

FAGRAPPOR NR. 28

Tålegrenser for overflatevann

# Planteplankton

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-90137	Udernr.:
Løpenr.: 2800	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	--	--

Rapportens tittel: Tålegrenser for overflatevann - Planteplankton	Dato: 20.8. 1992	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Sur nedbør	
Forfatter(e): Pål Brettum	Geografisk område: Norge	
	Antall sider: 29	Opplag: 200

Oppdragsgiver: Arbeidsgruppen for programmet Naturens tålegrenser	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

## Ekstrakt:

Mengde og sammensetning av planteplankton og variasjoner i disse avspeiler de fysiske-kjemiske forholdene i vannmassene. Ved å sammenligne mengde og sammensetning av planteplankton fra en rekke ulike innsjølokaliteter og sette disse opp mot de analyserte kjemisk-fysiske parametre, vil en få frem grunntekk om hvilke arter som tåler miljøendringer godt, mindre godt eller forsvinner på grunn av endringen. En faktor som har ført til markerte endringer av miljøet er forsuring gjennom sur nedbør. I denne rapporten er sammenstilt analyseresultater av kvantitative planteplanktonanalyser mot samnhørende pH-verdier. Rapporten gir en oversikt over hvorledes en rekke planteplanktonarters prosentvise andel av det totale planteplanktonvolum varierer i de ulike pH-intervaller. Resultatene er basert på analyser av 891 prøver fra ca 150 innsjøer fordelt over det meste av Norge. Resultatene danner grunnlag for å inndelegge planteplanktonartene i fire hovedkategorier med hensyn til toleranse overfor forsuring: Forsuringsbegunstigete arter, Forsuringstolerante arter, Moderat forsuringstolerante (forsuringshemmete) arter og Ikke forsuringstolerante arter. Rapporten har listet opp en rekke arter fra de forskjellige kategoriene.

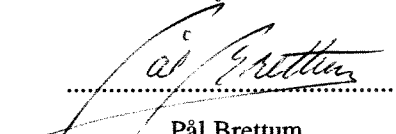
4 emneord, norske

1. Tålegrenser
2. Planteplankton
3. Vannkjemi
4. Sur nedbør

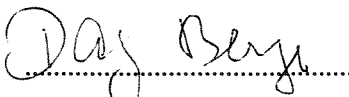
4 emneord, engelske

1. Critical load
2. Phytoplankton
3. Water chemistry
4. Acid precipitation

Prosjektleder

  
Pål Brettum

For administrasjonen

  
Dag Berge

ISBN 82-577-2170-0

## **Naturens Tålegrenser**

Programmet Naturens Tålegrenser ble satt igang høsten 1989 i regi av Miljøverndepartementet. Programmet skal blant annet gi innspill til arbeidet med Nordisk Handlingsplan mot Luftforurensninger og til pågående aktiviteter under Konvensjonen for Langtransporterte Grensoverskridende Luftforurensninger (Genevekonvensjonen). I arbeidet under Genevekonvensjonen er det vedtatt at kritiske belastningsgrenser skal legges til grunn ved utarbeidelse av nye avtaler om utslippsbegrensning av svovel, nitrogen og hydrokarboner.

En styringsgruppe i Miljøverndepartementet har det overordnede ansvar for programmet, mens ansvaret for den faglige oppfølgingen er overlatt en arbeidsgruppe bestående av representanter fra Direktoratet for naturforvaltning (DN), Norsk polarinstitutt (NP) og Statens forurensningstilsyn (SFT).

Arbeidsgruppen har for tiden følgende sammensetning:

Jon Barikmo - DN  
Eva Fuglei - NP  
Tor Johannessen - SFT  
Else Løbersli - DN

Styringsgruppen i Miljøverndepartementet består av representanter fra avdelingen for naturvern og kulturminner, avdelingen for vannmiljø, avdelingen for luftmiljø og industri og avdelingen for internasjonalt miljøvernssamarbeid og polarsaker.

Henvendelse vedrørende programmet kan rettes til:

Direktoratet for naturforvaltning  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim  
Tel: (07) 58 05 00

eller  
Statens forurensningstilsyn  
Postboks 8100 Dep  
0032 Oslo 1  
Tel: (02) 57 34 00

Norsk institutt for vannforskning

**O-90137**

**E-90440**

**TÅLEGRENSER FOR OVERFLATEVANN  
PLANTEPLANKTON**

**FORELØPIGE VURDERINGER OG VIDERE ARBEID**

Oslo, 20. august 1992

Forfatter: Pål Brettum

Prosjektleder: Tor Erik Brandrud

## Forord

*NIVA har utført studier vedrørende tålegrenser for vannbotanikk i forsuret overflatevann, på oppdrag fra arbeidsgruppen for programmet Naturens Tålegrenser. Prosjektet er finansiert av MD/SFT, samt av NIVAs egne midler.*

*Prosjektet omfatter tre fagområder innen feltet vannbotanikk. Disse er:*

- Makrovegetasjon (høyere planter og moser) - elver og innsjøer.*
- Fastsittende alger (samt noe data om moser) - elver og innsjøer.*
- Planteplankton - innsjøer.*

*Resultatene er presentert i tre rapporter, en for hvert fagområde.*

*Tor Erik Brandrud har vært saksbehandler for hele prosjektet. Han står sammen med Marit Mjelde som forfatter og faglig ansvarlig for rapporten om makrovegetasjon. Eli-Anne Lindstrøm har skrevet rapporten om fastsittende alger og er faglig ansvarlig for denne. Tilsvarende er Pål Brettum faglig ansvarlig for og har skrevet rapporten om planteplankton.*

*Disse rapportene utgjør den første helhetlige presentasjon av forsurelseeffekter på vannbotanikk i Norge. De gir bl.a. en sammenstilling av den kunnskap som gjennom ulike prosjekter er ervervet om vannbotanikk i sure og forsurete norske vannforekomster. En videreføring av prosjektet vil i større grad være rettet mot bestemte indikatororganismer og grupper, og avgrensede problemstillinger.*

## Innhold

	Side
FORORD	2
SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING	5
2. REGISTRERTE EFFEKTER OG MULIGE ÅRSAKER SOM PÅVIRKER PLANTEPLANKTONETS SAMMENSETNING VED FORSURING	7
3. MATERIALE OG METODER	8
4. RESULTATER OG DISKUSJON	10
5. VIDERE ARBEID	18
LITTERATUR	19
VEDLEGG	23

## SAMMENDRAG

Mengde og sammensetning av planteplankton og variasjoner i disse avspeiler de fysiske-kjemiske forholdene i vannmassene. Ved å sammenligne nær beslektede innsjølokaliteters forandringer med hensyn til planteplankton sammensetning og utvikling og sette dette opp mot de analyserte fysiske-kjemiske parametre vil en få frem grunntrekk om hvilke arter som tåler miljøendringer godt, mindre godt eller forsvinner på grunn av endringer. En faktor som har ført til markerte forandringer av miljøet er forsuringen av vannmassene gjennom sur nedbør.

I denne foreløpige rapporten er sammenstilt analyseresultater av kvantitative planteplanktonanalyser relatert til samnhørende pH-verdier. Rapporten gir en oversikt over hvorledes en rekke planteplanktonarters prosentvise andel av totalvolumet innen hver enkelt analysert prøve varierer i de ulike pH-intervaller. Verdiene for hver art innen hvert pH-intervall i tabellene i vedlegget bak representerer gjennomsnittsverdier for en rekke prøver.

Da de eksakte prosentandeler for de ulike artene varierer sterkt, er det i tabellene for enkelthets skyld gitt verdien 100 for høyeste prosentverdi for en art langs pH-intervallskalaen, og prosentverdiene i de andre intervallene er justert i forhold til dette. Dette gir et mål på artenes toleranse innenfor ulike pH-nivåer, eller en toleranseverdi overfor forsuring.

Analysene omfatter prøver fra i alt 891 prøver samlet fra ca 150 innsjølokaliteter fordelt over det meste av landet. Resultatene danner grunnlaget for inndeling av de analyserte planteplanktonartene i fire hovedkategorier med hensyn til toleranse overfor forsuring:

- Forsuringsbegunstigete arter: Arter som har største toleranseverdi ved pH verdier <5.5 og bare sjelden eller i liten grad er registrert ved pH >5.5.
- Forsuringstolerante arter: Arter som ser ut til å ha tilnærmet like stor toleranseverdi ved pH <5.5 som ved høyere pH-verdier. Ofte arter som en registrerer over store deler av pH-skalaen.
- Moderat forsuringstolerante (forsuringshemmete) arter: Arter som klart får mindre toleranseverdi ved pH <5.5 eller som forsvinner helt ved slike lave pH-verdier og som har høyeste toleranseverdier ved pH mellom 6 og 7.
- Ikke forsuringstolerante arter: Arter som ikke ble registrert ved pH <5.5-6 og som hadde største toleranseverdi ved pH > 7-7.5.

I rapporten er listet opp en rekke arter fra de forskjellige planteplanktongruppene innenfor hver av disse kategoriene.

Det videre arbeidet vil bestå i å legge inn i database samnhørende verdier for kjemiske parametre ut over pH og foreta tilsvarende undersøkelser og sammenstillinger for planteplanktonets tålegrenser med hensyn til andre parametre som f.eks. ANC (Acid Neutralization Capacity), nitrogenkonsentrasjoner og P:N forhold. Det kan også være aktuelt å trekke inn f.eks. farge eller TOC (Totalt Organisk Carbon) for å se på humusinnholdets innflytelse på tålegrensene for ulike planteplanktonarter.

## 1. INNLEDNING

Mengde og sammensetning av planteplankton og variasjoner i disse gjennom vekstsesongen er spesifikke for hver enkelt innsjølokalitet og avspeiler de fysiske-kjemiske forholdene i vannmassene. Selv om to lokaliteter ikke helt har den samme planteplankton sammensetning og utvikling gjennom vekstsesongen, vil sammensetningen i innsjøer med tilnærmet det samme fysiske-kjemiske miljø være svært like. Disse miljøfaktorene for planteplanktonet påvirkes imidlertid av endringer i nedbørfeltets jordsmonn og av endringer i klimatiske og menneskeinduserte påvirkninger. Planteplanktonfloraen vil forandres i samsvar med slike endringer i miljøet og dermed avsløre at de har funnet sted.

Ved å sammenligne nær beslektede innsjølokaliteters forandringer med hensyn til planteplankton sammensetning og utvikling i vekstsesongen og sette dette opp mot de analyserte fysiske-kjemiske parametrene, vil en få frem visse grunntrekk om hvilke arter som tåler miljøendringene godt, mindre godt eller forsvinner på grunn av endringene. En faktor som har ført til markerte forandringer av miljøet er forureningen av vannmassene gjennom sur nedbør.

Sur nedbør fører bl.a. til forandringer i vannmassenes pH-verdier. Selv om andre faktorer, som f.eks. humusinnhold, spiller inn og demper forureningens effekt på planteplankton sammensetningen, gir en sammenligning mellom sammensetning og pH-verdier i mange innsjølokaliteter en god oversikt over de ulike artenes toleranse mot forurening.

I denne rapporten er det resultater av kvantitative planteplanktonanalyser som er lagt til grunn. De fleste undersøkelser av lignende karakter har lagt til grunn om en art er registrert /ikke registrert i en prøve og dette blir for grove mål. I slike tilfeller vil et enkelt funnet individ av en art i en prøve få samme vekt som et stort antall registrerte individer av samme art i en annen prøve. Variasjoner i celledtall har også vært benyttet og dette gir et tilfredsstillende bilde for én art langs en parameterskala, men ikke de ulike artene innbyrdes.

Ved å legge kvantitative analyseresultater gjennom volumberegninger til grunn får en ikke bare en registrering av om arten er funnet eller ikke funnet, men også et mengdemessig mål på de enkelte artene i en prøve og variasjoner i disse. Dette gir straks et detaljert bilde av de enkelte artenes toleranse eller tilpasning innenfor ulike parameterintervaller.

Deler av grunnlaget for resultatene som presenteres i denne undersøkelsen er tidligere presentert med grovere pH-intervaller som en foreløpig oversikt i Brettum (1989). For Norge er det tidligere utført undersøkelser på artssammensetning av planteplankton i innsjøer med ulike pH-verdier av



Raddum et al. (1980a, 1980b). Disse undersøkelsene omfatter et begrenset antall innsjøer og baserer seg på celletall for de ulike artene, ikke volum.

Selv i internasjonal sammenheng er det relativt få slike undersøkelser. Noen undersøkelser tar for seg de enkelte artenes forekomst i forhold til pH for et større antall arter, men som regel basert på forekomst/ikke forekomst, eller celletall.

Det kvantitative aspekt i planteplanktonsammensetningen blir i denne sammenheng borte, og det er innlysende at det er stor forskjell om en art dominerte i en innsjølokalitet eller bare ett eller noen få individer ble registrert. Raddum et al. (1980b) poengterer dette. Rosén (1981) har gjort en undersøkelse for svenske innsjøer, der han tar for seg en del av de mest vanlige arter. Materialet er svært stort, én prøve fra hver av 1000 innsjøer. Han har registrert antall innsjøer disse artene forekom i relatert til middelverdiene for ulike parametre, også til pH. Grunnlaget for vurderingene og utregningene hos Rosén er kvantitative analyseresultater for planteplanktonet.

Willén et al. (1990) har også trukket inn volumandelen for en rekke arter i en multivariabel analyse for svenske innsjøer hvor blant annet forholdet til pH er undersøkt. Forøvrig har Hörnström (1979), Hörnström et al. (1984), Hörnström og Ekström (1986), Findlay og Kasian (1986) og Ilmavirta og Huttunen (1989) en rekke kommentarer og registreringer om enkeltarter innen de ulike planteplanktongrupper i forhold til forurening av vannmassene.

På grunn av at få eller ingen undersøkelser foreligger av planteplankton i de innsjøer som nå er forsuret, fra perioden før forurening, kan en ikke si noe om utviklingen i de enkelte innsjøene. Schindler et al. (1989) påpeker dette forholdet. Også Ilmavirta (1980) er inne på disse forhold.

Hadde opplysninger foreligget om forholdene før forurening ville en direkte kunne henvise til hvilke arter som forsvinner, eventuelt blir mer dominerende, etterhvert som forureningsprosessene går sin gang.

En er derfor henvist til å sammenligne planteplanktonsamfunnets sammensetning i ulike typer og grader av forsurete innsjøer, med forholdene slik en registrerer dem i innsjøer av omtrent samme vannkvalitet, men der det til nå ikke har vært noen nevneverdig forurening.

"Støy" eller "slengere" vil en måtte regne med blant planteplanktonet, bl.a. fordi det i mange innsjølokaliteter vil være tilførsler av vann fra andre innsjøer med andre pH-verdier og et annet algesamfunn. Slike vannmasser med et annet algeinnhold vil tilføres f.eks. fra en sur lokalitet til mindre sure lokaliteter uten at vannmassenes kjemi i den tilførte lokalitet blir nevneverdig påvirket. Omvendt vil det også være tilførsler av alger fra mindre sure lokaliteter til sure

lokaliteter. Det er her det kvantitative aspektet ved planteplanktonsammensetningen i markert større grad enn bare registrering av forekomst/ikke forekomst vil vise om en art virkelig trives og er "naturlig" hjemmehørende i en innsjølokalitet, eller om den lever under stressende forhold og eventuelt er på vei ut eller bare er å betrakte som en tilfeldig "slenger" fra andre, tilførte vannmasser.

## **2. REGISTRERTE EFFEKTER OG MULIGE ÅRSAKER SOM PÅVIRKER PLANTEPLANKTONETS SAMMENSETNING VED FORSURNING**

Som nevnt vil tålegrensene for en planteplanktonart klart variere i ulike innsjøer med samme pH-verdi, men der f.eks. humusinnholdet er svært forskjellig. Stort humusinnhold i en innsjø synes å gi større toleranse mot forsurening for mange arter enn hva tilfelle er i klare, humusfattige innsjøer.

Ilmavirta (1980) tar for seg og belyser det faktum at økosystemet i humøse innsjøer er forskjellig fra forholdene i klarvannsjøer, og at dette påvirker planteplanktonforholdene. Flere undersøkelser som Almer et al. (1974), Kwiatowski og Roff (1976), Yan (1983) og Schindler et al. (1985), har vist at det ved forsurening skjer en oppklaring av vannmassene, og dermed større eufotisk sone, ved at humusstoffer blir fjernet eller felt ut. Større eufotisk sone gir økt lysgjennomtrengelighet, og større lysintensitet til vannmassene. Dette virker hemmende på noen arter, og gunstig på andre, og medvirker dermed til endringer i algesammensetningen (O'Grady og Brown 1989).

Hörnström et al. (1984) trekker frem en annen effekt ved forsurening som påvirker planteplankton-sammensetningen. De sier at fravær av arter i sure innsjøer ikke skyldes forsureningen i seg selv, men at forsureningen fører til forhøyete aluminiumstilførsler fra omgivelsene. Høyt humusinnhold synes å binde aluminium slik at det registreres mindre løst aluminium i vannmassene. Sure innsjøer med høyt og lavt innhold av løst aluminium får forskjellige planteplanktonsamfunn.

Wehr et al. (1985) henviser til at forsurening endrer karbonkilden for mange arter ved at alt løst karbon foreligger som  $\text{CO}_2$  ved  $\text{pH} < 5.0$ . Mange arter som bruker bikarbonat som karbon-kilde vil da få problemer. Dette må være en av de viktigste årsakene til at det skjer en sterk nedgang i artsmangfoldet når pH synker ned til under dette nivå.

Det har også vært antydning at forsurening fører til lavere silisiuminnhold i de frie vannmasser noe som kan være årsak til at det blir færre planktoniske diatoméer (kiselalger) i planteplanktonsamfunnet. Det silisium som felles ut ved forsureningen vil imidlertid legge seg på bunnen, slik at deler av det vil være lettere tilgjengelig for bentiske former av diatoméer. Forøvrig har Stokes (1986) og Geelen og Leuven (1986) gitt gode oversikter og sammenstillinger over hva som er registrert generelt om planteplankton og forsurening.

Som nevnt tidligere er planteplanktonsammensetningen spesifikk for hver enkelt innsjølokalitet og avspeiler den fysisk-kjemiske sammensetningen i vannmassene. Det å se på en faktor som pH isolert kan derfor gi relativt store variasjoner i planteplanktonet i ulike innsjøer med samme pH-verdi, når en betrakter samfunnene registrert i en innsjøtype med det registrert i en annen. Således vil en til en viss grad ende opp med et noe annet planteplanktonsamfunn i de fleste norske forsurete lokaliteter i skog- og fjellområder (Raddum 1980a, Brettum 1989), enn det planteplanktonsamfunnet en f.eks. registrerer i mange av de nederlandske sure innsjølokalitetene som ligger i sandige myrlandskaper (Geelen og Leuven 1986) eller tilsvarende sure polske innsjøer (Zytkowicz 1982).

Selv om det skjer tildels store endringer i planteplanktonsammensetningen ved forsurening, så skjer det relativt liten endring i planteplanktonets primærproduksjon. I det minste er dette tilfelle i tidligere stadier av forsureningsprosessen (Dillon et al. 1979, Lydén og Grahn 1985, Schindler et al. 1985, Shearer og DeBruyn 1986). Flere undersøkelser, som DeCosta og Preston (1980), Yan og Lafrance (1984) og Havens og DeCosta (1986), viser til at det er næringsstoffnivået og ikke pH som er den viktigste kontrollfaktor ved primærproduksjonen i de sure innsjølokalitetene.

Yan og Stokes (1978) konkluderte med at antall arter og sammensetningen av planteplanktonet kvantitativt er en mer sensitiv indikator på forsurening enn den totale planteplanktonbiomasse en registrerer. Blouin (1989) poengterer også at forsurening av vannmasser synes å påvirke planteplanktondiversiteten mer enn mengde eller standing crop totalt. Planteplanktonbiomassene kan være store i forsurete innsjøer, selv om artsantallet er lite (Hörnström 1979, Rosén 1981).

På den annen side uttrykker Siegfried et al. (1986) at antall planteplanktonarter ikke korrelerte særlig bra med noen fysisk-kjemiske parametre i innsjøer med pH varierende mellom 4.0 og 7.2, men at det var god korrelasjon når en la totalvolum eller klorofyllmengde til grunn.

### **3. MATERIALE OG METODER**

Analysematerialet som ligger til grunn for de resultatene som er referert i denne rapporten baserer seg på 891 prøver samlet fra ca 150 innsjølokaliteter fordelt over det meste av landet. Materialet omfatter kvantitative planteplanktonanalyser, for det meste av blandprøver tatt fra overflaten ned til to ganger siktedypet, men ikke dypere enn 10 m. Dette skulle borge for at en fikk prøver som i rimelig grad inneholdt de fleste arter som var i vannmassene på prøvetakingstidspunktene.

Prøvene er samlet inn til ulike tidspunkter i vekstsesongen mai-oktober (for enkelte innsjøer april-oktober) fra hver av innsjøene. Dette gjør selvsagt materialet heterogent. På den annen side kan en

si at trender og fordelingstendenser som en registrerer på et så heterogent materiale må være rimelig utsagnskraftig, og sannsynligvis ville vært enda mer markerte hvis materialet hadde vært mer homogent m.h.t. prøvetakingstidspunktet. De 891 prøvene omfatter prøver som hadde samhørende pH-verdier.

Analysene av de kvantitative prøvene, som var konservert med Lugols løsning tilsatt iseddik ("Phytofix"), er utført med hjelp av et omvendt mikroskop etter forutgående sedimentering av prøvene i sedimenteringskamre. Metoden er beskrevet av Utermöhl (1958) og Hasle (1978). Metoden er også sammenfattet i Brettum (1984), der volumberegning av de enkelte arters spesifikke volum og de samlede volumberegninger for kvantifisering av planteplanktonmengder i en kvantitativ prøve er forklart. Alt materiale er lagt inn i en database (DLS) og beregningene er utført ved NIVA på en NORD 500 computer.

I analyseresultatene fra hver prøve er det beregnet den prosentvise andel hver registrerte arts (taxons) volum utgjorde i forhold til det samlede planteplanktonvolum beregnet i prøven. Tilsvarende prosentandel for hver gruppe (grønnalger, kiselalger, blågrønnalger osv.) samlet i forhold til det totale algevolum ble også beregnet for hver prøve.

Antall prøver som, ut fra tilhørende pH-verdi, falt innenfor de ulike pH-intervaller ble talt opp (antallet i tabell 1, vedlegg). Disse antallene er  $N$  i formelen nedenfor ( $N_1, N_2, N_3$  osv. for antall prøver innenfor hvert intervall). Deretter ble det registrert hvor mange av hver av disse antall innenfor hvert pH-intervall som inneholdt en bestemt art eller gruppe av planteplankton. Dette antallet er  $n$  i formelen ( $n_1, n_2, n_3$  osv. innenfor hvert intervall).

Den prosentvise andel av totalvolumet som en art eller gruppes volum utgjorde i hver prøveanalyse innen ett pH-intervall var  $P_1 + P_2 + \dots + P_n$ . Tilsvarende for alle prøver der arten eller gruppen forekommer innen hvert intervall. Gjennomsnittets prosentvis andel for en tilfeldig art  $j$  innen ett pH-intervall blir da:  $P_j = (\sum P_{j1} + P_{j2} + \dots + P_{jn}) / n_j$ .

Ved å regne ut for hvert pH-intervall;  $n_j/N \times P_j/n_j = P_j/N$ , der  $n_j$  er antall observasjoner innen et pH-intervall der arten  $j$  forekom og  $N$  er antall observasjoner totalt innen dette intervallet, får en et mål for både i hvilke vannmasser, ut fra pH-verdien, det er mest sannsynlig å registrere en bestemt art og hvor denne arten utgjorde i gjennomsnitt den største prosentvise andel av det totale planteplankton.

I det pH-intervallet der resultatene for en art får den høyeste verdien, er det mest sannsynlig å påtreffes arten. Da verdiene ved beregningene vil variere sterkt fra art til art, fordi noen arter er mer "volumiøse" enn andre, er høyeste verdi for en art i et pH-intervall satt til 100, og verdiene for samme art i de andre intervallene er justert i forhold til dette. Dette gjør verdiene mer enhetlig og

det blir lettere å få oversikten i tabellen (tabell 1, vedlegg). En får altså en toleranseverdi for artens toleranse overfor pH ( $H^+$  ionekonsentrasjonen) i vannmassene.

I denne beregningsmåten er tatt med den prosentvise andel for en art i forhold til totalvolumet av planteplankton og ikke det absolutte volum for arten. De absolutte verdiene kan være større innen andre pH-intervaller enn der den prosentvise andel er størst, ja tildels betydelig større, men i forhold til det samlede planteplankton er det mindre.

Det er sannsynlig at en art utvikler den største prosentvise andel av det samlede planteplankton i den vannkvalitet der den er best tilpasset.

#### 4. RESULTATER OG DISKUSJON

De beregnede verdier for pH-toleranse for ulike planteplanktonarter (beregningsmetoder forklart under kap. 3: Materialer og metoder) er vist i tabell 1 (vedlegg). Beregningene ble i utgangspunktet gjort for et stort antall taxon (arter, artsgrupper, usikre arter og ubestemte former), men i tabellen er bare tatt med arter som en med rimelighet kan si er sikre bestemmelser. I alt omfatter tabellen 109 arter. I den høyre kolonnen i tabellen er gitt hvor mange prøver hver art ble funnet i av de i alt 891 analyserte prøvene.

I figur 1 er vist antall arter, blant de artene som er listet opp i tabell 1 (vedlegg), innenfor hver gruppe, som ble registrert i de ulike pH-intervaller. Her er tatt med arter som viste en viss forekomst (verdi for toleranse  $>10$ ) for å unngå å ta med "slengere" eller arter som bare ble funnet med noen få individer.

Figuren viser at det blant Chlorophyceae (grønnalger) var en nedgang i artsantallet ved pH  $<7$ , og enda mer markert ved pH  $<6$ . Chrysophyceae (gullalger) viser en annen trend. Der var det et relativt stabilt artsantall ved pH  $<7$ , men antallet avtok markert ved pH  $>7$ . Bacillariophyceae (kiselalger) synes også å få et markert mindre artsantall ved pH  $<7$ , og ved pH  $<5$  skjer en ytterligere reduksjon. For Cyanophyceae (blågrønnalger) viser artsantallet en gradvis reduksjon i lokaliteter med pH  $<7$  og ved pH  $<5$  ble ingen planktoniske arter blant de som er tatt med i tabell 1 registrert. Dinophyceae (fureflagellater) har ut fra figuren det største artsantallet ved pH  $<5$ , men antallet er her relativt jevnt i alle intervallene. Cryptophyceae viser også en viss reduksjon i artsantallet ved pH  $<5.5$ .

Basert på denne enkle oversikten kan det virke som om det er blant arter innen gruppen Chrysophyceae og Dinophyceae en finner de som har størst toleranse mot forsurening. Det er med

andre ord disse to gruppene samlet og arter innen disse som i de fleste sure innsjølokaliteter i Norge synes å være mest fremtredende.

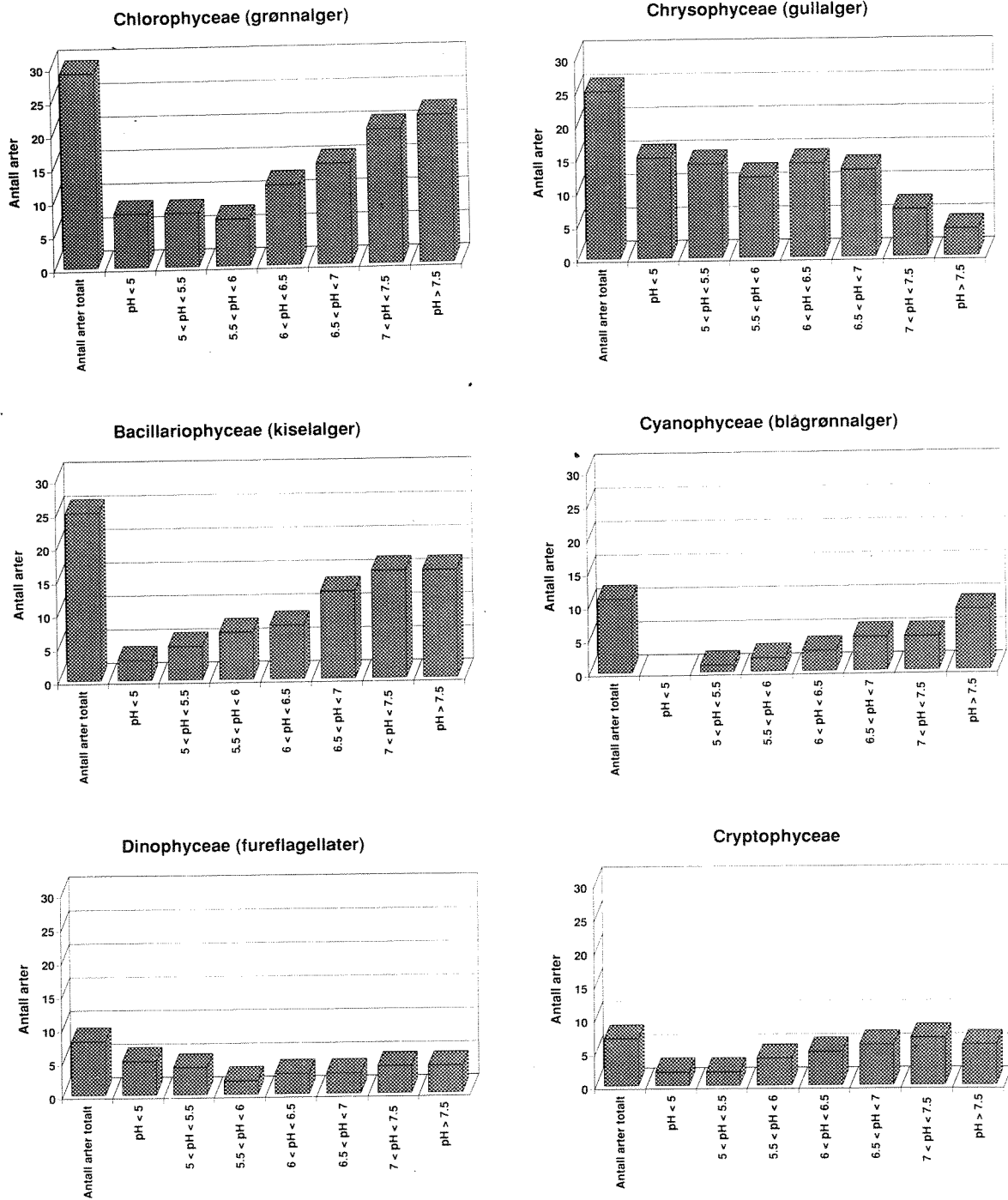


Fig. 1 Antall arter innen de viktigste planteplanktongrupperne med verdi i tabell 1 (vedlegg) >10 i de ulike pH-intervaller.

Særlig en art, Peridinium inconspicuum, innen gruppen Dinophyceae, ble registrert i de fleste sure lokalitetene (tabell 1, vedlegg). Denne arten går også igjen hos mange forfattere som en art som er vanlig og ofte dominerende i sure innsjøer og der kan utvikle store biomasser. Blant annet Rosén 1981, Havens og De Costa (1985) og Eloranta (1986), omtaler dette.

Selv om våre registreringer viser at arter innen gruppen Chrysophyceae er fremtredende i sure lokaliteter i Norge, har flere utenlandske undersøkelser vist en nedgang i dominans av arter innen denne gruppen ved sterk forsurening, f.eks. Johnson et al. (1972) og Havens og Heath (1990).

Eloranta (1986) poengterte at arter innen Dinophyceae blir mer dominerende i sure, oligotrofe og humøse innsjøer i Finland, men også at andelen av Cyanophyceae (blågrønnalger) og Chlorophyceae (grønnalger) i slike innsjøer kunne være større enn i mindre sure innsjøer, der Chrysophyceae (gullalger) var mer framtredende. Han refererer også til liten forekomst av planktoniske arter innen Bacillariophyceae (kiselalger, diatoméer) i sure innsjøer, det samme gjør Stokes (1986) og Arvola et al. (1990). Dette er overensstemmende med resultatene i den foreliggende undersøkelsen (figur 1). Som nevnt tidligere er det et gjennomgående trekk i denne undersøkelsen at arter innen gruppen Cyanophyceae og Bacillariophyceae forsvinner i stor utstrekning ved forsurening, noe som er i overensstemmelse med resultatene presentert hos Johnson et al. (1979), Raddum et al. (1980) og Havens og Heath (1990).

Figur 1 viser at gruppen Chlorophyceae hadde et klart synkende artsantall med synkende pH-verdier. Dette overensstemmer med undersøkelsene referert av Almer et al. (1974), Hendrey et al. (1976) og Raddum et al. (1980). Et typisk trekk i mange sterkt sure innsjøer er stor biomasse av arter blant de trådformete grønnalgene av slekten Mougeotia. Flere arter innen denne slekten (meget vanskelig å skille artene uten fertilt materiale!) er meget tolerante overfor forsurening. Dette er blant annet påpekt av Brezonik et al. (1986) som registrerte sterk økning av representanter for denne slekten ved eksperimentell forsurening av naturlige innsjølokaliteter.

De to artene Rhodomonas lacustris (= Rh. minuta) og Katablepharis ovalis innen Cryptophyceae er vanlige i de fleste norske innsjølokaliteter, men som tabell 1 (vedlegg) viser, hadde disse artene svekket toleranse ved pH <6, og ble bare sporadisk registrert med noen få individer ved pH <5.5. Cryptomonas marssonii synes derimot å ha stor toleranse overfor forsurening.

I eksperimentelle forsøk med forsurening viste Gensemer og Kilham (1984) at av fem undersøkte arter, to diatoméer Asterionella formosa og Stephanodiscus hantzschii, en grønnalge Scenedesmus sp., en blågrønnalge Anabaena flos-aquae og en cryptomonade Cryptomonas ozolini (denne er ikke med i tabell 1, vedlegg), tålte cryptomonaden godt pH ned mot 5.0., mens de andre artene forsvant

eller fikk sterkt redusert vekst ved pH 6-6.5. Dette er i god overensstemmelse med resultatene referert i den foreliggende rapporten.

Mange forfattere har registrert og poengtert at ved forsurening av vannmassene går det totale antall planteplanktonarter ned. Eksempler er Hendrey et al. (1976), Raddum et al. (1980b), Rosén (1981) og Bradt et al. (1986). Almer et al. (1974) fant at største nedgangen i artsantallet skjedde fra pH 6 til 5. Dette i god overensstemmelse med resultatene i figur 2.

Geelen og Leuven (1986) konkluderer, i sin litteraturoversikt over forsureningens innflytelse på planteplanktonsamfunnet, med at forsureningen forandrer strukturen av planteplanktonsamfunnet, artsrikdommen (diversiteten) og dominansen.

For de sure lokalitetene er imidlertid dette, som nevnt tidligere, mye avhengig av humusinnholdet. Vanligvis finner en det minste artsantallet i de klare, sure innsjøene, mens de humøse, sure innsjøene (pH <5) ofte har et artsantall og en sammensetning som mer er vanlig for næringsfattige, men bare svakt sure, innsjøer (Raddum et al. 1980b).

I oversikten nedenfor er trukket frem, fra tabell 1 (vedlegg), en del typiske eksempler på arter fra de ulike planteplanktongrupper innenfor følgende fire kategorier av forsureningstoleranse:

- Forsuringsbegunstigete arter: Arter som har stor toleranseverdi ved pH verdier <5.5 og bare sjelden eller i liten grad er registrert ved pH >5.5.
- Forsuringstolerante arter: Arter som ser ut til å ha tilnærmet like stor toleranseverdi ved pH <5.5 som ved høyere pH-verdier. Ofte arter som registreres over store deler av pH-skalaen.
- Moderat forsuringstolerante (forsuringshemmete) arter: Arter som klart har mindre toleranseverdi ved pH <5.5 eller som forsvinner helt ved slike lave pH-verdier og som har høyeste toleranseverdier ved pH mellom 6 og 7.
- Ikke forsuringstolerante arter: Arter som ikke ble registrert ved pH <5.5-6 og som hadde største toleranseverdi ved pH >7-7.5.

Ut fra en slik inndeling av artene kan en ta ut følgende eksempler på typiske arter innen de fire kategoriene etter tabell 1 (vedlegg):



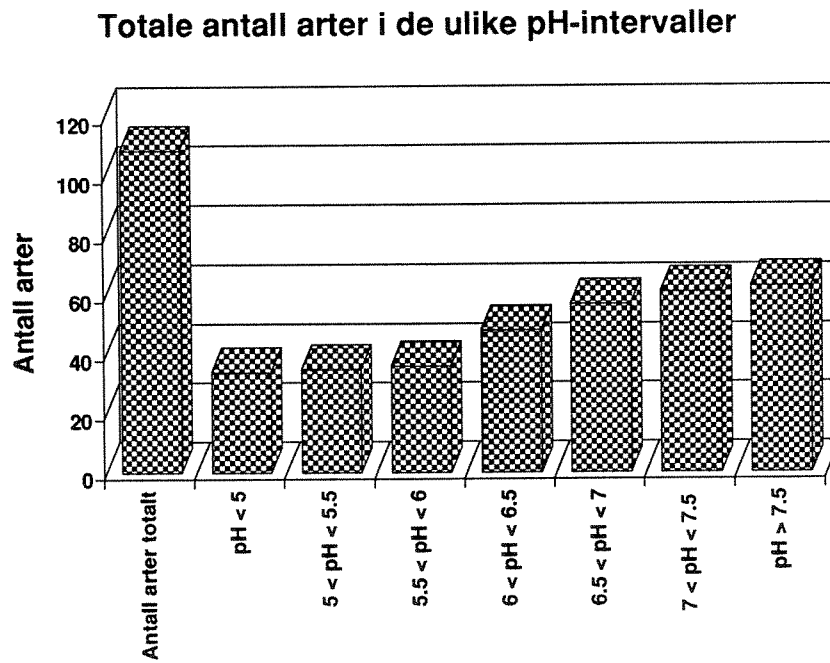


Fig. 2. Totale antall arter med verdi i tabell 1 (vedlegg) >10 innen de ulike pH-intervaller.

**FORSURINGSBEGUNSTIGETE ARTER:**Bacillariophyceae (kiselalger):

*Frustulia rhomboides* (+ *v.saxonica*) (Ehr.) de Toni

*Eunotia lunaris* (Ehr.) Grunow

Chlorophyceae (grønnalger):

*Mougeotia* spp.

*Closterium pronum* v. *prorum* Bréb.

*Penium polymorphum* (Perty) Perty

Chrysophyceae (gullalger):

*Dinobryon pediforme* (Lemm.) Steinecke

*Dinobryon obliquicaudum* Nyg.

*Bitrichia phaseolus* (Fott) Bourr.

*Bitrichia longispina* (Lund) Bourr.

*Bitrichia ollula* (Fott) Bourr.

*Kephyriopsis elegans* Hill.

*Dinobryon sociale* v. *americanum* (Brunth.) Bachm.

Dinophyceae (fureflagellater):

*Katodinium* spp.

*Peridinium inconspicuum* Lemm.

*Peridinium umbonatum* Stein

Xanthophyceae (gulgrønnalger):

*Isthmochloron trispinatum* (W. og G.S. West) Skuja

**FORSURINGSTOLERANTE ARTER:**Bacillariophyceae (kiselalger):

*Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz.

Chlorophyceae (grønnalger):

*Botryococcus braunii* Kütz.

*Scourfieldia cordiformis* Tak.

*Oocystis submarina* v. *variabilis* Skuja

Monoraphidium dybowskii (Wolosz.) Hind. og Kom.-Legn.  
Paramastix conifera Skuja

Chrysophyceae (gullalger):

Pseudokephyrion taeniatum Nicolls  
Dinobryon korschikovii (Korsch.) Matv.  
Chrysolykos skujai (Ramb.) Bourr.  
Bitrichia chodatii (Rev.) Chod.  
Dinobryon crenulatum W. og G.S. West  
Bicosoeca planctonica Kiss.  
Kephyrion boreale Skuja  
Pseudokephyrion entzii Conrad

Cryptophyceae:

Cryptomonas marssonii (Marss.) Skuja  
Cryptomonas spp.

Cyanophyceae (blågrønnalger):

Merismopedia tenuissima Lemm.

Dinophyceae (fureflagellater):

Gymnodinium uberrimum (Allm.) Kof. og Swezy  
Gymnodinium cf. lacustre Schill.

**MODERAT FORSURINGSTOLERANTE (FORSURINGSHEMMETE) ARTER:**

Bacillariophyceae (kiselalger):

Melosira distans (Ehr.) Kütz.  
Eunotia zasuminensis (Cabejsz.) Körner  
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.  
Rhizosolenia longiseta Zach.

Chlorophyceae (grønnalger):

Monoraphidium griffithii (Berkel) Kom.-Legn.  
Monoraphidium komarkovae Nyg.

Chrysophyceae (gullalger):

Dinobryon cylindricum v. alpinum (Imh.) Bachm.

Dinobryon suecicum Lemm.  
Stichogloea doederleinii (Schmidle) Wille

Cryptophyceae:

Rhodomonas lacustris (+ v. nannoplanctica) Pasch. og Ruttn. (= Rh.minuta Skuja)  
Katablepharis ovalis Skuja

Cyanophyceae (blågrønnalger):

Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Bréb.

Dinophyceae (fureflagellater):

Peridinium goslaviense Wolosz.

Euglenophyceae:

Trachelomonas volvocina Ehr.

Raphidiophyceae:

Goniosomum semen (Ehr.) Diesing

**IKKE FORSURINGSTOLERANTE ARTER:**

Bacillariophyceae (kiselalger):

Diatoma elongata Agardh  
Fragilaria crotonensis Kitt.  
Stephanodiscus hantzschii v. pusillus Grun.  
Melosira italica v. tenuissima (Grun.) O. Müll.

Chlorophyceae (grønnalger):

Staurastrum chaetoceras (Schröd.) G.M. Smith  
Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.  
Tetraedron minimum (A.Br.) Hansg.  
Scenedesmus quadricauda (Turp.) Bréb.

Chrysophyceae (gullalger)

Dinobryon sociale Ehr.

Cryptophyceae

Rhodomonas lens Pasch. og Ruttn.

Cyanophyceae (blågrønnalger):

Oscillatoria agardhii Gom.

Aphanizomenon flos-aquae Ralfs.

Microcystis aeruginosa Kütz.

Microcystis wesenbergii Kom.

Anabaena circinalis Rab.

Dinophyceae (fureflagellater):

Gymnodinium helveticum f. achroum Skuja

Euglenophyceae:

Trachelomonas hispida (Perty) Stein

## 5. VIDERE ARBEID

De resultater for toleranse mot forsurening, basert på kvantitative planteplanktonanalyser i relasjon til pH-verdier som er presentert her, må sees på som et første forsøk på å sammenstille de resultatene som en i dag har.

Etterhvert som nye analyseresultater, med samhørende verdier for pH fremkommer, vil den refererte artslisten bli revidert i den grad dette kan vise seg nødvendig. For de fleste artene som er referert er imidlertid analyse materialet så stort at det bare kan være snakk om mindre justeringer. Resultater for nye arter som tilkommer vil bli lagt inn i databasen fortløpende.

Når samhørende analyseresultater for andre kjemiske parametre er lagt inn i basen, vil det videre arbeidet bestå i tilsvarende undersøkelser av forholdene mellom ulike planteplanktonarter og f.eks. ANC (Acid Neutralization Capacity) (hvis datagrunnlaget er godt nok), nitrogenkonsentrasjoner, P:N forhold.

Det kan også være aktuelt å trekke inn andre forhold som f.eks. farge eller TOC for å se på humusinnholdets innflytelse på tålegrensene for ulike arter, og hele planteplanktonsamfunnets sammensetning og artsdiversitet.

Det viktigste arbeidet i første omgang blir imidlertid å få lagt inn i databasen alt tilgjengelig materiale av interesse og å oppdatere basen. Mye materiale, som i dag bare foreligger som rådata eller i rapportform, er av viktighet for det videre arbeidet.

**Litteratur**

- Almer, B., W. Dickson, C. Ekström, E. Hörnström og U. Miller, 1974. Effects of Acidification on Swedish Lakes. *Ambio* 3(1): 30-36.
- Arvola, L., T.-R. Metsälä, A. Similä og M. Rask, 1990. Phyto- and zooplankton in relation to water pH and humic content in small lakes in Southern Finland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24: 688-692.
- Blouin, A.C., 1989. Patterns of plankton species, pH and associated water chemistry in Nova Scotia Lakes. *Water, Air, and Soil Pollution* 46: 343-358.
- Bradt, P.T., J.L. Dudley, M.B. Berg og D.S. Barrasso, 1986. Biology and chemistry of three Pennsylvania Lakes. Responses to acid precipitation. *Water, Air, and Soil Pollution*. 30: 505-513.
- Brettum, P., 1984. Planteplanktontelling. I: Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. K. Vennerød (ed.). Norsk limnologiforening, Universitetsforlaget, Oslo: 146-154.
- Brettum, P., 1989. Alger som indikator på vannkvalitet. Planteplankton. NIVA-rapp. 2344. Statens forurensningstilsyn (SFT): 111 s.
- Brezonik, P.L., L.A. Baker, J.R. Eaton, T.M. Frost, P. Garrison, T.K. Kratz, J.J. Magnuson, W.J. Rose, B.K. Shephard, W.A. Swenson, C.J. Watras og K.E. Webster, 1986. Experimental acidification of Little Rock Lake, Wisconsin. *Water, Air, and Soil Pollution* 31: 115-121.
- DeCosta, J. og C. Preston, 1980. The phytoplankton productivity of an acidic lake. *Hydrobiologia* 70: 39-49.
- Dillon, P.J., N.D. Yan, W.A. Schneider og N. Conroy, 1979. Acidic Lakes in Ontario. Characterization, extent, and responses to base and nutrient additions. *Arch. Hydrbiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 13: 317-336.
- Eloranta, P., 1986. Phytoplankton structure in different lake types in central Finland. *Holarct. Ecol.* 9: 214-224.

- Findlay, D.L. og S.E.M. Kasian, 1986. Phytoplankton community responses to acidification of Lake 223, Experimental Lakes Area, Northwestern Ontario. *Water, Air, and Soil Pollution* 30: 719-726.
- Geelen, J.F.M. og R.S.E.W. Leuven, 1986. Impact of acidification on phytoplankton and zooplankton communities. *Experientia* 42: 486-494.
- Gensemer, R.W. og S.S. Kilham, 1984. Growth Rates of Five Freshwater Algae in Well-Buffered Acidic Media. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1240-1243.
- Hasle, G.R., 1978. The inverted microscope method. I: Phytoplankton manual. A. Sournia (ed.), UNESCO, Paris: 88-96.
- Havens, K.E. og J. DeCosta, 1985. An analysis of selective herbivory in an acid lake and its importance in controlling phytoplankton community structure. *J. Plankton Res.* 7(2): 207-222.
- Havens, K.E. og J. DeCosta, 1986. A comparison of phytoplankton responses to nutrient additions in acidic and circumneutral pH lakewater. *Hydrobiologia* 137: 211-222.
- Havens, K.E. og R.T.Heath, 1990. Phytoplankton Succession During Acidification With and Without Increasing Aluminium Levels. *Environmental Pollution* 68: 129-145.
- Hendrey, G.R., K. Baalsrud, T.S. Traaen, M. Laake og G. Raddum, 1976. Acid precipitation: Some hydrobiological changes. *Ambio* 5: 224-227.
- Hörnström, E., 1979. Kalknings- och försurningseffekter på växtplankton i tre västkustsjöar. Statens naturvårdsverk rapp. SNV PM 1220. 70 s.
- Hörnström, E. og C. Ekström, 1986. Acidification and Liming Effects on Phyto- and Zooplankton in Some Swedish West coast Lakes, Statens naturvårdsverk rapp. 1864. 108 s.
- Hörnström, E., C. Ekström og M. Osama Duraini, 1984. Effects of pH and Different Levels of Aluminium on Lake Plankton in the Swedish West Coast Area. Rep. Inst. Fresh. Drottningholm 61: 115-127.
- Ilmavirta, V., 1980. Phytoplankton in 35 finnish brown-water lakes of different trophic status. Dev. in Hydrobiol. 3, M. Dokulil, H. Metz & D. Jewson (ed.).

- Ilmavirta, V. og P. Huttunen, 1989. Water chemistry and phytoplankton communities in acidic clear and brown-water lakes in eastern Finland. *Water, Air, and Soil Pollution* 46: 415-432.
- Johnson, M.G., M.F.P. Michalski og A.E. Christie, 1970. Effects of Acid Mine Wastes on Phytoplankton Communities of Two Northern Ontario Lakes. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 27: 425-444.
- Kwiatkowski, R.E. og J.C. Roff, 1976. Effects of acidity on the phytoplankton and primary productivity of selected Northern Ontario Lakes. *Can. J. Bot.* 54: 2546-2561.
- Lydén, A. og O. Grahn, 1985. Phytoplankton species composition, biomass and production in Lake Gårsjön - an acidified clearwater lake in SW Sweden. *Ecological Bulletins* 37: 195-202.
- O'Grady, K. og L.M. Brown, 1989. Growth inhibition by high light intensities in algae from lakes undergoing acidification. *Hydrobiologia* 184: 201-208.
- Raddum, G.G., E.R. Lømsland og T.M. Johnsen, 1980. Klorofyll a, feopigment og artssammensetning av fytoplantkon i vann med ulik pH. SNSF-prosj., TN56/80. 60 s.
- Raddum, G.G., A. Hobæk, E.R. Lømsland og T.M. Johnsen, 1980. Phytoplankton and zooplankton in acidified lakes in South Norway. I: D. Drabløs og A. Tollan (eds.), *Ecological Impact of Acid Precipitation*, SNSF-Project, Oslo-Ås: 332-333.
- Rosén, G., 1981, Phytoplankton indicators and their relations to certain chemical and physical factors. *Limnologia (Berlin)* 13(2): 263-290.
- Schindler, D.W., K.H. Mills, D.F. Malley, D.L. Finlay, J.A. Shearer, I.J. Davies, M.A. Turner, G.A. Lindsey og D.R. Cruikshank, 1985. Long-term ecosystem stress: The effects of years of experimental acidification on a small lake. *Science* 228: 1395-1401.
- Schindler, D.W., S.E.M. Kasian og R.H. Hesslein, 1989. Losses of biota from american aquatic communities due to acid rain. *Environmental Monitoring and Assessment* 12: 269-285.
- Shearer, J.A. og E.R. DeBruyn, 1986. Phytoplankton productivity responses to direct addition of sulfuric and nitric acids to the waters of a double-basin lake. *Water, Air, and Soil Pollution* 30: 695-702.



- Siegfried, C.A., J.A. Bloomfield og J.W. Sutherland, 1989. Acidity status and phytoplankton species richness, standing crop, and community composition in Adirondack, New York, USA. *Lakes. Hydrobiologia* 175: 13-32.
- Stokes, P.M., 1986. Ecological effects of acidification on primary producers in aquatic systems. *Water, Air, and Soil Pollution* 30: 421-438.
- Utermöhl, H., 1958. Sür Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. verh. teor. angew. Limnol.* 9: 1-38.
- Wehr, J.D., L.M. Brown og K. O'Grady, 1985. Physiological ecology of the bloomforming algae Chrysochromulina breviturrita Nich. (Prymnesiophyceae) from lakes influenced by acid precipitation. *Can. J. Bot.* 63: 2231-2239.
- Willén, E., S. Hajdu og Y. Pejler, 1990. Summer Phytoplankton in 73 Nutrient-poor Swedish Lakes. Classification. Ordination and Choice of Long-term Monitoring Objects. *Limnologica (Berlin)* 20(2): 217-227.
- Yan, N.D., 1983. Effects of changes in pH on transparency and thermal regimes of Lohi Lake, near Sudbury, Ontario. *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 40: 621-626.
- Yan, N.D. og P. Stokes, 1978. Phytoplankton of an Acidic Lake, and Its Responses to Experimental Alterations of pH. *Environmental Conservation* 5(2): 93-100.
- Yan, N.D. og C. Lafrance, 1984. Responses of acidic and neutralized lakes near Sudbury, Ontario, to nutrient enrichment. I: Environmental Impacts of Smelters, J. Nriagu (ed.).
- Zytkowicz, R. 1982. Characteristics of the environment of the Jasne Lake. *A.U.N.C. Limnol. Pap.* 13: 51-63.

**VEDLEGG**

Tabell 1. Verdier som angir toleranse for ulike planteplanktonarter mot forsurening relatert til pH.

Høyeste verdier angir pH-intervallet der arten viser størst toleranse eller er best tilpasset.

Bacillariophyceae (kiselalger).

pH	< 5	5 ≤ - < 5.5	5.5 ≤ - < 6	6 ≤ - < 6.5	6.5 ≤ - < 7	7 ≤ - 7.5	7.5 ≤	Nsum
Antall prøver fordelt pr. pH-intervall	46	41	62	238	228	149	127	891
TAXON								
<i>Frustulia rhomboides</i> v. <i>saxonica</i>	41	100	42	4	6	.	.	45
<i>Eunotia lunaris</i>	36	100	10	1	2	1	.	37
<i>Stenopterobia intermedia</i>	.	100	8	.	.	.	.	4
<i>Actinella punctata</i>	70	100	18	3	.	.	.	5
<i>Tabellaria flocculosa</i>	4	65	27	100	88	17	2	83
<i>Eunotia zasuminensis</i>	.	3	.	100	.	.	.	7
<i>Melosira distans</i>	.	8	22	77	100	.	.	27
<i>Melosira distans</i> v. <i>alpigena</i>	.	4	37	56	100	63	6	121
<i>Tabellaria fenestrata</i>	1	1	4	30	100	54	23	180
<i>Rhizosolenia longiseta</i>	.	.	2	25	100	74	3	106
<i>Asterionella formosa</i>	1	.	16	20	37	100	32	302
<i>Rhizosolenia eriensis</i>	.	.	.	5	74	100	.	14
<i>Melosira ambigua</i>	.	.	.	2	6	100	24	31
<i>Melosira italica</i>	.	.	.	.	38	100	43	42
<i>Synedra rumpens</i>	.	.	.	42	19	100	77	30
<i>Cyclotella comta</i>	.	.	1	9	15	9	100	125
<i>Melosira granulata</i> v. <i>angustissima</i>	.	.	.	.	17	9	100	12
<i>Diatoma elongata</i>	.	.	.	.	3	20	100	48
<i>Fragilaria crotonensis</i>	.	.	.	.	45	75	100	92
<i>Melosira italica</i> v. <i>tenuissima</i>	.	.	.	1	21	53	100	72
<i>Stephanodiscus hantzchii</i> v. <i>pusillus</i>	.	.	.	3	9	50	100	66
<i>Synedra acus</i> v. <i>angustissima</i>	.	.	.	.	.	31	100	22
<i>Nitzschia gracilis</i>	.	.	.	.	.	12	100	18
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	.	.	.	.	.	13	100	14
<i>Synedra acus</i> v. <i>radians</i>	.	.	.	.	22	7	100	25

## Chlorophyceae (grønnalger).

pH	< 5	5 ≤ - < 5.5	5.5 ≤ - < 6	6 ≤ - < 6.5	6.5 ≤ - < 7	7 ≤ - 7.5	7.5 ≤	Nsum
Antall prøver fordelt pr. pH-intervall	46	41	62	238	228	149	127	891
TAXON								
Mougeotia spp.	100	85	74	.	16	.	.	25
Closterium pronum v.pronum	46	100	.	.	.	.	.	3
Penium polymorphum	17	100	2	.	.	.	.	18
Oocystis submarina v.variabilis	89	100	22	22	11	8	1	406
Scourfieldia cordiformis	71	100	67	48	46	53	4	89
Monoraphidium dybowskii	7	100	68	34	31	21	9	341
Monoraphidium griffithii	.	.	81	100	77	14	1	152
Paramastix conifera	89	42	94	62	100	51	13	75
Monoraphidium komarkovae	10	2	8	48	100	3	60	56
Coelastrum microporum	.	.	.	8	100	55	29	22
Scenedesmus arcuatus	.	.	.	.	100	19	38	8
Botryococcus braunii	52	31	63	27	28	100	16	116
Pediastrum tetras	.	.	.	18	16	100	46	11
Pandorina morum	.	.	.	8	31	21	100	20
Monoraphidium minutum	.	.	.	18	21	80	100	34
Micractinium pusillum	.	.	.	10	3	11	100	19
Cosmarium subcostatum	.	.	.	22	5	.	100	6
Staurastrum chaetoceras	.	.	.	.	3	13	100	24
Tetrastrum staurogeniforme	.	.	.	10	.	17	100	15
Pediastrum boryanum	.	.	.	.	1	18	100	50
Tetraedron minimum	.	.	.	5	17	48	100	39
Pediastrum duplex	.	.	.	.	6	72	100	14
Oocystis parva	.	.	.	.	.	92	100	13
Scenedesmus quadricauda	.	.	.	1	3	3	100	55
Schroderia setigera	.	.	.	.	11	89	100	18
Scenedesmus acuminatus	.	.	.	.	8	19	100	20
Coelastrum reticulatum	.	.	.	.	.	14	100	15
Staurastrum paradoxum v.parvum	.	.	.	.	2	.	100	14
Scenedesmus spinosus	.	.	.	.	.	.	100	10

## Chrysophyceae (gullalger).

pH	< 5	5 ≤ - < 5.5	5.5 ≤ - < 6	6 ≤ - < 6.5	6.5 ≤ - < 7	7 ≤ - 7.5	7.5 ≤	Nsum
Antall prøver fordelt pr. pH-intervall	46	41	62	238	228	149	127	891
TAXON								
Dinobryon pediforme	100	30	.	.	.	.	.	6
Dinobryon obliquicaudum	100	.	.	.	.	.	.	7
Bitrichia phaseolus	100	.	.	.	.	.	.	19
Bitrichia longispina	100	4	.	.	.	.	.	5
Kephyriopsis elegans	100	.	.	.	.	.	.	3
Bitrichia ollula	100	11	.	1	.	1	.	25
Dinobryon korschikovii	100	23	48	12	7	1	8	61
Dinobryon sociale v.americanum	100	23	12	5	4	5	2	155
Chrysolykos skujai	100	55	87	32	19	8	3	195
Pseudokephyrion taeniatum	77	100	52	4	2	.	.	26
Monochrysis agilissima	.	100	11	4	.	.	.	3
Dinobryon crenulatum	57	100	71	57	29	26	9	299
Kephyrion boreale	33	100	12	12	25	12	4	147
Bitrichia chodatii	72	78	100	47	42	14	14	343
Bicosoeca planctonica	27	18	100	15	17	10	.	20
Dinobryon cylindricum var.alpinum	.	7	63	100	29	1	.	26
Dinobryon cylindricum v.palustre	.	.	.	100	.	.	.	4
Pseudokephyrion entzii	67	11	72	100	77	53	29	188
Mallomonas lychensis	.	.	.	100	76	.	.	5
Dinobryon suecicum	.	30	3	44	100	38	1	116
Chromulina nebulosa	.	.	.	87	100	.	.	7
Pseudokephyrion attenatum	.	.	.	2	100	.	.	4
Chrysosphaerella longispina	.	.	.	10	100	.	.	5
Stichogloea doederleinii	.	10	22	41	70	100	12	94
Dinobryon sociale	.	.	.	1	2	5	100	22



**Dinophyceae (fureflagellater).**

pH	< 5	5 ≤ - < 5.5	5.5 ≤ - < 6	6 ≤ - < 6.5	6.5 ≤ - < 7	7 ≤ - 7.5	7.5 ≤	Nsum
Antall prøver fordelt pr. pH-intervall	46	41	62	238	228	149	127	891
TAXON								
Katodinium spp.	100	75	5	.	.	.	.	8
Peridinium inconspicuum	100	34	4	5	4	7	3	298
Peridinium umbonatum	100	.	.	.	4	6	.	14
Gymnodinium uberrimum	38	100	70	29	37	25	15	73
Gymnodinium cf. lacustre	79	100	88	59	35	30	15	439
Peridinium goslaviense	.	.	.	100	4	.	.	3
Gymnodinium helveticum f. achroum	.	.	.	7	42	100	97	48
Peridinium aceculiferum	.	.	.	.	.	19	100	8

**Euglenophyceae.**

pH	< 5	5 ≤ - < 5.5	5.5 ≤ - < 6	6 ≤ - < 6.5	6.5 ≤ - < 7	7 ≤ - 7.5	7.5 ≤	Nsum
Antall prøver fordelt pr. pH-intervall	46	41	62	238	228	149	127	891
TAXON								
Trachelomonas volvocina	.	.	.	77	100	50	55	19
Trachelomonas hispida	.	.	.	23	9	.	100	17

**Xanthophyceae (gulgrønnalger).**

pH	< 5	5 ≤ - < 5.5	5.5 ≤ - < 6	6 ≤ - < 6.5	6.5 ≤ - < 7	7 ≤ - 7.5	7.5 ≤	Nsum
Antall prøver fordelt pr. pH-intervall	46	41	62	238	228	149	127	891
TAXON								
Isthmochloron trispinatum	100	96	31	8	8	.	.	42

## Raphidiphyceae.

pH	< 5	5 ≤ - < 5.5	5.5 ≤ - < 6	6 ≤ - < 6.5	6.5 ≤ - < 7	7 ≤ - 7.5	7.5 ≤	Nsum
Antall prøver fordelt pr. pH-intervall	46	41	62	238	228	149	127	891
TAXON								
Gonyostomum semen		5	23	100	72	61		38



## 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., L. Lien & T. S. Traaen, 1990. Tålegrenser for overflatevann. Kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport 0-89210.
- 3 Lien, L., A. Henriksen, G. Raddum & A. Fjellheim, 1989. Tålegrenser for overflatevann. Fisk og evertebrater. Foreløpige vurderinger og videre planer. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport O-89185.
- 4 Bølviken, B. & medarbeidere, 1990. Jordforsuringsstatus og forsurningsfølsomhet 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. & S. Nybø, 1990. Effekter av langtransporterte forurensninger på terrestriske dyr i Norge. En statusrapport med vekt på SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 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. & K. Aagaard, 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., H. Mack Berger & L. Kvenild, 1992. Fiskestatus i relasjon til forsuring av innsjøer. Norsk institutt for naturforskning (NINA), forskningsrapport 032.
- 9 Pedersen, U., S. E. Walker & A. Kibsgaard, 1990. Kart over atmosfærisk avsetning av svovel- og nitrogenforbindelser i Norge. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR:28/90.
- 10 Pedersen, U. 1990. Ozonkonsentrasjoner i Norge. Norsk institutt for luftforskning (NILU), OR:28/90.
- 11 Wright, R. F., A. Stuanes, J. O. Reuss & M. B. Flaten, 1990. Critical loads for soils in Norway. Preliminary assessment based on data from 9 calibrated catchments. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), rapport 0-89153.
- 11b Reuss, J. O., 1990. Critical loads for soils in Norway. Analysis of soils data from eight Norwegian catchments. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), rapport 0-89153.
- 12 Amundsen, C. E., 1990. Bufferprosent som parameter for kartlegging av forsurningsfølsomhet i naturlig jord. Universitetet i Trondheim, AVH (stensil).
- 13 Flatberg, K. I., B. Foss, A. Løken & S. M. Saastad, 1990. Moseskader i barskog. Direktoratet for naturforvaltning (DN), notat (under trykking)
- 14 Frisvoll, A. A., & Flatberg, K. I., 1990. Moseskader i Sør-Varanger. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 55.
- 15 Flatberg, K. I., Bakken, S., Frisvoll, A. A., & Odasz, A. M. 1990. Moser og luftforurensninger. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 69.
- 16 Mortensen, L. M. Ozonforurensning og effekter på vegetasjonen i Norge. Norsk landbruksforsk. 5:235-264.

- 17 Wright, R.F., Stuanes, A.O. & Frogner, T. Critical Loads for Soils in Norway Nordmoen. Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Rapport O-89153.
- 18 Pedersen, H.C., Nygård, T., Myklebust, I. og Sæther, M. 1991. Metallbelastninger i lirype. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 71.
- 19 Lien, L., Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1991. Tålegrenser for overflatevann evertebrater og fisk. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) Rapport 0-89185,2.
- 20 Amundsen, Carl Einar. 1992. Sammenligning av parametre for å bestemme forsurningsfølsomhet i jord. NGU-rapport 91.265.
- 21 Bølviken, B., R. Nilsen, J. Romundstad & O. Wolden. 1992. Surhet, forsurningsfølsomhet og lettløselige baeskationer 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. 53s.
- 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) Oppdragsmeld. 124.
- 25 Fremstad, E. 1992. Heivegetasjon i Norge, utbredelseskart. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. (i trykk)
- 26 Flatberg, K.I. & Frisvoll, A. 1992. Undersøkelser av skader hos to sigdmoser i Agder. Norsk institutt for naturforskning (NINA) Oppdragsmeld. 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. Planteplankton. 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 (i trykk)
- 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

Henvendelser vedrørende rapportene rettes til utførende institusjon