

1524

NINA Rapport

Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma 2013-2018

Sluttrapport

Karl Øystein Gjelland, Morten Falkegård, Anders Foldvik, Marius Berg



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma

Sluttrapport 2018

Karl Øystein Gjelland

Morten Falkegård

Anders Foldvik

Marius Berg

Gjelland, K.Ø, Falkegård, M., Foldvik, A., & Berg, M. 2018.
Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma. Sluttrapport 2018. NINA
Rapport 1524. Norsk institutt for naturforskning.

Tromsø, juni 2018

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3262-3

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Ola Ugedal

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Cathrine Henaug (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Statkraft Energi AS

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Kontrakt nr 4500133519

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Sjur Gammelsrud

FORSIDEBILDE

Forsidebilde: Utløpet av Tennhølla, 8. oktober 2017

Foto: Geir Solmo

NØKKEWORD

Narvik

Laks

Sjøørret

Kraftregulering

Ungfisktetthet

Rekruttering

Energetikk

Overlevelse

Vintervannføring

Gytevannstand

Vannkraft

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Torgard

7485 Trondheim

Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Postboks 6606 Langnes

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkelgården

2624 Lillehammer

Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen

Thormøhlensgate 55

5006 Bergen

Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Gjelland, K.Ø, Falkegård, M., Foldvik, A. & Berg, M. 2018. Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma 2013-2018. Sluttrapport 2018. NINA Rapport 1524. Norsk institutt for naturforskning.

NINA har i perioden 2013-2018 gjennomført ungfiskregistreringer og gytefisktellinger av laks og sjøaure i Skjoma. Ungfiskregistreringene er gjennomført med bruk av transektfiske med elfiskeapparat i september, og oppskalering av tettheter til totale mengder av den enkelte art og årsklasse på anadrom strekning. Gytefiskundersøkelsene har vært gjennomført med to drivtelling, en i siste uke i september tilpassa gytetida til sjøaure, og en to uker senere tilpassa laks. De siste to årene har det også vært gjennomført gytegrupundersøkelser. Våre viktigste funn var:

1. Overlevelsen fra egg til 1 år gammel (2 somre) fisk er i mange år en flaskehals i ungfiskproduksjonen i Skjoma.
2. Rekrutteringsanalyser basert på gytefisktellinger i perioden 2001-2017 viste at dårlig rekruttering hos laks har sammenheng med lite vann om vinteren og mye vann i gytesesongen. Forskjellen mellom vannstand i gyteperioden og ved minste vintervannføring er en indikator for forskjellen i vanndekt elveareal i gyteperioden og om vinteren. Indikatoren kalles gytevannstand, og er et uttrykk for risikoen for at en gytegrup skal tørrlegges og/eller fryse i løpet av vinteren. Det var også en svak negativ sammenheng mellom rekruttering av laks og tetthet av laks i samme årsklasse.
3. Vi fant ingen sammenheng mellom rekrutteringen av sjøaure og gytevannstand. Aurerekruttering hadde imidlertid en sterk tetthetsbegrensning; rekrutteringen var dårligere ved høge tettheter av aure i samme årskull enn ved lave tettheter. Slik tetthetsregulering kan føre til bedre overlevelse for yngel som klekker etter vintre med høg dødelighet i grytegrøper. Dette kan resultere i maskering av variasjon i gytegrupoverlevelse (kompensatorisk dødelighet).
4. Gytegrupundersøkelsene viste imidlertid at både laks og sjøaure kunne bli utsatt for høg dødelighet i gytegrøper. Det var i sesongen 2016-2017 og 2017-2018 stor forskjell i eggoverlevelse mellom de to sesongene for både laks og sjøaure; god overlevelse i samsvar med liten gytevannstand i 2016-2017, og dårlig overlevelse i samsvar med ekstremt lav vintervannføring vinteren 2018.
5. I overlevelsesestimater av ungfisk basert på elfiskeundersøkelsene fant vi stor variasjon i overlevelsen fra egg til 1 år gammel (2-somrig) fisk, i tråd med stor variasjon i gytegrupoverlevelse.
6. Basert på overlevelsesestimaterne fra 1- til 3-årig fisk, konkluderer vi med at det ikke foreligger noen sterk flaskehals på ungfiskproduksjonen i disse aldersklassene i Skjoma. Overlevelsen fra 1-årig til 2-årig fisk var 78 % og 69 % for henholdsvis laks og sjøaure, med lav variasjon i estimatene. Denne overlevelsen kan være estimert noe høgt på grunn av noe lavere fangbarhet blant ettåringer enn blant to-åringer, men indikerer god overlevelse på dette ungfiskstadiet. Gjennomsnittlig overlevelse fra 2-årig til 3-årig fisk var 43 % og 36 % for henholdsvis laks og sjøaure, med noe høgere variasjon enn for ettåringene. Dette kan være noe lavt estimert, fordi enkelte både laks og sjøaure smoltifiserer allerede som 3-åringer, og vil da ikke komme med som overlevende i denne overlevelsesanalysen. Vi fant også indikasjoner på at en del fisk i denne størrelsesgruppen kan oppholde seg i terskelbassengene

7. Gjennomsnittlig overlevelse fra egg til presmolt ble estimert til 1.4 % og 0.4 % for henholdsvis laks og sjøaure i Skjoma. Dette er lavt, men ikke så lavt som tidligere hevdet for vassdraget. For laks er det heller ikke lavere enn det som ligger til grunn for metodikken for beregning av gytebestandsmål, men er vesentlig lavere enn for smolt fra Halselva i Finnmark, som har same smoltalder. Det er viktig å merke seg at overlevelsesprosenten fra egg til ungfisk betinger at en kjenner fekunditeten til hofisken. Fekunditeten til laks og sjøaure i Skjoma er ikke undersøkt, vi har brukt henholdsvis 1450 og 1750 egg/kg. De reelle verdien kan være både lavere og høyere enn dette, men det påvirker ikke analysene våre utover overlevelsesprosenten og rekruttering fra egg til senere stadier.
8. Sjøaure hadde gjennomgående lavere overlevelse enn laks. Fordi overlevelsen var nesten like god som for laks i 1-2 og 2-3 årsstadiene, må forskjellen i stor grad ligge på overlevelse på årsyngel-stadiet, eventuelt også i gyteperioden. Rekrutteringen av sjøaure var mye sterkere påvirket av tetthet enn hos laks i langtidsanalysene av gytefisk, og det samme mønsteret så ut til å gjelde for ungfisk. Vi så imidlertid en positiv sammenheng mellom tetthet og rekruttering også hos ungfisk av aure klekket fra lave eggdeponeringsestimat.
9. Hulromskapasiteten i Skjoma ble funnet å være middels god. Det vil medføre en tetthetsbegrensning på høye tettheter av fisk og/eller svært lave vannføringer. Overlevelsesestimaterne i ungfiskstadiene indikerte overlevelsen har vært generelt god for ett-årig fisk og eldre de siste fem år, og at hulromskapasiteten ikke har vært en sterkt begrensende faktor ved de tettheter av ungfisk det har vært i denne perioden.
10. Lavt tørrstoffinnhold i fisken på våren tyder på lavt energiinnhold, og at ungfisken kan være utsatt for energiavhengig dødelighet gjennom vinteren. Aure hadde noe lavere tørrstoffinnhold en laks både høst og vår, og aure hadde også noe høyere dødelighet enn laks også for ungfiskstadier over ett-åringer. Dette kan peke på at noe av dødeligheten hos aure skyldes begrenset næringstilgang og lave energiressurser.
11. Fredningstiltaket på laks fra 1997 har hatt god effekt, og laksebestanden har hatt en positiv vekst for alle undersøkte generasjoner. Gytebestanden har vært nær eller over gytebestandsmålet i 5 av de siste 10 årene. Men vi fant også indikasjoner på at en gytebestand på størrelse med gytebestandsmålet gir lite høstbart overskudd, selv om gytebestandsmålet er kun halvparten av det det ville vært dersom Skjoma var en uregulert elv. For aure var det klare tegn til at bestanden har vært ved eller over bærekapasiteten i mange av årene i perioden. Stor risiko for at gytegroper tørregges, lite vanddekt areal i perioder med lav vannføring og mangel på skjultilgang kan gjøre at tetthetsavhengighet for overleving av ungfisk av laks og ørret begrenser produksjonen av smolt på et lavt nivå i Skjoma.

Det viktigste målet for denne rapporten var å avdekke flaskehalsen i ungfiskproduksjonen. Vi har vist at den største flaskehalsen er lav vintervannføring og stor forskjell i vannføring i gytetida, som i mange år gir høye dødeligheter av egg i gytegroper. Vannføringsregimet virker over hele den anadrome strekningen, og kan gi store utslag på bestandsnivå. Vi har i dette oppdraget ikke anledning til å vurdere ulike minstevannføringsscenarier, det er det opp til den pågående revisjonsprosessen å ta seg av. En konsekvens av dette er også at vi ikke kan gi råd om tiltak som gir bedre næringstilgang i hovedelva, fordi dette er så nært knytta opp mot vannføringsregimet. Vi gir forslag til tiltak som kan bedre tilgjengeligheten av gode habitat for gyting og for skjul, og sikre en raskere kolonisering av nyåpnede arealer ovenfor Fallan.

Forslag til tiltak:

1. For å ta nye gyteområder oppstrøms for Fallan raskt i bruk, anbefales det å flytte opp gytemoden fisk. Det er imidlertid absolutt nødvendig at laks gentestes for å hindre at det blir flyttet opp laks med oppdrettsgener.
2. Bygging av nålestengsler i terskeltrapper/renner vil gi mindre vannstandsreduksjon i terskelbassenget ved å strupe spalta vinterstid. Spaltene i Stibergterskelen og Berghølla bør omarbeides for å redusere tværriggeren i spalta.
3. Rett oppstrøms og nedstrøms for terskeltrappene er det gode strømforhold og sikker vandekning, og der det er egnet substrat er det også gyting i disse områdene. Der substratet er dårlig egnet, bør det legges ut substrat som er egnet for gyting på en måte som samtidig sikrer mot tørrelgging ved lav vannføring. I terskelbassengene anbefales det å legge til rette for auregyting, nedstrøms for laksegyting fordi vannet her har større fart. Utlegging av passende gytesubstrat for laks bør også vurderes i øvre mot midtre deler av Langforsen.
4. Tersklene bør beholdes, men bør gås over for å redusere lekkasjer. Utløpskanalen fra tersklene kan med fordel gjøres slakere og lengre, med steinsetning for å gi god hulromstilgang. Sli det er i dag er disse rennene i stor grad i betong, og fremstår som lite ungfiskvennlige oppveksthabitat. En ombygging av disse framfor fjerning av terskelen vil kunne gi vesentlig bedre habitat-tilgang for ungfisk.
5. Tilgjengeligheten til oppvekstområder i sidebekker må bedres for å gi utvida oppvekstområde for sjøaure.
6. Steinrankene i Berghølla fungerer godt som skjul, og er aktivt brukt av ungfisk. Det anbefales å legge ut flere slike steinranker mange steder i terskelbassengene, og eventuelt også i andre større kulper. Her må det betydelig innsats til skal det gi effekter på bestandsnivå.

Det er helt nødvendig å ha dataserier på ungfiskrekruttering og oppvandring av gytefisk for å kunne evaluere flaskehals og effekten av tiltak for å bedre rekrutteringen. Dersom man ikke kan sette tetthetene av fisk inn i et rekrutteringsperspektiv, mangler man verktøy for slik evaluering. Det er derfor viktig å videreføre gytefisktellinger og ungfiskundersøkelser basert på elfisketransekter, og den nylig åpnete strekningen ovenfor Fallan må inkluderes i dette. Den lange tidsserien med gytefisktellinger har vært svært verdifull for våre analyser, og erfaringene med manglende gytefisktellinger i 2012 viser at manglende/mangelfulle gytefisktellinger svekker analysene. Ved drivtelling bør det også gjennomføres håvfiske for å gi skjellmateriale for livshistorie-analyser av individene, gjerne med større vekt på sjøaure enn det har vært til nå. Ved å kombinere ungfiskundersøkelsene med PIT-merking og data-analyser fra den etablerte PIT-antenna ved Pato vil en få en kunne følge overlevelsen i både i elv og sjø, og dermed identifisere viktige faktorer som påvirker rekruttering av laks og sjøaure i de respektive habitat. Det bør arbeides aktivt med kvantitative modeller for å simulere smoltproduksjon ved ulike miljøforutsetninger. Slike modeller er et svært nyttig verktøy for å evaluere effekten av tiltak før de settes ut i livet.

Karl Øystein Gjelland (karl.gjelland@nina.no), Morten Falkegård (morten.falkegard@nina.no), Norsk institutt for naturforskning, Framsenteret, Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø

Anders Foldvik (anders.foldvik@nina.no), Marius Berg (marius.berg@nina.no), Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	6
Forord	8
1 Innledning	9
1.1 Oppdraget og bakgrunnen for det	9
1.2 Vannføringsendringer som følge av reguleringen	10
2 Metoder	12
2.1 Ungfiskregistrering	12
2.2 Gytefiskregistrering	13
2.3 Rekrutteringskoeffisient og returindeks	13
2.4 Gytegrupundersøkelser.....	15
2.5 Skjulmåling.....	17
2.6 Vannføring og temperaturdata	18
2.7 Statistisk behandling	20
3 Resultater	21
3.1 Aldersfordeling og tetthet	21
3.1.1 Laks.....	21
3.1.2 Aure.....	22
3.1.3 Presmoltestimat.....	23
3.1.4 Standardiserte tettheter	23
3.2 Årsklassestyrke og overlevelse	24
3.3 Energiinnhold høst og vår	27
3.4 Alder ved smoltutvandring.....	28
3.5 Fisk i terskelbasseng.....	30
3.6 Gytefisk.....	30
3.6.1 Laks.....	30
3.6.2 Sjøaure.....	31
3.7 Rekruttering og gytebestandsmål.....	33
3.7.1 Laks.....	33
3.7.2 Sjøaure.....	33
3.8 Gytegrupundersøkelser.....	35
3.8.1 Sesongen 2017-2018	35
3.8.2 Sesongen 2017-2018	36
3.9 Effekten av gytevannstanden på rekruttering	38
3.9.1 Laks.....	38
3.9.2 Sjøaure.....	39
3.10 Skjultilgang.....	40
4 Diskusjon	42
4.1 Bestandsutvikling	42
4.2 Flaskehals i ungfiskproduksjonen	43
4.3 Gytegrøper og vannføringseffekter.....	44
4.4 Smoltutvandring	45
4.5 Bestandsstørrelse og potensialet for høsting	46
4.6 Tiltak	46
4.7 Videre undersøkelser	48
5 Referanser	50

Vedlegg 1 Areal av vanddekket elveleie	52
Vedlegg 2 Rekrutteringskoeffisienter laks	53
Vedlegg 3. Rekrutteringskoeffisienter for sjøaure	54

Forord

NINA fikk i 2013 i oppdrag å utføre fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma i perioden 2013-2017, med fokus på å avdekke flaskehalsar i ungfiskproduksjonen, gjøre tilleggsundersøkelser på hulromskapasitet, samt å gjennomføre årlige gytefisktellinger for laks og sjøaure. I 2016 ble vi gitt i tilleggsoppdrag å gjøre gytegropsundersøkelser for å kartlegge omfanget og bestandspåvirkning av gytegroptørrlegging. Oppdraget avsluttes med denne sluttrapporten, der resultatene fra det siste årets undersøkelser presenteres, samt at resultatene fra hele undersøkelsesperioden gis en grundig analyse.

Innholdet i denne rapporten ble presentert på det årlige prosjektmøtet i Skjomen, avholdt 19. juni 2018 med representanter for Statkraft, grunneiere, forvaltningsmyndigheter, og kommune til stede.

Avslutningsvis vil vi rette en stor takk til Geir Solmo og Reidar Hansen i Skjomen for god og trivelig støtte under feltarbeidene. Vi takker også Grzegorz Wierzbinski, Sigrid Skoglund, Stefan Kusterle, Eirik Haugstvedt Eriksen, Håvard Vistnes, Pierre Fagard og Adrian Rinaldo for god hjelp under feltarbeidet. Takk til grunneiere i Skjomen som tar godt imot oss når vi arbeider i og langs elva. Takk også til personalet ved Skjomen golfpark for god mat og innlosjering. Og en spesiell takk rettes til Geir Solmo for stor innsats med kartlegging av tilløpsbekker i 2015 og utarbeiding av oversikt over gytegroppområder før islegging etter endt gytesesong i 2015 og 2016. Geir har utarbeidd et notat om tilløpsbekker til Skjoma som er tatt med i 2017-rapporten for å gi utvidet bakgrunnsinformasjon (Gjelland mfl. 2017).

Vi takker Statkraft Energi AS for oppdraget.

Tromsø, 27. juni 2018

Karl Øystein Gjelland

Prosjektleder

1 Innledning

1.1 Oppdraget og bakgrunnen for det

NINA fikk i 2013 i oppdrag å gjøre fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma i perioden 2013-2017. Oppdraget besto av følgende oppgaver:

1. Gjennomføring av årlige drivtelling av gytefisk. Det skal gjennomføres to tellinger per år, en tilpasset sjøaure og en tilpasset laks.
2. Gjennomføring av årlige ungfiskregistreringer på anadrom strekning. Undersøkelsen skal ha fokus på å følge utviklingen i ungfiskbestanden, samt avdekke eventuelle flaskehals for produksjonen av ungfisk. Det skal utarbeides et årlig produksjonsestimat for smolt basert på elfisket av presmolt høsten før.
3. Ved behov, gjennomføre en habitatkartlegging med fokus på substratets hulromskapasitet.

Videre ble oppdraget utvidet for perioden 2016 til 2018, for å kunne vurdere betydningen av tørrlegging av gytegroper om vinteren:

1. Registrere omfanget av tørrlagte gytegroper og se dette opp mot vannføringsregimet om høsten under gyting og den påfølgende vinteren. Forholdet mellom høst- og vintervannføring i registreringsårene må også sees opp mot historiske data bl.a. for å vurdere avvik fra "normalår".
2. Anslå betydningen en eventuell tørrlegging og innfrysing av gytegroper vil ha for den påfølgende årsklassen og om mulig estimere tapt smoltproduksjon for den aktuelle årsklassen.
3. Vurdere om enkelte områder er mer utsatt for tørrlegging av gytegroper enn andre og se dette opp mot eventuelle restaureringsbehov av terskler samt tiltaksplanen for vassdraget.
4. Foreslå eventuelle andre avbøtende tiltak

Skjoma er regulert i henhold til Kgl. res. av 1.8.1969: Statsregulering av Skjomenvassdraget m.v. Denne reguleringen er hovedårsaken for gjennomføring av undersøkelsene. En viktig medvirkende faktor til utformingen av undersøkelsene er at Skjoma har vært stengt for laksefiske siden 1997 fordi bestanden ikke har nådd gytebestandsmålet. Videre har også sjøaure-fisket vært stengt siden 2013, på grunn av dårlig tilbakevandring i årene før stenginga.

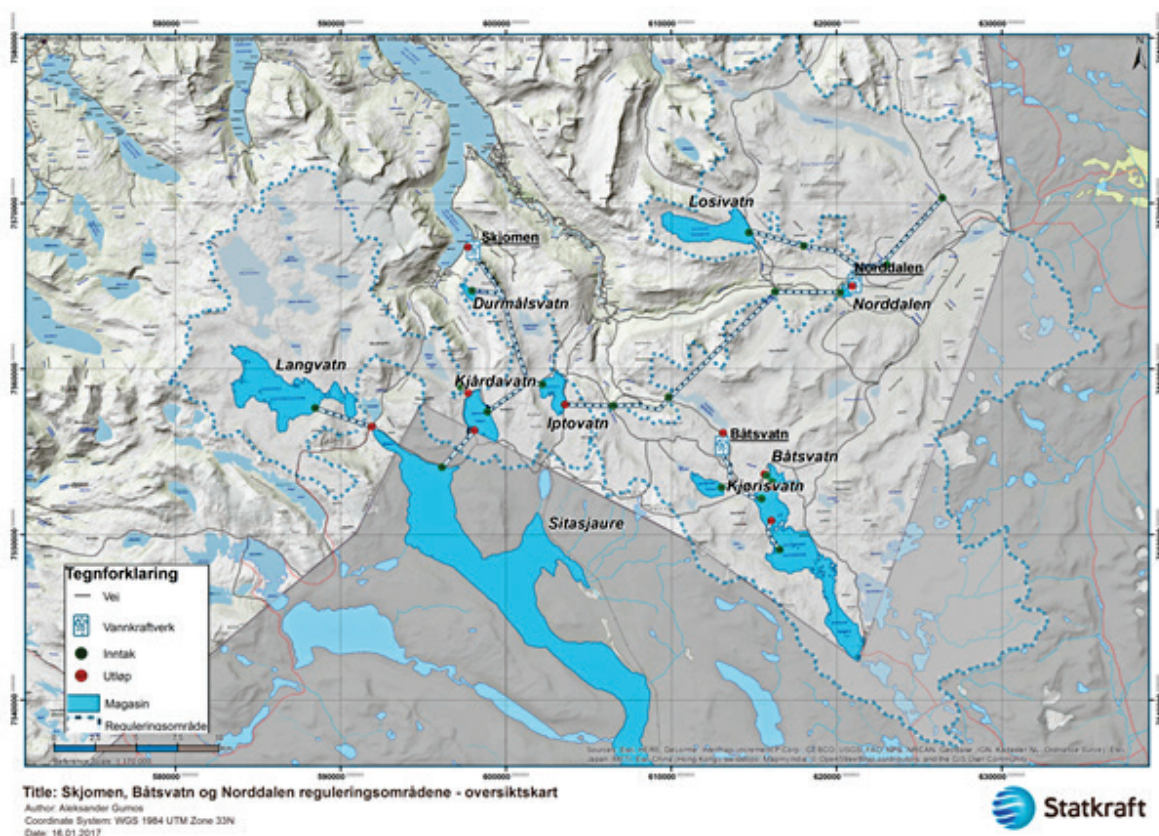
Det er grunn til å tro at den svake produksjonen av anadrom fisk har sammenheng med reguleringspåvirkninger på ungfiskrekrutteringa. En viktig oppgave for ungfiskundersøkelsene i denne femårsperioden er å avdekke flaskehals i ungfiskrekrutteringen, for dermed å gi et best mulig grunnlag for vurdering av tiltak for å bedre produksjonen av laks og sjøaure i vassdraget. I denne rapporten presenteres resultater fra ungfiskregistreringene og gytefisktellinger høsten 2016 og 2017 og gytegrop-undersøkelser våren 2017 og 2018. Videre bruker vi resultater fra inneværende periode til å belyse overlevelse for de ulike årsklasser av ungfisk, og vi setter rekruttering av ungfisk i sammenheng med tidligere oppvandring av gytefisk og tilhørende estimater for eggdeponering, samt miljøvariabler som temperatur og vannføring.

Ungfiskundersøkelsene i nåværende prosjektperiode er basert på undersøkelser av fiskesamfunnet med elektrisk fiskeapparat langs hele den anadrome strekningen i Skjoma, mens rapportene for forrige tiårsperiode (t.o.m. 2012) i stor grad baserte seg på videoopptak nederst i elva. De vesentlig høyere tallene for smoltproduksjon som presenteres i denne rapporten i forhold til undersøkelsene fram til 2012 må ses i lys av dette; vi argumenter for at

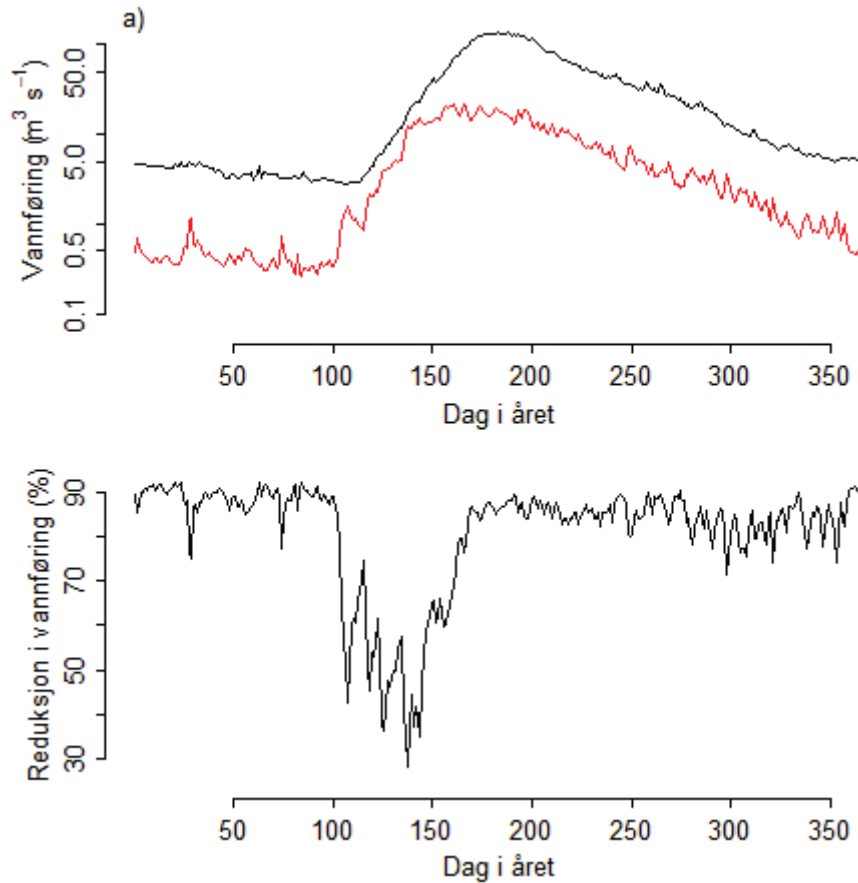
smoltestimaten fram til 2012 har vært et underestimat av produksjonen, men det er også gode grunner til å tro at rekrutteringen er bedret og at smoltproduksjonen er i reell framgang. Bedre rekruttering skyldes økt tilbakevandring av gytefisk og større gytebestander, i stor grad som følge av total stans i fisket i elva.

1.2 Vannføringsendringer som følge av reguleringen

Nedbørsfeltet for Skjoma ble regulert i 1970-årene (Figur 1). Skjoma er sterkt regulert med kraftig redusert vannføring (Figur 2), og det er ikke noe krav til minstevannføring i Skjoma. I perioden 1920-1970 (før utbygging av kraftverket) lå gjennomsnittlig vannføring for den enkelte dag i året rundt $3\text{--}5\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ i vinterhalvåret (Figur 2). I perioden 1980-2015 lå vintervannføringa typisk under $0.5\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$. I vinterhalvåret er vannføringa typisk redusert med rundt 90 % i forhold til det den var før utbygging, i sommerhalvåret er reduksjonen 80-90 % med unntak av perioden før toppen av vårfloppen, der snøsmelting i lavereliggende områder kompenserer og resulterer i en vesentlig mindre reduksjon enn i resten av året (Figur 2). Snøsmeltingsperioden resulterer i at reduksjonen i årlig middelvannføring ved Gamnes fra $29,3$ til $5,2\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ (82 % reduksjon) framstår som noe mindre reduksjon enn den som er typisk for en vinter- eller sommerdag (Figur 2).



Figur 1. Oversiktskart over Skjomareguleringen, med omfattet nedbørsområde indikert med stiplet blå linje og noe meir gråtonet område. Innsjøer som er inkludert i reguleringen er indikert i klarere blåfarge enn andre vannforekomster. Restnedbørfeltet for Skjoma er bare Sørdalen, Norddalen og Skjomdalen. Kilde: Statkraft revisjonsdokument, 2017.



Figur 2. Gjennomsnittlig vannføring ved Gamnes for den enkelte dag i året i perioden 1920-1970 (svart) og i perioden 1980-2015 (rød). b) Gjennomsnittlig reduksjon i vannføring for den enkelte dag i året etter utbygging relativt til før utbygging.

I 1959 var det en storflom som ødela mye infrastruktur i Skjomen, og vannføringsmålingene stoppet opp i en periode. I 1961 var det også en periode uten vannføringsmåling, og mot slutten av 1960-tallet kan målingene ha blitt påvirket av utbyggingen. Ser vi på vannføringsdata i perioden 1913-1958, finner vi en Q95-verdi på $1.56 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i vintersesongen (oktober-april), $4.28 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ for sommersesongen (mai-september), og en alminnelig lavvannsføring på $1,74 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

2 Metoder

2.1 Ungfiskregistrering

Ungfiskregistreringer ble gjennomført 11.-15. september 2017. Vannføringen under undersøkelsene var mellom 1.4 og 1.8 m³ s⁻¹. Det ble benyttet elektrisk fiskeapparat (Terik Technology AS, Levanger) til innsamling av ungfisk for tetthetsregistreringer og prøvetaking. Vi benyttet en kombinasjon av stasjoner med tre gangers overfiske og transekt med kun en gangs overfiske, se Gjelland mfl. (2017) for vider metodebeskrivelse. Avstanden mellom transekta var 50 m for hver seksjon av elva som ble undersøkt. For hvert transekt ble det fisket fra land og utover i elva i en bredde på 2.5 m, til en dybde på ca. 70 cm. Lokalisering av stasjoner og transekt er vist i Figur 3. Det ble fisket 105 transekter og stasjoner høsten 2017. Valg av områder for stasjoner og transekt ble basert på et utvalg av stasjoner fisket i tidligere undersøkelser i vassdraget for å ha et sammenligningsgrunnlag (Heggberget 1985, Nøst mfl. 1998, Lamberg 2006), med formål å dekke alle deler av vassdraget og alle habitatklasser slik det er definert i boniteringsrapporten for vassdraget (Lamberg mfl. 2006). I Lamberg mfl. (2006) er Skjoma klassifisert i 4 ulike habitatklasser basert på vurdering av rekrutteringspotensialet for laks (uegnet, egnet, godt egnet, og meget godt egnet). Vi gjorde stratifiserte analyser av tetthet, der hver habitattype ble antatt å ha gjennomsnittlig tetthet som kunne være forskjellig fra tettheten i de andre habitatklassene. Vi brukte de samme habitatklassene for aure som for laks, men la i analysene ingen føringer for at en habitatklasse skulle ha høyere tetthet enn andre habitatklasser.



Figur 3. Lokalisering av stasjoner og transekter for elfiske høsten 2013-2017 mellom Pato og Lillefallet. Undersøkte arealer har variert noe på grunn av vannføring og tilgjengelighet, men har hver høst vært gjennomført slik at alle habitatklasser har vært representert.

Årsyngel (0+) ble utelatt fra tetthetsestimaterne på grunn av lavere fangbarhet, og bestandsestimatene omfatter derfor bare fisk som er ett år eller eldre. All fisk som ble fanget ble identifisert til art og lengden målt som gaffellengde (lengde fra snutespiss til bunnen av halekløften i sporden). I noen rapporter det er aktuelt å sammenligne med blir fiskens lengde presentert som total lengde, det vil si lengde fra snutespiss til enden av naturlig utfoldet spord. Forholdet mellom fiskens gaffellengde L_G og total lengde L_T kan uttrykkes med formelen $1,098L_G - 1,45$ for lakseunger og $1,058L_G - 0,52$ for aureunger (M. Svenning, NINA, upubliserte data, $n_{\text{laks}}=2\ 337$ og $n_{\text{aure}}=91$). Det vil si at total lengden er omtrent 10 % og 6 % lengre enn

gaffellengden for respektive lakseunger og aureunger. Ett år og eldre fisk ble veid til nærmeste 0,1 g. I 2013 og 2014 ble et representativt utvalg av ulike størrelser for laks og aure avlivet og frosset for senere analyser på lab. Utover dette ble all fisk ≥ 57 mm merket med individmerker (PIT-merker) til og med høsten 2015. Fra 2016 brukte vi kun 12 mm PIT-merker med fisk ≥ 85 mm. Skjellprøver ble tatt for aldersanalyse fra all fisk som ble PIT-merket, og ellers av det meste av fisk over 45 mm lengde. Etter endt fiske på stasjonen/transektet og individmålinger, ble fisken satt tilbake i elva.

2.2 Gytefiskregistrering

Gytefisktellingene av aure og laks ble gjennomført 26-27. september og 11.-12. oktober 2017. Strekningen Lillefallet og ned til sjøen ble undersøkt over to dager. Det ble brukt tre dykkere som svømte parallelt nedover elva under tellingen i første runde, og to dykkere i andre runde. Disse stoppet med jevne mellomrom og tok en oppsummering over observert fisk, posisjonen ble tatt med GPS og notert sammen med tellingene. Art, størrelse og kjønn ble bestemt utfra ytre morfologi og sekundære kjønnskarakterer. Tallene bør ses på som minimumstall, da fisk kan bli oversett selv med drivtelling med tre personer (Lamberg mfl. 2009, Ugedal mfl. 2010). Dette gjelder særlig i Berghølla, der det står mye fisk, det er dypt, og sikten er til dels dårligere enn i resten av elva. Det ble også filmet med GoPro-kamera i de kulpene vi forventet mest fisk, for å understøtte tellingene der det er mye fisk. Dette har vist seg svært nyttig særlig i Berghølla, der det til tider har vært mange hundre sjøaure.

På første runden var det fint vær, klar sikt (12-16 m), lite vatn ($1 \text{ m}^3/\text{s}$) og generelt gode observasjonsforhold. På andre runden var vi to vante dykkere og en under opplæring. Det var fortsatt lav vannføring ($0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) og generelt god sikt (10-14 m), men: sikten var dårlig ($\sim 3\text{-}4$ m) på strekninga Hallarhølla til Stiberg, noe som gjorde at vi ikke observerte all fisken der. Dette var trolig medvirkende til at det ble observert mindre laks totalt på andre runden enn på første runden. Den lokalt dårlige sikta må ha sammenheng med graving i elva ved bygginga av laksetrapp i Storfallet en dag eller to i forkant av tellinga, sjøl om vi var lovet at de ikke skulle grave i denne perioden. Generelt sett dekkes Skjoma så godt som 100 % ved drivtelling på så lav vannføring, men den dårlige sikta på et lite strekk på oktoberrunden ga litt dårligere dekning. Siden de ytre karakteristika for å skille på kjønn er best utviklet nærmest opp mot gyting, den første tellerunden er tilpasset for sjøaurens gytetid mens den andre tellerunden er tilpasset laks, og for å ha konsistens med tidligere år, er tallene for sjøaure fra første runden og for laks fra den andre runden brukt i de videre analysene.

I samband med gytefiskregistreringene ble det fanget fisk med lystring og håv. Disse ble artsbestemt, vurdert om det var oppdrett eller vill, lengdemålt og veid, samt at det ble tatt skjellprøver (22 laks og 4 sjøaure). Tre oppdrettslaks ble fanga og avliva (bekrefta oppdrett på skjellprøve). Alle skjellprøver ble lest for alder ved smoltifisering, antall sjøvintre, og det ble vurdert om det var villaks eller oppdrettslaks. Det ble også tatt genetiske prøver av lakseskjella for å vurdere genetisk innblanding av oppdrettslaks i bestanden, med samme metodikk som brukt i Kvalitetsnormen for villaks (Anon. 2017).

2.3 Rekrutteringskoeffisient og returindeks

Laks og sjøaure har både likheter og ulikheter i livshistoriestrategi, og det dominerende mønsteret varierer gjerne mellom forskjellige vassdrag som en følge av ulikt seleksjonstrykk. Likheter er at begge benytter sjøen som oppvekstområde når de har nådd en viss alder, og de returnerer begge til elva de vokste opp for å gyte. Men mønsteret i sjøvandringen varierer både

mellom og innad i artene. I Skjoma har vi sett at smålaks stort sett er hannlaks som har tilbragt ett år i sjøen. Det vanligste for holaks er at den returner som mellomlaks etter to år i sjøen, eller som storlaks etter tre år i sjøen. Dette mønsteret gjør at når vi kjenner smoltalder, kan vi regne oss tilbake til hvilken årsklasse laksen stammer fra. For mellom- og storlaks hann er mønsteret noe mer variert, de kan ha returnert først som smålaks, og tilbragt en vinter som støing i elva før de tar en eller flere vintre i havet igjen. Stor hannlaks er derfor mer usikkert å relatere til årsklasse, med mindre man har skjellprøve av den. Alle flergangsgytere i skjellmaterialet fra Skjoma var storlaks, av disse var 33 % av hannlaksen flergangsgytere og 10 % av holaksen flergangsgytere. Basert på dette, vil en laks gytt som egg i 2001 smoltifisere i 2006, og returnere som smålaks i 2007, eller som mellomlaks (ho) i 2008, eller storlaks (ho) i 2009.

For sjøaure er skjellprøvematerialet mindre, slik at vi vet mindre om kjønnsforskjeller i tilbakevandring ved de forskjellige sjøalder. Generelt er det likevel sli at sjøaure returnerer til ferskvann hver høst, selv om dette før den blir kjønnsmoden kan være andre ferskvannskilder enn der den vokste opp. I Skjoma modner de første sjøaurene etter tre somre i sjøen, og er da mellom 1-3 kg. Med en typisk smoltalder på 4 år (5 somre), betyr dette at de kjønnsmodner som seksåringer (7 somre). En aure gytt som egg i 2001 klekker våren 2002, smoltifiserer våren 2006, og returnerer som kjønnsmoden i 2008 i klassen 1-3 kg, i klassen 3-7 kg returnerer den i 2009. Etter første gyting vandrer noen ut i sjøen relativt umiddelbart, mens andre overvintrer i ferskvann og går ut påfølgende vår.

Siden fisk fra en årsklasse kan returnere ved ulik sjøalder, er det derfor viktig å bruke tilbakevandring fra gytefisktellinger over flere år dersom en ønsker å vurdere rekrutteringen fra den enkelte årsklasse. Til dette formålet har vi regnet rekrutteringskoeffisienten for den enkelte art og størrelsesklasse. Rekrutteringskoeffisienten for laks er her henholdsvis antallet returnerende smålaks, mellomlaks ho og storlaks ho fra en årsklasse (kohort), dividert på estimatet for eggdeponering som gav opphav til denne årsklassen. Denne tilnærmingen innebærer en antakelse om at laksen smoltifiserte som 4-åring, at smålaks har tilbrakt en vinter i sjøen, mellomlaks ho har tilbrakt to vintre i sjøen, og storlaks ho tre vintre i sjøen før returnering til elva. Disse antakelsene har støtte i gjennomsnittlig smoltalder (4,1 år, $n=77$) og gjennomsnittlig sjøalder (1,05, 2,0, og 3,0 for henholdsvis smålaks, mellomlaks og storlaks, $n=82$) i skjellesinger. For å evaluere kombinert tilbakevandring av en årsklasse, summerte vi tilbakevandringen av smålaks, mellomlaks ho og storlaks ho i kohorten, og dividerte denne summen på eggdeponeringsestimatet. Denne kombinerte rekrutteringskoeffisienten har vi kalt returindeks. Returindeksen er ikke basert på all returnert fisk i og med at mellomlaks- og storlaks-hanner er utelatt på grunn av større usikkerhet knyttet til alder etter smoltifisering, men vi mener denne indeksen gir en god pekepinn på overlevelsen til årsklassen.

Siden sjøaure ikke er differensiert på kjønn, brukte vi totaltallet innenfor vektklasse 1-3 kg og 3-7 kg for å regne rekrutteringskoeffisienter. Vektklasse >7 kg er med i eggdeponeringsestimatene, men utelatt fra rekrutteringskoeffisient-beregning dels på grunn av stor usikkerhet i årsklassetilhørighet, og dels fordi de utgjorde en liten del av gytebestanden. Returindeksen for sjøaure ble basert på tall i vektklassene 1-3 kg og 3-7 kg. For sjøaure er det en vesentlig sannsynlighet for at individer observert i vektklasse 3-7 kg også ble observert året før i vektklasse 1-3 kg. Det er derfor viktig at returindeksen ikke blir brukt som et direkte overlevelses-estimat, men snarere en indikasjon på årsklassestyrken i gytemoden alder relativt til årsklassestyrken på eggstadiet.

Eggdeponeringsestimat er med unntak av 2012 basert på gytefisktellinger, for 2012 er de basert på videoregistreringer. Vi har for laks brukt en antakelse om en fekunditet på 1 450 egg / kg hofisk (Anon. 2011, Lamberg mfl. 2013). Det er antatt en gjennomsnittlig vekt på 2 kg for smålaks (1-3 kg), 5 kg for mellomlaks (3-7 kg), og 8 kg for storlaks (> 7 kg). For sjøaure har vi antatt at 50 % av fisken innenfor hver vektklasse var hofisk, og en fekunditet på 1750 egg / kg hofisk (Jonson & Jonsson 1999).



Lengdemåling av sjøaure fanga på lysfiske i Losielva. Denne sjøauren hadde tatt seg opp den nye fisketrappa i Lillefallet.

2.4 Gytegrupundersøkelser

Fra høsten 2016 ble undersøkelser av innfrysing/tørrelgging av gytegroper også inkludert i oppdraget. I månedsskiftet oktober/november 2016 ble gytegroper kartlagt og registrert med GPS basert på visuell befaring fra land. I 2017 frøys elva over før gytinga var ferdig, og umuliggjorde full kartlegging av gytegroperne før vinteren. Det ble i 2016 lagt ned temperaturlogger i seks utvalgte gytegroper som vi antok lå i faresonen for innfrysing. Loggerne ble plassert ved at det ble gravd ned til de øverste eggene i gropen for å sikre at loggeren ble lagt på relevant dyp. Loggeren ble så lagt omlag 10-15 cm til side for eggdommen for å sikre at den ikke påvirket eggene, og så festet med en ståltråd til et armeringsjern som ble slått ned ytterligere 0.3 m til side for eggdommen. Deretter ble substratet forsiktig lagt tilbake over eggdommen for å tilbakeføre gytegroperen til sin opprinnelige tilstand. Vannføringa i undersøkelsestidsrommet var mellom 0.48 og 0.55 m³ s⁻¹ i 2016, og mellom 5 og 15 m³ s⁻¹ i 2018.

Overlevelsen i et utvalg av gytegroper ble deretter undersøkt 28.-30. april 2017. Isen lå lengre i 2018, undersøkelsene ble gjennomført 4.-6. mai. Straks etter isgang økte vannføringen betydelig, slik at undersøkelsesforholdene ikke var like gunstige som i 2017. I 2017 ble alle tilgjengelige groper som var vurdert som utsatt for innfrysing undersøkt, i tillegg til en del groper med bedre vannoverdekke som var vurdert som trygge. I 2017 ble noen få utsatte gytegroper (anslagsvis 6-8) ikke undersøkt fordi de fortsatt var dekket av snø og is. På grunn av denne beliggenheten måtte vi anta null overlevelse i disse gropene.

I 2018 ble fokuset skiftet til å lete etter gytgroper der eggene kunne ha overlevd, dette er nærmere beskrevet i resultatkapittelet. Den enkelte undersøkte grop ble stedfestet med en GNSS og CPOS-tjenesten fra Kartverket, som gir en presisjon på 1-2 cm horisontalt og omtrent 2 cm vertikalt. Posisjonen ble tatt i vannoverflaten, eller på substratet i de tilfeller der det ikke var vannoverdekning. Dypet fra vannoverflaten ned til substratet ble målt med meterstokk, samt fra substratoverflaten ned til egglommen. Det ble gravd forsiktig med hageredskap ned til egglommen, og eventuelle egg som ble virvlet opp ble fanget med håv. I de tilfeller der vi fant bare døde egg, fortsatte vi å grave gjennom gropen til hele gropen var undersøkt for tilstedeværelsen av levende egg. Dersom vi fant levende egg, ønsket vi ikke å grave gjennom hele gropen fordi det kunne være ødeleggende for fortsatt overlevelse. Vi gjorde derfor følgende grove vurdering av dødeligheten i den enkelte grop:

- 0 – ingen døde egg, antatt eggoverlevelse nær 100 %.
- 1 – noen døde egg, men overveiende levende egg. Antatt eggoverlevelse i gropen høyere enn 85 %.
- 2 – mange døde egg, men også noen overlevende. Antatt overlevelse under 85 %, men overlevelsen i denne gruppen er typisk under 50 %.
- 3 – bare døde egg. Eggoverlevelse 0 %

Etter å ha undersøkt et varierende antall groper innenfor hvert område, avhengig av overlevelsen i og plasseringen av de undersøkte groper, gjorde vi en vurdering av overlevelsen i ikke undersøkte groper i nærområdet til de undersøkte gropene. Groper som lå grunnere enn undersøkte groper med full dødelighet, ble antatt å ha 100 % dødelighet, mens groper som lå dypere enn groper med god overlevelse (vurderingsklasse 0 og 1) ble antatt å ha full overlevelse. Groper som lå i overgangssonen mellom lav og høy dødelighet ble alle undersøkt. Basert på disse vurderingene, vurderte vi dødeligheten innenfor hvert undersøkte område. Deretter fant vi gjennomsnittlig forventet overlevelse ved å vekte med antallet observerte gytgroper innenfor hvert område.

For hver grop ble art anslått i felt basert på eggfarge og eggstørrelse. Eggdiameter ble også målt på 2-5 egg fra hver undersøkte grop. I tillegg ble to-fem egg fra hver undersøkte grop lagt på sprit og sendt til genetisk undersøkelse for artsidentifisering. Aureegg (genetikk-basert) varierte mellom 4,7 mm og 5,9 mm i diameter, mens laks varierte mellom 5,8 mm og 6,5 mm. Basert på disse resultatene ble det lagt større vekt på eggstørrelse ved artsidentifisering i felt i 2018, der groper med gjennomsnittlig eggdiameter <5,8 mm ble klassifisert som aure, og alle groper med gjennomsnittlig eggdiameter >5,9 mm ble klassifisert som laks. I tilfeller der gjennomsnittlig eggdiameter var 5,8 eller 5,9 mm (n=4), ble art anslått basert på farge. Genetikkanalyser fra eggprøvene i 2018 var ikke klare når denne rapporten ble skrevet.



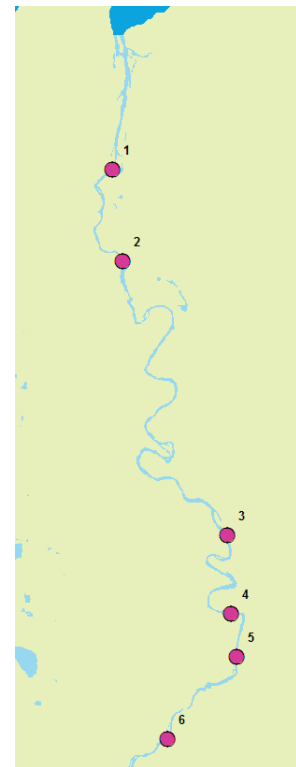
Til venstre: Geir Solmo og Pierre Fagard med utstyret som ble brukt ved gytegrup-undersøkelsene.

Under: Temperaturlogger i ferd med å bli fjernet fra gytegruppen. Noen døde egg vises også ved siden av meterstokken.

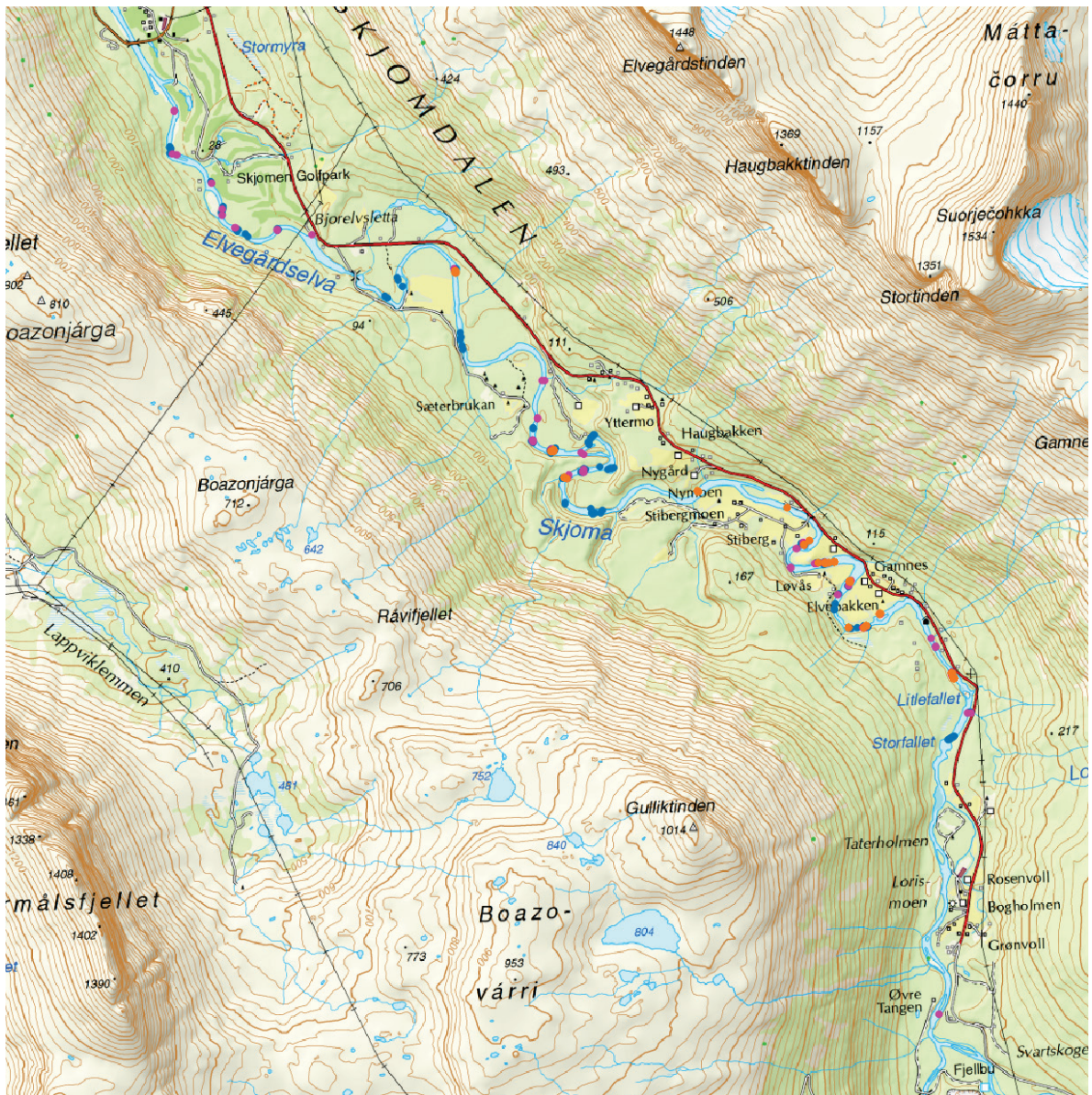


2.5 Skjulumåling

For å vurdere tilgangen på skjul for ungfisk, ble det gjennomført kvantifisering av skjul langs 21 transekter på tvers av elva, fordelt på 6 ulike steder i elva (Figur 4). En av disse var ovenfor lakseførende strekning på undersøkelsestidspunktet, i det området som nå er åpnet med byggingen av laksetrappene i Fallan. Skjulumålingen ble gjort etter metodikken beskrevet i Forseth & Harby (2013) i perioden 13.-15. mai 2014.



Figur 4. Lokalteter der skjulumål ble kvantifisert.

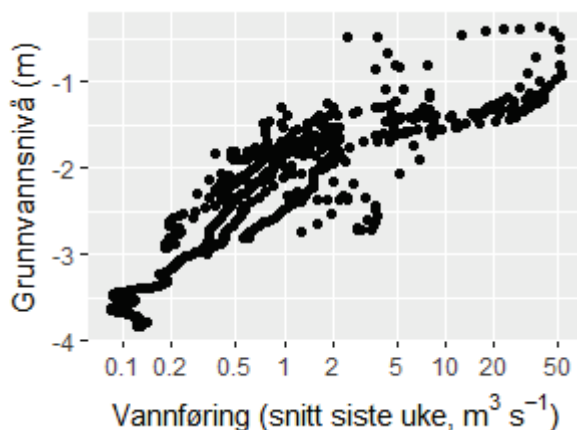


Figur 5. Kart over observerte gytegrøper høsten 2016 (blå punkter), samt undersøkte gytegrøper våren 2017 (rosa punkter) og våren 2018 (oransje punkter). Det sørligste punktet viser en gytegrøp fra laks som i regi av grunneiere og Øyvind Kanstad Hansen ble flyttet opp forbi Storefallet høsten 2016 for å sørge for rekruttering i området i påvente av at laksetrappa skal stå ferdig også i Storefallet.

2.6 Vannføring og temperaturdata

Vi har fått daglige vannføringsdata ved Gamnes (ved Lillefallet, som har vært grensa for anadrom fisk inntil laksetrappen ble åpnet i 2016) for perioden 1920 til og med mai 2018 fra NVE. Disse dataene ble brukt til å sammenligne vannføring før og etter regulering, angi vannføring i undersøkelsesperiodene, samt til å undersøke eventuell sammenheng mellom vannføring og rekruttering hos laks og aure. Vannføringsdataene fram til bygginga av fisketrappa i Lillefallet i 2015 er svært usikre ved lave vintervannføringer, fordi varierende isforhold på terskelen hadde stor innvirkning på estimert vannføring. Dette har blitt mye bedre etter at det ble laget en spalte

i terskelen på Lillefallet i forbindelse med etableringen av fisketrappa. Fordi gytegrupundersøkelsene indikerte at eggoverlevelsen i gytegrøpene var sterkt påvirket av vintervannføringen, ønsket vi å bruke en indikator som gav riktigere inntrykk av laveste vintervannføring enn vannføringsmålingene på Lillefallet. Vi valgte da å bruke data fra NVE sin grunnvannstandsmåler ved Elvegård (<http://sildre.nve.no/Sildre/Station/173.28.2>). Figur 6 viser en nær korrelasjon mellom grunnvannsnivå og vannføring målt etter 1.10.2016, det vil si etter at forbedret vannføringsmåling kom på plass.



Figur 6. Grunnvannsnivå målt ved Elvegård som en funksjon av vannføring målt ved terskelen i Lillefallet etter 1.10.2016, når forbedret vannføringsmåling var kommet på plass.

Gytevannstanden blir definert som forskjellen mellom vannstand ved laveste vintervannføring og vannstanden i gytesesongen. Fordi vi ikke kjenner vannstanden i ulike deler av elva ved ulike vannføringer eller grunnvannstander, valgte vi å bruke vannføringsdata og grunnvannstand som indikatorer for henholdsvis vannstand i gyteperioden og laveste vintervannstand. Vi antok at vannstanden ved gyting kunne relateres til 90-prosentilen av daglige middelerverdier for vannføring i oktober innenfor hvert enkelt år, det vil si den vannføringen som ble oversteget i tre dager i denne måneden. Erfaringsvis har laksen hektisk gyteaktivitet når vannstanden går opp i oktober, og mye av gytingen blir unnagjort i løpet av få dager. Videre definerte vi lavvannstand i vinterperioden som minste målte grunnvannsnivå i perioden 1. november - 30. april. For å kunne sammenligne disse to enhetene (vannføring og grunnvannsnivå), ble de standardisert. Standardiseringen innebar subtrahering av gjennomsnittet av måleseriens verdier fra enkeltverdiene (sentring), og så dividering med måleseriens standardavvik (z-transformering) (Schielzeth 2010). Deretter ble differansen mellom standardisert oktober 90-prosentil og standardisert minste grunnvannstand igjen standardisert, og definert som gytevannstandsindeks. Høg gytevannstandsindeks innebærer relativt stor forskjell mellom oktober- og vintervannføring, og dermed at et større areal som er vanddekket under gyting blir tørrlagt i løpet av vinteren. Ved høg gytevannføring vil gyteforholdene (substrat, vannhastighet, dyp) være gunstige over større areal, slik at fisken kan gyte relativt spredt. Den biologiske konsekvensen av dette er at ved høg gytevannstandsindeks er potensialet stort for at gytegrøper blir lagt i områder som senere blir eksponert for kulde og/eller tørke om vinteren. Motsatt vil en lav verdi for gytevannstandsindeks innebære at vannstands nivå mellom høst og vinter er mer likt, og en større andel av grøpene vil være lagt i områder som holder seg gunstige vinteren igjennom. Eventuell sammenheng mellom gytevannstand og rekruttering av laks og sjøaure ble undersøkt gjennom rekrutteringsindeksen (se seksjon 2.3).

Vanntemperaturdata ble skaffet fra NVE sin vanntemperaturlogger på Stiberg, som dekker perioden 1984-2017. Vi regnet sommertemperatursum som summen av døgnbasert middeltemperatur fra 1. april til 31. oktober. For årene 1990 til 1993 er det betydelige perioder

der det mangler data. Vi regnet derfor også temperatursum for tilsvarende middeltemperaturer for luft i restnedbørsfeltet for Skjoma, der vi hentet lufttemperaturer fra Meteorologisk institutt sitt datasett med modellerte lufttemperaturer i 1 km grid for hele tidsperioden. Basert på disse data gjorde vi en regresjon på vanntemperatursum som en funksjon av lufttemperatursum for alle sommerperioder med komplette vanntemperaturdata, og brukte den resulterende funksjonen til å predikere vanntemperatursum for de årene vi manglet direkte målinger.

2.7 Statistisk behandling

I første årene av undersøkelsene brukte vi stratifisert bootstrapping (se Gjelland mfl. 2017) for å beregne 95 % konfidensintervall for tetthetene av ungfisk i de forskjellige gruppene (fisk ≥ 1 år, 1, 2, 3 og 4-åringer, samt fisk ≥ 3 år for bruk til presmolt-estimat). I denne sluttrapporten rapporterer vi tettheter med konfidensintervall oppnådd gjennom hierarkisk modellering (generalized linear mixed effects models, Zuur mfl 2009), med antall fisk på det enkelte transekt som responsvariabel, antatt negativ binomial fordeling, habitatklasse som fiksert effekt faktor, år som tilfeldig faktor, og logaritmen av produktet mellom areal og fangbarhet som offset-variabel. Denne modellen innebærer en log-link mellom prediktor- og responsvariabler, og dermed at de estimerte gjennomsnittene er geometrisk gjennomsnitt. Antakelsen om binomial fordeling var basert på forekomsten av mange null-verdier, og ble bekreftet gjennom inspeksjon av residualene fra modellen. Bakgrunnen for å endre estimeringsmetode var at vi nå har fem år med elfiskedata, og oppnår dermed mer informasjon om variasjonen innenfor hver habitatklasse ved å kombinere alle år i analysen. Dette medfører i sin tur at vi får smalere konfidensintervall enn ved bootstrapping separat for hvert år. 95 % konfidensintervall er basert på variasjonen for de fikserte effektene, ved bruk av R-pakken ggeffects (Lüdecke 2018).

Tettheten av ungfisk fra den statistiske modelleringen ble behandlet som antall fisk per 100 kvadratmeter. Oppskalering til mengde av fisk med 95 % konfidensintervall for de ulike habitatklassene ble beregnet ved å multiplisere gjennomsnittsverdien og konfidensintervallet med arealet for de respektive habitatklassene, der oppskaleringsarealet brukt var basert på vanddekt areal for hver habitatklasse gitt i Lamberg mfl. 2006, med en reduksjon på 10 – 25 % av arealene for habitatklassene 2-4 avhengig av vannføring i undersøkelsesperioden (Vedlegg 1). Totalmengde for anadrom strekning ble så gjort ved å summere mengden innenfor hver habitatklasse.

Beregning av smoltutvandringens størrelse ble gjort ved en antakelse om at 70 % av 3-årig og eldre fisk om høsten overlevde vinteren og vandret ut våren påfølgende vår. I 2014 og 2015 ble det også gjort presmolt-estimat basert på elektrisk fiske om våren, og karakterisering av smoltkjennetegn, men vi konkluderte med at det førte til underestimering av mengden presmolt og at det var bedre å gjøre en større innsats på høsten for å få best mulig tetthetsestimat.

Databehandling og statistikk ble gjort i Microsoft Excel og i statistikkprogrammet R, versjon 3.4.4 (R Core Team 2018). Ved bruk av multippel regresjon, ble prediktorvariablene standardisert med sentrering og z-transformering før analysen, for å sikre enhetsuavhengig sammenligning av effektstyrke (Schielzeth 2010).

3 Resultater

3.1 Aldersfordeling og tetthet

Under elfisket høsten 2017 ble det fanget 1 213 laksunger og 470 aureunger. Avfisket areal var 5 278 m². 5 fisk merka høsten 2014 (1 aure) eller høsten 2016 (2 aure og 2 laks) blei gjenfanga, og var mellom 106 mm og 150 mm lange ved gjenfangst. Dette var færre gjenfangster enn året før, som skyldes at det fra 2016 ikke lengre blei merka med 8 mm merker. Det medfører at ettåringer ikke blir merket, og det er derfor bare forventet gjenfangster av tre år og eldre fisk. Tettheten av ungfisk økte med habitatklasse for 1 år og eldre fisk, med unntak av aure som hadde en noe lavere tetthet i habitatklasse 4 enn i habitatklasse 3 (Tabell 1). Den totale mengden ungfisk (årsyngel ikke medregnet) ble estimert til 61 186 lakseparr (95 % konfidensintervall 47 324 – 79 184) og 42 136 aureparr (23 943 – 59 936).

Estimerte tettheter av aure var gjennomgående lavere enn for laks, bortsett fra i habitatklasse 1 (hovedsakelig kulper) der aure var mer tallrik enn laks (Tabell 1). Sammenlignet med estimatene for laks i samme aldersklasser, ser vi at laks dominerte og at mengden aure var omlag 74 % av mengden laks.

Tabell 1. Estimerte tettheter av laks- og aureunger ved de ulike habitattyper høsten 2017. Habitatklassifiseringen er basert på Lamberg mfl. (2006). Undersøkelsen ble gjort ved en vannføring mellom 1,4 og 1,8 m³ s⁻¹, og arealet som er lagt til grunn for habitatklasse 2, 3 og 4 er 75 % av arealet ved 8.5 m³ s⁻¹.

Habitatklasse	Areal (m ²)	Tetthet (laks/100 m ²)		Tetthet (aure/100 m ²)	
		Tetthet	95 % konfidensintervall	Tetthet	95 % konfidensintervall
1 (uegnet)	103 045	12.5	9.4 - 16.6	7.2	4.4 - 12.0
2 (middels godt egnet)	101 700	21.3	16.8 - 27.0	14.4	9.3 - 22.2
3 (godt egnet)	69 548	28.1	22.2 - 35.6	18.7	12.2 - 28.6
4 (meget godt egnet)	20 370	34.9	25.2 - 48.2	13.7	7.4 - 25.3
Totalt	294 663	20.8	18.2 - 23.6	12.8	10.2 - 16.2

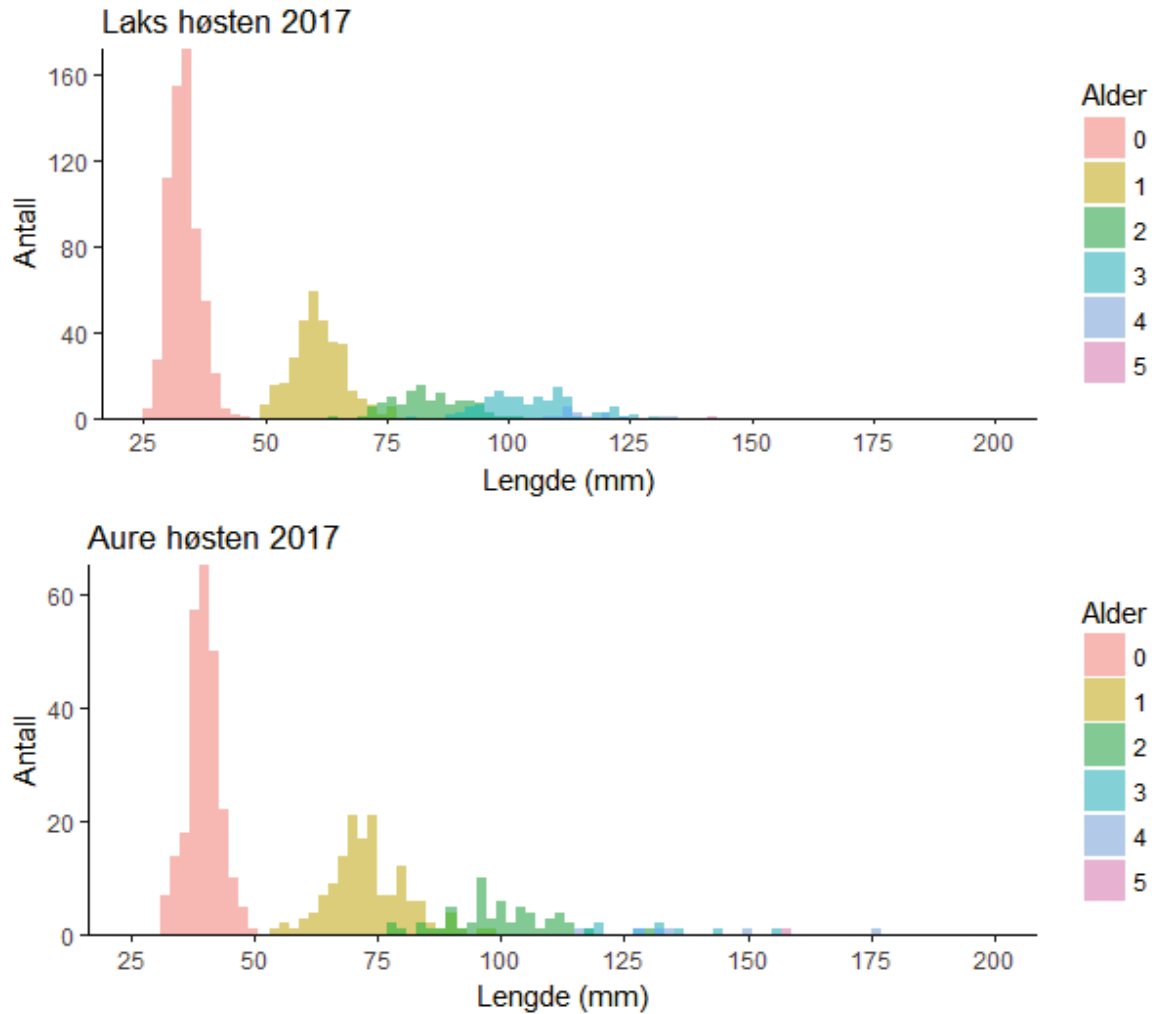
3.1.1 Laks

Mengden av 3 år og eldre lakseparr ble høsten 2017 estimert til 13 119 (95 % konfidensintervall 10 943 – 15 726), som gir et estimat for antall presmolt laks for våren 2017 på 9 183, gitt en antagelse om at 70 % overlever fra høst til vår og vandrer ut til havet (Tabell 2).

Tabell 2. Estimert tetthet og mengde av 1 år og eldre lakseparr høsten 2017, og presmoltestimat for påfølgende vår. Alder referer til antall vintre etter klekking.

Sesong	Alder	Tetthet (fisk/100 m ²)		Oppskalert mengde	
		Tetthet	95 % konfidensintervall	Mengde	95 % konfidensintervall
Høst	1	11.1	9.6 - 12.8	32 681	28 389 - 37 621
Høst	2	4.6	3.8 - 5.5	13 556	11 293 - 16 273
Høst	3	4.0	3.3 - 4.7	11 713	9 829 - 13 959
Høst	4	0.5	0.3 - 0.8	1 486	941 - 2 347
Vår Presmolt				9 183	7 660 - 11 008

For laks var 2-årsaldersklassen en relativt svak årsklasse, sammenlignet med de andre årsklassene (Figur 7). Dette er tråd med observasjonene fra 2016, da 1-årsklassen var svak. Dette tyder på at 2014-årsklassen (lagt som egg i 2014), var en relativt svak årsklasse. Det ble fanget én 5-årig lakseparr, dette var en gytemoden hann (rennende) på 143 mm.



Figur 7. Lengdefordeling (2 mm grupper) i fangstene for de ulike årsklassene av laks (øverst) og aure (nederst) høsten 2017.

3.1.2 Aure

Mengden av 3 år og eldre aure ble høsten 2017 estimert til 4 361 (95 % konfidens-intervall 2 416 - 7 870), som gir et estimat for presmolt av aure våren 2018 på 3 052, gitt en antagelse om at 70 % overlever fra høst til vår og vandrer ut til sjøen (Tabell 3).

Tabell 3. Estimert tetthet og mengde (abundans) av 1 år og eldre aureparr høsten 2017, og presmoltestimat for påfølgende vår. Alder referer til antall vintre etter klekking.

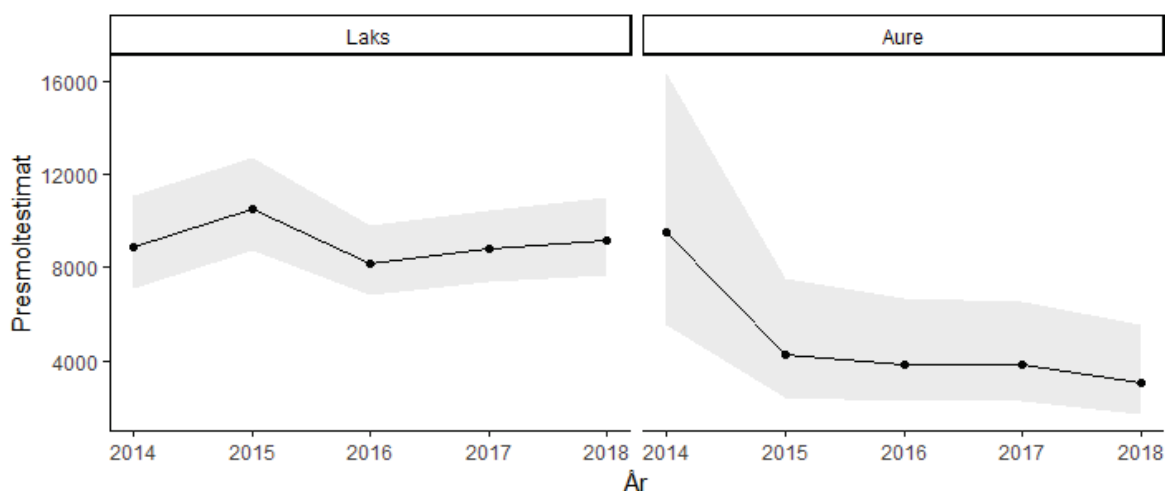
Sesong	Alder	Tetthet (fisk/100 m ²)		Oppskalert mengde	
		Tetthet	95 % konfidensintervall	Mengde	95 % konfidensintervall
Høst	1	6.6	5.1 - 8.5	19 349	14 931 - 25 073
Høst	2	3.6	2.6 - 5.1	10 695	7 556 - 15 137
Høst	3	1.0	0.5 - 2.1	3 085	1 562 - 6 092
Høst	4	0.4	0.2 - 0.7	1 102	570 - 2 131
Vår	Presmolt			3 052	1 691 - 5 509

For aure er konfidensintervallene generelt videre enn hos laks. Dette reflekterer en mer klumpvis fordeling av aure enn av laks.

I likhet med laks, var det også for aure synkende mengde fisk med økende alder, og det var veldig få fisk eldre enn 3 år (Tabell 3).

3.1.3 Presmoltestimat

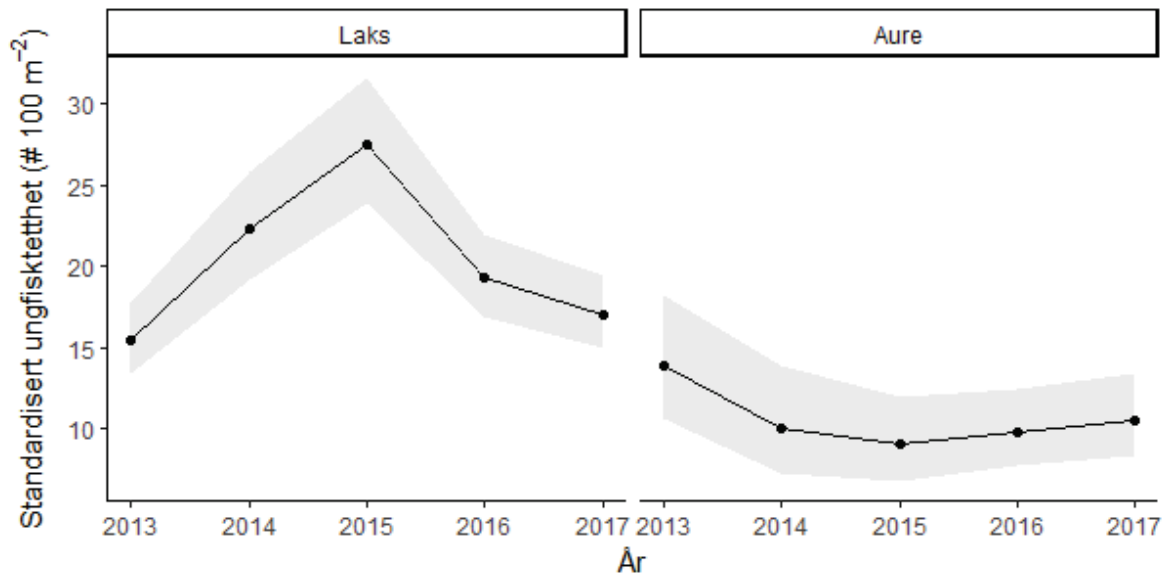
Presmoltestimatene for 2018, basert på ungfiskundersøkelsene høsten 2017, er gitt i Tabell 2 for laks og Tabell 3 for aure. For undersøkelsesperioden 2014-2018 er de vist i Figur 8. Mens det ikke har vært noen klar trend i mengden presmolt av laks, har det vært en nedadgående trend i mengden presmolt av aure.



Figur 8. Presmoltestimat for perioden 2014-2018, basert på estimert mengde 3 år eller eldre laks og aure om høsten før smoltutvandring og en antakelse om at 70 % av disse overlever og vandrer ut som presmolt påfølgende vår. Skyggelagt område viser 95 % konfidensintervall.

3.1.4 Standardiserte tettheter

Standardiserer vi presmolttettheter til et elveareal tilsvarende vanndekket areal ved $8,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ($100 \times \text{abundans} / 358535 \text{ m}^2$, Lamberg mfl. 2006), finner vi en gjennomsnittlig tetthet av presmolt på 3,6 laks 100 m^{-2} ($\pm 0.16 \text{ SE}$) og 2.0 aure 100 m^{-2} ($\pm 0.47 \text{ SE}$). I gjennom undersøkelsesperioden ser vi at standardiserte tettheter av 1 år og eldre laksunger har variert mellom 15 og 28 fisk 100 m^{-2} , mens den for aure har variert mellom 9 og 14 fisk 100 m^{-2} .

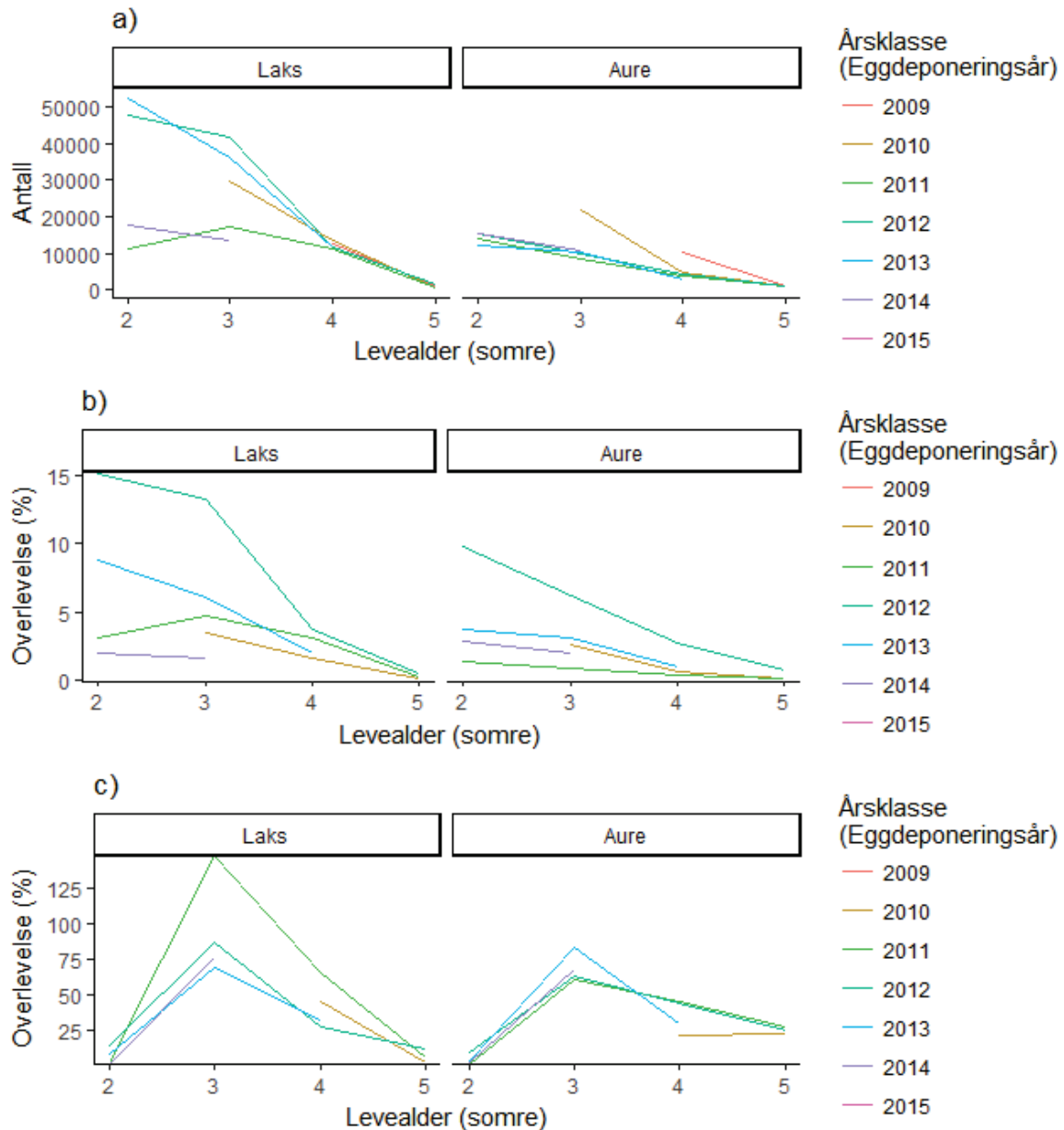


Figur 9. Tettheter av ungisk alder 1 år (2 somre) og større, standardisert til et elveareal på 358535 m² (Lamberg mfl. 2006). Skyggelagt område viser 95 % konfidensintervall.

3.2 Årsklassestyrke og overlevelse

Gjennom elfiskeundersøkelsene i perioden 2013-2017 har vi kunnet beregne årsklassestyrke i ett eller flere år fra årsklasser (kohorter) som har klekket fra egg gytt i årene 2009-2015 (Figur 10a). Det gir oss også grunnlag for å beregne overlevelse i en årsklasse fra egg til de ulike aldersstadiene (Figur 10b), og mellom aldersstadiene for den enkelte årsklasse (Figur 10c). For 2012-årsklassen ligger overlevelsesestimaterne fra egg til de ulike alderstrinn langt over de andre årsklassene både for laks og aure (Figur 10b, overlevelsen fra egg til 1-åring var 300 og 400 % over gjennomsnittet for de andre årsklassene av henholdsvis laks og aure). Dette skyldes med stor sannsynlighet at oppgangen av laks og sjøaure, og dermed eggdeponeringa, ble underestimert i 2012 (se også seksjon 0; analysene basert på drivtelling gir også indikasjoner på underestimert av gytebestand i 2012). Det ble ikke gjennomført drivtelling i 2012. Videosystemet som gav grunnlag for estimatene for eggdeponering kan ha blitt påvirket av høy vannføring og dårlig sikt i deler av sesongen, slik at oppvandrende laks og sjøaure kan ha passert uobservert. At kun 10 % av mellomlaksen observert på video i 2012 ble klassifisert som ho, mot gjennomsnittlig 64 % for årene etter, indikerer også for lavt estimat av eggdeponering i 2012.

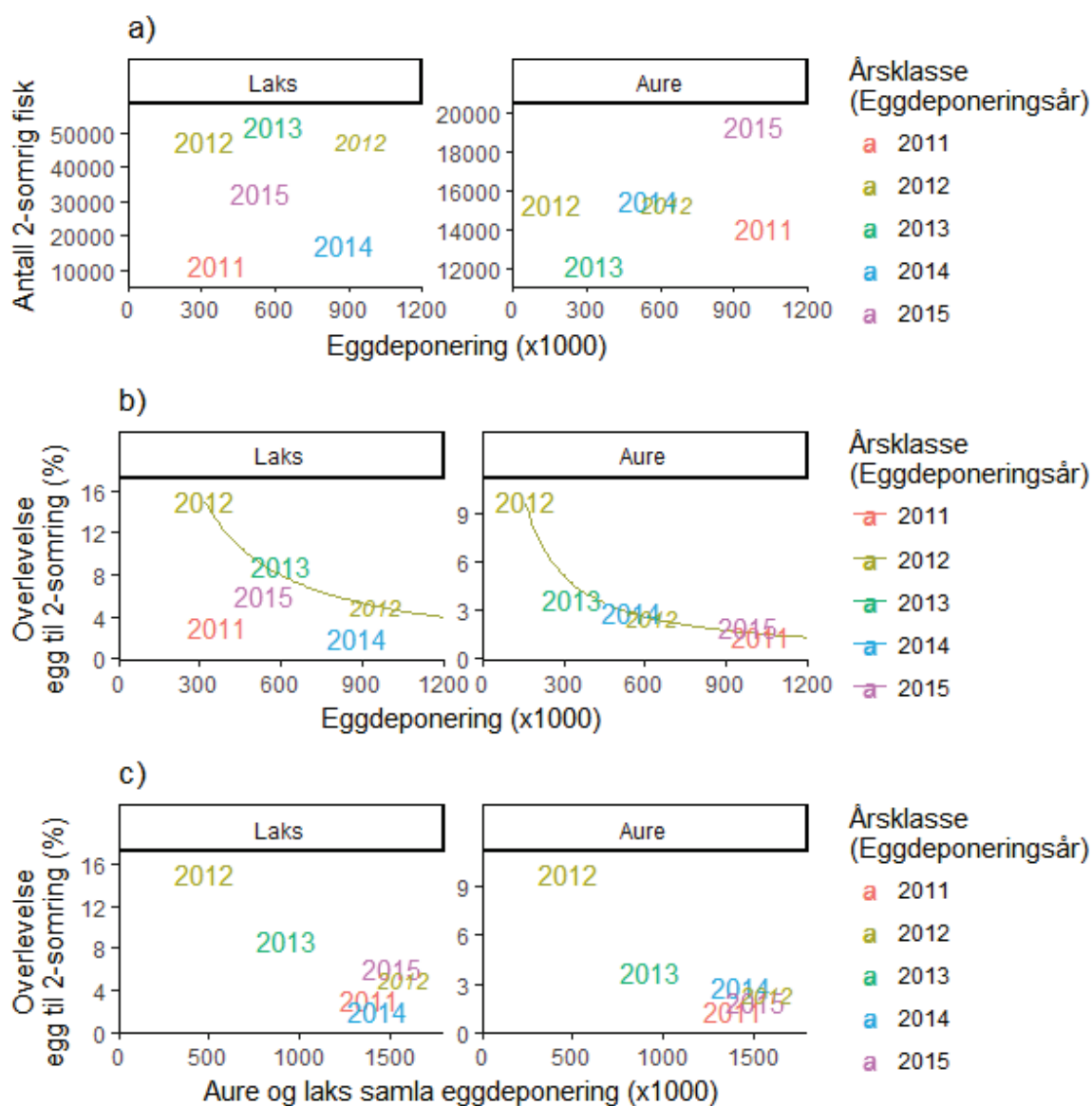
Ser vi bort fra 2012-årsklassen, ser vi likevel at det er stor variasjon i overlevelsesestimaterne fra egg til ett års alder (to levesomre, altså to år etter eggdeponering) (Figur 10b), mens overlevelsen fra ett alderstrinn til neste er høyere og mindre varierende for aldersklassene fra ett år og oppover til 3 år. For overlevelsen fra egg til 1 år (2 somre) finner vi en gjennomsnittlig overlevelse på 5,0 % (2012-årsklassen utelatt, variasjonskoeffisient CV = 60,9 %), for 1 til 2 år og fra 2 til 3 år finner vi en gjennomsnittlig overlevelse på henholdsvis 77,6 % (CV = 12,1 %) og 43,1 % (CV = 40,1 %) for laks, tilsvarende tall er 2,7 % (CV = 41,3 %), 69,2 % (CV = 14,2), og 35,5 % (CV = 32,1 %) for aure. Overlevelsen av laks fra 2 til 3-somrig laks i 2011-årsklassen er ett unntak fra konsistensen og må være overestimert, siden den er over 100 % (også utelatt fra gjennomsnitt og CV over). Dette høye overlevelsesestimateret må skyldes underestimert av ettåringer (2-somrig fisk) i 2013. Dette var den eneste sesongen da vannføringen var relativt høy og sikten noe nedsatt i deler av feltarbeidet, slik at fangbarheten for ettåringer i striere deler av elva (typiske laksehabitater) nok var vesentlig nedsatt.



Figur 10. a) Beregnet mengde (abundans) for laks og aure alder 2-5 somre (i Tabell 2 og Tabell 3 omtalt som 1-4 åringer), basert på elfiske i september hver høst i perioden 2013-2017. Vi har her valgt å bruke alder i somre for lettere å relatere alder til eggdeponeringsår. **b)** Overlevelse fra egg til de ulike aldre, basert på eggdeponeringsestimat fra drivtelling og oppskalert ungfiskmengde fra elfisket. **c)** Overlevelse fra et år til neste innen hver årsklasse. Verdiene ved punkt 2 på x-aksen gir overlevelsen fra egg til 2-somring, verdien ved punkt 3 gir overlevelsen fra 2-somring til 3-somring, osv.

Den ellers gjennomgående høge og konsistente overlevelsen fra 1-åring til 2-åring både hos laks og aure kan delvis skyldes generelt noe lavere fangbarhet for 1-åringer enn for større fisk (Forseth & Forsgren 2009). Vi har ikke gjort noe forsøk på å justere for dette, fordi slik metodikkutvikling er svært arbeidskrevende og utenfor målet med dette prosjektet. Vi mener at selv om overlevelsen fra 1- til 2-åring trolig er noe for høgt estimert (bias), må overlevelsen på dette stadiet likevel sies å være god både hos laks og aure i Skjoma. Overlevelsen faller tilsynelatende for større fisk. Her sier vi tilsynelatende av to grunner, i) dersom overlevelsen på

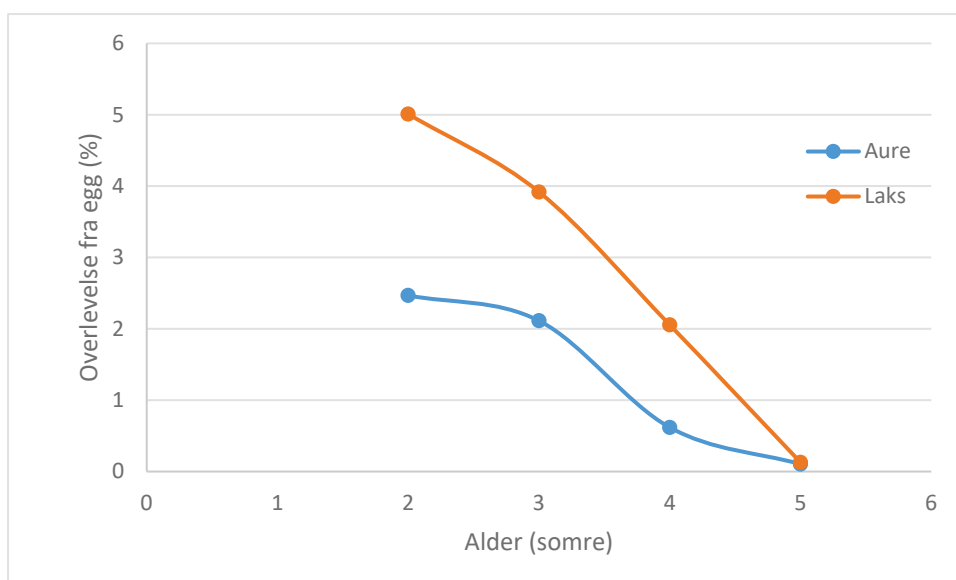
rundt 70 % fra 1- til 2-åring er noe overestimert, er den sanne overlevelsen noe nærmere de rund 40 % observert fra 2- til 3-åringer. ii) Vi ser fra skjellprøver av voksenlaks at noen fisk, både aure og laks, vandrer ut i sjøen allerede som treåringer (se kapittel 3.4). Selv om dette ikke er det typiske, kan det bidra til at overlevelsen fra 2- til 3-åringer blir noe underestimert. Ved undersøkelse med garn i Stiberghølla fant vi også en del stor ungfisk (se seksjon 3.5). Det kan tyde på at en del av fisken i denne størrelsen bruker habitater som er utilgjengelige med elfiske, som også kan bidra til underestimert overlevelse fra to-åringer til eldre fisk.



Figur 11. a) Mengden 2-somrig fisk sett i forhold til eggdeponeringsestimatet for årsklassen. b) Overlevelse fra egg til 2-somrig (ettåring) fisk, basert på eggdeponeringsestimater fra gytefisktellinger og ungfisktettheter fra elfisket. Merk at dersom eggdeponeringsestimatet for 2012 er for lavt, vil overlevelsesverdien befinne seg et sted på den gulgrønne kurva. c) Overlevelse fra egg til 2-somrig (ettåring) fisk, sett i forhold til kombinerte tettheter av laks og aure i samme årsklasse. I alle figurpanelene indikerer årstallet 2012 i kursiv estimatene korrigert for en antagelse om at overlevelsen fra egg til 2-somrig fisk var lik gjennomsnittet for de andre årsklassene, med tilsvarende økning i eggdeponeringsestimatet for 2012.

«Overlevelsen» fra egg til 4-åring og fra 3- til 4-åringer (Figur 10b og c) viser kun andelen som er igjen i elva, men er ikke et overlevelsesestimert siden de fleste aure og laks i denne aldersgruppen har svømt ut i sjøen.

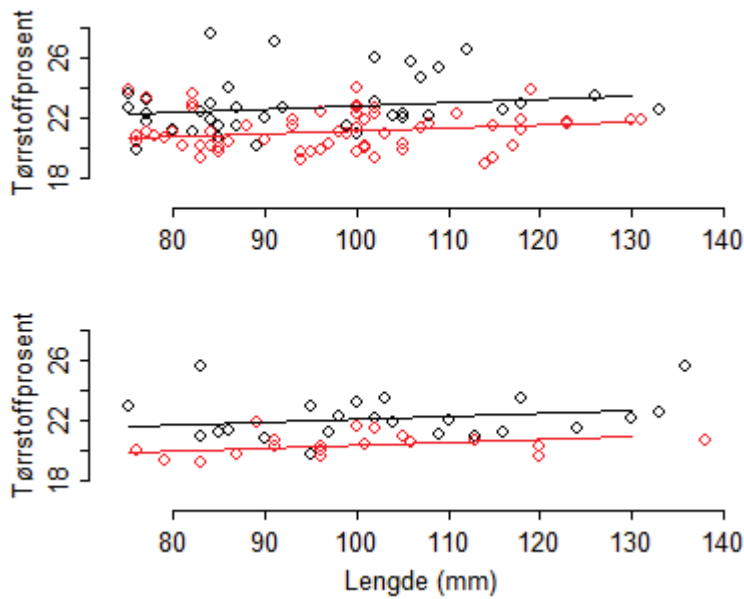
Vi fant ingen klar sammenheng mellom eggdeponeringsestimat og mengden 2-somrig laks i ungfiskundersøkelsene (Figur 11a), men dette kan skyldes at eggdeponeringsestimatet for 2012 trolig var kraftig underestimert. Hos aure ser vi en klarere positiv sammenheng mellom eggdeponering og mengde to-somrig aure (Figur 11a). Dersom vi justerer eggdeponeringsestimatet opp med henholdsvis 300 og 400 % for laks og sjøaure (se over), ser vi en sterkere tendens til positiv sammenheng mellom eggdeponering og rekruttering for begge arter (Figur 11a). Hvorvidt overlevelsen hos lakseyngel var knyttet mot tettheten (eggdeponeringsestimat) var uklart, mens det for aure var en konsistent negativ sammenheng mellom tetthet og overlevelse (Figur 11b). Begge arter så imidlertid ut til å ha lavere overlevelse ved høge kombinerte tettheter av laks og aureyngel (Figur 11c). Vi fant videre at overlevelsen fra egg til 2-somrig fisk kun er halvparten for aure sammenlignet med laks, den var også noe lavere i senere stadier men her var forskjellen mye mindre (Figur 10, Figur 11 og Figur 12).



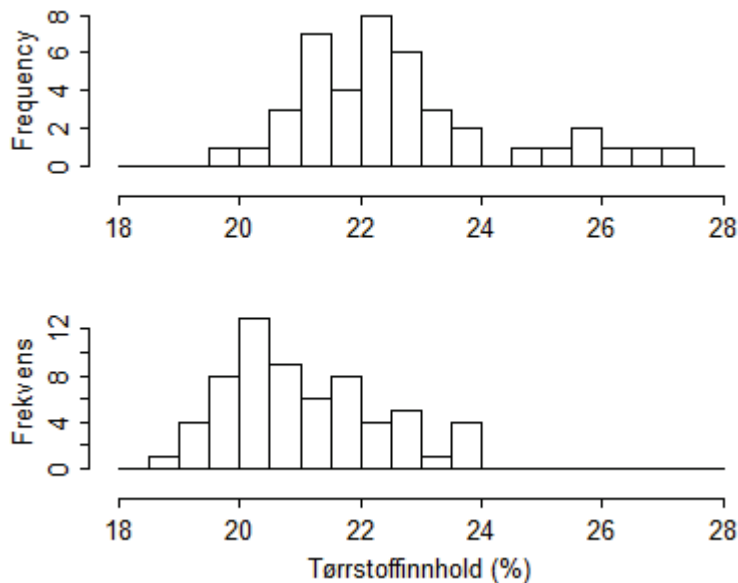
Figur 12 Gjennomsnittlig overlevelse fra eggdeponering til de ulike aldersgrupper av laks og aure undersøkt ved elfiske i Skjoma. Verdiene for 2012-kohorten er utelatt fra beregningen av gjennomsnitt. Merk at verdien for 5-somrig fisk ikke er reell som overlevelses-estimat, den reflekterer ikke hvor mange som har smoltifisert og forlatt elva.

3.3 Energiinnhold høst og vår

Energiinnholdet målt som tørrvekt var lavt både hos laks og ørret, og vesentlig lavere om våren enn om høsten (Figur 13). For laks og aure var gjennomsnittlig tørrstoffinnhold henholdsvis 22.8 % og 22.0 % om høsten, redusert til 21.1 % og 20.3 om våren. Disse tallene er basert på parameterestimaterne fra modellen Tørrstoffprosent ~ Art + Sesong + Lengde, som var statistisk signifikant med $P < 0.05$ i alle ledd. Fordelingen i tørrstoffinnholdet var mer «venstretung» om våren (Figur 14), noe som kan indikere selektiv dødelighet på fisk med lavt energiinnhold om vinteren (Finstad mfl. 2004).



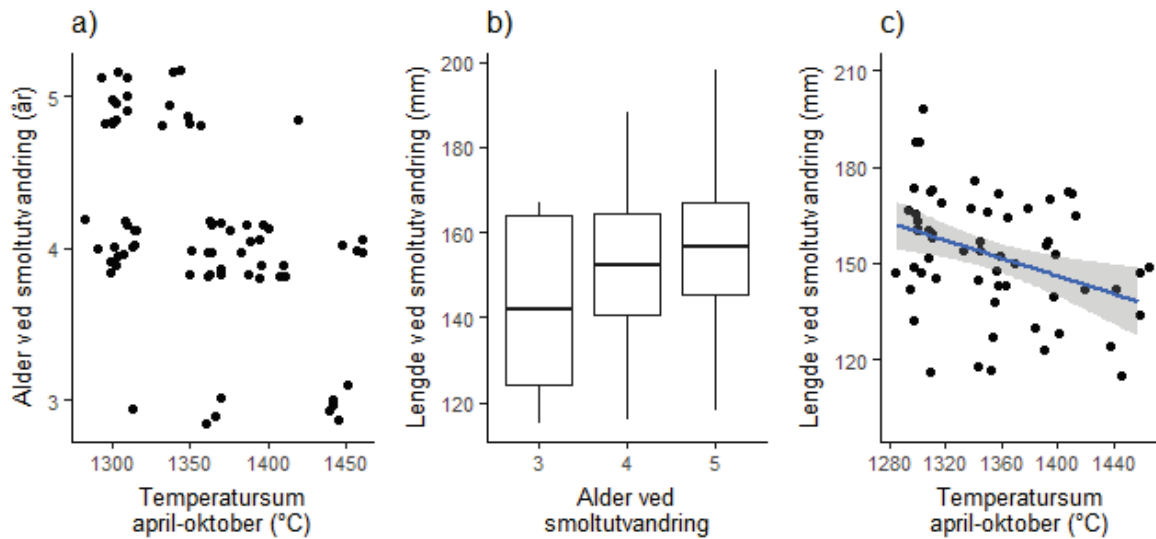
Figur 13. Tørrstoffinnhold i laksunger (øverst) og aureunger (nederst) om høsten (svart) og våren (rødt). Linjer angir prediksjoner fra den statistiske modellen $Tørrstoffprosent \sim Art + Sesong + Lengde$. Modellen var statistisk signifikant ($P < 0.05$ for alle ledd, adj. $R^2=0.29$).



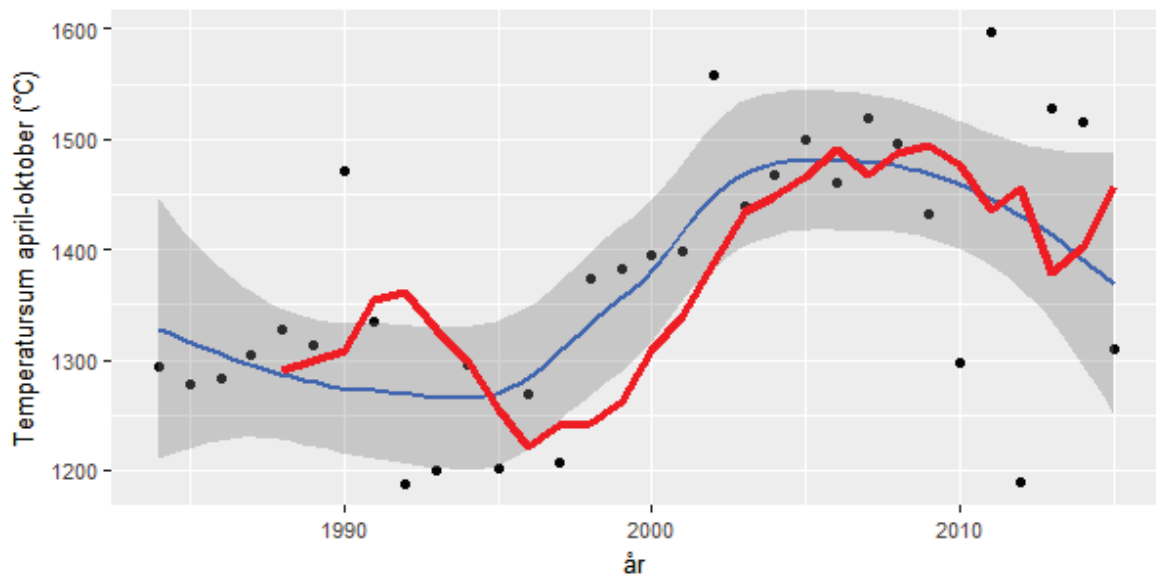
Figur 14. Histogram som viser mengde fisk med forskjellig tørrstoffinnhold om høsten (øverst) og våren (nederst). Fordelingen om våren er mer "venstretung", noe som kan indikere selektiv dødelighet på individer med lavt energinivå.

3.4 Alder ved smoltutvandring

Basert på skjellprøvene av voksen fisk, fant vi smoltifiseringsaldre mellom 3 og 5 år (Figur 15, skjell fra 76 laks). Det var en klar sammenheng mellom vanntemperatursum og alder ved smoltutvandring (Figur 15a), mens lengden ved smoltutvandring var relativt lik for smoltutvandring som 4- eller 5-åring, og noe kortere ved utvandring som 3-åring (Figur 15b). Dette viser at alder ved utvandring er sterkere styrt av vekst og derfor også temperatur, enn av alder. Høgere temperatur gir bedre vekst, som igjen resulterer i at fisken smoltifiserer ved yngre alder selv om dette også kan innebære mindre lengde ved smoltifisering (Figur 15c). Videre viser temperaturdata siden 1984 at temperatursummen generelt har vært høyere etter årtusensskiftet enn før (Figur 16), noe som medfører at smolten generelt er noe yngre nå.



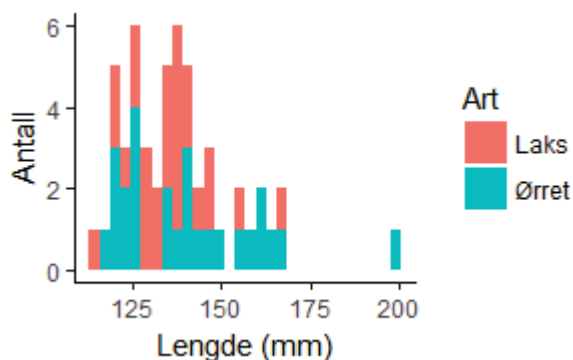
Figur 15. a): Laksens alder ved smoltutvandring avhenger av temperatursummen april-oktober (her presentert som et gjennomsnitt for leveåra i elva før smoltifisering og utvandring). Noen få laks har smoltifisert allerede som tre-åring. Data basert på lesing av skjell tatt fra voksen laks i perioden 1991-2017. Punktene er litt forskjøvet i forhold til hverandre for å hindre at de blir skjult. b): Laksens lengde ved smoltutvandring basert på lesing av skjell fra voksen fisk. Fisk som smoltifiserer ved 4 og 5 år har svært lik lengde ved utvandring, mens fisk som smoltifiserer som 3-åring er noe mindre ved utvandring. Merk at lengdene her er basert på skjell, og angir fiskens størrelse når sjøppholdet setter preg på skjellet (dvs noe større fisk enn vi måler før den forlater elva). c) en negativ sammenheng mellom temperatursum og lengde ved smoltutvandring reflekterer også at fisken vandrer til sjøen ved yngre alder under høyere temperaturer.



Figur 16. Årlig vanntemperatursum for april-oktober siden 1984 (svarte punkter), blå linje viser en trendlinje med 95 % konfidensintervall. Den røde linjen viser gjennomsnittlig temperatursum for de fire forutgående årene, som tilsvarer gjennomsnittlig sommertemperatursum for en laks som har fire somre (0, 1, 2 og 3 åring) i elva før det året den vandrer ut som fireåring.

3.5 Fisk i terskelbasseng

For å undersøke om det var ungfisk i terskelbassengene, ble det satt garn (1,5 x 25 m bunngarn, 15 og 18 mm) i Stiberghølla natta 5.-6. september, 2013. Det ble fanget 52 fisk totalt. Garna ble satt i lenke fra land og på skrå utover i bassenget. Nærmest land (de fem første meterne av garnet) dominerte aure (13 av 17 fisk, 76 %), lengre ute dominerte laks (22 av 35 fisk, 63 %). Lengdefordelingen blant denne fisken er vist i Figur 17. Dette garnfisket viser at fisk i presmoltstørrelse også bruker terskelbassengene.



Figur 17. Lengdefordeling av laks og aure tatt i garn med 15 og 18 mm maskevidde i Stiberghølla

3.6 Gytefisk

3.6.1 Laks

Det ble registrert totalt 481 laks i den første runden og 420 laks i den andre runden under gytefisktellingerne i 2017. Antall laks innenfor de ulike størrelsesgruppene smålaks (1-3 kg), mellomlaks (3-7 kg) og storlaks (>7 kg) er oppsummert i Tabell 4. I Tabell 5 er kg hofisk oppgitt, basert på antatt gjennomsnittsvekt på 2 kg for smålaks, 5 kg for mellomlaks og 8 kg for storlaks. Estimaten på 1001 og 931 kg holaks for henholdsvis første og andre drivtellingsrunde tilsier at gytebestandsmålet på 547 kg ble nådd med god margin i 2017. Dette var for øvrig den beste lakseoppgangen som er registrert siden drivtellingene starta i 2001.

Oppgangen på 159 smålaks i 2017 representerer en minimumsoverlevelse på 3,2 % dersom en antar 1) 60 % av laksen som overlever sin første sjøvinter returnerer som smålaks, og 2) en smoltutvandring på 8181 i 2016, basert på 70 % utvandring av estimert mengde 3 år og eldre laksunger høsten 2015. Tilsvarende beregninger gir en sjøoverlevelse på 2,7 % og 1,0 % for smoltutvandringen i henholdsvis 2014 og 2015, og en gjennomsnittlig sjøoverlevelse på 2,3 % for smoltutvandringen i årene 2014-2016.

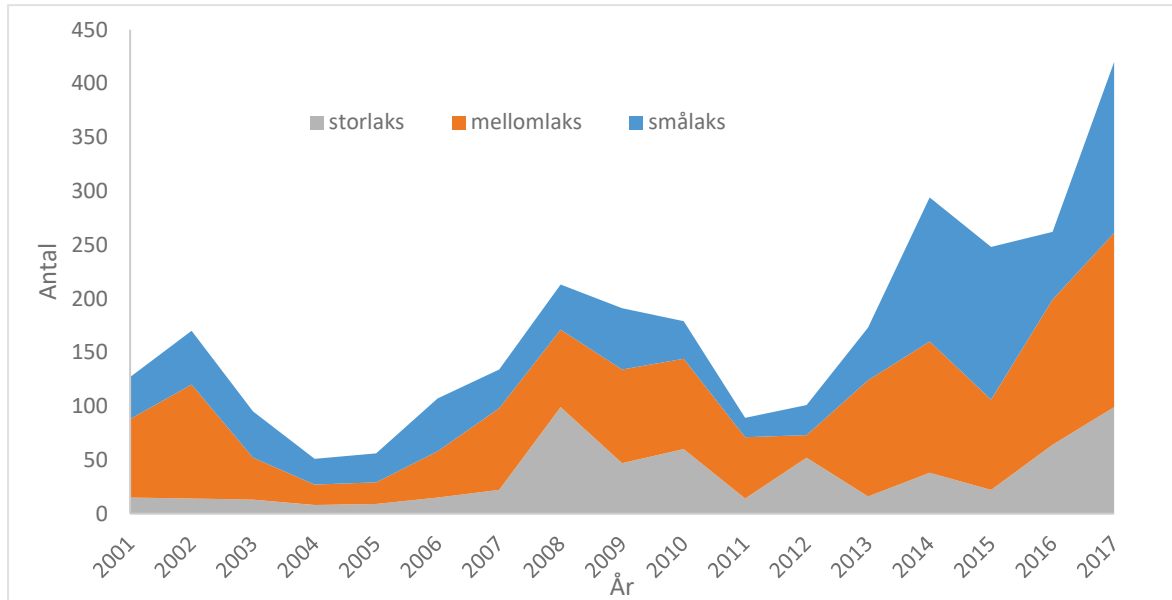
Siden 2001 har oppgangen av laks svingt en del opp og ned, men totalt sett er bestanden nå sterkere enn den var på begynnelsen av 2000-tallet (Figur 18).

Tabell 4. Antall laks innenfor de tre størrelsesgruppene og kjønn observert ved gytefisktellinger i 2017.

Dato	Små (1-3 kg)		Mellom (3-7 kg)		Stor (>7 kg)		Totalt	Oppdrett
	Ho	Hann	Ho	Hann	Ho	Hann		
26-27. september	17	215	123	52	44	30	481	10
11-12. oktober	10	149	91	71	57	42	420	6

Tabell 5. Total vekt (kg) av holaks i 2017 innenfor de tre størrelsesgruppene, basert på antatt gjennomsnittsvekt på 2, 5 og 8 kg for henholdsvis smålaks, mellomlaks og storlaks.

Dato	Små (1-3 kg)	Mellom (3-7 kg)	Stor (> 7 kg)	Totalt
26-27. september	34	615	352	1001
11-12. oktober	20	455	456	931



Figur 18. Utviklingen i oppvandring av laks i perioden 2001 til 2016. Bestanden har styrket seg, og vi er nå inne i en periode for avkommet etter relativt god oppvandring av laks i 2008-2010. Tallene er basert på årlige drivtelling, med unntak av 2012. Da ble det ikke gjennomført drivtelling, og tallene ble basert på videotelling i stedet (Lamberg mfl. 2013).

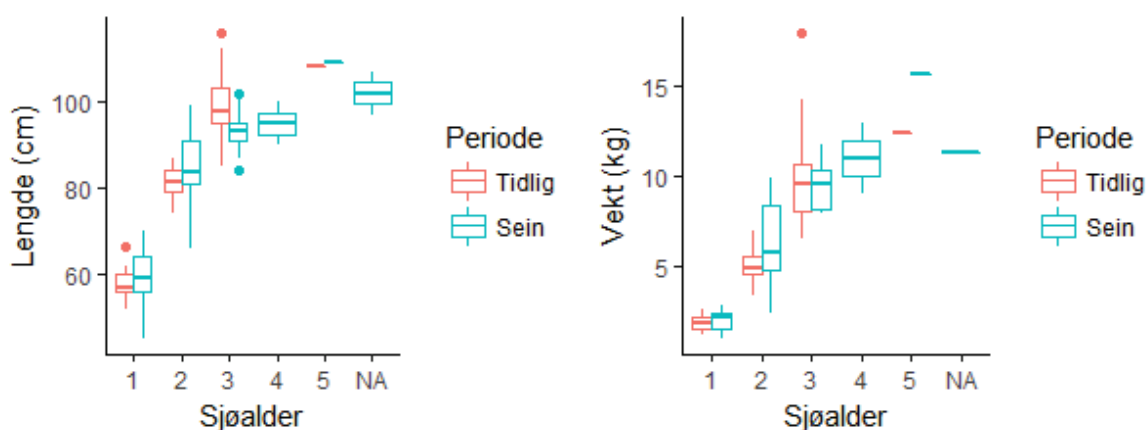
Lengde og vektfordeling for de ulike sjøaldre hos laks er vist i Figur 19. Dette viser at kategoriene «smålaks», «mellomlaks» og «storlaks» stemmer godt med henholdsvis 1, 2 og 3-sjøvinter laks. Skjell fra 4 av 70 undersøkte villaks viste at fisken var en flergangsgyter. Dette var alle hanfisk som hadde gytt første gang som ensjøvinter (smålaks).

3.6.2 Sjøaure

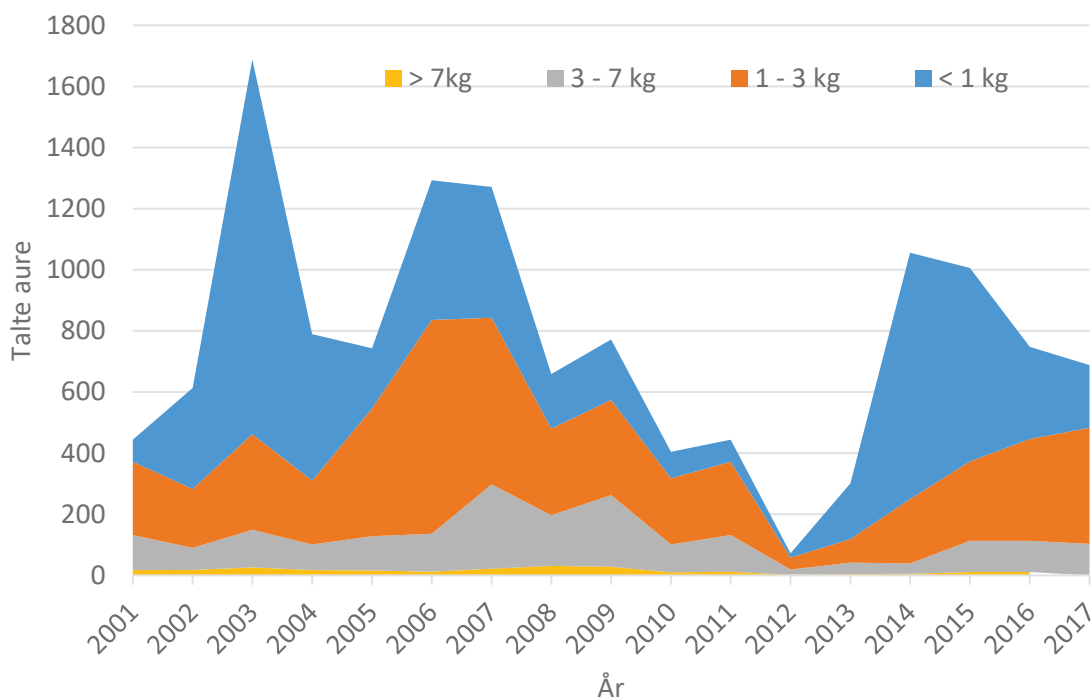
Det ble registrert flere sjøaure i første enn i andre drivtellingsrunde (Tabell 6), dette reflekterer delvis at en del sjøaure hadde gytt mellom drivtellingene og at noen av de som hadde gytt hadde forlatt gyteområdene og elva. Totalantallet sjøaure gikk noe ned fra 2015 til 2016, men ser vi på antallet sjøaure større enn 1 kg har antallet gått jevnt oppover siden 2012 og er nå det høyeste siden 2009 (Figur 20).

Tabell 6. Antall sjøaure observert i de ulike størrelsesgrupper ved gytefisktellingene i 2017.

Dato	< 1 kg	1 - 3 kg	3-7 kg	> 7 kg	Totalt
26-27. september	205	380	103	12	700
11-12. oktober	147	333	100	26	606



Figur 19. Laksens lengde og vekt i forhold til sjøalder ($n=48$ for tidlig periode, $n=40$ for sein periode). For tre laks med usikker sjøalder er minimum sjøalder brukt. NA betyr at sjøalder ikke lot seg lese på grunn av sterkt eroderte skjell. Periode «tidlig» og «sein» refererer henholdsvis til om skjellprøvene kommer fra fisk fanget i ordinært fiske på 1990-tallet, eller fra fisk fanget i 2016 og 2017 ved lysfiske med hæv. Utvalget kan være noe forskjellig i de to plottene, fordi ikke alle skjellprøver var rapportert med både lengde og vekt.



Figur 20. Utviklinga i oppgangen av sjøaure i perioden 2001 til 2016. Mengden av større sjøaure har gått jevnt oppover siden 2012, og er nå på nivå med mange av årene i den første tiårsperioden. Tallene er basert på årlige drivtelling, med unntak av 2012. Da ble det ikke gjennomført drivtelling, og tallene ble basert på videotelling i stedet (Lamberg mfl. 2013).

3.7 Rekruttering og gytebestandsmål

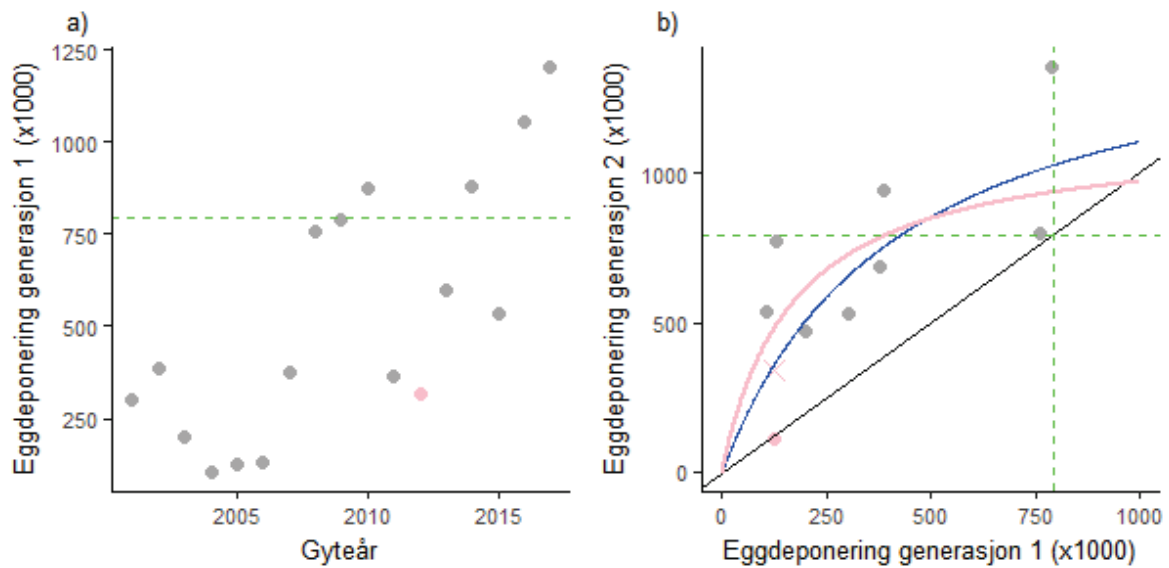
3.7.1 Laks

Gitt en fekunditet på 1 450 egg kg^{-1} for laks, er gytebestandsmålet for Skjoma satt til en eggdeponering på 793 150 egg (Anon. 2011). Dette målet ble nådd eller nær nådd i 2008-2010, 2014, 2016 og 2017 (Figur 22a). Dersom vi antar at individene som klekker fra egg i generasjon 1 vandrer til havet 5 år etter eggdeponering (som 4-åringer), må vi oppsummere eggdeponeringsestimater fra 1-, 2- og 3-sjøvinter holaks henholdsvis 6, 7 og 8 år etter for å få oppsummert rekrutteringen inn i generasjon 2 fra generasjon 1. Foreløpig kan vi gjøre dette for generasjon 1 fra 2001 til 2009, fordi 3-sjøvinter-laksen fra egg-årsklasse 2010 først ventes tilbake til elva i 2018. Disse rekrutteringsestimaterne viser at alle generasjonene fra 2001 til 2009 har gitt «positiv avkastning», det vil si at de har gitt opphav til bestandsvekst. Utgangspunktet har imidlertid vært lave tettheter i de aller fleste av disse årene. Årsklassene gytt i 2008 og 2009 er de eneste generasjonene som ble gytt med en tetthet nær gytebestandsmålet, og her ser vi at rekrutteringen til generasjon 2 er omtrent som utgangspunktet i generasjon 1 for 2008, mens det fortsatt er en del høyere for 2009-generasjonen (Figur 22b). Ved å tilpasse en Shepherd-kurve til egg-egg rekrutterings-dataene ved ikke-lineær regresjon (se Hindar mfl. 2007), får vi et inntrykk av ved hvilke tettheter vi kan forvente negativ avkastning, det vil si rekruttering under likevektslinja (Figur 22b).

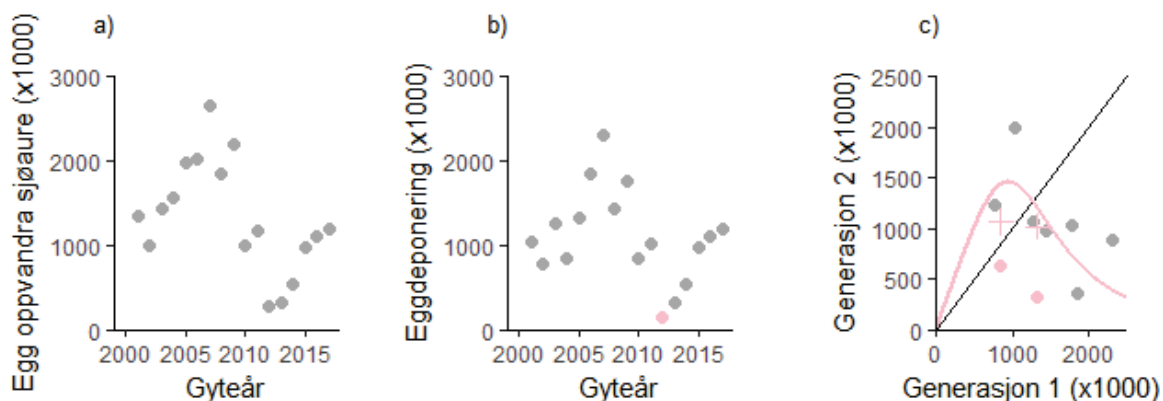
I disse betraktningene har vi antatt at variasjonen i prosentvis sjøoverlevelse er normalfordelt og uavhengig av laksetetthet, mens overlevelsen i ferskvannsfasen har både stokastiske og tetthetsavhengige komponenter. Vi må ta forbehold om at analysen er sterkt avhengig av 2008- og 2009-årsklassene. Drivtelling i 2018 vil styrke tallgrunlaget for høge gytetettheter ved at 2010-årsklassen også kommer med, som er den tredje årsklassen på rad som ble gytt med høge eggdeponeringsestimater (Figur 22a).

3.7.2 Sjøaure

Sjøauren hadde en kraftig nedgang i antall i perioden 2008 til 2013, som er reflektert igjennom totalmengde egg estimert ut fra biomasse sjøaure returnert til elva (fangst + drivtellingsestimat, antatt fekunditet 1 750 egg kg^{-1} for aure) (Figur 23a). Fangsten reduserte i liten grad eggdeponeringspotensialet for det samme året (Figur 23a,b), men kan ha hatt større effekt på eggdeponering påfølgende år siden sjøaure gjerne gyter hvert år. Ser vi på rekruttering til generasjon 2 fra generasjon 1, ser vi at denne er sterkt tetthetsavhengig med en negativ sammenheng mellom rekruttering og høge tettheter (eggdeponering generasjon 1, Figur 23c). Dette viser at de sterke gytefisk-oppgangene på midten av 2000-tallet gav negativ avkastning. Tilpassinga av ei Shepherd-kurve til disse dataene indikerer også at et gytebestandsmål for sjøaure i Skjoma kan være rundt 953 tusen egg, eller 545 kg hofisk. Dette er noe lavere enn oppgangen av gytemoden sjøaure de siste tre år. Her må det imidlertid understrekes at sammenhengen mellom hofiskens størrelse og fekunditet er lite undersøkt for så stor sjøaure som i Skjoma, og at tilpassinga av Shepherdkurva var avhengig av modifisering av eggdeponeringsestimater for sjøaure i vektclasser 1-3 og 3-7 kg i 2012.



Figur 21 a) Eggdeponeringsestimater for laks i perioden 2001 til 2017. Gytebestandsmålet er indikert med grønn stipla horisontal linje. Gytebestandsmålet ble nådd eller nær nådd i 2008-2010, 2014, 2016 og 2017. Estimater for 2012 er indikert med et rosa punkt, fordi gytefisktellingen var basert kun på video det året, andelen mellomlaks ho trolig er et underestimat (10 % hoer mot gjennomsnittlig 64 % for årene etter 2012), og fordi overlevelsesestimaterne fra egg til 1-åringer var unormalt høge og indikerte at eggdeponeringsestimateret var for lavt (Figur 6). b) Punktene viser rekruttering fra egg i generasjon 1 til egg i generasjon 2 for årsklassene (basert på gyteår) 2001 til 2009, som er de årsklassene der vi har tilbakevandring på både smålaks, mellomlaks og storlaks til og med 2017. Rosa punkt indikerer generasjon 2 eggdeponeringsestimateret der mellomlaks gyting i 2012 inngår. Gytebestandsmålet er indikert med grønne rette horisontale og vertikale stipla linjer, en-til-en forhold (likevektslinje) er indikert med svart linje. Blå kurve viser Shepherd-tilpasset rekrutteringsfunksjon, og rosa kryss med rosa kurve indikerer resultatet dersom en antar at eggdeponeringsestimateret i 2012 var tre ganger så høgt som estimert fra videotall, slik indikert fra overlevelsesestimaterne for ungfisk (Figur 6). Ved eggdeponering i generasjon 1 høgere enn likevektspunktet (der rekrutteringskurve og likevektslinjer krysser) gir bestanden negativ avkastning, det vil si at vi får mindre laks tilbake fra generasjon 2 enn fra generasjon 1.



Figur 22. a) Mengde egg estimert for oppvandrende sjøaure i perioden 2001 til 2017, estimert fra mengden gytefisk observert på drivtelling kombinert med mengden sjøaure rapportert i fangststatistikken. b) Eggdeponeringsestimert for sjøaure i perioden 2001 til 2017. Det er ikke utarbeidet gytebestandsmål for sjøaure. Estimert for 2012 er indikert med et rosa punkt, fordi gytefisketellingen var basert kun på video det året, og overlevelsesestimaterne fra egg til 1-åringer var unormalt høye og indikerte at eggdeponeringsestimertet var for lavt (Figur 6). b) Punktene viser rekruttering fra egg i generasjon 1 til egg i generasjon 2 for årsklassene (basert på gyteår) 2001 til 2009, som er de årsklassene der vi har tilbakevandring av sjøaure i klassen 1-3 kg og 3-7 kg til og med 2017. Fangstdata er også tatt med, slik at verdien for generasjon to viser estimert eggdeponering dersom all oppvandrende fisk deltok i gytingen. Rosa punkt indikerer generasjon 2 eggdeponeringsestimert der gyting av sjøaure i klasse 1-3 kg og 3-7 kg i 2012 inngår. For rådata uten korreksjon for oppvandringstall i 2012 kunne vi ikke oppnå konvergens i Shepherd-modellen. Rosa kryss med rosa kurve indikerer Shepherd-tilpasset rekrutteringskurve dersom en antar at eggdeponeringsestimertet i 2012 var fire ganger så høgt som estimert fra videotall, slik indikert fra overlevelsesestimaterne for ungfisk (Figur 6), og at sjøaure i klasse 1-3 kg og 3-7 kg bidro like mye. Ved eggdeponering i generasjon 1 høyere enn likevektspunktet (der rekrutteringskurve og likevektslinjer krysser) gir bestanden negativ avkastning, det vil si at vi får mindre sjøaure tilbake fra generasjon 2 enn fra generasjon 1.

3.8 Gytegrupundersøkelser

3.8.1 Sesongen 2017-2018

Totalt 87 av omtrent 400 observerte gytegrupper ble undersøkt i april 2017. Basert på gytegrupundersøkelsene i de viktigste gyteområdene for laks og sjøaure i Skjoma og en totalvurdering av hvor stor andel av gytegruppene som var gått tapt i de enkelte områder, inklusiv de omkring 8 som fortsatt låg i strandkanten under is, anslår vi at i størrelsesorden 10-15% av eggdeponeringa gikk tapt i vinteren 2017. Av de undersøkte gytegruppene ble 42 karakterisert som laks, 34 som sjøaure, og 11 som usikker (Tabell 7). Det var særlig i gytegrupper der eggene var sterkt ødelagt av frost at det var vanskelig å anslå art i felt. Genetikk-undersøkelsene fra 2017 viste at 15 % artskaraktiseringen i felt var feil art, dette gjaldt levende egg av både aure og laks. Egg som var ødelagt av frost viste seg også ikke å kunne brukes i genetikk-analysene. I en gytegrup var begge de genetikk-undersøkte eggene hybrider med aure mor, i en gytegrup var ett egg hybrid med aure mor og ett egg laks, i en gytegrup var ett egg hybrid med aure mor og ett egg aure, og i to gytegrupper var ett egg laks og ett egg aure (Tabell 7). Dette kan tyde på at både aure og laks hadde gravd i samme gytegrup, og at aureho hadde blitt befrukta av laksehann i minst tre tilfeller. Kanskje kan dette være av gytetypen lakseparr som vi har

observert en del av på ungfiskundersøkingene, men dette blir ren spekulasjon. 2 av 75 genetisk karakteriserte egg (2,7 %) var klassifisert som egg med gener fra oppdrettslaks, begge ble funnet sammen med egg genetisk karakterisert som villaks.

Generelt var det særlig i gytegroper som lå nært elvebredden eller grusøyre vi fant lav overlevelse i 2017. I gytegroper der toppsubstratet lå tørt var alt dødt, selv om det var vann i eggloppen for alle undersøkte groper på undersøkelsestidspunktet. Vi så også at der flere gytegroper lå omtrent like dypt, kunne den nærmest bredden være ødelagt av frost, mens eggene i gytegropen nærmere hovedstrømmen hadde klart seg. Det tyder på at frosten slår innover fra bredden mot midten av elven, men etter hvert som det fryser vil elvestrømmen øke i det gjenværende åpne elvetvernsnittet, og øke sjansen for at gytegroper der klarer seg.

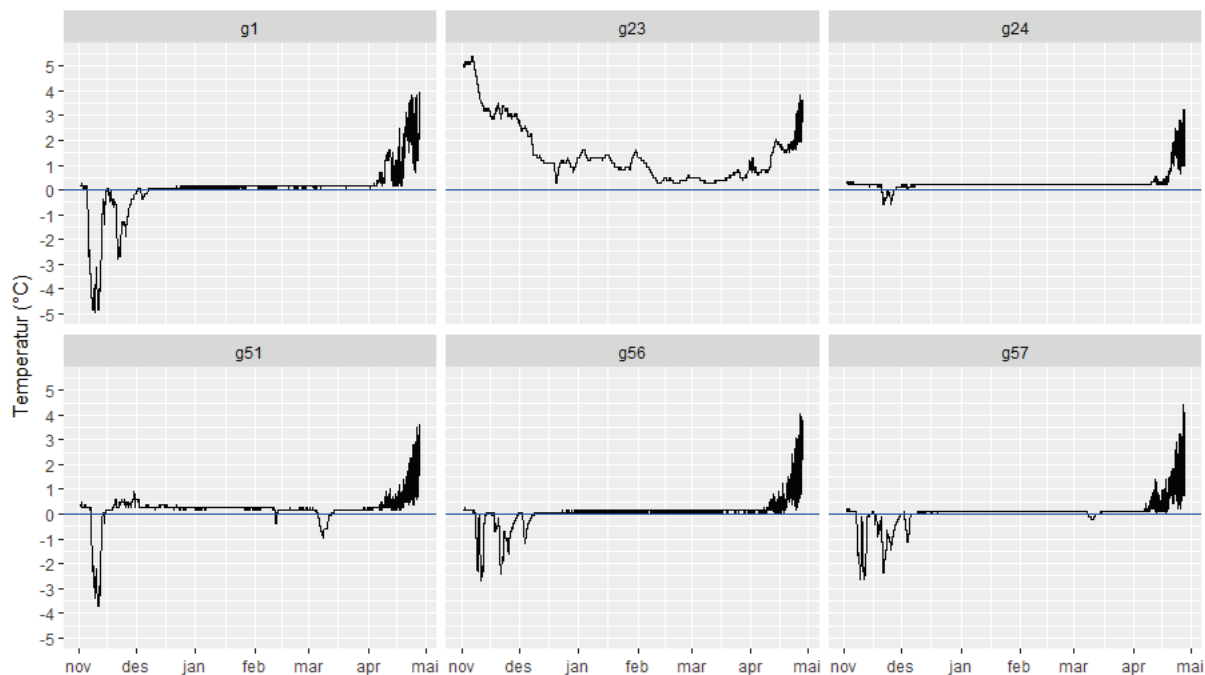
Temperaturloggerne lagt ut i gytegroper i 2016 viste klart at 5 av 6 groper med logger i var blitt utsatt for frost av varierende styrke og lengde (Figur 23). I de fire gropene der temperaturen hadde gått under -1 °C fant vi ingen overlevende egg, mens vi fant både levende og døde egg i de 2 resterende gropene med logger.

Tabell 7. Antallet gytegroper som falt innenfor de ulike klassifiseringsgruppene beskrevet i metodekapittelet. Det er viktig å merke seg at de undersøkte gropene på ingen måte var et tilfeldig utvalg av det totale antall groper. Mens det i 2017 ble fokusert på områder som var vurdert til å være utsatt for tørrlegging og frysing, ble fokuset i 2018 å lete etter gytegroper med overlevende egg. Kalkulering av relativ dødelighet basert kun på tallene i tabellen lar seg derfor ikke gjøre, det vil overestimere dødelighet i 2017 og underestimere dødelighet i 2018. Artskarakterisering er basert på genetik for 2017 for egg som lot seg genetisk karakterisere, for de andre og for 2018 er det basert på størrelse og farge.

År	Status	Klassifisering				Totalt
		0	1	2	3	
2017	Usikker		1		6	7
	Aure	13	2	8	11	34
	Laks	25	8	4	4	41
	Hybrid aure mor	1				1
	Laks & aure	1	1			2
	Aure & hybrid aure mor	1				1
	Laks & hybrid aure mor		1			1
	Totalt 2017	41	13	12	21	87
2018	Usikker		1		6	7
	Laks	6	2	4	13	25
	Aure	1	1		17	19
	Totalt 2018	7	4	4	36	51

3.8.2 Sesongen 2017-2018

I 2018 var undersøkelsesforholdene vanskeligere enn i 2017, på grunn av høgere og raskt stigende vannføring. Det ble imidlertid raskt klart at vi måtte skifte undersøkelses-strategi fra 2017. Mens vi i 2017 fant mange overlevende groper i områder nær djupålen og kunne konsentrere oss om områder nærmere bredden som var vurdert som potensielt utsatt, strevde vi i 2018 med i det hele tatt å finne groper med overlevende egg. For denne sesongen fikk vi ikke et totalanslag på gytegroper, men i de områdene vi undersøkte registrert vi 172 gytegroper.



Figur 23. Temperaturutvikling i seks gytegroper lagt i 2016 der det ble lagt ut temperaturlogger. Blå horisontal linje viser frysepunktet. I gropene g23 og g24 fant vi både levende og døde egg, mens i de andre gropene var det ingen overlevende egg. Gytegrop g23 har tydelig avvikende temperaturkurve sammenlignet med de andre, dette kan kun forklares med at denne gropen var grunnvannspåvirket. Her fant vi også noen klekte egg.

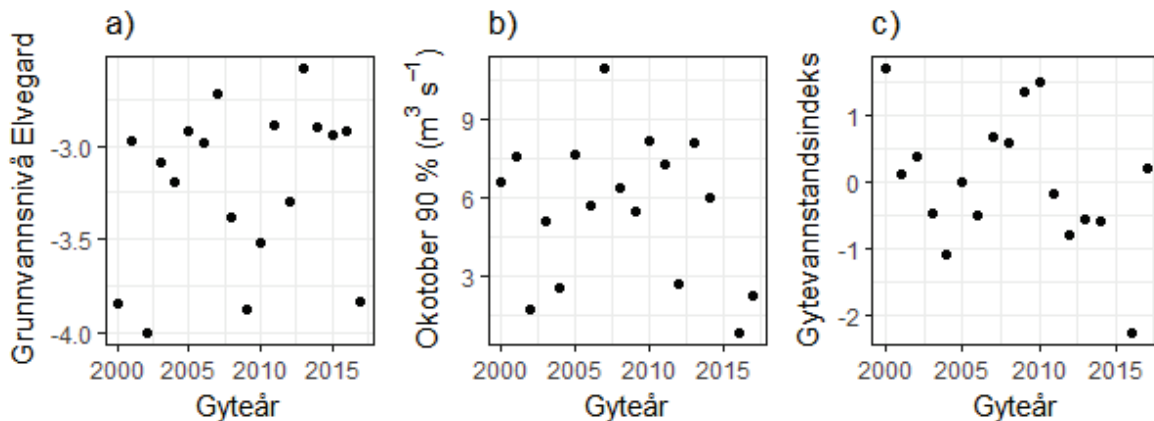
En annen forskjell til sesongen før var at mens de fleste døde egg i 2017 bar preg av frost, fant vi i 2018 også mange døde egg nærmere djupålen som ikke var frosset i stykker, og der egget hadde dødd et stykke ut i fosterutviklinga. Dette kan tyde på at andre faktorer enn direkte frost var en viktig medvirkende årsak til den høge dødeligheten, trolig var oksygenmangel på grunn av lite vanngjennomstrømming sentralt. Mens minste døgnmiddel for vannføring vinteren 2017 var lav (320 l s^{-1}), var de vinteren 2018 bare en fjerdedel av dette, så lav som 71 l s^{-1} . Vi så også på temperaturloggerne at temperaturen gikk under null tidlig i vintersesongen der eggene ble ødelagt av frost, for deretter å stabilisere seg nær null etter hvert som snødekket økte utover vinteren.

Utløpsområdene fra kulpene og strykpartiene mellom dem er store og viktige gyteområder, men det var vanskelig å finne overlevende groper på disse partiene i 2018. Det er også noe gyting inne i en del av kulpene, som foran trappespalten på flere av tersklene, og i kulper som Grythølla og Sauhølla. Disse gropene var lagt for dypt til at de lot seg undersøke, men her antar vi at det er gode overlevelsesforhold.

Basert på gytegropundersøkelsene i de viktigste gyteområdene for laks og sjøaure i Skjoma og en totalvurdering av hvor stor andel av gytegropene som var gått tapt i de enkelte områder (51 undersøkte av 172 groper i disse områdene), fant vi en gjennomsnittlig vektet overlevelse på 20 % i de undersøkte områdene i 2018. Vi må imidlertid regne med at det var bedre overlevelse i noen gyteområder nevnt over som var utilgjengelige for gytegropundersøkelser, slik at gjennomsnittlig gytegropoverlevelse kan ha vært nærmere 30 % i 2018.

3.9 Effekten av gytevanntstanden på rekruttering

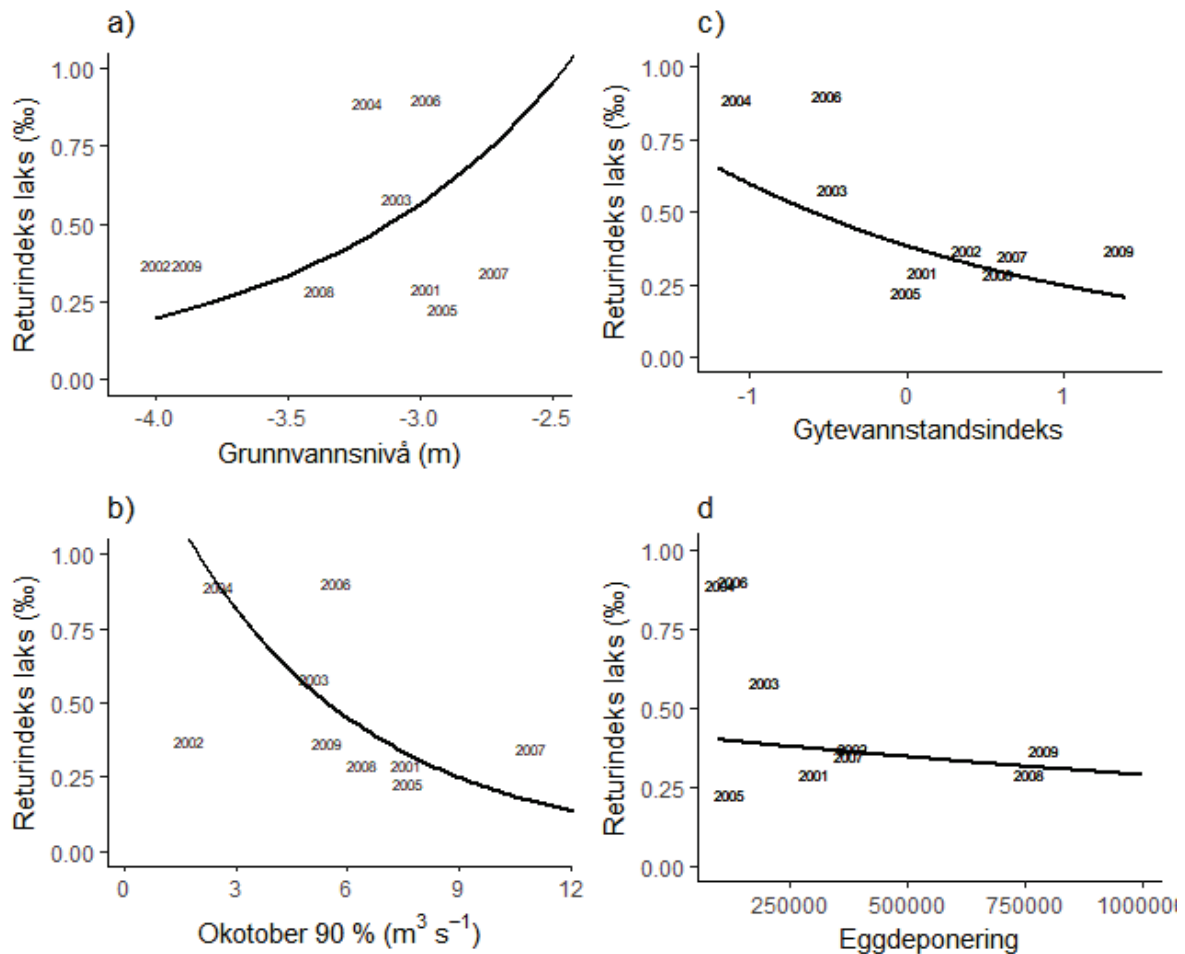
Grunnvannsmålingene ved Elvegård viste nesten 1,5 m forskjell i laveste grunnvannsnivå (november til april) i perioden 2000-april 2018, og var særlig lav for gyteårene 2000, 2002, 2009 og 2017 (Figur 25a). For vannføringen i oktober viste 90-persentilen særlig høy verdi i 2007, og lave verdier i 2001, 2004, 2009, 2016 og 2017 (Figur 25b). Kombinert gav dette en særlig lav gytevanntstandsindeks i 2016, og høyest i 2000, 2009 og 2010 (Figur 25c). Det er verdt å merke seg at mens minste grunnvannstanden var ganske høy sesongen 2016-2017, var minste døgnmiddel vannføring i samme periode 320 l s^{-1} , målt med den ny-utforma vannføringsmålinga. I sesongen 2017-2018 var grunnvannstanden ekstremt lav, og i denne perioden var minste vannføring så lav som 71 l s^{-1} .



Figur 24. a) Grunnvannsnivå målt ved NVE sin målestasjon på Elvegård. Data er relatert til gyteår, slik at grunnvannsnivå fram til og med april 2018 inngår i 2017-punktet. b) Oktober 90 prosentil vannføring i Skjoma. c) Gytevanntstandsindeks.

3.9.1 Laks

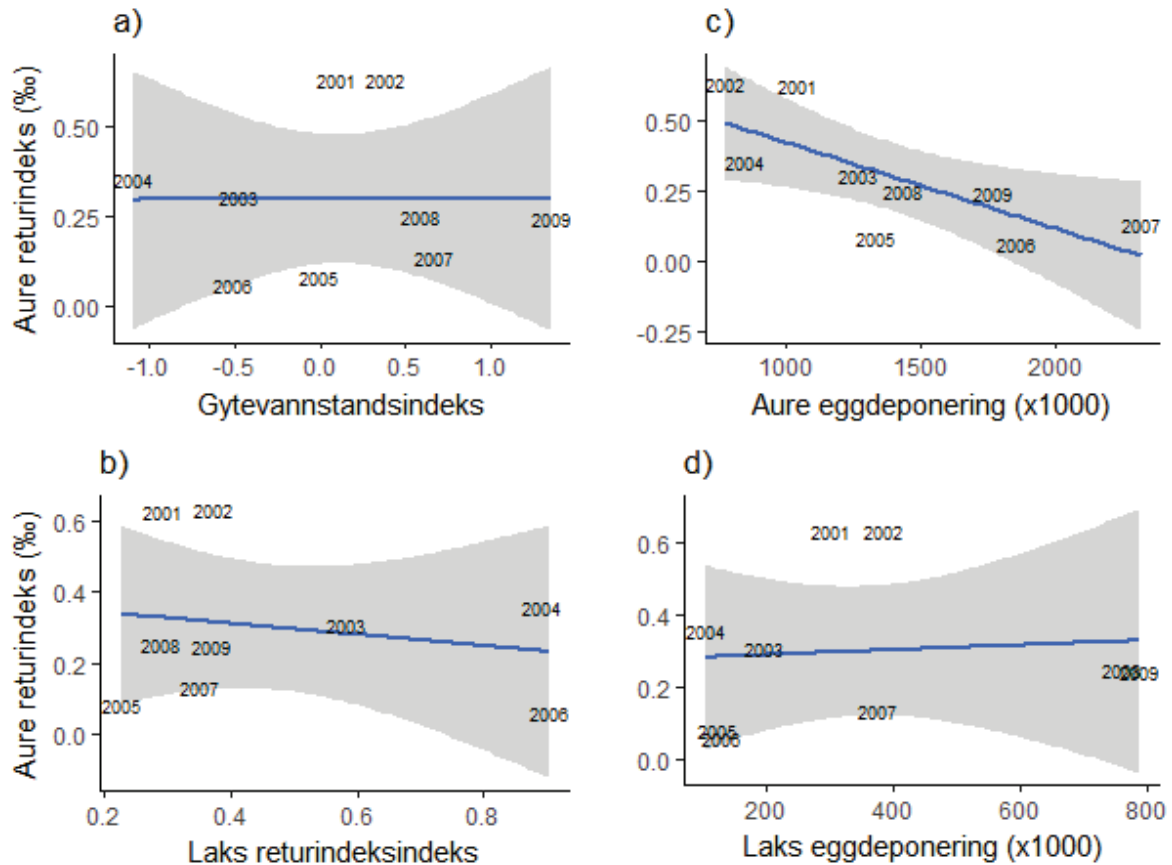
Vi fant klare indikasjoner på at returindeksen for smålaks, mellomlaks ho og storlaks ho var positivt påvirka av grunnvannstand og negativt påvirka av oktober 90-persentil (glm-modell $\text{returindeks} \sim \text{grunnvannsnivå} + \text{oktober 90-persentil}$, $P_{\text{grunnvannsnivå}} = 0,055$, $P_{\text{oktober 90 \%}} = 0,022$). Figur 26a og b viser prediksjonene fra denne modellen. I regresjonsanalyse med grunnvannstand og gytevanntstand sammenfattet i gytevanntstands-indeks, fant vi at returindeksen var negativt påvirka av gytevanntstanden (Figur 26c, og at det var en svak negativ sammenheng mellom returindeksen og årsklassestyrken, uttrykt som eggdeponeringa som lå grunn for kohorten (Figur 26d). Vi fant ingen sammenheng mellom returindeks for laks og eggdeponering for aure. De samme mønstrene er tydelige når vi ser hver størrelsesklasse for seg (Vedlegg 2).



Figur 25. Sammenheng mellom returindeks for laks og grunnvannsnivå (a), oktober 90 % (b), gytevannstandsindeks (c) og tetthet av laks i samme årsklasse (d, målt som eggdeponering). Punktene er indikert med årstall som angir årsklasse, definert som det året kohorten ble gytt. Svarte kurver indikerer sammenhengene ved log-lineær regresjon, modell med grunnvannsnivå og 90 % oktobervannføring som forklaringsvariabler (a, b), eller med gytevannstandsindeks og kohortstyrke som forklaringsvariabler (c, d).

3.9.2 Sjøaure

For sjøaure fant vi derimot ingen indikasjon på påvirkning av returindeksen fra verken grunnvannsnivå, oktober 90-prosentil vannføring, eller gytevannstandsindeks (Figur 27a). Det var heller ingen sammenheng mellom rekruttering hos sjøaure og rekruttering hos laks (Figur 27b). Det var en negativ sammenheng mellom rekrutteringsindeks hos sjøaure og tetthet av samme kohort (Figur 27c), men ingen sammenheng mellom returindeks hos sjøaure og tettheten av laks i samme årsklasse (Figur 27d).



Figur 26. Returindeks for aure sett i forhold til a) gytevannstandsindeks, b) returindeks hos laks, c) eggdeponering hos aure, og d) eggdeponering hos laks. Innledende analyser er her gjort med lineær regresjon, og i mangel av klare sammenhenger mellom returindeksen og disse miljøvariablene har vi ikke gått videre med log-lineære regresjoner på dette datamaterialet.

3.10 Skjultilgang

Transektene der skjultilgangen ble kvantifisert er vist i Figur 4. En beskrivelse av resultatene fra det enkelte område følger:

Område 1: Elvesegment 450 meter, substrat forholdsvis stabilt dominert av klasse 2 (2-12 cm) og 3 (12-35 cm) med klasse 1 (0-2 cm) som subdominerende substrat, grunn og rolig elv der målingene ble utført (mesohabitat D). Vektet skjul basert på åtte transekt var **3.54** (min – maks: 0 - 7.67).

Område 2: Elvesegment 100 meter, målingene foretatt både på oversiden og nedsiden av terskel. Substrat størrelse og sammensetning varierte mye innen området fra klasse 1 (0-2 cm) til 4 (>35 cm). Stilleflytende elv på oversiden av terskelen striere på nedsiden. Vektet skjul basert på 3 transekt var **5.67** (min – maks: 5.33 - 6.33).

Område 3: Elvesegment 300 meter, substrat klasse 2 (2-12 cm) og 3 (12- 35 cm) mest vanlige som både dominerende og subdominerende substrat. Innslag av enkelte større steiner og mye

begroing i form av mose. Rolig elveparti (mesohabitat D). Vektet skjul basert på fire transekt var **4.58** (min – maks: 1.67 - 8).

Område 4: Elvesegment 300 meter, som dekker deler av to terskelbasseng. Grovt substrat ved tersklene og ellers dominert av substrat av klasse 2 (2-12 cm) og 3 (12-35 cm) med innslag av både større og mindre substratklasser. Rolig vannhastighet i terskelbassengene (mesohabitat D). Vektet skjul basert på fire transekt var **8.58** (min – maks: 4.67 - 13.33).

Område 5: Losihølla, finsubstrat inne ved land dominert av substrat klasser 1 (0-2 cm) og 2 (2-12 cm). Lengre ute i elva ble substratet grovere og dominert av klasse 4 (>35 cm) og 3 (12-35 cm). Rolig vannhastighet (mesohabitat C og D). Vektet skjul basert på ett transekt var **4.67**.

Område 6: Orhølla, variert substrat med alle klasser fra 1-4 representert som dominerende eller subdominerende substrat. Rolig vannhastighet (mesohabitat C og D). Vektet skjul basert på ett transekt var **6.66**.

De undersøkte områdene på lakseførende strekning (lakseførende strekning før byggingen av laksetrappene i Fallan) (punkt 1-4, Figur 4) hadde lite til moderat skjultilgang. Skjultilgang er da vektet med størrelse/dyp på skjul, og vurdert i henhold til Forseth og Harby (2013). De områdene som hadde moderat skjultilgang var begge lokalisert i forbindelse med terskler, hvor innslaget av større stein trolig bidrar til å øke tilgangen på skjul. Områdene med lav skjultilgang var preget av mindre variasjon i substrat. Områdene der det er målt skjul inkluderer ikke de områdene med høyest gradient og grovest substrat.

4 Diskusjon

Det har nå vært gjennomført ungfiskundersøkelser i elva i fem etterfølgende år, og sammen med gytefisktellinger som har pågått siden 2001 og gytegruppunderøkelser som startet i 2016, har vi fått et grunnlag for å svare på problemstillingene gitt i vårt oppdrag i 2013 med utvidelse i 2016. Videreføringen av gytefisktellinger har gitt grunnlag for bestandsanalyser som viste at laksebestanden har vært i kontinuerlig vekst, selv om den årlige oppgangen har variert som følge av årsklassestyrken i foreldregenerasjonen. For sjøaure var situasjonen nesten motsatt, her var bestanden preget av nedgang i årsklasser som stammet fra foreldregenerasjoner med tallrik gytebestand, men med tegn til positiv rekruttering i årsklasser med lav tetthet i foreldregenerasjonen. Ungfiskundersøkelsene viste god overlevelse i størrelsesorden med forventning for aldersgruppene 1- til 3-årig ungfisk, noe høyere for laks enn for sjøaure. Ungfiskundersøkelsene avdekket imidlertid stor variasjon i overlevelse fra egg til 1-årig fisk, og vurdert sammen med gytegruppunderøkelser og rekrutteringsanalyser av gytefisk fant vi at overlevelsen i gytegrupper i mange år er en flaskehals for rekruttering av laks som følge av høy gytevannstand. Høy gytevannstand er et resultat av lav vintervannføring og høy vannføring i gyteperioden. For aure fant vi en vesentlig lavere overleving fra egg til 1-årig fisk enn hos laks. Selv om vi ikke fant klare sammenhenger mellom rekruttering og gytevannstand for sjøaure, må den lave overlevelsen fra egg til 1-åringer karakteriseres som en flaskehals i ungfiskproduksjonen av aure. Analyser av hulromskapasitet vurdert sammen med ungfiskoverlevelse tilsa at hulromskapasitet ikke har vært en sterkt begrensende faktor ved de tettheter som har vært i undersøkelsesperioden, men at den kan komme til å bli det ved høyere tettheter. Vi vil i det følgende diskutere detaljer i undersøkelsene, og komme med tilrådinger om tiltak for å bedre vilkårene for ungfiskproduksjonen. Naturlig nok vil mange av disse dreie seg om tiltak som bedrer overlevelsen fra egg til 1-åringer.

4.1 Bestandsutvikling

Selv om det har vært svingninger mellom år, er det ingen tvil om at laksebestanden i Skjoma har vært i generell vekst siden laksefisket ble stoppet i 1997. Det viser at stengingen har nyttet. Det viser også at gjenoppbygging av en bestand som har vært nær kollaps er en møysommelig og lang prosess, og at det derfor er viktig å ha et langsiktig perspektiv for forvaltningen av laksebestanden. Her er gytebestandsmålet en viktig nøkkel. Dette skal sikre en bærekraftig bestand, der bare den delen av lakseoppgangen som overstiger gytebestandsmålet kan høstes.

Til tross for at laksebestanden har vært i god vekst, er det et viktig spørsmål om den vil kunne nå en størrelse som gir særlig høstbart overskudd. Analysene av rekrutteringsdata fra egg i generasjon 1 til egg i generasjon 2 indikerer at det ved miljøforhold typisk for Skjoma i observasjonsperioden, kan være vanskelig å oppnå rekruttering som gir særlig høstingsoverskudd, selv om bestanden er ved gytebestandsmålet. Vi antar her at sjøoverlevelsen er tetthetsuavhengig og kan variere over år, men at det ikke er en trend i sjøoverlevelsen i perioden 2006-2017. Det må her også presiseres at analysen er avhengig av relativt få datapunkter, og at gytefisktelinger i de kommende år vil utvide datagrunnlaget og gi mer robuste analyser.

Bestanden av sjøaure har i motsetning til laks ikke vært i jevn vekst, men derimot preget av tilbakegang i deler av undersøkelsesperioden 2001-2017. Bestanden økte fram mot 2007, men falt deretter kraftig fram til 2012, og har siden vært i jevn vekst igjen. Rekrutteringsanalysene viste at netto avkastning fra gytebestanden i de fleste av undersøkelsesårene har vært negativ. Ofotfjorden har fram til nå vært lite preget av oppdrettsaktivitet, som lengre sør i Nordland og på Vestlandet har sterke negative effekter på sjøørretens overlevelse. Den dårlige rekrutteringen

av sjøaure i Skjoma skyldes trolig hovedsakelig forhold i ferskvannsvasen, det vil si produksjonen av ungfisk.

4.2 Flaskehalsar i ungfiskproduksjonen

Begrensninger i ungfiskproduksjonen skyldes både miljøbetingelser i elva og tetthetsregulerende faktorer. Tetthetsavhengige faktorer som kan danne flaskehalsar i rekrutteringa kan opptre på flere stadier; blant de viktigste er tilgangen på tilstrekkelig egnet gyteareal med trygg vinteroverlevelse for eggene, tilgang på tilstrekkelig skjul for ungfisk, og tilgang på tilstrekkelig mat. Alle disse faktorene har tetthetsavhengige komponenter; ved tynn bestand kan det være «nok til alle» selv om det er lite vanddekt areal og skjultilgang, mens det ved tettere bestand kan bli så mange fisk at dårligere gyteområder tas i bruk, det kan bli mangel på skjul til alle og mange blir lettere offer for predasjon, eller det kan bli for lite mat til at alle kan få nok til å klare seg og vokse.

Vi har her presentert flere analyser som klart peker på at overlevelsen fra egg til ett-åring er en flaskehals i ungfiskproduksjonen, og at rekrutteringa i Skjoma er tetthetsavhengig. Det kan bety at det ved høge tettheter er flere som må gyte på dårligere gytehabitat som er mer utsatt for innfrysing, men det kan også bety tetthetsavhengighet i senere livsfaser. Det er all grunn til å anta at denne tetthetsavhengigheten skjer i elva og ikke i havet, blant annet har studier i elva Imsa vist at lakseoverlevelsen i elva var avhengig av mengden gyttelakseegg, mens den i havet var uavhengig av mengden gyttelakseegg (Jonsson mfl. 1998). Når vi så på overlevelse fra egg til 1-årig fisk, var det også en klar tendens til lavere overlevelse ved høgere ungfisktettheter, mens det for 1- til 2-årig fisk var liten variasjon i overlevelse. Dette indikerer også at tetthetsavhengigheten skjer i elva, og at den skjer før fisken er ett år gammel.

For aure var tetthetsavhengigheten mye sterkere enn for laks. Dette gikk klart fram av analysene av gytefiskrekruttering, men vi fant også en mer konsistent negativ sammenheng mellom tetthet og overlevelse fra egg til ett-åringer. Den lave overlevelsen fra egg til ungfisk hos aure kan skyldes større begrensninger i egnet gytesubstrat enn for laks. Lamberg mfl. (2006) fant god tilgjengelighet av gyteområder på hele lakseførende strekning, og gjennom våre gytegrupundersøkelser har vi også fått bekreftet at det foregår gyting i langs hele lakseførende strekning. Tilgjengeligheten av egnet gytesubstrat ble imidlertid ikke differensiert for laks og sjøaure av Lamberg mfl (2006). Sjøaure vil generelt ha et noe mer finkornet gytesubstrat enn laks, og det er vårt inntrykk at tilgjengeligheten av egnet gytesubstrat er mindre for sjøaure enn for laks, uten at vi har kvantifisert dette. Om dette er tilfelle, kan det tenkes at tilgjengeligheten av egnete gyteareal medvirker til en redusert rekruttering ved god oppgang av gytemoden sjøaure. En annen viktig faktor er trolig næringstilgang, både for årsyngel og for større fisk. Vi fant i undersøkelsene av energi-innhold (tørrvekter) at energiinnholdet for ungfisk av både laks og aure var svært lavt om våren, og lavere hos aure enn hos laks. Dette kan indikere at høgere dødelighet hos aure i forhold til laks er energirelatert, og dermed at overlevelsen er begrenset av næringstilgang.

For overlevelsen mellom en- og to-årig, og mellom to- og tre-årig ungfisk fant vi en generell overlevelse på nær 50 % for både aure og laks. Det tilsvarer overlevelsen som ligger til grunn for metodikken som blir brukt ved utarbeidelse av gytebestandsmål (Hindar mfl. 2007). Ut fra disse overlevelsesestimaterne har vi ikke grunnlag for å si at det er sterke flaskehalsar for disse årsklassene i Skjoma. På den annen side har disse årsklassene levd med moderate tettheter, og vi så at aure hadde noe lavere overlevelse enn laks, samtidig med at den hadde lavere energiinnhold. Det lave tørrstoffinnholdet og forskyvningen i fordeling fra høst til vår indikerer selektiv dødelighet for fisk med lavt energinivå (Finstad mfl. 2004), og det generelt lave tørrstoffinnholdet indikerer at ungfisk i Skjoma kan være sårbare for stress påført av lav

vintervannføring. Sammen med den moderate skjultilgangen i vesentlige deler av elva indikerer dette at vi ved høyere tettheter kan forvente en tiltakende effekt av manglende skjul- og næringstilgang på overlevelsen hos ungfisk i Skjoma.

Variasjon i overlevelse er gjerne størst i det første leveåret (egg til 0+) og påvirkes både av tetthetsuavhengige faktorer som vannføring, temperatur og eventuell innfrysing, men også av tetthetsavhengige faktorer som konkurranse om næring og leveområder (Jonsson mfl. 1998). Lav vannføring vil ikke bare medføre risiko for stranding og innfrysing om vinteren, men også medføre redusert habitat- og næringstilgang både sommer og vinter. Derfor kan ungfiskoverlevelsen også bli redusert av tetthetsavhengige prosesser, indirekte forårsaket av redusert vannføring.

4.3 Gytegroper og vannføringseffekter

Rekruttering fra egg til gytemoden laks var sterkt påvirket av gytevannstanden. Videre påviste vi gjennom gytegrupundersøkelsene at en del gytegroper er utsatt for tørrlegging og innfrysing, og at denne effekten er større i år med høy gytevannstand eller i år med ekstra lav vannføring og grunnvannstand. Det betyr at flere fisk legger gytegruppen i områder nærmere elvebredden i år med høy vannføring i gyteperioden, og at disse gytegropene går tapt når vannstanden synker til vintervannføringen, som alltid er lav på grunn av reguleringen. De historiske dataene på vintervannføring er dårlige på grunn av isstuving på terskelen, men grunnvannsmålingene tyder på at enkelte vintre har ekstremt lav vannføring. I slike vintre kan det tenkes at noe av vannføringen i elven ved terskelen i Fallhølla forsvinner i grunnen i områder med gytegroper lengre nede i elva. Dette skaper mange år en kraftig flaskehals i rekruttering fra egg til yngel, og vi fant av gytevannstandsanalysene at rekrutteringskoeffisienten kan reduseres med mer enn 70 % ved høy gytevannstand i forhold til ved lav gytevannstand. Dette rimer også godt med gytegrupundersøkelsene, som viste at i en sesong med veldig lav gytevannstand (2016-2017-sesongen) hadde generelt god overlevelse, selv om 10-20 % av gytegropene gikk tapt. I en vinter med ekstremt lav grunnvannstand (2017-2018-sesongen) gikk derimot 70-80 % av gytegropene tapt, selv om høstvannføringen ikke var veldig stor. I år med gytevannstand mer typisk for Skjoma, indikerer analysene at minst 50 % av laksegytingen vil gå tapt.

For sjøaure fant vi ikke de samme sammenhengene med gytevannstand, vannføring og grunnvannstand som for laks i langtidsserie-analysen. Vi vet imidlertid fra gytegrupundersøkelsene at mange sjøaure-groper også går tapt som følge av tørrlegging og/eller innfrysing. Dersom noe av tetthetsavhengigheten i overlevelsen hos sjøaure skjer etter eggstadiet, vil imidlertid en høy dødelighet av egg som følge av innfrysing/tøttlegging føre til bedre overlevelse hos de gjenværende som klekker, fordi de får mindre konkurranse på yngelstadiet. Slike kompensatoriske effekter vil bidra til å maskere negative effekter av høy gytevannstand. Den mye lavere overlevelsen fra egg til ungfiskstadiet hos aure i forhold til laks tyder på at aure i større grad enn laks er utsatt for tetthetsavhengig dødelighet, men også at ødeleggelse av gytegroper er en vesentlig faktor for aure.

Det er i andre vassdrag påvist en positiv sammenheng mellom ungfiskproduksjon og både sommer- og vintervannføring (Hvidsten mfl. 2015). Skjoma har per i dag ingen konsesjonspålagt minstevannføring, og det er ingen tvil om at en typisk reduksjonen i vannføring på 90 % både vinter og sommer har hatt negative konsekvenser for produksjonen av ungfisk.

4.4 Smoltutvandring

Standardiserte tetthetsestimater for smoltutvandringen viste en presmolttetthet på 3,6 laks 100 m⁻². Dette er karakterisert som lavproduktivt, ifølge Forseth & Harby (2013). Skal en sammenligne med andre elver, er det også viktig å huske på hvilket areal en standardiserer til. Areal det er standardisert for her (Lamberg mfl. 2006) er bare 45 % av N50-areal som er lagt til grunn ved fastsetting av gytebestandsmål. Estimaterne for smoltutvandring for perioden 2014-2017 (størrelsesorden 8 000-12 000 for laks) er likevel over ti ganger så høgt som smoltproduksjonspotensialet gitt i boniteringsrapporten fra 2006 (Lamberg mfl. 2006). Gjennomsnittlig standardisert tetthet av 1 år og eldre lakseunger (15-28 fisk m⁻²) var også sammenlignbart med gjennomsnittet for alle stasjoner i undersøkelsene i 1998 (20,6 fisk 100 m⁻²), og ikke unaturlig høgt sammenlignet med andre undersøkelser i perioden 1977-2003 der rapporterte verdier har ligget fra 5 til 40 fisk 100 m⁻² (Heggberget 1985, Nøst mfl. 1998, Lamberg mfl. 2006). Den store differansen mellom estimert potensial og estimert smoltutgang har to hovedårsaker. For det første baserte Lamberg mfl. (2006) produksjonsestimatet på et areal redusert med 75 % i forhold til vannføringa ved 8,5 m³ s⁻¹, uten å ta i betraktning vannføringa de tidligere tetthetsundersøkelsene var gjennomført på. Dette er kanskje den viktigste årsaken til avviket. Videre ble det antatt at rapporterte tettheter kun var gyldig for de beste habitatene, mens de dårligere habitatene hadde neglisjerbar produksjon. Designet i undersøkelsene våre sikret at alle habitatklasser definert av Lamberg mfl. 2006 ble undersøkt, og inkluderte tilfeldig transektfordeling for å unngå subjektiv utvelgning av de beste habitatene innenfor hver klasse. Tetthetene av laksunger økte med habitatkvaliteten i tråd med forventningene, men observert tetthet innenfor hver habitatklasse var også vesentlig høyere enn lagt til grunn i estimering av produksjonspotensialet. Videre fant vi at laks og aure i presmoltstørrelse brukte terskelbasseng (habitatklasse 1), slik at disse områdene ikke kan neglisjeres ved estimering av smoltproduksjon.

Smoltestimatene våre er også vesentlig høyere enn estimatene fram til 2012, som var basert på videotelling (Lamberg mfl. 2013). Smoltutvandringen i de senere år var forventet bedre enn i de foregående år, fordi årsklassene kom fra år med høyere eggdeponering. Våre overlevelsesestimater fra egg til smolt er nær de generelle antakelser om overlevelse som ligger til grunn for beregning av overlevelse hos ungfisk ved beregning av gytebestandsmål (Hindar mfl. 2007). Etter denne metoden vil overlevelsen til lakseunger fra egg til smoltutvandring ved alder 4 være 1,25 %. Våre overlevelsesestimater ligger i snitt på 1,4 % fra egg til 4-årig presmolt, når vi utelater 2012-kohorten som vi tror var underestimert med hensyn på eggdeponeringa dette året. I Halselva i Finnmark er smoltalder litt over 4 år og gjennomsnittsoverlevelsen fra egg til smolt 2.3 %, basert på mange års data fra fellekontrollert smoltutvandring og oppgang av gytefisk. Videre vil våre overlevelsestall fra egg til smolt være overestimert dersom i) ikke all hofisk blir observert, eller ii) vi bruker for lav fekunditet i omregning fra kg hofisk til eggdeponering. Drivtellingsestimatene er for minimumstall å regne, og kan derfor bidra til en tendens om overestimert overlevelse fra egg til smolt. Generelt er overlevelsen for anadrom laksefisk i oppvekstårene i ferskvann svært variabel, ikke minst fordi den avhenger av smoltalder. Vanlige verdier ligger mellom 1-5 % (Hindar mfl. 2007, Klemetsen mfl. 2003). Lave verdier ned mot 0.15 % er imidlertid også rapportert, og da gjerne i samband med veldig kalde, tørre vintre og / eller forbigående mildvær og flomperioder midt på vinteren (se diskusjon i Cunjak & Therrien 1998 og referanser i denne). Dette er også en aktuell problemstilling i Skjoma på grunn av den lave vintervannføringen. Problemer med stranding av gytegroper er også grundig dokumentert i det regulerte Eidfjordvassdraget i Hordaland (Skoglund mfl. 2012).

4.5 Bestandsstørrelse og potensialet for høsting

Betraktningene om rekruttering fra en generasjon til neste indikerer at gytebestandsmålet i Skjoma kanskje er nær bærekraften i elva. Vi må presisere at denne betraktningen er avhengig av kohortene med egg som ble lagt i 2008 og 2009, som er de første årene med eggdeponering nær gytebestandsmålet der både 1-, 2- og 3-sjøvinter laks nå har returnert. Oppgangen i 2018 vil gi ytterligere informasjon om hvor god rekrutteringen har vært fra 2010-kohorten, som var et år der gytebestandsmålet ble nådd. Den totale rekrutteringen fra disse årsklassene vil gi verdifull informasjon om hvor sterkt tetthetsavhengigheten har påvirket rekrutteringen når gytebestanden er nær gytebestandsmålet. Informasjonen vi har så langt, tyder på at vi ikke kan forvente tilbakevandring av laks særlig over gytebestandsmålet med de produksjons- og miljøbetingelser som har vært vanlig siden kraftreguleringa. Dette er ekstra alvorlig sett i lys av at gytebestandsmålet for Skjoma er satt til kun halvparten av hva det ville vært dersom elva ikke var regulert. Gytebestandsmålet for Skjoma er basert på 1 egg m⁻², med N50-arealet av elveleiet lagt til grunn (Anon. 2011). Gitt at elvearealet ved en vannføring på 8,5 m³s⁻¹ er kun 45 % av dette (Lamberg mfl. 2006), er gytebestandsmålet i praksis noe over 2 egg m⁻² vanndekket areal ved vanlige vannføringer.

For sjøaure fant vi at de høge tetthetene av gytefisk på midten av 2000-tallet ga negativ avkastning, og at en sjøaurebestand på dagens nivå er noe over et potensielt gytebestandsmål for sjøaure på 545 kg, basert på at toppen på Shepherdkurva kan brukes som gytebestandsmål (Hindar mfl. 2007). Vi må imidlertid presisere at vår kurvetilpassing var avhengig av å justere opp gytefiskestimatet i 2012, året det ikke ble gjennomført gytefisktelinger med snorkling. Videre vet vi også lite om fekunditeten til sjøauren i Skjoma. Vi vet fra gytegrupundersøkelsene at eggene er store, men ikke så store som hos laks. Dersom sjøauren har like stor investering i gonader som laks, kan vi derfor anta at sjøauren har større fekunditet enn laks, og at 1750 egg kg⁻¹ kanskje er i nærheten av det riktige. Ved å fortsette gytefisktelinger vil vi få flere datapunkter som kan gi en sikrere kurve og bedre grunnlag for å vurdere høstingspotensialet.

4.6 Tiltak

Laksetrappa i Lillefallet stod ferdig i 2016, og i Storefallet i 2018. Åpningen av fisketrappene i Fallan vil øke produksjonsarealet, men tørrlegging og frysing av gytegroper vil være et stort problem også ovenfor Fallan med dagens vannføringsregime. Tilgangen på gode gytehabitat er derimot mindre ovenfor Fallan enn på tidligere anadrom strekning (Lamberg mfl. 2006), og det er derfor viktig å sikre gode vanndekte gyteområder for begge arter. Vi vet heller ikke i hvor stor grad laks og sjøaure vil ta i bruk og passere de nye fisketrappene, det vil være viktig å følge med på dette for å kunne evaluere effekten av tiltak og gi råd om videre tiltak og eventuell høsting. Trappa i Lillefallet har nå vært åpen i to gytesesonger, men det har i liten grad vandret laks og sjøaure opp i Storfalldølla. Vi har registrert 3-4 laks hvert år og 6-8 sjøaure, sjøauren har også gytt flere steder i Losielva og både laks og sjøaure i Storfalldølla. Men tatt i betraktning at det stod 75 gytemoden laks og sjøaure i Falldølla høsten 2017, synes en oppgang på 3 laks og 8 sjøaure til Storfalldølla å være noe bekymringsverdig liten. For å sikre at gytefisk tar i bruk områdene oppstrøms for Fallan som nå er gjort tilgjengelig for anadrom fisk med byggingen av fisketrapper, anbefales det å flytte gytemoden laks og sjøaure opp forbi laksetrappene i en overgangsperiode. Dette vil sikre rask etablering av nye generasjoner som vil ha homing forbi laksetrappene, og større sjanse for at det nye produksjonsarealet for laks og sjøaure faktisk tas i bruk. Det er imidlertid absolutt nødvendig at laks gjenstettes for å hindre at det blir flyttet opp laks med oppdrettsgener, og dette krever nøye planlegging med godt mannskap for å samle fisk, merkesystem og holdemerder for å holde fisken over flere dager i påvente av de genetiske analysene, samt et transportsystem som sikrer sikker flytting av fisken til de ønskede områder oppstrøms for Fallan.

Tiltak som utlegging av gytesubstrat er enkle og relativt rimelige inngrep som vil kunne hjelpe på tilgangen på høg-kvalitets gyteområder i flere deler av elva (Forseth & Harby 2013), men her er det viktig å velge områder som er sikret mot tørrlegging samtidig som at de har god vannstrøm. Vi fant gyteområder på alle deler av anadrom strekning, men i en del av områdene er gytesubstratet ganske kompakt og grunt. Videre ligger mange gyteområder på vide grusøyre der store arealer blir tørrlagt ved lave vintervannføringer, og det er usikkert hvor stor effekt utlegging av gytegrus vil ha dersom vannføringssituasjonen ikke bedres. Innenfor spaltene i tersklene på terskelbassengene kan det imidlertid enkelt lages relativt smale renner med egnet gytesubstrat, som sikrer god vannstrøm samtidig som de også beskytter mot uttørring. Det anbefales her å velge substrat egnet for sjøaure-gyting for å øke tilgangen på gode gytearealer for sjøaure. På samme måte kan det også nedstrøms for trappene/rennene i mange av tersklene tilrettelegges bedre for gyting, gjerne laks, da det også her er gode og sikre forhold for gytegroper og bedre fart på vannet.

Det er gyteområder i innløpet til de fleste om ikke alle terskelbasseng. Vannstanden i disse bassengene er ganske stabil så lenge vannføringen er større enn slukeevnen til fisketrappene/rennene i tersklene. Når vannføringen kommer under denne grenseverdien, vil vannstanden inne i terskelbassenget falle raskt og uforholdsmessig mye, og dette vil påvirke gytegroper som er lagt i øvreenden av terskelbassengene. Dette er verst i Stibergterskelen og Berghollaterskelen, der det i stedet for en spalte er en luke med en kanskje 20 cm høg tverrligger over, slik at vannstanden umiddelbart dropper denne høgden så snart vannføringa kommer under slukeevnen i luka (Figur 28). Dette kan enkelt bøtes på ved modifisere åpningene, og ved å sette inn nålestengsler slik at slukeevnen i terskelspaltene kan reduseres betydelig. Dette gjelder også spalten i Lillefallterskelen. Kvaliteten på vannføringsmålingene har blitt mye bedre etter at det ble åpnet en spalte her, men det har både vinteren 2017 og 2018 gått tapt gytegroper i utløpet av Losielva fordi vannstanden i bassenget har falt med 40-50 cm under terskelnivå ved liten vintervannføring. Videre har særlig Hallarhølla-terskelen relativt store lekkasjer langs deler av krona, slik at vannstanden faller unødvendig mye ved lav vannføring. Utbedring av disse faktorene er også relativt enkle operasjoner som vil kunne gi noe effekt på overlevelsen i gytegroper.

Små og større sidebekker har et stort potensiale for ungfiskproduksjon, ikke minst for ørret (se f.eks. Bergan & Solem 2017). Tilgjengeligheten til slike bekker er i Skjomen begrenset på grunn av forhold i stor grad relatert til kulverter (se vedlegg til Gjelland mfl. 2017), men kan og bør utbedres for mange av de.

Vi har både ved drivtelling og ved elektrisk fiske observert at steinrankene i nedre del av Bergholla blir mye brukt som skjul for ungfisk. Slike steinranker kan med fordel legges ut i flere områder av Skjoma der det er sikkert vanddekket. Skal det ha effekter som monner i rekruttering og tilbakevandring av anadrom fisk, må det imidlertid et stort omfang til av et slikt tiltak.

Større ombygging av tersklene har vært diskutert på flere av møtene i Skjomen. I håndboken for miljødesign anbefaler Forseth & Harby (2013) fjerning av terskler. De legger imidlertid stor vekt på laks, og diskuterer ikke ørret i denne sammenheng. Terskelbassengene i Skjoma dekker relativt store areal, areal som gir gode muligheter for bunndyrproduksjon. Ved en fjerning av tersklene vil tettheten av laksunger trolig kunne bli høgere, men om de vil bli så mye høgere at det mer en kompenseres for tapte areal er høgst usikkert. Vi vet også at terskelbassengene er til dels gode aurehabitat, og vi fanget godt med både aure og laks på garn i Stibergholla. Vår vurdering er at med dagens vannføringsregime vil omfattende ombygginger av tersklene trolig gi liten gevinst i rekruttering av ungfisk, og de potensielle utfordringene med nedslamming av nedstrøms områder i sammenheng med slike tiltak synes uforholdsmessig store. Men utløpene av tersklene er unødvendig bratte og glatte. En ombygging med steinsetting av disse delvis innover i terskelbassenget, delvis nedstrøms, vil kunne sikre en mye lengre kanal som både har god og sikker vannføring, samt gode god skjultilgang.

Vi har også kommet fram til at substratharving for å bedre hulromstilgangen har dårlig potensiale i mange deler av Skjoma, fordi det er et relativt tynt lag med stein og grus oppå leirbunn som gjør både arbeid og resultat usikkert.



Figur 27. Trappa i Stibergterskelen. Tverrliggeren i toppen gjør at vannstanden synker mye straks vannføringa blir mindre enn slukeevna i spalta. Ved å snevne inn åpninga med nålestengsel vinterstid, kan vannstanden holdes høgere til fordel for gytegroper i øvre enden av terskelbassenget. Foto: Karl Øystein Gjelland

4.7 Videre undersøkelser

Arbeidet som er gjort med denne rapporten viser hvor nødvendig det er å sette ungfisktettheter og oppvandring av fisk inn i et rekrutteringsperspektiv for å kunne forstå hva de ulike tall for tettheter og oppvandring innebærer, hvor overlevelsen er god eller dårlig, og hvilke miljøpåvirkninger som har store effekter på rekruttering. Likeledes vil slike typer evaluering være helt nødvendig for å vurdere effekten av tiltak som blir gjort for å bedre rekrutteringen av ungfisk i elva. Langtidsserien med gytefisktellinger fra 2001 videreført gjennom vår overvåkingsperiode har vært uvurderlig for våre analyser og konklusjoner, og utfordringene som oppstod med at det ikke ble gjennomført drivtelling i 2012 viser med all tydelighet hvor viktig det er å få gjennomført årlige drivtelling av gytefisk. Gytefiskanalysene kan likevel ikke klart separere dødelighet i elv og dødelighet i sjø, og heller hvor og ved hvilke ungfiskstadier rekrutteringen er god eller dårlig. Ungfiskundersøkelsene gjennomført basert på transektfiske i denne femårsperioden har gitt gode årsklasseestimer og konsistente overlevelsesestimat fra ett år til neste år for ungfisk, og kompletterer drivtellingene på en veldig god måte.

Statkraft installerte høsten 2017 en PIT-antenne ved Pato som dekker hele elvetverrsnittet, rett oppstrøms grensen for saltvannspåvirkta områder. Dette betyr at antennen dekker utvandring og oppvandring av fisk fra og til hele den anadrome strekning. Dette gir unike muligheter for å kunne separere dødelighet i elv og i sjø, for å få bedre innsikt i utvandringstidspunkt for smolt og gytefisk, samt også å følge flergangsgytere fra utvandring som støing til tilbakevandring som sjøaure. Videre kan det i kombinasjon med genetiske analyser av merket

fisk gi oss informasjon om kjønnsfordeling ved tilbakevandring i ulike aldre, uavhengig av gytefisketellingene. Spesielt for aure er dette karakteristika vi vet lite om. Sjøoverlevelse ved ulike aldre er informasjon som ikke bare er viktig for å forstå bestandsdynamikk og miljøpåvirkninger i Skjoma, men som også er etterspurte data på nasjonalt nivå.

Vi vet lite konkret om fekunditet og hvordan denne varierer med art og størrelse i Skjoma. Dette er informasjon som er viktig for å få sikrere tall på størrelsesordenen på eggdeponeringsestimatene, og med det også overlevelsesestimaterne fra egg til senere stadier. Vi kan ikke få denne informasjonen uten å ofre noen fisk av både laks og sjøaure i ulike størrelsesgrupper. Det beste er om dette kan skaffes gjennom levering av fangst tatt på ordinært fiske i elva. Dersom det ikke blir åpnet for ordinært fiske, bør det vurderes å gjennomføre et avgrenset prøvofiske for å få tatt prøver som kan kaste lys over dette.

Datasimuleringer av ungfiskproduksjon er et potensielt kraftig verktøy som kan hjelpe med å evaluere potensielle effekter av tiltak før de settes ut i livet, med de naturinngrep det kan medføre. Smoltproduksjonsgrunnlaget for Skjoma gitt i boniteringsrapporten for Skjoma fra 2006 er uten tvil for lavt, det viser både ungfiskanalysene og gytefiskanalysene. Det kan med fordel parameteriseres simuleringsmodeller for Skjoma, som for eksempel IBSalmon (Hedger mfl 2013, 2018), som kan gi bedre innblikk i hvor stor og hvor rask endring i produksjon en kan forvente ved gitte miljøforandringer.

5 Referanser

- Anon. 2011. Status for norske laksebestander i 2011. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3, 285 s.
- Anon. 2017. Klassifisering av 148 laksebestander etter kvalitetsnorm for villaks. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, temarapport nr 5, 81 s.
- Bergan, M. A. & Solem, Ø. 2017. Problemkartlegging og overvåking av små sidevassdrag til Gaula. Årsrapport 2016. – NINA Rapport 1363, 47 s.
- Brooks, M. E., Kristensen, K., van Benthem, K. J., Magnusson, A., Berg, C. W., Nielsen, A., Skaug, H. J., Machler, M. & Bolker, B. M. 2017. glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. - R Journal 9: 378-400.
- Cunjak, R. A. & Therrien, J. 1998. Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - Fisheries Management and Ecology 5 (3): 209-223.
- Finstad, A. G., O. Ugedal, T. Forseth & T. F. Næsje, 2004. Energy-related juvenile winter mortality in a northern population of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can J Fish Aquat Sci 61:2358-2368.
- Gjelland, K. Ø., Falkegård, M., Foldvik, A. & Berg, M. 2017. Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma. Framdriftsrapport 2017. – NINA Rapport 1389, 35 s.
- Forseth, T. & Forsgren, E. 2009. El-fiskemetodikk – Gamle problemer og nye utfordringer. - NINA Rapport 488, Trondheim. 74 s.
- Hedger, R. D., Sundt-Hansen, L. E., Forseth, T., Ugedal, O., Diserud, O. H., Kvambekk, Å. S. & Finstad, A. G. 2013. Predicting climate change effects on subarctic–Arctic populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 70 (2): 159-168.
- Hedger Richard D., Sauterleute, J., Sundt-Hansen, L. E., Forseth, T., Ugedal, O., Diserud O. H., Bakken, T. H. 2018. Modelling the effect of hydropeaking-induced stranding mortality on Atlantic salmon population abundance. – Ecohydrology: i trykk. Doi: doi.org/10.1002/eco.1960.
- Heggberget, T. G. 1985. Utvikling av bestanden av ungfisk i Skjoma etter regulering og terskelbygging. - NINA Notat 005. 9 s.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J. V., Saltveit, S. J., Sægrov, H. & Sattem, L. M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge -NINA Rapport 226. Norsk institutt for naturforskning, Trondheim. 78 s.
- Hvidsten, N. A., O. H. Diserud, A. J. Jensen, J. G. Jensås, B. O. Johnsen & O. Ugedal, 2015. Water discharge affects Atlantic salmon *Salmo salar* smolt production: a 27 year study in the River Orkla, Norway. J Fish Biol 86:92-104.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. - Journal of Animal Ecology 67: 751-762.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 1999. Trade-off between egg mass and egg number in brown trout. - Journal of Fish Biology 55: 767-783.
- Klemetsen, A., Amundsen, P. A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. - Ecology of Freshwater Fish 12: 1-59.
- Lamberg, A. 2006. Oppvandrende laksefisk i Skjoma : hvilke faktorer bestemmer oppvandring fra sjøen til elva? - Rapport miljøbasert vannføring 10-2006. 82-410-0586-5. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo. 29 s.

- Lamberg, A., S. Øksenberg & R. Strand. 2009. Gytebestander av laks og sjøørret i Åbjøravassdraget i Bindal kommune i 2009. Resultater fra videoregistrering i Brattfossen og drivtelling av gytefisk. VFI-rapport 7/2009:26s.
- Lamberg, A., Strand, R., Øksenberg, S. & Hanssen, Ø. K. 2013. Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma i årene 2001 til 2012. - SNA-rapport 07/2013. Skandinavisk naturovervåking, Trondheim. 1-44 s.
- Lüdecke, D. 2018. ggeffects: Create Tidy Data Frames of Marginal Effects for ggplot (Version 0.3.4). URL: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1249195>
- Nøst, T., Lamberg, A. & Heggberget, T. G. 1998. Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma 1997-98, Narvik kommune, Nordland fylke. NINA oppdragsmelding. 567. - NINA Norsk institutt for naturforskning, Trondheim.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. - R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Schielezeth, H. 2010. Simple means to improve the interpretability of regression coefficients. - *Methods in Ecology and Evolution* 1: 103-113.
- Skoglund, H., Barlaup, B. T., Gabrielsen, S.-E., Lehmann, G. B., Halvorsen, G. A., Wiers, T., Skår, B., Pulg, U. & Vollset, K. W. 2012. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget – sluttrapport for perioden 2004-2012. - LFI-rapport 203. LFI Uni Miljø, Bergen. 108 s.
- Ugedal, O., Næsje, T.F., Saksgård, L., Thorstad, E.B., Jensen, J.L.A., Chittenden, C.M., Cowley, P.D. & Rikardsen, A. 2011. Fiskebiologiske undersøkelser i Altaelva 2010. - NINA Rapport 728, 59 s.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A., Smith, G. M. & SpringerLink. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. - Springer New York, New York, NY. 529 p.

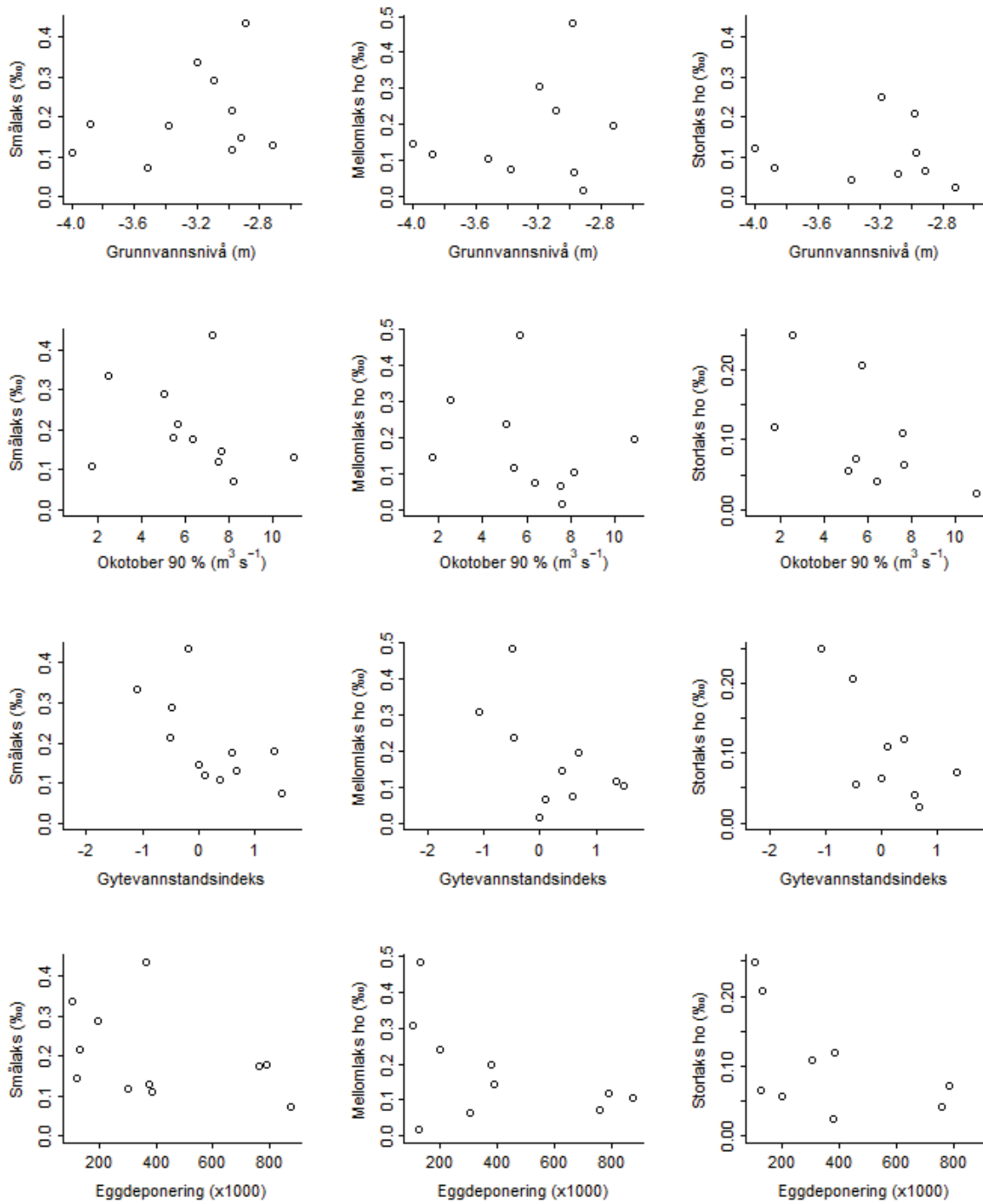
Vedlegg 1 Areal av vanddekket elveleie

Når en ønsker å oppskalere tetthetsestimater fra undersøkte areal til mengde (abundans) av fisk for hele arealet av den anadrome strekningen, er det viktig å kjenne arealet av vanddekket elveleie innenfor de ulike habitatklasser. For våre mengdeberegninger har vi lagt til grunn arealene oppgitt for de ulike habitatklasser i Tabell 3 i Lamberg mfl. (2006), beregnet ved en vannføring på om lag $8,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Lamberg mfl. (2006) antar at vanddekket areal blir redusert til 25 % for habitatklassene 2, 3, og 4 ved en vannføring på $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, men uten å gi noen form for begrunnelse for hvordan de har kommet frem til denne reduksjonen. Vi estimerte reduksjonen i vanddekket areal ved å studere orthofoto av Skjoma fra www.norgebilder.no. Der ligger det tilgjengelig bilder fra 29.6.2003, da vannføringa var $8,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, og fra 18.8.2010, da vannføringa var $1,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figur 3). Ved å måle bredden av vanddekket elveleie i bildene fra 2003 og i bildene fra 2010, fikk vi satt mål på den prosentvise reduksjonen i vanddekket areal (elva er nødvendigvis vanddekket i lengderetningen). Prosedyren ble gjentatt for transekt med ca. 100 m mellomrom for strekningene Pato-Berghølla, Kobbhølla-Stiberg, og Gamnes-Lillefallet, 31 transekt i alt. Kun strekninger gitt habitatklasse 2, 3, og 4 ble undersøkt, da områdene gitt habitatklasse 1 ikke var omfattet av nevnte prosentvise arealreduksjon (Lamberg mfl. 2006). Vanddekket areal ved vannføring $1,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ble på denne måten beregnet til å være 80 % av vanddekket areal ved vannføring $8,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, vesentlig høyere enn antatt i Lamberg mfl. (2006). Som en interpolering av de nye resultatene har vi antatt en arealreduksjon på 10 % for hver halvering av vannføringa; spesifikt 10 og 25 % reduksjon for vannføring henholdsvis 4 og $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



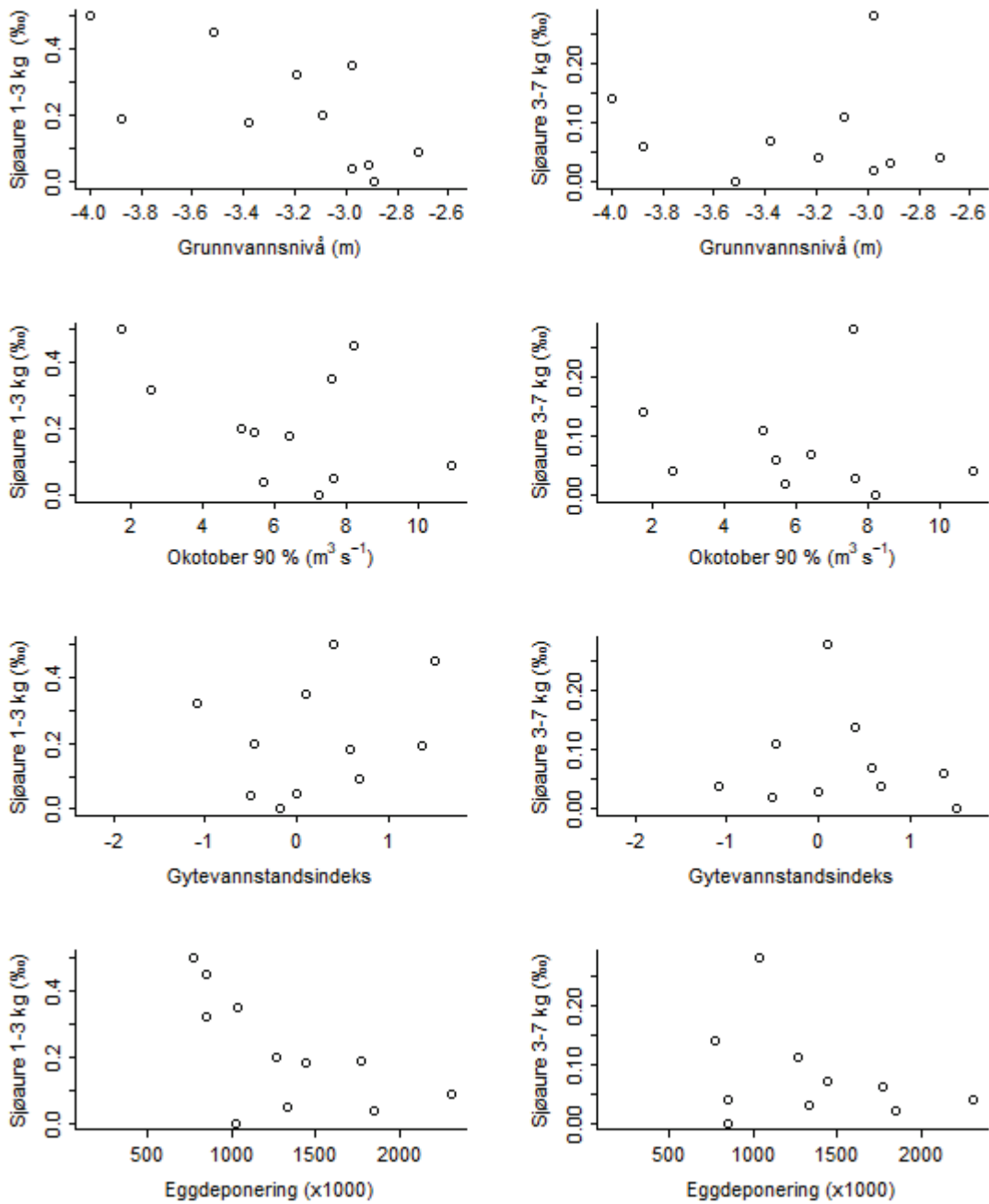
Vedlegg 1. Et utsnitt av Skjoma like ovenfor Skjomdalen skole, til venstre ved en vannføring på $1,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (18.8.2010), til høyre ved en vannføring på $8,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (29.6.2003).

Vedlegg 2 Rekrutteringskoeffisienter laks



Vedlegg 2. Rekrutteringskoeffisienter for smålaks, mellomlags ho og storlags ho, i forhold til grunnvannsnivå (øvre rad), oktober 90-prosentil (andre rad), gytevanntandsindeks (tredje rad), og eggdeponering for året årsklassen ble gytt (nederste rad).

Vedlegg 3. Rekrutteringskoeffisienter for sjøaure



Vedlegg 3. Rekrutteringskoeffisienter for sjøaure i vektklasse 1-3 kg og 3-7 kg, i forhold til grunnvannsnivå (øvre rad), oktober 90-prosentil (andre rad), gytevanntandsindeks (tredje rad), og eggdeponering for året årsklassen ble gytt (nederste rad).

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur-samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer og Oslo. NINA er i ferd med å etablere et kontor i Bergen. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3262-3

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgard, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger