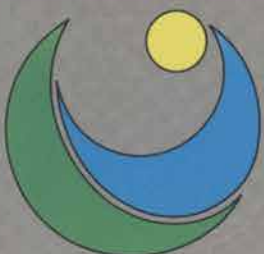


0 50

# forskningsrapport

## Utvikling i forsuringsskader på fiskebestander i Sør-Norge etter 1950

Trygve Hesthagen  
Iver H. Sevaldrud  
Hans Mack Berger



NINA

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

# Utvikling i forsuringsskader på fiskebestander i Sør-Norge etter 1950

Trygve Hesthagen  
Iver H. Sevaldrud  
Hans Mack Berger

## NINAs publikasjoner

NINA utgir fem ulike faste publikasjoner:

### NINA Forskningsrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, i den hensikt å spre forskningsresultater fra institusjonen til et større publikum. Forskningsrapporter utgis som et alternativ til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

### NINA Utredning

Serien omfatter problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, litteraturstudier, sammenstilling av andres materiale og annet som ikke primært er et resultat av NINAs egen forskningsaktivitet.

### NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. Opplaget er begrenset.

### NINA Temahefter

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

### NINA Fakta-ark

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 interesserte enkeltpersoner).

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

Hesthagen, T. Sevaldrud, I.H. & Berger, H.M. 1994. Utvikling i forursningskader på fiskebestander i Sør-Norge etter 1950.  
- NINA Forskningsrapport 50: 1-16.

Trondheim, mars 1994

ISSN 0802-3093  
ISBN 82-426-0439-8

Forvaltningsområde:  
Forurensninger  
Pollution

Rettighetshaver ©:  
NINA Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:  
Tor G. Heggberget  
NINA, Trondheim

Design og layout:  
Guri Jermstad

Sats: NINA

Trykk: Strindheim Trykkeri AL

Opplag: 2 000

Trykt på miljøpapir

Kontaktadresse:  
NINA  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim  
Tel: 73 58 05 00  
Fax 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 3518

Ansvarlig signatur:

*Tor G. Heggberget*

Oppdragsgiver:

Statens forurensningstilsyn

## Referat

Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Berger, H.M. 1994. Utvikling i forsureningskader på fiskebestander i Sør-Norge etter 1950. - NINA Forskningsrapport 50: 1-16.

I rapporten beregnes størrelsen på landarealet med skader på fiskebestander i innsjøer i Sør-Norge pr. 1960, 1970, 1980 og 1990. Kartleggingen er basert på intervjuundersøkelser hvor det blir innhentet opplysninger om status definert som uendrede, reduserte eller tapte bestander, samt tidspunkt for endring basert på 10-års perioder. Lokaliseringen av skadde bestander pr. ulike ti-år ble plottet inn på kart, og områder med skader ble deretter avgrenset og arealberegnet. Totalt foreligger det opplysninger om status for 13 608 bestander fordelt på de 7 vanligste fiskeartene, og av disse har 2591 gått tapt mens ytterligere 2914 bestander har avtatt. Det er flest skadde bestander i Agderfylkene, og deretter i Telemark og Rogaland. Det har vært en femdobling i skadet areal i Sør-Norge i løpet av de siste 30-40 åra; fra 10 960 km<sup>2</sup> pr. 1960 til 51 500 km<sup>2</sup> pr. 1990. I SNSF-prosjektet ble det på midten av 1970 tallet registrert forsuringsskader på fiskebestander innen et landareal på 33 000 km<sup>2</sup>, dvs en økning i skadet areal på 18 500 km<sup>2</sup> i løpet av de siste 15 åra. I prosentvis areal har Vest-Agder de største skadene (90.7%, 6 600 km<sup>2</sup>), deretter følger Aust-Agder (84.7%, 7 800 km<sup>2</sup>) og Rogaland (49.7%, 4 540 km<sup>2</sup>). Arealmessig har imidlertid de største skadene i løpet av de siste 10-20 åra skjedd på Vestlandet (Hordaland og Sogn og Fjordane) og i Hedmark. Ut fra de skadene som oppsto på 1980 tallet, er det grunn til å vente økende skader på fiskebestander i Sør-Norge i de kommende årene.

I *Naturens Tålegrenser* ble skadet areal beregnet til 85 765 km<sup>2</sup>, altså 34 265 km<sup>2</sup> større enn det ved denne undersøkelsen. Forskjellen skyldes vesentlig at det ble benyttet ulike beregningsmetoder. I Tålegrenseprosjektet er skadet areal beregnet separat for ruter på 14 x 14 km, og uavhengig av hvor i ruten de skadde bestandene er lokalisert. Data fra *Naturens Tålegrenser* er lagt til grunn for de internasjonale forhandlingene om reduserte utslipp av svovelforbindelser. Den rutebaserte metoden vil derfor heretter bli benyttet ved beregning av skadet areal på fiskebestander.

Emneord: Forsuring - Innlandsfisk - Fiskestatus - Skader - areal - endring

Trygve Hesthagen og Hans Mack Berger, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim. Iver H. Sevaldrud, 3522 Bjonerøa.

## Abstract

Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Berger, H.M. 1994. Changes in area with damage to fish stocks in Southern Norway due to acidification since the 1950's. - NINA Forskningsrapport 50: 1-16.

Acidification has seriously affected fish populations in a large number of lakes in Southern Norway. Documentation of damages to these populations is obtained by means of enquiries, and fish status is described as either unaffected, reduced or lost stocks and when the damage occurred expressed in ten year periods, i.e. 1970's, 1980's etc. We have recorded community status for 13 608 fish stocks, mainly brown trout *Salmo trutta*, Arctic charr *Salvelinus alpinus* and European perch *Perca fluviatilis*. A total of 2 591 stocks are virtually eliminated and 2914 stocks are reported to be affected. Estimates of affected land area in different ten years periods was carried out by plotting locations of lost and reduced stocks.

The area with damaged fish stocks was as follows; per 1960: 10 960 km<sup>2</sup>, per 1970: 30 730 km<sup>2</sup>, per 1980: 40 670 km<sup>2</sup> and per 1990: 51 500 km<sup>2</sup>. The corresponding area estimated in the mid 1970's (1975-77) was 33 000 km<sup>2</sup>. Hence, the size of the affected area increased by 18 500 km<sup>2</sup> over the last 15 years. However, comparison is difficult, because studies conducted during the 1970's and 1980's were both carried out over several years. Furthermore, there is a time-lag between when the damage actually started and the time it became evident to local fishermen. A regional survey shows that the most serious damages are in Vest-Agder and Aust-Agder counties in southernmost Norway, where affected stocks were found throughout areas of 6 600 km<sup>2</sup> (90.7%) and 7 800 km<sup>2</sup> (84.7%). However, fish stocks in most counties in Southern Norway suffer from severe acidification with the exception for Vestfold and Oppland counties. Fish stocks have been most seriously affected by acidification during the last 10-20 years in Hedmark county in Eastern Norway and Hordaland and Sogn og Fjordane counties in Western Norway. As indicated by information on when the damages occurred, it is suggested that areas affected by acidification will continue to increase in years to come.

Further, fish community status was mapped in a grid system of 14 x 14 km. Each grid was assigned a damage index which ranged from 0 (no damage) to 1.0 (total damage). Based on this method, we found that fish stocks were affected in a much larger area (85 765 km<sup>2</sup>). These data are used in international negotiations in connection to reduction in sulfur dioxide emissions. Thus, we recommend to use the grid system method in further estimations of affected areas.

Key words: Acidification - Freshwater fish - Lakes - Community status - Land area - Changes

Trygve Hesthagen and Hans Mack Berger, Norwegian Institutt for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway. Iver H. Sevaldrud, N-3522 Bjonerøa, Norway

Abstract: The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

Abstract: The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

The present study was conducted in order to assess the effects of acidification on the community status of lakes in Norway. The study was carried out in 1998 and 1999 in 10 lakes in the Trondheim region. The lakes were selected on the basis of their land area and their community status. The results show that the community status of the lakes was significantly affected by acidification. The lakes with the lowest land area had the highest community status, while the lakes with the highest land area had the lowest community status. This indicates that acidification has a strong effect on the community status of lakes, and that the effect is more pronounced in lakes with a high land area.

## Forord

Denne rapporten er skrevet etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Det rettes en takk til Tor Johannessen som har hatt ansvaret for prosjektet i SFT. For ferdigstilling av rapporten var det nødvendig med delfinansiering fra NINA (basismidler) og Direktoratet for naturforvaltning (DN) ved *Biologisk overvåking av sur nedbør*. Materialet som er benyttet i rapporten er samlet inn i forbindelse med *Statlig program for forurensningsovervåking under Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør*. SFT har hovedansvaret for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet og koordinerer overvåkingen av atmosfæriske tilførsler og vannkjemi. DN koordinerer den biologiske delen av overvåkingsprogrammet, og de finansierer også undersøkelsene sammen med NINA's basisbevilgning. Vi takker overingeniørene Lars Kvenild og Hilde Grimnes Olsen ved NINA for tilrettelegging av dataene for EDB og Dag Matzow og Arne Henriksen for gjennomlesing av rapporten.

Trondheim 28. januar 1994

Trygve Hesthagen

## Innhold

<b>Referat</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	3
<b>Forord</b> .....	5
<b>1 Innledning</b> .....	6
<b>2 Metoder</b> .....	7
<b>3 Resultater</b> .....	8
3.1 Endring i skadet areal pr. 1960 til pr. 1990 .....	8
3.2 Antall skadede bestander .....	11
3.3 Regionale endringer i skadet areal .....	11
3.4 Reanalyse av fiskestatus i fem fylker .....	11
<b>4 Diskusjon</b> .....	13
<b>5 Litteratur</b> .....	15
<b>Vedlegg</b> .....	16

# 1 Innledning

Allerede rundt århundreskiftet var det en klar reduksjon i laksefangster i Sørlandselvne, og disse endringene har blitt relatert til begynnende forsureningskader (Hesthagen & Hansen 1991 a,b). I perioden fra 1911 til tidlig på 1920 tallet ble det også registrert flere episoder med fiskedød av voksen laks i flere elver i Agder-fylkene og Rogaland (Huitfeldt-Kaas 1922, 1923, Jensen & Snekvik 1972). Allerede rundt århundreskiftet var utslippene av  $SO_2$  i Europa relativt store (cf. Mylona 1993), og det er derfor sannsynlig at de refererte episodene med fiskedød skyldes forsurening.

De første skadene på aurebestander på Sørlandet ble rapportert tidlig på 1900-tallet (Dahl 1921, 1922). På samme tid skjedde det dødelighet på egg og nyklekt aure - og laksyngel i klekkerier, og dette ble satt i sammenheng med surt vann (Dahl 1926, Sunde 1926). Seinere ble det målt kraftige pH-fall i innsjøer i perioder med mye nedbør, og antydnet at dette kunne resultere i dødelighet hos aure (Sømme 1941). Det var imidlertid ikke før på slutten av 1950 tallet at de etter hvert store skadene på fiskebestander på Sørlandet ble satt i sammenheng med langtransporterte forurensninger (Dannevig 1959).

De etter hvert omfattende skadene på fiskebestander i det sørlige Norge ble tidlig på 1970 tallet dokumentert ved intervjuundersøkelser (Jensen & Snekvik 1972, Snekvik 1974). Noe seinere på 1970 tallet ble disse undersøkelsene videreført i SNSF regi (Muniz et al. 1976, Snekvik 1977, Wright & Snekvik 1977). I sluttrapporten etter SNSF-prosjektet, ble det rapportert om forsureningskader på fiskebestander innen et landområde på 33000 km<sup>2</sup>, hvorav 13 000 km<sup>2</sup> var nær totalskadet (Sevaldrud & Muniz 1980). Basert på 1000-sjøers undersøkelsen i 1986 og NINA's data fra det biologiske overvåkingsprogrammet, ble skadet areal på slutten av 1980 tallet angitt til 36000 km<sup>2</sup> (Henriksen et al. 1989).

Seinere ble dataene fra *Biologisk overvåking av sur nedbør* benyttet i prosjektet *Naturens Tålegrenser* for å beregne skadet areal (Berger et al. 1992, Henriksen & Hesthagen 1993, Henriksen et al. 1993). I disse undersøkelsene er det beregnet et skadet areal på 85 765 km<sup>2</sup>. Det er tidligere pekt på at det er usikkert hvorvidt denne forskjellen i skadet areal bare skyldes en økning i forsureningskader (Berger et al. 1992). Årsaken til dette er blant annet at det nå er kartlagt et større geografisk område. Det kan også skyldes ulike beregningsmetoder i de to undersøkelsene. I SNSF-prosjektet ble skadde områder avgrenset skjønsmessig, mens det i Tålegrense-prosjektet var rutebasert.

Naturens Tålegrenser er lagt til grunn for de internasjonale forhandlingene om reduserte utslipp av svovelforbindelser. Den rutebaserte metodikken vil derfor heretter bli benyttet ved beregning av skadet areal på fiskebestander. Hensikten med denne rapporten er å beregne økningen i skadet areal fra 1970-tallet og fram til i dag basert på den skjønsmessige metoden som ble benyttet i SNSF-prosjektet slik at de to beregningsmetodene kan sammenliknes. Videre vil det også bli foretatt en beregning av økningen i skadet areal siden 1950-tallet og fram til idag.

## 2 Metoder

Den regionale kartleggingen av forursingsskader på fiskebestander i innsjøer er framskaffet ved intervju-undersøkelser (Sevaldrud & Muniz 1980). Fiskestatus til hver art i den enkelte innsjø er angitt som uendret, redusert eller tapt. Naturlig tynne bestander er klassifisert som uendret. Videre blir det spurt om hvilke ti-år (1970 åra, 1980 åra etc) bestandene ble redusert eller gikk tapt. Metoden er testet ved å prøvefiske innsjøer med ulike statuskategorier, og funnet statistisk holdbar (Hesthagen et al. 1993).

I denne rapporten har vi beregnet skadet areal ved fire ulike ti-år; pr. 1960 til pr. 1990. Dette er gjort ved å lokalisere skadede bestander ved ulike ti-år ved hjelp av dataplott. Alle skade som hadde skjedd før et gitt ti-år ble også inkludert i plottet for det ti-året, dvs kumulerte skadeplott. Det ble laget plott for hvert fylke i målestokk fra 1:420 000 til 1:1 000 000, avhengig av størrelsen på fylket.

Vi mangler opplysninger om når en del bestander ble redusert eller gikk tapt, og for å få flest mulig datapunkt i hvert fylke har vi slått sammen disse to statuskategoriene. Vi forutsetter at lokaliseringen av innsjøer med bestander hvor ikke skadetidspunktet er kjent, ligger innen området for bestander med kjent skadetidspunkt. For plottet som omfatter siste ti-år (pr. 1990), er derimot alle bestander med skader benyttet. Deretter har vi foretatt en manuell og skjønnsmessig avgrensning av områder med fiskeskader (cf. Sevaldrud & Muniz 1980). Vi har foretatt en vurdering av skadede områder ved å ekskludere dalfører mellom to forursingsområder, større innsjøer uten forursingsskader etc. For at et område skal defineres som sammenhengende, må ikke avstanden mellom innsjøer med skader være lengre enn ca 5 km. I enkelte områder har vi imidlertid foretatt en skjønnsmessig vurdering av det skadede arealet. I forbindelse med en mere omfattende database over fiskebestander i innsjøer ved NINA, er det skilt mellom ulike årsaker til bestandsendringer. Innsjøer med skader på fiskebestander som med all sannsynlighet ikke skyldes forursing, er ekskludert fra materialet.

For fem fylker i Sør-Norge med de største forursingsskadene på 1970 tallet, foreligger det opplysninger om enkeltbestander (Sevaldrud & Muniz 1980). Ved å sammenlikne fiskestatus for de samme bestandene på 1980 tallet, kan en beregne økningen i skadene (Hesthagen et al. 1989).

I forbindelse med *Naturens Tålegrenser*, ble arealet med skader på fiskebestander beregnet separat for 14 x 14 km EMEP ruter (Henriksen et al. 1993). Dette ble gjort for å kunne sammen-

likne overskridelse av tålegrenser med fiskestatus for de samme rutene. Det er beregnet en skadeindeks (SI) for hver av disse rutene ved å multiplisere antall uendra bestander med 0, reduserte bestander med 0.5 og tapte bestander med 1.0 (Berger et al. 1992). Verdiene fra de tre status-kategoriene ble deretter addert og summen dividert med antall bestander innen ruten. Dette gir en skadeindeks fra 0 (ingen skader) til 1.0 (alle bestander utdødd).

Innsamlingen av fiskestatus i de enkelte fylkene har ikke vært foretatt i samme år (**tabell 2**). Det meste av dataene i SNSF-prosjektet ble samlet inn fra 1975 til 1977, og tidspunktet blir seinere angitt som midten av 1970 tallet. Oppdateringen av dataene skjedde fra 1986 til 1992 (Agder i 1983), og tidspunktet blir seinere angitt som pr. 1990.



## 3 Resultater

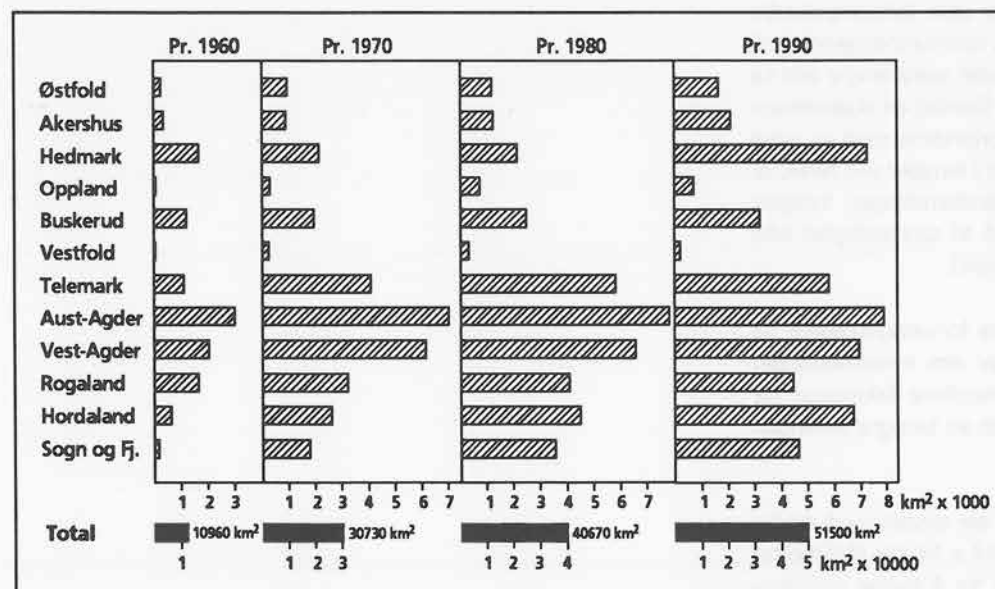
### 3.1 Endring i skadet areal pr. 1960 til pr. 1990

Skadet areal er omlag femdoblet i løpet de siste 30/40 årene, fra 10 960 km<sup>2</sup> pr. 1960 (1950 åra) til 51 500 km<sup>2</sup> pr. 1990 (figur 1, vedlegg 1). Den største økningen skjedde på 1960 tallet, idet skadet areal pr. 1970 hadde økt til 30 730 km<sup>2</sup>, dvs med ca 20 000 km<sup>2</sup>. Økningen i skadet areal i løpet av 1970 tallet er beregnet til ca 10 000 km<sup>2</sup>, og det gir et skadet areal på 40 670 km<sup>2</sup> pr. 1980. Arealmessig har Aust-Agder idag de største forsuringsskadene med 7 800 km<sup>2</sup>, mens både Hedmark (7 280 km<sup>2</sup>) og Hordaland (6820 km<sup>2</sup>) har større skadet areal enn Vest-Agder (6 600 km<sup>2</sup>). Forsuringsskadene er også betydelige i Sogn og Fjordane med 4 500 km<sup>2</sup>. Den regionale fordelingen av områder med skader på fiskebestander for ulike ti-år i Sør-Norge er vist i figur 2.

Allerede pr. 1960 var det relativt omfattende forsuringsskader på fiskebestander i både Aust-Agder og Vest-Agder idet skadet areal utgjorde henholdsvis 31.5 og 26.0% av fylkenes totale landareal (figur 3, vedlegg 1). Imidlertid er det spesielt i løpet av 1960 tallet at de største skadene skjedde i Agderfylkene, idet skadet andel av landarealet pr. 1970 var henholdsvis 76.0 og 84.5%. Økningen i skadet areal i Agderfylkene i det neste 10-året var relativt liten (84.7 og 90.7% pr. 1980), og seinere er det ikke påvist noen økning. På Vestlandet ble de første forsuringsskadene registrert på 1950 tallet. Det var imidlertid i løpet

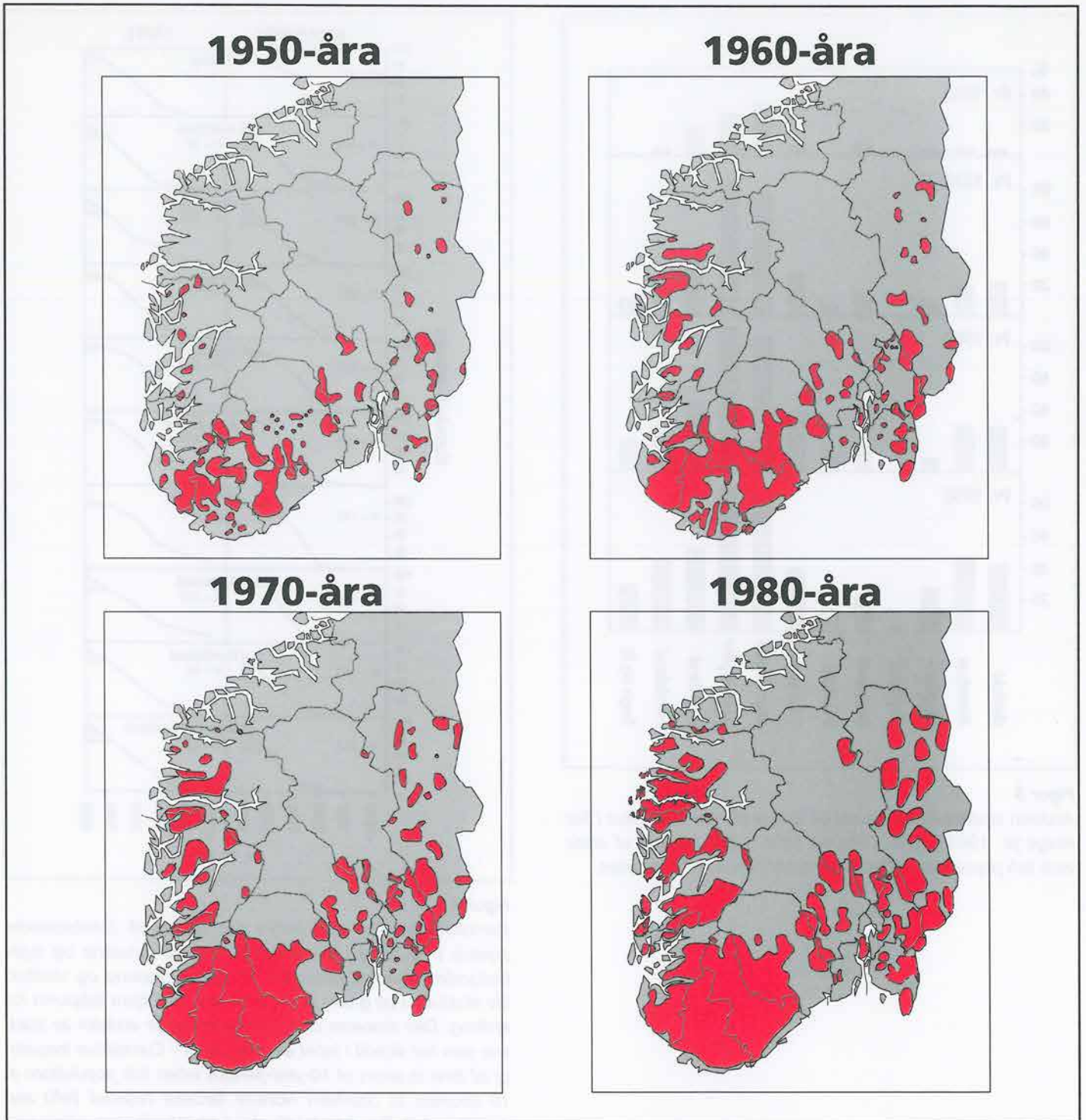
av 1960 åra at skader på fiskebestander ble tydelige, og andelen skadet areal i Hordaland pr. 1970 var 16.5%. Siden har skadene økt gradvis i både Sogn og Fjordane og Hordaland, og pr. 1990 utgjorde skadet areal i de to fylkene henholdsvis 24.2 og 43.6%.

Disse resultatene er i samsvar med kurvene som viser kumulert fordeling av tidspunkt for når skadene skjedde fordelt på reduserte og tapte bestander (figur 4). Det er ingen tegn til at de kumulerte kurvene flater ut, og dette tyder på at forsuringsskadene vil fortsette i de kommende årene.

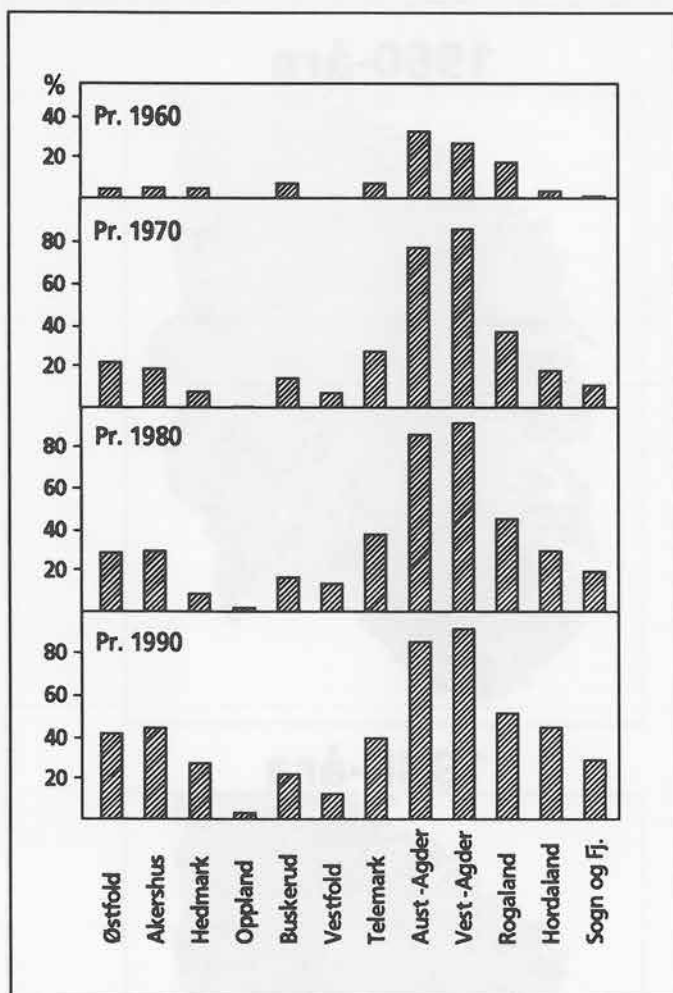


**Figur 1**

Landareal i km<sup>2</sup> med skader på fiskebestander på grunn av sur nedbør i 12 fylker i Sør-Norge pr. 1960 - pr. 1990. - Areas in km<sup>2</sup> with fish populations affected by acidification in 12 different counties in Southern Norway per 1960 to 1990.

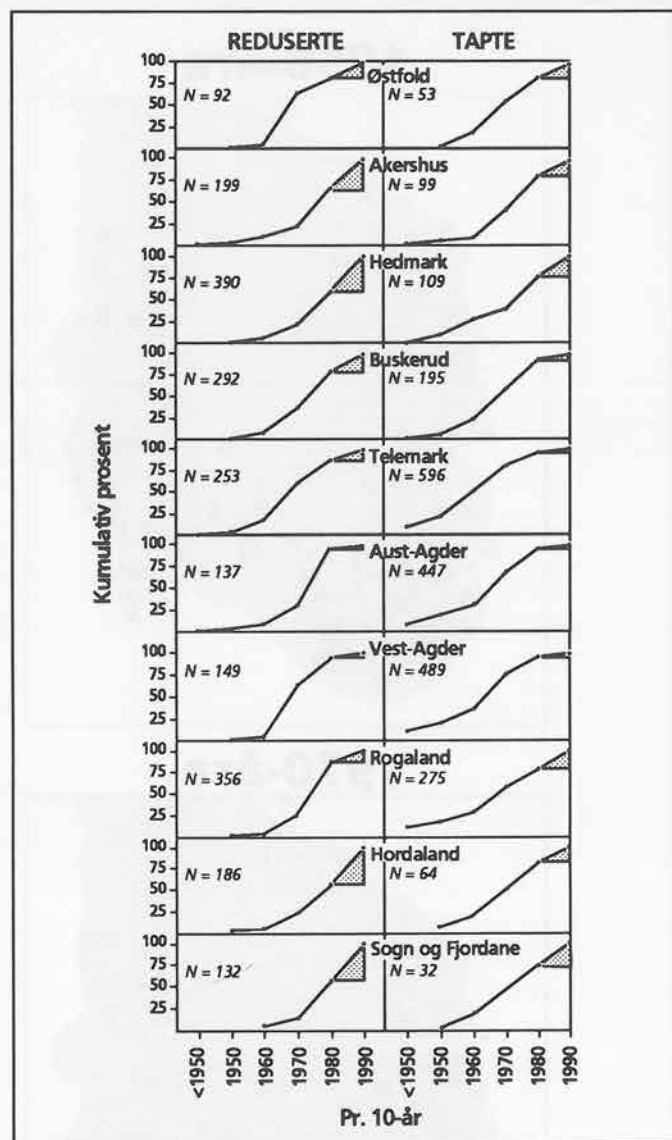


**Figur 2**  
Den regionale fordelingen av områder med skader på fiskebestander i Sør-Norge på grunn av forsuring fra 1950 åra - 1980 åra. -  
Regional distribution of areas with fish populations affected by acidification in Southern Norway during the 1950's to 1980's.



Figur 3

Andelen landareal med skader på fiskebestander i 12 fylker i Sør Norge pr. 1960, 1970, 1980 og 1990. - The fraction of areas with fish populations affected by acidification in 12 counties.



Figur 4

Kumulert fordeling av i hvilke tiår skader på fiskebestander skjedde i 10 fylker i Sør Norge fordelt på reduserte og tapte bestander. N=antall bestander. Data fra Oppland og Vestfold ble ekskludert på grunn av få bestander med kjent tidspunkt for endring. Den skraverte delen av kurven angir andelen av skadene som har skjedd i løpet av 1980 tallet - Cumulative frequency of time in terms of 10-year-periods when fish populations in 10 counties in Southern Norway became reduced (left) and extinct (right). The data for Oppland and Vestfold counties were excluded due to low number of stocks for which time of damage was recorded. Shaded area indicates the fraction of the damage occurring during the 1980's.

### 3.2. Antall skadede bestander

Det foreligger opplysninger om status for 13 608 fiskebestander fordelt på de 7 vanligste fiskeartene i 12 fylker i Sør-Norge (**Tabell 1**). Av disse er 2591 bestander tapt (19.0%), mens ytterligere 2914 bestander (21.4%) har avtatt. Aure forekommer i flest innsjøer, og er også den arten som har størst andel skadede bestander (49.7%), men røye er også utsatt for relativt store skader (34.8%).

Det er hittil registrert flest tapte og reduserte bestander i Telemark (924 stk.), Aust-Agder (816 stk) og Vest-Agder (621 stk). Antall tapte eller skadede bestander i de enkelte fylker kan imidlertid ikke direkte sammenliknes fordi det er avhengig av størrelsen på fylket og det biologiske mangfold. Videre er ikke alle innsjøer i hvert fylke kartlagt, og omfanget varierer også mellom fylkene. Følgelig angir materialet i denne rapporten et minimumstall for antall tapte og reduserte bestander. Forholdet mellom de enkelte statuskategoriene er også misvisende, spesielt i Oppland hvor det foreløpig er kartlagt relativt få bestander.

### 3.3. Regionale endringer i skadet areal

Den største økningen i skadet areal fra 1970 tallet og fram til idag har skjedd på Vestlandet (Hordaland og Sogn og Fjordane) og i Hedmark. På midten av 1970 tallet utgjorde skadet areal i disse tre fylkene tilsammen 5250 km<sup>2</sup> (Sevaldrud & Muniz 1980), mot hele 18 600 km<sup>2</sup> pr. 1990 (**tabell 2**). Det har også vært en betydelig økning i skadene i Akershus, Østfold og Buskerud i samme periode. I Agderfylkene har det ikke vært mulig å dokumentere endringer i skadeomfang fra 1970 tallet og fram til 1983 da siste registrering av fiskestatus ble foretatt (cf. Sevaldrud & Skogheim 1986). Både i Rogaland og Telemark har det i løpet av samme periode vært små endringer i skadet areal.

### 3.4 Reanalyse av fiskestatus i fem fylker

I fem fylker ble det i løpet av 1983-1992 foretatt en reanalyse av fiskestatus fra de samme innsjøene som ble undersøkt på

**Tabell 1.** Antall undersøkte (N), tapte (T) og reduserte (R) bestander av de 7 vanligste fiskeartene i innsjøer i Sør-Norge pr. 1990. Total number (N) and number of lost (U) and affected (R) populations of different fish species due to acidification in 12 different counties in Southern Norway.

Fylke	Aure			Røye			Abbor			Gjedde/Sik/Ørekyte			Mort		
	N	T	R	N	T	R	N	T	R	N	T	R	N	T	R
Østfold	217	53	98	5	2	2	408	38	132	181	16	47	80	11	37
Akershus	393	72	109	41	20	7	751	45	110	552	39	72	254	24	30
Hedmark	649	70	159	124	14	18	429	9	67	94	2	25	135	9	18
Oppland	182	20	57	78	12	23	130	3	7	87	4	11	-	-	-
Buskerud	855	93	207	82	5	22	342	20	62	186	5	26	3	0	0
Vestfold	95	4	65	2	0	1	78	2	26	62	0	0	2	0	0
Telemark	931	340	428	87	3	38	186	9	34	118	8	64			
Aust-Agder	917	591	105	3	1	1	257	80	37	39	1	0			
Vest-Agder	625	419	124	22	7	3	99	50	13	56	0	5			
Rogaland	849	277	173	116	15	18	-	-	-	97	1	2			
Hordaland	1594	134	316	30	5	5	-	-	-						
Sogn og Fjordane	1017	56	165	68	2	5	-	-	-						
<b>Totalt</b>	<b>8324</b>	<b>2129</b>	<b>2006</b>	<b>658</b>	<b>86</b>	<b>143</b>	<b>2680</b>	<b>256</b>	<b>488</b>	<b>1472</b>	<b>76</b>	<b>252</b>	<b>474</b>	<b>44</b>	<b>25</b>

1970 tallet (**figur 5**). I Aust-Agder og Vest-Agder har det vært en økning i tapte aurebestander på henholdsvis 10 og 14% fra 1975-77 til 1983. Tilsvarende tapsøkning for abbor var 12% (ikke vist i **figur 5**). I Telemark har det i løpet av en 10-årsperio-

de (1975-76 til 1986) vært en økning i tapte aurebestander på 10%. I Rogaland (aure) og Østfold (abbor) har skadene vært noe mindre med henholdsvis en økning på 7% og 9% i tapte bestander.

**Tabell 2.** Totalareal og beregnet areal med skader på fiskebestander i km<sup>2</sup> pr. 1975-77 (SNSF-prosjektet) og pr. 1990 basert på manuell skravering og beregninger innen rutenett for 12 fylker i Sør-Norge. Registreringsår (1. og 2. gang er angitt). Total land area and estimated area (km<sup>2</sup>) with fish populations affected by acidification per 1975-77 (SNSF project) and per 1990 based both on manual identification of damaged area and that within separate EMEP grids in 12 different counties in Southern Norway. Year of registration is indicated.

	Total-areal	Basert på manuell skravering		EDB-basert i rutenett Pr. 1990	Registreringsår	
		Pr. 1975-77	Pr. 1990		1. gang	2. gang
Østfold	4183	1200	1700	3490	1975	1992
Akershus	4917	230	2200	5283	1978	1989
Hedmark	27388	1560	7280	12787	1975	1991
Oppland	25260	370	750	3479	1975	1992
Buskerud	14927	1800	3110	9299	1976	1988
Vestfold	2216	280	280	1006	1975	-
Telemark	15315	5100	5920	8193	1975-76	1986
Aust-Agder	9212	7800	7800	8797	1975-76	1983
Vest-Agder	7281	6600	6600	7236	1976-77	1983
Rogaland	9141	4300	4540	7089	1976-77	1987
Hordaland	15634	1550	6820	11844	1975-76	1989
Sogn og Fjordane	18634	2140	4500	7262	1976-77	1990
<b>Totalt</b>	<b>154108</b>	<b>32930</b>	<b>51500</b>	<b>85765</b>		

## 4 Diskusjon

I enkelte fylker gjenstår det fortsatt noe kartleggingsarbeid før fiskestatusen er endelig. Datagrunnlaget i Oslo er for dårlig til at resultatene blir presentert nå. I Hedmark er det fortsatt noen mindre områder med mangelfulle opplysninger om fiskestatus. Det knytter seg også noe usikkerhet til situasjonen i Møre og Romsdal, men foreløpige resultater tyder ikke på forsuringsskader av betydning. På Jarfjordfjellet i Sør-Varanger i Finnmark er det påvist forsuringsskader på fiskebestander (SFT 1993), men arealmessig er skadene små.

Våre beregninger viser at det har vært en økning i landareal med skader på fiskebestander fra ca. 33 000 km<sup>2</sup> på midten av 1970 tallet (cf. Sevaldrud & Muniz 1980) til 51 500 km<sup>2</sup> pr. 1990. Sjøl om undersøkelsen på 1970 tallet omfattet færre fiskebestander enn undersøkelsene seinere, mener vi at alle daværende forsuringsskader ble registrert. Følgelig skulle den beregnede økningen i skadet areal på 18 500 km<sup>2</sup> være reell. Det er også godt samsvar mellom skadet areal på midten av 1970 tallet og våre nye beregninger pr. 1970 (30 730 km<sup>2</sup>) og pr. 1980 (40 670 km<sup>2</sup>). Resultatene er imidlertid vanskelige å sammenlikne fordi dataene ble samlet inn over flere år. Begge undersøkelsene ble foretatt fra midten til slutten av hvert sitt ti-år, og skadene som oppstår i siste del av perioden blir derfor ikke registrert. Dette forsterkes ved at det er en tidsforsinkelse fra skader på fiskebestander oppstår til de blir registrert ved intervjuundersøkelser (Hesthagen et al. 1993). Ved beregningen av skadet areal pr. 1980 har vi brukt data som ble samlet inn på slutten av 1980 tallet, unntatt Agderdataene fra 1983. På det tidspunktet vil alle skader som skjedde på 1970 tallet ha vist seg, og følgelig ble de registrert ved en spørreundersøkelse. Derfor er det naturlig at skadet areal pr. 1980 er en del større enn det som ble beregnet i SNSF-prosjektet på midten av 1970 tallet. Feilkilden som ligger i forsinkelsen i tid ved registrering av skader på fiskebestander, vil også gjøre seg gjeldende for størrelsen på skadet areal beregnet pr. 1990.

En stor andel av økningen i skadet areal fra midten av 1970 tallet og fram til pr. 1990 har skjedd i Hordaland, Sogn og Fjordane og Hedmark. Den kumulerte fordelingen over når fiskebestandene ble redusert og gikk tapt, tyder på at forsuringsskadene vil fortsette i de fleste fylker i åra framover. Det er spesiell grunn til å følge utviklingen ekstra nøye på Vestlandet og i Hedmark.

Endringer i landareal synes forøvrig ikke å være noen god indeks på hvorvidt forsuringsskader på fiskebestander fortsetter fordi antall tapte bestander kan øke uten en tilsvarende økning i skadet

areal. Dette gjelder spesielt for fylker med store forsuringsskader som Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland og Telemark. I disse fylkene har det vært små eller ingen økning i skadet areal i løpet av de siste årene, men tapene av fiskebestander fortsetter (figur 5). I Aust-Agder finner en nå bare sjøreproduserende fiskebestander i innsjøer nær kysten under den marine grense (Hindar & Kleiven 1990) og i noen mindre spredte områder (Fiskeressurskart for Aust-Agder og D. Matzow pers. medd.). Vi ser da bort fra innsjøer som er kalket og bestander som opprettholdes ved utsettinger, samt utsetting av andre arter (bekkerøye).

En skjønnsmessig arealberegning gir et betydelig mindre skadet areal enn det fra *Natures Tålegrenser* med 85 765 km<sup>2</sup> (Henriksen et al. 1993, Henriksen & Hesthagen 1993). Dette skyldes blant annet at skadet areal i dette prosjektet beregnes separat for ruter på 14 x 14 km. Det betyr at sjøl om skadede bestander ligger i ytterkanten av ei rute, regnes likevel hele ruten som skadet. På samme måte kan grenseområder mot forsuringsskadet areal bli klassifisert som skadet. Dette kan omfatte større innsjøer, dalfører og jordbruksarealer hvor det med sikkerhet ikke er skader på fiskebestander.

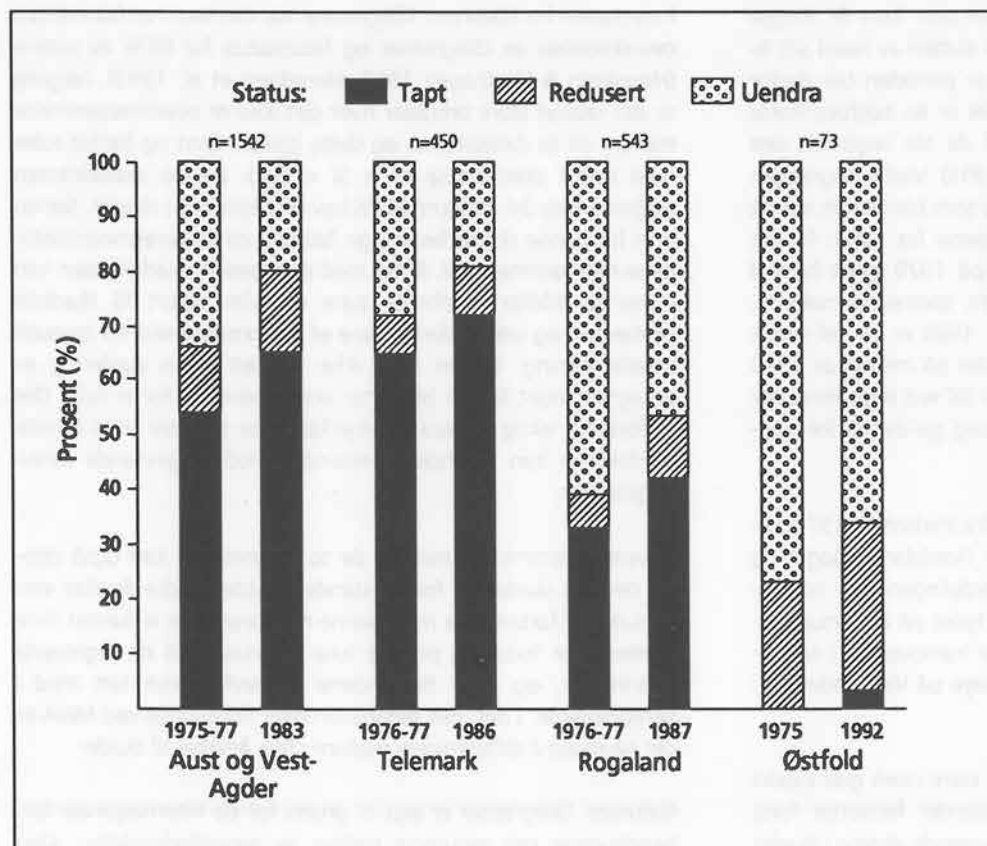
I rapporten fra *Natures Tålegrenser* var det sammenfall mellom overskridelser av tålegrenser og fiskestatus for 68% av rutene (Henriksen & Hesthagen 1993, Henriksen et al. 1993). Følgelig er det relativt store områder hvor det ikke er overensstemmelse mellom de to datasettene, og dette gjelder først og fremst ruter med lavest skadeklasse (0 < SI < 0.2). Denne skadeklassen utgjorde hele 34 356 km<sup>2</sup> (40%) av områder med skader. Ser en bort fra denne skadeklassen, gir følgelig de to beregningsmetodene nær samme areal. Ruter med den laveste skadeklassen kan i mange tilfeller inneholde bare en eller svært få skadede bestander, og utgjør derfor bare et lite område ved en manuell arealberegning. Det er hittil ikke foretatt noen vurdering av datagrunnlaget før en beregner skadeindeksen for ei rute. Det er forøvrig viktig å være oppmerksom på at ruter med laveste skadeklasse kan inneholde bestander med begynnende forsuringsskader.

Uoverensstemmelsen mellom de to datasettene kan også oppstå dersom skader på fiskebestander skyldes andre årsaker enn forsuring. I forbindelse med denne rapporten har vi funnet flere tilfeller hvor forsuring positivt ikke er årsaken til de registrerte endringene, og disse bestandene er derfor ikke tatt med i beregningene. I den nye databasen over fiskestatus ved NINA er det nå mulig å differensiere mellom ulike årsaker til skader.

*Natures Tålegrenser* er lagt til grunn for de internasjonale forhandlingene om reduserte utslipp av svovelforbindelser. Den

rutebaserte metoden vil derfor heretter bli benyttet ved beregning av skadet areal på fiskebestander. Den rutebaserte framstillingen har sine klare fordeler fordi den gir et entydig tall på skadet areal, dvs en standardisert metode. Anvendelsen av skadeindeksen gjør det også mulig å gradere skadene på fiskebestander, og ikke minst kan skadeindeksverdiene relateres til tålegrenser for overflatevann. Det er imidlertid nødvendig med

mere nøyaktige beregninger, og det krever i første rekke et godt datagrunnlag. Det betyr at en må ha opplysninger om fiskestatus for et bestemt antall bestander i hver rute, og en nøye vurdering av mulige årsaker til skader på fiskebestander. Rent metodisk kan en dele nåværende standardruter i mindre enheter, og dette kan trolig gi nøyaktigere data om skader i områder med lav skadeindeks.



**Figur 5**

Status for aure i de samme lokalitetene i fem fylker i Sør-Norge undersøkt på 1970 og 1980 tallet bortsett fra i Østfold (1975 og 1992, kun abbor). Data fra Aust-Agder og Vest-Agder er etter Sevaldrud & Skogheim (1986). n=antall bestander undersøkt i hvert fylke. - Reanalysis of fish status (brown trout) for the same populations in five different counties in Southern Norway during the 1970's and 1980's except for that in Østfold (only perch) which was obtained in 1975 and 1992. Data from Aust-Agder and Vest-Agder were published by Sevaldrud & Skogheim (1986). n=number of fish stocks examined for status.

## 5 Litteratur

- Berger, H.M., Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Kvenild, L. 1992. Forsuring av innsjøer i Sør-Norge-fiskestatus innen geografiske rutenett. NINA-Forskningsrapp. 32. 12 s.
- Dahl, K. 1921. Undersøkelser over ørretens utdøen i det sydvestlige Norges fjeldvand. - Norsk Jæger & Fiskerforenings Tidsskrift 50:249-267.
- Dahl, K. 1922. Supplerende bemerkninger til undersøkelser over ørretens utdøen i det sydvestlige Norges fjeldvand. - Norsk Jæger & Fiskerforenings Tidsskrift 51:64-66.
- Dahl, K. 1926. Vandets surhetsgrad og dens virkninger paa ørretyngel. - Tidsskrift for Norsk Landbruk 33:232-242.
- Dannevig, A. 1959. Nedbørens innflytelse på vassdragenes surhet, og på fiskebestanden. - Jeger og Fisker 3:116-118
- Henriksen, A., Lien, L., Rosseland, B.O., Traaen, T.S. & Sevaldrud, I. H. 1989. Lake acidification in Norway: present and predicted fish status. -Ambio 18:314-321.
- Henriksen, A. & Hesthagen, T. 1993. Critical load exceedance and damage to fish populations. - Naturens Tålegrenser, Miljøverndep. Fagrapp. nr. 43. 12 pp.
- Henriksen, A., Hesthagen, T., Berger, H.M., Kvenild, L. & Taubøll, S. 1993. Tålegrenser for overflatevann. Sammenheng mellom kjemiske kriterier og fiskestatus. - Naturens Tålegrenser, Miljøverndep. Fagrapp. nr. 36. 14 s. (NIVA-Rapport 0-92122).
- Hesthagen, T., Berger, H.M., Larsen, B.M., Hansen, L.P., Blakar, I., Sevaldrud, I.H., Enge, E., Fjeld, E., Hegge, O., Strand, R., & Tysse, O. 1989. The effects of acid precipitation on freshwater fish in Norway.- I Longhurst, J.W.S., red., Acid deposition: Sources, effects and controls. British Library, Science Reference and Information Service and Technical Communication. s. 117-142
- Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991a. Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge. - NINA-Oppdragsmelding nr. 94. 12 s.
- Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991b. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Norway due to acidification. -Aquacult. and Fish. Manage. 22:85-91.
- 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 test fishing. - Nordic J. Freshw. Res. 68:34-41.
- Hindar, A. & Kleiven, E. 1990. Chemistry and fish status of 67 acidified lakes at the coast of Aust-Agder, Southern Norway, in relation to post-glacial marine deposits. - NIVA, Rep. E-88411. 47 pp.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1922. Om aarsaken til massedød av laks og ørret i Frafjordelven, Helleelven og Dirdalselven i Ryfylke høsten 1920. - Norsk Jæger - & Fiskerforenings Tidsskrift 51:37-44.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1923. Atter laksedød i en Ryfylkeelv. - Norsk Jæger & Fiskerforenings Tidsskrift 52:61-64.
- Jensen, K.W. & Snekvik, E. 1972. Low pH levels wipe out salmon and trout in southern Norway. - Ambio 1:223-225
- Muniz, I.P., Sevaldrud, I.H. & Lindheim, A. 1976. Sure vatn og innlandsfisket i Sør Norge. Foreløpige resultater fra en intervjuundersøkelse høsten 1974. - SNSF-prosjektet TN 21/76. 41 s.
- Mylona, S. 1993. Trends of sulphur dioxide emissions, air concentrations and depositions of sulphur in Europe since 1880. - EMEP/MSC-W Rep. 2/93. 35 pp.
- Sevaldrud, I.H. & Muniz, I.P. 1980. Sure vatn og innlandsfisket i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979. - SNSF-prosjektet, Intern Rapp. 77/80. 95 s.
- Sevaldrud, I.H. & Skogheim, O.K. 1986. Changes in fish populations in southernmost Norway during the last decade. - Water, Air and Soil Pollut. 30: 381-386.
- Snekvik, E. 1974. Sure innsjøer og fiskebestand. Rogaland, Vest-Agder, Aust-Agder, Telemark. Sammenstilling av opplysninger innhentet hos innlandsfiskeremndene i de fire fylker. - Direktoratet for vilt og ferskvannfisk, Fiskeforskningen, Ås. Rapp. nr. 2. 50 s.
- Snekvik, E. 1977. Sure innsjøer og fiskebestand i deler av Rogaland, Agder og Telemark. - SNSF-prosjektet, TN 38/77. 20 s.
- Statens forurensningstilsyn (SFT) 1993. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, Årsrapport 1992. - Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 533/93. 296s.
- Sunde, E.S. 1926. Surt vand dræper laks - og ørretyngel. - Norges Jæger & Fiskeforenings Tidsskrift 55:1-4.
- Sømme, I. D. 1941. - Ørretboka. Jacob Dybwads Forlag. 591 s.
- Wright, R. F. & Snekvik, E. 1977. Acid precipitation: chemistry and fish populations in 700 lakes in southernmost Norway. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 20:765-775.



# Vedlegg

**Vedlegg 1.** Arealer i km<sup>2</sup> og prosent av totalareal med skader på fiskebestander i 12 fylker i Sør-Norge pr. ulike 10-år. Area (km<sup>2</sup>) and fraction (%) of total land area with fish population affected by acidification in 12 different counties in Southern Norway per 1960, 1970, 1980 and 1990.

Fylke	Pr. 1960		Pr. 1970		Pr. 1980		Pr. 1990	
	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%	Areal (km <sup>2</sup> )	%
Østfold	170	4,1	900	21,5	1200	28,7	1700	40,6
Akershus	300	6,1	870	17,7	1420	28,9	2200	44,7
Hedmark	1620	5,9	2080	7,6	2510	9,2	7280	26,6
Oppland	20	0,1	240	1,0	670	2,7	750	3,0
Buskerud	1100	7,4	1910	12,8	2450	16,4	3110	20,8
Vestfold	10	0,5	150	6,8	280	12,6	280	12,6
Telemark	1060	6,9	3900	25,5	5580	36,4	5920	38,7
Aust-Agder	2900	31,5	7000	76,0	7800	84,7	7800	84,7
Vest-Agder	1890	26,0	6150	84,5	6600	90,7	6600	90,7
Rogaland	1550	17,0	3200	35,0	4050	44,3	4540	49,7
Hordaland	520	3,3	2580	16,5	4550	29,1	6820	43,6
Sogn og Fjordane	90	0,5	1750	9,4	3560	19,1	4500	24,2
<b>Totalt</b>	<b>10960</b>	<b>7,1</b>	<b>30730</b>	<b>19,9</b>	<b>40670</b>	<b>26,4</b>	<b>51500</b>	<b>33,4</b>

0 50

**nina**  
**forsknings-**  
**rapport**

ISSN 0802-3093  
ISBN 82-426-0439-8

Norsk institutt for  
naturforskning  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim  
Tel. (07) 58 05 00