

Laks i kalkede vassdrag i Norge Status og forventninger

Bjørn Mejdell Larsen og Trygve Hesthagen



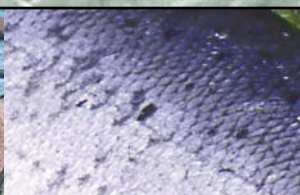
LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET

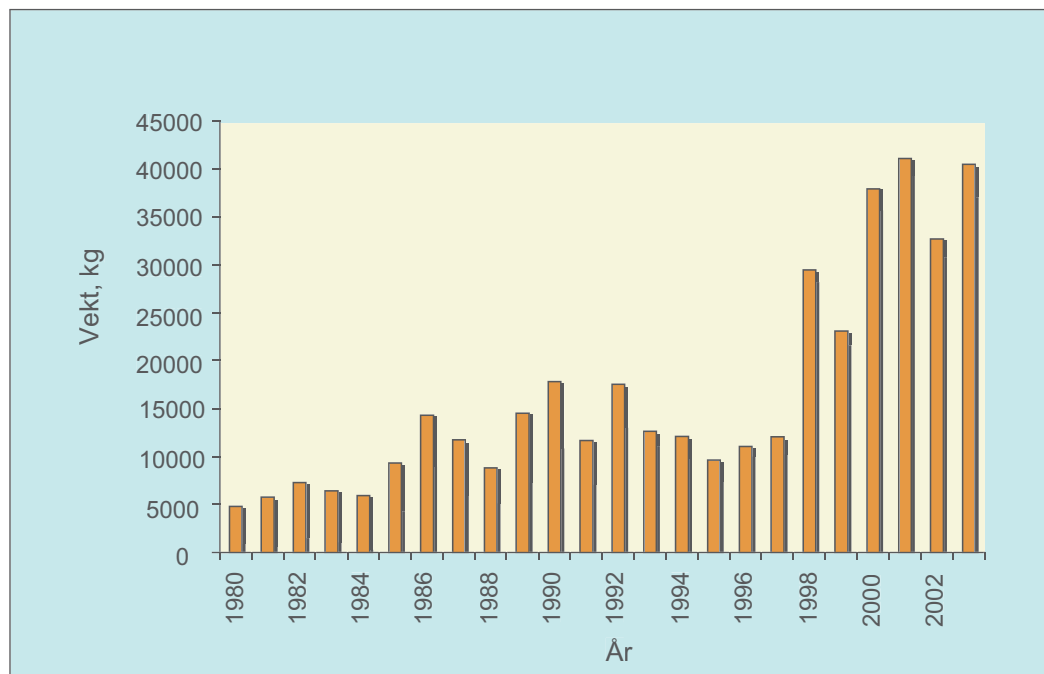


KVALITET

Norsk institutt for naturforskning

Laks i kalkede vassdrag i Norge Status og forventninger

Bjørn Mejdell Larsen og Trygve Hesthagen



Figuren viser fangst av laks i kalkede vassdrag i Norge i perioden 1980-2003.

NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til opp-drags giver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil opp-dragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, års-rapporter fra overvåkingspro-grammer, o.a.

NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra instituttets prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

NINA Temahefte

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publika-sjoner.

NINA Fakta

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og inter-esserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Larsen, B.M. & Hesthagen, T. 2004. Laks i kalkede vassdrag i Norge. Status og forventninger. NINA Fagrapport 81. 25pp.

Trondheim, oktober 2004

ISSN 0805-469X
ISBN 82-426-1486-5

Forvaltningsområde:
Overvåking
Management area:
Environmental monitoring

Rettighetshaver ©:
Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Bjørn Mejdell Larsen
NINA

Ansvarlig kvalitetssikrer:
Torbjørn Forseth, NINA

Sideombrekking:
Kari Sivertsen, NINA

Omslagsfoto:
Bjørn Mejdell Larsen, Roar Lund, NINA

Kopiering: Norservice

Opplag: 100

Kontaktadresse:
NINA
Tungasletta 2
N-7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01
<http://www.nina.no>

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13431000

Ansvarlig signatur:

Norunn S. Myklebust

Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning (DN)

Referat

Larsen, B.M. & Hesthagen, T. 2004. Laks i kalkede vassdrag i Norge. Status og forventninger. NINA Fagrapport 81. 25pp.

Etter år 2000 er det hvert år fanget 33-41 tonn laks i de 20 kalkede elvene i Norge. Før kalkingen startet var den årlige fangsten i underkant av to tonn. Dagens fangst tilsvarer litt i underkant av 10 % av det totale oppfiskede kvantumet av laks i norske elver. Laksen som produseres i de kalkede vassdragene i dag gir et viktig bidrag til bevaring av den norske villaksen. I løpet av ti år er det forventet at fangstene av laks i disse vassdragene vil øke til minst 70 tonn. Da vil hver sjuende villaks som blir tatt i norske elver komme fra et kalket vassdrag.

Tilstanden for laksen i de kalkede elvene er sårbar, og dette krever at kalkingen videreføres på et nivå som tilfredsstillers laksens krav til vannkvalitet. En stopp i kalkingen vil føre til en reforsuring av elvene og en negativ utvikling for laksen.

Gjenoppbyggingen av laksebestandene på Sørlandet og Sørvestlandet har økt tilbudet av fiskebasert friluftsliv i regionen, og i de siste årene har elvene hatt besøk av mange tusen fritidsfiskere. Kalkingen av laksevassdrag har også vist seg å være svært samfunnsøkonomisk lønnsomt. Undersøkelser i Audna har vist at man allerede fem år etter kalking fikk igjen i størrelsesorden 4-5 kroner for hver investert krone. Det årlige lokale pengeforbruket knyttet til laksefiske i Mandalselva er over tre ganger større enn de årlige kalkingsutgiftene.

Sur nedbør har medført at laksen har gått tapt eller blitt redusert i over 50 elver i Sør-Norge. I perioden 1985-99 satte Direktoratet for naturforvaltning (DN) i gang kalking i 20 av disse vassdragene. DN har fulgt opp disse elveprosjektene med en effektkontroll. Dette omfatter bl.a. overvåking av ungfisk og fangstregistrering av voksen fisk i sportsfisket. I denne sammenstillingen beskriver vi bestandsutviklingen hos laks i 14 kalkede vassdrag på Sørlandet og Sørvestlandet (Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland fylker) i perioden 1991-2003. Laksen var utdødd i sju av vassdragene, mens det var restbestander i de sju andre vassdragene.

Det er nå vellykket gyting hos laks i alle de kalkede vassdragene hvor bestandene tidligere var tapt. Både i disse elvene og i vassdrag med restbestander før kalking, finner vi nå laksyngel på nesten hele den lakseførende strekningen. Antall laksyngel har femdoblet seg i løpet av det første tiåret etter kalking, til en gjennomsnittlig tetthet på 45 individ pr. 100 m² elveareal. I samme periode har antall eldre laksunger nesten firedoblet seg, til ca. 15 individ pr. 100 m². Ut fra våre resultater og trendlinjer forventer vi en økning til ca 75 laksyngel pr. 100 m² i de kalkede elvene. Dette oppnås først etter 18 år, som er den tiden det tar før reetableringen av laks er fullstendig. Bestandene har da en normal aldersfordeling, tetthet og utbredelse.

Emneord: Laks - kalking - overvåking - utbredelse - tetthet - fangst

Bjørn Mejdell Larsen & Trygve Hesthagen, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim
bjorn.larsen@nina.no
trygve.hesthagen@nina.no

Abstract

Larsen, B.M. & Hesthagen, T. 2004. Atlantic salmon in limed Norwegian rivers. Present status and expectations. NINA Fagrapport 81. 25pp.

The acidification of freshwaters in Norway has eliminated or reduced populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in more than 50 rivers. Most of these rivers are located in southern and south-western Norway. During 1985-99 liming was initiated in 20 of these rivers to re-establish or restore Atlantic salmon stocks. The strategy to improve water quality in these rivers primarily involved continuous liming with limestone powder from dispensers which are controlled by water flow and pH below the liming site in each river. In a few watersheds, the water quality has also been improved by lake liming in upper regions. Young Atlantic salmon was sampled by a portable back-pack electric fishing apparatus (1600 V, DC) annually in each river, mainly in August. In this study we present data on the distribution and density of young salmon in 14 limed rivers in southernmost and south-western Norway (Aust-Agder, Vest-Agder and Rogaland counties). Seven of these rivers had lost their native Atlantic salmon stocks, while the stocks in the remaining seven rivers were in different stages of reduction prior to liming. In each river, between 6-20 fixed sampling stations were established, with areas of 100 to 150 m². These stations have been sampled each year. We present data from 143-184 stations each year during a 13-year-period (1991-2003). Each station was fished in an upstream direction in three successive runs. The fish could be classified as either fry (age 0+) or older parr (age ≥ 1+) on the basis of length-frequency distributions. Mean estimated densities for all rivers each year are given as number of fish per 100 m² of river area. The distribution is defined as the proportion of stations where fry or older parr were found relative to the total number of stations sampled each year.

Natural reproduction of Atlantic salmon is now evident in all limed rivers which had formerly lost their salmon stocks. The distribution of salmon fry has increased from 44 % in 1991-92 to 97 % in 2002-03. Corresponding values for older parr was 49 and 88 % during the same periods, respectively. Mean densities of salmon fry have increased from 9 to 61 fish per 100 m² from 1991-92 to 2002-03. There has also been an increase in the densities of older parr during the same period, from 4 fish in 1991-92 to 17 fish in 2002-03. On the basis of the official rod catch statistics, there has been a pronounced increase in the abundance of adult salmon in these 14 limed rivers, and the catch has increased from less than 2 tonnes prior to liming in the early 1980s to 33-41 tonnes in recent years (2000-03). The catches of salmon in the limed rivers now constitute close to 10 % of the total catch of wild salmon in all Norwegian salmon rivers.

On the basis of a linear relationship between the density of salmon fry and time after liming (years), reaching about 45 specimens per 100 m² after 10 years, we expect that their abundance will reach at least 75 specimens per 100 m² within 18 years. Furthermore, on the basis of a linear relationship between the catches of adult salmon (index of spawning stock) and the density of fry in the next year, we expect that the catches of adult salmon will reach 60 to 90 tonnes within about ten years. Thus, the re-establishment and enhancement of Atlantic salmon stocks in formerly acidified rivers by means of liming should make an important contribution to the conservation of this species. In addition, this mitigation strategy has proved to be a very economically profitable investment.

Keywords: Salmon - liming - monitoring - distribution - density - catch

Bjørn Mejdell Larsen & Trygve Hesthagen, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim, Norway
bjorn.larsen@nina.no
trygve.hesthagen@nina.no

Forord

Forsuring av vann og vassdrag er et av de alvorligste miljøproblemer i Norge. I store deler av Sør-Norge er tålegrensen for sur nedbør fortsatt overskredet, og er en trussel mot det biologiske mangfoldet i ferskvann. For å sikre og reetablere laks i de forsursutsatte elvene er det satt i gang kalking i 20 lakseførende vassdrag i Norge. Denne kalkingsvirksomheten har vist seg å være effektiv for å få fisk og andre organismer tilbake til vassdragene. Myndighetene viderefører derfor støtten til kalking, og det ble bevilget 86 millioner kroner til dette arbeidet i 2004. Parallelt med kalkingstiltakene gjennomføres det også en effektkontroll der overvåking av fisk inngår som ett viktig element. Resultatene fra overvåkingen med lange tidsserier kan si noe om hvor langt reetableringen er kommet og hvilke forventninger vi har til utviklingen framover.

Rapporten er basert på Direktoratet for naturforvaltning (DN) sin effektkontroll i kalkede vassdrag. Rapporten presenterer overvåkingsresultater fra 14 kalkede elver i Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland. Det er lagt vekt på å vise status for hele regionen samlet, og utviklingen i enkeltvassdrag er ikke omtalt. Vi vil rette en takk til Bjørn Barlaup, LFI, Universitetet i Bergen for at vi fritt kunne benytte innsamlede data fra Audna. NINA er ansvarlig for overvåkingen i de 13 andre elvene, og Bjørn Mejdell Larsen har vært prosjektansvarlig. Datagrunnlaget er samlet inn over mange år, og et stort antall personer har vært delaktige under feltinnsamlingen. Vi vil rette en stor takk til alle disse, og spesielt til Hans Mack Berger (NINA) for en uvurderlig innsats i alle år.

Innholdet i rapporten ble lagt fram på en svensk/norsk forsurnings- og kalkningskonferanse i Umeå i Sverige i september 2004.

Trondheim, 15. oktober 2004

Bjørn Mejdell Larsen og Trygve Hesthagen

Innhold

Referat	3
Abstract	4
Forord.....	5
1 Innledning	6
2 Områdebeskrivelse.....	9
2.1 Kalking i lakseførende vassdrag i Norge.....	9
2.2 Valg av referanseår	9
3 Metoder	11
4 Resultater	12
4.1 Utvikling i utbredelse av laksunger i kalkede vassdrag i Agder og Rogaland	12
4.2 Utviklingen i tettheten av laksunger i kalkede vassdrag i Agder og Rogaland	14
4.3 Fangst av laks (sportsfiske) i de kalkede elvene ...	16
4.4 Forventninger.....	18
4.4.1 Utbredelse og tetthet av ungfisk	18
4.4.2 Fangst av laks ved sportsfiske.....	18
4.5 Samfunnsøkonomisk nytteverdi og verdiskapning .	20
5 Diskusjon.....	22
6 Litteratur.....	23
Vedlegg I:	24
Valg av referanseår (år for kalkingsstart)	24

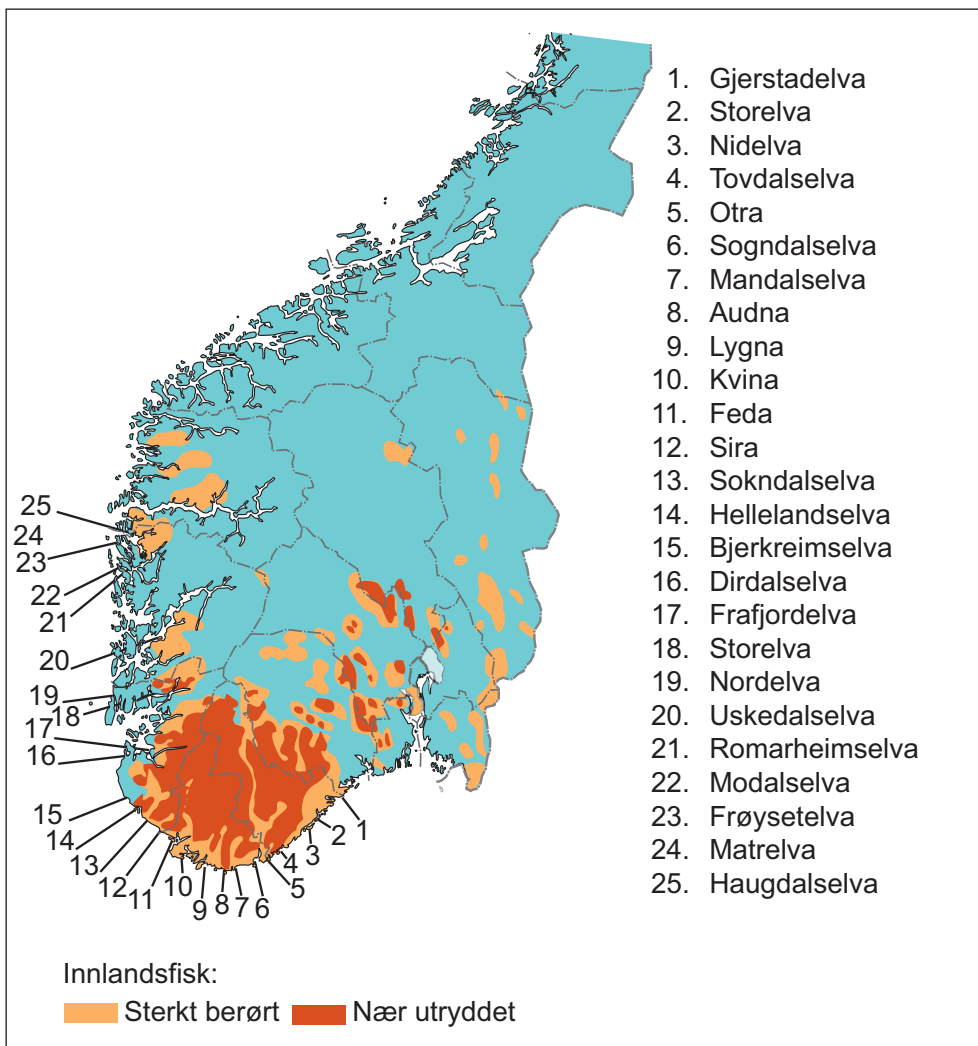
I Innledning

Norske villaksbestander har i flere tiår vært utsatt for betydelige trusler, med sur nedbør, introduksjon av parasittene *Gyrodactylus salarias* og lakselus (*Lepeoptheirus salmonis* L.), rømt opprettslaks med fare for genetisk blanding med villaks, vassdragsreguleringer og trolig også overbeskatning som de største trusselfaktorene (Lund et al. 1994, Fleming et al. 1996, Johnsen & Jensen 1996, Finstad et al. 2000). Sur nedbør forårsaket trolig skader på flere laksestammer allerede før 1900 (Hesthagen & Hansen 1991a). At naturens tålegrense med hensyn til forsuring var overskredet allerede før 1900 tyder på at dette var tilfelle (Mylona 1993). På slutten av 1800-tallet ble det registrert en betydelig reduksjon i laksefangstene i elvene på Sørlandet. I Mandalselva og Kvina i Vest-Agder ble det rapportert om flere episoder med stor dødelighet av voksen laks i perioden 1911-21 (Jensen & Snekvik 1972). I Rogaland ble det observert død laks og ørret i flere elver i 1920 (Huitfeldt-Kaas 1922). Fiskedøden skyldtes trolig episoder med spesielt surt vann på grunn av snøsmelting eller store nedbørmengder. Tidlig

på 1920-tallet ble de første problemene med dødelighet på egg og nyklekt laksyngel registrert i klekkerier på Sørlandet. Noen år senere ble dette satt i sammenheng med surt vann (Dahl 1927). De omfattende tapene av fiskebestander i Sør-Norge ble imidlertid ikke koblet til langtransporterte forurensninger fra kontinentet før på slutten av 1950-tallet (Dannevig 1959).

En evaluering basert på laksestatistikk og vannkjemiske data rundt 1990 konkluderte med at 25 laksestammer i Sør-Norge var enten tapt eller nesten utryddet på grunn av sur nedbør (Hesthagen & Hansen 1991a; b) (**figur 1**). Det foreligger laksestatistikk for 17 av de 25 elvene fra før forrige århundreskifte. I perioden 1875-86 var gjennomsnittlig årlig fangst 62 tonn, mens største årlige fangst før 1900 var 113 tonn. I tillegg var det reduserte bestander av laks i ytterlige 28 elver som følge av sur nedbør (Sandøy & Romundstad 1995).

Tiltak mot forsuring i form av kalking startet i klekkerier på Sørlandet allerede for 70 år siden, med installering av



Figur 1

Lokaliseringen av elver der laksen enten ble definert som utdødd eller nær utryddelse rundt 1990 (Etter Hesthagen & Hansen 1991a, b). Senere viste det seg imidlertid at bl.a. Storelva (2) og Bjerkreimselva (15) hadde rester av sine opprinnelige laksestammer.

kalkfiltre. Likevel var det ikke før i 1960- og 1970-årene at vassdragskalking kom i gang for alvor gjennom dugnadsinnsats fra lag og foreninger. I 1979 startet et større kalkingsprosjekt med fem års varighet (Baalsrud et al. 1985). En håndbok i kalking av surt vann ble også utarbeidet gjennom dette kalkingsprosjektet (Hindar 1985).

Med erfaringer fra kalkingsprosjektet er det fra 1983 ytet statlig tilskudd til kalking av sure vann og vassdrag. Den første handlingsplanen for kalking ble vedtatt av Direktoratet for naturforvaltning i 1984. Tilskuddene til kalkingstiltak økte fra 1 million kroner i 1983 til om lag 110 million kroner i 1996. I de siste årene har bevilgningene til kalking blitt redusert, og beløp seg i 2004 til 86 millioner. Kalkingsaktiviteten er mest omfattende i Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland. For tiden blir om lag 3000 innsjø- og bekkelokaliteter kalket.

Det første storskala kalkingsprosjektet av lakseelver startet i Audna (Vest-Agder) i 1985 (**tabell 1, figur 2**). Vikedalselva og Sokndalselva i Rogaland ble kalket i henholdsvis 1987 og

1989, mens det ble satt igang kalking i ytterligere 17 elver på 1990-tallet. I dag blir følgelig 20 lakseelver fullkalket. I tillegg er vannkvaliteten i Nidelva i Arendalsvassdraget bedret ved kalking av Nisser og Fyresvatnet i øvre deler av vassdraget.

Direktoratet for naturforvaltning (DN) gjennomfører i dag en effektkontroll av alle de store kalkingsprosjektene i lakseførende vassdrag (Direktoratet for naturforvaltning 2004). Effektkontrollen omfatter hovedsakelig undersøkelser av vannkjemi, bunndyr og fisk, men også planteplankton, makrovegetasjon, begroing, krepsdyr og elvemusling inngår i enkelte av vassdragene. Hensikten med denne rapporten er å analysere om de kalkede elvene er fullrekrutert med laks, det vil si om bæreevnen er nådd, eller om man fortsatt kan forvente en ytterligere økning i mengden laksunger. Vi benytter laksestatistikken til å evaluere utviklingen i mengden oppfisket voksen laks i de kalkede elvene. Det er også foretatt en litteraturgjennomgang vedrørende de samfunnsøkonomiske aspektene ved kalking av lakseelver i Norge.



Eksempler på kalkingsanlegg i norske vassdrag. I Ogna (til høyre) startet kalkingen allerede i 1991, da stående kalkdoserere var mest vanlig. I Espedalselva (til venstre) ble kalkingen på utløpet av Espedalsvatnet startet i 1996. Som ved de fleste nyere kalkingsanlegg ble det benyttet en liggende kalkdoserer. I de senere årene er det lagt vekt på estetikken og man har valgt å bygge inn slike kalkdoserere. Foto: Bjørn Mejdel Larsen.

Tabell 1. Opplysninger om de kalkede norske lakselvene. Nr referer seg til lokaliseringen av disse elvene på **figur 2**. De 14 elvene som inngår i denne undersøkelsen er angitt først. Status før kalking, fordelt på tapte og skadede laksebestander, er hentet fra Hesthagen & Hansen (1991a; b). Disse forkortelsene er benyttet for å angi utsettinger av laks: Y = utsetting av ikke-startfôret yngel, YS = utsetting av startfôret yngel, AI = utsetting av ettårig fisk og SM = utsetting av smolt. I Rødneelva ble det tidligere satt ut laksunger ovenfor lakseførende strekning. Under inngrep innebærer store inngrep vassdragsreguleringer med sterkt redusert vannføring. Elfiskeperioder (år med redusert antall stasjoner angitt i parentes) og antall stasjoner er angitt.

Nr	Elv	Status: 0 = tapt, 1 = skadet	Inngrep: 0 = ingen, 1 = små, 2 = store	Start på innsjøkalking (år)	Start på elve-kalking med doserer (år)	Utsetting av fisk (år)	Elfiske periode (år)	Antall elfiske-stasjoner
5	Rødneelva	1	0	1996	1997	YI + YS (<1999)	(1985, 1987-1988) 1991-2000, (2001), 2002-2003	7-12
6	Vikedalselva	1	0	Ingen	1987+1999 ¹	Nei (>1987)	(1981-1984) 1985-2003	9-17
8	Jørpelandselva	1	1(2)	1995	Nei	YI	(1993-1994) 1995-2001, 2003	6-8
10	Espedalselva	1	0	1995	1996	YI	(1992-1994) 1995-2000, (2001), 2002-2003	8-11
11	Frafjordelva	0	0(1)	1998	1993(1995)	YI	(1993) 1994-2001, (2002), 2003	10-12
12	Ogna	1	1	1991	1991	Nei (>1990)	1983-1988, 1991-2003	8-16
13	Bjerkreimselva	1	1	1996	1997	YI	1996-2003	18-20
14	Sokndalselva	0	0	1989	Nei	Nei	(1990) 1991-2001, 2003	9-16
15	Kvina	0	2	**	1994+2000 ¹	Nei	1995-2003	10
16	Lygna	0	0	**	1991+2000 ¹	Nei (>1993)	1991-2003	9-10
17	Audna	0	0	1985	1985	YS + SM	1991-2003	9-10
18	Mandalselva	0	2	**	1997	YS + SM	1995-2003	18
19	Tovdalselva	0	1	1996	1996	Nei (>1997) ²	1995-2003	14
21	Storelva	1	0	1985	1996	YS (>2000)	(1995) 1996-2003	8-10
1	Flekk-Guddal*	1	0	1997	1997	YI + YS		
2	Yndesdal*	0	0	1991	1994	Nei (>1993)		
3	Ekso*	1	2	Nei	1997	Nei		
4	Vosso*	1	1	1993	1994	AI + SM		
7	Suldalslågen*	1	2	**	1998	YS + SM		
9	Lyseelva*	1	1(2)	1999	2000	Nei		
20	Nidelva*	0	2	1996	Nei	Nei		

* Data fra disse elvene er ikke inkludert i undersøkelsen. ** Noe kalking i nedbørfeltet, som trolig har liten effekt på nedenforliggende lakseelver. ¹En tilleggsdoserer er satt opp. ²Rognplanting etter 2000 (Barlaup et al. 2003).

2 Områdebeskrivelse

2.1 Kalking i lakseførende vassdrag i Norge

Av de 20 lakseførende vassdragene som kalkes ligger to i Aust-Agder, fire i Vest-Agder, ti i Rogaland, tre i Hordaland og ett i Sogn og Fjordane (**figur 2**). I åtte av disse vassdragene var de opprinnelige laksebestandene utryddet; ett i Aust-Agder (Tovdalselva), fire i Vest-Agder (Mandalselva, Audna, Lygna og Kvina), to i Rogaland (Sokndalselva og Frafjordelva) og ett i Hordaland (Frøysetelva i Yndesdalsvassdraget). I disse elvene er måletsetningen å reetablere sjølreproduserende laksebestander. For enkelte av elvene blir det brukt utsetningsmateriale som er oppbevart i levende genbank til reetableringen. I Tovdalselva og Mandalselva blir laksen reetablert ved utsetting av en laksestamme fra en egnet bestand i samme region, henholdsvis Storelvastammen og Bjerkreimsstammen, i kombinasjon med naturlig innvandring (Haraldstad & Hesthagen 2003).

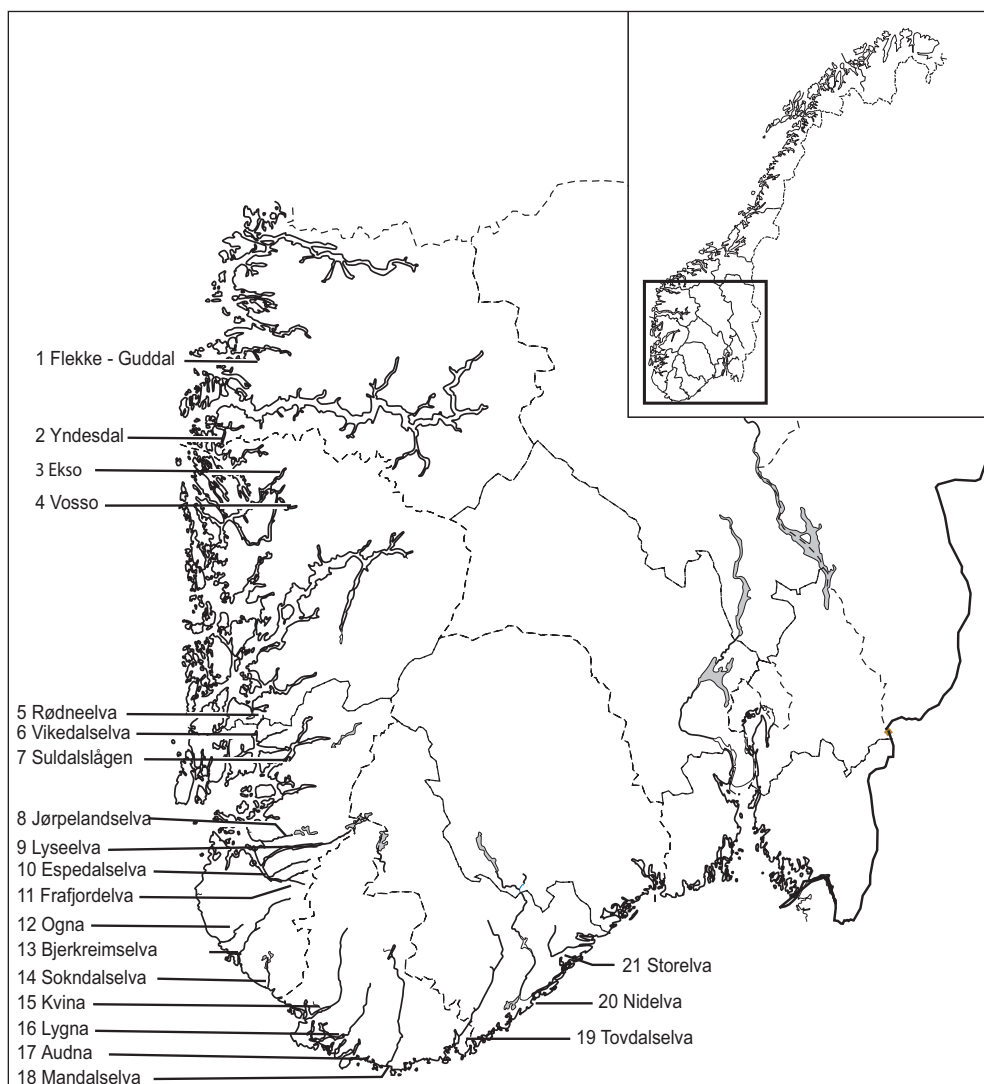
2.2 Valg av referanseår

I denne rapporten er det valgt ut 14 kalkede vassdrag i Agder og Rogaland som grunnlag for analysene. Vassdragene på Vestlandet ligger i en annen vannkjemisk region, og skiller seg på mange måter ut fra vassdragene på Sør- og Sørvestlandet. Suldalslågen og Lyseelva er kalket fra henholdsvis 1998 og 1999/2000. Men på grunn av effekter av regulering og/eller fiskefremmende tiltak (terskelbygging), er disse vassdragene holdt utenfor.

Det vil være en skjønnsmessig vurdering å bedømme når et vassdrag går fra å være "ukalket" til å være "kalket". Ofte vil små og store kalkingstiltak i nedbørfeltet kunne gi en bedring i vannkvaliteten forut for igangsetting av store kalkingstiltak direkte rettet mot lakseførende strekning. Vi har vurdert de ulike vassdragene, og gitt vår definisjon av "kalkingsstart" angitt som referanseår (**vedlegg I**).

Figur 2

Lokaliseringen av lakseelver i Norge som kalkes i dag. Nidelva i Arendalsvassdraget regnes normalt ikke til de kalkede vassdragene, men vannkvaliteten er bedret noe ved kalking av to store innsjøer i øvre del av vassdraget. Fjorten av vassdragene i Agder og Rogaland inngår i analysene i denne rapporten (jf. **tabell I**).





Parti fra Holmesland i nedre del av Mandalselva. Den opprinnelige bestanden av laks betraktes som utdødd i Mandalselva. Vassdraget ble kalket i 1997 bl.a. ved hjelp av kalkdoserere ved Håverstad og Bjelland. Laksen er nå tilbake i vassdraget, og det har vært en meget positiv utvikling i antall laksunger etter kalking. I årene 2000-03 ble det årlig fisket mellom fem og ti tonn laks, og mer enn 16.000 fiskere har besøkt Mandalselva. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Parti fra Vikeså nedenfor utløpet av Svelavatn i Bjerkreimselva. Den opprinnelige bestanden av laks var utdødd i den østre delen av vassdraget, og det var bare en liten bestand av laks i sideelvene i den vestre delen før kalking. Det ble kalket et stort antall innsjøer i 1996 og 1997, og en kalkdoserer ble startet ved Malmeim i 1997. Laksen er allerede tilbake igjen i alle deler av vassdraget, og det har vært en meget positiv utvikling i antall laksunger etter kalking. I årene 2000-03 ble det årlig fisket mellom 12 og 14 tonn laks. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

3 Metoder

Effektkontrollen på fisk har vært gjennomført i alle elver siden kalkingen startet (jf. Direktoratet for naturforvaltning 2004). Normalt finnes det også data fra ett eller flere år (referanseår) før kalkingen ble satt i gang. NINA har ansvaret for overvåkingen av ungfisk i 13 lakseførende vassdrag i fylkene Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland. Universitetet i Bergen gjennomfører overvåkingen av fisk i Audna (Barlaup & Gabrielsen 2004). I tillegg har vi benyttet overvåkingsdata som er samlet inn av Fylkesmannen i Rogaland og Norsk institutt for vannforskning (NIVA), hovedsakelig fra årene før kalking (Helgøy 1999; 2004, Helgøy & Enge 1995, Helgøy et al. 2002a; b, Kaste et al. 1998, Persson 1993). Dette gjør at vi kan følge utviklingen i ungfiskbestandene av laks i 14 vassdrag i Agder og Rogaland over en periode på 13 år, fra 1991 til 2003.

Beskrivelsen av forekomst og tetthet av ungfisk er basert på innsamling av fisk ved hjelp av et bærbart elektrisk fiskeapparat på 143-184 stasjoner i de 14 kalkede vassdragene hvert år (**tabell 1**). Stasjonene er faste oppmålte arealer som normalt dekker 100-150 m² og som fiskes én gang i året; vanligvis i august måned. Antall stasjoner i de enkelte vassdragene har variert mellom 6 og 20, avhengig av vassdragets størrelse (**tabell 1**). Hver stasjon blir avfisket tre ganger, med en pause på 15-30 minutter mellom hver omgang.

All fisk som fanges blir artsbestemt og lengdemålt til nærmeste millimeter i felt, og et utvalg av fisken blir konserveret og lagret for senere aldersbestemmelse. Det kan derfor skilles mellom årsyngel (alder: 0+) og eldre ungfisk (alder: ≥1+) i beregningene av tetthet. Fisketettheten beregnes som beskrevet av Bohlin et al. (1989), basert på fangst i tre omganger. Alle tettheter er oppgitt som antall individ pr. 100 m² elveareal. Det er beregnet tetthet av ungfisk på alle enkeltstasjoner, og deretter et gjennomsnitt for hver elv basert på sum fangst for alle stasjonene. I denne rapporten presenterer vi bare gjennomsnittlig tetthet for de 14 elvene, basert på gjennomsnittlige verdier for hver elv. Utbredelsen av fisk er definert som antall stasjoner der laks er funnet i forhold til det totale antall stasjoner som er undersøkt.

Effekten av kalkingen blir også vurdert ut fra mengden oppfisket voksen laks som er registrert i de enkelte elvene. Slik fangststatistikk foreligger for mange norske lakseelver siden 1876. Det innebærer at man kan følge bestandsutviklingen i disse vassdragene i løpet av de siste 125-130 år.

For å beskrive utviklingen i utbredelse og tetthet av laksunger samt fangst av voksen fisk, har vi foretatt ulike regresjonsanalyser for å finne den modellen som best beskriver sammenhengen mellom de ulike parametrene.



Laksunger i de kalkede elvene blir fanget ved hjelp av et elektrisk fiskeapparat. Antall laksyngel er femdoblet i løpet av det første tiåret etter kalking. Foto: Bjørn Mejdell Larsen

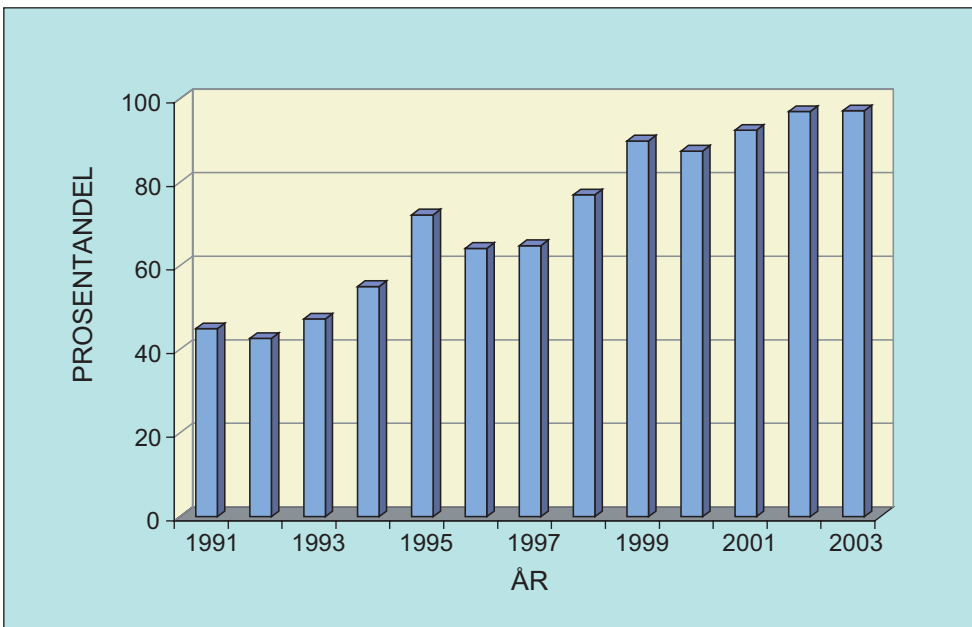
4 Resultater

4.1 Utvikling i utbredelse av laksunger i kalkede vassdrag i Agder og Rogaland

Når vi ser på alle de 14 elvene i Agder og Rogaland samlet, var det laksyngel bare på litt over 40 % av stasjonene på begynnelsen av 1990-tallet (**figur 3**). I løpet av 1990-tallet, og spesielt i de siste årene, har det vært en betydelig økning i utbredelsen av laksyngel i disse elvene. I 2002-03 ble det funnet laksyngel på 97 % av stasjonene. Det har vært en lignende utvikling i utbredelsen av eldre laksunger. På begynnelsen av 1990-tallet var det eldre laksunger på litt i underkant av 50 % av stasjonene, mot ca 90 % ti år senere.

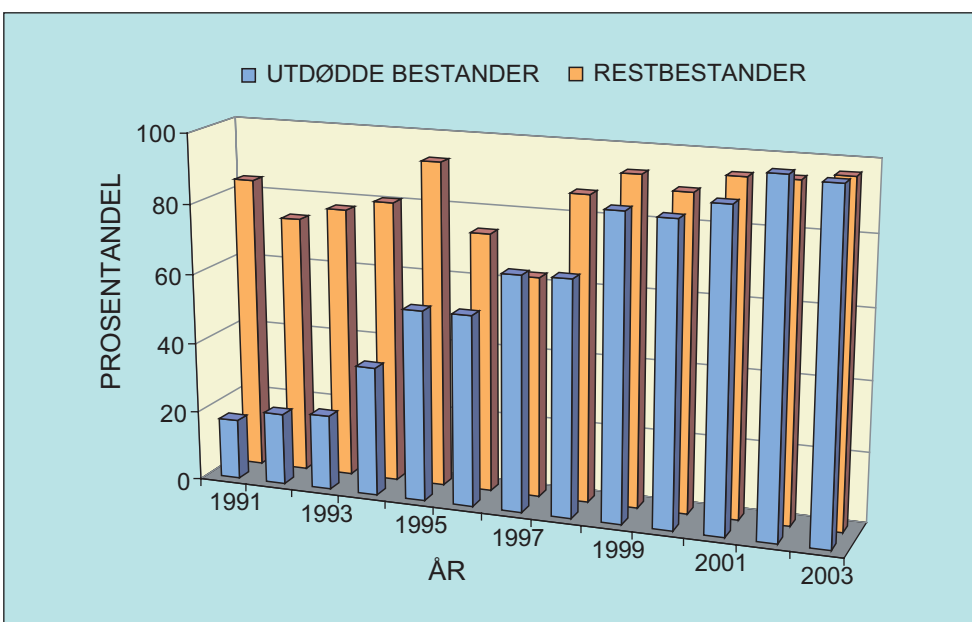
Utbredelsen av laksyngel og eldre laksunger har økt mest i de vassdragene der man antar at laksen var dødd ut. I disse vassdragene var det laksyngel på mindre enn 20 % av stasjonene i 1991-92 (**figur 4**). Tidlig på 1990-tallet var det noe laksyngel i to av vassdragene; Sokndalselva og Audna. Dette skyldes trolig at de to vassdragene allerede i 1991 hadde vært kalket i henholdsvis 2 og 6 år. De siste store kalkingsprosjektene ble startet så sent som i 1996 og 1997. Det var da også først i 1997 at det ble funnet laksyngel i alle vassdragene, selv om utbredelsen fortsatt var sparsom i enkelte av elvene. Men fra 1999 var det laksyngel på mer enn 85 % av stasjonene, og i dag finnes det laksyngel på nesten alle stasjonene i samtlige elver.

Vassdrag som også før kalking hadde små bestander av laks, hadde varierende overlevelse på 1990-tallet. Men etter at kalking var kommet i gang i alle vassdragene økte utbredel-



Figur 3

Utbredelse av laksyngel (andelen stasjoner med fangst av fisk) i 14 kalkede vassdrag i Agder og Rogaland i perioden 1991-2003.



Figur 4

Utbredelse av laksyngel (andelen stasjoner med fangst av fisk) i 14 kalkede vassdrag i Agder og Rogaland i perioden 1991-2003, fordelt på vassdrag med og uten restbestander av laks før kalking.

sen av laksunger, fra 70-80 % på begynnelsen av 1990-tallet til 95-97 % i 2002-03. Det har vært en parallell utvikling i forekomsten av eldre laksunger.

Den beskrevne utviklingen i utbredelsen av laksunger synliggjør ikke den tiden reetableringen tar etter kalkingsstart. Dette skyldes at kalkingen ikke startet samtidig i alle elvene. Vi har derfor sett på hvordan utviklingen har vært i forhold til starttidspunktet for kalkingen. Da bare et fåtall av vassdragene har vært kalket i mer enn åtte år, blir beskrivelsen av utviklingen mer usikker fra og med ni år etter kalking.

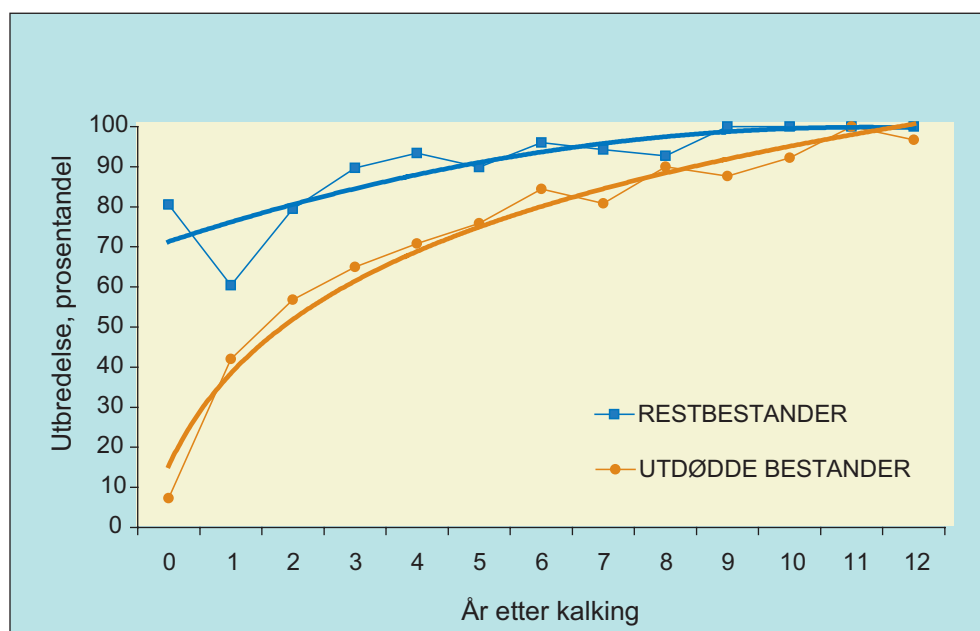
Det har vært en signifikant økning i utbredelsen av laksyngel etter kalking ($p < 0,0001$, **figur 5**). I vassdrag med restbestander av laks før kalking økte utbredelsen av laksyngel fra ca 70 % før kalking til 90-95 % etter 5-8 år med kalking. Kurveforløpet blir deretter usikkert, men i de to

vassdragene som er kalket i mer enn ni år er utbredelsen av laksyngel 100 %. I elver der laksen var utdødd gikk det bare ca fire år før utbredelsen nådde det nivået som elvene med restbestander hadde før kalking. Utbredelsen i disse elvene økte fra i underkant av 10 % det året kalkingen startet til 70-75 % fire til fem år etter kalking. Resultatene viser at det vil ta 10-12 år før alle stasjonene igjen har laksyngel. Årsaken til at det var laksyngel i noen "utdødde" elver det året kalkingen kom i gang, var sannsynligvis en effekt av noen mindre, lokale kalkingstiltak før hovedkalkingen av vassdragene startet.

Det er også en signifikant økning i utbredelsen av eldre laksunger etter kalking ($p < 0,0001$). I vassdragene som hadde restbestander av laks før kalking økte utbredelsen av eldre laksunger fra ca 75 % før kalking til over 90 % fem til åtte år etter kalking (**figur 6**). I vassdrag der laksen var utdødd ble

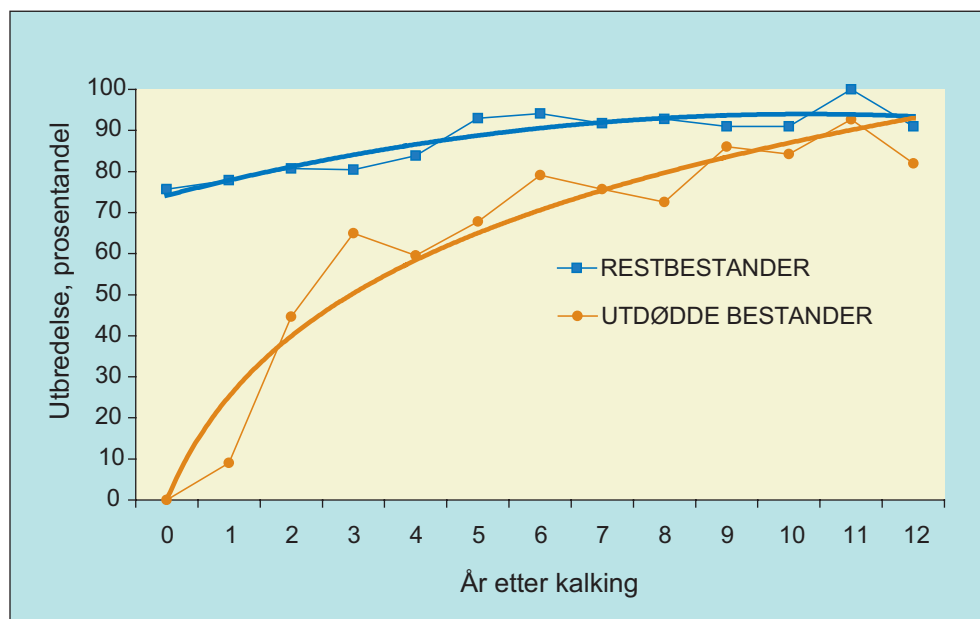
Figur 5

Utviklingen i utbredelse av laksyngel i de første årene etter kalking i 14 vassdrag i Agder og Rogaland. Det er skilt mellom vassdrag med og uten restbestander av laks før kalking. Sammenhengen mellom utbredelsen av laksyngel i vassdrag med restbestander av laks før kalking (y) og år etter kalking (x) er gitt ved ligningen: $y = -0,226x^2 + 5,533x + 66,013$ ($F_{1,10}=13,2$; $R^2=0,73$; $p < 0,01$). Sammenhengen mellom utbredelsen av laksyngel i vassdrag der laksen var utdødd før kalking (y) og år etter kalking (x) er gitt ved ligningen: $y = 33,249\ln(x) + 15,358$ ($F_{1,11}=427,2$; $R^2=0,98$; $p < 0,0001$).



Figur 6

Utviklingen i utbredelse av eldre laksunger i de første årene etter kalking i 14 vassdrag i Agder og Rogaland. Det er skilt mellom vassdrag med og uten restbestander av laks før kalking. Sammenhengen mellom utbredelsen av eldre laksunger i vassdrag med restbestander av laks før kalking (y) og år etter kalking (x) er gitt ved ligningen: $y = -0,187x^2 + 4,224x + 70,163$ ($F_{1,10}=23,8$; $R^2=0,83$; $p < 0,0001$). Sammenhengen mellom utbredelsen av eldre laksunger i vassdrag der laksen var utdødd før kalking (y) og år etter kalking (x) er gitt ved ligningen: $y = 36,194\ln(x) + 0,172$ ($F_{1,11}=130,8$; $R^2=0,92$; $p < 0,0001$).



det ikke funnet eldre laksunger før kalking. Men allerede 6-8 år etter kalking hadde ca 75 % av stasjonene eldre laksunger. Denne aldersgruppen består av ett til tre år gamle individ, og den vil få en tilsvarende forsinkelse i utviklingen i forhold til laksyngel. Det vil derfor ta minst 12-15 år før eldre laksunger finnes i alle deler av et vassdrag.

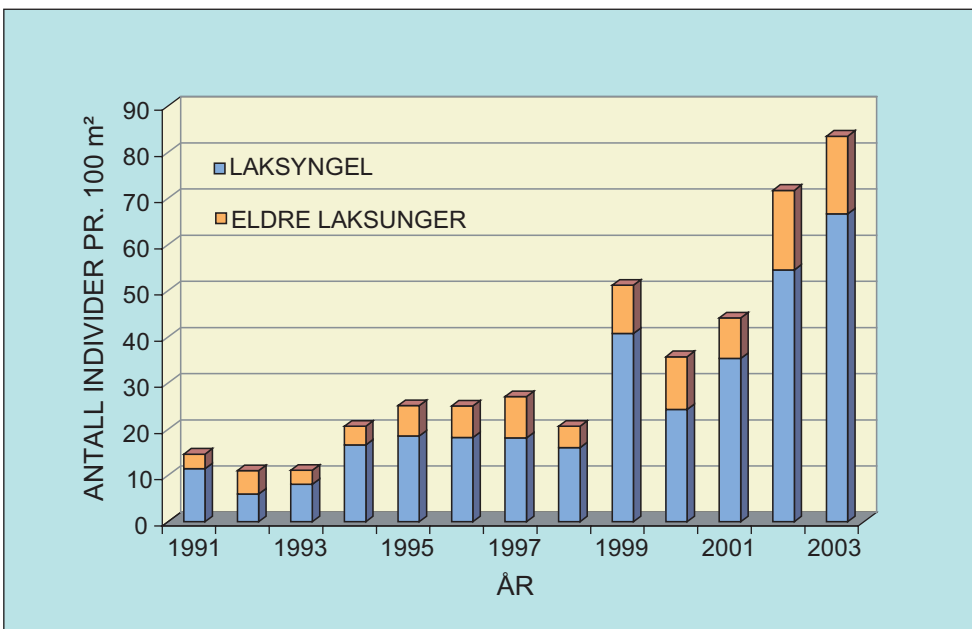
4.2 Utviklingen i tettheten av laksunger i kalkede vassdrag i Agder og Rogaland

Det har vært en markert økning i gjennomsnittlig tetthet av både laksyngel og eldre laksunger i de kalkede elvene i Agder og Rogaland i perioden 1991-2003 (figur 7). På begynnelsen av 1990-tallet hadde disse elvene mindre enn 10 laksyngel pr. 100 m² elveareal. I løpet av en tiårsperiode,

det vil si fram til 2002-03, hadde tettheten økt til 55-67 individ pr. 100 m². Det er med andre ord om lag sju ganger mer laksyngel pr arealenhet i 2003 enn i 1991-92. For eldre laksunger har det vært en økning fra 3-5 individ pr. 100 m² på begynnelsen av 1990-tallet til 17 individ i 2002-03.

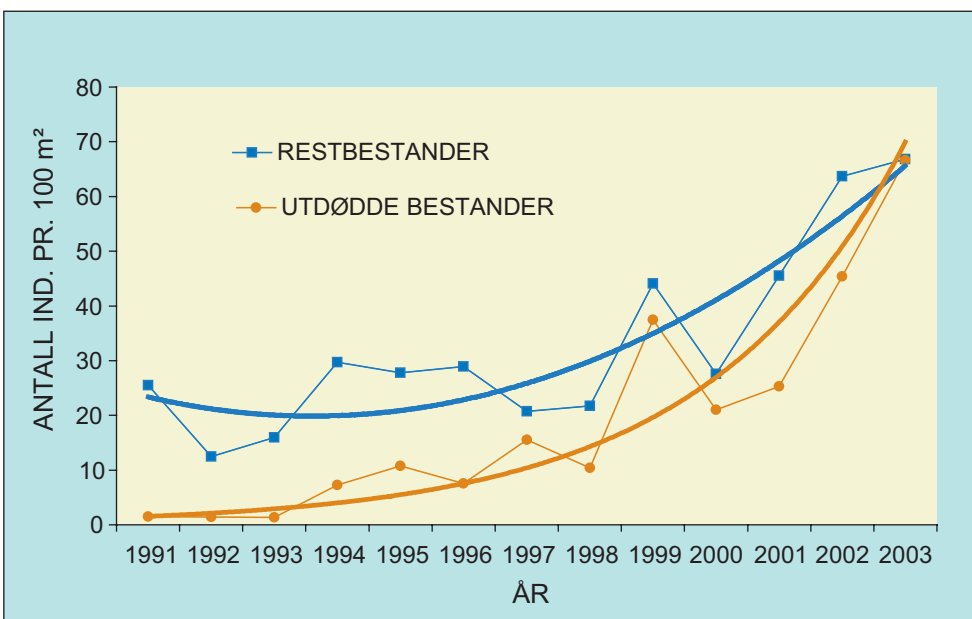
På begynnelsen av 1990-tallet var det om lag 20 laksyngel i gjennomsnitt pr. 100 m² i vassdrag med restbestander av laks før kalking (figur 8). Fra midten av 1990-tallet har det vært en signifikant økning i tettheten i disse vassdragene ($p < 0,0001$), til 64-67 laksyngel pr. 100 m² i 2002-03. Dette tilsvarer en tredobling av rekrutteringen på under ti år.

Vassdrag der laksen var utdødd har hatt en enda kraftigere økning i tettheten av laksyngel (figur 9). På begynnelsen av 1990-tallet var det fortsatt svært lite laksyngel i disse vassdragene. Unntaket var noe naturlig rekruttering av laks i



Figur 7

Gjennomsnittlig tetthet pr. 100 m² elveareal av laksyngel og eldre laksunger i 14 kalkede vassdrag i Agder og Rogaland i perioden 1991-2003.



Figur 8

Gjennomsnittlig tetthet av laksyngel i vassdrag i Agder og Rogaland i perioden 1991-2003. Det er skilt mellom vassdrag med utdødde bestander og restbestander av laks før kalking. Tettheten er angitt som antall individ pr. 100 m² elveareal. Sammenhengen mellom tettheten av laksyngel i vassdrag der det var en restbestand av laks før kalking (y) og kalenderår (x) er gitt ved ligningen: $y = 0,518x^2 - 3,732x + 26,608$ ($F_{1,10}=20,1$; $R^2=0,80$; $p < 0,0001$). Sammenhengen mellom tettheten av laksyngel i vassdrag der laksen var utdødd før kalking (y) og kalenderår (x) er gitt ved ligningen: $y = 1,129e^{0,317x}$ ($F_{1,11}=83,4$; $R^2=0,88$; $p < 0,0001$).

Audna og Sokndalselva, som da hadde vært kalket noen år. Senere har det vært en signifikant økende tetthet av laksyngel i elver med tidligere utdødde bestander. I 2002 og 2003 var den gjennomsnittlige tettheten henholdsvis 45 og 67 laksyngel pr. 100 m². I 2003 var tettheten av 0+ laks i elver med utdødde bestander like høy som i vassdrag med restbestander av laks. Det er foreløpig ingen tendens til at kurvene som viser tettheten flater ut. Men i noen av vassdragene som har vært kalket lengst, synes det likevel som om tetthetene har stabilisert seg på et noe høyere nivå (70-100 individ pr. 100 m²) (jf. Larsen et al. 2004).

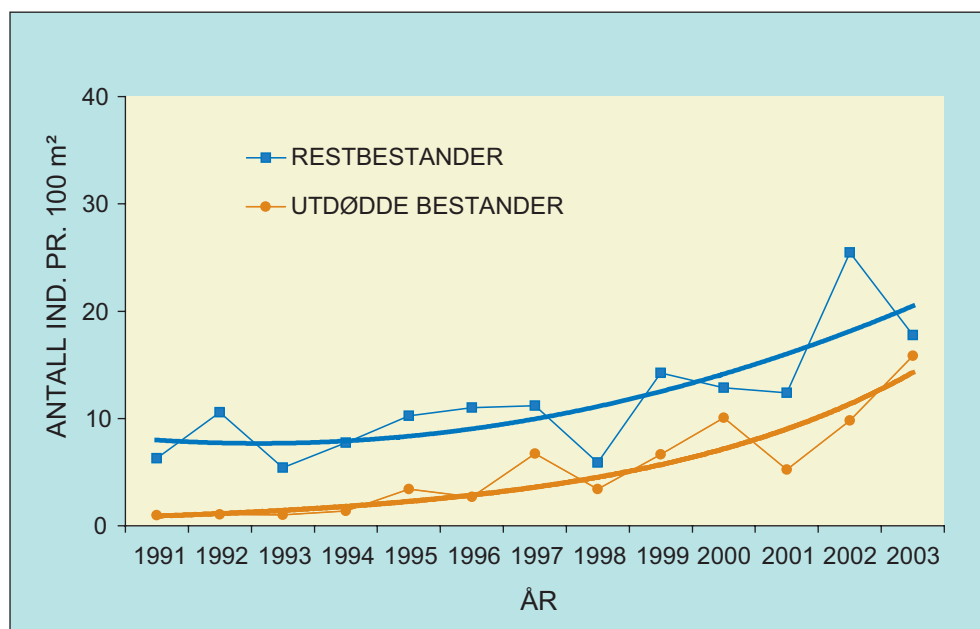
For eldre laksunger er utviklingen nær den samme som for yngel. Det har vært en moderat, men signifikant økning i tettheten av eldre individ både i vassdrag med og uten restbestander av laks før kalking (figur 9). I elver med restbestander av laks har det vært en økning i tetthet fra ca 10

eldre laksunger pr. 100 m² på begynnelsen av 1990-tallet til ca 20 individ i 2002-03. I vassdrag der laksen tidligere var utdødd har tettheten av eldre laksunger økt fra et gjennomsnitt på ett individ i 1991-92 til 10-15 individ i 2002-03.

For å synliggjøre tiden det tar før bestandene er reetablert etter kalking, har vi sett på endringen i tetthet i forhold til starttidspunktet for kalkingen. Tettheten av laksyngel har økt signifikant, fra ca 9 individ pr. 100 m² før kalking til ca 45 individ ti år etter kalking ($p < 0,0001$, figur 10). Det er bare fem av vassdragene som har vært kalket i lengre tid, og bare tre vassdrag er kalket i mer enn 12 år. Bestandsutviklingen går likevel i den retningen fortsettelsen av linjen (trendlinjen) viser (jf. figur 10). Det har vært en gjennomsnittlig økning på om lag fire laksyngel pr. år i den første tiårs perioden etter kalking.

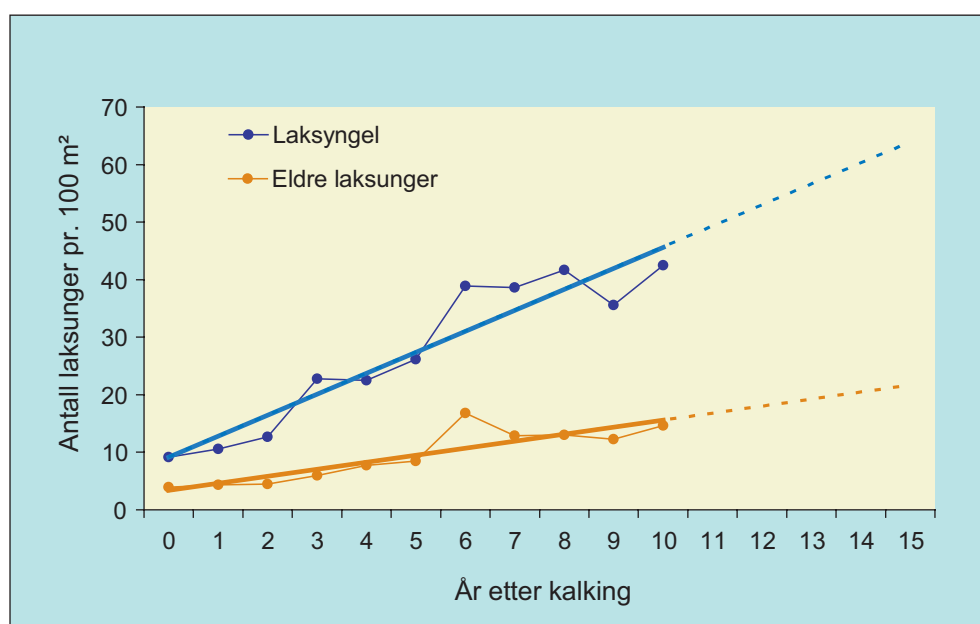
Figur 9

Gjennomsnittlig tetthet av eldre laksunger i vassdrag i Agder og Rogaland i perioden 1991-2003. Det er skilt mellom vassdrag med og uten restbestander av laks før kalking. Tettheten er angitt som antall individ pr. 100 m² elveareal. Sammenhengen mellom tettheten av eldre laksunger i vassdrag med restbestander av laks før kalking (y) og kalenderår (x) er gitt ved ligningen: $y = 0,119x^2 - 0,622x + 8,483$ ($F_{1,10}=8,6$; $R^2=0,63$; $p < 0,01$). Sammenhengen mellom tettheten av eldre laksunger i vassdrag der laksen var utdødd før kalking (y) og kalenderår (x) er gitt ved ligningen: $y = 0,728e^{0,229x}$ ($F_{1,11}=79,3$; $R^2=0,88$; $p < 0,0001$).



Figur 10

Utviklingen i tettheten av laksyngel og eldre laksunger i de første årene etter kalking i 14 vassdrag i Agder og Rogaland. Fortsettelsen av linjene (stiplet) angir forventet utvikling i tetthetene i en fem-årsperiode framover. Sammenhengen mellom tettheten av laksyngel (y) og år etter kalking (x) er gitt ved ligningen: $y = 3,65x + 9,14$ ($F_{1,9}=78,4$; $R^2=0,89$; $p < 0,0001$). Sammenhengen mellom tettheten av eldre laksunger (y) og år etter kalking (x) er gitt ved ligningen: $y = 1,22x + 3,40$ ($F_{1,9}=31,0$; $R^2=0,75$; $p < 0,0001$).



For eldre laksunger har det vært en gjennomsnittlig årlig økning på noe over ett individ pr. år i løpet av det første tiåret etter kalking (**figur 10**). Fra fire eldre laksunger pr. 100 m² før kalking har tettheten økt til 15 individ ti år etter kalking. Forholdet mellom antall laksyngel og antall eldre laksunger er i gjennomsnitt 3:1.

4.3 Fangst av laks (sportsfiske) i de kalkede elvene

Selv om laksestatistikken ikke har vært helt pålitelig til alle tider, gir den likevel et inntrykk av fangstutviklingen over tid.

Det ble tatt noe laks i de elvene som hadde mistet sine stede egne laksestammer også før kalkingen startet. Dette kan enten ha vært vill feilvandret laks fra andre ikke-forsurede elver, rømt oppdrettslaks eller laks utsatt som yngel eller smolt i andre vassdrag. I perioden 1980-84 var gjennomsnittlig fangst av laks i de 14 kalkede elvene på 1,3 tonn (**figur 12**). Senere økte fangstene, men holdt seg på et relativt moderat nivå fram til og med 1997. Det store oppsvinget i laksefisket kom i 1998 da utbyttet steg til 29 tonn.

Dette skyldtes blant annet et godt fiske i Sokndalselva, Audna og Ognå, samtidig som fangstene i Bjerkreimselva og Mandalselva begynte å øke. I 2000 økte fangstene ytterligere i de 14 kalkede elvene til over 36 tonn. Rekordfangsten hittil er fra 2001, med 39.908 kg.

Inkluderer vi de seks andre elvene som er kalket i Norge, får vi en totalfangst i 2001 på 41,5 tonn laks (**figur 11**). Villaksen har imidlertid vært fredet i elvene i Hordaland fra begynnelsen av 1990-tallet, og det har bare vært tillatt med fiske etter stamfisk og oppdrettslaks. Fangststatistikken undervurderer derfor den positive utviklingen i bestandene.

Andelen laks tatt i de 20 kalkede elvene i forhold til totalfangsten av laks i alle norske elver har økt kraftig i perioden 1980-2003 (**figur 12**). Rekordandelen hittil er 9,0 % i 1998. Den gjennomsnittlige andelen laks tatt i kalkede elver i løpet av perioden 1998-2003 var 7,8 %.

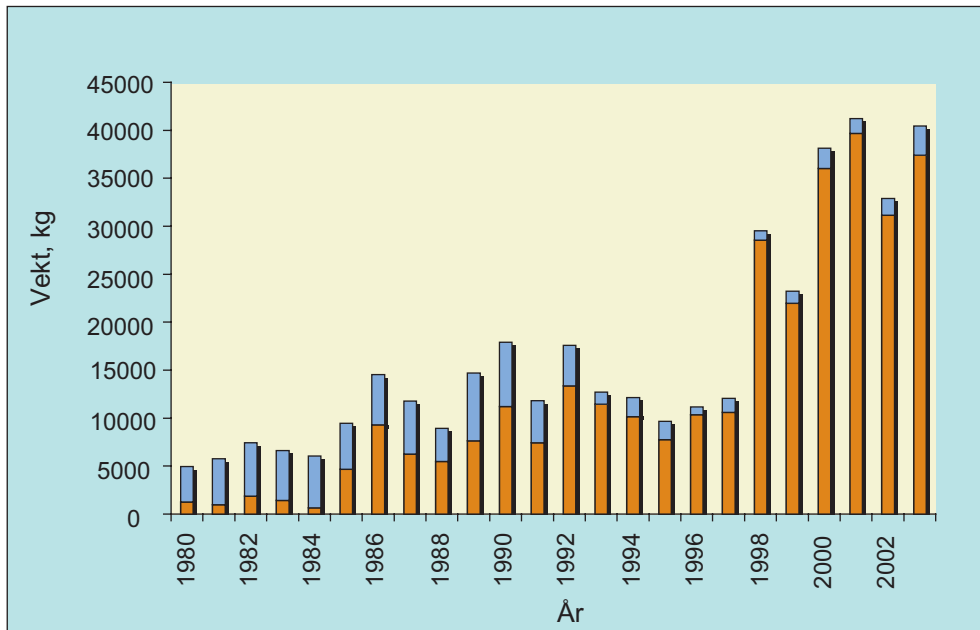
Det ble fanget om lag 7 tonn laks til sammen på det tidspunktet kalkingen kom i gang (**figur 13**). Senere har det vært en signifikant årlig økning på om lag fire tonn i året, og sju år etter kalking var fangsten oppe i 36 tonn.



Sportsfiske etter laks har lange tradisjoner i Norge, og de kalkede vassdragene på Sørlandet får årlig besøk av flere tusen laksefiskere. Foto: Roar A. Lund.

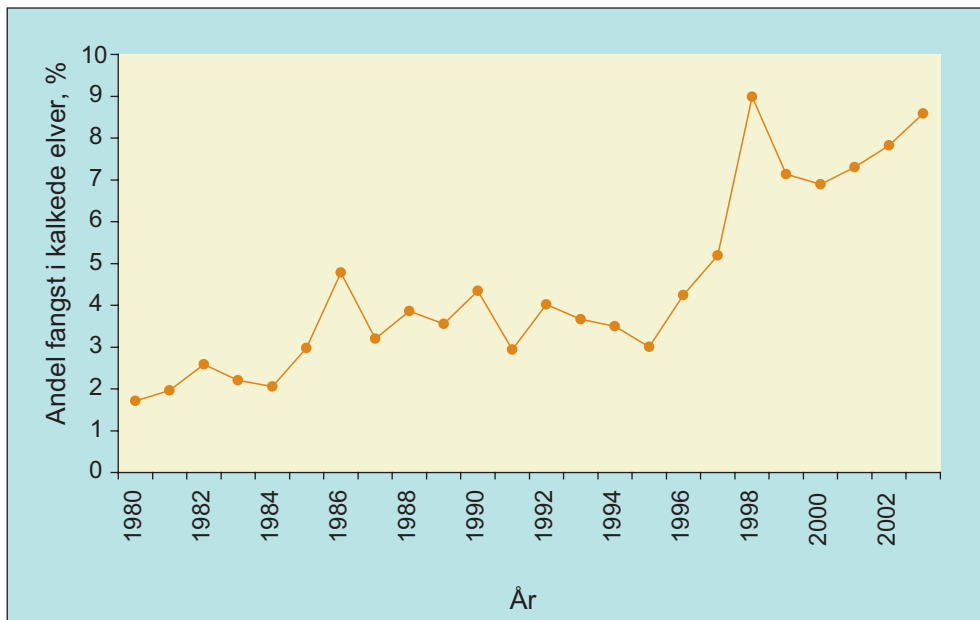
Figur 11

Fangst av laks i kalkede vassdrag i Norge i perioden 1980-2003. Fangstutbyttet er vist atskilt for de 14 kalkede elvene i Agder og Rogaland som omtales i denne rapporten (røde stolper) og utbyttet i de resterende seks kalkede vassdragene i Norge (blå stolper). Det var fredning i Storelva, Vikedalselva og Rødneelva i noen år på slutten av 1980-tallet og begynnelsen av 1990-tallet. I vassdragene i Hordaland har det fra begynnelsen av 1990-tallet bare vært tillatt med fiske etter stamfisk og oppdrettslaks.



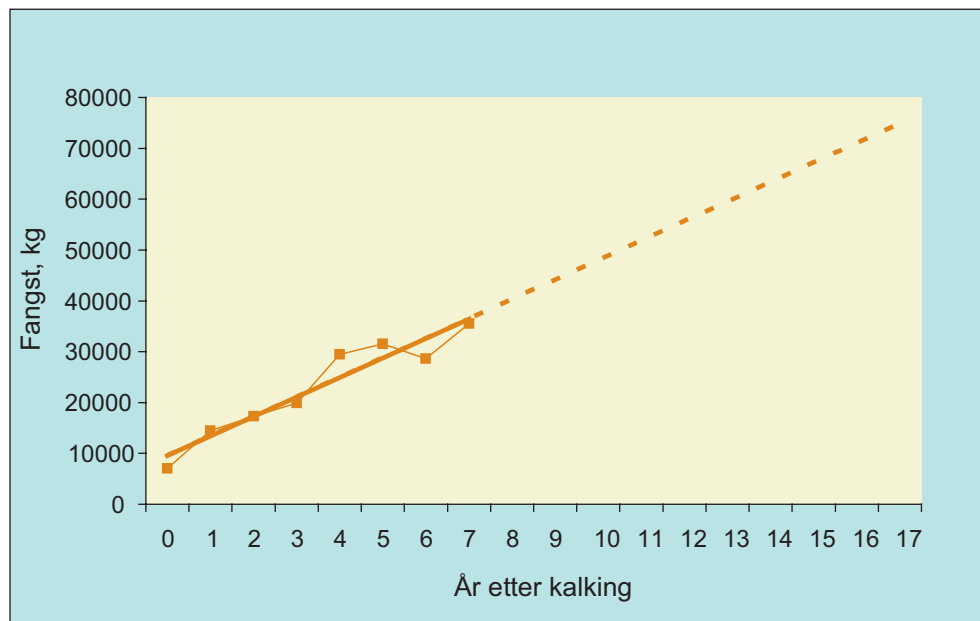
Figur 12

Andelen laks som er fanget ved sportsfiske i alle kalkede elver i Norge i forhold til totalfangsten av laks i alle norske lakseelver (1980-2003).



Figur 13

Utviklingen i fangsten av laks i de første årene etter kalking i 14 vassdrag i Agder og Rogaland. Fortsettelsen av linjen (stiplet) angir forventet utvikling i fangsten av laks i en tiårsperiode framover. Sammenhengen mellom fangst av laks (y) og år etter kalking (x) er gitt ved ligningen: $y = 3842,08x + 9533,33$ ($F_{1,6}=68,7$; $R^2=0,91$; $p<0,0001$).



4.4 Forventninger

4.4.1 Utbredelse og tetthet av ungfisk

Det har vært en reetablering av laksunger i alle de kalkede vassdragene etter kalking. Vi fant laksunger på dobbelt så mange av overvåkingsstasjonene i 2002-03 sammenlignet med 1991-92 (**tabell 2**). Ut fra kjennskapet til overvåkingsstasjonene er det etter hvert forventet laksyngel på alle stasjonene. Eldre laksunger foretrekker noe grovere substrat for å finne skjul og oppholdssteder enn yngel. Enkelte av overvåkingsstasjonene domineres av grus og finere substrat, og eldre laksunger vil bare unntaksvis oppholde seg på slike områder. Vi forventer derfor ikke å finne eldre årsklasser av laks på alle stasjonene.

Naturlig nok har tettheten av laksunger økt raskere i elver med restbestander da kalkingen startet, enn der hvor laksen var helt utryddet. Men det er store variasjoner mellom vassdrag både i tiden det tar å bygge opp igjen bestandene, og nivået på tettheten av ungfisk. I noen vassdrag er det allerede i enkelte år funnet gjennomsnittlige tettheter av laksyngel på over 100 individ pr. 100 m² (Sokndalselva, Bjerkreimselva, Frafjordelva og Vikedalselva). I mindre produktive vassdrag må en imidlertid forvente at bæreevnen ligger på et mye lavere nivå (Jørpelandselva).

Ut fra våre resultater og trendlinjer, forventer vi at den gjennomsnittlige tettheten av laksyngel for de 14 kalkede elvene i Agder og Rogaland stabiliserer seg på rundt 75 individ pr. 100 m² (jf. **figur 10**). Denne tettheten blir ikke oppnådd før etter 18 år med kalking. Det er tiden det tar før reetableringen av laks er fullstendig i de kalkede vassdragene. Det er imidlertid store variasjoner mellom vassdragene, og resultatet som framkommer er mer å betrakte som en modell for reetablering. Det vil også være store naturlige variasjoner i yngeltettheten fra år til år, og vi har antydning at tettheten av laksyngel vil ligge innenfor 60-90 individ pr. 100 m².

I de første årene etter kalking har vi funnet at forholdet mellom tettheten av laksyngel og eldre laksunger er som 3:1. Dette gir en forventet gjennomsnittlig tetthet av eldre laksunger på 25 individ pr. 100 m², basert på 75 laksyngel

pr. 100 m². Forholdet vil avta med økende tetthet, og en høyere tetthet av yngel vil derfor ikke relativt sett gi den samme økningen i antall eldre laksunger.

4.4.2 Fangst av laks ved sportsfiske

Hvor mye voksen laks kan en forvente at de kalkede elvene vil produsere om 10-15 år? Et hjelpemiddel til å besvare dette spørsmålet kan være bruk av laksestatistikk, som foreligger for alle de 14 kalkede elvene i Agder og Rogaland før forsuringen satte inn. Laksestatistikken har imidlertid svakheter, og gir bare en antydning om de historiske minimumsfangstene. Den høyeste fangsten og gjennomsnittet for de fem årene med høyest fangst i disse elvene før kalking, gir et bilde av hva som historisk sett har vært fanget (**figur 14**). Noen av elvene har imidlertid fått en redusert produksjon på grunn av reguleringer i forbindelse med vannkraftutbygging (bl.a. Mandalselva og Kvina). På den annen side har andre vassdrag blitt tilrettelagt for å bedre oppgangen av fisk, og mengden fisk har økt (bl.a. Bjerkreimselva). Fangststatistikken viser at det tidligere er tatt opp til 102 tonn laks pr. år i disse elvene, og gjennomsnittet av de fem beste årene er 80 tonn. Gjennomsnittet for 2001-03 var til sammenligning noe i overkant av 36 tonn. Vi ville ut fra dette kunne forvente en fordobling av utbyttet av laks i de 14 kalkede vassdragene i Agder og Rogaland.

Kan et utbytte på 70-80 tonn være en realistisk forventning i disse elvene i fremtiden? Et slikt forventningstall kan også fremskaffes ved å korrelere den årlige gjennomsnittlige yngeltettheten med fangst av voksen laks. Bakgrunnen for dette er at variasjonen i mengden oppfisket laks ansees å være et mål på variasjonen på størrelsen av gytebestandene. Da ville vi forvente at når antall gytefisk øker ett år vil tettheten av laksyngel øke ett år senere som følge av en større nedlagt rognmengde. Dette forutsetter imidlertid at fangstinnsetts og fangsteffektivitet ved sportsfiske er konstant mellom år, noe vi vet kan variere avhengig av blant annet vannføring. Et slikt avvikende resultat fikk vi trolig i 2002 på grunn av liten vannføring i fiskesesongen i flere av vassdragene. I 2003 var således antall laksyngel større enn forventet i forhold til fangsten av voksen fisk året før (jf. **figur 15**).

Tabell 2. Observert utvikling i utbredelse og tetthet av yngel (0+) og eldre laksunger ($\geq 1+$) fra 1991-92 til 2002-03 i 14 kalkede vassdrag i Agder og Rogaland, med forventede verdier i elvene når full reetablering av laks er oppnådd.

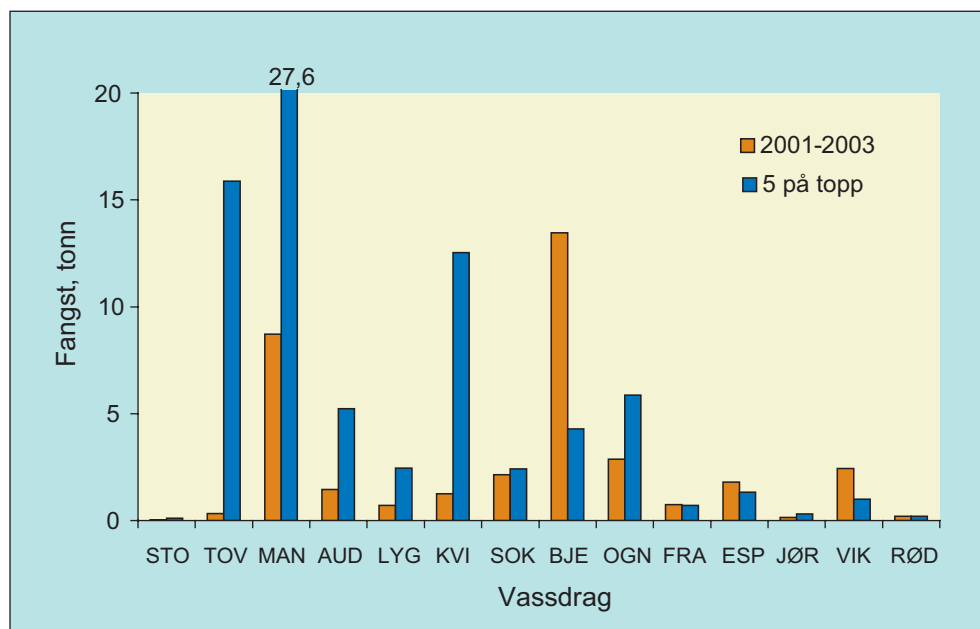
Parameter	1991-1992	2002-2003	Forventning
Utbredelse 0+	44 %	97 %	100 %
Utbredelse $\geq 1+$	49 %	88 %	90 (-95) %
Tetthet 0+	9 ind. pr. 100 m ²	61 ind. pr. 100 m ²	75 (60-90) ind. pr. 100 m ²
Tetthet $\geq 1+$	4 ind. pr. 100 m ²	17 ind. pr. 100 m ²	25 (20-30) ind. pr. 100 m ²

Vi fant en signifikant lineær sammenheng mellom fangst av voksen laks ett år og yngeltettheten ett år senere ($p < 0,0001$, **figur 15**). Dette tyder på at maksimumsverdien for tettheten av laksyngel (bæreevnen) ikke er nådd for de 14 undersøkte elvene. Dette vil igjen si at tettheten av laksyngel vil fortsette å øke fordi antall gytefisk (rognmengden) hittil har begrenset rekrutteringen i disse elvene. En gjennomsnittlig tetthet av laksyngel på ca. 45 individ pr. 100 m² elveareal gir et fangstutbytte av voksen laks på 40 tonn i henhold til trendlinjen vist i **figur 15**. Tendensen er at tettheten av laksyngel fortsetter å øke. Med 75 laksyngel pr. 100 m² som et realistisk mål, viser forventningsmodellen en samlet fangst på ca 70 tonn voksen laks. Med nåværende utviklingstakt vil det ta ti år før dette fangstutbyttet blir nådd (jf **figur 13**).

Forventet fangst av laks kan også beregnes på grunnlag av elveareal og antatt smoltproduksjon. Det finnes bare sporadiske data om smolttetthet fra de aktuelle elvene. Men erfaringstall fra andre vassdrag, og kunnskap om produktivitet, smoltalder o. l. i regionen gjør oss i stand til å sette opp en prognose basert på visse forutsetninger. De 14 elvene som inngår i denne analysen har et elveareal på 14.820.000 m². Dersom vi forutsetter (i) en smoltproduksjon på mellom 4 og 6 individ pr. 100 m², (ii) sjøoverlevelse på 10 %, (iii) total beskatningsrate på 50 %, (iv) fordeling av fangst i sjø/elv på 25/75 % og (v) gjennomsnittlig vekt av voksen laks på 2,7 kg, så gir dette elfefangster på mellom 60 og 90 tonn (**tabell 3**). I tillegg kommer produksjonen av laks i de seks andre elvene som allerede er kalket og elver som er forsuret, men enda ikke kalket.

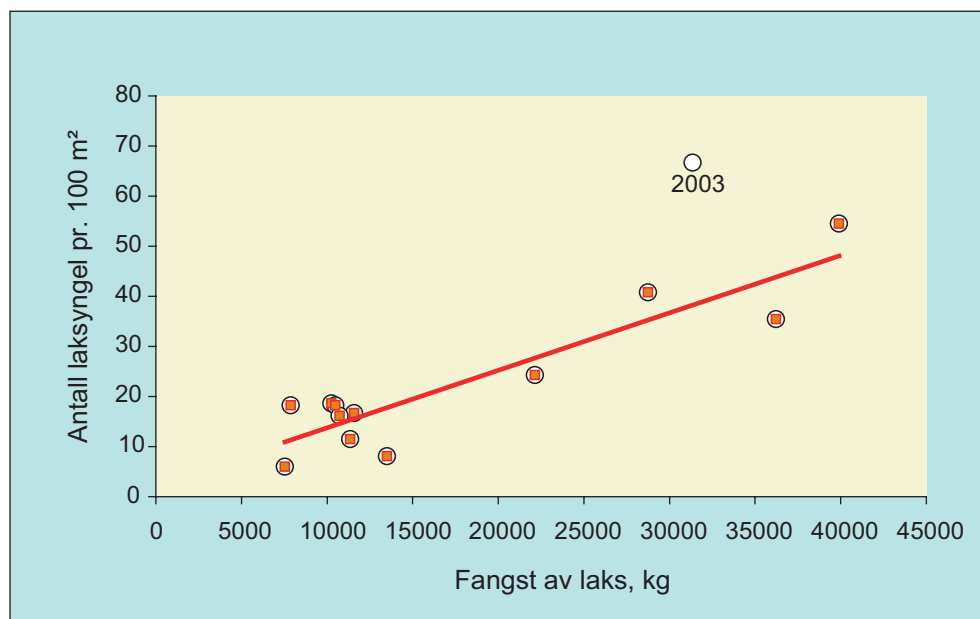
Figur 14

Fangst av laks i 14 kalkede vassdrag i Agder og Rogaland. Figuren viser gjennomsnittet av de fem høyeste fangstene av laks i disse vassdragene før kalking ("5 på topp") og gjennomsnittlig fangst i 2001-03.



Figur 15

Sammenhengen mellom fangst av voksen laks ett år (1990-2002) og tettheten av laksyngel pr. 100 m² ett år senere (1991-2003) i 14 vassdrag i Agder og Rogaland. Utelater vi den høye tettheten av laksyngel i 2003 får vi en sammenheng mellom antall laksyngel pr. 100 m² (y) og totalfangst av laks året før (x) gitt ved ligningen: $y = 0,001x + 1,631$ ($F_{1,10} = 51,9$; $R^2 = 0,82$, $p < 0,0001$).



Tabell 3. Beregnet produksjon av laks i 14 kalkede elver i Agder og Rogaland, basert på elveareal og antatt smoltproduksjon.

Smolt pr. 100 m ²	Smoltproduksjon: Antall individ	Totalfangst ved 10 % sjøoverlevelse Antall	Vekt (tonn)	Elvefangst (tonn)
4	592.800	29.640	80	60
6	889.200	44.460	120	90

Det fiskes om lag 40 tonn laks i de kalkede vassdragene i dag, noe som utgjør litt i underkant av 10 % av det totale utbyttet av laks i norske vassdrag. I løpet av ti år er det forventet at fangstene av laks i disse vassdragene vil øke til minst 70 tonn. Under forutsetning av at fangstene i de andre lakseelvene i Norge holder seg på samme nivå som i de fem siste årene, og at økningen i fangstutbyttet bare kommer fra de kalkede elvene, vil fangsten i de kalkede elvene utgjøre ca 14 % om ti år. Da vil hver sjuende villaks som blir tatt i norske elver komme fra et kalket vassdrag.

4.5 Samfunnsøkonomisk nytteverdi og verdiskapning

Gjenoppbyggingen av laksebestandene på Sørlandet og Sørvestlandet har økt tilbudet av det fiskebaserte friluftslivet i regionen. Eksempelvis har det vært over 16.000 fiskere i Mandalselva i løpet av årene 2000-03 (Mauland 2004).

Generelt har det vært liten fokus på de lokaløkonomiske effektene av kalking. Men kalking av lakseelver synes å være svært samfunnsøkonomisk lønnsomt. Det er foretatt beregninger av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten og verdiskapningen ved kalking av flere av vassdragene; Audna, Storelva, Vikedalselva og Mandalselva. Dette gjøres ved en samfunnsøkonomisk konsekvensanalyse (nytte/kostnad) hvor en forsøker å vurdere alle kostnader og nyttevirkninger av et prosjekt ut fra samfunnets synsvinkel. Dersom de samfunnsøkonomiske nyttevirkninger overstiger kostnadene er prosjektet samfunnsøkonomisk lønnsomt. Kostnadene er relativt enkle å verdsette ved hjelp av markedspriser på (i) kalk, (ii) settefisk og (iii) drift av kalkingsanleggene. Nyttvirkningene består av (i) økt rekreasjonsverdi av fritidsfisket i elv/sjø, (ii) økt verdi av nærings/matfiske i elv/sjø, (iii) ikke-bruksverdi av økt fiskebestand i elva (at fisken bevarer for framtiden), (iv) samfunnsøkonomisk verdiskapning av økt fisketurisme med lokaløkonomiske ringvirkninger og (v) samfunnsøkonomisk verdiskapning av økte valutainntekter fra utenlandske fritidsfiskere.

I Audna ble det utført nytte- og kostnadsanalyser av kalking og utsetting av fisk både i 1988 og 1990; henholdsvis tre og fem år etter kalkingsstart (Navrud 1990, 1993a). I prosjektet ble bare to av mange nyttevirkninger tallfestet; den økte rekreasjonsverdien av fritidsfisket og befolkningens betalingsvillighet for å få tilbake levedyktige bestander av laks og sjørret i elva. Kalkingen av Audna var samfunns-

økonomisk lønnsom allerede tre år etter kalkingsoppstarten, og fem år etter kalking fikk man i størrelsesordenen 4-5 kroner igjen i miljønytte for hver investert krone. Siden denne undersøkelsen ble gjennomført har flere vassdrag på Sørlandet blitt kalket, slik at folks betalingsvillighet med hensyn til kalking må fordeles på flere vassdrag. På den annen side har bestandene av laks og sjørret i Audna økt betydelig etter 1990. Noen ikke-verdsatte nytteeffekter ble heller ikke tatt med i beregningene.

I Vegårvassdraget inkludert Storelva ble det gjort en nytte- og kostnadsanalyse i 1991; seks år etter kalkingen av innsjøen Vegår (Navrud 1993b). Her var den samfunnsøkonomiske nytten betydelig lavere enn for Audna, idet man bare fikk igjen 1,65 kroner for hver investert krone. Imidlertid ble nytteverdien betydelig redusert fordi laksen i Storelva var fredet på den tiden, og det bare var tillatt å fiske sjørret. Videre var det bare rekreasjonsverdien av sjørretfisket i Storelva i 1991 som ble lagt til grunn for forventet økning i rekreasjonsverdien. Dette ga et grovt underestimert av rekreasjonsverdien, fordi det senere også er fisket en del laks. På den annen side ble det satt opp en kalkdose- r ved Storelva i 1996, noe som økte kalkingskostnadene. Undersøkelsen i Vegår viste for øvrig at et prosjekt som kombinerer kalking av innsjø og lakselv kan være meget kostnadseffektivt og lønnsomt.

For Vikedalselva ble det foretatt en analyse av rekreasjonsverdien av laks- og sjørretfiske før elva ble kalket i 1987 (Navrud 1988). Denne elva ble kalket som en konsekvens av gjentatte episoder med fiskedød på begynnelsen av 1980-tallet (Hesthagen 1989). En oversikt over endringer i antall fiskedager i elva for perioden 1977-87 viste at rekreasjonsverdien av fisket i elva var betydelig større før fiskedøden satte inn. I 1987 ble det registrert nærmere 5.000 fiskedager (antall fiskere x antall dager de fisket). Dette tilsvarer en rekreasjonsverdi pr. fiskedag på 104-151 kroner, som konservativt ble anslått til en totalverdi på 0,5 millioner kroner. Det er ikke gjort noen nytte- og kostnadsanalyse i Vikedalselva etter kalking, men fangsten av laks har økt fra 100-500 kg på 1980-tallet til et gjennomsnitt på 2.540 kg i årene 2000-03. Dette må bety at vi har fått en betydelig økning i både rekreasjonsverdi og den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ved dette kalkingsprosjektet.

Kalkingen av Mandalselva har også gitt store økonomiske ringvirkninger i lokalsamfunnet (Mauland 2003; 2004). Medregnet kjøp av fiskekort ble det samlede pengeforbruket

til fiskerne i Mandalselva i 2000 beregnet til 4,5 millioner kroner, med en økning til 12,6 millioner kroner i 2002. Økningen er formidabel tatt i betraktning av at vassdraget da bare hadde vært kalket i fem år. Særlig er økningen i andelen tilreisende fiskere oppsiktsvekkende, og av stor lokal og regionaløkonomisk betydning. I undersøkelsen ble det også funnet at laksefiske i liten grad konkurrerer med alternative aktiviteter i regionen, men bidro til ny aktivitet og frisk kapital. Kalkingsinvesteringer og kostnader til

selve kalkingen beløper seg til ca fire millioner kroner pr. år (Svein Haugland, Fylkesmannen i Vest-Agder pers. medd.). Dette betyr at det lokale pengeforbruket er tre ganger større enn utgiftene til kalkingen. I tillegg stimulerer kalkingen den økonomiske utviklingen i tilgrensende vassdrag og i sjøfisket. Om en ser bort fra miljømålene som er hovedformålet med kalkingen, synes tiltaket å være en meget lønnsom økonomisk investering for samfunnet.

Oppsummering med de viktigste resultatene fra undersøkelsen:

- 1) Laks er reetablert i alle kalkede laksevassdrag i Norge
- 2) Antall laksyngel er femdoblet i løpet av det første tiåret etter kalking, og antall eldre laksunger er nesten firedoblet
- 3) Den gjennomsnittlige tettheten av laksyngel har økt fra 9 individ pr. 100 m² elveareal i 1991-92 til 61 individ i 2002-03
- 4) Det er forventet en ytterligere økning i antall laksunger da bæreevnen fortsatt ikke er nådd
- 5) I vassdrag der laksen var utdødd før kalking, vil det ta 10-15 år før alle aldersgrupper av laksunger finnes utbredt i alle deler av vassdragene
- 6) Det vil ta nærmere 18 år fra kalkingsstart til ei elv har en stabil og god tetthet av laksunger
- 7) Det fiskes om lag 40 tonn laks i de kalkede vassdragene i dag, noe som utgjør litt i underkant av 10 % av det totale utbyttet av laks i norske vassdrag
- 8) Det er forventet årlige fangster på 70 tonn voksen laks i de kalkede elvene om 10 år, og utbyttet vil da utgjøre nær 15 % av all laks som blir tatt i norske elver
- 9) Kalking er et viktig bidrag for å bevare og sikre den norske villaksen
- 10) Kalking er samfunnsøkonomisk lønnsomt da beregninger viser at én krone i investering kan gi mellom fire og fem kroner i utbytte



Vassdragskalking med påfølgende mulighet for et laksefiske gir stor lokal verdiskapning. Foto: Roar A. Lund.

5 Diskusjon

De 14 lakseelvene som omhandler i denne rapporten er svært forskjellige både i størrelse (lengde på lakseførende strekning og vannføring), substrat og produktivitet. Men de har likevel en ting til felles; det er gjennomført kalkingstiltak i alle elvene i løpet av perioden 1985-1997. Selve kalkingstiltaket er utført noe forskjellig, men i dag er målet i alle elvene å sikre en vannkvalitet som er god nok for laks. I to vassdrag (Sokndalselva og Jørpelandselva) skjer kalkingen av lakseførende del indirekte ved kalking av et stort antall innsjøer i nedbørfeltet. I de resterende elvene er kalkingen enten gjennomført som en ren dosererkalking eller en kombinasjon av innsjøkalking og bruk av doserere. Vannkvalitetsmålet som er satt for de enkelte vassdragene har også vært forskjellig underveis, og det har vært endringer i kalkingsstrategien. I Vikedalselva startet man med bare å kalke om våren i de første årene. Senere ble det innført helårskalking, og vannkvalitetsmålet har vært gjenstand for flere endringer. Mye av arbeidet de første årene ble gjennomført for å skaffe erfaring som kunne overføres til nye prosjekter. I andre vassdrag som Lygna og Kvina, ble det i starten kalket med et mål om å sikre sjøørreten. Etter hvert som laks også reetablerte seg hevet man vannkvalitetsmålet. Dette sikret også overlevelsen til laksen i vassdragene. I slike vassdrag ville reetableringen av laks ha gått raskere om man fra starten hadde hatt et høyere vannkvalitetsmål. Det er også gjennomgående at det er nødvendig med en teknisk innkjøringsperiode for å oppnå den nødvendige stabiliteten i vannkvaliteten. I dag er vannkvalitetsmålet i de fleste kalkede elvene at pH i smoltifiseringsperioden skal være 6,2 (15. februar - 31. mars) og 6,4 (1. april - 31. mai), men redusert til pH = 6,0 resten av året. Det er et generelt krav at det skal kalkes på en økologisk riktig måte. For å oppnå dette har DN i samarbeid med de respektive fylkesmenn hele tiden forsøkt å ta hensyn til ny kunnskap om laksens forsuringsfølsomhet og endringer i forursingssituasjonen.

Laksen er nå reetablert i alle kalkede elver hvor de opprinnelige bestandene var tapt på grunn av forsurening. Det har vært en jevn økning i tetthet og utbredelse av både laksyngel og eldre laksunger i årene etter kalking. Det har også vært et godt laksefiske i disse elvene, med årlige fangster på 33-41 tonn i de fire siste årene (2000-2003). Kalking har derfor vist seg som et effektivt mottiltak mot forsurening og har gjort det mulig å reetablere og styrke laksebestander i forsurede vassdrag. Vi fant en lineær sammenheng mellom tettheten av laksyngel og fangstutbyttet av voksen laks. Det tyder på at maksimalverdien for yngelproduksjon (bærevnen) foreløpig ikke er nådd. Vi forventer derfor at laksebestandene vil fortsette å øke i de kalkede elvene i årene framover. Men det er viktig å opprettholde nivået på kalkingen da tilstanden for laksen er sårbar. En kalking av vassdragene som ikke er tilfredsstillende vil raskt kunne snu utviklingen. Vassdragene er avhengige av en vedvarende kalking i mange år framover, selv om kalkmengden ventes

å bli redusert noe etter hvert som mengden sur nedbør avtar. Det er nødvendig at kalkingen i vassdrag som er satt i gang blir sett på som et flerårig tiltak. Dette gir prosjektene en nødvendig forutsigbarhet, og gjør det mulig å gjennomføre en langsiktig satsning på kalkingen.

I noen av de kalkede elvene blir det satt ut laksunger, hovedsakelig ikke-startfôret eller startfôret yngel. I denne rapporten har vi ikke vurdert hvilken betydning dette kultiverings-tiltaket har hatt for reetableringen av laks. I elver med tapte laksestammer er det tidligere vist at reetableringen etter kalking går raskere dersom det settes ut fisk i en tidlig fase av prosessen (Hesthagen & Larsen 2003a,b). Eksempelvis har reetableringen av laks i Mandalselva med betydelige utsetninger gått mye raskere enn for eksempel i Tovdalselva der det i liten grad har vært satt ut fisk, bortsett fra noe rognplanting (Hesthagen & Larsen 2003b). Etter at kalkingen kom igang i Mandalselva i 1997 har det vært satt ut ca 667.500 énsomrige laksunger og 26.000 smolt (Haraldstad et al. 2003). En rask økning i rekrutteringen av laks i Mandalselva skyldes i hovedsak en indirekte effekt av utsettingene. Den utsatte fisken har gitt opphav til en større smoltproduksjon og en høyere tilbakevandring av gytefisk, som igjen har ført til en høyere tetthet av yngel ett år senere. I Mandalselva gir fangstene av voksen fisk en indikasjon på størrelsen av gytebestanden, og resultatene tyder på at gytebestanden hittil har begrenset rekrutteringen av laks i elva. Dette gjelder for alle de kalkede elvene foreløpig (jf. figur 15). I Tovdalselva har fangstene hittil vært under 350 kg pr. år, og det ble ikke funnet noen sammenheng mellom mengden oppfisket voksen fisk og tettheten av yngel ett år senere.

I elver med restbestander av laks før kalkingen startet opp, er det ikke funnet noen positiv effekt av utsetninger (Hesthagen & Larsen 2003a).

Har en økning i mengden laks i de kalkede elvene hatt noen negativ effekt på for eksempel ørret som er den vanligste arten ved siden av laks i disse vassdragene? Laks og sjøørret/innlandsørret konkurrerer om mat og leveområder. Dersom en av artene blir negativt påvirket av ytre faktorer, kan dominansforholdet mellom dem endres. Det er fortsatt en stor utbredelse og en moderat god tetthet av ørretunger når vi ser de 14 kalkede vassdragene under ett. Økningen i mengden laksunger har hittil i liten grad påvirket mengden av ørretunger. I vassdrag der laksen var utdødd økte sannsynligvis utbredelsen av ørret som følge av dette. Etter at laks ble reetablert, gikk utbredelsen av ørret i hovedelva tilbake ca 10 %; til samme nivå som ble observert for ørret i vassdragene med restbestander av laks før kalking (Larsen & Hesthagen upubl.). Dette kan bety at utviklingen nå går tilbake mot en opprinnelig fordeling mellom laks og ørret slik den var før forsureningen startet. Selv om sjøørreten gyter i deler av hovedvassdraget, har trolig det meste av deres reproduksjon tidligere foregått i sidevassdrag (Larsen & Haraldstad 1994).

6 Litteratur

- Baalsrud, K., Hindar, A., Johannesen, M. & Matzow, D. 1985. Kalkingsprosjektet. Sluttrapport 1985. Kalking av surt vann. - Miljøverndepartementet. 145 s.
- Barlaup, B., Guttrup, J., Hestvåg, K., Hindar, K., Kleiven, E., Kroglund, F., Moen, V. & Næss, T. 2003. Utlegging av øyerogn som kultiveringsstrategi for å reetablere laks i Tovdalsvassdraget – resultater fra prosjektet i 2000 og 2001. – S. 46-50 i: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver - Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-Utredning 2003-5.
- Barlaup, B. & Gabrielsen, S.-E. 2004. Audna. Fisk. - Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2003. DN-notat 2004-2 (se www.dirnat.no/publikasjoner).
- Bohlin T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. - *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Dahl K. 1927. The effect of acid water on trout fry. - *Salmon and Trout Magazine* 46: 35-43.
- Dannevig, A. 1959. Nedbørens innflytelse på vassdragenes surhet, og på fiskebestanden. – *Jeger og Fisker* 3: 116-118.
- Direktoratet for naturforvaltning (DN) 2004. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2003. - DN-Notat 2004-2 (se www.dirnat.no/publikasjoner).
- Fleming, I., Jonsson, B., Gross, M.R., & Lamberg, A. 1996. An experimental study of the reproductive behaviour and success of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). – *J. Appl. Ecol.* 33: 893-905.
- Finstad, B., Bjørn, P.A., Grimnes, A., & Hvidsten, N.A. 2000. Laboratory and field investigation of salmon lice [*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)] infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolt. - *Aquacult. Research* 31: 795-803.
- Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T., red. 2003. Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver – Reetableringsprosjektet 1997-2002. - DN-Utredning 2003-5. 110 s.
- Haraldstad, Ø., Matzow, D. & Hestvåg, K. 2003. Om stamfisk, settefiskanlegg og produksjon av utsettingsfisk. - S. 43-45 i: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver - Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-Utredning 2003-5.
- Helgøy, S. 1999. Tettleiksregistreringar av laks og aure i Rogalandsvassdrag 1993. – Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelingen. Miljø-notat 1999-1. 44 s.
- Helgøy, S. 2004. Tettleiksregistreringar av laks og aure i Rogalandsvassdrag 2002. – Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelingen. Miljø-notat 2004-3. 15 s.
- Helgøy, S. & Enge, E. 1995. Tettleiksregistreringar av laks og aure i Rogalandsvassdrag - 1994. - Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelingen. Miljø-notat 1995-1. 74 s.
- Helgøy, S., Larsen, B.M. & Elnan, S.D. 2002a. Espedalselva. Fisk. - Fylkesmannen i Rogaland/NINA. Upublisert rapport. 8 s.
- Helgøy, S., Larsen, B.M. & Elnan, S.D. 2002b. Rødneelva. Fisk. - Fylkesmannen i Rogaland/NINA. Upublisert rapport. 9 s.
- Hesthagen, T. 1989. Episodic fish kills in an acidified salmon river in Southwestern Norway. - *Fisheries* 14: 10-17.
- Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991a. Tap av laks i forsuredde lakse-elver i Norge. - NINA Oppdragsmelding 94: 1-12.
- Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991b. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway due to acidification. - *Aquacult. Fish. Manage.* 22: 85-91.
- Hesthagen, T. & Larsen, B.M. 2003a. Recovery and re-establishment of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in limed Norwegian rivers. – *Fish. Manage. and Ecol.* 10: 87-95.
- Hesthagen, T. & Larsen, B.M. 2003b. Hvorfor gikk reetableringen av laks raskere i Mandalselva enn i Tovdalselva? – S. 63-66 i: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver - Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-Utredning 2003-5.
- Hindar, A. 1985. Håndbok i kalking av surt vann. Kalkingsprosjektet 1985. - Miljøverndepartementet, Direktoratet for naturforvaltning. 48 s.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1922. Om aarsaken til massedød av laks og ørret i Frafjordelven, helleelven og Dirdalselven i Ryfylke høsten 1920. – *Norsk Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift* 51: 37-44.
- Jensen, K.W. & Snekvik, E. 1972. Low pH levels wipe out salmon and trout population in southernmost Norway. - *Ambio* 1: 223-225.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. 1996. Gyrodactyliasis and furunculosis in Atlantic salmon rivers in Norway. – S. 52-64 i: Heggberget, T.G. (red.) The role of aquaculture in world fisheries. New Dehli, Calcutta, Oxford & IBH Publishing Co. PVT. LTD.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd P.I. & Jensen, A.J. 1999. The parasite *Gyrodactylus salaris* on salmon parr in Norwegian rivers, status report at the beginning of 2000. - NINA-Oppdragsmelding 617: 1-129.
- Kaste, Ø., Kleiven, E. & Håvardstun, J. 1998. Vegår og Storelva. - S. 39-43 i: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. DN-Notat 1998-1.
- Larsen, P.A. & Haraldstad, Ø. 1994. Kalkingsplan for Mandalsvassdraget i Vest-Agder. - Flerbruksplan for Mandalsvassdraget. Fagrapport til faggruppe for fisk og forurensning. 57 s.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Hårsaker, K., Kleiven, E., Kvellestad, A. & Simonsen, J.H. 2004. Ognå. Fisk. - Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2003. DN-notat 2004-2 (se www.dirnat.no/publikasjoner).
- Lund, R.A., Økland, F. & Heggberget, T.G. 1994. Utviklingen i laksebestandene før og etter reguleringene av lakse-

- fisket i 1989. - NINA Forskningsrapport 54: 1-46.
- Mauland, E. 2003. Verdiskaping av laksefiske. – S. 107-109 i: Haraldstad, Ø. & Hesthagen, T. (red.). Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver - Reetableringsprosjektet 1997-2002. DN-Utredning 2003-5.
- Mauland, E. 2004. Vassdragskalking – lønnsomt for samfunnet? – pH-status nr. 2-2004: 4-5.
- Mylona, S. 1993. Trends of sulphur dioxide emissions, air concentrations and deposition of sulphur in Europe since 1880. - EMEP/MS-Clear. Rapport 2/93.
- Navrud, S. 1988. Rekreasjonsverdien av lakse- og sjøarefisket i Vikedalselva i 1987 – før regelmessig kalking. – Rapport til Direktoratet for naturforvaltning. 108 s.
- Navrud, S. 1990. Nytte-kostnadsanalyse av vassdragskalking. En studie i Audna. - DN-Notat 1990-5. 51 s.
- Navrud, S. 1993a. Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av å kalke Audna. – Utredning for DN Nr 1993-4. 38 s.
- Navrud, S. 1993b. Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av å kalke Vegår. – Utredning for DN Nr 1993-5. 52 s.
- Persson, U. 1993. Tetthetsregistreringer av laks og aure i Rogalandsvassdrag, 1992. - Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernkvartellet. Miljø-rapport 1993-2. 99 s.
- Sandøy, S. & Romundstad, A.J. 1995. Liming of acidified lakes and rivers in Norway. An attempt to preserve and restore biological diversity in acidified regions. – Water, Air and Soil Pollut. 85: 997-1002.

Vedlegg I:

Valg av referanseår (år for kalkingsstart)

Storelva: Innsjøen Vegår (Vestfjorden og Nordfjorden) har vært kalket siden 1985. Tilløpsbekkene Fosstølbekken og Vegårvasselva er kalket med doserere siden henholdsvis 1984 og 1986. Selve Storelva ble ikke kalket før i 1996 da det ble satt i drift en kalkdosere like ovenfor Hauglandsfossen dit laks og sjørret kan gå. Referanseår: 1996.

Tovdalselva: Hele vassdraget ble kalket fra oktober 1996. Innsjøen Ogge ble første gang kalket i juli 1996. Det er satt opp til sammen fem kalkdosere i hovedvassdraget og de viktigste sidegreinene; bl.a. nedstrøms Herefossfjorden. I 1998 ble ytterligere 10 innsjøer i nedbørfeltet kalket. Referanseår: 1996.

Mandalselva: Mandalselva har vært kalket siden tidlig på 1980-tallet, med behandling av sideelver. Første kalkdosere ble montert i Logåna i 1982, og utover på 1980- og 1990-tallet ble også en del innsjøer kalket. I 1995 ble sidevassdragene Høyeåna og Hesså kalket, og i 1996 ble det startet to dosere i Kosåna. Våren 1997 ble kalking av hovedvassdraget iverksatt, bl.a. med kalkingsanlegg ved Håverstad og Bjelland. Kalkingen i sidevassdragene ga ingen stabil god vannkvalitet, og det ble fortsatt målt lave pH-verdier i perioder som følge av ujevn kalkdosering. Virkningen av kalkingen i hovedvassdraget kom først i andre halvdel av 1997, etter igangsettingen av de store doseringsanleggene i hovedelva. Tidligere har vi benyttet 1996 som referanseår for Mandalselva, men etter en ny vurdering der virkningen av kalkingstiltaket i Kosåna er tillagt mindre vekt er dette nå endret. Referanseår: 1997.

Audna: Kalkingen av Audna skjer med en kombinasjon av innsjøkalking og dosererkalking. Det er kalket fra to doseringsanlegg (Stedjan og Tryland) siden 1985. Ytre Øydnvatn ble også kalket i 1985, og siden 1994 har det hvert år blitt kalket i innsjøer og bekker i vassdraget. Referanseår: 1985.

Lygna: Kalking ble iverksatt fra 1991. Vassdraget kalles ved hjelp av en kalkdosere plassert ved innløpet til Rossevatn oppstrøms innsjøen Lygne. I tillegg kalles flere innsjøer i nedbørfeltet. En dosere ved Gysland, rett oppstrøms den lakseførende strekningen, ble satt i drift i 2000. Noe kalking i Litlåna fra midten av 1980-tallet har ikke hatt noen betydning for vannkvaliteten i hovedvassdraget. Referanseår: 1991.

Kvina: Vassdraget er kalket siden 1994 med en kalkdosere i Kvina ved Lindeland bru, og en dosere i Litlåna ved Mygland. I 2000 ble det satt i drift en dosere ved Nyland et lite stykke ovenfor den lakseførende strekningen. I tillegg blir enkelte innsjøer i nedbørfeltet kalket. Referanseår: 1994.

Sokndalselva: Kalking av Sokndalselva ble igangsatt i et begrenset omfang på midten av 1980-årene. Den første større kalkingen av innsjøer i vassdraget ble gjennomført i 1989. Gjennom innsjøkalking har totalavløpet som er kalket økt fra 35 % i 1989 til ca 75 % i 1993 og ca 90 % i 1996. Det vil si at alle vassdragets fire greiner er tilnærmet totalkalket. Referanseår: 1989.

Bjerkreimsvassdraget: Kalkingen startet i 1996 med kalking av 21 innsjøer inkludert Austrumdalsvatn og Ørsdalsvatn. I 1997 ble 25 innsjøer kalket, og en kalkdoserer ble startet ved Malmeim ved utløp Byrkjedalsvatn. Det ble registrert stabil vannkvalitet i hovedelva allerede høsten 1996, og bare 0,2-0,3 pH-enheter under vannkvalitetsmålet våren 1997. Referanseår: 1996.

Ogna: Vassdraget ble permanent kalket fra februar 1991 ved hjelp av en doserer i hovedelva ved Laksesvela bro i øvre del av lakseførende strekning, samt en mindre doserer i en sideelv ved Eikeland og en doserer ved utløp av Hetland kraftstasjon. I tillegg foregår det innsjøkalking i flere vatn. Referanseår: 1991.

Frafjordelva: Det ble satt i gang forsøk med dosererkalking i Brådlandsåna i 1993. Som et resultat av dette ble det startet permanent kalking i løpet av 1995. Vassdraget kalkes i dag ved hjelp av en doserer ved Eikjeskog i Måna og en doserer et stykke oppe i Brådlandsåna. Brådlandsgreina har i tillegg vært innsjøkalket siden 1998. Selv om vannkvaliteten fortsatt var ustabil etter igangsettingen av kalkingen i 1993, resulterte den i at pH og kalsium ble hevet i hovedvassdraget (Molaug bru). Tidligere har 1995 vært benyttet som referanseår, men etter en ny vurdering, der virkningen av forsøkskalkingen på vannkvalitet og biologi er tillagt større vekt, er dette nå endret. Referanseår: 1993.

Espedalselva: I juni 1995 ble det foretatt en betydelig innsjøkalking i 11 vatn i nedbørfeltet. I løpet av 1996 ble ytterligere tre vatn kalket, og kalkdoserere ble igangsatt i Vinddøla og ved utløpet av Espedalsvatn. Det var en merkbar positiv respons etter de omfattende kalkingstiltakene sommeren 1995, med bl.a. høyere pH-verdier. Referanseår: 1995.

Jørpelandselva: Siden høsten 1995 har vassdraget blitt kalket gjennom en rekke innsjøkalkinger (13-19 innsjøer). Det er foreløpig ikke lagt opp til kalking med doserer. Referanseår: 1995.

Vikedalselva: Kalking ble satt i gang våren 1987 fra en doserer like ovenfor Låka fossen for å unngå dødelighet på smolt og presmolt. De første årene ble det bare kalket om våren, og først fra 1990 ble det innført helårskalking. Kalkingsstrategien har senere vært gjenstand for flere endringer, bl.a. i 1993, 1994 og 1995 da vannkvalitetsmålet har blitt endret. Fra og med 1999 er det også kalket med doserer i sidevassdraget Litleelva. Referanseår: 1987.

Rødneelva: I nedbørfeltet til Fjellstølsbekken er Auklandsvatn kalket årlig siden 1989. I innsjøene Holmavatn, Furevatn og Lysevatn øverst i hovedstregningen ble kalking satt i gang høsten 1996. I tillegg ble et kalkdoseringsanlegg satt i drift våren 1997 ved Neset i øvre del av lakseførende strekning. Innsjøkalkingen hadde en positiv effekt på vannkvaliteten, med stabilt høye pH-verdier utover høsten 1996. Tidligere har vi benyttet 1997 som referanseår, men etter en ny vurdering der virkningen av innsjøkalkingen er tillagt større vekt er dette nå endret. Referanseår: 1996.

NINA Fagrapport 81

ISSN 0805-469X

ISBN 82-426-1486-5

NINA Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor • Tungasletta 2 • 7485 Trondheim

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

<http://www.nina.no>