

Relativ tetthet og rekruttering hos aure i innsjøer med forskjellig vannkvalitet

En analyse basert på prøvafiske med garn og vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC)

Trygve Hesthagen
Torstein Kristensen
Bjørn Olav Rosseland
Randi Saksgård



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

Relativ tetthet og rekruttering hos aure i innsjøer med forskjellig vannkvalitet

En analyse basert på prøvefiske med garn og vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC)

Trygve Hesthagen
Torstein Kristensen
Bjørn Olav Rosseland
Randi Saksgård

NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

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

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA 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, års-rapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttenes 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-avdelinger, turist- og friluftlivskretser 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 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).

Opplag: 1200-1800

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

Hesthagen, T., Kristensen, T., Rosseland, B.O. & Saksgård, R. 2003. Relativ tetthet og rekruttering hos aure i innsjøer med forskjellig vannkvalitet. En analyse basert på prøvefiske med garn og vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC). - NINA Oppdragsmelding 806. 14pp.

Trondheim, april 2004

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-1426-1

Forvaltningsområde:
Forurensning
Pollution

Rettighetshaver ©:
NINA
Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Norunn S. Myklebust

Ansvarlig kvalitetssikrer:
Torbjørn Forseth

Design og layout:
Synnøve Vanvik

Sats:
NINA

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

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

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13428

Ansvarlig signatur:

Norunn S. Myklebust

Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Hesthagen, T., Kristensen, T., Rosseland, B.O. & Saksgård, R. 2003. Relativ tetthet og rekruttering hos aure i innsjøer med forskjellig vannkvalitet. En analyse basert på prøvofiske med garn og vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC). - NINA Oppdragsmelding 806. 14pp.

Tidligere undersøkelser har vist at vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC) er den vannkjemiske parameteren som best beskriver fiskestatus i forsursings-områder. Målsettingen med dette prosjektet var å analysere sammenhengen mellom fangstutbyttet av aure på standard garnserier og ANC i innsjøer. Denne sammenhengen mellom dose/repons inngår i beregningen av naturens tålegrenser, idet $ANC = 20 \mu\text{ekv/L}$ benyttes som kritisk grenseverdi for å unngå skader på fiskebestander (ANC_{limit}). Denne verdien benyttes til å fastsette mål for framtidige depositions-rater for svovel og nitrogen for å unngå skadede fiskebestander. ANC er beregnet både på tradisjonell måte og korrigeret for organiske syrer [ANC_{OAA}]. I innsjøer med mye humus kan nemlig ANC_{OAA} gi betydelig lavere ANC-verdier, men likevel oppnå samme fiskestatus som med tradisjonell ANC-beregning. Undersøkelsen omfatter 42 innsjøer med rene aurebestander, som alle er lokalisert under 1000 m o.h. (24-890 m o.h.). Det ble prøvofisket med standard garnserier, og utbyttet uttrykkes som antall individ fanget pr. 100 m² garnareal pr. natt [Cpue]. Både det totale fangstutbyttet [Cpue-T] og antall toåringer i fangstene [Cpue-2] inngikk som avhengige variabler. Toåringer reflekterer rekrutteringen til de ulike bestandene fordi det er yngste årsklassen som er fullt fangbar på våre garnserier. Størrelsen på individ i ulike årsklasser i fiskebestander varierer som funksjon av blant annet tetthet og temperaturforholdene (høyde). Disse størrelsesforskjellene gjør at fangbarheter på garn varierer, noe som ble korrigeret vha en modell for garnseleksjon. Vannprøver fra utløpsosen ble tatt etter høstsirkulasjonen, eller noe tidligere på høsten. Det totale fangstutbyttet [Cpue-T] ble korrelert til (i) vannkvaliteten i prøvofiskeåret (én prøve) og (ii) til en gjennomsnitt verdi for de foregående 3-5 årene (snitt på 4,84 år ± 0,44 sd.). Fangstene av toåringer [Cpue-2] ble relatert til vannkvaliteten det året vedkommende årsklasse ble klekt, dvs to år før prøvofisket.

Det totale fangstutbyttet [Cpue-T] og ANC varierte mellom henholdsvis 0-53,3 individ og - 53,70 og + 51,00 $\mu\text{ekv/L}$. Innsjøene hadde et lavt innhold av humus, med en gjennomsnittlig TOC-verdi på 2,21 mg/L ± 1,68 Sd (Min-max: 0,20-8,80 mg/L). En eksponentiell modell ga den beste tilpasningen mellom Cpue-T og ANC. Basert på vannkjemiske målinger fra høsten for prøvofisket, fant vi en signifikant korrelasjon mellom Cpue-T og ANC ($R^2=0,51$, $p<0,0001$) og mellom Cpue-T og ANC_{OAA} ($R^2=0,50$, $p<0,0001$). Forklarings-graden økte ved å benytte gjennomsnittlig ANC-verdi for ei periode på 4,84 år forut for prøvofisket, både mht ANC ($R^2=0,59$) og ANC_{OAA} ($R^2=0,62$). Det var ingen statistisk forskjell mellom ANC og ANC_{OAA} mht forklaringsgraden for Cpue-T. At korrigeringen for organiske syrer ikke forbedret modellen med hensyn til å forklare variasjoner i fangstutbyttet skyldes trolig at innsjøene i

vårt datasett hadde lavt humusinnhold. Vi fant også en signifikant korrelasjon mellom årsklassestyrken til toåringene [Cpue-2] og ANC to år tidligere, både for ANC ($R^2=0,40$) og ANC_{OAA} ($R^2=0,29$). Forklarings-graden var altså betydelig lavere enn om alle årsklassene ble inkludert i fangstutbyttet.

At dataene var best tilpasset en eksponentiell modell innebærer liten effekt av økt ANC ved lave ANC-verdier. Derimot øker betydningen av en bedret vannkvalitet med økende ANC-verdier helt opp til ca. 30 $\mu\text{ekv/L}$. En må også ta hensyn til usikkerheten med effekten av sure episoder, og at tradisjonelt beregnet ANC kan gi et noe konservativt estimat for denne parameteren pga manglende korreksjon for organiske syrer [ANC_{OAA}]. Ved beregning av naturens tålegrenser for å unngå skader på fiskebestander anbefaler vi derfor at den kritisk-kjemiske ANC-verdien [ANC_{limit}] settes til 30 $\mu\text{ekv/L}$.

Emneord: Forsuring, ANC, innsjøer, aure.

Trygve Hesthagen og Randi Saksgård, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Email-adresser: trygve.hesthagen@nina.no,

randi.saksgard@nina.no

Torstein Kristensen, Norsk institutt for vannforskning, Pb 173 Kjelsås, 0411 Oslo.

Email-adresse: torstein.kristensen@niva.no.

Bjørn Olav Rosseland, Nåværende adresse: Norges landbrukshøgskole, Institutt for naturforvaltning, 1432 Ås.

Email-adresse: bjorn.rosseland@ina.nlh.no

Abstract

Hesthagen, T., Kristensen, T., Rosseland, B.O. & Saksgård, R. 2003. Relative density and recruitment of brown trout (*Salmo trutta*) in lakes with different water qualities. An analysis based on test-fishing with gill-nets and the acid neutralising capacity (ANC) of the water. - NINA Oppdragsmelding 806. 14pp.

Previous studies have shown that the acid-neutralising capacity (ANC) of water is the water chemistry parameter which best describes the status of fish in acidified areas. The aim of this project was to analyse the relationship between catches of brown trout on standard gill-net series and ANC in lakes. This dose-response relationship is included in estimates of the tolerance limits of nature, in that an ANC of $20 \mu\text{eq L}^{-1}$ is taken as the critical threshold for avoiding damage to fish stocks ($\text{ANC}_{\text{limit}}$). This value is used to set goals for future maximum deposition rates of sulphur and nitrogen in order to avoid damage to fish stocks. ANC is both calculated in the traditional way and corrected for strong acid organic anions (ANC_{OAA}). This is because in lakes with high levels of humic content, ANC_{OAA} can produce much lower ANC values while having the same fish status as produced by a traditional ANC estimate. Our study was based on 42 lakes that contained populations of brown trout only, all of them located below altitudes of 1000 metres (range 24-890 m). Test-fishing was carried out using standard gill-net series and catches were expressed as total number of individuals caught 100 m^{-2} area of net (Cpue). Both the total catch (Cpue-T) and the number of two-year-old fish in the catches (Cpue-2) were treated as independent variables. The number of two-year-olds reflects recruitment to the population because it is the youngest year-class that can be reliably taken by our gill-net series. The size of individual fish in different year-classes in fish populations varies, among other things, as a function of fish density and temperature conditions (i.e. altitude). These size differences mean that catchability in gill-nets varies to a certain extent, a factor which was corrected for by means of a model for gill net selection. Water samples from the lake outlets were gathered after the autumn circulation, or somewhat earlier in the autumn. The total catch (Cpue-T) correlated both with (i) water quality in the test-fishing year (one sample) and with (ii) a mean value for the previous 3-5 years (mean of 4.84 ± 0.44 (sd) years). Catches of two-year-old fish (Cpue-2) were related to water quality in their year of hatching, i.e. two years before test-fishing. Total catches and ANC ranged from 0-53.3 individuals and $53.70\text{-}51.00 \mu\text{eq L}^{-1}$ respectively. The lakes had a low humic content, with a mean total organic carbon (TOC) value of $2.21 \pm 1.68 \text{ mg L}^{-1}$ (range $0.20\text{-}8.80 \text{ mg L}^{-1}$). An exponential model provided the best fit between Cpue-T and ANC. On the basis of water chemistry measurements made in the autumn before the test-fishing, we found a significant correlation between Cpue-T and ANC ($R^2 = 0.51$, $p < 0.0001$) and between Cpue-T and ANC_{OAA} ($R^2 = 0.50$, $p < 0.0001$). The explanatory value was improved by using the mean ANC value for a period of 4.84 years before the test-fishing, using both traditionally estimated ANC ($R^2 = 0.59$) and ANC_{OAA} ($R^2 =$

0.62). There was no statistical difference in the explanatory value of Cpue-T between the two methods of estimating ANC. The fact that the adjustment for strong acid organic anions did not improve the model as far as explaining variations in brown trout catches was concerned was probably due to the low TOC-values of the lakes. We also found a significant correlation between the year-class strength of two-year-old fish (Cpue-2) and ANC two years previously, using both traditionally estimated ANC ($R^2 = 0.40$) and ANC_{OAA} ($R^2 = 0.29$). The explanatory value was thus much lower than when all year-classes were included in the catches.

The fact that the best data fit was to an exponential model suggests that there was little effect of increasing ANC when ANC values were low. On the other hand, the significance of improved water quality increased with rising ANC values. This effect seems to be positive with ANC values as high as $30 \mu\text{eq L}^{-1}$. We also need to take the effects of acid episodes into account, as well as the danger that traditionally measured ANC will produce a somewhat conservative estimate of this parameter because of its lack of correction for strong acid organic anions (ANC_{OAA}). When the critical limits are being measured in nature in order to avoid damage to fish populations, therefore, we recommend that the critical chemistry value of ANC ($\text{ANC}_{\text{limit}}$) should be increased from 20 to $30 \mu\text{eq L}^{-1}$.

Keywords: Acidification; ANC, Brown trout; Critical limit; Organic acids.

Trygve Hesthagen and Randi Saksgård, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim, Norway. Email-adresser: trygve.hesthagen@nina.no, randi.saksgard@nina.no

Torstein Kristensen, Norwegian Institute for Water Research, P.O. Box 173, Kjelsås, NO-0411 Oslo, Norway.

Email-adresse: torstein.kristensen@niva.no.

Bjørn Olav Rosseland, Agricultural University of Norway, Dept of Nature Management, NO-1432 Ås, Norway.

Email-adresse: bjorn.rosseland@ina.nlh.no

Forord

Siden tidlig på 1980-tallet har det vært samlet inn et betydelig materiale både på vannkjemi og fisk i "Statlig program for forurensningsovervåking", under programmet. "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør". I denne undersøkelsen benytter vi data fra disse undersøkelsene til å studere sammenhengen mellom fangstutbyttet av aure fra prøvafiske med garn og vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC).

Denne undersøkelsen er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning (DN), under programmet Naturens tålegrenser. Dette programmet skal blant annet gi innspill i aktiviteter under Konvensjonen for Luftforurensninger (Genevekonvensjonen). Sammenhengen mellom ANC og respons hos fisk er relevant i forbindelse med beregninger av tålegrenseoverskridelser, basert på å etablere ANC_{limit} . Dette er grenseverdien som innebærer at dersom den overskrides vil det kunne oppstå i skader på fiskebestander. Torbjørn Forseth (NINA) og Richard Wright (NIVA) takkes for kommentarer til rapporten.

Trondheim, desember 2003

Trygve Hesthagen
prosjektleder

Innhold

Referat.....	3
Abstract	4
Forord.....	5
1 Innledning	6
2 Metoder.....	7
2.1 Utvalg av innsjøer	7
2.2 Vannkemiske analyser og beregninger	7
2.3 Prøvefiske	7
2.4 Valg av parametre for fiskemengde og korreksjon for garnseleksjon.....	7
3 Resultater	8
4 Diskusjon	11
5 Litteratur.....	12

1 Innledning

Forsuring av overflatevann er definert som tap av alkalitet eller syrenøytraliserende kapasitet [ANC]. Redusert svovelledfall, særlig i de siste ti-årene, har gradvis ført til bedre vannkvalitet i norske vassdrag (Skjelkvåle et al. 1998, 2001, 2003). Det er vanlig å inkludere ANC som en variabel i modeller for å vurdere biologiske effekter av forsuringen (Baker et al. 1990, Baker & Christensen 1991, Driscoll et al. 1991). Forholdet mellom ANC og biologisk repons er imidlertid indirekte, fordi endringer i ANC også innebærer endringer i pH, aluminium og andre vannkjemiske parametre som påvirker overlevelsen til ulike akvatiske organismer (Kaufmann et al. 1988). ANC har også vært brukt til å analysere reversibilitetsprosesser av forsuringen, og effekter av reintroduksjon og gjenhenting av fiske-samfunn i ferskvann (Christophersen et al. 1990, Wright & Hauhs 1991, Turner et al. 1992).

ANC blir også brukt som parameter i beregninger av naturens tålegrenser, og til å fastsette mål for framtidig deposisjonsrater for å unngå skader på akvatiske samfunn, som f. eks. fisk (Henriksen et al. 1995, 1999). For norske innsjøer blir nedre grense for å unngå skader på fiskebestander satt til $20 \mu\text{ekv/L}$ [ANC_{limit}]. Denne verdien er i hovedsak bestemt ut fra data fra tiden da en pågående forsuring dominerte, og vannkjemien ble i mange tilfeller tatt mange år etter at rekrutteringen sviktet. Vi er altså nå inne i fasen med forbedringer i vannkjemien, og må derfor bygge opp et nytt datasett basert på eventuelle korreksjoner av de eldre dataene pga denne utviklingen. Det nylig avsluttede NFR prosjektet: *ANC-RECOVERY. Hva er den kjemiske grenseverdien for naturlig reproduksjon hos ørret under redusert forsuring* søkte å finne slike sammenhenger (Kristensen et al. 2002, Rosseland et al. 2002). Dette gjelder blant annet fordi det som vurderes som kritisk ANC-verdi vil være avgjørende for modellering av ulike fremtidige scenarier for gjenhenting av fiskebestander ved redusert forsuring. Dette kan derfor få betydning for det norske standpunktet i de internasjonale forhandlingene om utslipps-reduksjoner (jf. Gøteborg-protokollen).

Det er foretatt flere analyser av sammenhengen mellom ANC og ulike vannkjemiske variabler og responsen hos fisk i norske innsjøer (Lien et al. 1992, 1996, Bulger et al. 1993, Lydersen et al. 1994, Hesthagen & Sandlund 1995, Hesthagen & Jonsson 1998, Hesthagen et al. 2000a,b). Det er også dokumentert en positiv sammenheng mellom tettheten av aureunger i bekker på Vestlandet og sørvestlandet og ANC (Hesthagen 1997). Det er nå foreslått en modifisert ANC beregning [ANC_{OAA}] hvor organiske syrer som permanent opptre som anioner i pH-området for naturlig vann (pH >4,5), inngår sammen med de uorganiske sterkesyreanionene (Lydersen et al. 2001, 2004a,b). De fant at ANC_{OAA} ga en betydelig lavere ANC-verdi for å oppnå samme fiskestatus sammenlignet med tradisjonelt beregnet ANC.

Responsen hos innsjølevende fiskearter mht forsuring har tidligere vært basert på intervjuundersøkelser. Status er angitt som en diskontinuerlig variabel; ikke-skadet, skadet og tapt.

En slik subjektiv vurdering av bestandsforholdene gir trolig et noe usikkert grunnlag for å etablere gode statistiske sammenhenger mellom dose/repons. Det har heller ikke vært sammenfall i tidspunktet for vannprøvetaking og bestands-endring. I enkelte tilfeller kan en fiskebestand ha vært skadet eller tapt i flere tiår før de vannkjemiske data ble innhentet.

I denne undersøkelsen relaterer vi fangstutbyttet av aure på standard garnserier til ANC. Både sure og ikke-sure lokaliteter er inkludert, slik datasettet omfatter forekomsten av fisk i en vannkjemisk gradient. Vi benyttet både det totale fangstutbyttet og årsklassestyrken til toåringene som avhengige variabler.

2 Metoder

2.1 Utvalg av innsjøer

Analysen baserer seg på data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet for forurenset luft og nedbør (jf. SFT 2003). I dette programmet har det vært samlet inn vannprøver fra "100-sjøene" siden 1986, mens det har vært vannkjemisk overvåking av "200-sjøene" siden 1995. Det biologiske overvåkingsprogrammet omfattes av fiskeundersøkelser i de samme innsjøene. Totalt inngår 42 innsjøer, hvorav hovedtyngden ligger på Sørlandet (n=10), Rogland (n=8) og Vestlandet (n=12). Fire innsjøer tilhører Oppland og Telemark, mens de resterende lokalitetene ligger i Trøndelag, Nordland og Troms (n=8). Undersøkelsen omhandler bare: (i) innsjøer uten større inngrep som vassdragsreguleringer, (ii) ikke-kalkede innsjøer, (iii) innsjøer med aure som eneste fiskeart og (iv) innsjøer som er lokalisert under 1000 m o.h. Høyfjellsjøer ble ekskludert fordi rekrutterings- og vekst-forholdene hos aure i slike lokaliteter kan avvike fra de i lavereliggende strøk. Gjennomsnittlig lokaliseringshøyde og areal er på henholdsvis 405 m o.h og 58 hektar (tabell 1). Noen innsjøer har vært prøvofisket flere ganger, men bare data fra siste innsamling er inkludert.

2.2 Vannkjemiske analyser og beregninger

Vannprøvene ble tatt i utløpet av hver innsjø, og i hovedsak etter høstsirkulasjonen eller noe tidligere på høsten. Disse parametrene ble målt: pH, alkalitet, ledningsevne, farge, turbiditet, TOC, silisium, hovedanioner, hovedkationer og ulike aluminiumsfraksjoner. Vannets syrenøytraliserende kapasitet [ANC] ble beregnet som summen av alle basekationer [BC] = $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^{+}] + [K^{+}]$ minus summen av alle sterke syrers anioner [SAA] = $[SO_4^{2-}] + [NO_3^{-}] + [Cl^{-}]$ (Reuss & Johnson 1986). Den modifiserte ANC-beregningen [ANC_{OAA}], der organiske syrer som permanent opptre som anioner i pH-området for naturlig vann inngår, baseres på følgende formel (Lydersen et al. 2001, 2004a,b):

$$ANC_{OAA} = [BC] - ([SAA] + [\frac{1}{3} * 10,2 * TOC])$$

For en del innsjøer finnes det også vannkjemiske målinger for flere år (n=29). For disse lokalitetene har vi benyttet en gjennomsnittlig ANC-verdi for denne perioden som uavhengig variabel. Disse beregningene baserer seg på data fra en periode på 4,84 år ± 0,44 sd., med en variasjon på 3-5 år.

2.3 Prøvefiske

Innsjøene ble prøvofisket med bunngarn, enten med SNSF-serier eller såkalte Nordiske oversiktsgarn. De fleste innsjøene ble prøvofisket med oversiktsgarn (n=28, 67 %). SNSF-seriene består av 8 enkeltgarn med disse maskeviddene:

10,0; 12,5; 16,6; 21,7; 25,2; 30,0; 37,0 og 45,0 mm (Rosse-land et al. 1979). Disse garna er 27 m lange og 1,5 m dype, og ble satt enkeltvis fra land. På de Nordiske oversiktsgarna er 12 ulike maskevidder representert på samme garnet: 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 15,5; 19,5; 24,0; 29,0; 35,0; 43,0 og 55,0 mm (Appelberg et al. 1995, Kurkilahti et al. 1999, Appelberg 2000). Disse oversiktsgarna er 30 m lange og 1,5 m dype, dvs at hver maskevidde er representert med ei lengde på 2,5 m (3,75 m²). Oversiktsgarna blir satt langs bunnen i standard dybdeintervaller: 0-3 m, 3-6 m, 6-12 m, 12-20 m, 20-35 m, 35-50 m, 50-75 m og > 75 m, avhengig av dypet i den enkelte innsjø. Fangsttynnsatsen følger en svensk standard, avhengig av innsjøens størrelse og maksimum dyp (Appelberg 2000). Ifølge denne standarden varierer innsatsen mellom 8-64 garn pr. innsjø. Rundt 50 % av innsjøene i vår undersøkelse hadde et areal på under 30 hektar. Innsjøer mellom 21-50 hektar, og med et maksimumdyp på 6-12 m, har en samlet anbefalt innsats på 11 garn på 0-3 og 3-6 m dyp (Appelberg 2000). I våre forsøksvann ble det i gjennomsnitt satt 7,5±2,5 garn i de to dybdeintervallene. For å sikre at oversiktsgarna ble satt i sine respektive dybdeintervall ble det benyttet ekkolodd.

SNSF garn skilte seg altså fra oversiktsgarna både i sette-måte og maskevidder. De to garnstypene fisker imidlertid med omtrent samme effektivitet på individ større enn ca 12 cm (Appelberg et al. 1995). Det er derfor mulig å sammenligne deres fangstutbytte. Vi må først anta at SNSF-garna blir satt i de to øverste dybdeintervallene som ble benyttet for oversiktsgarna, dvs fra 0-6 m dyp. Vi inkluderte derfor bare fangstene på de oversiktsgarna som sto på 0-3 og 3-6 m dyp. Omregningen er basert på et empirisk datasett der de samme lokalitetene er prøvofisket med begge garnseriene (SFT 1994).

På SNSF garn er altså minste maskevidde 10 mm. Vi inkluderte derfor bare arealet på maskeviddene ≥ 10 mm på oversiktsgarna, dvs 9 segmenter med et areal på 2,5 m x 1,5 m x 9 = 33,8 m². Garnsettingen foregikk på ettermiddagen og de sto til neste morgen etter ei periode på ca. 12 timer. Fangstutbyttet i løpet av denne perioden blir presentert som antall individ pr. 100 m² garnareal [Cpue].

2.4 Valg av parametre for fiske-mengde og korreksjon for garnseleksjon

Vi benyttet altså to variabler for å uttrykke den relative mengden aure i innsjøene: (i) det totale fangstutbyttet [Cpue-T] og (ii) antall toåringer [Cpue-2]. Antall toåringer ble valgt som mål på rekrutteringsstyrken fordi de i de fleste aurebestander representerer den yngste årsklassen som er tilnærmet fullt fangbar på våre garnserier. Vanligvis er de yngste stadiene hos aure mest følsomme for forsurening. Det er imidlertid sjelden at de yngste individene (0+) i en bestand blir fanget på garn. Ettåringer har som regel også lav fangbarhet på garn, samtidig som at en del av disse individene fortsatt kan oppholde seg på oppvekstområder i elver eller bekker.

En garnserie er sammensatt for at den skal fange minst mulig selektivt, dvs vise den rette størrelse - og aldersfordelingen i en fiskebestand. Likevel blir antall yngre og mindre fisk i garnfangstene sterkt underestimert sammenlignet med større og eldre individ. Dette skyldes at store maskevidder fisker mer effektivt enn små maskevidder (Hamley & Regier 1973). For at aldersfordelingen til en bestand skal bli mest mulig korrekt, må derfor den observerte lengdefordelingen først korrigeres for garnseleksjon. I vår undersøkelse valgte vi altså å bruke forekomsten av toåringer som mål på rekrutteringsstyrke. Størrelsen på fisken i ulike aldersgrupper i en bestand varierer imidlertid som funksjon av blant annet fisketetthet og temperaturforholdene (høyde) i den enkelte innsjø. Variasjonen i størrelsen gjør at de har forskjellig fangbarhet på garn, men dette kan korrigeres ved hjelp av en modell for garnseleksjon (Jensen 1995). Når det gjaldt det totale fangstutbyttet benyttet vi de aktuelle fangstene i hver innsjø, uten å justere for garnseleksjon.

3 Resultater

Det var ingen signifikant korrelasjon mellom fangstutbyttet og innsjøenes høyde over havet eller størrelse ($p > 0,05$). Gjennomsnittlige verdier for Ca og pH for de undersøkte innsjøene var på henholdsvis 0,53 mg/L og 5,55 (tabell 1). Gjennomsnittlig tradisjonelt beregnet ANC og organisk syrekorrigert ANC [ANC_{OAA}] var på henholdsvis +6,94 og -1,71 $\mu\text{ekv/L}$. Innsjøene hadde et lavt innhold av humus, med en gjennomsnittlig TOC-verdi på 2,21 mg/L $\pm 1,68$ sd (min-max: 0,20-8,80 mg/L).

Tabell 1. Gjennomsnittlige verdier \pm standard avvik ($x \pm \text{sd}$) og variasjonsbredden for areal, høyde og noen vannkjemiske parametre for våre forsøkslokaliteter. n =antall målinger.

Parameter	$x \pm \text{sd}$	Variasjon	N
Areal (hektar)	58,22 \pm 61,87	3,8-260	42
Høyde (m o.h.)	405 \pm 230	24-890	42
Ca (mg/L)	0,53 \pm 0,32	0,17-1,72	42
TOC (mg/L)	2,21 \pm 1,68	0,20-8,80	42
pH	5,55 \pm 0,62	4,53-6,69	42
ANC ($\mu\text{ekv/L}$)	6,94 \pm 26,41	-53,70-51,00	42
ANC _{OAA} ($\mu\text{ekv/L}$)	-1,71 \pm 26,78	-58,53-47,72	42

The totale fangstutbyttet [Cpue-T] varierte mellom 0-53,3 individ. En eksponentiell modell ga best statistisk sammenheng mellom ANC og Cpue-T. Basert på vannkjemiske data fra samme høst som prøvefiske ($n=42$), fant vi en statistisk signifikant korrelasjon mellom både Cpue-T og ANC og mellom Cpue-T og ANC_{OAA} (figur 1A & B):

$$\text{ANC: } R^2 = 0,508, F_{1,40} = 41,38, p < 0,0001$$

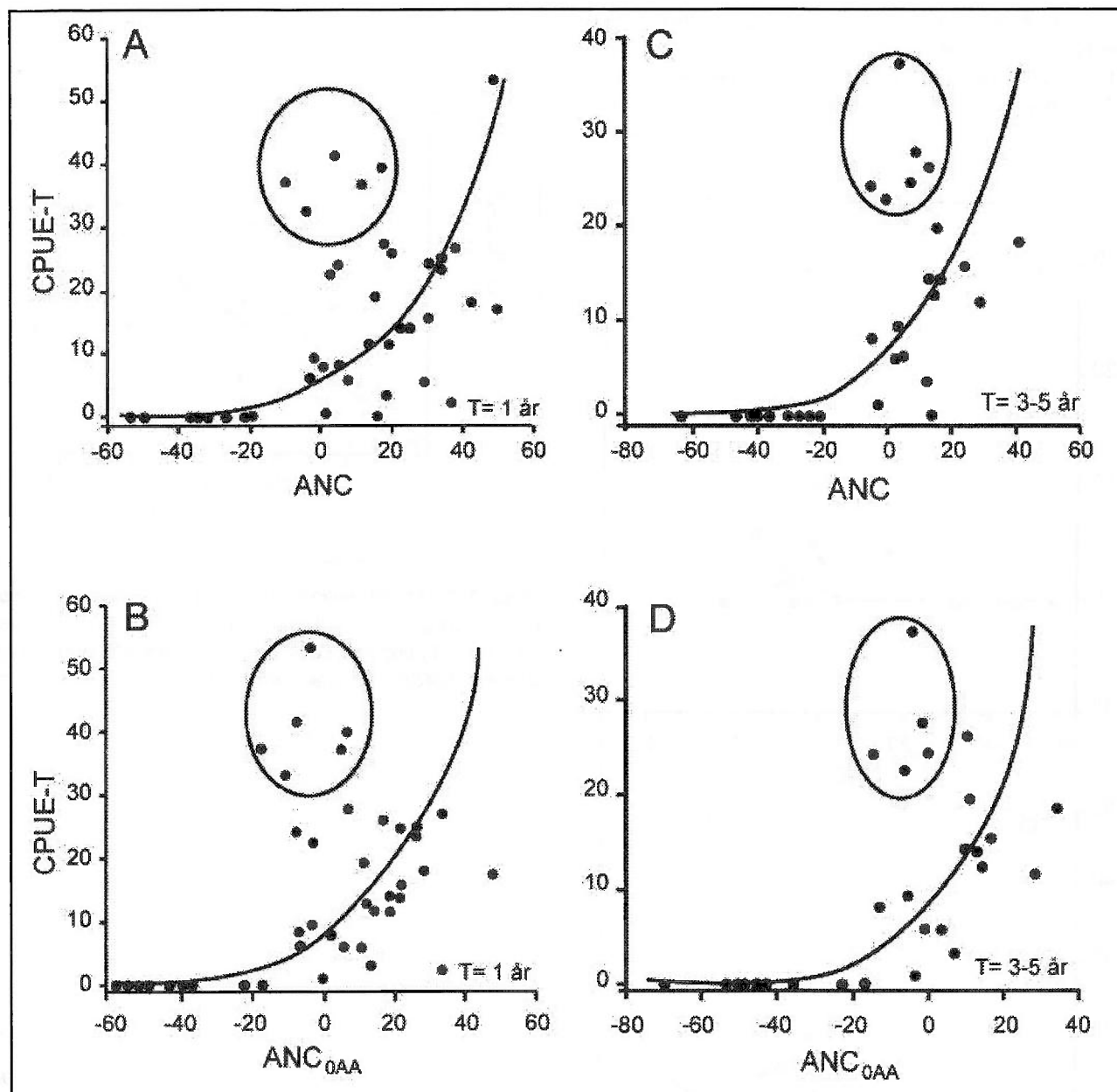
$$\text{ANC}_{\text{OAA}}: R^2 = 0,499, F_{1,40} = 39,80, p < 0,0001$$

For et utvalg innsjøer foreligger det vannkjemiske data fra ei periode før prøvefiske ($n=29$). I gjennomsnitt dreide dette seg om 4,84 år $\pm 0,44$ sd., med en variasjon på 3-5 år. Gjennomsnittlig ANC-verdier for denne tidsperioden hadde en større forklaringsgrad med hensyn til Cpue-T enn ei enkelt vannprøve fra prøvefiskeåret. Dette gjaldt både for tradisjonelt beregnet ANC og organisk syrekorrigert ANC, og de to variablene forklarte henholdsvis 59 og 62 % av variasjonen i fangstutbyttet (figur 1 C & D):

$$\text{ANC: } F_{1,27} = 41,38, p < 0,0001, R^2 = 0,593$$

$$\text{ANC}_{\text{OAA}}: F_{1,27} = 41,66, p < 0,0001, R^2 = 0,616$$

Forskjellen i gjennomsnittlig verdi for ANC og ANC_{OAA} var 7,5 \pm 6,4 $\mu\text{ekv/L}$. Det var ingen signifikant forskjell i stigningskoeffisientene til funksjonene som bekrev forholdet mellom Cpue-T og ANC/ANC_{OAA}. Følgelig er funksjonene ikke statistisk forskjellige (jf. ligningene gitt i tekst til figur 1). Dette resultatet var uavhengig av om de vannkjemiske dataene bygger på ett eller flere år. Basert på vannkjemiske data for flere år, krever eksempelvis et fangstutbytte på 20 individ [Cpue-T] ANC og ANC_{OAA}-verdier på henholdsvis 23 og 20 $\mu\text{ekv/L}$.



Figur 1. Forholdet mellom det totale fangstutbyttet [Cpue-T] hos aure og ANC i et utvalg innsjøer. **A:** innsjøer med ikke-humuskorrigert ANC ($\mu\text{ekv/L}$) målt samme år som prøvafiske ($T=1$ år), **B:** innsjøer med humuskorrigert ANC [ANC_{OAA}] målt samme år som prøvafiske ble foretatt ($T=1$ år), **C:** innsjøer med ikke-humuskorrigert ANC basert på gjennomsnittlige verdier for de siste 3-5 årene ($T=3-5$ år) og **D:** innsjøer med humuskorrigert ANC basert på gjennomsnittlige verdier for de siste 3-5 siste årene ($T=3-5$ år). De angitte kurvene viser sammenhengen mellom x- og y-verdiene. Ligningene for de forskjellige regresjonsanalyser er; **A:** $\text{Cpue-T} = 6,4091 \pm 1,0048 \text{SE} * e^{0,03734 \pm 0,0058 \text{SE} * \text{ANC}}$, **B:** $\text{Cpue-T} = 8,8404 \pm 1,3553 \text{SE} * e^{0,03647 \pm 0,0058 \text{SE} * \text{ANC}}$, **C:** $\text{Cpue-T} = 6,5051 \pm 1,1120 \text{SE} * e^{0,04276 \pm 0,0068 \text{SE} * \text{ANC}}$ og **D:** $\text{Cpue-T} = 8,8610 \pm 1,5697 \text{SE} * e^{0,0408 \pm 0,0063 \text{SE} * \text{ANC}}$. SE=standard error. Innsjøer med gode aurebestander, men med relativt dårlig vannkvalitet, er innsirklet.

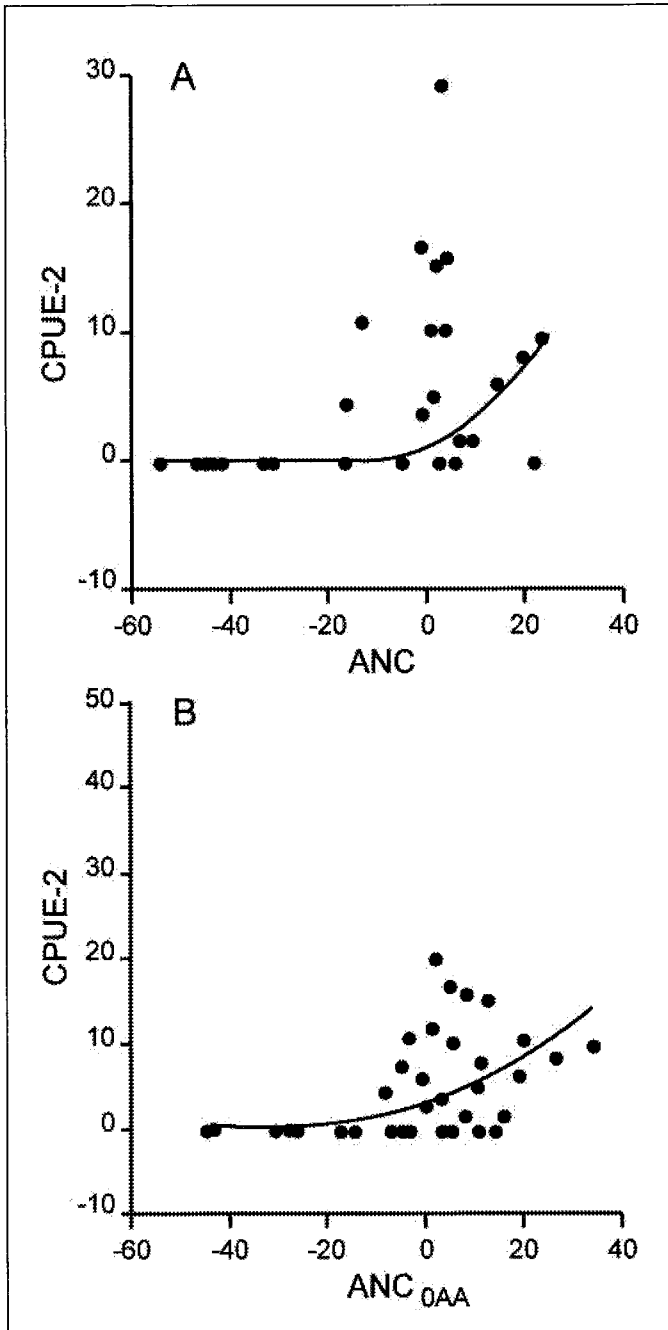
Det var også en signifikant korrelasjon mellom årsklassestyrken til toåringene og ANC-målinger to år tidligere. Dette gjaldt både for tradisjonelt beregnet ANC og organisk syrekorrigert ANC [ANC_{OAA}] (figur 2 A & B). Disse to korrelasjonene hadde en lavere forklaringsgrad (40 og 29 %) sammenlignet med om alle årsklassene ble inkludert i fangst-utbyttet. Det var ingen signifikant forskjell i stignings-koeffisientene til funksjonene som bekrev forholdet mellom Cpue-2 og ANC/ ANC_{OAA} .

Følgelig er de to funksjonene ikke statistisk forskjellige (jf. ligningene gitt i tekst til figur 2).

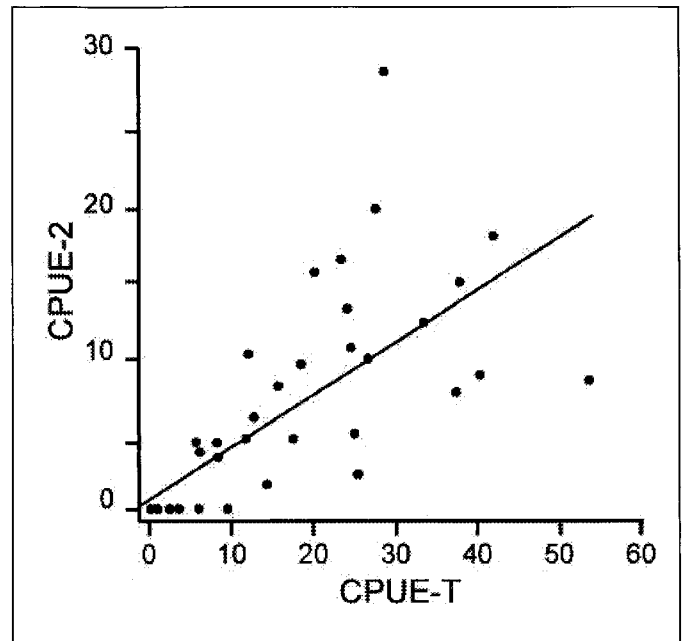
$$\text{ANC: } F_{1,26} = 17,26, p < 0,0001, R^2 = 0,404$$

$$\text{ANC}_{\text{OAA}: } F_{1,26} = 10,61, p < 0,005, R^2 = 0,290$$

Det var en signifikant sammenheng mellom fangstutbyttet for toåringer [Cpue-2] og det totale fangstutbyttet ($F_{1,40} = 41,51$, $p < 0,001$, $R^2 = 0,51$) (figur 3). Noen bestander hadde lav rekrutteringsstyrke til tross for at det totalt fangstutbytte var relativt høyt.



Figur 2. **A:** Forholdet mellom årsklassestyrken hos toårig aure [Cpue-2] og ikke-humuskorrigert ANC ($\mu\text{ekv/L}$) (A) og humus-korrigert ANC [ANC_{OAA}], **B:** basert på prøver fra året vedkommende årsklasse ble klekt, dvs to år før prøvofiske. De angitte kurvene viser sammenhengen mellom x- og y-verdier. Ligningene for de to regresjonsanalysene er; **A:** $Cpue-2 = 3,4459 \pm 0,6263SE * e^{0,03764 \pm 0,0090 SE * ANC}$, **B:** $Cpue-2 = 4,1611 \pm 0,8831SE * e^{0,02940 \pm 0,0090 SE * ANC}$. (SE=standard error).



Figur 3. Forholdet mellom fangstutbyttet til toåringer [Cpue-2] og totalt fangstutbytte [Cpue-T] for aure i 42 innsjøer, beskrevet ved ligningen: $Cpue-2 = 0,354 \pm 0,055SE * Cpue-T + 0,904 \pm 1,124SE$. (SE=standard error).

4 Diskusjon

Når en skal sammenholde fiskemengden i et utvalg innsjøer med én eller flere vannkjemiske variabler forutsetter det at lokalitetene har tilnærmet samme bæreevne. Det innebærer blant annet at innsjøene kan sammenlignes mht gytebekker, oppvekstområder, produksjonsgrunnlag (næringsforhold) og fiskesamfunn. Våre innsjøer er lokalisert over store deler av landet og de dekket en betydelig høyde- (24-890 m o.h.) og størrelsesgradient (3,8-260,0 hektar). Følgelig må en forvente visse forskjeller i bæreevne mellom lokalitetene, avhengig av faktorer som blant annet meteorologi (nedbørmengde og intensitet) og hydrologi (flombilde). Våre innsjøer hadde imidlertid bare aure slik at produksjonen ikke påvirkes av konkurranse fra andre fiskearter. Eventuelle forskjeller i fiskemengde mellom lokaliteter skulle derfor i hovedsak skyldes effekten av forskjellig vannkvalitet.

Vi benyttet fangstene på standard garnserier til å etablere en empirisk relasjon mellom ANC og (i) det totale fangstutbyttet [Cpue-T] og (ii) rekrutteringsstyrken i form av antall toåringer [Cpue-2] i bestanden. Det var høyere forklaringsgrad mellom ANC og Cpue-T enn mellom ANC og Cpue-2. At det totale fangstutbyttet er en mer robust parameter skyldes trolig at den integrerer overlevelsen til flere årklasser. En analyse av sammenhengen mellom Cpue-T og Cpue-2 viser at noen bestander har lavere rekrutteringsstyrke enn forventet ut fra det totale fangstutbyttet (**figur 3**). Ett år med sviktende yngelproduksjon i bestander som ellers er relativt tallrike kan skyldes andre faktorer enn forsurening. Det er blant annet vist at temporære variasjoner i rekrutteringen hos aure har sammenheng med klimatiske forhold (Borgstrøm & Museth 2002). Ugunstige temperaturforhold og varierende mengde snø og regn kan påvirke vannføringen slik at egg og yngel tørrelgges eller fryser inne.

Vi relaterte både tradisjonelt beregnet ANC og organisk syrekorrigert ANC [ANC_{OAA}] til fangstutbyttet. Det tidligere funnet at ANC_{OAA} ga en betydelig lavere ANC-verdi for å oppnå samme status for aure og røye sammenliknet med tradisjonelt beregnet ANC (Lydersen et al. 2001, 2004a,b). I vår undersøkelse var imidlertid fangstutbyttet ved et bestemt ANC omtrent den samme ved de to beregningsmåtene. Dette har trolig sammenheng med at våre forsøkslokaliteter hadde lite humus, med et gjennomsnittlig TOC innhold på 2,21 mg/L ± 1,68 (min-max: 0,20-8,80). Slike vann typer har derfor et lavt innhold av organiske syrer og bidraget til ANC_{OAA} blir tilsvarende lite. Forskjellen i gjennomsnittlig verdi for ANC og ANC_{OAA} var på 7,5 ± 6,4 µekv/L.

Den eksponentielle funksjonen som beskrev forholdet mellom det totale fangstutbytte og vannkvalitet må vurderes som god, idet ANC og ANC_{OAA} forklarte henholdsvis 59 og 62 % av variasjonen i fangstene. Det var likevel betydelige variasjoner i mengden aure i innsjøer med nær samme vannkvalitet. Det er flere grunner til at det kan være vanskelig å etablere gode sammenhenger mellom kritisk-kjemiske grenseverdier og mengden fisk i naturlige systemer. En del av forklaringen

ligger i aurens kritiske stadier mht respons på forsurening og deres fleksibilitet når det gjelder gyte- og oppvekstområder. Det er vist at høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den viktigste årsaken til reduksjon og tap av aurebestander i forsureningsområder (Rosseland et al. 1980, Skogheim & Rosseland 1984, Rosseland 1986, Hesthagen & Jonsson 2002). I vår undersøkelse ble vannprøvene tatt på utløpet av hver innsjø om høsten. Innsjølevende aure bruker imidlertid både innløp, utløp og tilløpsbekker som gyte- og oppvekstområder. I enkelte sjøer finner en også viktige gyteområder i selve innsjøen, noe som kan medføre en lengre bestandsoverleving i en pågående forsursperiode (Rosseland 1986), og mulighet for raskere reetablering i en forbedringsperiode. Det er tidligere vist at noen innsjøer innen forsureningsområder på Vestlandet/Sørvestlandet har tilløps-bekker med bedre vannkvalitet enn hovedløpene (Hesthagen & Jonsson 1998). De fant også en signifikant sammenheng mellom det totale fangstutbyttet av aure i disse innsjøene og kalsiuminnholdet i den næringsrikaste tilløpsbekken til hver innsjø. ANC-verdiene i disse bekkene var også signifikant korrelert med det totale fangstutbyttet. Derimot ble det ikke funnet noen statistisk sammenheng mellom fangstutbyttet og ANC i innløp/utløp til disse innsjøene. At det finnes bekker med bedre vannkvalitet enn hovedløpet har trolig betydning for at enkelte innsjøer har relativt høyt fangstutbytte og rekrutteringsstyrke til tross for negative eller lave ANC-verdier (**figur 1**).

En del innsjøer hadde tynne bestander og svak rekruttering til tross for en tilsynelatende god vannkvalitet. Eksempelvis hadde noen lokaliteter ANC-verdier på ca. 20-40 µekv/L, mens fangstutbyttet [Cpue-T] bare var på ca. 0-5 individ. Sviktende rekruttering hos aure i slike innsjøer kan skyldes perioder med dårlig vannkvalitet i de viktigste gyte- og oppvekstområdene. Blant annet kan det ha sammenheng med episoder med ugunstig vannkvalitet under og etter gyting. Rognforsøk har vist at svellevannets pH-nivå og Al-innhold har stor betydning både for om vellykket befruktning finner sted, og om utviklingen av embryoet gjennom klekking og resorpsjon av plommesekken foregår normalt (Keinänen 2003). Svellevannet er det vannet som umiddelbart strømmer inn i et nybefruktet egg før det etter ca. 2 timer "lukkes" og blir impermeabelt for vann. Slike forhold reflekteres ikke i ANC-verdiene som er benyttet i vår undersøkelse.

Tilgangen og beskaffenheten på gyte- og oppvekstarealene i rennende vann kan også være begrensende faktorer for produksjonen av aure i tilstøtende innsjø. Det er vist at innsjøer med små gyte- og oppvekstområder i forhold til innsjøens størrelse hadde tynnere aurebestander enn innsjøer med større oppvekstratio (Ugedal & Hesthagen 2002). Dataene for fangstutbytte og størrelsen på oppvekstområdet i forhold til innsjøens areal (oppvekstrasjonen) fra disse innsjøene var bedre tilpasset power- og logaritmiske funksjoner enn en lineær funksjon. Fangstene på garn øker derfor ikke i samme takt som størrelsen på oppvekstområdet i forhold til innsjøens areal tilsier. Det tyder på at enkelte tynne bestander er rekrutteringsbegrenset, mens det begynner å inntre næringsbegrensninger i tettere bestander.

En eksponentiell funksjon ga best statistisk sammenheng mellom mengden aure og ANC. Dette gjaldt både mellom ANC og det totale fangstutbyttet [Cpue-T] og mellom ANC og årsklassestyrken til toåringene [Cpue-2]. En eksponentiell funksjon innebærer at fangstene ikke øker i samme takt langs y-aksen. Ved lave ANC-verdier gir derfor en bedret vannkvalitet små økninger i mengden fisk, mens høyere ANC-verdier gir større bestandsøkninger. En må også ta en viss høyde for betydningen av organisk syrekorrigeret ANC [ANC_{OOA}] ved vurderingen av hvilke ANC-verdier som hindrer skader på fiskebestander. En slik verdi kan altså være lavere enn ved tradisjonell ANC-beregning (jf. Lydersen et al. 2004a). En må også legges inn en sikkerhetsmargin fordi vannprøvene som våre resultater bygger på er samlet inn om høsten, mens vannkvaliteten vanligvis er dårligst om våren. Selv kalkede innsjøer har betydelig dårligere vannkvalitet i perioder med regn og snøavsmelting om våren enn på høsten, bortsett fra i ekstreme situasjoner (Hesthagen & Hindar 2002). Det synes å være en positiv effekt av bedret vannkvalitet på bestandsstørrelsen helt opp til ANC-verdier på ca. 30 µekv/L. For å unngå skader på rekrutteringen hos aure pga forsuring bør derfor ikke ANC_{limit} være lavere enn denne verdien.

5 Litteratur

- Appelberg, M. 2002 (red). Swedish standard methods for sampling freshwater fish with multi-mesh gillnets. - Fiske- riverket Inform. 2000:1. 27 s.
- Appelberg, M., Berger, H.M., Hesthagen, T., Kleiven, E., Kurkilahti, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. 1995. Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish monitoring. - Water, Air and Soil Pollut. 85: 401-406.
- Baker, J.P., Bernard, D.P., Christensen, S.W., Sale, M.J., Freda, J., Heltcher, K., Marmorek, D., Rowe, L., Scanlon, P., Suter, G., Warren-Hicks, W. & Welbourn, P. 1990. Biological effects of changes in surface water acid-base chemistry. - I National Acid Precipitation Assessment Program, Acidic Deposition: State of Science and Technology. NAPAP Report 13. Vol. II.
- Baker, J.P. & Christensen, S.W. 1991. Effects of acidification on biological communities in aquatic ecosystems. - S. 83-106 i Charles, D.F., red. Acidic deposition and Aquatic ecosystems. Regional case studies. Springer-Verlag. New York.
- Borgstrøm, R. & Museth, J. 2002. Snow and temperatures in high mountain areas. Impact of climate on recruitment to brown trout populations. - Paper IV ii Dynamics in European minnow *Phoxinus phoxinus* and brown trout *Salmo trutta* populations in mountain habitats: effects of climate and inter- and intraspecific interactions. Museth, J. Doctor Sci. theses 2002:29. Norges landbrukshøgskole.
- Bulger, A., Lien, L., Cosby, B.J. & Henriksen, A. 1993. Brown trout (*Salmo trutta*) status and water chemistry from the Norwegian Thousand Lake Survey: statistical analysis. - Can. J. Fish. Aquat. Sci 50: 575-585.
- Christophersen, N., Neal, C. & Mulder, J. 1990. Reversal of stream acidification at the Birkenes catchment, southern Norway: Predictions based on potential ANC changes. - J. Hydrology 116: 77-84.
- Driscoll, C.T., Newton, R.M., Gubala, C.O., Baker, J.P. & Christensen, S.W. 1991. Adirondack Mountains. - S. 133-202 i Charles, I.D.F., red. Acidic deposition and aquatic ecosystems. Regional case studies. Springer-Verlag, New York.
- Hamley, J.M. & Regier, H.A. 1973. Direct estimates of gillnet selectivity to walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). - J. Fish. Res. Bd Can. 30: 817-830.
- Henriksen, A., Posch, M., Hultberg, H. & Lien, L. 1995. Critical loads of acidity for surface waters – can the ANC_{limit} be considered variable? - Water, Air and Soil Poll. 85: 2419-2424
- Henriksen, A., Fjeld, E. & Hesthagen, T. 1999. Critical load exceedance and damage to fish populations. - Ambio 28: 583-586.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 1995. Current status and distribution of Arctic char *Salvelinus alpinus* (L.) in Norway: The effects of acidification and introductions. - Nordic J. Freshwat. Res. 71: 275-295.
- Hesthagen, T. 1997. The density of young brown trout (*Salmo trutta*) in streams of different acid-neutralizing capacity in three acidic softwater river systems in South Norway. - S.

- 728-733 i Kato, K., Murano, T., Paces, T. & Taguchi, Y., red. Acid Snow and Rain. – Aoyama, Proc. Int. Congress of Acid Snow and Rain 1997, Niigata University, Niigata, Japan.
- Hesthagen, T. & Jonsson, B. 1998. The relative abundance of brown trout in acidic softwater lakes in relation to the water quality in tributary streams. - J. Fish Biol. 52: 419-429.
- Hesthagen, T. & Jonsson, B. 2002. Life history characteristics of brown trout in lakes at different stages of acidification. - J. Fish Biol. 60: 415-426.
- Hesthagen, T., Aastrop, G., Langåker, R.M., Farstad, M. & Berger, H.M. 2000a. Responses of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to water quality and critical load of acidity of lakes with low ionic content. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 27: 2079-2089.
- Hesthagen, T., Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A. & Østborg, G. 2000b. 1000-sjøers undersøkelsen: endringer i fiskestatus fra 1986-1995. - NINA Oppdragsmelding 674: 1-14.
- Hesthagen, T. & Hindar, A. 2002. Storflom og reforsuring høsten 2000: en evaluering av effekter på vannkvalitet og ørretbestander i åtte kalka innsjøer i Telemark. - NINA Oppdragsmelding 754. 17pp.
- Jensen, J.W. 1995. Evaluating catches of salmonids taken by gillnets. - J. Fish Biol. 46: 862-871.
- Jensen, J.W. & Hesthagen, T. 1996. Direct estimates of the selectivity of a multimesh and a series of gillnets for brown trout, *Salmo trutta*. - J. Fish Biol. 49: 33-40.
- Keinänen, M., Tigerstedt, C., Kålx, P. & Vourinen, P.J. 2003. Fertilization and embryonic development of whitefish (*Coregonus lavaretus lavaretus*) in acidic and aluminium containing low-ion-strength water. - Ecotoxicol. Environ. Safety 55 (3): 314-329.
- Kristensen, T., Rosseland, B.O., Kroglund, F., Håvardstun, J. & Røyset, O. 2002. ANC-RECOVERY: What is the chemical threshold for natural reproduction of brown trout during recovery from acidification. Part 2: Ecotoxicological experiments. - S 21-22. i Wright, R.F. and Lie, M.C., red. Workshop on Models for Biological Recovery from Acidification in a Changing Climate. 9-11. September 2002 i Grimstad. Workshop Report. NIVA Report LNR 4589-2002, 42 s.
- Kurkilahti, M., Appelberg, M., Hesthagen, T. & Rask, M. 1999. – Selectivity of Nordic multimesh gillnet for five freshwater fish species. - I: Kurkilahti, M.: Nordic multimesh gillnet-robust gear for sampling fish populations. PhD thesis, University of Turku, Finland.
- Lien, L., Raddum, G. & Fjellheim, A. 1992. Critical loads of acidity to freshwater - fish and invertebrates. - Naturens Tålegrenser, Fagrapport. Nr. 23. (Miljøverndep.)
- Lien, L., Raddum, G., Fjellheim, A. & Henriksen, A. 1996. A critical limit for acid neutralizing capacity in Norwegian surface waters, based on new analyses of fish and invertebrate responses. - The Science of Total Environ. 177: 173-193.
- Lydersen, E., Fjeld, E. & Andersen, T. 1994. Fiskestatus og vannkvalitet i norske innsjøer. - Naturens Tålegrenser, Fagrapport 52. (Miljøverndep.).
- Lydersen, E., Larsen, T. & Fjeld, E. 2001. TOC sin innvirkning på ANC- Skal vi inkorporere dette i framtidige ANC-beregninger. - Vann 36: 390-400.
- Lydersen, E., Larssen, T & Fjeld, E. 2004a. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. - Sci. Tot. Environ. In press
- Lydersen, E., Larssen, T. & Fjeld, E. 2004b. Betydningen av humus for forholdet mellom syrenøytraliseringskapasitet (ANC) og fiskestatus i norske innsjøer. - pH-status Nr 1/2004:4-5.
- Reuss, J.O. & Johnson, D.W. 1986. Acid deposition and the acidification of soils and waters.- S. 62-65 I Ecological studies, vol 59. Springer
- Rosseland, B.O. 1986. Ecological effects of acidification on tertiary consumers. Fish population responses. - Water, Air and Soil Pollut. 30: 451-460.
- Rosseland, B.O., Balstad, P., Mohn, E., Muniz, I.P., Sevaldrud, I.H. & Svalastog, D. 1979. Bestandsundersøkelser. DATAFISK-SNSF-77. Presentasjon av utvalgs-kriterier, innsamlingsmetodikk og anvendelse av programmet ved SNSF-prosjektets prøvafiske i perioden 1976-79. - SNSF-prosjektet, TN. 63 s.
- Rosseland, B. O., Sevaldrud, I., Svalastog, D. & Muniz, I.P. 1980. Studies of freshwater fish populations - effects of acidification on reproduction, population structure, growth and food selection. - S. 336-337 i: Drabløs, D. & Tolland, A., red. Ecological impact of acid precipitation. SNSF-prosjektet.
- Rosseland, B.O., Hesthagen, T, Kroglund, F., Kristensen, T., Wright, R.F. & Røyset, O. 2002. ANC-RECOVERY: What is the chemical threshold for natural reproduction of brown trout during recovery from acidification. Part 1: Background. – S. 29 i Wright, R.F. & Lie, M.C., red. Workshop on Models for Biological Recovery from Acidification in a Changing Climate. 9-11. September 2002 i Grimstad, Workshop Report. NIVA Report LNR 4589-2002. 42 s.
- SFT 1994. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. - I Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 583/94. 271 s.
- SFT 2003. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2002. – I Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 886/2003. 203 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. - Hydrol. and Earth Sci. 2: 555-562.
- Skjelkvåle, B. L., Tørseth, K., Aas, W. & Andersen, T. 2001. Decrease in acid deposition – recovery in Norwegian waters. - Water, Air and Soil Pollut. 130: 1433-1438.
- Skjelkvåle, B.L., Evans, C., Larssen, T., Hindar, A. & Raddum, G. 2003. Recovery from acidification in European surface waters: a view to the future. - Ambio 32 (3): 170-175.
- Skogheim, O.K. & Rosseland, B.O. 1984. A comparative study on salmonid fish species in acid aluminium-rich water. I. Mortality of eggs and alevins. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 61: 177-185.

- Turner, R.S., Ryan, P.F., Marmorek, D.R., Thornton, K.W., Sullivan, T.J., Baker, J.P., Christensen, S.W. & Sale, M.J. 1992. Sensitivity to change for low-ANC eastern US lakes and streams and brook trout populations under alternative sulfate deposition scenarios. - Environ. Pollut. 77: 269-277.
- Ugedal, O. & Hesthagen, T. 2002. Bestandsforholdene hos innsjølevende aure sett i forhold til tilgjengelig gyte- og oppvekstareal, med spesiell referanse til kalka lokaliteter. - Framdriftsrapport, Norsk Institutt for naturforskning. 6 s.
- Wright, R.W. & Hauhs, M. 1991. Reversibility of acidification: soils and surface waters. - Proc. Royal Society of Edinburgh 97B: 169-191.

Naturens Tålegrenser - Oversikt over utgitte rapporter

- 1 Nygaard, P. H., 1989. Forurensningers effekt på naturlig vegetasjon en litteraturstudie. Norsk institutt for skogforskning (NISK), Ås.

Uten nr. Jaworowski, Z., 1989. Pollution of the Norwegian Arctic: A review. Norsk polarinstitutt (NP), rapportserie nr. 55. Oslo.
- 2 Henriksen, A., Lien, L. & Traaen, T.S. 1990. Tålegrenser for overflatevann. Kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89210.
- 3 Lien, L., Henriksen, A., Raddum, G. & Fjellheim, A. 1989. Tålegrenser for overflatevann. Fisk og evertebrater. Foreløpige vurderinger og videre planer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89185.
- 4 Bølviken, B. & medarbeidere, 1990. Jordforsuringsstatus og forsuringfølsomhet i naturlig jord i Norge. Norges geologiske undersøkelse (NGU), NGU-rapport 90.156. 2 bind (Bind I: Tekst, Bind II: Vedlegg og bilag).
- 5 Pedersen, H. C. & Nybø, S. 1990. Effekter av langtransporterte forurensninger på terrestriske dyr i Norge. En statusrapport med vekt på SO₂, NO_x og tungmetaller. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Utredning 005.
- 6 Frisvoll, A. A., 1990. Moseskader i skog i Sør-Norge. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 018.
- 7 Muniz, I. P. & Aagaard, K. 1990. Effekter av langtransportert forurensning på ferskvannsdyr i Norge - virkninger av en del sporelementer og aluminium. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Utredning 013.
- 8 Hesthagen, T., Berger, H. M. & Kvenild, L. 1992. Fiskestatus i relasjon til forsuring av innsjøer. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Forskningsrapport 032.
- 9 Pedersen, U., Walker, S.E. & Kibsgaard, A. 1990. Kart over atmosfærisk avsetning av svovel- og nitrogenforbindelser i Norge. Norsk institutt for luffforskning (NILU), OR 28/90.
- 10 Pedersen, U. 1990. Ozonkonsentrasjoner i Norge. Norsk institutt for luffforskning (NILU), OR 28/90.
- 11 Wright, R. F., Stuanes, A. Reuss, J.O. & Flaten, M.B. 1990. Critical loads for soils in Norway. Preliminary assessment based on data from 9 calibrated catchments. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89153.
- 11b Reuss, J. O., 1990. Critical loads for soils in Norway. Analysis of soils data from eight Norwegian catchments. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89153.
- 12 Amundsen, C. E., 1990. Bufferprosent som parameter for kartlegging av forsuringfølsomhet i naturlig jord. Universitetet i Trondheim, AVH (stensil).
- 13 Flatberg, K.I., Foss, B., Løken, A. & Saastad, S.M. 1990. Moseskader i barskog. Direktoratet for naturforvaltning (DN), notat.
- 14 Frisvoll, A.A., & Flatberg, K.I., 1990. Moseskader i Sør-Varanger. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 55.
- 15 Flatberg, K.I., Bakken, S., Frisvoll, A.A., & Odasz, A.M. 1990. Moser og luffforurensninger. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 69.
- 16 Mortensen, L.M. 1991. Ozonforurensning og effekter på vegetasjonen i Norge. Norsk landbruksforsk. 5:235-264.
- 17 Wright, R.F., Stuanes, A.O. & Frogner, T. 1991. Critical Loads for Soils in Norway Nordmoen. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89153.
- 18 Pedersen, H.C., Nygård, T., Myklebust, I. og Sæther, M. 1991. Metallbelastninger i liryper. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 71.
- 19 Lien, L., Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1991. Tålegrenser for overflatevann evertebrater og fisk. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Rapport O-89185,2.
- 20 Amundsen, C.E. 1992. Sammenligning av parametre for å bestemme forsuringfølsomhet i jord. NGU-rapport 91.265.
- 21 Bølviken, B., R. Nilsen, J. Romundstad & O. Wolden. 1992. Surhet, forsuringfølsomhet og lettløselige basekationer i naturlig jord fra Nord-Trøndelag og sammenligning med tilsvarende data fra Sør Norge. NGU-rapport 91.250.
- 22 Sivertsen, T. & medarbeidere. 1992. Opptak av tungmetaller i dyr i Sør-Varanger. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 1991-15.
- 23 Lien, L., Raddum, G.G. & A. Fjellheim. 1992. Critical loads of acidity to freshwater. Fish and invertebrates. Norwegian Institute for Water Research (NIVA), Rapport O-89185,3.

- 24 Fremstad, E. 1992. Virkninger av nitrogen på heivegetasjon. En litteraturstudie. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 124.
- 25 Fremstad, E. 1992. Heivegetasjon i Norge, utbredelse-skart. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 188.
- 26 Flatberg, K.I. & Frisvoll, A. 1992. Undersøkelser av skader hos to sigdmoser i Agder. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 134.
- 27 Lindstrøm, E.A. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Fastsittende alger. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90137/E-90440, rapport-2.
- 28 Brettum, P. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Plan-teplankton. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90137/E-90440, rapport-3.
- 29 Brandrud, T.E., Mjelde, M. 1992. Tålegrenser for overflatevann. Makrovegetasjon. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90137/E-90440, rapport-1.
- 30 Mortensen, L.M. & Nilsen, J. 1992. Effects of ozone and temperature on growth of several wild plant species. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 6: 195-204.
- 31 Pedersen, H.C., Myklebust, I., Nygård, T. & Sæther, M. 1992. Akkumulering og effekter av kadmium i lirype. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 152.
- 32 Amundsen, C.E. 1992. Sammenligning av relativ forsuringfølsomhet med tålegrenser beregnet med modeller, i jord. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 92.294.
- 33 Frogner, T., Wright, R.F., Cosby, B.J., Esser, J.M., Håøya, A.-O. & Rudi, G. 1992. Map of critical loads for coniferous forest soils in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-91147.
- 34 Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S. & Taubøll, S. 1992. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89210.
- 35 Lien, L. Henriksen, A. & Traaen, T.S. 1993. Tålegrenser for sterke syrer på overflatevann -Svalbard. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90102.
- 36 Henriksen, A., Hesthagen, T., Berger, H.M., Kvenild, L., Taubøll, S. 1993. Tålegrenser for overflatevann - Sammenheng mellom kjemisk kriterier og fiskestatus. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-92122.
- 37 Odasz, A.M., Øiesvold, S., & Vange, V. 1993. Nitrate nutrition in *Racomitrium lanuginosum* (Hedw.)Brd., a bioindicator of nitrogen deposition in Norway. Direktoratet for naturforvaltning. Utredning for DN 1993-2.
- 38 Espelien, I.S. 1993. Genetiske effekter av tungmetaller på pattedyr. En kunnskapsoversikt. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Utredning 051.
- 39 Økland, J. & Økland, K.A. 1993. Database for bioindikatorer i ferskvann - et forprosjekt . Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI), Zoologisk Museum, Oslo, Rapport 144, 1993.
- 40 Aamlid, D. & Skogheim, I. 1993. Nikkel, kobber og andre metaller i multer og blåbær fra Sør-Varanger, 1992. Rapport Gkogforsk 14/93. 14/93.
- 41 Kålås, J.A., Ringsby, T.H. & Lierhagen, S. 1993. Metals and radicesium in wild animals from the Sør-Varanger area, north Norway. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 212.
- 42 Fløisand, I. & Løbersli, E. (red.)1993. Tilførsler og virkninger av lufttransporterte forurensninger (TVLF) og Naturens tålegrenser. Sammendrag av foredrag og postere fra møte i Stjørdal, 15.-17.februar 1993. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR 17/93.
- 43 Henriksen, A. & Hesthagen, T. 1993. Critical load exceedance and damage to fish populations. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-89210.
- 44 Lien, L., Henriksen, A. & Traaen, T.S. 1993. Critical loads of acidity to surface waters, Svalbard. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-90102.
- 45 Løbersli, E., Johannessen, T. & Olsen, K.V (red.) 1993. Naturens tålegrenser. Referat fra seminar i 1991 og 1992. Direktoratet for naturforvaltning, DN-notat 1993-6.
- 46 Bakken, S. 1993. Nitrogenforurensning og variasjon i nitrogen, protein og klorofyllinnhold hos barskogsmosen blanksigd (*Dicranum majus*). Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN 1994-1.
- 47 Krøkje, Å. 1993. Genotoksisk belastning i jord . Effekstudier, med mål å komme fram til akseptable grenser for genotoksisk belastning fra langtransportert luftforurensning. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN 1994-2.
- 48 Fremstad, E. 1993. Heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*) som indikator på nitrogenbelastning. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmelding 239.

- 49 Nygaard, P.H. & Ødegaard, T.H. 1993. Effekter av nitrogen gjødsling på vegetasjon og jord i skog. Rapport Skogforsk 26/93.
- 50 Fløisand, I. og Johannessen, T. (red.) 1994. Langtransporterte luftforurensninger. Tilførsler, virkninger og tålegrenser. Sammendrag av foredrag og postere fra møte i Grimstad, 7.-9.3.94. Norsk institutt for luftforskning NILU OR: 17/94
- 51 Kleivane, L. Skåre, J.U. & Wiig, Ø. 1994. Klorerte organiske miljøgifter i isbjørn. Forekomst, nivå og mulige effekter. Norsk Polarinstitutt Meddelelse nr. 132.
- 52 Lydersen, E., Fjeld, E. & Andersen, T. 1994. Fiskestatus og vannkjemi i norske innsjøer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) O-93172
- 53 Schartau, A.K.L. (red.) 1994. Effekter av lavdose kadmium-belastning på littorale ferskvanns-populasjoner og -samfunn. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Forskningsrapport 055.
- 54 Mortensen, L. (1994). Variation in ozone sensitivity of *Betula pubescens* Erh. from different sites in South Norway. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN, Nr. 1994-6.
- 55 Mortensen, L. (1994). Ozone sensitivity of *Phleum alpinum* L. from different locations in South Norway. Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredning for DN, Nr. 1994-7.
- 56 Frogner, T., Wright, R.F., Cosby, J.B. and Esser, J.M. (1994). Maps of critical loads and exceedance for sulfur and nitrogen to forest soils in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) O-91147.
- 57 Flatberg, K.I. & Frisvoll, A.A. 1994. Moseskader i Agder 1989-92 (1994). Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 298.
- 58 Hesthagen, T. & Henriksen, A. (1994). En analyse av sammenhengen mellom overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 288.
- 59 Skåre, J.U., Wiig, Ø. & Bernhoft, A. (1994). Klorerte organiske miljøgifter; nivåer og effekter på isbjørn. Norsk Polarinstitutt Rapport nr. 86 - 1994.
- 60 Tørseth, K. & Pedersen, U. 1994. Deposition of sulphur and nitrogen components in Norway. 1988-1992. Norsk institutt for luftforskning (NILU): OR 16/94.
- 61 Nygaard, P.H. 1994. Virkning av ozon på blåbær (*Vaccinium myrtillus*), etasjehusmose (*Hylocomium splendens*), furumose (*Pleurozium schreberi*) og krussigd (*Dicranum polysetum*). Rapport Skogforsk 9/94.
- 62 Henriksen, A. & Lien, L. 1994. Tålegrenser for overflatevann: Metode og usikkerheter. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-94122.
- 63 Hilmo, O. & Larssen, H.C. 1994. Morfologi hos epifytisk lav i områder med ulik luftkvalitet. ALLFORSK Rapport 2.
- 64 Wright, R.F. 1994. Bruk av dynamiske modeller for vurdering av vann- og jordforurensning som følge av redusert tilførsel av sur nedbør. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), O-94112.
- 65 Hesthagen, T., A. Henriksen & Kvenild, L. 1994. Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander i norske innsjøer med spesiell vekt på Troms og Finnmark. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Oppdragsmelding 298.
- 66 Sagmo Solli, I.M., Flatberg, K.I.F., Söderström, L., Bakken S. & Pedersen, B. 1996. Blanksigd og luftforurensningsstudier. NTNU. Vitenskapsmuseet. Rapport botanisk serie 1996-1.
- 67 Stuanes, A. & Abrahamsen, G. 1996. Tålegrenser for nitrogen i skog - en vurdering av kunnskapsgrunnlaget. Aktuelt fra Skogforsk 7-96.
- 68 Ogner, G. 1995. Tålegrenser for skog i Norge med hensyn til ozon. Aktuelt fra Skogforsk 3-95.
- 69 Thomsen, M., Nellemann, C. Frogner, T., Henriksen A., Tomter, S. & Mulder, J. 1995. Tilvekst og vitalitet for granskog sett i relasjon til tålegrenser og forurensning. Rapport fra Skogforsk 22-95.
- 70 Tomter, S. M. & Esser, J. 1995. Kartlegging av tålegrenser for nitrogen basert på en empirisk metode. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS). Rapport nr 10/95.
- 71 Pedersen, H.Chr. (red.). 1995. Kadmium og bly i lirype: akkumulering og cellulære effekter. Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning (NINA-NIKU) Oppdragsmelding 387
- 72 Bakken, S. & Flatberg, K.I.F. 1995. Effekter av økt nitrogendeposisjon på ombrotrof myrvegetasjon. En litteraturstudie. ALLFORSK Rapport 3.
- 73 Sogn, T.A., Stuanes, A.O. & Abrahamsen, G. 1995. Akkumulering av nitrogen - en kritisk parameter for beregning av tålegrenser for nitrogen i skog. Rapport fra Skogforsk 21/95.

- 74 Nygaard, P.H. & Eldhuset, T. 1996. Forholdet mellom basekationer og aluminium i jordløsning som kriterium for tålegrenser i skogsjord. Norsk institutt for skogforskning (NISK). Rapport fra Skogforsk 1/96
- 75 Mortensen, L. 1993. Effects of ozone on growth of several subalpine plant species. *Norw. J. Agric. Sci.* 7: 129-138.
- 76 Mortensen, L. 1994. Further studies on the effects of ozone concentration on growth of subalpine plant species. *Norw. J. Agric. Sciences* 8:91-97.
- 77 Fløisand, I. & Løbersli, E. (red.) 1996. Lufttransporterte forurensninger - tilførsler, virkninger og tålegrenser. Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR 2/96.
- 78 Thomsen, M.G., Esser, J., Venn, K. & Aamlid, D. 1996. Sammenheng mellom træs vitalitet og næringsstatus i nåler og humus på skogovervåkingsflater i Sørøst-Norge (in prep).
- 79 Tørseth, K., Mortensen, L. & Hjellbrekke, A.-G. 1996. Kartlegging av bakkenær ozon etter tålegrenser basert på akkumulert dose over 40 ppb. Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR 12/96.
- 80 Esser, J.M. & Tomter, S.M. 1996. Reviderte kart for tålegrenser for nitrogen basert på empiriske verdier for ulike vegetasjonstyper. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS).
- 81 Henriksen, A., Hindar, A., Styve, H., Fjeld, E. & Lien, L. 1996. Forsuring av overflatevann, beregningsmetodikk, trender og tiltak. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport LNR 3528-96.
- 82 Henriksen, A., Hesthagen, T. & Fjeld, E. 1996. Overskridelser av tålegrenser for overflatevann og skader på fiskebestander. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport LNR 3565-96.
- 83 Wright, R. F., Raastad, I.A., & Kaste, Ø. 1996. Atmospheric deposition of nitrogen, runoff of organic nitrogen, and critical loads for soils and waters. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3592-97
- 84 Mortensen, L.M. 1995. The influence of ozone pollution on growth of young plants of *Betula pubescens* Ehrh. And *Phleum alpinum* L. Dose-response relations. *Norw. J. Agr. Sci.* 9:249-262
- 85 Mortensen, L.M. 1996. Ozone sensitivity of *Betula pubescens* at different growth stages after budburst in spring. *Norw. J. Agr. Sci.* 10:187-196.
- 86 Tørseth, K., Rosendahl, K.E., Hansen, A.C., Høie, H. & Mortensen, L.M. 1997. Avlingstap som følge av bakke-
- nært ozon. Vurderinger for perioden 1989-1993. SFT-rapport.
- 87 Rognerud, S, Hognve, D. & Fjeld, E. 1997. Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av metaller. Kan atmosfæriske avsetninger påvirke metall-konsentrasjoner slik at det ikke reflekterer berggrunnens geokjemi? Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport LNR 3670-97
- 88 Skjelkvåle, B.L., Wright, R.F. & Tjomsland, T. 1997. Vannkjemi, forurensningsstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Femundsmarka og Rondane. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport LNR 3646-97
- 89 Nordbakken, J.-F. 1997. Småskalaendringer i ombrotrof myrvegetasjon i SØ-Norge 1990/91-96. Botanisk Hage og Museum, Univ. Oslo Rapp. 1
- 90 Sogn, T.A., Kjønås, J., Stuanes, A.O., & Abrahamsen, G. 1997. Akkumulering av nitrogen - variasjoner avhengig av bestandsutvikling, nitrogentilførsel og simulert snødekke. Norges Landbrukshøgskole, Institutt for jord- og vannfag, Rapport nr. 10/97.
- 91 Nygaard, P.H., Ødegård, T. & Flatberg, K.I.F. Vegetasjonsendringer over 60 år i fattig skog- og myrvegetasjon i Karlshaugen skogreservat. Skogforsk (in prep)
- 92 Knutzen, J., Gabrielsen, G.W., Henriksen, O.E., Hylland, K., Källqvist, T., Nygård, T., Pacyna, J.S. Skjeggstad, N. & Steinnes, E. 1997. Assessment of the applicability for pollution authorities of the concept "critical load" of long-range transported micropollutants in relation to aquatic and terrestrial ecosystems. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3751-97.
- 93 Tørseth, K. & Semb, A. 1997. Deposition of major inorganic components in Norway 1992-1996. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR 67/97.
- 94 Henriksen, A. 1998. Application of the first order acidity balance (FAB) model to Norwegian surface waters. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3809-98
- 95 Sogn, T.A. & Wright, R.F. 1998. The model MERLIN applied to Nordmoen, Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3844-98
- 96 Skjelkvåle, B.L. & A. Henriksen, 1998. Vannkjemi, forurensningsstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Hardangervidda. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Report SNO 3895-98
- 97 Henriksen, A. 1998. Binding grid cells – Norway. An evaluation. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 3942-98

- 98 Lükewille, A. & A. Semb. 1998. Deposition in Norwegian Mountain areas. Norsk institutt for luftforskning (NILU) OR 66/97
- 99 Strand, L.T., Stuanes, A.O. & G. Abrahamsen. 1998. Akkumulering av karbon og nitrogen i unge jordsmonn. Institutt for jord og vannfag, rapport nr 9/98.
- 100 Wright, R.F. & Henriksen, A. 1999. Gap closure; use of MAGIC model to predict time required to achieve steady-state following implementation of the Oslo protocol. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 4012-99
- 101 Henriksen, A. 1999. Tålegrenser i fjellområder. Hva vet vi og hva bør vi vite? Rapport fra seminar 16.-17. Februar 1999. Rondablikk Føyfjellshotell. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport LNR 4017-99
- 102 Wright, R.F. 1999. Risk of N leaching from forests to surface waters in Norway. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 4038-99
- 103 Wright, R.F., Mulder, J. & Esser, J.M., 1999. Soils in mountain uplands regions of southwestern Norway: nitrogen leaching and critical loads. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Report SNO 4130-99
- 104 Lindstrøm, E.A., Kjellberg, G. & Wright, R.F. 1999. Tålegrensen for nitrogen som næringsstoff i norske fjellvann: økt "grønske"? Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport LNR 4187-2000
- 105 Thomsen, M.G. & Nellemann, Chr. 2000. Mortalitet og tilvekst i relasjon til forurensningsbelastningen i Sør Norge 1920-2000 (under trykking)
- 106 Henriksen, A & Buan, A.K. 2000. Tålegrenser og overskridelse av tålegrenser for overflatevann, skogsjord og vegetasjon i Norge. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport LNR 4179-2000
- 107 Aarrestad, P.A. & Vandvik, V. 2000. Vegetasjonsendringer i vestnorsk kystlynghei - effekter av skjøtselsformene brann og sauebeite ved rehabilitering av gammel lynghei på Lurekalven i Hordaland. - NINA fagrapport 044.
- 108 Oredalen, J.T. & Aas, W. 2000. Vurdering av atmosfærisk fosforavsetning i sørøst-Norge. Norsk institutt for vannforskning Rapport LNR 4310-2000.
- 109 Bruteig, I., Thomsen, M.G. & Altin, D. 2001. Vekstrespons hos tre aerofyttiske alger på tilførsel av nitrogen. NINA oppdragsmelding 680. (Rapporten er feilnummerert og har fått nummer 108)
- 110 Sogn, T.A., Mulder, J., Haugen, L.E., Berge, G., Rustad, K.B. & Stuanes, A. 2001. N-omsetning i heifjellområder: En første tilnærming til dynamisk modellering av N-omsetningen. Institutt for jord- og vannfag, Norges landbrukshøgskole. Rapport nr 11/2001.
- 111 Kroglund, F., Wright, R.F. & Burchart, C. 2001. Acidification and Atlantic salmon: critical limits for Norwegian rivers. Norwegian Institute for Water Research Report No O-20191
- 112 Lindstrøm, E.A. 2001. Økt plantevekst i uberørt fjellvann: et samspill mellom langtransporterte forurensninger og klima. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 4459-2001.
- 113 Larssen, T.; Clarke, N., Tørseth, K. & Skjelkvåle, B.L. 2002. Prognosis for future recovery from acidification of water, soils and forests: Dynamic modelling of Norwegian data from ICP Forests, ICP IM and ICP Waters. Norsk institutt for vannforskning. Report no. O-21172
- 114 Hindar, A. Tørseth, K., Henriksen, A. & Orsolini, Y. 2002. Betydningen av den nordatlantiske svingning (NAO) for sjøsaltepisoder og forsurening i vassdrag på Vestlandet og i Trøndelag. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 4592-2002
- 115 Hole, L. R. & Tørseth, K. 2003. Deposition of major inorganic compounds in Norway 1978-1982 and 1997-2001: status and trends. Norsk institutt for luftforskning OR 61/2002. ISBN 82-425-1410-0.
- 116 Larssen, T. & Høgåsen, T. 2003. Tålegrenser og overskridelse av tålegrenser i Norge. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNR 4722-2003.
- 117 Hesthagen, T., Kristensen, T., Rosseland, B.O. & Saksgård, R. 2003. Relativ tetthet og rekruttering hos aure i innsjøer med forskjellig vannkvalitet En analyse basert på prøvofiske med garn og vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC). NINA Oppdragsmelding 806. 14pp.

Henvendelser vedrørende rapportene rettes til utførende institusjon

NINA Oppdragsmelding 806

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1426-1

NINA Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor • Tungasletta 2 • 7485 Trondheim

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

<http://www.nina.no>

