stasjonene 1-7 undersøkt med elektrisk fiske i Bjoreio i perioden 2004-2009. Stasjon 7 er utelatt fra gjennomsnittet for årene 2004, 2005, 2006 og 2011 fordi et høyt antall settefisk av laks medførte redusert fangbarhet av naturlig rekruttert fisk.

Stasjons nr.	Eldre laks (0+)							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	5,2	0	0	10,2	18,8	15	0	0
2	7,1	2	2	8,3	24,9	13,5	6,5	7
3	10,9	3	1	41	28	16,3	10	27
4	7,1	7	3	17,3	38	27	1	20,9
5	10,9	2	7,4	18,7	19	22,6	12,6	19,6
6	5	4	8	21	23,2	10,9	0	5
7*	0	0	4	11	19,6	19	5,2	9
Gjsn.	7,7	3,0	3,6	18,2	24,5	17,5	5,0	14,9

*Ikke med i gjennomsnitt for årene 2004, 2005, 2006 og 2011 pga. mye settefisk

Tabell S3. Estimerte tettheter av ensomrige (0+) aure per 100 m² på stasjonene 1-7 undersøkt med elektrisk fiske i Bjoreio i perioden 2004-2011. Stasjon 7 er utelatt fra gjennomsnittet for årene 2004, 2005, 2006 og 2011, fordi et høyt antall settefisk av laks medførte redusert fangbarhet av naturlig rekruttert fisk.

Stasjons nr.	Ensomrig aure (0+)							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	10	17,6	49	14	17	20	10,2	17,8
2	6	6	21,2	6,5	24,8	21,8	4,4	12
3	26	27	28	16	28	57,3	5,2	6
4	6	3	9	13,1	43,6	10	2	7,4
5	3	13	31,7	3	22	9	3,1	9,5
6	6	5	30	21	40,6	12	0	19,6
7*	9,2	0	0	3	20	2	5	3
Gjsn.	9,4	11,9	28,2	10,9	28,0	18,9	4,3	12,1

*Ikke med i gjennomsnitt for årene 2004, 2005, 2006 og 2011 pga. mye settefisk

Vedlegg 1 fortsetter...

Tabell S4. Estimerte tettheter av eldre (>0+) aure per 100 m² på stasjonene 1-7 undersøkt med elektrisk fiske i Bjoreio i perioden 2004-2011. Stasjon 7 er utelatt fra gjennomsnittet for årene 2004, 2005, 2006 og 2011, fordi et høyt antall settefisk av laks medførte redusert fangbarhet av naturlig rekruttert fisk.

Stasjons nr.	Eldre aure (0+)							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	21,8	16,1	18,1	33	23,9	32,7	13,9	27,5
2	16,6	2,2	2,2	8,1	13	6	4	6
3	47,1	35	16,7	26	23,4	13,1	12	13,1
4	12	3,1	7,1	6	7,1	13	3	17,2
5	34,8	11	9	10,2	13,5	9	9,5	17,2
6	54,2	22,2	16	22,5	20,4	25,4	6	26,5
7*	11	6,1	12	17	27,2	35,7	22,1	17
Gjsn.	31,1	14,9	11,5	17,5	18,4	19,3	10,1	17,9

*Ikke med i gjennomsnitt for årene 2004, 2005 og 2006 pga. mye settefisk

Tabell S5. Estimerte tettheter av naturlig rekrutterte ensomrige (0+) laks per 100 m² på stasjonene 1-4 undersøkt med elektrisk fiske i Eio i perioden 2007-2011.

Stasjons nr.	Ensomrig laks (0+)				
	2007	2008	2009	2010	2011
1	17	17,8	4	21	
2	4	14,5	16	9,5	
3	1	15,7	5	12	
4	5,2	29	15,2	15,2	
Gjsn.	6,8	19,3	10,1	14,4	

Tabell S6. Estimerte tettheter av naturlig rekrutterte eldre (>0+) laks per 100 m² på stasjonene 1-4 undersøkt med elektrisk fiske i Eio i perioden 2007-2011.

Stasjons nr.	Eldre laks (>0+)				
	2007	2008	2009	2010	2011
1	14,1	21,3	22,3	24	
2	11	17,5	24	20,4	
3	13,1	13,9	23	30,5	
4	20,4	18,8	27,8	21,5	
	14,7	17,9	24,3	24,1	

Tabell S7. Estimerte tettheter av naturlig rekrutterte ensomrige (0+) aure pr. 100 m² på stasjonene 1-4 undersøkt med elektrisk fiske i Eio i perioden 2007-2011.

Stasjons nr.	Ensomrig aure (0+)				
	2007	2008	2009	2010	2011
1	12,3	31,2	32,2	25	
2	4	22,6	26	18	
3	4	16,2	19	8,3	
4	2	12	24,9	5,2	
Gjsn.	5,6	20,5	25,5	14,1	

Vedlegg 1 fortsetter...

Tabell S8. Estimerte tettheter av naturlig rekrutterte eldre (>0+) aure pr. 100 m² på stasjonene 1-4 undersøkt med elektrisk fiske i Eio i perioden 2007-2011.

Stasjons nr.	Eldre aure (>0+)				
	2007	2008	2009	2010	2011
1	27	43	21	28	
2	18,8	12,1	19	19	
3	20,4	16,3	20,4	30,1	
4	15,2	11,2	10	21,3	
Gjsn.	20,4	20,7	17,6	24,6	

Tabell S9. Estimerte tettheter av naturlig rekrutterte ensomrige (0+) og eldre (>0+) laks per 100 m² på stasjonene 1-4 undersøkt med elektrisk fiske i Veig i perioden 2008-2011.

Stasjons nr.	Ensomrig laks (0+)				Eldre laks (>0+)			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
1	12	13	1		6	8,1	2	
2	2,2	1	0		12	8	2	
3	0	3	0		1	2	0	
4	0	1	0		1	0	0	
Gjsn.	3,6	4,5	0,3		5,0	4,5	1,0	

Tabell S10. Estimerte tettheter av ensomrige (0+) og eldre (>0+) aure per 100 m² på stasjonene 1-4 undersøkt med elektrisk fiske i Veig i perioden 2008-2011.

Stasjons nr.	Ensomrig aure (0+)				Eldre aure (>0+)			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
1	35,5	12	14,4		11,2	2	4	
2	14	13	3		10,2	2	3	
3	15,4	5	5		17,2	10	11	
4	12,3	12,1	3		19,6	8	20	
Gjsn.	19,3	10,5	6,4		14,6	5,5	9,5	

Vedlegg 2. Tettheter av settefisk på stasjoner med elektrisk fiske.**Tabell S11.** Tettheter av ensomrige (0+) settefisk laks per 100 m² på stasjonene 1-7 undersøkt med elektrisk fiske i Bjoreio i perioden 2004-2011.

Stasjons nr.	Ensomrig settefisk							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	0	108	0	0	0	0	0	37,4
2	0	8,3	0	0	0	0	0	1
3	0	52,2	2	0	0	0	0	0
4	0	122	100	0	0	0	0	49,5
5	0	2	0	0	0	0	0	20
6	0	0	0	0	0	0	0	6
7	0	170,8	42,0	0	0	0	0	65,6
Gj. sn.	0	66,2	20,6	0	0	0	0	25,6

Tabell S12. Tettheter av eldre (>0+) settefisk laks per 100 m² på stasjonene 1-7 undersøkt med elektrisk fiske i Bjoreio i perioden 2004- 2011.

Stasjons nr.	Eldre settefisk							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	0	0	4,4	8	0	0	0	0
2	0	0	0	6	3,1	0	0	0
3	2,2	0	0	2,2	5	0	0	0
4	6,5	0	13,5	39,6	8,7	0	0	0
5	0	0	1	1	3	0	0	0
6	2	0	0	7	7	0	0	0
7	127,6	23,3	38,8	25,6	5	0	0	0
Gj. sn.	19,8	3,3	8,2	12,8	4,5	0	0	0

Tabell S13. Tettheter av ensomrig (0+) settefisk laks per 100 m² på stasjonene 1-4 undersøkt med elektrisk fiske i Eio i perioden 2007- 2011.

Stasjons nr.	Ensomrig settefisk				
	2007	2008	2009	2010	2011
1	49	0	17	0	4,0
2	173	0	16	0	6,0
3	84	0	71	0	80,0
4	56	0	10	0	20,0
Gj. sn.	90,5	0	28,5	0	27,5

Tabell S14. Tettheter av eldre (>0+) settefisk laks per 100 m² på stasjonene 1-4 undersøkt med elektrisk fiske i Eio i perioden 2007- 2011.

Stasjons nr.	Eldre settefisk				
	2007	2008	2009	2010	2011
1	0	5	0	0	0
2	0	8	0	0	0
3	0	17	3	0	0
4	0	13	1	1	0
Gj. sn.	0	10,8	1,0	0,3	0,0

Vedlegg 3. Bunndyr funnet i sparkeprøvene i Bjoreio høsten 2009 og våren 2010.

* litt sensitiv for forsurening ** moderat sensitiv *** svært sensitiv

Dato: Prøve nr.:	5.11.2009				13.04.2010			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Nematoda	1	1	3		3	2		2
Gastropoda								
<i>Radix baltica</i> ***		2	3					
Oligochaeta	10	15	3	8		15	5	9
Crustacea								
Ostracoda indet.				1				1
Acari	2		1	2	3	1	1	1
Ephemeroptera								
<i>Ameletus inopinatus</i> **						1	1	1
<i>Baetis muticus</i> ***				1	1		1	
<i>Baetis rhodani</i> ***	52	52	60	73	35	37	33	37
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***	20	22	19	19	12	19	30	9
Plecoptera								
<i>Amphinemura borealis</i>	4		13	14	4	21	21	15
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	9	10			12	15	7	11
<i>Brachyptera risi</i>		1						1
<i>Capnia pygmaea</i> **	3		1					
<i>Dinocras cephalotes</i> **	4	4	1	11	4	4	15	1
<i>Diura nanseni</i> **								
<i>Isoperla</i> sp. **				2	1		3	
<i>Leuctra hippopus</i>	8	5	10	8				
<i>Protonemura meyeri</i>	10		2	2	1	3	3	2
Trichoptera								
<i>Apatania</i> sp. **	1	1	2				2	
<i>Glossosoma intermedium</i> ***			1					
<i>Hydropsyche</i> sp. **				1				
<i>Hydroptila</i> sp.	3	4	2	1	1	1		
<i>Rhyacophila nubila</i>	4	6	4	11	2	7	8	9
Diptera								
Chironomidae indet.	100	173	95	131	139	204	234	109
Simuliidae indet.	13	13	7	5	2	6	2	4
<i>Dicranota</i> sp.	3	3	3	5		1	1	9
Empididae indet.	4	14	6	10		8	8	6
Antall individer	251	326	236	305	220	345	375	227
Antall arter / taxa	18	16	19	18	14	16	17	17
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	1	1	1	1	1	1	1
ASPT			6,7				6,8	

Vedlegg 4. Bunndyr funnet i sparkeprøvene i Veig høsten 2009 og våren 2010.

* litt sensitiv for forsuring ** moderat sensitiv *** svært sensitiv

Dato:	5.11.2009				13.04.2010			
Prøve nr.:	1	2	3	4	1	2	3	4
Turbellaria								
<i>Crenobia alpina</i> **						1	1	1
Oligochaeta		1	2		2	20		13
Acari								
						2	3	
Ephemeroptera								
<i>Ameletus inopinatus</i> **	4	4	3	1	7	23	9	9
<i>Baetis muticus</i> ***		1	4	1		2		1
<i>Baetis rhodani</i> ***	28	48	99	61	47	77	67	63
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***	11	4	7	6		7	1	5
<i>Nigrobaetis niger</i> ***					1	3		1
Plecoptera								
<i>Amphinemura borealis</i>	23	29	58	25	63	39	40	51
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	1	4			13	5	8	6
<i>Brachyptera risi</i>	5	4	7	3		2	2	
<i>Capnia pygmea</i> **	23	37	17	21	2	3	1	
<i>Dinocras cephalotes</i> **	6	5	12	7		5	4	5
<i>Diura nanseni</i> **				1		2		
<i>Isoperla</i> sp. **				1				
<i>Leuctra fusca/digitata</i>						2		1
<i>Leuctra hippopus</i>	8	11	18	10	5	4	11	7
<i>Nemoura cinerea</i>								
<i>Protonemura meyeri</i>	4	6	3	9	3	2	5	1
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>			3	3				1
Trichoptera								
<i>Plectrocnemia conspersa</i>				1				
<i>Rhyacophila nubila</i>	6	5	3	7		5	4	2
Limnephilidae indet.		1						
Diptera								
Chironomidae indet.	83	74	87	99	151	84	62	86
Simuliidae indet.	24	32	40	33	4	15	18	8
Empididae indet.			2	1	7	9	9	8
<i>Dicranota</i> sp.	4	2	3	2				2
<i>Dixa puberula</i>			1					
<i>Pericoma</i> sp.						2		1
Antall individer	230	268	369	292	305	314	245	272
Antall arter / taxa	14	17	18	19	12	22	16	20
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	1	1	1	1	1	1	1
ASPT		7,5				7,4		

Vedlegg 5. Bunndyr funnet i sparkeprøvene i Eio høsten 2009 og våren 2010.

* litt sensitiv for forsurening ** moderat sensitiv *** svært sensitiv

Dato:	5.11.2009				13.04.2010			
Prøve nr.:	1	2	3	4	1	2	3	4
Nematoda		1			1	5	4	2
Gastropoda								
<i>Radix baltica</i> ***	4	45	12	22	2	11	17	3
Bivalvia								
<i>Pisidium</i> sp. *	3	5	2	10		4	8	
Oligochaeta	6	7		5	13	11	6	13
Crustacea								
Chydoridae indet.		1						
Harpacticoida indet.					1	1	1	
Acari	2	1	3	3	5	1	1	3
Ephemeroptera								
<i>Baetis rhodani</i> ***	171	131	173	188	25	34	45	43
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***	3	1		2	1	3	5	3
Plecoptera								
<i>Amphinemura borealis</i>				2	1	3	4	1
<i>Amphinemura sulcicollis</i>			2					
<i>Dinocras cephalotes</i> **		2	3	1	4			
<i>Leuctra fusca/digitata</i>					1	1		
<i>Leuctra hippopus</i>	2	10	7	11			3	
<i>Protonemura meyeri</i>	4	9	4	15	7	5	10	4
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	1							
Trichoptera								
<i>Apatania</i> sp. **								1
<i>Hydroptila</i> sp.	6	3	3	8	4	5	3	3
<i>Lepidostoma hirtum</i> **							2	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	4	3	3	5	1		2	
<i>Rhyacophila nubila</i>	5	4	4	5	6		9	2
Diptera								
Chironomidae indet.	49	72	78	101	86	105	123	88
Simuliidae indet.	38	54	42	57	12	14	32	13
Empididae indet.	5	1	6	7			3	
Antall individer	303	350	342	442	170	203	278	179
Antall arter / taxa	15	17	14	16	16	14	18	13
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	1	1	1	1	1	1	1
ASPT		6,1				6,1		



Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

FERSKVANNSØKOLOGI - LAKSEFISK - BUNNDYR

LFI ble opprettet i 1969, og er nå en seksjon ved Uni Miljø, en avdeling i Uni Research AS, et forskningsselskap eid av universitetet i Bergen og stiftelsen Universitetsforskning Bergen. LFI Uni Miljø tar oppdrag som omfatter forskning, overvåking, tiltak og utredninger innen ferskvannsekologi. Vi har spesiell kompetanse på laksefisk (laks, sjøaure, innlandsaure) og bunndyr, og på hvilke miljøbetingelser som skal være til stede for at disse artene skal ha livskraftige bestander. Sentrale tema er:

- Bestandsregulerende faktorer
- Gytebiologi hos laksefisk
- Biologisk mangfold basert på bunndyrsamfunn i ferskvann
- Effekter av vassdragsreguleringer
- Forsuring og kalking
- Biotopjusteringer
- Effekter av klimaendringer

Oppdragsgivere er offentlig forvaltning (direktorater, fylkesmenn), kraftselskap, forskningsråd og andre. Viktige samarbeidspartnere er andre forskningsinstitusjoner (herunder NIVA, NINA, HI, og VESO) og FoU miljø hos oppdragsgivere.

Våre internettsider finnes på <http://www.miljo.uni.no>