



Oppvandrende laksefisk i Skjoma

- hvilke faktorer bestemmer oppvandring
fra sjøen til elva?

Anders Lamberg, Lamberg Bio Marin

Peder Fiske, NINA

Geir Tesaker, Tesaker Vann AS

Einar Tesaker, Tesaker Vann AS

Sjur Gammelsrud, Statkraft Energi AS

10
2006



RAPPORT MILJØBASERT VANNFØRING

FoU-programmet Miljøbasert vannføring

Programmet Miljøbasert vannføring har som mål å skaffe økt kunnskap om virkninger av sterkt redusert vannføring i vassdrag, slik at forvaltningen får et bedre faglig grunnlag for å fastsette vannføringen ved inngrep i vassdrag. Dette er aktuelt i forbindelse med nye vassdragskonsesjoner, revisjon av vilkår i gamle konsesjoner og som følge av den nye vannressursloven og EUs rammedirektiv for vann. Programmet finansieres av Olje- og energidepartementet og er forankret i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Programmets fase I har en tidsramme på fem år (2001-2005). Programmet er organisert med en styringsgruppe, bestående av representanter fra NVE med lederansvar, energibransjen, naturforvaltningen og interesseorganisasjoner, og et fagutvalg der ulike fagområder er representert. Den daglige ledelse og administrasjon av programmet er knyttet til Vannressursavdelingen i NVE.

Oppvandrende laksefisk i Skjoma – hvilke faktorer bestemmer oppvandring fra sjøen til elva?

Rapport nr. 10 - 2006

Oppvandrende laksefisk i Skjoma – hvilke faktorer bestemmer oppvandring fra sjøen til elva?

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Anders Lamberg, Lamberg Bio Marin
Peder Fiske, Norsk institutt for naturforskning
Geir Tesaker, Tesaker Vann AS
Einar Tesaker, Tesaker Vann AS
Sjur Gammelsrud, Statkraft Energi AS

Trykk: NVEs hustrykkeri

Forsidefoto: Lærdalslaks. Foto: Anders Lamberg

ISSN: 1502-234X

ISBN: 82-410-0586-5

Sammendrag: De fleste studiene av oppvandring av laksefisk i forhold til miljøforhold har sett på vandringer forbi vandringshindre. I denne studien har vi sett på sjøaure og laks som vandrer fritt forbi en kamerarekke på bunnen av elva uten at de møter noen som helst hindringer. Vi har registrert oppvandring av laksefisk på timebasis og modellert dette opp mot miljøvariable målt fra en rekke kilder. Oppvandringen ble modellert med Poisson log-lineære modeller. Vår modelltilnærming forklarte i de best tilpassede modellene om lag en tredjedel av variasjonen i oppvandringen av aure, forklaringsgraden for laks var lavere. Vår studie viste at tidevannet påvirker oppvandringen av laksefisk i Skjoma ved at fiskene vandret opp i elva når vannstanden i sjøen var høy. Videre ser det ut til å vandre mest fisk på tider da den er best mulig kamuflert i vannet. At fiskene vandrer i tussmørke, når det regner eller blåser, og at nedsatt sikt i vannet (høyere turbiditet) ser ut til å øke oppvandringen kan alle tolkes som at faktorer som gir fisken bedre skjulmuligheter stimulerer oppvandringen. I de modellene hvor vannføring kom med i modellen var det alltid med negativt fortegn, noe som tyder på at fisken vandrer på liten vannføring. Dette er vanskelig å forklare, men kan kanskje skyldes at vi har registrert oppvandringen av laksfisk fra sjøen til elva på et sted uten vandringshindre.

Emneord: Videoregistrering, laks, sjøaure, oppvandring.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO
Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mars 2006

Innhold

Forord	7
Sammendrag	9
1. Innledning.....	11
2. Metoder.....	11
Registrering av fisk	12
Logging av fysiske miljøparametere	13
Værstasjon	13
Fysiske parametere i og ved elva	14
Registrering av sjøhøyde	15
Modellering av oppvandring	15
Valg av variable i startmodell.....	15
3. Resultater	16
Antall fisk på oppvandring i undersøkelsesperioden	16
Modellering av oppvandringen.....	16
Sjøhøyde	16
Nebør	19
Vind.....	19
Vanntemperatur og endring i vanntemperatur.....	19
Barometertrykk og endring av barometertrykk.....	19
Turbiditet	19
Lysstyrke.....	19
Dagnummer.....	21
Vannføring og endring i vannføring	21
4. Diskusjon.....	21
Videre muligheter	22
5. Litteratur	23
6. Appendiks 1	25

Forord

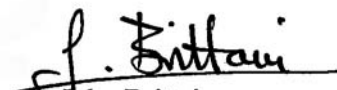
Oppvandring av voksen fisk fra havet for å gyte i ferskvann er sentralt i livssyklusen til både laks og sjøørret. Vannføring er den miljøparameteren som er oftest omtalt som kontrollerende faktor for oppvandring, men flere andre parametre, som temperatur og nedsatt sikt, har vist seg å være utslagsgivende.

Denne studien av oppvandrende laksefisk i Skjoma har vært utført i en strekning uten vandringshindre. Dette gjør det mulig å se på effekten av ulike miljøvariable på fiskens vandring, uavhengig av for eksempel fisketrapper eller dammer. For å registrere fiskens passering, er det benyttet en videokamerarekke på bunnen av elva.

Kunnskap fra slike studier gir forvaltningen viktig informasjon om de forholdene som er nødvendig for at fisken skal vandre oppover et vassdrag, og gir samtidig muligheten for å tilpasse ikke bare vannføring, men andre miljøfaktorer som påvirker oppvandringen, for å sikre at tilstrekkelig antall fisk når gyteområdene.

Oslo, mars 2006


Haavard Østhagen
leder styringsgruppe


John Brittain
programleder

Sammendrag

De fleste studiene av oppvandring av laksefisk i forhold til miljøforhold har sett på vandringer forbi vandringshindre som feller eller laksetrapper, eller ved å studere ett fåtall fisk detaljert ved hjelp av telemetri. I denne studien har vi sett på sjøaure og laks som vandrer fritt forbi en kamerarekke på bunnen av elva uten at de møter noen som helst hindringer. Vi har registrert oppvandring av laksefisk på timebasis, og modellert dette opp mot miljøvariable målt fra en rekke kilder (egen dataloggerstasjon, lokal værstasjon, NVEs vannføringsmålinger, samt vannstandsmålinger i sjøen fra Narvik). Oppvandringen ble modellert med Poisson log-lineære modeller. Vår modell-tilnærming forklarte i de best tilpassede modellene om lag en tredjedel av variasjonen i oppvandringen av aure, forklaringsgraden for laks var lavere. Vår studie viste at tidevannet påvirker oppvandringen av laksefisk i Skjoma ved at fiskene vandret opp i elva når vannstanden i sjøen var høy. Videre ser det ut til å vandre mest fisk på tider da den er best mulig kamuflert i vannet. At fiskene vandrer i tussemørke, når det regner eller blåser, og at nedsatt sikt i vannet (høyere turbiditet) ser ut til å øke oppvandringen, kan alle tolkes som at faktorer som gir fisken bedre skjulmuligheter stimulerer oppvandringen. I de modellene hvor vannføring kom med i modellen var det alltid med negativt fortegn, noe som tyder på at fisken vandrer på liten vannføring. Dette er vanskelig å forklare, men kan kanskje skyldes at vi har registrert oppvandringen av laksfisk fra sjøen til elva på et sted uten vandringshindre.

1. Innledning

De fleste studiene av oppvandring av laksefisk i forhold til miljøforhold har sett på vandringer forbi vandringshindre som feller eller laksetrapper, eller ved å studere ett fåtall fisk detaljert ved hjelp av telemetri. I denne studien har vi sett på sjøaure og laks som vandrer fritt forbi en kamerarekke på bunnen av elva, uten at de møter noen som helst hindringer.

Vannføring er den faktoren som oftest er omtalt som kontrollerende faktor i forhold til oppvandring av laks i elver (f.eks. Banks 1969, Jonsson 1991). Flere undersøkelser har registrert at økninger i vannføring medfører økning i antall oppvandrende laks fra sjø til elv eller raskere oppvandring, og at oppvandring forsinkes i perioder med lav vannføring (f.eks. Huntsman, 1948; Hayes, 1953; Saunders, 1960; Brayshaw, 1967; Potter, 1988; Jonsson, 1991; Smith et al., 1994). Vandring videre oppover i elv kan også stimuleres av økninger i vannføring (f.eks. Huntsman, 1948; Hayes, 1953; Webb og Hawkins, 1989; Baglinière et al., 1990; Jensen et al., 1998; Erkinaro et al., 1999). Effekter av vannføring kan imidlertid være modifisert av andre faktorer som vanntemperatur, turbiditet, atmosfæretrykk, skydekke, vannkvalitet og tidevann (Banks, 1969; Jonsson, 1991). Resultater fra ulike undersøkelser spriker, og forholdet mellom vandring, vannføring og andre faktorer synes å være kompleks.

Et generelt problem ved analysering av oppvandringsdata, er at man ikke har kontroll på hvor mange fisk som er tilgjengelig for oppvandring til en hver tid. Man kan dermed ha perioder med gode forhold for oppvandring uten at det er fisk tilgjengelig. Dermed vandrer heller ingen fisk opp. Dette kan føre til at man ikke finner noen sammenheng med miljøforhold ved hjelp av tradisjonelle regresjonsanalyser (Trépanier et al., 1996). Dette problemet har vært løst ved at man har tatt hensyn til autokorrelasjon mellom nærliggende dager (Trépanier et al., 1996), eller ved at man bare har analysert et utvalg av dager (Jensen et al., 1986). For eksempel ble effekten av vannføring for oppvandring av fisk klarere dersom man kontrollerte for tilgjengelig antall fisk ved analyser av oppvandringsdata fra Orkla (Thorstad et al., 2003; Hvidsten et al., 2004). Et annet problem med tradisjonelle regresjonsanalyser på denne type data er at hvis oppgangen av fisk samvarierer med noen av miljøforholdene, kan man få korrelasjoner uten at det er noen underliggende årsakssammenheng. Oppvandringsdata fra Skjoma i 2001 i forhold til vannføring og vanntemperatur har blitt analysert tidligere med tradisjonelle regresjonsanalyser (Bergan et al., 2003) uten at det ble gjort forsøk på å kontrollere for antall tilgjengelig fisk. Vi har her forsøkt å kontrollere for dette ved å bruke antall fisk som kommer til å gå opp i løpet av ulike perioder (ett døgn fram i tid, fem døgn fram i tid og resten av sesongen) som et mål på fisk som kan være tilgjengelig for oppvandring.

2. Metoder

Vi har registrert oppvandring av laksefisk på timebasis og modellert dette opp mot miljøvariable målt fra en rekke kilder (egen dataloggerstasjon, lokal værstasjon, NVEs vannføringsmålinger, samt vannstandsmålinger i sjøen fra Narvik). Oppvandringen ble modellert med Poisson log-lineære modeller.

Registrering av fisk

Tverrsnittet av Skjoma som ble videoovervåket, ligger under en kilometer fra munningen av elva. Vannstanden ved normalvannføring er ca. 70 cm på det dypeste. Det dypeste partiet ligger ca. tre meter fra forbygningen (**figur 1**). Dybden påvirkes svært lite av tidevannet og det kommer aldri sjøvann opp til denne delen av vassdraget.

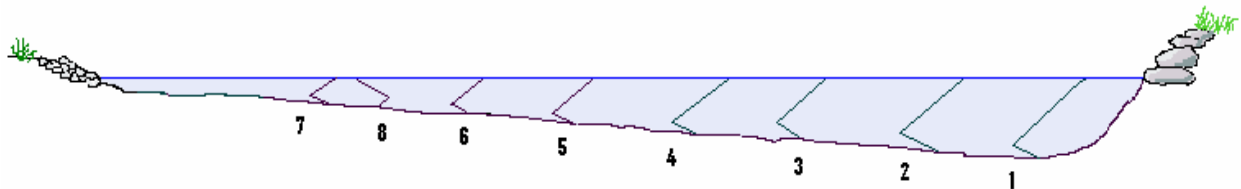
Lokaliteten i Skjoma har blitt overvåket ved hjelp av 8 undervanns videokamera. Hvert kamera ble montert på en tung plattform som ble plassert på bunnen (**figur 2**). Avstanden mellom kameraene var ca. 2,5 meter. Kameraenes optiske akse var vinkelrett på vannstrømmen og de pekte mot forbygningen på nordøstre bredd. Det siste kamera i rekken (kamera 8) var snudd motsatt (mot vestre bredd).

Fra hvert kamera går det en kabel for overføring av videobilde og strøm til kamera (videokabel 75 Ω impedans, 2 x 0,5 mm til strømforsyning). Kabelen var besatt med lodd for hver ca. 2 meter for å ligge stabilt i perioder med høy vannføring. Fire og fire kamerabilder ble koblet til til bildesplittere (Quad) i et skap ved elvebredden. De to videolinjene ble deretter ført videre via fiberoptisk kabel til Statkrafts administrasjons og verkstedsbygg ca. 600 meter fra kameraene (**figur 3**). Videosignalet fra de to optiske fibrene ble deretter konvertert til analoge signaler igjen og tatt inn på to analoge videoopptakere (S-VHS). Det ble gjort opptak med en bilderate på ca. ett bilde pr sekund.

Videoopptakene ble analysert manuelt ved avspilling ca. 50 ganger raskere enn opptakshastighet. Det ble benyttet en høyoppløselig monitor med "under scan" hvor 100 % av bildet er synlig. Hver fiskepassering ble definert som en hendelse angitt til det sekundet fisken først kom inn i bildet. Hver fisk som passerte ble bestemt til art (sjøaure, laks eller røye) og størrelsen ble vurdert ut fra sammenligning med kjente objekter (stein). Størrelsesvurdering av steinene ble gjort ved hjelp av en målestav som ble ført gjennom bildet. Kroppstørrelsen ble derfor trolig ikke beregnet med høyere nøyaktighet enn pluss/minus 5 cm. For observasjoner av laks ble det også skilt mellom vill fisk og individer med tydelige tegn på oppdrettsbakgrunn. Det ble også forsøkt å skille mellom hann- og hunnlaks.

I tillegg til arts- og størrelsesvurdering ble det registrert om fisken vandret opp eller ned og hvor lenge den oppholdt seg i kamerabildet. Sikten i vannet ble også registrert subjektivt til den avstanden det var mulig å oppdage en fisk på.

Det ble ikke benyttet kunstig belysning om natta. Kameraene er imidlertid så lyssterke at det er først rundt 12. august at det blir for mørkt om natta. Den mørke perioden om natta øker fra noen minutter rundt 12. august til ca. 9 timer den 15. september og ca. 11 timer den 1. oktober.



Figur 1. Tverrsnitt av Skjoma der videokameraene var plassert i perioden i 2004. Kamera 8 hadde observasjonsretning motsatt av de andre kameraene, for å dekke det grunne partiet mot den sørvestre bredden.



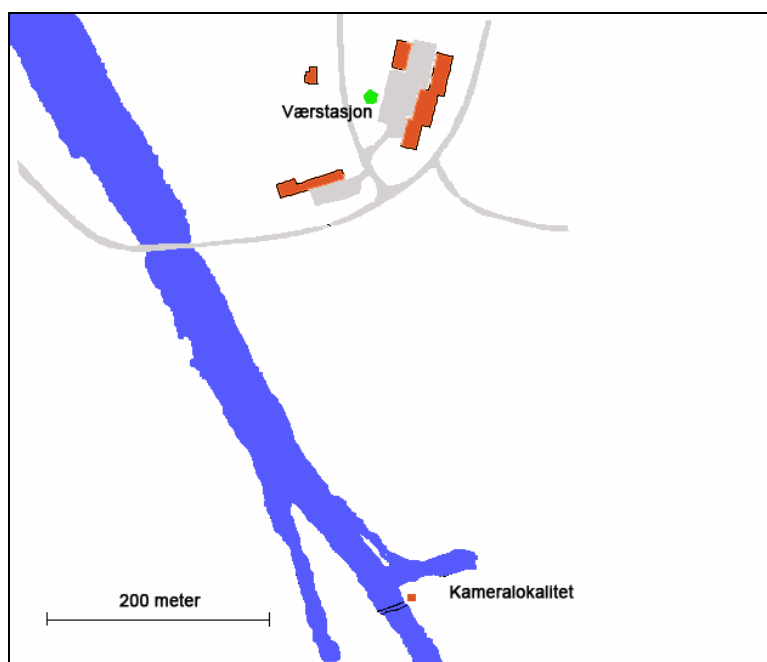
Figur 2. Videokameraene var plassert på en tung plattform på bunnen.

Logging av fysiske miljøparametere

Fysiske miljøparametere ble logget både i en værstasjon ved Statkrafts stasjonsbygning og i et logger-system ved kameraene i elva. Værdata ble registrert hele observasjonsperioden fra 22.6 til 11.10. Loggestasjonen ved elva ble satt ut av drift 5.08 på grunn av lynnedslag. Den ble satt i drift igjen den 18.08 og var deretter i drift resten av sesongen.

Værstasjon

Lufttemperatur (°C), vindhastighet (m/s), vindretning (0-360 grader) og nedbør (mm) ble logget hver time. Data ble hentet fra værstasjonen ved Statkrafts stasjonsbygning på Elvegård. Værstasjonen ligger ca. 600 meter fra kameralokaliteten i elva (**figur 3**).



Figur 3. Lokalisering av værstasjon i forhold til kameralokalitet i Skjoma i 2004.

Fysiske parametere i og ved elva

Det ble montert sensorer i vannet for måling av pH, oksygen (ppm), vanntemperatur, turbiditet og vannhøyde. Alle sensorene ble montert i et svart plastrør der vannet kunne strømme gjennom. Plastrøret ble laget med vinkler (**figur 4**) for at sensorene ikke skulle påvirkes av dagslyset. Spesielt var dette viktig for turbiditetsmålingen, men reduksjon av lyset skulle også hindre begroing på alle sensorene.

Oksygenmåleren var av typen Royce (Modell 9100D) og måler oppløst oksygen i vannet. pH-måleren var av typen Royce (Modell 5300). Måleren ble kalibrert mot kjent bufferløsning før utplassering 22.06 og midt i sesongen 18.05. Test mot bufferløsning med pH 7,00 og 4,00 ved avslutning av prosjektet 11.10 ga måling på henholdsvis 7,18 og 4,14 ved buffertemp 5 °C.

Turbiditetsmåleren var av typen "Seapoint Turbidity Meter" (Impulse AG-206/306). Denne sensoren sender ut lys i vannet og ved hjelp av en detektor måles spredt lys fra emittoren. Sensoren har lineær respons for FTU-verdier (Formazin Turbidity Standard) under 750 (svært turbid vann). I Skjoma har vannet svært lav turbiditet selv i perioder med flom og nedbør.

Vannhøyden ble målt ved hjelp av en trykksensor på bunnen (Sensortechncics CTE9001GY4) og én i luft for kontroll av variasjoner i atmosfæretrykk (Sensortechncics 144SC8011BARO). Samtidig ble atmosfæretrykk logget som egen parameter. Det ble også montert en lysmåler (Photodiode SFH206K) like ved elvebredden, som målte reflektert lys fra bakken. Lysmåleren målte lysstyrken i enheten mikroampere og ikke lux. Høy verdi er mye lys og liten verdi lite lys. Sensitiviteten er i bølgelengdeområdet 400 til 1100 nm. Våre målte verdier varierte fra 0,4 til 392. Døgngjennomsnitt fra 4 til 111.



Figur 4. Rør med sensorer for oksygen, pH, vanntemperatur, vannstand og turbiditet.

Alle parametrene ble logget hvert tiende minutt med en 16 bits datalogger av typen Intab 2100. Data ble nedlastet fra loggeren en gang underveis i sesongen den 18.08.04.

Registrering av sjøhøyde

Sjøhøyde målt som cm over normalnull fra 1954 hvert tiende minutt, ble hentet fra Statens kartverks (<http://vannstand.statkart.no/oversiktHistData.php>) målestasjon i Narvik. Det ble ikke gjort noen korrigering for tidsforskyving i tidevann mellom Narvik og Skjoma.

Modellering av oppvandring

Tellingene av fisk som passerte opp i løpet av hver klokke time ble analysert mot ulike miljøvariable målt som gjennomsnittsverdier for disse i løpet av hver enkelt time. Oppvandringen av fisk ble modellert med generaliserte lineære modeller (Poisson log-lineære modeller) (McCullagh og Nelder, 1989). Dette er samme type modell som blir brukt for å beskrive smoltutvandringen i Orkla (Hvidsten et al., 1995). Den avhengige variabelen var antall fisk som passerte i hver time. Selve testene ble utført i programpakken R (versjon 1.6.2) (<http://www.r-project.org/>). I modelleringen ble det antatt at fisk som ble talt i løpet av sesongen representerte hele oppvandringen. *Antall fisk igjen* (dvs. totalt antall fisk som passerte telleren i løpet av sesongen minus de som allerede hadde passert) delt på *antall timer som er igjen* ble brukt som en "offset" i modellen. Vi beregnet "offset" på tre ulike måter; (1) ved å benytte antall fisk som vandret opp i løpet av de kommende 24 timer delt på 24, (2) ved å benytte antall fisk som vandret opp i løpet av de kommende 5 døgn delt på 5*24, og (3) antall fisk igjen i sesongen delt på antall timer igjen. Dette vil si at antallet som kan vandre opp i følge modellen er avhengig av antallet fisk som er tilgjengelig for oppvandring. Slik tar modellen hensyn til at gode forhold for oppvandring som oppstår når det er få fisk tilgjengelig, ikke kan resultere i store oppvandring. Imidlertid er dette en indirekte måte å kontrollere for antall oppvandrende fisk på som helt sikkert ikke tar bort alle problemene med at vi ikke til en hver tid kjenner hvor mye fisk som er tilgjengelig for oppvandring. Valget mellom ulike modeller ble gjort ved Akaiikes Informasjons Kriterium (AIC) (Akaike, 1974). Siden bruk av AIC kan føre til at man får "overtilpassede" modeller (Venables og Ripley, 2002, side 175-176), valgte vi å bruke "drop.term" prosedyren i R for å fjerne termer som ikke bidro signifikant til modellen. "Drop.term" ble benyttet stegvis ved å fjerne den minst signifikante termen i hvert steg inntil alle termene i modellen bidro signifikant (ved $\alpha = 0,05$). Modellene som ble valgt for å representere oppvandringen på timebasis i forhold til ulike miljøvariable (se appendiks 1 for modeller), var av følgende form:

$$\ln(\text{Forventet antall oppvandrende fisk}) = \ln(\text{Antall gjenværende fisk} / \text{Antall gjenværende timer}) + \beta_1 * (\text{Variabel 1}) + \beta_2 * (\text{Variabel 2}) + \dots + \beta_n * (\text{Variabel n}) + \text{konstant}.$$

Forklaringsgrader (r^2) til de ulike modellene ble beregnet som 1-(devians til den valgte modellen/ devians til null modell).

Valg av variable i startmodell

For alle modelltilnærmingene startet vi med følgende variable: sjøhøyde, nedbør, vind, vann-temperatur, endring i vanntemperatur, barometertrykk, endring i barometertrykk, turbiditet, lysstyrke, dagnummer (dag i året 1 = 1. januar), vannføring og endring i vannføring. Oksygen ble ikke med i modellen fordi disse målingene korrelerte sterkt med vanntemperatur ($r = -0,93$), og således uttrykker disse to variable det samme. Dette er som forventet siden løseligheten til gass i vann er temperatur-

avhengig. Vannhøyde målt ved passeringspunktet var litt påvirket av vannstanden i sjøen ved høy flo, derfor valgte vi NVE's vannføringsmålinger for å representere vannføring. For å begrense antall variable i vår startmodell ble også pH ikke tatt med, siden forsuring ikke er antatt å være et problem i Skjoma. pH målingene varierte mellom 6,13 og 7,08. For hver enkelt variabel ble gjennomsnittet av alle målingene i løpet av timen benyttet, slik at hver variabel hadde en verdi for hver time.

3. Resultater

Vår modelltilnærming forklarte i de best tilpassede modellene om lag en tredjedel av variasjonen i oppvandringen av aure, forklaringsgraden for laks var lavere. Sjøhøyde kom med som en positiv variabel i alle modeller, noe som viser at fisken i Skjoma stort sett vandrer opp fra sjøen til elva rundt flo sjø. Fiskene tenderte også til å vandre opp fra sjøen på tider av døgnet med relativt lite lys og under forhold som ellers kan tenkes å gi fiskene skjul.

Antall fisk på oppvandring i undersøkelsesperioden

I løpet av perioden hvor vi hadde registreringer av alle miljøparametrene ble det registrert 1861 oppvandringstilfeller av aure (744 småaure mindre enn 35 cm, 803 "mellomaure" mellom 35 og 55 cm, 280 storaure over 55 cm, samt 34 aure som ikke lot seg størrelsesmåle) og 56 oppvandringstilfeller av laks (20 smålaks under 70 cm, 33 mellom og storlaks over 70 cm, samt 3 laks som ikke lot seg størrelsesmåle).

Modellering av oppvandringen

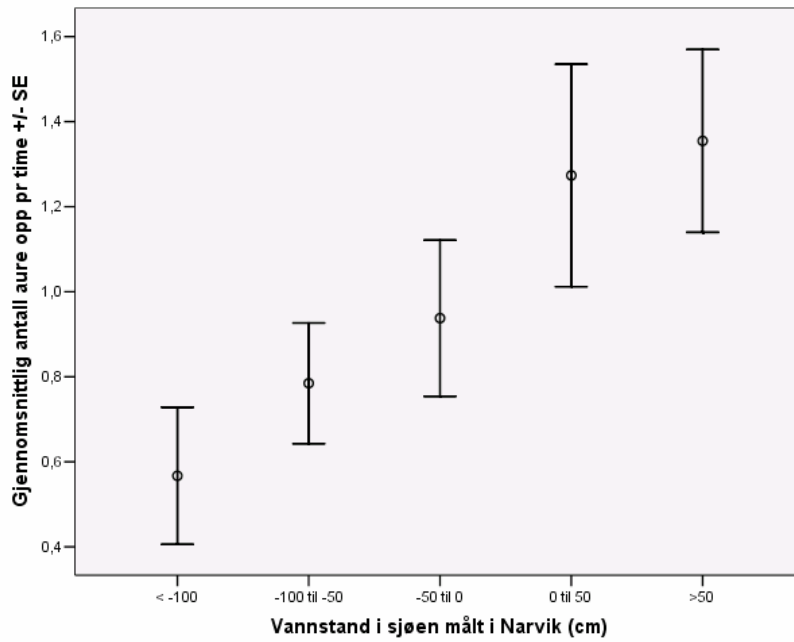
Av de ulike modelltilnærmingene hadde modellene hvor vi brukte antall fisk opp i resten av sesongen delt på antall timer igjen av sesongen som "offset", den høyeste forklaringsgraden (**tabell 1**). Vår modelltilnærming med hele sesongen brukt til å beregne "offset" forklarte mellom 24 % og 37 % av variasjonen i oppvandring av aure, mens mellom 14 % og 15 % av variasjonen i oppvandringen av laks ble forklart av våre modeller (**tabell 1**). For modellene hvor vi brukte en kortere tidsperiode som "offset" var forklaringsgradene lavere (**tabell 1**). De ulike modellene er gjengitt i detalj i appendiks 1.

Sjøhøyde

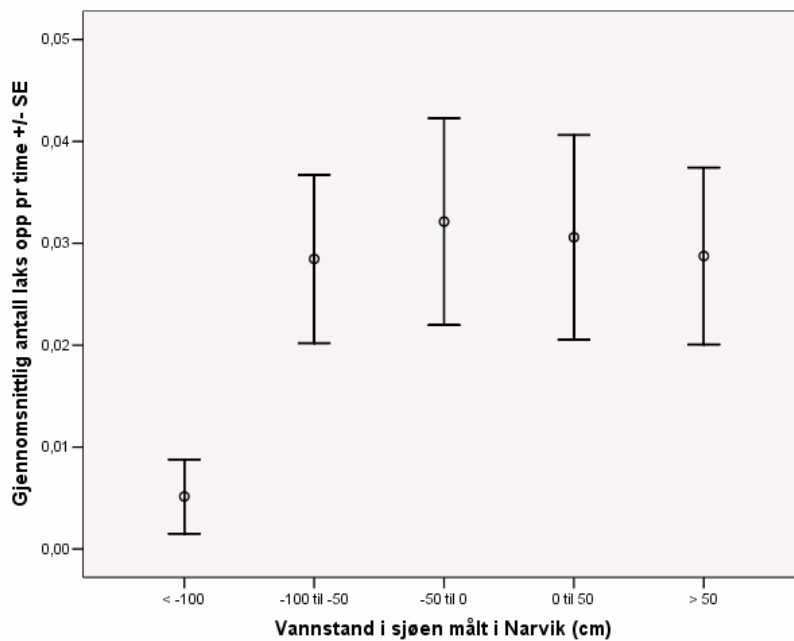
I alle modelltilnærmingene (**tabell 1, appendiks 1**) var sjøhøyde inne i modellen med positivt fortegn, imidlertid var effekten av sjøhøyde bare marginalt signifikant for to av smålaksmodellene (**tabell 1, appendiks 1**). Dette viser at både laks og aure vandret opp når vannstanden i sjøen var høy (i nærheten av flo sjø). Hvis vi ser på effekten av sjøhøyde isolert fra de andre parameterne ser vi også at det vandret mer fisk per tidsenhet ved høy vannstand i sjøen enn ved lav (**figur 5, figur 6**).

Tabell 1. Fortegn på parameterestimatene for ulike variable som bidro signifikant for alle 21 modellene som ble tilpasset oppvandring av laks og aure i Skjoma i 2004. Dersom det ikke står noe fortegn i tabellen betyr det at variabelen ikke bidro signifikant til modellen. De enkelte modellene er gjengitt i detalj i appendiks 1.

Parameter	Aure						Laks						Mellom og storlaks								
	totalmateriale			Småaure			Mellomaure			Storaure			totalmateriale			Smålaks			storlaks		
	1 døgn	5 døgn	Sesong	1 døgn	5 døgn	Sesong	1 døgn	5 døgn	Sesong	1 døgn	5 døgn	Sesong	1 døgn	5 døgn	Sesong	1 døgn	5 døgn	Sesong	1 døgn	5 døgn	Sesong
Sjøhøyde	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	(+)	(+)	+	+	+
Nedbør	+	+		+			+	+	+												
Vind	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-										
Vanntemperatur		+	+	+	+	+			+	+	+			+			+				+
Endring i vanntemp.		-	-	-	-	-															
Barometertrykk	+		+	+	+	+	+		+	+			+								
Endring i barometer	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+				+	+	+
Turbiditet		+	+	+	+	+		+	+		+	+			+						+
Lysstyrke	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dagnummer		-	-																		
Vannføring	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endring i vannføring										+											
r^2	0,12	0,17	0,32	0,13	0,18	0,37	0,15	0,20	0,29	0,07	0,12	0,24	0,12	0,09	0,15	0,11	0,09	0,14	0,14	0,10	0,15



Figur 5. Gjennomsnittlig antall sjøaure på oppvandring per time i Skjoma for ulike vannstander målt i sjøen ved Narvik i 2004.



Figur 6. Gjennomsnittlig antall laks på oppvandring per time i Skjoma for ulike vannstander målt i sjøen ved Narvik i 2004.

Nedbør

Nedbør kom med i seks av 21 modeller, alltid med positivt fortegn (**tabell 1, appendiks 1**). Dette tyder på at nedbør kan stimulere fisken til oppvandring.

Vind

Vind kom med i 11 av 21 modeller, ni med positivt fortegn og to med negativt fortegn (**tabell 1, appendiks 1**). Dette tyder på at i de fleste tilfeller ser vind ut til å ha en positiv effekt på oppvandringen av aure fra sjøen til elva.

Vanntemperatur og endring i vanntemperatur

Vanntemperatur kom med i 11 av 21 modeller, alle med positivt fortegn, mens endring i vanntemperatur kom med i fem av 21 modeller, alle med negativt fortegn (**tabell 1, appendiks 1**). Dette tyder på at innenfor det spennet av vanntemperaturer som vi undersøkte, ser høy (men muligens avtagende) vanntemperatur ut til å stimulere oppvandring fra sjøen til elva.

Barometertrykk og endring av barometertrykk

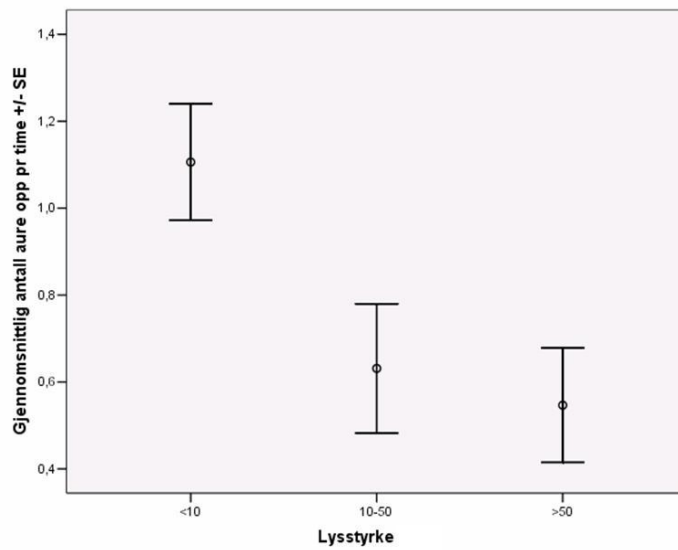
Barometertrykk kom med i ni av 21 modeller, mens endring i barometertrykk kom med i 17 av 21 modeller. Begge kom inn i modellen med positivt fortegn dersom de ble med (**tabell 1, appendiks 1**). Dette tyder på at høyt og stigende barometertrykk stimulerer oppvandring fra sjøen til elva.

Turbiditet

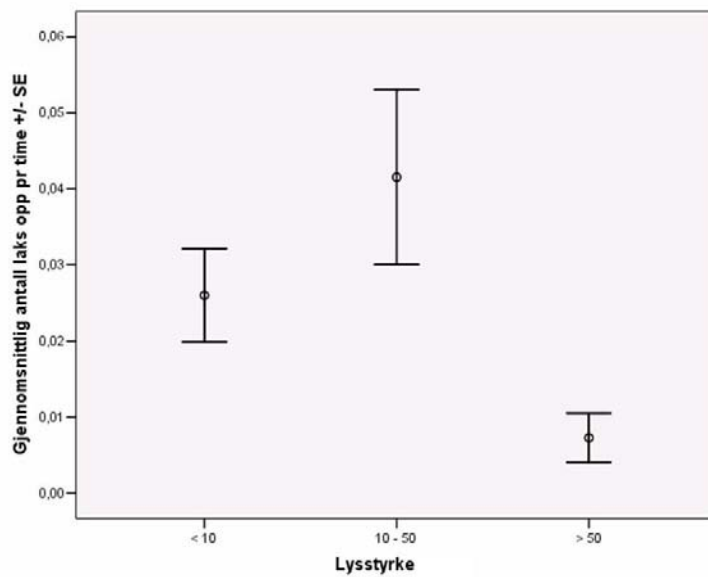
Turbiditet kom med i 11 av 21 modeller, alltid med positivt fortegn (**tabell 1, appendiks 1**). Dette tyder på at litt grumsete vann ser ut til å stimulere oppvandringen fra elv til sjø.

Lysstyrke

Lysstyrke kom med i 17 av 21 modeller, alltid med negativt fortegn (**tabell 1, appendiks 1**). Dette viser at fisken foretrekker å vandre opp i tussmørke framfor på dagen. Dersom vi ser isolert på effekten av lysstyrke på oppvandringen vises denne effekten også tydelig (**figur 7, figur 8**).



Figur 7. Gjennomsnittlig antall sjøaure på oppvandring per time i Skjoma for ulike lysstyrker målt i 2004. Lysstyrken er målt i enheten mikroampere. Høy verdi er mye lys og liten verdi lite lys.



Figur 8. Gjennomsnittlig antall laks på oppvandring per time i Skjoma for ulike lysstyrker målt i 2004. Lysstyrken er målt i enheten mikroampere. Høy verdi er mye lys og liten verdi lite lys.

Dagnummer

Dagnummer kom med i åtte av 21 modeller, alltid med negativt fortegn (**tabell 1, appendiks 1**). Dette er et overraskende resultat, som dersom det tolkes direkte tyder på at fiskens motivasjon for oppvandring blir svakere utover i sesongen.

Vannføring og endring i vannføring

Vannføring kom med i 14 av 21 modeller, alltid med negativt fortegn (**tabell 1, appendiks 1**), mens endring i vannføring bare kom med i en modell, da med positivt fortegn. Dette er et overraskende resultat, siden mange andre studier viser at økning i vannføring ser ut til å stimulere vandringsaktivitet hos laksefisk.

4. Diskusjon

Vår studie viste at tidevannet påvirker oppvandringen av laksefisk i Skjoma ved at fiskene vandret opp i elva når vannstanden i sjøen var høy. Videre ser det ut til å vandre mest fisk på tider da den er best mulig kamouflert i vannet. At fiskene vandrer i tussemørke, når det regner eller blåser, og at nedsatt sikt i vannet (høyere turbiditet) ser ut til å øke oppvandringen, kan alle tolkes som at faktorer som gir fisken bedre skjulmuligheter stimulerer oppvandringen.

Den negative sammenhengen med vannføring er mer overraskende og vanskelig å forklare. Kanskje skyldes dette at vi her har studert vandring fra sjøen og opp i elva på en strekning som ikke har betydelige vandringshindre. Muligens vil da fisken vandre opp fra sjøen og opp i elva uavhengig av vannføring, men at vandring forbi vandringshindre i større grad kan være vannføringsavhengige. Vi hadde også med dagnummer (tid på sesongen) som en variabel fordi vi forventet at motivasjonen for å vandre opp skulle øke utover i sesongen. At vi så fikk det motsatte resultatet er overraskende, og vi har ikke noen god forklaring på dette.

De modellene som best forklarte dataene forklarte bare om lag en tredjedel av variasjonen i oppvandringen. Dette kan skyldes at vi ikke har noe godt mål på tilgjengelig fisk til en hver tid, slik at materialet blir preget av at det ikke er tilgjengelig fisk for oppvandring i enkelte perioder med gode forhold for oppvandring. Videre er det mulig at siden det ikke er noen markerte vandringshindre på strekningen fra flomålet til vårt passeringspunkt, så vil fisken vandre opp i elva etter hvert som den kommer inn fra sjøen stort sett uavhengig av miljøforhold. Materialet viser klart at det meste av fisken vandrer opp når vannstanden i sjøen er høy (i tidsrommet rundt flo sjø) og at oppvandringen skjer når det ikke er for sterkt lys. Vannstand i sjøen og lys ser ut til å påvirke oppvandringen både for laks og aure. Inndelingen av materialet i ulike størrelsesklasser ga ikke så mye ekstra forklaringsgrader i modellene i forhold

til å analysere materialene samlet. Dette er litt overraskende siden det i tidligere år har blitt påvist at større fisk av både laks og aure ser ut til å vandre på høyere vannføringer i Skjoma (Fiske og Lamberg, 2006). Imidlertid var denne tendensen mindre uttrykt i 2004 enn i tidligere år (Fiske og Lamberg, 2006).

Dette er en av de første studiene som har analysert oppvandringen av et stort antall fisk som vandrer fritt opp i en elv uten at tellingene er knyttet til noen form for vandringshinder som en felle eller en fisketrapp. Resultatene er derfor interessante for å vurdere oppvandringen fra sjø til elv under naturlige forhold. Imidlertid er Skjoma sterkt regulert noe som gjør at en generalisering av resultatene må gjøres med forsiktighet. Dataene for aure er mye bedre enn for laks siden det dreier seg om over 1800 aure, mens det bare er i overkant av 50 laks i materialet. Antall sjørøye som passerte var for lavt til at det er meningsfullt å tilpasse noen modell til disse dataene.

Videre muligheter

Denne studien har på en god måte beskrevet oppvandringen fra sjøen og opp i elva, men sier ikke noe om videre oppvandring i elvesystemet. Et generelt problem ved oppvandringsstudier er et man ikke til en hver tid vet hvor mye fisk som er tilgjengelig for oppvandring. I Skjoma har vi meget god kontroll på hvor mye fisk som til en hver tid går opp i elva. Kombinert med detaljerte fangstdata vil denne elva derfor kunne gi unike muligheter til også å studere videre oppvandring i elva i et system hvor vi kjenner antall tilgjengelig fisk. Dette kan gjøres dersom videokameraer også blir satt opp lenger opp i elva, for eksempel opp for Berghøla som ser ut til å samle fisk som venter på gunstige forhold for videre oppvandring.

Videre viser 2004 dataene en god korrelasjon mellom vannføringsdata og vannhøydemålingene, samt at nedbør og vindstyrke kommer inn som forklaringsvariable for oppvandring. Slike data kan skaffes tilbake til 2001, og det er dermed mulig å gjøre analyser av flere år enn 2004 ved å inkludere værdata og målinger av sjøhøyde i datasettet siden det allerede finnes tilgjengelige data om fiskevandring for perioden 2001-2005 (Fiske og Lamberg, 2006).

Denne studien har vært gjennomført i et sterkt regulert vassdrag, og det kan derfor stilles spørsmål ved om hvor representative våre data er for å beskrive generelle oppvandringsmønstre. For eksempel må man forvente at de lokale fiskebestandene i Skjoma er tilpasset et helt annet vannføringsregime enn det vi finner i elva i dag. Det ville derfor være interessant å gjennomføre lignende studier i uregulerte vassdrag for å undersøke hvor generelle resultatene fra vår studie er. Slike studier er mulige å gjennomføre siden det allerede i dag finnes flere uregulerte vassdrag hvor det foregår videoregistreringer av oppvandrende laksefisk etter samme mønster som i Skjoma. Skjoma er nå dominert av sjøaure, og det ville også være av interesse å gjennomføre lignende studier i vassdrag som er dominert av laks.

5. Litteratur

- Akaike, H. 1974. A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19:716-723.
- Baglinière, J. L., Maisse, G. og Nihouarn, A. 1990. Migratory and reproductive behaviour of female adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a spawning stream. *Journal of Fish Biology*, 36:511-520.
- Banks, J. W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *J. Fish. Biol.*, 1:85-136.
- Bergan, P. I., Jensen, C. S., Gravem, F. R., L'Abée-Lund, J. H., Lamberg, A. og Fiske, P. 2003. Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjøørret. Rapport Miljøbasert vannføring, Norges vassdrags- og energidirektorat, 2 2003:1-63.
- Brayshaw, J. D. 1967. The effects of river discharge on inland fisheries. (I: River Management pp. 102-118. Redigert av Isaac, P. G.) MacLaren. London.
- Erkinaro, J., Økland, F., Moen, K., Niemelä, E. og Rahiala, M. 1999. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: the role of environmental factors. *Journal of Fish Biology*, 55:506-516.
- Fiske, P. og Lamberg, A. 2006. Registreringer av oppvandrende laksefisk ved hjelp av videoovervåking i Skjoma i perioden 2001 - 2004. NINA Rapport, manus.
- Hayes, F. R. 1953. Artificial freshets and other factors controlling the ascent and population of Atlantic salmon in the LaHave River, Nova Scotia. *Fish. Res. Board of Can.*, 99:1-47.
- Huntsman, A. G. 1948. Freshets and fish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 75:257-266.
- Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, Ø. og Heggberget, T. G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic. J. Freshw. Res.*, 70:38-48.
- Hvidsten, N. A., Johnsen, B. O., Jensen, A. J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E. B., Jensås, J. G., Bakke, Ø. og Forseth, T. 2004. Orkla, et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. NINA Fagrapport, 079:1-96.
- Jensen, A. J., Heggberget, T. G. og Johnsen, B. O. 1986. Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the river Vefsna, northern Norway. *Journal of Fish Biology*, 29:459-465.

- Jensen, A. J., Hvidsten, N. A. og Johnsen, B. O. 1998. Effects of temperature and flow on the upstream migration of adult Atlantic salmon in two Norwegian rivers. (I: Fish migration and fish bypasses pp. 45-54. Redigert av Jungwirth, M., Schmutz, S. og Weiss, S.) Fishing News Books. Oxford.
- Jonsson, N. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic J. Freshw. Res.*, 66:20-35.
- McCullagh, P. og Nelder, J. A. 1989. *Generalized linear models*. Chapman & Hall, London.
- Potter, E. C. E. 1988. Movements of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in an estuary in south-west England. *J. Fish. Biol.*, 33:153-159.
- Saunders, J. W. 1960. The effect of impoundment on the population and movement of Atlantic salmon in the Ellerslie Brook, Prince Edward Island. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 17:453-473.
- Smith, G. W., Smith, I. P. og Armstrong, S. M. 1994. The relationship between river flow and entry to the Aberdeenshire Dee by returning adult Atlantic salmon. *J. Fish Biol.*, 45:953-960.
- Thorstad, E. B., Økland, F., Hvidsten, N. A., Fiske, P. og Aarestrup, K. 2003. Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag. Rapport Miljøbasert vannføring, Norges vassdrags- og energidirektorat, 1-2003:1-53.
- Trépanier, S., Rodríguez, M. A. og Magnan, P. 1996. Spawning migrations in landlocked Atlantic salmon: time series modelling of river discharge and water temperature effects. *Journal of Fish Biology*, 48:925-936.
- Venables, W. N. og Ripley, B. D. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Springer-Verlag, New York.
- Webb, J. og Hawkins, A. D. 1989. The movements and spawning behaviour of adult salmon in the Girnock Burn, a tributary of the Aberdeenshire Dee, 1986. *Scottish Fisheries Research, Report Number 40*.

6. Appendiks 1

Tilpassede Poisson log-lineære modeller for sammenhengen mellom antall oppvandrende laksefisk og ulike miljøvariable i Skjoma i 2004.

Aure totalmateriale 1 døgn

offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
	-			
Konstantledd	15.890	2.5640	-6.20	<0.001
Sjøhøyde	0.005	0.0003	17.06	<0.001
Nedbør	0.486	0.0500	9.73	<0.001
Vind	0.256	0.0328	7.82	<0.001
Barometertrykk	0.016	0.0025	6.25	<0.001
Endring i barometer	0.454	0.0672	6.75	<0.001
Lysstyrke	-0.005	0.0004	-11.26	<0.001
Vannføring	-0.038	0.0075	-5.06	<0.001

Aure totalmateriale 5 døgn

offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	4.509	0.6627	6.80	<0.001
Sjøhøyde	0.005	0.0003	15.81	<0.001
Nedbør	0.280	0.0459	6.10	<0.001
Vind	0.330	0.0308	10.71	<0.001
Vanntemperatur	0.087	0.0139	6.28	<0.001
Endring i vanntemp.	-0.963	0.2104	-4.58	<0.001
Endring i barometer	0.692	0.0694	9.98	<0.001
Turbiditet	0.243	0.0210	11.59	<0.001
Lysstyrke	-0.004	0.0005	-7.96	<0.001
Dagnummer	-0.027	0.0028	-9.76	<0.001
Vannføring	-0.132	0.0103	-12.86	<0.001

Aure totalmateriale sesong

offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
	-			
Konstantledd	23.930	3.0140	-7.94	<0.001
Sjøhøyde	0.004	0.0003	14.54	<0.001
Vind	0.312	0.0323	9.65	<0.001
Vanntemperatur	0.188	0.0139	13.53	<0.001
Endring i vanntemp.	-0.989	0.2040	-4.85	<0.001
Barometertrykk	0.024	0.0030	7.87	<0.001
Endring i barometer	0.868	0.0683	12.71	<0.001
Turbiditet	0.291	0.0186	15.59	<0.001
Lysstyrke	-0.003	0.0005	-6.49	<0.001
Dagnummer	-0.012	0.0024	-4.80	<0.001
Vannføring	-0.148	0.0095	-15.65	<0.001

Småaure 1 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
	-			
Konstantledd	26.540	5.9760	-4.44	<0.001
Sjøhøyde	0.004	0.0005	9.20	<0.001
Nedbør	0.622	0.1336	4.66	<0.001
Vind	0.571	0.0543	10.50	<0.001
Vanntemperatur	0.066	0.0240	2.75	0.006
Endring i vanntemp.	-1.332	0.3032	-4.39	<0.001
Barometertrykk	0.025	0.0060	4.14	<0.001
Endring i barometer	1.135	0.1286	8.83	<0.001
Turbiditet	0.065	0.0274	2.39	0.017
Lysstyrke	-0.002	0.0008	-2.38	0.017
Vannføring	-0.080	0.0210	-3.79	<0.001

Småaure 5 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
	-			
Konstantledd	33.130	5.7400	-5.77	<0.001
Sjøhøyde	0.004	0.0005	7.91	<0.001
Vind	0.619	0.0524	11.80	<0.001
Vanntemperatur	0.234	0.0226	10.37	<0.001
Endring i vanntemp.	-1.942	0.2593	-7.49	<0.001
Barometertrykk	0.028	0.0057	5.03	<0.001
Endring i barometer	1.422	0.1145	12.43	<0.001
Turbiditet	0.309	0.0273	11.31	<0.001
Vannføring	-0.163	0.0218	-7.47	<0.001

Småaure sesong offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
	-			
Konstantledd	63.250	5.6210	-11.25	<0.001
Sjøhøyde	0.003	0.0005	7.11	<0.001
Vind	0.663	0.0498	13.32	<0.001
Vanntemperatur	0.184	0.0217	8.47	<0.001
Endring i vanntemp.	-1.648	0.2614	-6.31	<0.001
Barometertrykk	0.060	0.0056	10.70	<0.001
Endring i barometer	1.608	0.1052	15.29	<0.001
Turbiditet	0.355	0.0232	15.31	<0.001
Vannføring	-0.320	0.0224	-14.26	<0.001

Mellomaure 1 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
	-			
Konstantledd	12.030	4.2400	-2.84	0.005
Sjøhøyde	0.006	0.0005	12.71	<0.001
Nedbør	0.626	0.0631	9.91	<0.001
Vind	0.155	0.0535	2.90	0.004
Barometertrykk	0.012	0.0042	2.90	0.004
Endring i barometer	0.356	0.1001	3.55	<0.001
Lysstyrke	-0.007	0.0008	-8.56	<0.001
Vannføring	-0.031	0.0112	-2.78	0.005

Mellomaure 5 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	6.391	0.8299	7.70	<0.001
Sjøhøyde	0.006	0.0005	12.40	<0.001
Nedbør	0.480	0.0530	9.05	<0.001
Vind	0.307	0.0511	6.00	<0.001
Endring i barometer	0.422	0.1021	4.13	<0.001
Turbiditet	0.133	0.0296	4.48	<0.001
Lysstyrke	-0.009	0.0008	-10.32	<0.001
Dagnummer	-0.028	0.0040	-6.97	<0.001
Vannføring	-0.145	0.0125	-11.55	<0.001

Mellomaure sesong offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	10.970	4.8370	-2.27	0.023
Sjøhøyde	0.006	0.0005	11.93	<0.001
Nedbør	0.406	0.0528	7.69	<0.001
Vind	0.263	0.0534	4.93	<0.001
Vanntemperatur	0.144	0.0224	6.46	<0.001
Barometertrykk	0.014	0.0050	2.83	0.005
Endring i barometer	0.524	0.1056	4.97	<0.001
Turbiditet	0.236	0.0334	7.07	<0.001
Lysstyrke	-0.008	0.0008	-9.35	<0.001
Dagnummer	-0.020	0.0037	-5.51	<0.001
Vannføring	-0.141	0.0124	-11.39	<0.001

Storaure 1 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	16.850	4.6380	-3.63	<0.001
Sjøhøyde	0.004	0.0008	5.71	<0.001
Barometertrykk	0.017	0.0046	3.71	<0.001
Lysstyrke	-0.005	0.0010	-4.93	<0.001
Vannføring	-0.027	0.0132	-2.09	0.037
Endring i vannføring	0.358	0.1289	2.78	0.005

Storaure 5 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	8.348	1.9229	4.34	<0.001
Sjøhøyde	0.004	0.0008	5.00	<0.001
Vind	-0.225	0.0951	-2.37	0.018
Vanntemperatur	0.169	0.0364	4.66	<0.001
Endring i barometer	1.041	0.1489	6.99	<0.001
Turbiditet	0.533	0.0818	6.51	<0.001
Dagnummer	-0.053	0.0098	-5.44	<0.001
Vannføring	-0.093	0.0177	-5.27	<0.001

Storaure sesong offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	4.428	1.5863	2.79	0.005
Sjøhøyde	0.004	0.0008	4.77	<0.001
Vind	-0.502	0.0957	-5.24	<0.001
Vanntemperatur	0.354	0.0320	11.06	<0.001
Endring i barometer	0.985	0.1474	6.68	<0.001
Turbiditet	0.671	0.0619	10.85	<0.001
Dagnummer	-0.045	0.0076	-5.96	<0.001
Vannføring	-0.101	0.0156	-6.49	<0.001

Laks totalmateriale 1 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	0.218	0.1882	1.16	0.248
Sjøhøyde	0.006	0.0020	3.17	0.002
Endring i barometer	0.767	0.4001	1.92	0.055
Lysstyrke	-0.009	0.0036	-2.47	0.013

Laks totalmateriale 5 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	0.104	0.1873	0.55	0.580
Sjøhøyde	0.006	0.0019	2.91	0.004
Endring i barometer	0.837	0.3966	2.11	0.035
Lysstyrke	-0.009	0.0033	-2.55	0.011

Laks totalmateriale sesong offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	34.716	17.1893	-2.02	0.043
Sjøhøyde	0.005	0.0018	2.78	0.005
Vanntemperatur	0.223	0.0653	3.42	<0.001
Barometertrykk	0.042	0.0175	2.40	0.016
Endring i barometer	0.834	0.3940	2.12	0.034
Turbiditet	0.447	0.1271	3.52	<0.001
Lysstyrke	-0.009	0.0036	-2.54	0.011
Dagnummer	-0.051	0.0139	-3.65	<0.001
Vannføring	-0.033	0.0131	-2.54	0.011

Smålaks 1 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	0.384	0.2654	1.45	0.148
Sjøhøyde	0.006	0.0031	2.04	0.041
Lysstyrke	-0.010	0.0048	-2.14	0.033

Smålaks 5 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	0.910	0.2750	3.31	<0.001
Sjøhøyde	0.006	0.0031	1.88	0.060
Lysstyrke	-0.011	0.0054	-2.03	0.043

Smålaks sesong offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	-2.522	1.1139	-2.26	0.024
Sjøhøyde	0.005	0.0029	1.81	0.070
Vanntemperatur	0.269	0.0780	3.45	<0.001
Lysstyrke	-0.011	0.0049	-2.21	0.027

Storlaks 1 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	0.318	0.2372	1.34	0.181
Sjøhøyde	0.005	0.0026	2.11	0.035
Endring i barometer	0.950	0.4571	2.08	0.038
Lysstyrke	-0.017	0.0072	-2.37	0.018

Storlaks 5 døgn offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	0.244	0.2413	1.01	0.311
Sjøhøyde	0.005	0.0025	2.06	0.039
Endring i barometer	0.973	0.4785	2.03	0.042
Lysstyrke	-0.015	0.0067	-2.26	0.024

Storlaks sesong offset:

Parameter	Estimat	SE	z	p
Konstantledd	11.118	3.4727	3.20	0.001
Sjøhøyde	0.005	0.0025	1.99	0.047
Vanntemperatur	0.174	0.0867	2.00	0.045
Endring i barometer	1.014	0.4414	2.30	0.022
Turbiditet	0.565	0.1487	3.80	<0.001
Lysstyrke	-0.017	0.0072	-2.41	0.016
Dagnummer	-0.063	0.0182	-3.46	<0.001
Vannføring	-0.037	0.0157	-2.38	0.017

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i rapportserien Miljøbasert vannføring:

- Nr. 1-02 Thomas Skaugen, Marit Astrup, Zelalem Mengistu, Bjarne Krokli: Lavvannføring - estimering og konsesjonsgrunnlag (28 s.)
- Nr. 1-03 Eva B. Thorstad, Finn Økland, Nils Arne Hvidsten, Peder Fiske, Kim Aarestrup: Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag (51 s.)
- Nr. 2-03 Per Ivar Bergan, Carsten S. Jensen, Finn R. Gravem, Jan Henning L'Abée-Lund, Anders Lamberg, Peder Fiske: Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjørret (63 s.)
- Nr. 1-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z) Rapport 1. Formål og metoder (67 s.)
- Nr. 2-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis, Bjørn Frengstad: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 2. Materiale og feltmålinger (113 s.)
- Nr. 3-04 Hervé Colleuille, Wai Kwok Wong, Panagiotis Dimakis: Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 3. Grunnvannsmodellering (114 s.)
- Nr. 4-04 Bjørn Ove Johnsen og Nils Arne Hvidsten: Krav til vannføring i sterkt regulerte smålaksvassdrag (68 s.)
- Nr. 5-04 Torulv Tjomsland: Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner. Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor (25 s.)
- Nr. 6-04 Svein Jakob Saltveit, Peder Fiske, Åge Brabrand, Harald Sægrov, Ola Ugedal: Bruk av fangststatistikk for å belyse effekt av endret vannføring på fisk (46 s.)
- Nr. 7-04 Peder Fiske, Arne Johan Jensen: Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon. Fase 1 - Evaluering av presmoltsammenhenger (30 s.)
- Nr. 1-05 Hans-Petter Fjeldstad, Tharan Fergus, Nils Reidar Bøe Olsen: Habitatforbedrende tiltak - geomorfologiske prosesser, sedimenttransport, erosjon og simulering av optimale forhold for fisk (34 s.)
- Nr. 2-05 Åge Brabrand, Trond Bremnes, Svein Jakob Saltveit, Andreas G. Koestler, Jim Bogen: Økologisk betydning av grunnvann for bunndyr og fisk (64 s.)
- Nr. 3-05 Gunnar G. Raddum, Arne Fjellheim, Gaute Velle: Populasjonsstrukturen hos bunndyr i Aurlandselva i relasjon til endringer i vannføring og temperatur (48 s.)
- Nr. 4-05 Arve Misund, Hervé Colleuille, Oddmund Soldal: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom grunnvann og elvevann i et typisk vestlandsdalføre: Osa, Hordaland (84 s.)
- Nr. 5-05 Wai Kwok Wong, Hervé Colleuille: Elv og grunnvann. Estimering av grunnvannsbidrag til det totale avløpet ved hydrogramseparering (62 s.)
- Nr. 6-05 Thomas Væringstad, Hege Hisdal: Estimering av alminnelig lavvannføring i umålte felt (40 s.)
- Nr. 7-05 Hege Hisdal: Regional metodikk for estimering av lavvannskaraktistika (53 s.)
- Nr. 8-05 Hervé Colleuille, Panagiotis Dimakis, Wai Kwok Wong: Elv og grunnvann. Sluttrapport - Oppsummering og anbefalinger (41 s.)

- Nr. 1-06 Knut Alfredsen, Morten Stickler, Tommi Linnansaari: Verknader av is på habitat for fisk i elver med habitattiltak og minstevassføring (43 s.)
- Nr. 2-06 Finn R. Gravem, Jan-Petter Magnell, Kjetil Sandsbråten: Tilsigsstyrt minstevannføring (42 s.)
- Nr. 3-06 Jo Vegar Arnekleiv, Gunnar G. Raddum, Tore Olav Sandnæs, Arne Fjellheim, Tharan Fergus: Evaluering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge (79 s.)
- Nr. 4-06 Sven Erik Gabrielsen, Torbjørn Kirkhorn, Bjørn T. Barlaup, Sigve Næss: Habitatprosjektet i Modalen. Bruk av datamodeller for å beskrive kvalitative og kvantitative endringer i leveområdene for aure før og etter terskelbygging i regulert vassdrag (63 s.)
- Nr. 5-06 Bror Jonsson, Nina Jonsson: Betydningen av miljøforhold for oppvandring hos kjønnsmoden laks (31 s.)
- Nr. 6-06 Bjørn T. Barlaup, Sven Erik Gabrielsen, Helge Skoglund, Tore Wiers: Utlegging av gytegrus i tilknytning til terskler som habitatforbedrende tiltak for aure og laks (30 s.)
- Nr. 7-06 Edgar Vegge, Ørnulf Haraldstad: Krypsiv i sørlandsvassdrag. Årsaker og tiltak (34 s.)
- Nr. 8-06 Stein W. Johansen: Vekst av krypsiv i elver. Betydningen av redusert vannføring i forhold til andre miljøendringer (61 s.)
- Nr. 9-06 Jo Halvard Halleraker, Atle Harby: Internasjonale metoder for å bestemme miljøbasert vannføring – hvilke egner seg for norske forhold? (67 s.)
- Nr. 10-06 Anders Lamberg, Peder Fiske, Geir Tesaker, Einar Tesaker, Sjur Gammelsrud: Oppvandrende laksefisk i Skjoma - hvilke faktorer bestemmer oppvandring fra sjøen til elva? (29 s.)