



Betydningen av miljøforhold for oppvandring hos kjønnsmoden laks

Bror Jonsson, NINA
Nina Jonsson, NINA

5
2006



RAPPORT MILJØBASERT VANNFØRING

Betydningen av miljøforhold for oppvandring hos kjønnsmoden laks

Rapport nr. 5 - 2006

Betydningen av miljøforhold for oppvandring hos kjønnsmoden laks

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Bror Jonsson og Nina Jonsson,
Norsk institutt for naturforskning

Trykk: NVEs hustrykkeri

Forsidefoto: Fiskefelle i elva Imsa. Foto: Nina Jonsson.

ISSN: 1502-234X

ISBN: 82-410-0580-6

Sammendrag: Laks utsatt som smolt i Imsa, Rogaland, kom tilbake etter ett eller to år i havet uavhengig av om de var fra stor- eller smålaksbestander. Stor laks kom tidligere til kysten, men vandret opp i Imsa senere på sesongen og ved høyere vannføring, enn mindre fisker. Fisken fra nordlige opprinnelseselver (62 og 70 °N), vandret opp før og ved lavere vannføring og høyere vann-temperatur enn fisken fra mer sørlige elver (59-60 °N), selv om den nordlige fisken var størst. Det kom opp mest fisk mellom 5 og 15 m³s⁻¹, dvs. ved vannføringer opptil og litt over gjennomsnittlig maksimumsvannføring i perioden. Fisken fra nordlige bestander vandret opp mest ved vanntemperaturer på 12,5-15 °C, mens de fra sørlige elver kom mest mellom 10-12,5 °C. Laksen kom tidligere om høsten hvis vanntemperatur og vannføring i begynnelsen av sesongen var høy. Laks fra de nordlige bestandene feilvandret 3 ganger mer enn laks fra de sørlige, 39 % mot 14 %, hvilket kan ha sammenheng med forskjeller i oppvandringstidspunktet. Fisken fra de nordlige bestandene vandret opp tidligere når vannføringen var lavere. Dette kan ha bidratt til at de har søkt seg til andre, mer vannrike elver.

Emneord: Feilvandring, laksestammer, smålaks, storlaks, temperatur, vandring, vannføring.

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

Februar 2006

Innhold

Forord.....	7
Sammendrag	9
1 Innledning.....	11
2. Materiale og metoder	13
2.1 Vannføring og temperatur.....	13
2.2 Oppdrett, utsetting og gjenfangst	13
2.3 Bearbeiding.....	14
3 Resultater	16
3.1 Tilbakevandring av utsatt laks.....	16
3.2 Størrelse ved oppvandring	17
3.3 Tidspunkt for oppvandring	18
3.3.1 Imsalaks 1982-2003.....	18
3.3.2 Stor og liten laks	19
3.3.3 Nordlige og sørlige bestander.....	19
3.4 Vannføring og oppvandring.....	20
3.4.1 Antall pr. døgn.....	20
3.4.2 Nordlige og sørlige laks.....	21
3.5 Vanntemperatur og oppvandring	22
3.5.1 Antall pr. døgn.....	22
3.5.2 Nordlig og sørlig laks	23
3.6 Vannføring eller vanntemperatur: hva er viktigst?.....	24
3.7 Feilvandring	25
4 Diskusjon.....	26
4.1 Veksthastigheten i havet.....	26
4.2 Oppvandring i Imsa	26
4.3 Feilvandring	27
4.4 Relevans for forvaltningen.....	28
Referanser	29

Forord

Vannføring er sentralt i forhold til oppvandring av fisk i norske vassdrag. I forbindelse med vassdragsreguleringer stilles det som regel krav om minstevannføringer på de elvestrekningene som er berørt. I regulerte vassdrag kan også lokkeflommer brukes til å stimulere laks til å vandre oppstrøms. Siden tilgjengelig vannmengde er begrenset, må slike lokkeflommer benyttes på en så effektiv måte som mulig.


Prosjektet "Betydningen av miljøforhold for oppvandring hos kjønnsmoden laks" benytter det omfattende materialet fra fiskefellen i Imsavassdraget i Rogaland for å undersøke forholdet mellom miljøparametrene vannføring og temperatur, og oppvandring av laks. Laks fra åtte ulike stammer har blitt satt ut som smolt i Imsa. Dette gir informasjon om eventuelle forskjeller i respons til vannføring og temperatur mellom ulike laksestammer.

Kunnskapen fra dette prosjekt vil gi viktig kunnskap om vandringstidspunkt og miljøforhold ved oppvandring for ulike laksestammer og vil gi forvaltning et forbedret grunnlag for å fastsette en best mulig miljøbasert vannføring i det enkelte vassdrag.

Oslo, februar 2006



Haavard Østhagen
leder styringsgruppe



John Brittain
programleder

Sammendrag

Laksen, utsatt som oppfóret smolt nedenfor fiskefella i Imsa fra 8 forskjellige stammer, kom hovedsakelig tilbake etter ett eller to år i havet uavhengig av om de kom fra stor- eller smålaksbestander. I begge aldersgruppene var fisken fra storlaksstammene større enn de fra smålaksstammene. Det meste av fisken vandret opp mellom august og november, og oppvandringsmønsteret var uendret gjennom hele perioden fra 1982 til 2003. I gjennomsnitt kom stor laks signifikant tidligere inn til kysten, men vandret opp i Imsa senere på sesongen og ved høyere vannføring enn mindre fisker. Fisken fra de nordlige opprinnelsesvassdragene (mellom 62 og 70 °N), vandret imidlertid opp før og ved gjennomsnittlig lavere vannføring og høyere vanntemperatur enn fisken fra de sørlige elvene (59-60 °N), selv om den nordlige fisken var gjennomgående størst. Oppvandringen var størst ved vannføringer mellom 5 og 15 m³s⁻¹, dvs. ved vannføringer opptil og litt over gjennomsnittlig maksimumsvannføring i perioden. Fisken fra de nordlige bestandene vandret mest opp ved vanntemperaturer på 12,5-15 °C, mens fisken fra de sørlige elvene kom mest mellom 10-12,5 °C. Multiple regresjonsanalyse viste at forholdsvis mer laks vandret opp tidlig under oppvandringsperioden hvis vanntemperaturen og vannføringen i begynnelsen av sesongen var høy. Laksen fra de nordlige bestandene feilvandret nesten 3 ganger mer enn laksen fra de sørlige, 39 % mot 14 %, årsaken til denne forskjellen er ikke kjent, men muligens har det sammenheng med forskjeller i tidspunktet for oppvandring i ferskvann. Fisken fra de nordlige bestandene vandret opp tidligere når vannføringen var lavere, hvilket kan ha bidratt til at de har søkt seg til andre, på det tidspunktet, mer vannrike elver.

1 Innledning

Laks vandrer opp i vassdrag for å gyte. Under vandringen utsetter fisken seg for predasjonsfare. Faren kan imidlertid bli redusert om fisken venter til flomperioder med å vandre opp. Under flom er vannet ofte grumsete, og faren for å bli oppdaget av predatorer som bruker synet for å finne bytte, reduseres (Hvidsten & Hansen 1988, Abrahams & Kattenfeld 1997). I små, grunne elver vil høy vannføring også i tillegg lette fiskens oppgang og muligheten til å stikke unna farer. Dette kan være viktig, spesielt hvis oppgangsfisken er stor (Jonsson, N. et al. 1990, 1991, Jensen & Aass 1995).

Fiskene er vekselvarme, og deres energiforbruk i elva avhenger av vanntemperaturen (Glebe & Leggett 1981a,b). Til et visst punkt vil deres mulighet for aktivitet øke med vanntemperaturen, men deres forbruk av energi vil også øke. Derfor vil både vannføring og vanntemperatur påvirke fiskens oppvandring i elver.

For å ankomme gyteområdet til rett tid, trenger fisken tidsangivere, slik at de kan synkronisere sin atferd og utvikling av kjønnskarakterer i forbindelse med re-produksjonen. I tempererte områder er forandringen av fotoperioden den viktigste tidsangiveren, mens temperaturen justerer utviklingshastigheten ved å påvirke reaksjonshastigheten til alle kjemiske prosesser i kroppen. Vannføringen kan påvirke atferden gjennom endringen av mulighetene for vandring (Wootton 1998), dvs. gjennom effektene på vanddyp og strømhastighet. Fiskens respons på omgivelsesfaktorene bør derfor være utviklet slik at den ankommer gyteplassen på gunstigst mulig tidspunkt, og reproduksjonssuksessen blir best mulig (Werner & Gilliam 1984).

På hvilken måte påvirker vannføring og temperatur tidspunktet for fiskens oppvandring i vassdrag? Quinn & Adams (1996) rapporterte at tidspunktet for 50 % oppvandring hos amerikansk maisild (*Alosa sapidissima*) forbi en reguleringsdam i Columbia-elven i USA, var 38 dager tidligere nå enn i 1938, og forskyvningen i vandringstidspunkt fulgte endringen i vannføring og vanntemperatur i perioden. Sockeye laks (*Oncorhynchus nerka*) kom også tidligere, men ikke så mye tidligere som maisilda gjorde. Dette tyder på at det er artsspesifikke forskjeller i fiskens respons på endringer i vannføring og –temperatur.

Oppvandringen av ålefaringer blir stimulert av økende vannføring i noen vassdrag (Jellyman & Ryan 1983), økt vanntemperatur i andre (Vøllestad & Jonsson 1988), og en kombinasjon av vanntemperatur og vanntemperatur i atter andre (Martin 1995). Utvandringen av laksesmolt i Imsa varierer med variasjon i temperaturøkningen om våren (Jonsson & Ruud-Hansen 1985). I andre vassdrag, som Orkla, synes vårflommen å være viktigst for når fisken vandrer ut (Hvidsten et al. 1995). Det er ikke kjent i hvilken grad slike populasjonsspesifikke forskjeller er genetisk bestemt eller er fenotypisk plastiske responser på miljøforholdene. Vi vet lite om hvorvidt forskjellige oppvandringstidspunkt i vassdrag hos laks skyldes nedarvede forskjeller, selv om eksperimenter tyder på at tidspunktet for tilbakevandring fra havet i hvert fall til en viss grad, er genetisk bestemt (Hansen & Jonsson 1991).

Storlaks synes å komme inn til kysten før mindre fisker (Jonsson, B. et al. 1990), og ofte vandrer de opp i elver tidligere på sesongen enn det de mindre gjør. I små vassdrag kan det imidlertid være motsatt fordi store individer synes å vente på flom mens de mindre vandrer opp kort tid etter at de kommer inn til kysten (Jonsson, N. et al. 1990). Det er derfor mulig at tidspunktet for tilbakevandring fra havet er genetisk bestemt, mens oppvandringstidspunktet i elva er en fenotypisk plastisk karakter (Hansen & Jonsson 1991). Dette er imidlertid ennå ikke stadfestet ved forsøk.

Utsatt oppdrettslaks feilvandrer mer enn villaks (Schroeder et al. 2001), og undersøkelser i Imsa tyder på at storlaks, som har vært lenge i havet før kjønnsmodning, feilvandrer mer enn smålaks som bare har vært i havet ett år (Jonsson, B. et al. 2003). Den økte feilvandringen kan både skyldes at oppdrettsfisken er større enn villfisken og unnlater å vandre opp i utsettingselva på grunn av for lite vann, eller det kan være forhold knyttet til oppdrettet eller utsettingen av fisken, som får dem til å feilvandre mer.

I denne undersøkelsen har vi vurdert betydningen av vannføring og -temperatur for oppvandring av kjønnsmoden laks fra forskjellige stammer til et vassdrag der lav vannføring kan begrense oppvandringen. Vi undersøkte sammenhengen mellom daglig oppgang for størrelsesgrupper av laks og vannføring og -temperatur og endring i disse miljøparametrene for størrelsesgrupper og stammer av oppdrettslaks. Videre studerte vi feilvandringen til andre vassdrag for størrelsesgrupper og stammer av laks. Våre hypoteser var at (1) stor laks unngår å vandre opp ved lav vannføring, (2) tidspunktet for oppvandring variere mellom stammer med tidligere oppvandring for fisk fra storlaks- enn smålaksstammer, (3) storlaks og avkom fra storlaksstammer vil feilvandre mer enn smålaks og avkom fra smålaksstammer. Undersøkelsen bygger på data fra laks utsatt som smolt, innsamlet gjennom mer enn 20 år i Imsa.

2. Materiale og metoder

2.1 Vannføring og temperatur

Vannføring og –temperatur nederst i Imsa varierer gjennom året. Gjennomsnittlig vann-føring mellom 1976 og 1985 varierte mellom $2\text{-}11\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ med minimum i juni-juli og gradvis økning til maksimum i oktober-desember, da igjen en gradvis reduksjon inntreffer. Vanntemperaturen når maksimum på mellom $16\text{-}19\text{ °C}$ mellom juni-august, og minimum på ca. 2 °C i januar/februar (Figur 1).

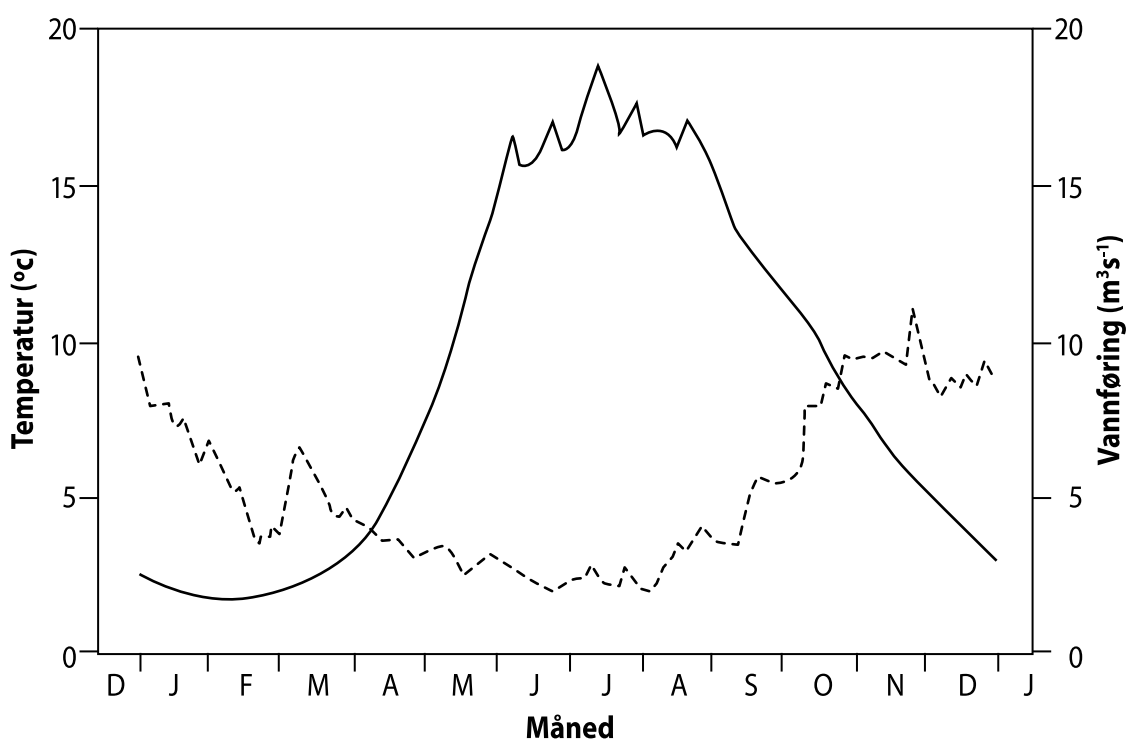


Fig. 1. Gjennomsnittlig vanntemperatur (—) og vannføring (-----) ved fiskefella nær utløpet av Imsa i perioden 1976-1985.

2.2 Oppdrett, utsetting og gjenfangst

For at oppdrettsfisken skal være representative for de ulike stammene, har det vært tatt stamfisk flere ganger, og for hver gruppe er det hvert år brukt minst 5 foreldre av hvert kjønn. Fisken har blitt oppdrettet til ett- og to-årig smolt etter standard metoder ved NINAs anlegg på Ims, individuelt merket med Carlinmerker (Carlin 1955) etter bedøvelse, og utsatt i begynnelsen av mai, samtidig som villsmolten vandrer ut fra Imsa. Returnerende laks ble gjenfanget i oppgangsfelle i fisketrapp i Imsa som ble tømt hver dag kl. 08.00 og kl. 15.00. Rapport om fisk som har vandret opp i andre elver, er blitt innsendt av sportsfiskere som har fanget merket laks.

Siden 1981 er det utsatt individuelt merket smolt fra 8 stammer. Dette er avkom av stamfisk fra storlakselvene Alta, Eira, Figga, Nidelva og Suldalslågen, og fra mellom- og smålakselvene Figgjo, Imsa og Loneelva, fordelt på 87 utsettingsgrupper med til sammen 282 745 smolt utsatt mellom 1981 og 2002 (Tabell 1). Storlaksstammene kjennetegnes ved at et stor andel av fisken først blir kjønnsmodne etter 3 vintre i havet. Smålaksen kjønnsmodnes etter en vinter til havs mens mellomlaksen kjønnsmodnes etter to.

Vi har kalt lakspopulasjonene i Alta, Figga, Nidelva og Eira for 'nordlige' bestander. Disse har en beliggenhet mellom 62 og 70 °N. Fisken fra Loneelva, Suldalslågen, Imsa og Figgjo kalte vi 'sørlige', idet de ligger mellom 59 og 60 °N. De fire første og Suldalslågen er storlaksstammer, idet laks som kjønnsmodnes etter 3 vintre i havet forekommer vanlig i bestandene, selv om det også er mange som kjønnsmodnes etter 1 og 2 vintre i havet. De andre er smålaks til mellomlaksbestander, der flertallet gytefisk gyter etter en vinter i havet, men med et visst innslag av fisk som venter enda et år med å gyte, spesielt laksen fra Figgjo og Imsa.

Tabell 1. Oppfóret laksesmolt fra forskjellige stammer navngitt etter opprinnelseselv, utsatt nedenfor fiskefella i elva Imsa i perioden 1981-2002.

Stamme	Antall utsatt smolt	Antall grupper	Tidsrom for utsettingene
Alta	20473	11	1981-1996
Eira	8 285	5	1981-1989
Figga (Nord-Trøndelag)	6 276	5	1982-1992
Figgjo (Rogaland)	29 249	15	1981-2002
Imsa	155 308	22	1981-2002
Loneelva	47 453	19	1981-2002
Nidelva (Sør-Trøndelag)	7 136	3	1984-1990
Suldalslågen	8 565	7	1981-1998
Totalt	282 745	87	1981-2002

2.3 Bearbeiding

Merkenummer, kjønn, lengde (mm) og vekt (g) for alle gjenfangede individer er innlagt ved NINAs merksentral i Trondheim. Det samme gjelder vannføring og vanntemperatur for alle dager i siden 1981 kl 08.00. Vi har brukt generaliserte, lineære modeller (GLM) og ANOVA for å teste for signifikante effekter av miljøfaktorene (SPSS 1999). Vi har testet gjennomsnittlig antall fisk pr. dag og gruppert

vannføring (m^3s^{-1}) og vanntemperatur ($^{\circ}\text{C}$) i gruppene: < 2,5, 2,5-4,99, 5,0-7,49, 7,5-9,99, 10-12,49, 12,5-14,99, 15-17,49, 17,5-19,99, 20-22,49. Høyere verdier er sjeldne og sammenfaller aldri med vandrede fisk i oppgangsfella.

Korrelasjoner mellom laksevandring, vannføring og vanntemperatur er testet med multippel regresjon ved bruk av modeller som gir god tilpasning til dataene, bedømt etter kvadratavviket mellom observasjonene og estimatene, og determinasjonskoeffisienten som måler graden av variasjon som modellen forklarer, som brukt i Jonsson & Jonsson (2002) og Jonsson, N. et al. (2003).

3 Resultater

3.1 Tilbakevandring av utsatt laks

Laksen som var utsatt nedenfor fiskefella i Imsa, beitet sammen med vill laks i havet, før de kom tilbake til kysten og vandret opp i ferskvann for å gyte. De nordlige bestandene, fra Alta til Eira i Tabell 2, ble fanget mer langs kysten enn i ferskvann, sammenlignet med de mer sørlige bestandene. Et unntak er laksen fra Suldalslågen som tilhører en storlaksstamme. Totalt sett er forskjellen i gjenfangst langs kysten i forhold til i ferskvann mellom nordlige og sørlige bestander sterkt signifikant ($\chi^2 = 246,0$, 1 d.f., $P < 0,001$).

Tabell 2. Gjenfangster av voksen laks i ferskvann og langs kysten fra stammer utsatt som smolt ved utløpet av Imsa 1981-2002.

Stamme	Gjenfanget Antall	Gjenfanget (%)	I ferskvann (%)	Langs kysten (%)
Alta	341	1,67	19,1	80,9
Figga (Nord- Trøndelag)	140	2,23	19,9	80,1
Nidelva (Sør- Trøndelag)	39	0,55	41,0	59,0
Eira	176	2,12	25,0	75,0
Loneelva	2 327	4,90	66,4	33,6
Suldalslågen	124	1,45	33,9	66,1
Imsa	4 679	3,01	48,4	51,6
Figgjo (Rogaland)	721	2,47	44,5	55,5
Totalt	8 547	3,02	50,6	49,4

Når vi delte de marine gjenfangstene i tre grupper, i Boknafjorden (utenfor Imsa), nord for Boknafjorden og sør for Boknafjorden, var det ingen forskjell i gjenfangstmønsteret til laks med opprinnelse i nordlige og sørlige elver ($\chi^2 = 1,66$, 1 d.f., $P < 0,001$), 37 % ble gjenfanget i Boknafjorden, 41 % lengre nord og 22 % ble fanget sør for Boknafjorden.

Langs kysten ble laksen fanget mellom april og september med 66 % i juli. Basert på fangstene kom stor laks tidligere inn til kysten enn mindre. For eksempel kom laks som var større eller lik 70 cm signifikant tidligere på sesongen enn mindre fisker ($\chi^2 = 63,8$, 8 d.f., $P < 0,001$). Gjennomsnittlig forskjell i tid mellom disse to gruppene var 2 uker.

3.2 Størrelse ved oppvandring

Laksen kom hovedsakelig tilbake som en- og to-sjøvinterfisk. Fisk fra storlaksstammene var størst ved tilbakevandring og hadde vokste best i havet. Dette gjaldt både de som kom tilbake etter ett eller to år (Tabell 3). En-sjøvinterlaksen fra små- og mellomlaksbestandene var gjennomsnittlig mellom 57 og 62 cm lange ved oppvandring, det tilsvarende tallet for storlaksbestandene var 62 til 67 cm. To-sjøvinterfiskene viste samme tendens, den første gruppen var gjennomsnittlig mellom 65 og 78 cm, mens den andre gruppen var fra 82 til 88 cm. Det er således sammenheng mellom stammetilknytning og hvor stor fisken var under oppvandring, og de nordlige bestandene og fisken fra Suldal av de sørlige, var større enn fisken fra de andre sørlige populasjonene.

Tabell 3. Gjennomsnittsstørrelse (cm \pm standardavvik) ved oppvandring i Imsa av oppfôret laks utsatt som smolt ved utløpet av Imsa. Imsa, Figgjo og Lone er smålaks til mellomlaksstammer, de øvrige er storlaksstammer.

Stamme	En-sjøvinterlaks	To-sjøvinterlaks
Imsa	59,7 \pm 59,7	77,6 \pm 77,3
Figgjo	62,3 \pm 56,9	65,1 \pm 85,8
Lone	57,2 \pm 43,8	66,0 \pm 46,3
Suldal	66,7 \pm 44,4	88,5 \pm 43,1
Eira	67,1 \pm 49,0	86,8 \pm 50,5
Alta	66,8 \pm 67,7	82,2 \pm 52,9
Figga	61,7 \pm 59,3	85,3 \pm 32,1
Nidelva	65,2 \pm 72,0	88,4 \pm 60,9

3.3 Tidspunkt for oppvandring

3.3.1 Imsalaks 1982-2003

Har oppvandringstidspunktet for utsatt laks i Imsa forandret seg i løpet av 22 år?

Oppdrettsfisk av Imsa-stammen har vandret opp i hele perioden fra 1982 til 2003, og selv om det har vært klimatiske endringer i perioden, er det ingen signifikant endring i tidspunktet for oppvandring i Imsa, testet med χ^2 -test ($P > 0,05$). Når vi deler oppvandringstidsrommet fra 1982 til 2003 i treårsperioder, er det ingen av treårsperiodene som stikker seg ut som tydelig avvikende, og det er ingen trend i variasjonen mellom periodene (Fig. 2). Vi har derfor valgt å sammenligne stammene uavhengig av oppvandringsår.

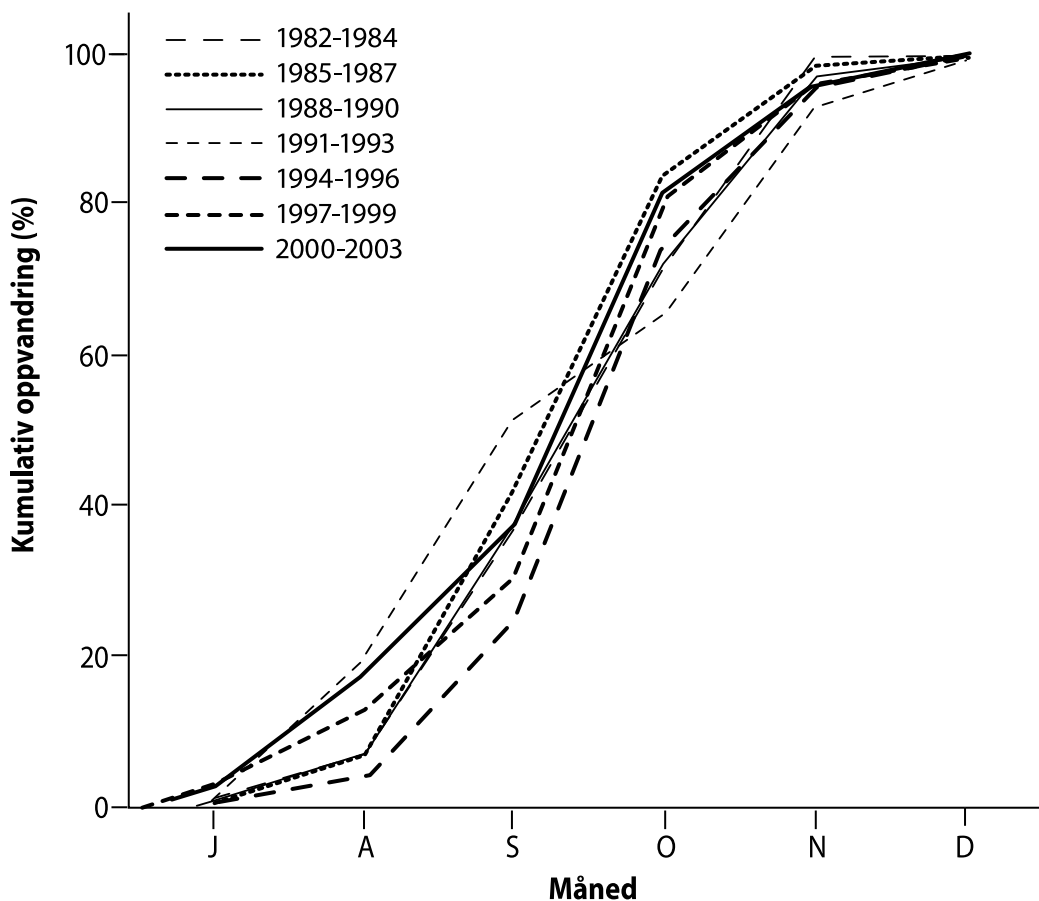


Fig. 2. Kumulativ oppvandring av Imsa-laks i 7 perioder a 3 år mellom juli-deember, 1982-2003. Fisken ble utsatt som oppfôret smolt nedenfor fiskefella nær utløpet av Imsa.

3.3.2 Stor og liten laks

Gjennomsnittlig vandret laks større enn 70 cm opp i Imsa etter laks som var mindre enn 70 cm (Fig. 3), motsatt forholdet ved innvandringen til kysten. Selv om forskjellen i oppvandringstidspunkt ikke er stor og begge gruppene synes å vandre opp mest i september og oktober, var forskjellen signifikant når vi sammenlignet på tvers av alle bestandene ($\chi^2 = 11,4$, 5 d.f., $P=0,045$).

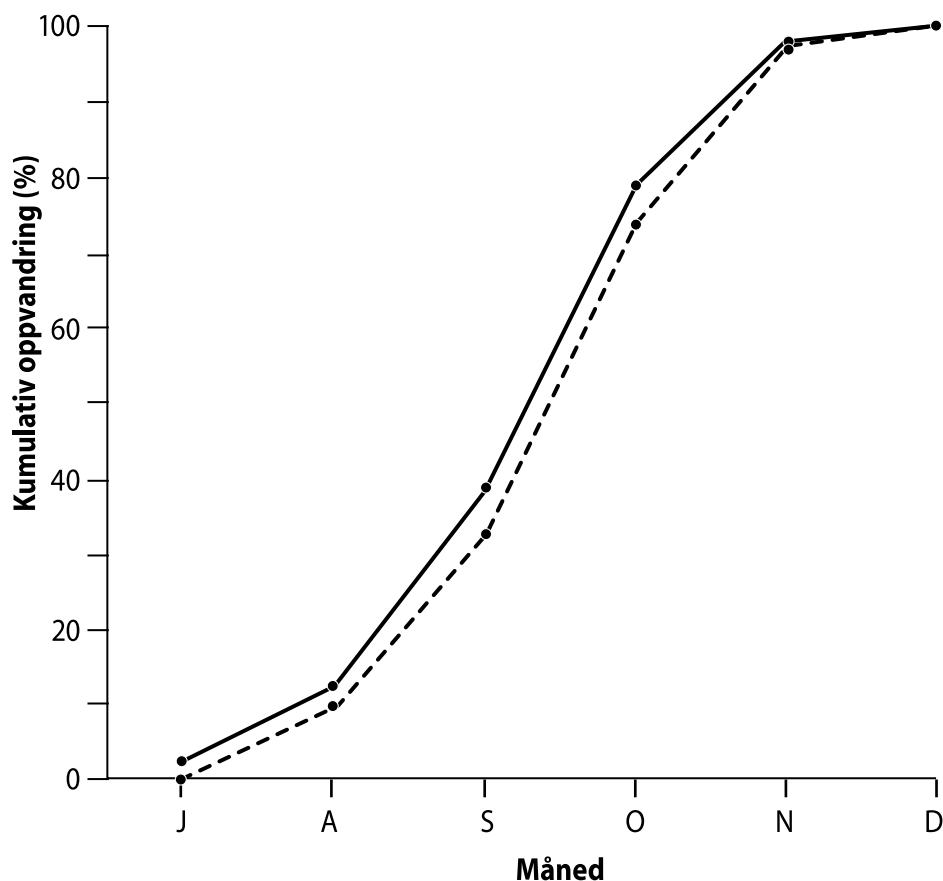


Fig. 3. Kumulativ oppvandring av laks \geq (—) og $<$ 70 cm (-----) i perioden juli-desember, 1982-2003. Fisken ble utsatt som smolt nedenfor fiskefella nær utløpet av Imsa.

3.3.3 Nordlige og sørlige bestander

De nordlige bestandene vandret nesten en måned tidligere opp om høsten enn de sørlige bestandene ($\chi^2=63,6$, 5 d.f., $P<0,001$; Fig. 4). For de nordlige stammene var september viktigste måned for oppvandringen etterfulgt av august og oktober, mens fisken fra de sørlige stammene kom opp mest i oktober, og omtrent like mye i september og november. Forskjellen i oppvandringstidspunkt mellom nordlige og sørlige laksebestander kom til tross for at de nordlige fiskene var større, og stor fisk hadde tendens til å vandre opp seinere og ikke tidligere enn mindre fisker, alle

stammene sett under ett. Resultatet var således motsatt det man kunne vente på bakgrunn av variasjonen i fiskestørrelsen.

Det var signifikant variasjon i oppvandringstidspunktet innen de sørlige bestandene der Suldal- og Loneelv-laksen kom litt tidligere enn fisken fra de to andre bestandene ($\chi^2 = 142,1$, 15 d.f., $P < 0,001$).

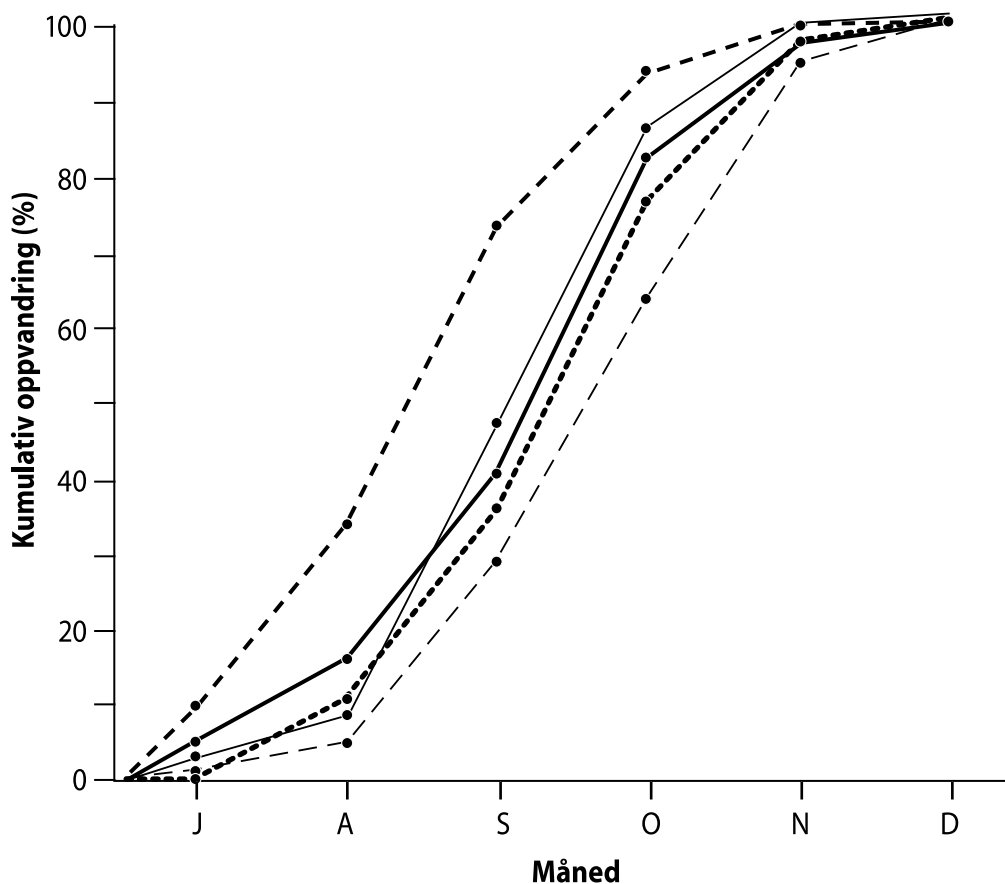


Fig. 4. Kumulativ oppvandring av laks utsatt som oppfóret smolt nedenfor fiskefella nær utløpet av Imsa mellom juli-desember, 1982-2003. Laksen tilhørte følgende stammer: Alta, Figga, Nidelva, og Eira (---), Figgjo (····), Loneelva (—), Imsa (-·-·-) Suldalslågen (—).

3.4 Vannføring og oppvandring

3.4.1 Antall pr. døgn

Det vandret opp flest laks pr. døgn ved vannføringer over $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, med maksimum mellom 10 og $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, dvs. ved vannføringer lik eller høyere enn gjennomsnittet fra oktober til desember som er den mest vannrike perioden i Imsa (Fig. 5). Den maksimale oppvandringen var gjennomsnittlig ca. 2 laks per døgn. Ved enda høyere vannføring enn $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, synes det å være en reduksjon i antall oppvandrende laks.

For alle stammene samlet, var det tendens til at laks som var kortere enn 70 cm vandret opp ved lavere vannføring enn lengre fisker ($\chi^2 = 30,2$, 8 d.f., $P < 0,001$).

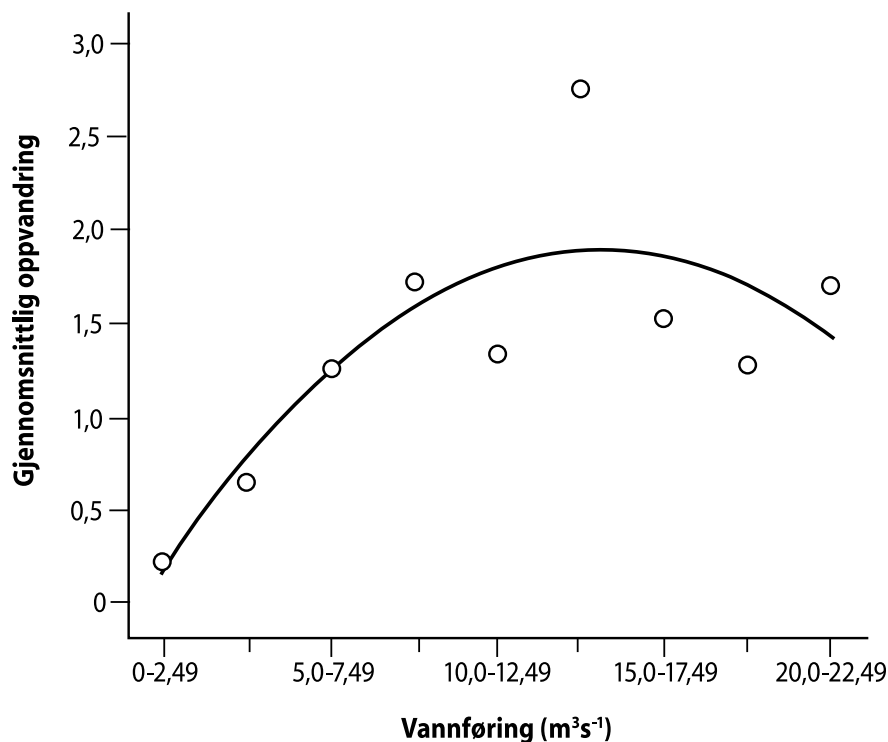


Fig. 5. Gjennomsnittlig oppvandring pr. døgn (Y) ved vannføringer mellom 0-22,49 $m^3 s^{-1}$ ($X m^3 s^{-1}$): $Y = 0,260X - 0,0099X^2 + 0,189$; $r^2 = 0,66$, $P = 0,04$.

3.4.2 Nordlige og sørlige laks

Gjennomsnittlig vannføring var lavere under oppvandringen til de nordlige enn de sørlige bestandene (Fig. 6; $\chi^2 = 21,3$, 8 d.f., $P < 0,01$), i motsetning til hva man kunne vente utfra forskjellen i fiskestørrelse. Det meste av den nordlige laksen kom opp ved vannføringer på mellom 2,5 $m^3 s^{-1}$ og 7,4 $m^3 s^{-1}$, mens den sørlige laksen hovedsakelig kom ved vannføringer mellom 5 $m^3 s^{-1}$ og 10 $m^3 s^{-1}$. En viktig årsak til avflatingen av kurven ved vannføringer over 10 $m^3 s^{-1}$ er at antall dager med så høy vannføring er lavt. Det var ingen signifikant forskjell mellom stammene innen hver av de to gruppene, nordlige og sørlige bestander, slik at vi har presentert gruppene samlet.

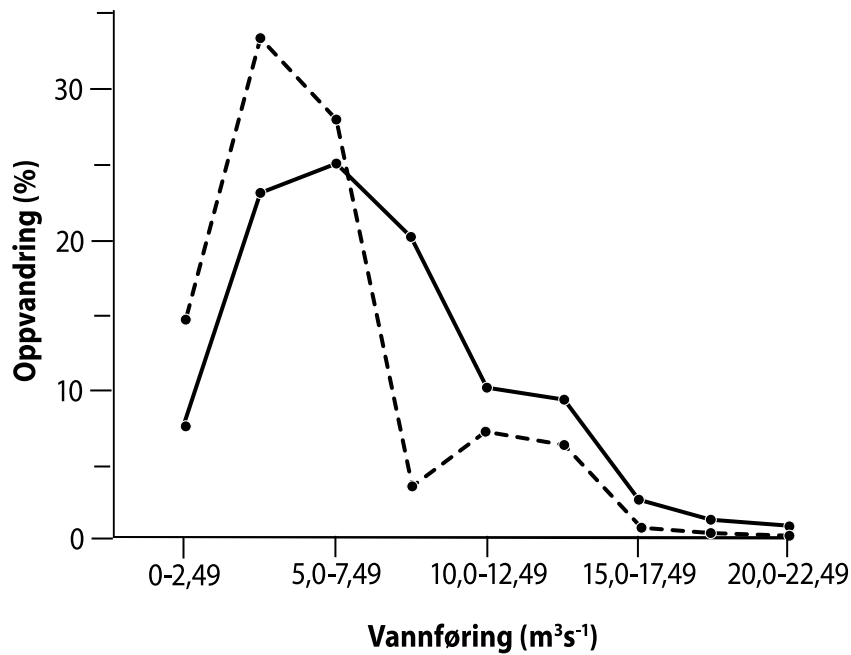


Fig. 6. Prosentvis oppvandring ved vannføringer mellom 0 og 22,5 m³s⁻¹ for sørlige (—) og nordlige (----) laksebestander i Imsa.

3.5 Vanntemperatur og oppvandring

3.5.1 Antall pr. døgn

For alle bestandene, var det signifikant sammenheng mellom vanntemperaturen og gjennomsnittlig oppvandring pr. dag (Fig. 7). Oppvandringen var høyest ved en temperatur mellom 10 og 12,5 °C, da det kom ca. 2,5 laks pr. døgn, og oppvandringen var nær null når temperaturen var under 5 °C mellom desember og april, og over 17,5 °C, om sommeren fra juni til august.

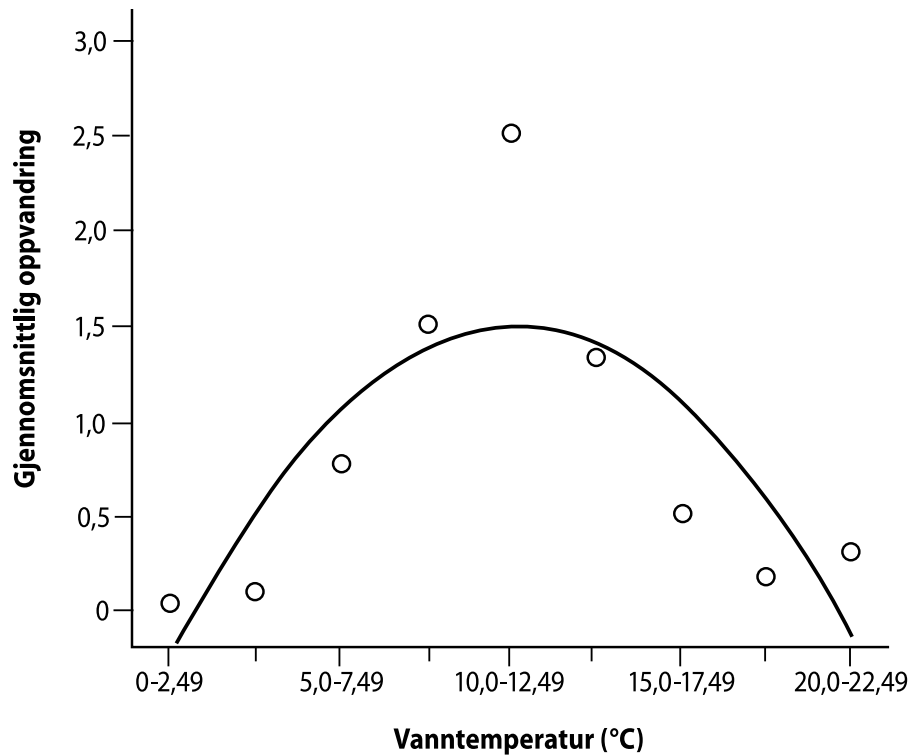


Fig. 7. Gjennomsnittlig antall oppvandrende laks pr. døgn (Y) for alle stammer samlet for vanntemperaturer mellom 0–22,5 °C (X): $Y = 0,338X - 0,017X^2 - 0,197$; $r^2 = 0,62$; $P = 0,05$.

3.5.2 Nordlig og sørlig laks

Laks fra de nordlige bestandene vandret opp ved høyere vanntemperatur enn laks fra de sørlige bestandene (Fig. 8; $\chi^2 = 169,6$, 8 d.f., $P < 0,001$). Dette var som ventet utfra forskjellene i oppvandringstidspunkt. De nordlige bestandene hadde maksimum oppvandring ved en temperatur på mellom 12,5 og 15 °C, mens de sørlige bestandene hadde oppvandringmaksimum mellom 10 og 12,5 °C, og høyere oppvandring ved temperaturer mellom 7,5 og 10 °C, enn mellom 12,5 og 15 °C. Ved vanntemperaturer under 5 °C var det bare fisk fra sørlige bestander som vandret opp, og ved vanntemperaturer over 17,5 °C, var det overveiende fisk fra de nordlige bestandene som kom. Det var ingen signifikant forskjell mellom bestandene innen hver av de to gruppene, så vi behandlet dem samlet.

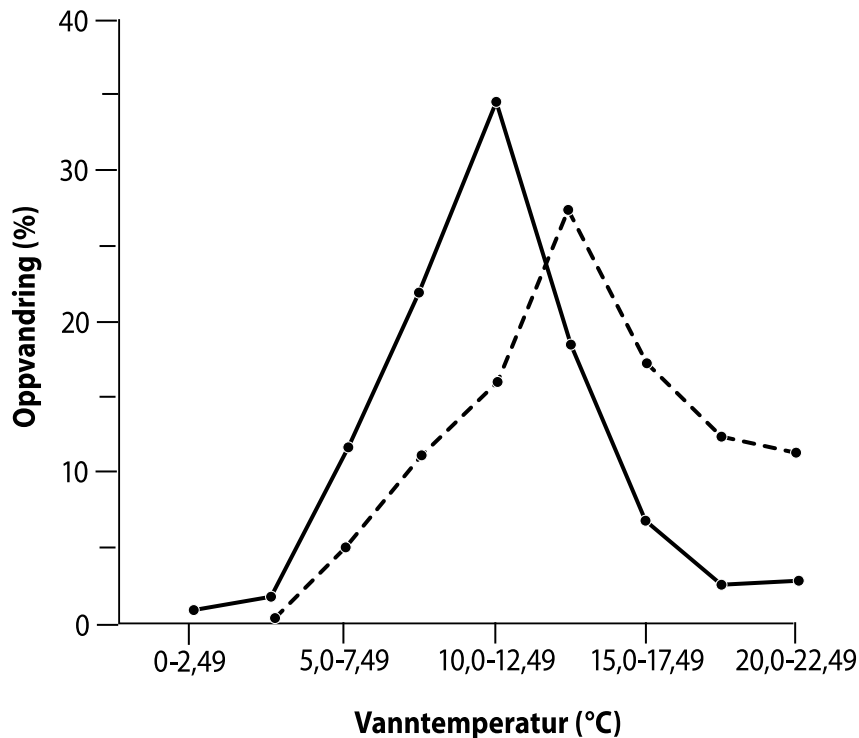


Fig. 8. Prosentvis oppvandring ved vanntemperaturer mellom 0 og 22,5 °C for sørlige (—) og nordlige (-----) laksebestander i Imsa.

3.6 Vannføring eller vanntemperatur: hva er viktigst?

Laksen vandrer opp i Imsa i en periode med synkende vanntemperatur og stigende vannføring, men analysert hver for seg, var det bare signifikant sammenheng mellom variasjonene i oppvandring og vannføring. For sørlige stammer var det signifikant sammenheng mellom den prosentandelen som vandret opp i september (Y) (dvs. tidlig under oppvandringsperioden for denne gruppen) og gjennomsnittlig vannføring (Q m³s⁻¹): $Y = 5,57Q - 0,282$; $r^2 = 0,57$, $P < 0,001$. For vanntemperatur (X_t °C) alene, var det ingen tilsvarende signifikant sammenheng ($P > 0,05$). Ved multiple regresjonsanalyse med både gjennomsnittlig vannføring og vanntemperatur som uavhengige variabler, bidro imidlertid begge variablene til å forklare variasjonen i den prosentandelen (av årets lakseoppvandring) som kom i september (Y %): $Y = 6,39Q + 5,09X_t - 74,83$; $r^2 = 0,68$, $P < 0,001$. Dette betyr at andelen laks som vandret opp i september var høye når både vannføringen og vanntemperaturen var høy denne måneden.

Tilsvarende analyser med alle stammene ga omtrent samme forklaringsgrad. Gjennomsnittlig vannføringen i september forklarte 59 % av variasjonen i andelen som oppvandret denne måneden: $Y = 5,7Q - 0,45$, $r^2 = 0,59$, $P < 0,001$). Samlet forklarte gjennomsnittlig vannføring og -temperatur i september 69 % av variasjonen

i den prosentvise andelen som kom opp i september: $Y = 6,5Q + 5,0X_t - 73,9$;
 $r^2 = 0,69$, $P < 0,001$.

For andelen som oppvandret i oktober var det bare en marginalt signifikant, positiv sammenheng med gjennomsnittlig vanntemperatur: $Y = 11,4X_t - 70,9$; $r^2 = 0,19$, $P = 0,05$. Er oktober mild, er det tendens til at det kommer forholdsvis flere fisk denne måneden.

3.7 Feilvandring

Laks fra nordlige bestander feilvandret mer enn laks fra sørlige ($\chi^2 = 63,5$, 1d.f., $P < 0,001$). I gjennomsnitt, når hver bestand ble vurdert for seg, var feilvandringen for nordre og sørlige bestander henholdsvis $38,7 \pm 4,7$ % mot $14,0 \pm 4,7$ %. Dette betyr at de nordlige bestandene feilvandret omtrent 2,8 ganger mer enn sørlige, og at det var forholdsvis liten variasjon mellom bestandene i hver av de to gruppene. Lavest feilvandring fant vi for laks fra Suldalslågen med 7,1 %, og høyest for Eira-laksen med 45,5 %.

Skyldes større feilvandring hos nordlige stammer at fisken fra disse var så stor at mange av dem unnlot å gå opp i Imsa og heller valgte vassdrag med mer vann? Laksen fra de nordlige bestandene hadde større gjennomsnittlig størrelse enn laksen fra de sørlige (Tabell 4), og en forholdsvis større andelen av fisken fra disse ble fanget i sjøen enn for de sørlige bestandene. På den annen side var det innen begge gruppene ingen signifikant forskjell i størrelse på laks som vandret opp i Imsa og laks som vandret opp i andre elver, og Suldalslågen, som er storlaks-stamme, feilvandret minst.

Tabell 4. Lengde (cm, \pm standardavvik) for laks som vandrer opp i Imsa og laks som vandrer opp i andre vassdrag fra nordlige og sørlige bestander.

Stammer	Imsa	Andre elver
Nordlige	$70,9 \pm 10,6$	$72,9 \pm 15,3$
Sørlige	$62,3 \pm 5,9$	$62,9 \pm 9,1$

4 Diskusjon

4.1 Veksthastigheten i havet

De observerte forskjellene i størrelse på den oppvandrende fisken synes i stor grad å skyldes arvelige ulikheter. I tillegg til forskjell i alder ved kjønnsmodning, er avkom fra storlaksstammene større både som en- og tosjøvinterfisk.

Det er tidligere vist at det er arvbarehet for vekst hos laks gjennom oppdretts- (Gjedrem 2000) og havbeite-ekseperimenter (Jonasson et al. 1997). Det er videre kjent at villaks fra storlaksstammer er større ved samme sjøalder enn laks fra smålaksstammer (Jonsson, N. et al. 1991), og vi har her funnet at det samme synes å gjelde når fisken oppdrettes sammen og utsettes som smolt i samme vassdrag. Vekstundersøkelser hos røye har vist at det er positiv sammenheng mellom maksimal veksthastighet og størrelse ved kjønnsmodning (Larsson et al. 2005), og vår undersøkelse tyder på at det kan være en tilsvarende sammenheng mellom gjennomsnittlig størrelse ved kjønnsmodning og laksens veksthastighet i havet. Naturlig seleksjon synes således å favorisere høy veksthastighet i bestander der gjennomsnittlig alder ved kjønnsmodning er høy. Dette kan være et generelt trekk som gjelder for flere fiskearter enn laks.

4.2 Oppvandring i Imsa

Forholdsvis lavere andel av fisken fra storlaksstammene enn smålaksstammene ble gjenfanget i ferskvann enn langs kysten. Dette kan tyde på at fisken fra storlaksstammene nøyte mer med å vandre opp og ble derfor utsatt for sterkere fangsttrykk langs kysten. Det er imidlertid også mulig at dette er et uttrykk for at det er selektiv fangst, og at stor laks fanges mer enn mindre laks langs kysten slik det tidligere er vist for Imsalaks (Jonsson, N. et al. 2003).

Stor laks vandret opp ved noe høyere vannføring enn mindre, hvilket tyder på at stor laks stiller større krav til vannføringen i elva enn det mindre fisker gjør. Dette gjelder på tvers av alle bestandene og tilsvarer hva som tidligere er funnet for vill Imsa-laks (Jonsson, N. et al. 1990), og forklarer hvorfor store vassdrag har større villaks enn småelver (Schaffer & Elson 1975, Jonsson, N. et al. 1991).

Oppvandringstidspunktet er bare i liten grad påvirket av klimatiske forhold. Selv om det har skjedd en betydelig endring i vannføring og temperatur i Imsa siden 1980 (Jonsson et al. 2005), fant vi ingen endring i tidspunktet for oppvandring hos oppdrettet Imsa-laks. Oppvandringen skjedde hovedsakelig i september-oktober, og er antakelig knyttet til nedarvete ulikheter mellom bestandene slik tidligere eksperimenter med Figga- og Imsa-laks har tydet på (Hansen & Jonsson 1991). Daglengden er antakelig den viktigste tidsangiveren som styrer den sesongmessige utviklingen av kjønnsorganene (Alm 1959). Nordlige bestander reagerte først på

endringen i daglengde til tross for at fisken var gjennomsnittlig større og vannføringen lavest tidlig på sesongen. Dette samsvarer med tendensen til gradvis tidligere gyting om høsten i med økende breddegrad langs norskekysten. Tidlig gyting i nord er antakelig utviklet som en følge av lav vanntemperatur (Heggberget 1988).

Det var en liten tendens til klimapåvirkning ved at en større andel av fisken vandret opp tidlig i sesongen i år med høy vannføring og temperatur i september. Dette kan tyde på at det er en selektiv fordel å komme tidlig opp til gyteplassen hvis forholdene for oppvandring i elva er gode. I store vassdrag der vannmengden ikke setter begrensninger for oppvandringen, ankommer fisken ofte mange måneder før den skal gyte. Årsaken til dette er ikke kjent, men tidlig ankomst gir muligens en konkurransemessig fordel på gyteplassen (Cutts et al. 1999; Metcalfe et al. 2003).

I kontrast til vår første hypotese, kan stor laks vandre opp når det er forholdsvis lite vann i Imsa, selv om det er tendens til større laks venter med oppvandringen hvis vannstanden tidlig om høsten er lav. Det var heller ingen klar tendens til tidligere oppvandring for fisk fra storlaks enn smålaksstammer, og vår annen hypotese må derfor også forkastes i sin nåværende form. Nedarvede forskjeller synes å bety mer for oppvandringstidspunktet enn variasjonen i vannføringen (Hansen & Jonsson 1991). Men også vannføringen påvirket oppvandringstidspunktet ved at forholdsvis flere laks vandret opp tidlig når vannføringen var høy tidlig i sesongen, og stor laks vandret opp på gjennomsnittlig høyere vannføring enn det mindre fisker gjorde.

4.3 Feilvandring

Det er tidligere vist at oppdrettslaks av Imsa-stammen feilvandret ca. 15 % til andre vassdrag, ca. 80 % av feilvandrerne returnerte til andre elver rundt Boknafjorden innen 60 km fra utløpet av Imsa. Dette er ca. 2,5 ganger mer feilvandring enn villaksen fra Imsa (Jonsson, B. et al. 2003). For alle de sørlige stammene samlet, var feilvandringen 14 %, det vil si i underkant av det vi fant for oppdrettslaks fra Imsa. Det litt lavere gjennomsnittet skyldes i hovedsak laksen fra Suldalslågen, der vi fant en feilvandring på bare 7 %. Feilvandringen synes således å være lik for stammene som kommer fra samme område som Imsalaksen.

Nordlig laks feilvandret nesten tre ganger mer enn laks fra sørlige vassdrag. Denne gruppen bestander var også ganske homogen. Til en viss grad kan dette skyldes at fisken er stor og tilpasset store vassdrag med mer vann enn Imsa. Høyere andel av laksen fra storlaksstammene ble fanget i saltvann sammenlignet med smålaksstammene. Derfor nøler de kanskje mer med å vandre opp i ferskvann enn smålaksen. Vi vil også legge til at tresjøvinterlaks nesten aldri kommer opp i Imsa, der det sjelden er fanget laks som har veid over 10 kg. Dette tyder på at storlaks unnlater å vandre opp fordi elva er for liten, hvilket kan føre til større feilvandring hos utsatt laks fra storlaks enn smålaksstammer.

Betyr den tidligere oppvandringen hos nordlige bestander noe for feilvandringen? Økt feilvandring kan ha sammenheng med at disse ankommer tidlig på sesongen fordi da er vannføringen i Imsa på et minimum. Muligens kan de da velge andre elver der oppvandringsforholdene er bedre. Feilvandrerne er gjennomgående fanget i elver som er større enn Imsa, men stor laksebestand synes viktigere enn mye vann for å trekke til seg feilvandrende laks (Jonsson, B. et al 2003).

Motsatt dette vil vi imidlertid bemerke at laksen fra Suldalslågen, som kommer fra en storlaks-stamme, feilvandret minst. Det var heller ingen signifikant tendens til større fisk blant feilvandrerne enn blant de som vandret opp i Imsa, hvilket tyder på at det også kan være andre årsaker enn lite vann i Imsa som gir den større spredningen hos fisken fra de nordlige bestandene.

4.4 Relevans for forvaltningen

Ved bruk av lange dataserier har vi vist at mye vann i Imsa er fordelaktig for oppvandringen av stor laks, og at vannføring og temperatur kan påvirke oppvandringen tidlig i sesongen, men at virkningen synes å være neglisjerbar seinere på høsten, da det naturlig er mer vann i Imsa.

Eksperimentene tyder også på at det er nedarvede forskjeller i sjøvekst, der seint kjønnsmodne bestander vokser best. Forskjellene i vekst kan gi forskjellig fangstfordeling mellom ferskvann og sjø, og bidra til feilvandring til større vassdrag.

Laksens oppvandringstidspunkt synes langt på vei å være nedarvet, og vi ser foreløpig liten effekt på tidspunktet for laksens oppvandring av den klimavariasjonen man har observert i senere år. Man bør derfor ikke bør flytte laks til elver med andre forhold enn de som de er tilpasset. Gjør man det, kan man vente redusert oppvandring, oppvandring på ugunstig tidspunkt og høyere feilvandring til andre vassdrag.

Referanser

- Abrahams, M. & Kattenfeld, M. 1997. The role of turbidity as a constraint on predator-prey interactions in aquatic environments. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 40: 169-174.
- Alm, G. 1959. Connection between maturity, size and age in fishes. *Report of the Institute of Freshwater Research Drottningholm*, 40: 5-145.
- Carlin, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan. *Report of the Institute of Freshwater Research Drottningholm*, 36: 57-74.
- Cutts, C.J., Brembs, B., Metcalfe, N.B. & Taylor, A.C. 1999. Prior residence, territory quality and life-history strategies in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Fish Biology*, 55: 784-794.
- Gjedrem, T. 2000. Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquaculture Research*, 31: 25-33.
- Glebe, B.D. & Leggett, W.C. 1981a. Temporal, intra-population differences in energy allocation and use by American shad (*Alosa sapidissima*) during the spawning migration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 795-805.
- Glebe, B.D. & Leggett, W.C. 1981b. Latitudinal differences in energy allocation and use during the freshwater migrations of American shad (*Alosa sapidissima*) and their life history consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 806-820.
- Hansen, L.P. & B. Jonsson 1991. Evidence of a genetic component in seasonal return pattern of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Fish Biology*, 38: 251-258.
- Heggberget, T.G. 1988. Time of spawning of Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45: 845-849.
- Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. 1988. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L. stocked as smolts at high water discharge. *Journal of Fish Biology*, 32: 153-154.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 70: 38-48.

- Jellyman, D.J. & Ryan, C.M. 1983. Seasonal migration of elvers (*Anguilla* spp.) into Lake Pounui, New Zealand, 1974-1978. *New Zealand Marine and Freshwater Research*, 17: 1-15.
- Jensen, A.J. & Aass, P. 1995. Migration of a fast-growing population of brown trout (*Salmo trutta* L.) through a fish ladder in relation to water-flow and water temperature. *Regulated River-Research & Management*, 10: 217-228.
- Jonasson, J., Gjerde, B. & Gjedrem, T. 1997. Genetic parameters for return rate and body weight of sea-ranched Atlantic salmon. *Aquaculture*, 154: 219-231.
- Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 593-595.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 1990. Does juvenile experience affect migration and spawning of adult Atlantic salmon. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 26: 225-230.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 2003. Atlantic salmon straying from the River Imsa. *Journal of Fish Biology*, 62: 641-657.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2002. Migration of anadromous brown trout *Salmo trutta* in a Norwegian river. *Freshwater Biology*, 47: 1391-1401.
- Jonsson, N., Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1991. Variation in age, size and repeat spawning of adult Atlantic salmon in relation to river discharge. *Journal of Animal Ecology*, 60: 937-947.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1990. Partial segregation in the timing of migration of Atlantic salmon of different ages. *Animal Behaviour*, 40: 313-321.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 2003. Marine survival and growth of sea ranched and wild Atlantic salmon. *Journal of Applied Ecology*, 40: 900-911.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 2005. Does climate during embryonic development influence parr growth and age of seaward migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 2502-2508.
- Larsson, S., Forseth, T., Berglund, I., Jensen, A.J., Näslund, I., Elliott, J.M. & Jonsson, B. 2005. Thermal adaptation of Arctic charr: experimental studies of growth in eleven charr populations from Sweden, Norway and Britain. *Freshwater Biology*, 50: 353-368.

- Martin, M.H. 1995. The effects of temperature, river flow, and tidal cycles on the onset of glass eel and elver migration into fresh-water in the American eel. *Journal of Fish Biology*, 46: 891-902.
- Metcalfe, N.B., Valdimarsson, S.K. & Morgan, I.J. 2003. The relative roles of domestication, rearing environment, prior residence and body size in deciding territorial contests between hatchery and wild juvenile salmon. *Journal of Applied Ecology*, 40: 535-544.
- Quinn, T.P. & Adams, D.J. 1996. Environmental changes affecting the migratory timing of American shad and sockeye salmon. *Ecology*, 77: 1151-1162.
- Schaffer, W.C. & Elson, P.F. 1975. The adaptive significance of variation in life history among local populations of Atlantic salmon in North America. *Ecology*, 56: 577-590.
- Schroeder, R.K., Lindsay, R.B. & Kenston, K.R. 2001. Origin and straying of hatchery winter steelhead in Oregon coastal rivers. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130: 431-441.
- SPSS. 1999. *SPSS Base 9.0 User's Guide*. SPSS Inc., Chicago, USA.
- Vøllestad, L.A. & Jonsson, B. 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river: evidence for density-dependent mortality, and development of a model for predicting yield. *Journal of Animal Ecology*, 58: 983-997.
- Werner, E.E. & Gilliam, J.F. 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 393-425.
- Wootton, R.J. 1998. *Ecology of Teleost Fishes*, 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

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.)