

# 1000-sjøers undersøkelsen: endringer i fiskestatus fra 1986-1995

Trygve Hesthagen  
Brit Lisa Skjelkvåle  
Arne Henriksen  
Gunnel Østborg

**NINA oppdragsmelding 674**



**NINA** Norsk institutt for naturforskning

# 1000-sjøers undersøkelsen: endringer i fiskestatus fra 1986-1995

Trygve Hesthagen  
Brit Lisa Skjelkvåle  
Arne Henriksen  
Gunnel Østborg

## NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

### NINA Fagrapport NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINA og NIKUs 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.  
Opplag: Normalt 300-500

### NINA Oppdragsmelding NIKU Oppdragsmelding

Det er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.  
Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttene prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.  
Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper

### Temahefter

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- og turist- og friluftslivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.  
Opplag: Varierer

### Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).  
Opplag: 1200-1800

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

Hesthagen, T., Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A. & Østborg, G. 2000. 1000-sjøers undersøkelsen: endringer i fiskestatus i perioden 1986-95. – NINA Oppdragsmelding 674:1-14.

Trondheim, desember 2000

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-1189-0

Forvaltningsområde:  
Forurensning, Naturovervåking  
Pollution, Environmental monitoring

Rettighetshaver ©:  
NINA•NIKU  
Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:  
Torbjørn Forseth

Desing og layout:  
Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

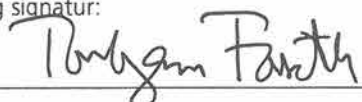
Opplag: 500

Kontaktadresse:  
NINA•NIKU  
Tungasletta 2  
N-7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13506 Forsuring - overvåking

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning



## Referat

Hesthagen, T., Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A. & Østborg, G. 2000. 1000-sjøers undersøkelsen: endringer i fiskestatus i perioden 1986-95. – NINA Oppdragsmelding 674:1-14.

Undersøkelsen omhandler endringer i fiskestatus i 1000-sjøers lokaliteter, sett i relasjon til vannkjemiske endringer i perioden 1986-95. Innsjøer som i mellomtiden har blitt kalket er ekskludert. Totalt omfattes undersøkelsen av 485 lokaliteter, hvorav de fleste ligger på Sørlandet (n = 189) og Vestlandet (n = 94). Aure er dominerende fiskeart (n = 358), deretter følger abbor (n = 76) og røye (n = 61). Det har vært relativt små endringer i fiskestatus i løpet av forsøksperioden, både når det gjelder skader og bedringer. Av 160 tapte aurebestander gikk 155 tapt på 1970-tallet eller tidligere, fire på 1980-tallet og bare en på 1990-tallet. Videre er 47 aurebestander skadet og klassifisert som tynne. Av disse avtok syv bestander (15 %) på 1980-tallet og åtte bestander (17 %) på 1990-tallet. Blant de skadede aurebestandene har det vært en viss økning i tre bestander på 1980-tallet og i fire bestander på 1990-tallet, men de klassifiseres fortsatt som tynne. Hos abbor var det en overvekt av tette, middels tette og naturlig tynne bestander (n = 44). Totalt omfatter materialet 22 tapte abborbestander, og alle gikk trolig tapt før 1980. Av åtte reduserte abborbestander med kjent tidspunkt for endring, ble en skadet på 1980-tallet og to skadet på 1990-tallet. Det har vært en viss økning i tettheten hos to skadede abborbestander, men begge er fortsatt vurdert som tynne. Hos røye var det en overvekt av uendrede bestander (n = 32), som hovedsakelig befinner seg utenom forsøringsområdet i Finnmark (utenom Sør-Varanger). Totalt inngår 17 tapte røyebestander i materialet, og av disse gikk en tapt på 1980 tallet og to på 1990-tallet. Videre har det vært en negativ utvikling i ytterligere 12 røyebestander; fem før 1980, fem på 1980-tallet og to med ukjent tidspunkt. Totalt sett viser undersøkelsen at det har vært en mer markert negativ utvikling enn en bedring av bestandsforholdene i perioden 1986-95.

Bortsett fra for kalsium har det vært en klar bedring av vannkvaliteten i innsjøer med ulik bestandsstatus hos både aure, røye og abbor i perioden 1986-95. Med hensyn til aure i forhold til syrenøytraliserende kapasitet (ANC), var endringene størst for innsjøer hvor det hadde vært en bestandsreduksjon på 1980-tallet med en økning på nærmere 25  $\mu\text{ekv/L}$ . Samtidig har disse innsjøene hatt en reduksjon i labilt aluminium ( $\text{Al}_i$ ) på 35  $\mu\text{g/L}$ . Også i innsjøer med tapte aurebestander har vannkvaliteten bedret seg fra 1986 til 1995. For innsjøer med tapte aurebestander før 1980 (n = 22), har ANC i gjennomsnitt økt med 17  $\mu\text{ekv/L}$  og  $\text{Al}_i$  redusert med 51  $\mu\text{g/L}$ . Bedret vannkvalitet var også tydelig i innsjøer med tapte abborbestander, både mht ANC (+28  $\mu\text{ekv/L}$ ) og  $\text{Al}_i$  (-57  $\mu\text{g/L}$ ).

Det var en klar sammenheng mellom fiskestatus og ulike vannkjemiske parametre som pH, ANC, alkalitet og  $\text{Al}_i$ . For å finne ut hvilke vannkjemiske variabler som forklarte variasjonen i fiskestatus benyttet vi en multipel regresjonsanalyse med fiskestatus som avhengig variabel (uendret, skadet og tapt) og to datasett for vannkjemie: (i) målinger fra 1995, og (ii) endringer i vannkjemien i perioden 1986-95. Analysen viste at pH fra 1995 forklarte størstedelen av variasjonen i fiskestatus for både aure ( $r^2 = 0,53$ ), røye ( $r^2 = 0,32$ ) og abbor ( $r^2 = 0,39$ ). Innsjøer med uendrede, reduserte og tapte aurebestander hadde betydelig forskjeller i gjennomsnittlige verdier for både ANC (+31, +7 og -13  $\mu\text{ekv/L}$ ), pH (5,99, 5,46 og 4,98) og  $\text{Al}_i$  (15, 43 og 76  $\mu\text{g/L}$ ). Røya synes å være mer ømfintlig for forsuring enn aure idet gjennomsnittlige verdier for ANC, pH og  $\text{Al}_i$  i innsjøer med skadede og tapte røyebestander var henholdsvis 16 vs 4  $\mu\text{ekv/L}$ , 5,62 vs 5,38 og 50 vs 50  $\mu\text{g/L}$ . Det er også klare vannkjemiske forskjeller mellom innsjøer med uendrede, skadede og tapte abborbestander. For ANC og alkalitet var gjennomsnittlig verdier for de tre statuskategoriene henholdsvis +51, +4 og -8  $\mu\text{ekv/L}$ , og 32, 4 og 1 <  $\mu\text{ekv/L}$ . Det var også betydelige forskjeller i pH og innholdet av  $\text{Al}_i$  i innsjøer med de tre fiskestatuskategoriene (pH = 5,81, 5,12 og 4,90 og  $\text{Al}_i$  = 37, 87 og 104  $\mu\text{g/L}$ ).

Til tross for en markert bedre vannkvalitet i perioden 1986-95, har det vært ingen eller små endringer i fiskestatus i samme periode. Det er altså en viss forsinkelse i tid mellom dose og respons hos fisk i forsøringsområder. Tidligere beregninger viser at auren i over 8.000 innsjøer større enn 3 hektar har gått tapt pga forsuring, og det tilsvarer hver femte bestand. Disse forholdene viser at det om noen år er viktig med en ny analyse av fiskestatus i 1000-sjøers lokalitetene.

Emneord: forsuring - 1000-sjøers undersøkelsen – fiskestatus - vannkvalitet

Trygve Hesthagen og Gunnel Østborg, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim (trygve.hesthagen@ninatrd.ninainiku.no).

Brit Lisa Skjelkvåle og Arne Henriksen, Norsk institutt for vannforskning, Pb 173, Kjelsås, 0411 Oslo.

## Abstract

Hesthagen, T., Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A. & Østborg, G. 2000. The 1000 Lakes Survey: changes in fish status between 1986 and 1995. - NINA Oppdragsmelding 674:1-14.

This study deals with trends in fish status in what is known as the "1000 Lakes Survey" between 1986 and 1995, in the context of changes in water quality. Limed lakes were excluded, leaving a total of 485 sites. A large proportion of these sites lies in Southern and Western Norway, with numbers of 189 and 94, respectively. Brown trout is the dominant fish species in these lakes ( $n = 358$ ), followed by perch ( $n = 76$ ) and Arctic charr ( $n = 61$ ). There has been a relatively small increase in the amount of damage experienced by fish stocks during the period of study, but on the other hand, no significant improvement in stock conditions has been noted. Of the brown trout populations, 160 have been lost, nearly all of them prior to the eighties. Four disappeared during the eighties and one during the nineties. A total of 47 trout populations have been classified as sparse as a result of a fall in numbers; seven (15 %) fell during the eighties and eight (17 %) during the nineties. Among these damaged populations, there has been a slight increase in three lakes during the eighties and in four during the nineties, but their populations are still classified as sparse and reduced. In perch, there is a dominance of dense, medium and naturally sparse populations in the material ( $n = 44$ ). As many as 22 populations of perch have been lost, though none have disappeared since 1980. Of eight reduced populations for which the time of change is known, one was damaged during the eighties and two during the nineties. There has been some improvement in two damaged perch populations, but both of these are still classified as sparse. Unchanged stocks also dominate the figures for Arctic charr ( $n = 32$ ) but most of these populations are located in Finnmark, Northern Norway, outside the main acidified region of Norway. A total of 17 populations of Arctic charr have been lost; one in the eighties and two in the nineties. There has also been a negative trend in 12 populations, of which five were reduced before 1980, five in the course of the eighties and two whose dates of loss are unknown.

There is a clear relationship between the fish status of brown trout, perch and Arctic charr on the one hand, and water quality on the other. Multiple regressions showed that pH from 1995 was the single most important factor explaining the variability in fish status for both brown trout ( $r^2 = 0,53$ ), Arctic charr ( $r^2 = 0,32$ ) and perch ( $r^2 = 0,39$ ). In lakes with unchanged, reduced or lost brown trout populations, the mean values for ANC, pH and  $Al_i$ , respectively, were 31, 7 and  $-13 \mu\text{eq/L}$ , 5.99, 5.46 and 4.98, and 15, 43 and  $76 \mu\text{g/L}$ . Arctic charr seems to be more sensitive to acidification than brown trout, as the mean values for ANC, pH and  $Al_i$  in lakes with damaged

and lost Arctic charr populations were 16 vs.  $4 \mu\text{eq/L}$ , 5.62 vs. 5.38, and 50 vs.  $50 \mu\text{g/L}$ , respectively. There are also clear differences in the water chemistry of lakes with unchanged, damaged and lost perch populations. Mean values for ANC in lakes with these status for perch were  $+51$ ,  $+4$  and  $-8 \mu\text{eq/L}$ , respectively, and these for alkalinity were 32, 4 and  $< 1 \mu\text{eq/L}$ , respectively. There were also significant differences in pH (5.81, 5.12 and 4.90) and in the content of toxic components such as  $Al_i$  (37, 87 and  $104 \mu\text{g/L}$ ). There has been a distinct improvement in the water quality of lakes with damaged and lost fish populations, not least in lakes whose populations of perch were lost, in which mean ANC and  $Al_i$  concentrations were  $28 \mu\text{eq/L}$  higher and  $57 \mu\text{g/L}$  lower in 1995 than in 1986.

In spite of an improvement in water quality, there has been no corresponding change in fish status. Thus, there is a delay in dose/response among fish in acidified regions. It has previously been estimated that about 8.000 stocks of brown trout have been wiped out in Norwegian lakes larger than about 3 hectare as a result of acidification, corresponding to every fifth stock. Thus, in order to document the development in fish stocks in acidified regions, a new study should be conducted in a few years.

Key words: 1000 Lakes Survey – acidification - fish status, 1986-95

Trygve Hesthagen & Gunnel Østborg, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, 7485 Trondheim. (trygve.hesthagen@ninatrd.ninaniku.no)

Brit Lise Skjelkvåle & Arne Henriksen, Norwegian Institute for Water Research, PO Box 173, Kjelsås, 0411 Oslo.

## Forord

Rapporten er skrevet på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN), og er et ledd i arbeidet med å undersøke effekten av forsuring på fiskebestander. Steinar Sandøy har vært ansvarlig for prosjektet ved DN. Vi takker for oppdraget og samarbeidet. Vi vil også takke alle som har sendt inn opplysninger om fiskestatus og tatt vannprøver i innsjøene som inngår i undersøkelsen.

Trondheim, desember 2000

Trygve Hesthagen  
prosjektleder

## Innhold

|  |    |
|--|----|
| Referat.....   | 3  |
| Abstract.....  | 4  |
| Forord.....  | 5  |
| 1 Innledning .....   | 6  |
| 2 Metoder .....  | 6  |
| 3 Resultater .....   | 7  |
| 3.1 Geografisk fordeling av innsjøene .....  | 7  |
| 3.2 Status og bestandsendringer hos aure,<br>abbor og røye på 1980 - og 90-tallet..... | 7  |
| 3.3 Vannkvalitet og fiskestatus .....  | 8  |
| 3.4 Regresjonsanalyse mellom<br>fiskestatus og vannkvalitet.....                       | 10 |
| 3.5 Utsetting av aure .....  | 10 |
| 4 Diskusjon .....  | 12 |
| 5 Litteratur .....   | 13 |



## 1 Innledning

I 1986 ble det gjennomført en landsomfattende kartlegging av vannkjemi og fiskestatus i et utvalg innsjøer her i landet, den såkalte 1000-sjøers undersøkelsen (Henriksen et al. 1988, 1989, Bulger et al. 1993). Hovedvekten ble lagt på forsuringfølsomme innsjøer i Sør-Norge, men undersøkelsen omfatter lokaliteter over hele landet. En del av disse innsjøene ble også prøvetatt i SNSF-prosjektet på midten av 1970-tallet. I 1995 ble det foretatt en ny innsamling av vannprøver i de av 1000 sjøers lokalitetene som fortsatt var uberørt av kalking (Henriksen et al. 1997, Skjelkvåle et al. 1997). I 1995 ble det i tillegg samlet inn vannprøver fra ca 1000 nye sjøer. De ble valgt ut fra statistiske kriterier, basert på NVEs landsomfattende database over innsjøer større enn 4 hektar.

Det har vært en klar bedring av vannkvaliteten i 1000-sjøers lokalitetene i perioden 1986-95 (Skjelkvåle et al. 1998). Eksempelvis har konsentrasjonen av sulfat i sørnorske innsjøer avtatt med hele 40 %. Det har blitt kompensert med en nedgang på rundt 25 % i basekationer og en 75 % økning i syrenøytraliserende kapasitet (ANC). I innsjøer på Sørlandet har det vært en klar økning i pH. Konsentrasjonen av giftig labilt aluminium har også avtatt betydelig med gjennomsnittlige verdier i 1986 og 1995 på henholdsvis 113 og 64 µg/L. Dette må sees i sammenheng med at den atmosfæriske deposisjonen av sulfat er redusert med ca 40 % fra 1980 til 1995 (Tørseth & Semb 1995).

Det er nylig publisert en rapport som omhandler fiskestatus i de statistisk utvalgte innsjøene større enn 4,0 hektar i Finland, Norge og Sverige (Rask et al. 2000). For Norge omfatter dette 38.845 lokaliteter, basert på 1.006 utvalgspopulasjoner. Denne undersøkelsen viste at det er 26.766 aurebestander i norske innsjøer større enn 4,0 hektar, hvorav 5.122 var tapt og 5.795 skadet pga forsuring. Ved siden av effekter av forsuring og eutrofiering på fisk, omhandler undersøkelsen også forekomsten av ulike fiskearter, artssammensetning (fiskesamfunn), utbredelse og introduksjoner.

Formålet med denne rapporten er (i) å dokumentere utviklingen i fiskebestandene som ble kartlagt i 1986 og 1995, (ii) å relatere mulige endringer i fiskestatus til eventuelle vannkemiske endringer, og analysere hvilke vannkemiske parametre som har størst betydning for statusen til ulike fiskearter.

## 2 Metoder

Undersøkelsen tok utgangspunkt i lokalitetene som inngikk i den såkalte 1000-sjøers undersøkelsen i 1986 (Henriksen et al. 1988, 1989). Innsjøer som har blitt kalket etter 1986 ble imidlertid ekskludert fra materialet. Totalt omfatter undersøkelsen 485 lokaliteter. Det ble utarbeidet et standard spørreskjema for registrering av fiskestatus i hver enkelt innsjø (jf. Hesthagen et al. 1993). Skjemaene ble sendt til den kommunen som innsjøen låg innen, og de ble bedt om enten å innhente aktuelle opplysninger eller å videresende skjemaene til en eller flere personer med god kjennskap til de lokale fiskebestandene. Opplysningene ble samlet inn i løpet av 1995 og 1996. Før utsendelsen ble innsjøens navn, kartblad, UTM-referanse og høyde over havet påført hvert skjema. Det ble først spurt om forekomsten av fisk i vatnet, og hvis Nei, om vatnet alltid har vært fisketomt. Det ble også spurt om kunnskapen til fiskebestand(e) var meget god, god, liten eller dårlig. Vi benyttet fire statuskategorier: (i) tapt bestand, (ii) tynn bestand (dvs skadet), (iii) middels tett bestand og (iv) tett/overbefolket bestand. Videre ble det spurt om det har skjedd bestandsendringer på 1980- og 90-tallet: (i) ingen endringer, (ii) bestanden har økt, (iii) bestanden har avtatt og (iv) bestanden har gått tapt. Utsetting av fisk ble også kartlagt (art og tidspunkt for siste utsetting), og om noen av artene var innført.

Vannprøver fra utløpet av hver innsjø ble samlet inn av NIVA høsten 1986 og høsten 1995. Både innsamlingsmetodikk, analysemetoder og resultater er tidligere beskrevet og presentert (Henriksen et al. 1996, 1997, Skjelkvåle et al. 1997, 1998). Disse parametrene inngikk i analysene: pH, alkalitet, ledningsevne, TOC, sulfat, klorid, nitrat, magnesium, kalsium, kalium, samt ulike aluminiumsfraksjoner. I tillegg ble vannets syre nøytraliserende kapasitet (ANC) beregnet som summen av alle hovedkationer  $[Ca+Mg+Na+K]$  minus summen av alle hovedanioner  $[SO_4+NO_3+Cl]$ .

## 3 Resultater

### 3.1 Geografisk fordeling av innsjøene

Flesteparten av innsjøene med aure er lokalisert på Sørlandet, dvs i fylkene Aust-Agder og Vest-Agder (**tabell 1**). Av innsjøer som fortsatt har eller har hatt aure ligger 137 (34 %) i disse to fylkene. I tillegg har fem fylker mer enn 25 lokaliteter med aure: Rogaland (n = 38), Telemark (n = 37), Finnmark (n = 30) og Hordaland (n = 26). De fleste innsjøene som har eller har hatt abbor ligger i Aust-Agder (n = 25, 32 %) og Hedmark (n = 17). Det er en klar dominans av innsjøer med røye i Finnmark uten påviste skader. Årsaken til dette er at disse lokalitetene ligger utenfor forsursingsområdene i Sør-Varanger (jf. Hesthagen et al. 1998).

### 3.2 Status og bestandsendringer hos aure, abbor og røye på 1980 - og 90-tallet

Av 358 bestander med aure er hele 160 tapt (45 %), mens ytterligere 49 bestander er skadet (14 %) (**tabell 2**). Bare et fåtall av disse aurebestandene er tapt i løpet av de siste årene; fire på 1980-tallet og en på 1990-tallet. For en del aurebestander kjenner vi ikke til når de ble tapt (n = 33), men det skjedde mest sannsynlig før 1980. Av 49 aurebestander som ble klassifisert som tynne pga redusert tetthet, skjedde endringen for 32 bestander før 1980; mens syv bestander (14 %) avtok på 1980-tallet og åtte bestander (16 %) på 1990-tallet. Videre har det vært en viss bestandsøkning hos aure i tre innsjøer på 1980-tallet og i fire innsjøer på 1990-tallet. De har imidlertid fortsatt en tynn bestand og er klassifisert som skadet. Det antas at disse bestandene avtok før 1980. Det er også rapportert om endringer blant tette, middels tette og naturlig tynne aurebestander. Blant bestander som vurderes som middels tette (n = 68), har det vært både reduksjoner (n = 13, 9 %) og økninger (n = 15, 22 %), uten at det trenger å være relatert til forsuring.

**Tabell 1.** Antall uendrede, reduserte og tapte bestander av aure, røye og abbor fordelt på enkelte fylker i 1000-sjøers undersøkelsen i 1995.

| Fylke                     | Aure       |           |            |          | Abbor     |           |           |          | Røye      |           |           |          |
|---------------------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                           | Uendret    | Redusert  | Tapt       | Ukjent   | Uendret   | Redusert  | Tapt      | Ukjent   | Uendret   | Redusert  | Tapt      | Ukjent   |
| Østfold                   |            |           | 2          |          | 3         |           |           |          |           |           |           |          |
| Akers/Oslo                | 2          |           | 1          |          | 3         |           |           |          |           | 2         |           |          |
| Hedmark                   | 8          | 3         | 6          | 1        | 15        | 2         |           |          |           | 1         | 3         |          |
| Oppland                   | 5          | 1         | 1          |          | 2         |           |           |          |           |           | 2         |          |
| Buskerud                  | 10         | 5         | 4          |          | 7         | 1         | 2         |          | 1         | 2         | 1         |          |
| Vestfold                  | 2          |           |            |          | 2         |           |           |          |           |           |           |          |
| Telemark                  | 11         | 9         | 17         |          | 3         | 1         | 1         |          | 1         | 3         |           |          |
| Aust-Agder                | 8          | 6         | 56         |          | 8         | 4         | 13        |          |           | 2         | 1         |          |
| Vest-Agder                | 5          | 10        | 52         |          | 1         | 2         | 5         |          | 3         | 1         |           |          |
| Rogaland                  | 13         | 9         | 16         |          |           |           |           |          | 1         | 1         | 8         |          |
| Hordaland                 | 14         | 6         | 6          |          |           |           |           |          | 1         |           | 1         |          |
| Sogn og Fj.<br>Møre og R. | 13         | 8         |            |          |           |           |           |          | 3         |           | 1         |          |
| Møre og R.                | 24         |           |            | 1        |           |           |           |          | 2         |           |           |          |
| S-Trøndel.                | 14         |           |            |          |           |           |           |          | 7         |           |           | 1        |
| N-Trøndel.                | 10         |           |            |          |           |           |           |          | 6         |           |           |          |
| Nordland                  | 13         |           |            |          |           |           |           |          | 5         |           |           | 1        |
| Troms                     | 3          |           |            |          |           |           |           |          | 4         |           |           |          |
| Finnmark                  | 30         |           |            |          | 4         |           |           | 9        | 23        |           |           |          |
| <b>Totalt</b>             | <b>185</b> | <b>57</b> | <b>160</b> | <b>2</b> | <b>48</b> | <b>10</b> | <b>21</b> | <b>9</b> | <b>57</b> | <b>12</b> | <b>17</b> | <b>2</b> |



**Tabell 2.** Angivelse av type bestandsendring hos ulike statuskategorier av aure, abbor og røye pr. 1995. \*økte bestander er også inkludert blant kategorien "ingen endring" fordi sjøl om det er angitt en økning i tettheten i disse bestandene, er de fortsatt vurdert som reduserte (og tynne).

| Art   | Status pr. 1995 | Antall bestander | Ingen endringer siden 1986 | Tapti 1980-årene | Tapti 1990-årene | Redusert i 1980-årene | Redusert i 1990-årene | Økt i 1980-årene | Økt i 1990-årene | Tidspunkt ukjent |
|-------|-----------------|------------------|----------------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
| Aure  | Tapt            | 160              | 122                        | 4                | 1                |                       |                       |                  |                  | 33               |
|       | Tynn, red.      | 49               | 32*                        |                  |                  | 7                     | 8                     | 3*               | 4*               | 2                |
|       | Middels tett    | 75               | 40                         |                  |                  | 5                     | 8                     | 6                | 9                | 7                |
|       | Naturlig tynn   | 30               | 25                         |                  |                  |                       | 1                     |                  | 4                |                  |
|       | Tett            | 44               | 22                         |                  |                  |                       |                       |                  |                  | 22               |
| Abbor | Tapt            | 22               | 14                         |                  |                  |                       |                       |                  |                  | 8                |
|       | Tynn, red.      | 10               | 5*                         |                  |                  | 1                     | 2                     |                  | 2*               | 2                |
|       | Middels tett    | 24               | 11                         |                  |                  |                       |                       | 2                | 3                | 8                |
|       | Naturlig tynn   | 3                | 2                          |                  |                  |                       |                       |                  | 1                |                  |
|       | Tett            | 17               | 11                         |                  |                  |                       |                       | 2                |                  | 4                |
| Røye  | Tapt            | 17               | 5                          | 2                | 1                |                       |                       |                  |                  | 9                |
|       | Tynn, red.      | 12               | 5                          |                  |                  | 5                     |                       |                  |                  | 2                |
|       | Middels tett    | 28               |                            |                  |                  |                       |                       | 2                | 26               | 1                |
|       | Naturlig tynn   | 2                |                            |                  |                  |                       |                       |                  | 2                |                  |
|       | Tett            | 2                | 2                          |                  |                  |                       |                       |                  |                  |                  |

Materialet omfatter 76 abborbestander, og det var en overvekt av tette, middels tette og naturlig tynne bestander ( $n = 44$ , 58 %). Om lag en fjerdedel av disse abborbestandene har gått tapt ( $n = 22$ , 24 %), men ingen etter 1980. Videre har det vært en reduksjon i ytterligere 10 bestander; en ble redusert på 1980-tallet og to på 1990-tallet. To av de reduserte abborbestandene har hatt en positiv utvikling, men blir fortsatt klassifisert som tynne og dermed skadet.

Av totalt 61 røyebestander er de fleste middels tette ( $n = 28$ ), mens et fåtall er tette eller naturlig tynne ( $n = 4$ ). Sytten røyebestander var tapt (19 %); 14 før 1980, en på 1980-tallet og to på 1990-tallet. Det har vært en negativ utvikling i 12 røyebestander, hvorav fem avtok før 1980 og fem på 1980-tallet. For to røyebestander er tidspunktet for endring ikke kjent.

### 3.3 Vannkvalitet og fiskestatus

Innsjøer med uendrede aurebestander hadde god vannkvalitet, uavhengig av om de var tette, middels tette eller naturlig tynne (tabell 3). Gjennomsnittlige verdier for pH, alkalitet og ANC varierte mellom henholdsvis 5,89-6,06, 17-29  $\mu\text{ekv/L}$  og 27-34  $\mu\text{ekv/L}$ . Innholdet av kalsium var relativt lavt med gjennomsnittlige verdier på mellom 0,75 og 1,02 mg/L. For innsjøer med skadede bestander er det

skilt mellom når endringen skjedde, fordelt på periodene: (i) før 1980, (ii) på 1980-tallet og (iii) på 1990-tallet, og om det har vært en bestandsøkning: (iv) på 1980-tallet og (v) 1990-tallet. Innsjøer med reduserte bestander hadde langt dårligere vannkvalitet med lavere pH og ANC enn lokaliteter uten endringer i fiskestatus. Videre hadde innsjøer hvor bestandsnedgangen skjedde før 1980 lavere verdier for enkelte vannkjemiske parametre enn lokaliteter der skadene skjedde på 1980-tallet. Resultatene er likevel ikke entydige, og få lokaliteter med bestandsendringer etter 1980 vanskeliggjør en sammenlikning. Innsjøer med aurebestander som ble redusert før 1980 hadde blant annet lavere konsentrasjon av kalsium enn de lokalitetene hvor skadene skjedde på 1980-tallet (henholdsvis 0,54 og 0,81 mg/L). Innholdet av labilt aluminium var også høyere i den første kategorien innsjøer (henholdsvis 56 og 40  $\mu\text{g/L}$ ). Videre hadde innsjøer der bestandsreduksjonen hos aure skjedde på 1990-tallet en bedre vannkvalitet enn lokaliteter der skadene inntraff på et tidligere tidspunkt.

Innsjøer med tapte aurebestander hadde betydelig dårligere vannkvalitet enn lokaliteter med skadede bestander. Innsjøer med tapte aurebestander før 1980 hadde gjennomsnittlig ANC, pH og labilt aluminium på henholdsvis -19  $\mu\text{ekv/L}$ , 4,91 og 82  $\mu\text{g/L}$ . Det ser ut til at denne kategorien innsjøer har dårligere vannkvalitet enn lokaliteter med bestandsendringer hos fisk i neste tiår.

**Tabell 3.** Gjennomsnittlig verdier for ulike vannkjemiske variabler for innsjøer med uendrede, reduserte og tapte bestander av aure med ulike grupperingen innen disse tre kategoriene, samt endringer ( $\Delta$ ) i vannkvaliteten for hver variabel mellom 1986 og 1995. Positive verdier for endringer angir bedret vannkvalitet, mens negative verdier angir forverret vannkvaliteten, bortsett fra for labilt aluminium ( $Al_i$ ) hvor negative tegn betyr reduserte konsentrasjoner.

| Variabel              | Enhet             | Uendredebestander |         |       | Reduserte bestander                  |                           |                           |                  |                  | Tapte bestander |                    |                    |
|-----------------------|-------------------|-------------------|---------|-------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
|                       |                   | Tett              | Middels | Tynn  | Ingen endring<br>(redusert før 1980) | Redusert i 1980-<br>årene | Redusert i 1990-<br>årene | Økt i 1980-årene | Økt i 1990-årene | Tapte før 1980  | Tapte i 1980-årene | Tapte i 1990-årene |
| Antall                |                   | 46                | 94      | 36    | 25                                   | 7                         | 8                         | 3                | 4                | 122             | 4                  | 1                  |
| ANC                   | $\mu\text{ekv/L}$ | 27                | 33      | 34    | -13                                  | -12                       | <-1                       | -3               | -3               | -19             | -7                 | -3                 |
| $\Delta\text{ANC}$    |                   | +17               | +13     | +13   | +6                                   | +25                       | +6                        | +21              | +19              | +17             | +6                 | +4                 |
| Alk                   | $\mu\text{ekv/l}$ | 17                | 29      | 22    | 3                                    | 5                         | 3                         | 3                | 0,00             | <1              | 4                  | 0,00               |
| $\Delta\text{Alk}$    |                   | +7                | +11     | +12   | +3                                   | +8                        | +8                        | 0,00             | 0,00             | +1              | +11                | 0,00               |
| pH                    |                   | 5,89              | 6,06    | 5,93  | 5,31                                 | 5,21                      | 5,43                      | 5,05             | 5,00             | 4,91            | 5,31               | 5,41               |
| $\Delta\text{pH}$     |                   | +0,10             | +0,11   | +0,14 | +0,13                                | +0,08                     | +0,20                     | +0,22            | +0,16            | +0,13           | +0,19              | +0,09              |
| Ca                    | mg/l              | 0,75              | 1,02    | 0,94  | 0,54                                 | 0,81                      | 0,39                      | 0,40             | 0,58             | 0,44            | 0,37               | 0,26               |
| $\Delta\text{Ca}$     |                   | -0,04             | -0,02   | -0,06 | -0,04                                | -0,04                     | -0,03                     | -0,05            | +0,03            | -0,05           | -0,13              | -0,02              |
| $Al_i$                | $\mu\text{g/l}$   | 15                | 15      | 19    | 56                                   | 40                        | 18                        | 32               | 117              | 82              | 43                 | 9                  |
| $\Delta Al_i$         |                   | -3                | -4      | -10   | -17                                  | -35                       | -9                        | -41              | +5               | -50             | -54                | -10                |
| Sulfat                | mg/l              | 1,82              | 2,50    | 2,13  | 2,07                                 | 2,27                      | 1,35                      | 1,83             | 2,27             | 2,26            | 1,60               | 0,90               |
| $\Delta\text{Sulfat}$ |                   | -0,51             | -0,50   | -0,71 | -0,55                                | -1,20                     | -0,46                     | -0,83            | -0,97            | -0,94           | -0,74              | -0,30              |

Dersom en ser bort fra kalsium har det vært en klar bedring av vannkvaliteten i alle innsjøer med aure, uavhengig av bestandsstatus, dvs både for tapte, skadede og uendrede bestander (**tabell 3**). Med hensyn til ANC var endringene størst for innsjøer der hvor bestandsreduksjonen skjedde på 1980-tallet, med en økning på 25  $\mu\text{ekv/L}$ . Samtidig hadde disse innsjøene hatt en reduksjon i labilt aluminium på 35  $\mu\text{g/L}$ . I innsjøer hvor skadene oppsto før 1980, hadde ANC økt med et gjennomsnitt på 6  $\mu\text{ekv/L}$ , mens konsentrasjonen av labilt aluminium har avtatt med 17  $\mu\text{g/L}$ . Det har vært en tilsvarende bedring i vannkvaliteten i innsjøer med reduserte bestander på 1990-tallet.

Også i innsjøer med tapte aurebestander har vannkvaliteten bedret seg fra 1986 til 1995. For de lokalitetene hvor dette skjedde før 1980 ( $n = 122$ ), har ANC i gjennomsnitt økt med 17  $\mu\text{ekv/L}$ , og labilt aluminium redusert med 51  $\mu\text{g/L}$ . Det har også vært en klar nedgang i sulfatkonsentrasjonen (korrigert for sjøsalt). Dette er kompensert med en nedgang i basekationer, og innholdet av kalsium for innsjøer med tapte aurebestander før 1980 var på 0,05 mg/L. Materialet fra innsjøer med aurebestander som gikk tapt på 1980- og 90-tallet er for lite til at endringer i vannkjemien kan vurderes i forhold til fiskestatus.

I den videre sammenlikningen av vannkvalitet og fiskestatus for aure, røye og abbor er det bare skilt mellom tre statuskategorier for hver art; nemlig tapt, redusert og uendret (**tabell 4**). For innsjøer med aure er gjennomsnittlig verdier for tre ulike vannkjemiske parametre med de tre statuskategoriene slik: (i) ANC = -13, +7 og +31  $\mu\text{ekv/L}$ , (ii) pH = 4,98, 5,46 og 5,99 og (iii)  $Al_i$  = 76, 43 og 15  $\mu\text{g/L}$ . Røya synes å bli skadet ved en bedre vannkvalitet enn auren. Gjennomsnittlige verdier for ANC, pH og  $Al_i$  i innsjøer med tapte og skadede røyebestander var: 4 vs 16  $\mu\text{ekv/L}$ , 5,38 vs 5,62 og 50 vs 50  $\mu\text{g/L}$ . Dette skjedde til tross for at innsjøene med røye hadde høyere innhold av kalsium; 1,14 mg/L mot 0,69 mg/L for innsjøer med aure. Det var også klare vannkjemiske forskjeller blant innsjøer med uendrede, skadede og tapte abborbestander. For innsjøer med tapte, reduserte og uendrede abborbestander er det klare vannkjemiske forskjeller; både mht ANC (-8, +4 og +51  $\mu\text{ekv/L}$ ), alkalitet (<1, 4 og 32  $\mu\text{ekv/L}$ ), pH (4,90, 5,12 og 5,81) og  $Al_i$  (104, 87 og 37  $\mu\text{g/L}$ ). Også blant innsjøer med røye og abbor har det vært en klar bedring av vannkvaliteten, ikke minst for de med tapte abborbestander. Her var ANC i gjennomsnitt 28  $\mu\text{ekv/L}$  høyere og konsentrasjonen av  $Al_i$  57  $\mu\text{g/L}$  lavere i 1995 enn i 1986.

**Tabell 4.** Gjennomsnittlige verdier for ulike vannkjemiske variabler i innsjøer med uendrede, reduserte og tapte bestander av aure, røye og abbor basert på prøver samlet inn i 1995, samt endringer ( $\Delta$ ) i vannkvaliteten i disse lokalitetene fra 1986 til 1995. Positive (+) og negative (-) verdier angir henholdsvis en bedring og forverring av vannkvaliteten bortsett fra for labilt aluminium (Al) og sulfat hvor negative verdier viser en bedring, dvs lavere konsentrasjoner.

| Variabel              | Enhet             | Aure    |          |       | Røye    |          |       | Abbor   |          |       |
|-----------------------|-------------------|---------|----------|-------|---------|----------|-------|---------|----------|-------|
|                       |                   | Uendret | Redusert | Tapt  | Uendret | Redusert | Tapt  | Uendret | Redusert | Tapt  |
| Antall                |                   | 176     | 47       | 160   | 57      | 12       | 17    | 44      | 10       | 22    |
| ANC                   | $\mu\text{ekv/L}$ | 31      | 7        | -13   | 44      | 16       | 4     | 51      | 4        | -8    |
| $\Delta\text{ANC}$    |                   | +14     | +13      | +17   | +15     | +16      | +13   | +18     | +18      | +28   |
| Alk                   | $\mu\text{ekv/L}$ | 24      | 9        | 1     | 39      | 14       | 12    | 32      | 4        | <1    |
| $\Delta\text{Alk}$    |                   | +10     | +6       | <+1   | +14     | +10      | +6    | +10     | +4       | <+1   |
| pH                    |                   | 5,99    | 5,46     | 4,98  | 6,24    | 5,62     | 5,38  | 5,81    | 5,12     | 4,90  |
| $\Delta\text{pH}$     |                   | +0,12   | +0,17    | +0,12 | +0,12   | +0,23    | +0,16 | +0,20   | +0,27    | +0,13 |
| Ca                    | mg/L              | 0,92    | 0,69     | 0,50  | 1,06    | 1,14     | 0,80  | 1,54    | 1,06     | 1,01  |
| $\Delta\text{Ca}$     |                   | -0,03   | -0,02    | -0,05 | -0,07   | -0,05    | +0,08 | -0,05   | > -0,01  | -0,07 |
| Ali                   | $\mu\text{g/L}$   | 15      | 43       | 76    | 9       | 50       | 50    | 37      | 87       | 104   |
| $\Delta\text{Ali}$    |                   | -5      | -15      | -43   | <-1     | -24      | -36   | -10     | -20      | -57   |
| Sulfat                | mg/L              | 2,20    | 2,15     | 2,29  | 2,52    | 3,22     | 2,73  | 3,46    | 3,43     | 4,27  |
| $\Delta\text{Sulfat}$ |                   | -0,53   | -0,71    | -0,91 | -0,42   | -0,91    | -0,71 | -1,13   | -0,96    | -1,30 |
| TOC                   | mg/L              | 2,68    | 2,29     | 2,89  | 1,97    | 3,72     | 2,64  | 6,37    | 5,27     | 5,02  |
| $\Delta\text{TOC}$    |                   | +0,25   | +0,39    | +0,37 | +0,10   | +0,38    | +0,30 | +0,40   | -0,30    | +0,78 |

### 3.4 Regresjonsanalyse mellom fiskestatus og vannkvalitet

For å finne ut hvilke vannkjemiske variabler som forklarer størstedelen av variasjonen i fiskestatus, benyttet vi en multipl regressjonsanalyse med fiskestatus som avhengig variabel (uendret, skadet og tapt) og to datasett for vannkjemien: (i) målinger fra 1995, og (ii) og endringer i vannkjemien fra 1986 til 1995 ( $\Delta$ ). Regresjonskoeffisienten ( $r^2$ ) angir hvor stor andel en uavhengig variabel forklarer av variasjonen i en avhengig variabel. Analysen viste at pH målt i 1995 best forklarte variasjonen i fiskestatus for både aure ( $r^2 = 0,53$ ), røye ( $r^2 = 0,32$ ) og abbor ( $r^2 = 0,39$ ) (tabell 5). For aure var det også flere andre parametre som bidrog til å forklare variasjonen i status, men det totale forklaringsgraden økte relativt lite (fra 53 til 0,61 %). Størst bidrag var fra klorid (Cl), konsentrasjonen av labilt aluminium (Al) og redukasjonen i konsentrasjonen av labilt aluminium i perioden 1986-95. For røye var det også et betydelig forklaringsbidrag fra flere vannkjemiske variabler med en total forklaringsgrad på 52 %. I datasettet som omfattet vannkjemien fra 1995 og de vannkjemiske endringene fra 1986-95, inngikk disse variablene (kumulert  $r^2$ -verdi i parentes): kalium- $\Delta$  (0,38), klorid (0,42), nitrat (0,47), nitrat- $\Delta$  (0,50) og magnesium (0,52). Hos abbor bidrog i tillegg til pH også ledningsevne ( $r^2 = 0,43$ ) og magnesium ( $r^2 = 0,45$ ) som forklaringsvariabler mht fiskestatus. I en enkel regressjonsanalyse mellom vannkvalitet og status hos aure, ga disse variablene

størst forklaringsgrad: pH ( $r^2 = 0,53$ ), ANC ( $r^2 = 0,34$ ), labilt aluminium ( $r^2 = 0,28$ ), alkalitet ( $r^2 = 0,28$ ),  $\text{NO}_3$  ( $r^2 = 0,28$ ) og Ca ( $r^2 = 0,13$ ).

### 3.5 Utsetting av aure

I innsjøer med tapte stedege aurebestandene er det forsøkt satt ut fisk i rundt 20 % av lokalitetene (tabell 6). Blant innsjøer med skadede bestander er hyppigheten av fiskeutsettinger omtrent på samme nivå (17 %). Det er også like vanlig med utsettinger i innsjøer med middels tette bestander (18 %), men noe mindre enn i innsjøer med naturlig tynne bestander (10 %). I innsjøer med tette bestander blir det ikke satt ut fisk.

**Tabell 5.** Justerte regresjonskoeffisienter ( $r^2$ ) basert på en multippel regresjonsanalyse med status for aure, røye og abbor som avhengig variabel og to datasett for vannkjemi: (i) bidraget fra ulike vannkjemiske parametre målt i 1995 og (ii) endringer ( $\Delta$ ) i vannkjemien i perioden 1986-95.

| Vannkjemi 95             | Aure<br>Endringer fra 1986-95       | Vannkjemi 95  | Røye<br>Endringer fra 1986-95       | Vannkjemi 95  | Abbor<br>Endringer fra 1986-95 |
|--------------------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| 1:pH (0,53)              | 1:pH (0,52)                         | 1:pH (0,32)   | 1:pH (0,32)                         | 1:pH (0,39)   | 1:pH (0,20)                    |
| 2:Cl (0,55)              | 2:Cl (0,55)                         | 2:Na (0,36)   | 2:K- $\Delta$ (0,38)                | 2:Ledn (0,43) |                                |
| 3:Al <sub>i</sub> (0,57) | 3:Al <sub>i</sub> (0,57)            | 3:Ledn (0,44) | 3:Cl (0,42)                         | 3:Mg (0,45)   |                                |
|                          | 4:Al <sub>i</sub> - $\Delta$ (0,59) |               | 4:NO <sub>3</sub> (0,47)            |               |                                |
|                          | 5:TOC- $\Delta$ (0,60)              |               | 5:NO <sub>3</sub> - $\Delta$ (0,50) |               |                                |
|                          | 6:K (0,60)                          |               | 6:Mg (0,52)                         |               |                                |
|                          | 7:Mg (0,61)                         |               |                                     |               |                                |

**Tabell 6.** Utsettinger av aure i innsjøer med forskjellig bestandsstatus og tidspunkt for endring

| Status                | Antall lokaliteter | Utsettinger | Ingen utsettinger | Utsettinger ukjent |
|-----------------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Tapt før 1980         | 160                | 22          | 88                | 50                 |
| Tapt i 1980-årene     | 4                  | 1           | 2                 | 1                  |
| Tapt i 1990-årene     | 1                  | 1           | 0                 | 0                  |
| Redusert før 1980     | 13                 | 0           | 8                 | 5                  |
| Redusert i 1980-årene | 8                  | 3           | 5                 | 0                  |
| Redusert i 1990-årene | 14                 | 2           | 11                | 1                  |
| Middels tett          | 94                 | 11          | 52                | 31                 |
| Naturlig tynn         | 36                 | 3           | 26                | 16                 |
| Tett                  | 46                 | 0           | 42                | 4                  |



## 4 Diskusjon

Av totalpopulasjonen på 358 aurebestander var 160 tapt (45 %) og 49 redusert (14 %), altså en skadeandel på nærmere 60 %. Dette skadeomfanget er imidlertid ikke representativt for norske aurepopulasjoner fordi det ved utvelgelsen av innsjøer i 1986 ble lagt hovedvekt på forsuringfølsomme lokaliteter i Sør-Norge. Totalt ligger 34 % av innsjøene som ble undersøkt på nytt i 1995 i Aust- og Vest-Agder. Det er beregnet at rundt 8.200 aurebestander i innsjøer større enn ca 3,0 hektar har gått tapt på grunn av forsuring i Norge, mens ytterligere 3.900 er skadet (Hesthagen et al. 1999). Norge har rundt 64 600 innsjøer større enn ca 1,5 hektar, mens antall lokaliteter større enn 4,0 hektar utgjør nærmere 39.000. Dersom vi anslår antallet større enn 3,0 hektar til 45.000 innsjøer og at 90 % av disse lokalitetene har eller har hatt aure, er ca hver femte norske aurebestand tapt på grunn av forsuring.

Det har altså vært en klar bedring av vannkvaliteten i de undersøkte innsjøene i perioden 1986-95, med blant annet økt pH og redusert konsentrasjon av labilt aluminium (jf. Skjelkvåle et al. 1998). Det har imidlertid ikke vært noen tilsvarende bedring av bestandsforholdene hos fisk i samme periode. Det har faktisk vært en mer markert negativ utvikling enn en bedring av bestandsforholdene hos fisk fra 1986 til 1995. Blant 127 tapte aurebestander med kjent tidspunkt for endring, hadde 122 gått tapt før 1986, mot fire på 1980-tallet og en på 1990-tallet. Blant 47 skadede aurebestander skjedde endringene i 32 av bestandene før 1980; mens syv (15 %) avtok på 1980-tallet og åtte (17 %) på 1990-tallet. Det var vært en viss økning i tre bestander på 1980-tallet og i fire bestander på 1990-tallet, men de er fortsatt klassifisert som tynne og dermed skadet. Det er også rapportert om endringer blant 68 middels tette bestander, hvorav 13 (19 %) har blitt redusert og 15 har økt (22 %) på 1980- og 90-tallet.

Mangelen på bedrede bestandsforhold hos fisk må blant annet sees i sammenheng med at en stor del av forsøkslokalitetene ligger i de mest forsuringbelastede områdene av landet. Til tross for en bedret vannkvalitet, er den mange steder fortsatt for dårlig til at fisk kan overleve og reproducere. Eksempelvis var gjennomsnittlig pH og konsentrasjonen av labilt aluminium i innsjøer med skadede aurebestander henholdsvis 5,46 og 43 µg/L. Det er også en forsinkelse i tid mellom når vannkvaliteten blir bedre, og når de biologiske systemene kan vurderes som restituerte. Hvor lang tid dette tar er det enda for tidlig å si noe sikkert om. Det vil blant annet avhenge av forsuringgraden og forsuringbelastningen fremover.

Når resultatene av undersøkelsen skal vurderes, må man ta i betraktning at spørreundersøkelser er en noe usikker metode for angivelse av status og bestandsendringer hos fisk. Det er imidlertid funnet en god statistisk sammen-

heng mellom fangstutbyttet ved prøvofiske og bestandsstatus oppgitt av lokale fiskere, både hos både aure, røye og abbor (Hesthagen et al. 1993). Metoden har likevel begrensninger i mulighetene til å spore endringer som er relativt ny dato fordi informantens inntrykk først og fremst baserer seg på forekomsten av fisk i høstbar størrelse. I vår undersøkelse ble opplysningene om fiskestatus vesentlig samlet inn i 1996. Det er derfor i første rekke bestandsforholdene tidlig på 1990-tallet som blir lagt til grunn ved informantens evaluering. Det kan derfor ha vært en økt rekruttering i løpet av de siste årene, som ikke blir identifisert ved spørreundersøkelsen.

Det har vært en markert bedring av vannkvaliteten i innsjøer hvor det hadde vært en påviselig bestandsreduksjon hos aure på 1980-tallet. Eksempelvis hadde ANC i gjennomsnitt økt med 25 µekv/L, mens konsentrasjonen av labilt aluminium var redusert med 35 µg/L. Men disse lokalitetene er fortsatt sterkt forsuret, idet gjennomsnittlig ANC = -12 µekv/L, pH = 5,21 og labilt aluminium = 40 µg/L. Innsjøer hvor skadene oppsto en gang før 1980 har enda dårligere vannkvalitet. Disse lokalitetene har hatt en relativt svak økning i både ANC (6 µekv/L) og labilt aluminium (17 µg/L). For innsjøer med tapte aurebestander har bedringen i vannkvaliteten vært størst hvor tapene har hatt lengst varighet, men disse lokalitetene er fortsatt sterkt forsuret. For disse lokalitetene er det nødvendig med en aktiv kultiveringsinnsats i form av utsettinger for at fisken skal reetableres. De fleste vatna ligger trolig slik til at en naturlig rekolonisering i liten grad vil forekomme fordi fysiske hindringer stopper denne prosessen.

Vannkvaliteten i innsjøer med tapte aurebestander hadde sammenheng med når tapet skjedde. Eksempelvis hadde innsjøer hvor aurebestandene ble tapt en gang før 1980 en gjennomsnittlig ANC og Al<sub>i</sub> på henholdsvis -19 µekv/L og 82 µg/L, mot -7 µekv/L og 43 µg/L hvor tapene skjedde på 1980-tallet. Bare en bestand gikk tapt på 1990-tallet, men denne innsjøen hadde bedre vannkvalitet enn der hvor fisken gikk tapt tidligere. Ved en eventuelt reetablering av fisk i fisketomme innsjøer bør en derfor først velge lokaliteter hvor fiskebestandene har gått tapt relativt nylig. Aure er forsøkt reetablert ved hjelp av utsettinger i rundt 20 % av innsjøene med tapte bestander, med kultiveringen har vært mislykket. Vannkvaliteten i disse lokalitetene er derfor enda for dårlig til at det har noen hensikt å sette ut fisk (jf. Barlaup 1996).

Det var en klar sammenheng mellom fiskestatus og vannkvalitet i de innsjøene som har eller tidligere har hatt aure, røye og abbor. Innsjøer uten bestandsendringer hos fisk hadde mye høyere verdier for syrenøytraliserende kapasitet (ANC), alkalitet og pH og lavere innhold av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>), enn innsjøer med skadede og tapte bestander. Eksempelvis hadde innsjøer med tapte aurebestander en gjennomsnittlig pH og Al<sub>i</sub> på henholdsvis 4,98 og 76 µg/L, mot 5,99 og 15 µg/L for innsjøer uten skader. En multippel regresjonsanalyse viste at pH var den

enkeltfaktoren som forklarte mest av variasjonen i fiskestatus, og det gjaldt både for aure, røye og abbor. Bidraget fra andre variabler, som for eksempel labilt aluminium, var relativt lite. For aure forklarte pH alene 53 % av variasjonen i fiskestatus ( $r^2 = 0,53$ ), og i steg 2 i analysen ble klorid inkludert ( $r^2 = 0,55$ ) og i steg 3 labilt aluminium ( $r^2 = 0,57$ ). Disse resultatene er nær identiske med de fra en tilsvarende statistisk analyse basert på 1000-sjøers dataene fra 1986 (Bulger et al. 1993).

Av 76 abborbestandene var 44 uendra, 22 tapt og 10 redusert. Blant de skadede bestandene har det vært en viss økning i tettheten i to, men de er fortsatt klassifisert som tynne. Årsaken til en manglende positiv respons er trolig at vannkvaliteten er for dårlig, idet gjennomsnittlig pH og labilt aluminium disse for innsjøene var henholdsvis 5,12 og 87  $\mu\text{g/L}$ . Forsøk med reetablering av abbor i forsurrede innsjøer på Sørlandet, basert på fiskeutsettinger, har vist at dette er en kritisk vannkvalitet for overlevelse og reproduksjon (Hesthagen et al. 2000). Mange innsjøer på Sørlandet har derfor fortsatt en vannkvalitet som gjør at det ikke har noen hensikt med reetablersforsøk av abbor.

## 5 Litteratur

- Barlaup, B.T. 1996. Ecological responses of brown trout (*Salmo trutta* L.) to temporal and spatial variation in water chemistry caused by acidification and liming. - Doctor scientiarum thesis, Univ. i Bergen, Zoologisk institutt, Bergen.
- Bulger, A.J., Lien, L., Cosby, B.J., & Henriksen, A. 1993. Brown trout (*Salmo trutta*) status and chemistry from Norwegian Thousand lake Survey: statistical analysis. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 575-585.
- Henriksen A., Lien, L., Traaen, T.S. & Sevaldrud, I.S. & Brakke, D.F. 1988 Lake acidification in Norway: present and predicted chemical status. - *Ambio* 17: 259-266.
- Henriksen A., Lien, L., Rosseland, B.O., Traaen, T.S. & Sevaldrud, I.S. 1989. Lake acidification in Norway: present and predicted fish status. - *Ambio* 18: 314-321.
- Henriksen A., Skjelkvåle B.L., Lien, L., Traaen, T.S., Mannio, J., Forsius, M., Kämäri, J., Mäkinen, I., Berntell, A., Wiederholm, T., Wilander A., Moiseenko T., Lozovik, P., Filatov, N., Niinioja, R., Harriman, R. & Jensen J.P. 1996. Regional lake survey in Finland - Norway - Sweden - Denmark - Northern Kola - Russian Karelia - Scotland - Wales 1995. Coordination and design. - Acid Rain Research Report 40/1996. 30 s. (NIVA, Oslo).
- Henriksen A., Skjelkvåle, B.L., Mannio J., Wilander, A., Jensen, J.P., Moiseenko, T., Harriman, R., Traaen, T., Fjeld, E., Vuorenmaa, J., Kortelainen, P. & Forsius, M. 1997. Nordic Lake Survey 1995 in Finland - Norway - Sweden - Denmark - Russian Kola - Russian Karelia - Scotland - Wales 1995. Results. - Acid Rain Research Report 46, SNO 3645-97. 43 s. (NIVA, Oslo).
- Hesthagen, T., Rosseland, B.O., Berger, H.M. & Larsen, B.M. 1993. Fish community status in Norwegian lakes in relation to acidification: a comparison between interviews and actual catches by testfishing. - *Nordic J. Freshw. Res.* 68: 34-41.
- Hesthagen, T., Langeland, A. & Berger, H.M. 1998. Effects of acidification due to emissions from the Kola Peninsula on fish populations in lakes near the Russian border in northern Norway. - *Water, Air and Soil Pollut.* 120: 17-36.
- Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Berger, H.M. 1999. Assessment of damage to fish populations in Norwegian lakes due to acidification. - *Ambio* 28: 12-17.
- Hesthagen, T., Nøst, T., Berger, H.M., Schartau, A.K.L., Saksgård, R. & Fløystad, L. 2000. Forsøk med reetablering av abbor i forsurrede innsjøer på Sørlandet. - NINA Oppdragsmelding 643: 1-30.
- Rask, M., Appelberg, M., Hesthagen, T., Tammi, J., Beier, U. & Lappalainen, A. 2000. Fish status survey of Nordic lakes- species composition, distribution, effects of environmental changes. - TemaNord, Rep. 2000:508.

- Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T.S., Lien, L., Lydersen, E. & Buan, A.K. 1997. Regional lake survey in Norway-autumn 1995. A survey of water chemistry of 1500 lakes. - Statlig program for forurensningsovervåking, Rapp. 677/96. 73 s.
- Skjelkvåle, B.L., Wright, R.F. & Henriksen, A. 1998. Norwegian lakes show widespread recovery from acidification; results from national surveys of lake-water chemistry 1986-1997. - Hydrol. and Earth Sci. 2(4): 555-562.
- Tørseth, K. & Semb, A. 1995. Sulhur and nitrogen deposition in Norway- status and trends. - Water, Air and Soil Pollut. 85: 623-628.

# NINA oppdragsmelding 674

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-1189-0

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 01