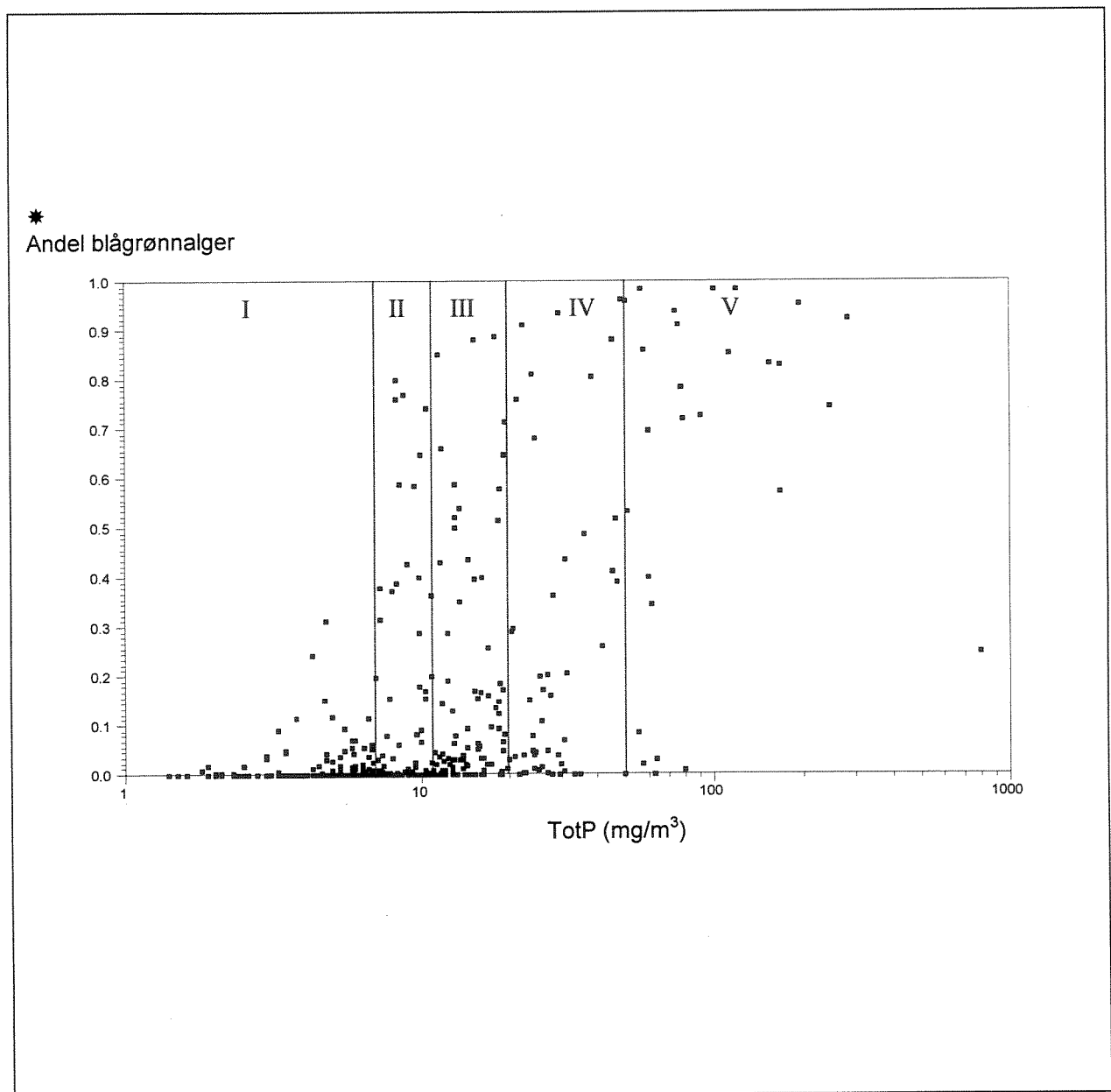


Biologisk klassifisering av trofinivå i ferskvann.

Kan "andel blågrønnalger" brukes?



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

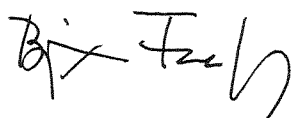
Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer Biologisk klassifisering av trofinivå i ferskvann Kan "andel blågrønnalger" brukes?	Løpenr. (for bestilling) 3876-98	Dato 27.5.98
	Prosjektnr. Undernr. 91050	Sider Pris 42
Forfatter(e) Bjørn Faafeng	Fagområde vassdrag	Distribusjon fri
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Statens Forurensningstilsyn		Oppdragsreferanse
Sammendrag Et større datamateriale samlet inn ved "Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer" siden 1988 er analysert for å teste om relativ forekomst av blågrønnalger kan nyttes som en biologisk indikator for trofinivå i innsjøer. Faafeng og Severinsen (1994) har tidligere vist at dette kan være tilfellet for et begrenset utvalg av innsjøer, geografisk eller etter innsjøtype. De foreliggende analysene viser at maksimal andel av blågrønnalger i en sesong ikke egner seg alene som tilstandsklasse for eutrofiering i innsjøer. Allerede i fosforklasse II (totalP 7-11 µgP/l) vil ofte blågrønnalgene kunne utgjøre en betydelig del av sommerplanktonet, også om en holder utenfor analysen én oligotrof art blågrønnalger: <i>Merismopedia tenuissima</i> . Derimot vil blågrønnalger sjelden dominere ved N/P-forhold (vekt) >100. Denne undersøkelsen bekrefter ikke kurven til Berge (1987) om skillet mellom innsjøer med og uten dominans av blågrønnalger i grunne innsjøer. Dominans av enkeltarter og artskombinasjoner av blågrønnalger kan være aktuelle trofiindikatorer. Ytterligere bearbeiding av dataene vha. multivariat statistikk anbefales.		
Fire norske emneord 1. Eutrofiering 2. Algeoppblomstring 3. Vannkvalitet 4. Indikatorer	Fire engelske emneord 1. Eutrophication 2. Algal blooms 3. Water quality 4. Quality indicators	


 Bjørn Faafeng
 Prosjektleder

ISBN 82-577-3460-8


 Dag Berge
 Forskningssjef

Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer

Biologisk klassifisering av trofinivå i ferskvann

Kan "andel blågrønnalger" brukes?

Forord

Denne rapporten er del av det arbeidet som NIVA utfører for Statens Forurensningstilsyn i prosjektet "Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer". Bakgrunnen er ønsket om å videreutvikle systemet for klassifisering av vannkvalitet (SFT 1992) ved å utnytte det verdifulle biologiske datamaterialet som er samlet i forbindelse ved denne innsjøundersøkelsen.

I 1994 ble det utarbeidet en rapport: "Kartpresentasjon av resultater fra Rogaland 1988-92" (Faafeng og Severinsen 1994), der andelen blågrønnalger (Cyanophyceae) av den totale planteplanktonbiomassen ble forsøkt brukt for å klassifisere innsjøene etter trofiskalaen. Rapporten viste at denne klassifiseringen samsvarte godt med klassifisering mhp. total fosfor og klorofyll. Det ble derfor besluttet å gå videre med en vurdering av hele datamaterialet for perioden 1988 - 93. Denne rapporten er et bidrag til å trenge noe dypere inn i denne problemstillingen, først ved å presentere endel hypoteser fra faglitteraturen og dernest ved å teste noen av disse på det foreliggende datamaterialet.

Kvantitativ bearbeiding av planteplankton ble utført av Pål Brettum. Hilde Gulbrandsen har bistått ved utdrag fra databasen for "Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer". Eirik Fjeld har gitt gode råd ved bruk av statistikkprogrammet JMP. Olav M. Skulberg, NIVA og Dag Rosland, SFT har gitt en rekke verdifulle kommentarer til manuskriptet.

Oslo, 26. mai 1998

Bjørn Faafeng

Innhold

1. KONKLUSJONER	5
2. INNLEDNING	6
2.1 Hypotesen	6
2.2 Teoretisk bakgrunn	6
2.2.1 Total fosfor vs. andel blågrønnalger	7
2.2.2 Total fosfor vs. arter av blågrønnalger	12
3. MATERIALE OG METODER	16
3.1 Grunnlagsdata	16
3.2 Metoder	16
4. RESULTATER	18
4.1 Fosfor og N:P	18
4.2 Klorofyll	22
4.3 Algegruppe	24
4.4 Fylke og landsdel	26
4.5 Artsfordeling	28
4.6 Dominans og biologisk mangfold	30
VEDLEGG	35

1. KONKLUSJONER

Det er stort behov for å klassifisere vannkvalitet i innsjøer for forskjellige formål. Det finnes vurderingssystemer tilpasset norske forhold som i stor grad er basert på kjemiske analyser (se f.eks. SFT, 1997). I denne rapporten blir forekomsten av blågrønnalger (Cyanobacteria) vurdert for bruk som indikator på trofinivå, fordi denne gruppen planteplankton ofte finnes i innsjøer med høy konsentrasjon av næringsstoffene fosfor og nitrogen.

Analysene av foreliggende data viser at maksimal andel av blågrønnalger i en sesong (heretter kalt ABG) ikke egner seg alene som tilstandsklasse for eutrofiering i innsjøer, men vi finner at:

- *innsjøer i tilstandsklasse I (beregnet for totalP) har sjelden mer enn 20% ABG.*
- *innsjøer i tilstandsklasse II-IV har ABG uavhengig av trofinivået.*
- *innsjøer i tilstandsklasse V (beregnet for totalP) har ofte mer enn 50% ABG.*

For et begrenset utvalg av innsjøer, geografisk eller etter innsjøtype, kan likevel ABG være egnet for tilstandsklassifisering (se Faafeng og Severinsen 1994).

Blågrønnalger ser ikke ut til å dominere ved N:P-forhold > 100 (vektforhold av total elementmengde).

Det er en svakhet ved denne analysen, som ved de fleste tilsvarende tidligere analyser, at det ikke er tatt hensyn til hvor stor andel av fosfor og nitrogen i vannet som har vært biologisk tilgjengelig. Det mangler imidlertid fortsatt enkle analysemetoder som kan gi entydige mål for dette. Det samme kan sies om betydningen av forskjellige organiske forbindelser for vekst av blågrønnalger.

*Ulike arter blågrønnalger har forskjellig indikatorverdi for eutrofi. *Merismopedia tenuissima* er en art som kun har dominans ved oligotrofe forhold (tilstandsklasse I-II), mens f.eks. *Microcystis aeruginosa* dominerer ved eutrofi (klasse V). Ved analyse av et større datamateriale bør dominans av enkeltarter kunne utnyttes i et klassifiseringssystem.*

Den foreliggende analysen indikerer at det kan tenkes flere fruktbare veier videre i arbeidet med å klassifisere innsjøers tilstand ut fra planteplanktonets artssammensetning. Særlig vil vi anbefale å studere nærmere klassifisering av indikatorsamfunn bestående av flere egnede indikatorarter, karakteristiske kombinasjoner av arter ("assosiasjoner") ved dominans av blågrønnalger, gjerne i kombinasjon med mål for dominans/diversitet. Betydningen av at blågrønnalger ofte anses å være lite spiselige for viktige arter av herbivore dyreplankton bør også tas med i videre analyser. Multivariat statistikk vil kunne være nyttige verktøy i dette arbeidet.

2. INNLEDNING

2.1 Hypotesen

Det er akseptert at andelen blågrønnalger (heretter forkortet ABG) av det totale planteplanktonvolumet har tendens til å øke ved økende eutrofiering. Arbeidshypotesen for dette arbeidet har vært å avklare om dette er så lovmessig at det egner seg som et praktisk kriterium for klassifisering av vannkvaliteten i innsjøer. Faafeng og Severinsen (1994) foreslo en inndeling i 5 tilstandsklasser med 20%-intervaller fra klasse I (0-20% til klasse V (80-100%) for den maksimale ABG innen en vekstsesong.

Et enkelt vurderingssystem vil ofte lide under at det i naturen eksisterer et mangfold av både innsjøtyper og egenskaper hos de forskjellige artene av blågrønnalger. F.eks. er det vist at planteplanktonet i grunne og dype innsjøer reagerer forskjellig på økende konsentrasjoner av fosfor (Berge 1987, Seip 1988). Brettum (1989) viste at visse arter blågrønnalger ikke er gode indikatorer på høyt trofinivå.

Begrepet "dominans" refererer i denne rapporten til den arten som har størst biomasse ved prøvetakingstidspunktet. Dette forenkler bearbeiding betydelig på dette stadiet. Ved å behandle et så stort datamateriale som det foreliggende, regner vi med at mange av de artene som rangerer som nummer 2 eller 3 i ett tilfelle trolig vil ha høyest biomasse i noen liknende situasjoner.

Årsaken til hyppig dominans av blågrønnalger i planteplanktonet er at de fleste artene innen denne gruppen har god konkurranseevne ved høyt trofinivå. Årsakene til dette kan variere fra art til art, men følgende forhold kan være viktige:

- langsom, men jevn veksthastighet selv ved lave konsentrasjoner av tilgjengelig P og N
- god vekst ved lav N:P
- ekstra pigmenter som kan utnytte lav lysintensitet (kromatisk adaptasjon)
- lav "vedlikeholdsenergi" bidrar til høy overlevelse under ugunstige forhold
- mulighet for N₂-fiksering
- lagring av fosforforbindelser i cellene
- fysiologisk regulering av flyteevne (gassvakuoler, "opplagsnæring" med større tetthet)
- vinterstadier på sedimentoverflater (f.eks. *Oscillatoria* og *Microcystis*)
- produksjon av metabolitter med smak, lukt og giftstoffer
- lite utsatt for beiting av dyreplankton pga. størrelse og form

2.2 Teoretisk bakgrunn

Planteplankton er en samlebetegnelse på svært forskjelligartede mikroskopiske planter som er tilpasset de frie vannmasser. I utgangspunktet kan en ikke vente at den taksonomiske inndelingen av planteplankton i klasser skal kunne gi en god beskrivelse av deres økologiske egenskaper, da basis for den systematiske inndelingen først og fremst er morfologiske karakterer (form, symmetri, pigmentering, flageller, cellevegg o.l.). Blågrønnalger, som vies spesiell oppmerksomhet i denne rapporten, er et innarbeidet navn på klassen Cyanobacteriaceae. Som navnet tilsier klassifiseres disse organismene nå som bakterier (Prokaryota) pga. organiseringen av bl.a. cellekjernen, og burde strengt tatt benevnes som blågrønne bakterier.

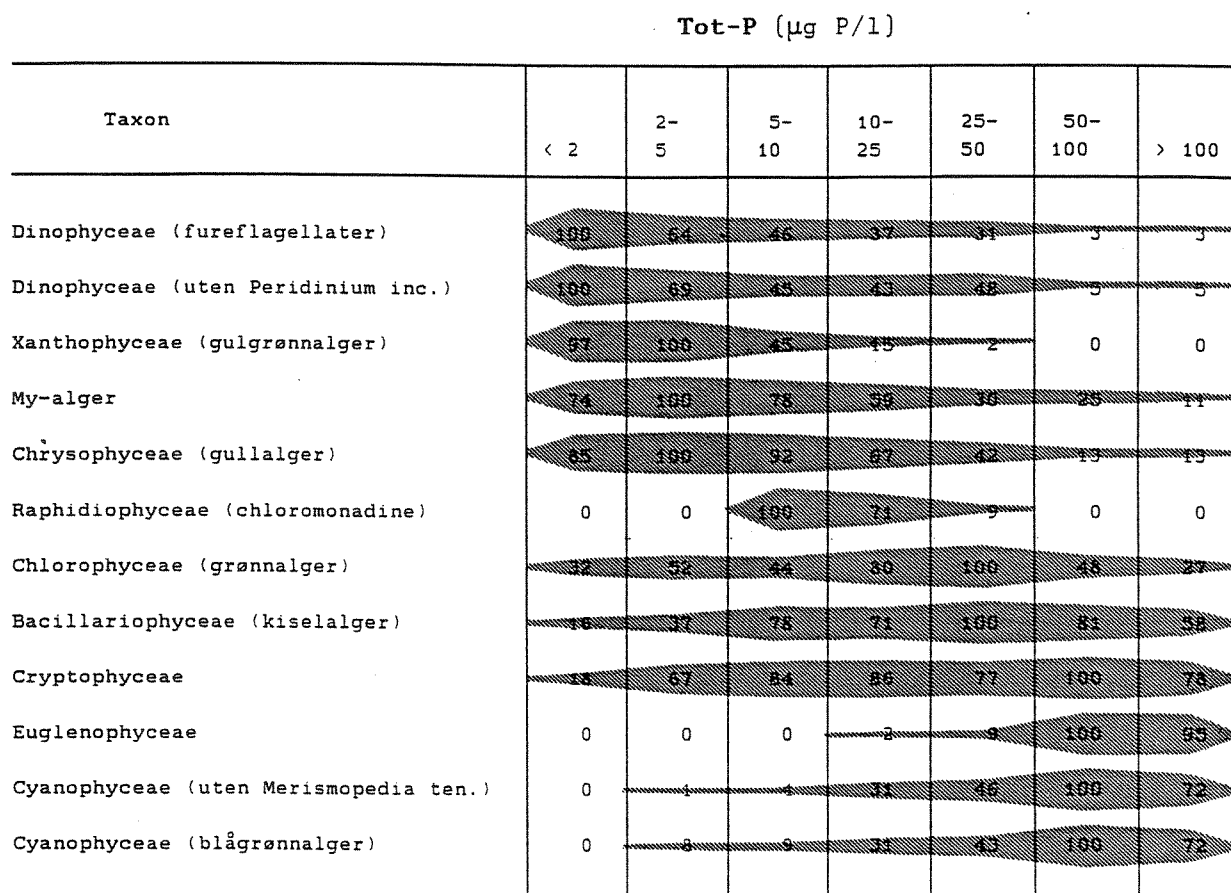
I diskusjonene som følger diskuteres andelen biomasse av blågrønnalger av den totale biomassen av planteplankton. For enkelhets skyld kaller vi denne for ABG (andel blågrønnalger).

2.2.1 Total fosfor vs. andel blågrønnalger

Nygaard utarbeidet allerede i 1949 forskjellige indekser for klassifisering av trofinivået i innsjøer basert på kvotienter mellom forskjellige algegrupper, f.eks. mellom antall arter blågrønnalger og antall arter desmidiaceer, eller en mer sammensatt "compound index" der også blågrønnalger inngikk. Systemet har ikke fått stor utbredelse bl.a. fordi dette er kvalitative indekser der biomassen av hver art eller gruppe ikke har betydning.

Järnefelt (1952) diskuterte mengdeforhold mellom algegrupper som indikator på trofinivå i finske innsjøer og påpekte bl.a. at høy ABG var et karakteristisk kjennetegn ved eutrofe innsjøer.

Brettum (1989) undersøkte forekomst av algegrupper og enkeltarter i norske innsjøer ved forskjellig total algevolum, totalP og totalN. Figur 2.2.1 er gjengitt fra den sistnevnte rapporten og viser at blågrønnalger og euglenophyceer har størst forekomst ved høy fosforkonsentrasjon ($>50 \text{ mgP/m}^3$), mens f.eks. dinophyceer og my-alger har størst forekomst ved lavere fosforkonsentrasjoner. Dette bekrefter at det er en generell sammenheng mellom andel blågrønnalger (+euglenophyceer) og trofinivået.



Figur 2.2.1 Fordeling av algegrupper ved økende fosforkonsentrasjon (fra Brettum 1989). Høyden på hver av de horisontale "slipsene" angir relativ forekomst av algegruppa innenfor hvert intervall av totalP.

Brettums analyser (1989) var basert på bearbeiding av omlag 1000 kvantitative planktonprøver fra ca. 150 innsjøer i perioden 1980-87. Legg merke til at han i figuren har utelatt en art (*Merismopedia tenuissima*) fra blågrønnalgene fordi denne arten forekommer hyppigst ved lave fosforkonsentrasjoner. Arten har følgerlig ingen indikatorverdi for høy trofegrad, som de andre blågrønnalgene. Ved totalvurdering av dette store datamaterialet (figur 2.2.1) betyr det likevel lite om denne arten er med eller ikke, fordi arten sjelden forekommer med stor total biomasse.

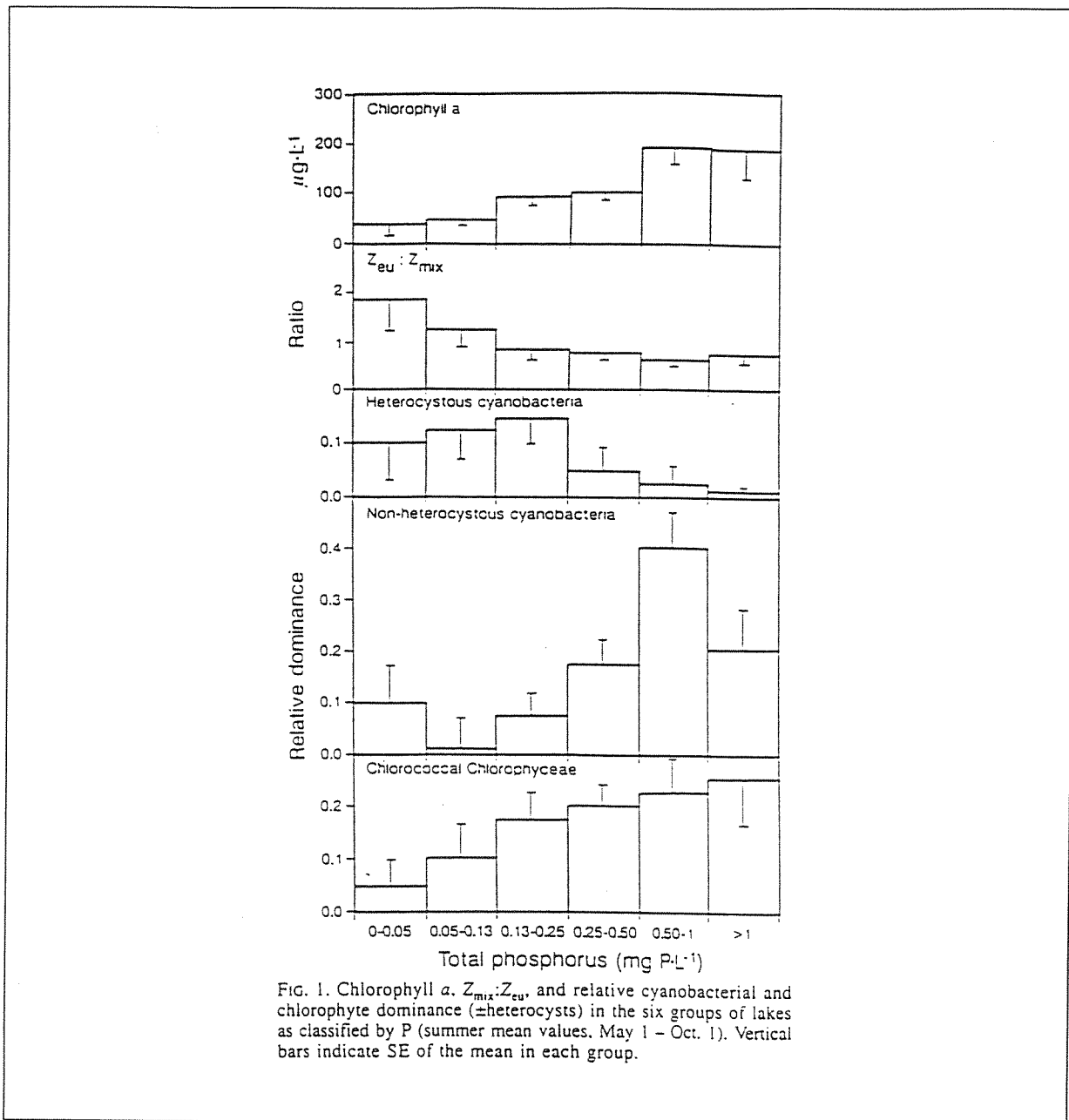
Vollenweider (1976) hevdet at en fosforkonsentrasjon på 10 mgP/m³ er "akseptabel", dvs. at det gir liten fare for masseutvikling av blågrønnalger. Med utgangspunkt i dette og liknende erfaringer fra andre undersøkelser har en internasjonalt gjerne definert tre trofinivåer: oligotrofe innsjøer (<10 mgP/m³), mesotrofe innsjøer 10-20 mgP/m³ og eutrofe innsjøer (>20 mgP/m³). Disse nivåene gjelder for dype, tempererte innsjøer. Berge (1987) viste at grunne innsjøer "tåler" en høyere fosforkonsentrasjon uten at innsjøen blir dominert av blågrønnalger. Erfaringer fra 16 norske innsjøer med midlere dyp mindre enn 14.5 m ga følgende øvre grenseverdi for fosforkonsentrasjoner der blågrønnalger sjelden vil dominere:

$$P_{\lambda} = 8.68 \ln(\bar{z}) + 30.13$$

der P_{λ} er midlere fosforkonsentrasjon og \bar{z} er innsjøens middeldyp.

Dette viser at det er behov for en differensiering mellom dype og grunne innsjøer ved en videre analyse av liknende forhold. Vi kan ikke her komme inn på de aktuelle mekanismene som er årsaker til forskjellene, men nevner bare stikkord som stor sedimentoverflate i forhold til vannvolum, hydrodynamiske forhold (sirkulasjon, vannets oppholdstid ol.), fisketetthet og undervannsvegetasjon.

Jensen og medarb. (1994) viste fra en undersøkelse av 178 grunne, danske innsjøer at blågrønnalger med heterocyster dominerte ved "lave totalP konsentrasjoner" (< 250 mgP/m³), blågrønnalger uten heterocyster ved "intermediære totalP konsentrasjoner" (250-800 mgP/m³), og grønnalger ved "høye fosforkonsentrasjoner" (> 1000 mgP/m³). Deres resultater er vist i figur 2.2.2. Årsaken til at Brettum ikke fant tilsvarende dominans av grønnalger ved de høyeste fosforkonsentrasjonene er ganske enkelt at så sterkt eutrofierte innsjøer knapt finnes i Norge. Under norske forhold kan vi stort sett begrense diskusjonen til innsjøer med mindre enn 300 mg totalP/m³, dvs. at disse danske erfaringene er ganske uaktuelle for oss i praksis.



Figur 2.2.2 Fordeling av klorofyll, lysforhold og algegrupper over 6 konsentrasjonsnivåer av total fosfor i 178 grunne, danske innsjøer. (fra Jensen og medarbeidere 1994)

Tilsvarende ble funnet av Schreurs (1992). Sistnevnte sammenliknet data fra hhv. nederlandske, europeiske (Sas 1992) og norske innsjøer (data fra Ø. Løvstad). I figur 2.2.3 er vist to av hans figurer der andelen blågrønnalger er presentert i forhold til konsentrasjoner av hhv. fosfor og nitrogen. Legg merke til god overensstemmelse mellom dataene fra de forskjellige geografiske områdene, bortsett fra at det mangler data fra nederlandske innsjøer med fosforkonsentrasjoner lavere enn ca. 35 mgP/m³ og 800 mgN/m³. Ved fosforkonsentrasjoner høyere enn 10 mgP/m³ kan tydeligvis andelen blågrønnalger variere over hele spekteret fra 0-100% av totalen. Nitrogenkonsentrasjonen gir ikke tilsvarende klart bilde. Det europeiske materialet (Sas 1989) viser også en

interessant fordeling av innsjøer med forskjellige dybdeforhold og blandingsregimer. Dype, godt omblandete innsjøer synes ikke å få stor andel blågrønnalger selv ved fosforkonsentrasjoner opp mot 100 mgP/m³, men dype innsjøer med sommersjiktning (stagnasjon) ofte får etablering av arter av *Oscillatoria* (synonym: *Planktothrix*) helt ned til 10 mgP/m³.

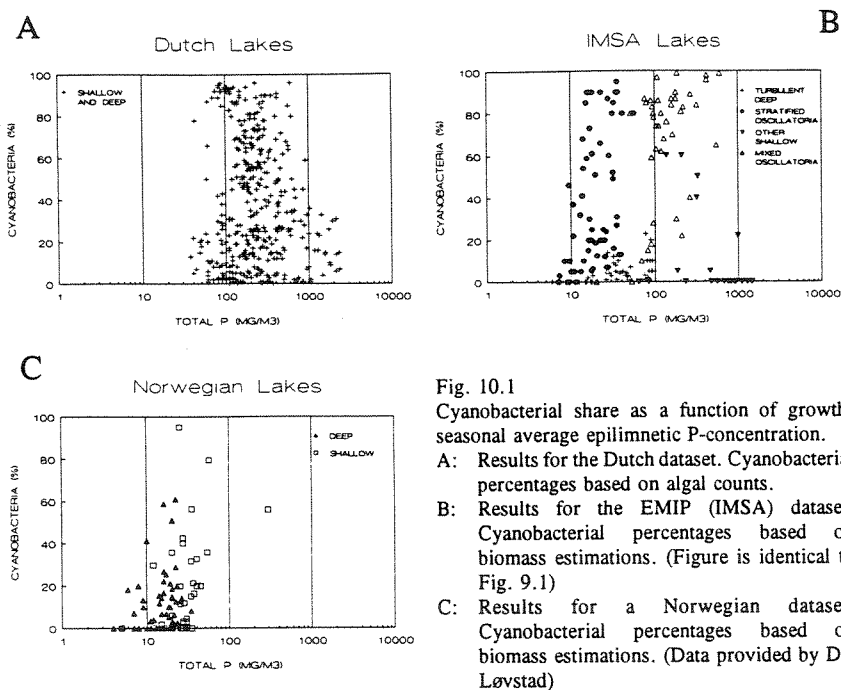


Fig. 10.1
Cyanobacterial share as a function of growth-seasonal average epilimnetic P-concentration.
A: Results for the Dutch dataset. Cyanobacterial percentages based on algal counts.
B: Results for the EMP (IMSA) dataset. Cyanobacterial percentages based on biomass estimations. (Figure is identical to Fig. 9.1)
C: Results for a Norwegian dataset. Cyanobacterial percentages based on biomass estimations. (Data provided by Dr. Løvstad)

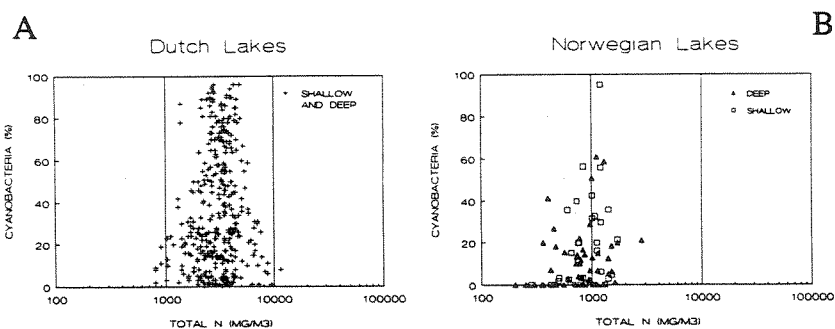


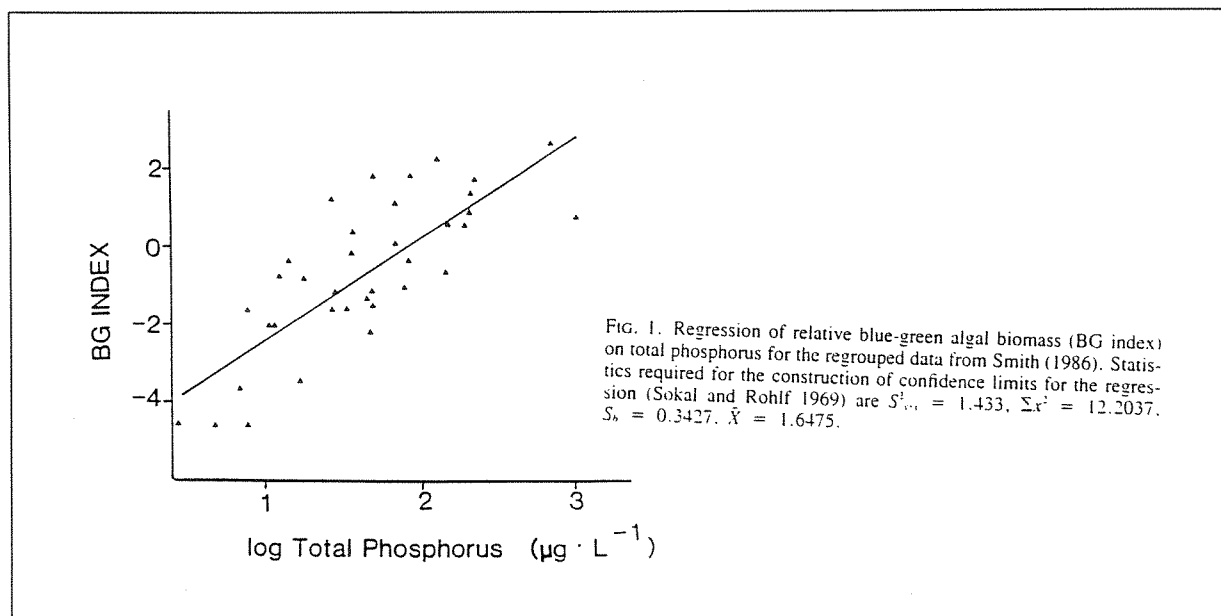
Fig. 10.2
Cyanobacterial share as a function of growth-seasonal average epilimnetic N-concentration.
A: Results for the Dutch dataset. B: Results for a Norwegian dataset. (see Fig. 10.1)

Figur 2.2.3 Andel blågrønnalger som funksjon av totalP og totalN (gjennomsnitt i vekstsesongen) fra et nederlandsk, et europeisk ("IMSA lakes") og et norsk datamateriale (fra Schreurs 1992) De nederlandske dataene er basert på antall individer og de øvrige på biomasse

Trimbee og Prepas (1987) utviklet en "bluegreen-index" som ble formulert slik:

$$BGindex = \ln\left(\frac{\%BG}{100 - \%BG}\right)$$

der %BG er prosentandel blågrønnalgevolum av totalvolum planteplankton som et gjennomsnitt for vekstsesongen. Denne typen uttrykk er ofte gunstige for behandling av datamateriale bestående av andeler. Forfatterne fant et lineært forhold mellom $\log(\text{totalP})$ og BGindex (figur 2.2.4).



Figur 2.2.4 Forhold mellom totalP og BGindex for 23 innsjøer (fra Trimbee og Prepas 1987).

Seip (1988) presenterte et skjema for vurdering av forekomst av blågrønnalger i innsjøer. Modellen bygget på erfaringer fra et europeisk datamateriale (Sas 1989). Seip skiller mellom dype og grunne innsjøer og angir situasjoner der blågrønnalger sannsynligvis ikke vil forekomme og regresjonslikninger for blågrønnalgenes biomasse andel av total biomasse ut fra fosforkonsentrasjon og dybdeforhold.

På grunnlag av data fra "Landsomfattende trofiundersøkelse" fant Faafeng & Hessen (1993) at blågrønnalger kan dominere planktonet i norske innsjøer ved konsentrasjoner av total-P helt ned til 10 mgP/m^3 , men at dominans av blågrønnalger bare ble observert ved N:P-forhold < 80 (vektforhold). Mer enn 80% dominans av blågrønnalger ble bare funnet ved N:P-forhold < 60 .

Faafeng og Severinsen (1994) presenterte et forslag til ny tilstandsparameter for eutrofiering av innsjøer: maksimal årlig andel blågrønnalger av total algebiomasse. Ved en analyse av data fra innsjøer i Rogaland viste dette forholdet god sammenheng med SFTs (1992) tilstandsklasser for fosfor og klorofyll. Forslaget innebar inndeling av andelen blågrønnalger i 0-20%, 20-40% osv. i 5 klasser.

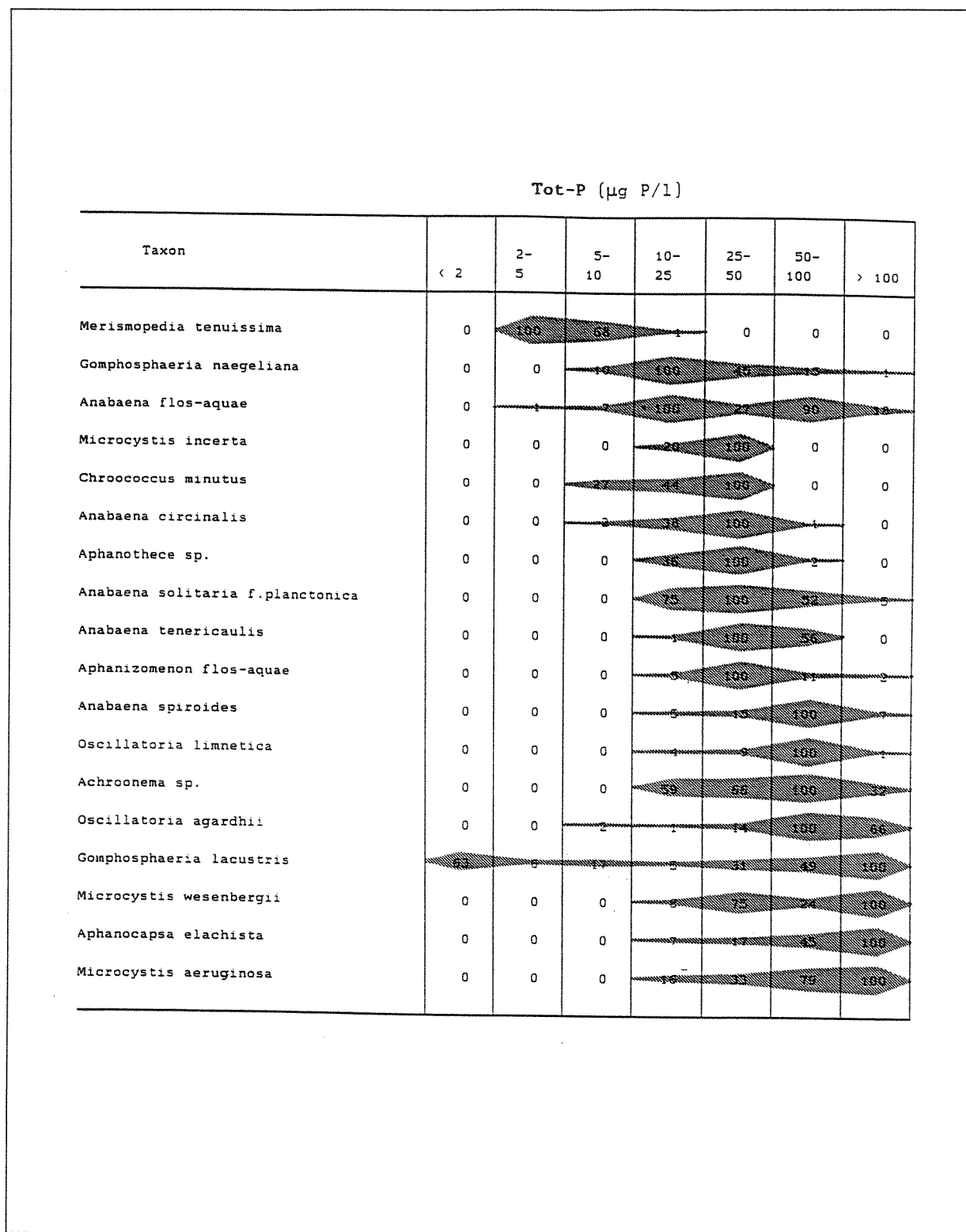
2.2.2 Total fosfor vs. arter av blågrønnalger

Som vist i figur 2.2.1 har Brettum (1989) påpekt at enkelte arter av blågrønnalger ikke har god indikatorverdi for høyt trofinivå. I figur 2.2.5 gjengis en annen av hans figurer som viser fordelingen av arter av blågrønnalger over gradienten av fosfor. Spesielt *Merismopedia tenuissima* skiller seg ut som en typisk oligotrof art og bør unngås ved beregning av andel blågrønnalger i denne sammenhengen. I tillegg har *Gomphosphaeria lacustris* (synonym: *Snowella*) hyppig forekomst både ved svært lav (<2 mgP/m³) og høy (>50 mgP/m³) fosforkonsentrasjon. *Gomphosphaeria naegeliana* og *Anabaena flos-aquae* (antakelig en blanding av *A. flos-aquae* og *A. lemmermanni*) har begge høy forekomst ved midlere fosforkonsentrasjoner (10-25 mgP/m³).

I den følgende analysen er *Merismopedia* ikke inkludert i totalvolumet av blågrønnalger. Ved ytterligere analyser bør nok de øvrige nevnte artene over også utelukkes.

Reynolds (1984) analyserte forekomsten av karakteristiske kombinasjoner av arter ("assemblages") planteplankton ved forskjellig trofinivå (konsentrasjon av P og N, N:P-forhold) og fysiske forhold (lys, sirkulasjon). Karakteristiske kombinasjoner av dominerende arter er angitt for forskjellige årstider og trofinivåer (figur 2.2.6) og for kombinasjoner av nitrogenkonsentrasjon (N), N/P-forhold og termisk stabilitet (figur 2.2.7). Plassering av artskombinasjonene i "rommet" i figur 2.2.7 (angitt som bokstavkoder) gir indikasjon om hvordan typiske artsvariasjoner vil kunne foregå naturlig gjennom sesongen, gjennom endringer i næringstilgang og ved påtrykte endringer av sirkulasjonsforholdene.

Figurene 2.2.6 og 2.2.7 viser to av hans grafiske modeller som også viser hvordan blågrønnalger kan opptre under forskjellige forhold. Blågrønnalgene er her representert ved artskombinasjonene H, K, R og S, samt L₀ og L_M.



Figur 2.2.5 Fordeling av arter av blågrønnalger i ca. 150 norske innsjøer ved varierende fosforkonsentrasjon (fra Brettum 1989).

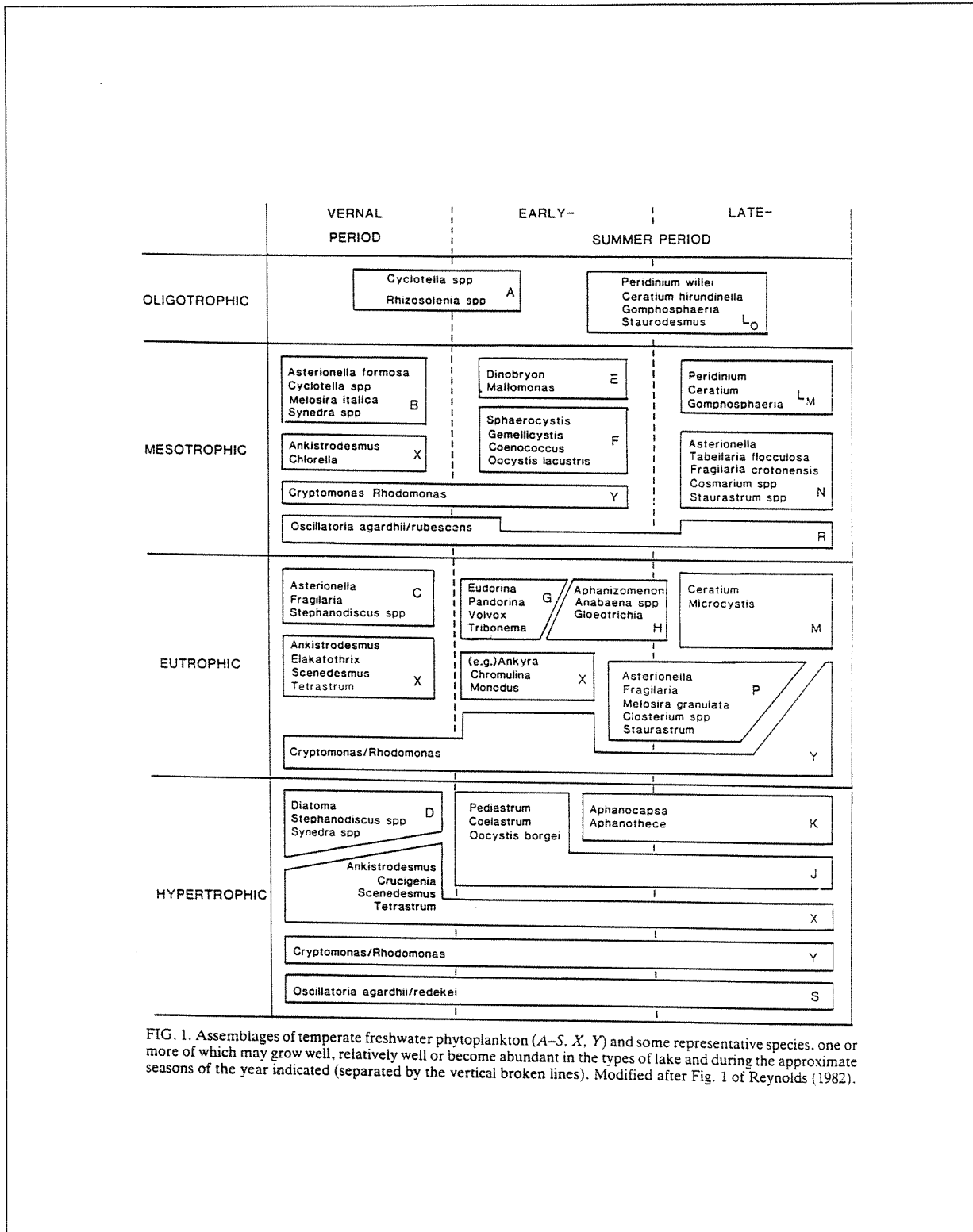


FIG. 1. Assemblages of temperate freshwater phytoplankton (A-S, X, Y) and some representative species, one or more of which may grow well, relatively well or become abundant in the types of lake and during the approximate seasons of the year indicated (separated by the vertical broken lines). Modified after Fig. 1 of Reynolds (1982).

Figur 2.2.6 Reynolds (1984) figur over karakteristiske kombinasjoner av arter ("assemblages") av planteplankton i innsjøer.

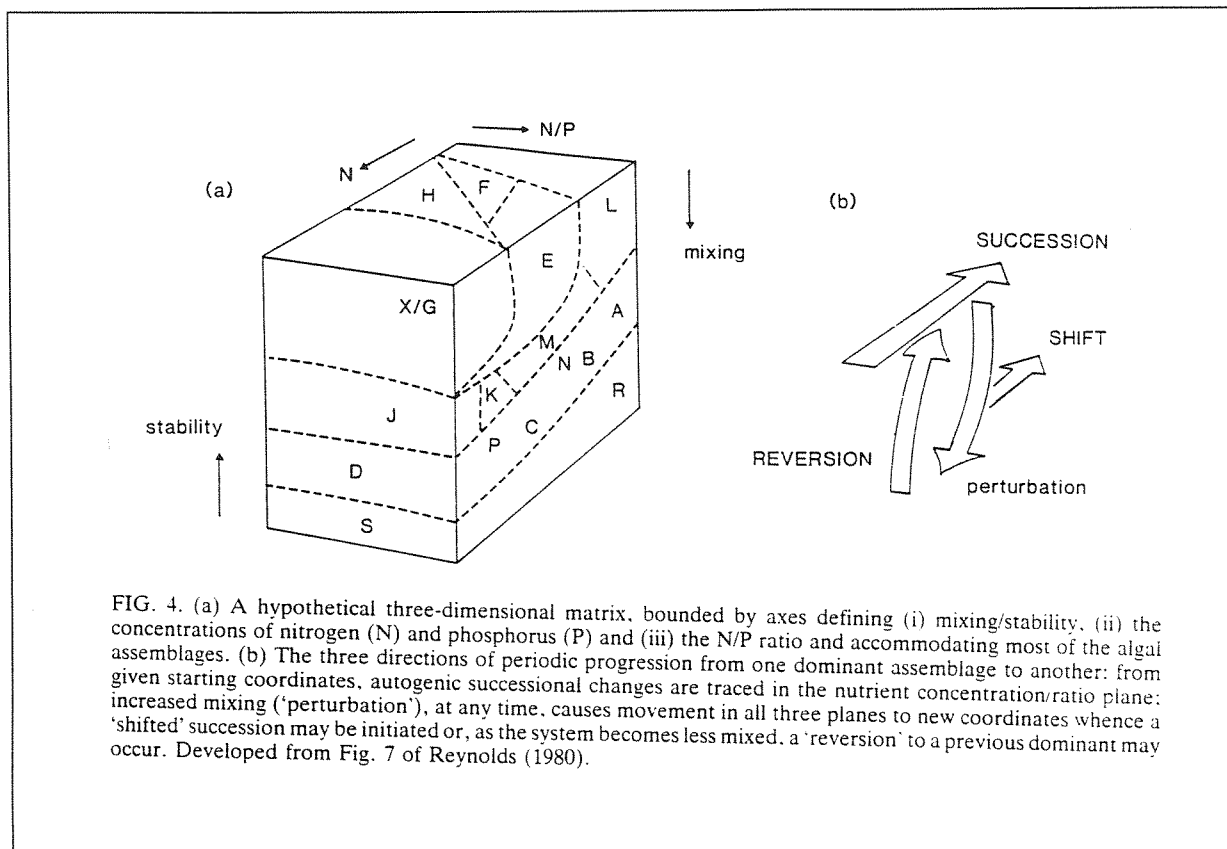


FIG. 4. (a) A hypothetical three-dimensional matrix, bounded by axes defining (i) mixing/stability, (ii) the concentrations of nitrogen (N) and phosphorus (P) and (iii) the N/P ratio and accommodating most of the algal assemblages. (b) The three directions of periodic progression from one dominant assemblage to another: from given starting coordinates, autogenic successional changes are traced in the nutrient concentration/ratio plane: increased mixing ('perturbation'), at any time, causes movement in all three planes to new coordinates whence a 'shifted' succession may be initiated or, as the system becomes less mixed, a 'reversion' to a previous dominant may occur. Developed from Fig. 7 of Reynolds (1980).

Figur 2.2.7 Forekomst av karakteristiske kombinasjoner av arter, "assemblages", av planteplankton (fra Reynolds 1984). Bokstavkoder som i figur 2.2.6

3. MATERIALE OG METODER

3.1 Grunnlagsdata

Datamaterialet for denne analysen er hentet fra "Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer" fra ialt 497 innsjø-år fordelt slik (tabell 2.3.1):

Tabell 2.3.1 Fordeling av observerte innsjøer pr. år i datamaterialet til denne undersøkelsen.

1988	1989	1991	1992	1993	IALT
315	46	50	59	27	497

Innsjøer som er påvirket av saltvann i 1988-undersøkelsen er ikke tatt med. Enkelte andre innsjøer som ble undersøkt i 1988 mangler av tekniske årsaker. For en mer fullstendig oversikt over innsjøene vises til tabell i vedlegg.

I motsetning til de fleste av de refererte tidligere undersøkelser har vi gått et skritt videre for å begrense utvalget (og gjøre det mer homogent) ved å velge bare den datoen pr. innsjø og år som har høyest andel blågrønnalger. Dette sikrer at en ikke vektlegger spesielt innsjøer med dominans av blågrønnalger store deler av året. Derved kan en unngå mye "støy" i dataene som følge av at andre grupper alger naturlig vil dominere på andre tider av året.

Selvsagt vil utsagnskraften til analysene kunne lide noe av at datamaterialet ikke alltid inneholder ønsket antall observasjoner av blågrønnalger fra forskjellige typer av innsjøer.

3.2 Metoder

Vannprøver er tatt i hver innsjø 8 ganger pr. sesong i 1993 og 4 ganger pr. sesong i de andre årene. Vi har beregnet maksimal andel blågrønnalger (ABG) pr. innsjø pr. sesong (1. mai - 1. oktober) og gjennomsnittsverdier pr. sesong for totalP, totalN og klorofyll-a. Dataene er lagret og beregnet fra en Microsoft ACCESS database (ver. 2.0).

Fordelingen mellom de etablerte tilstandsklassene av totalP og klorofyll er sammenliknet med beregnede klasser av ABG. Deretter har vi sett på fordelingen av ABG i innsjøer med forskjellig morfologi (areal, maksimalt dyp, volum) og geografisk beliggenhet (hoh., fylke og landsdel).

For sortering etter landsdel har vi summert innsjøer for utvalgte fylker (tabell 2.4.1).

Tabell 2.4.1 Valgte klassegrenser for inndeling etter landsdel

Landsdel	omfatter fylkene:
Øst	Oppland, Hedmark, Akershus, Oslo, Østfold, Vestfold og Buskerud
Sør	Telemark, Agderfylkene
Vest	Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane
Midt	Møre og Romsdal, Trøndelagsfylkene
Nord	Nordland, Troms og Finnmark
Svalbard	

Fosfor og klorofyll er delt inn etter vannkvalitetskriteriene i ferskvann (SFT 1992).

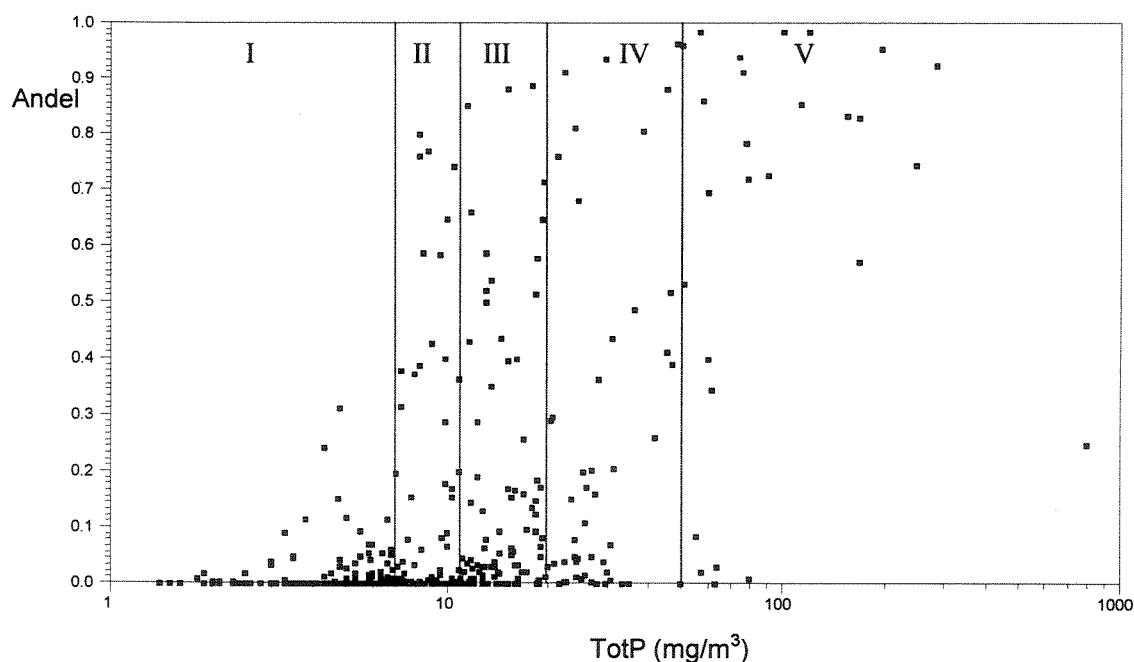
Ved analyse av artssammensetningen har vi begrenset oss til å se på den dominerende arten (takson) ved det tidspunkt da ABG var størst i hver sesong. Rubinkoder er brukt for å representere data om biologiske taksa. Hovedregelen er at de 4 første karakterene representerer de 4 første bokstavene i slektsnavnet, mens de 3 neste er de første bokstavene i artsnavnet.

Ved analysene har vi brukt Microsoft EXCEL (ver. 5.0) og SAS Institute Inc. JMP for Windows (ver. 3.1.4)..

4. RESULTATER

4.1 Fosfor og N:P

Figur 3.1.1 viser hvordan maksimal ABG varierer med konsentrasjonen av totalP i de 497 innsjøårene (se tabell 2.3.1). Det er en klar tendens til økende ABG fra klasse I - V, men i klassene II, III og IV er ABG uavhengig av totalP. I klasse I er ABG sjelden større enn 20%, mens den i klasse V ofte er større enn 60%. Legg merke til at enkelte innsjøer i klasse V har lav ABG.

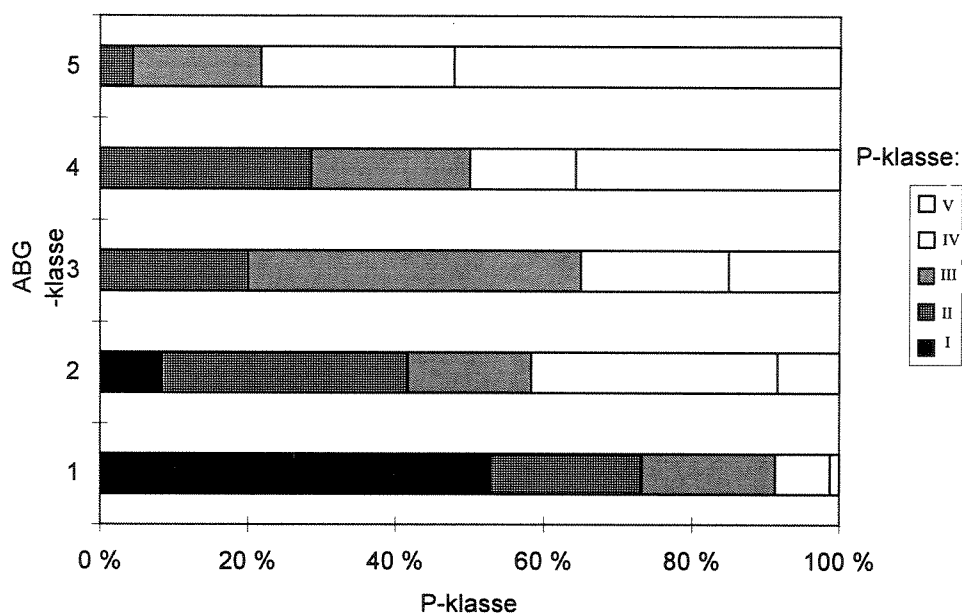


Figur 3.1.1 Andel blågrønnalger (unntatt Merismopedia) i forhold til konsentrasjonen av totalP (sesongmiddel). Tilstandsklasser etter SFT (1992) avmerket øverst.

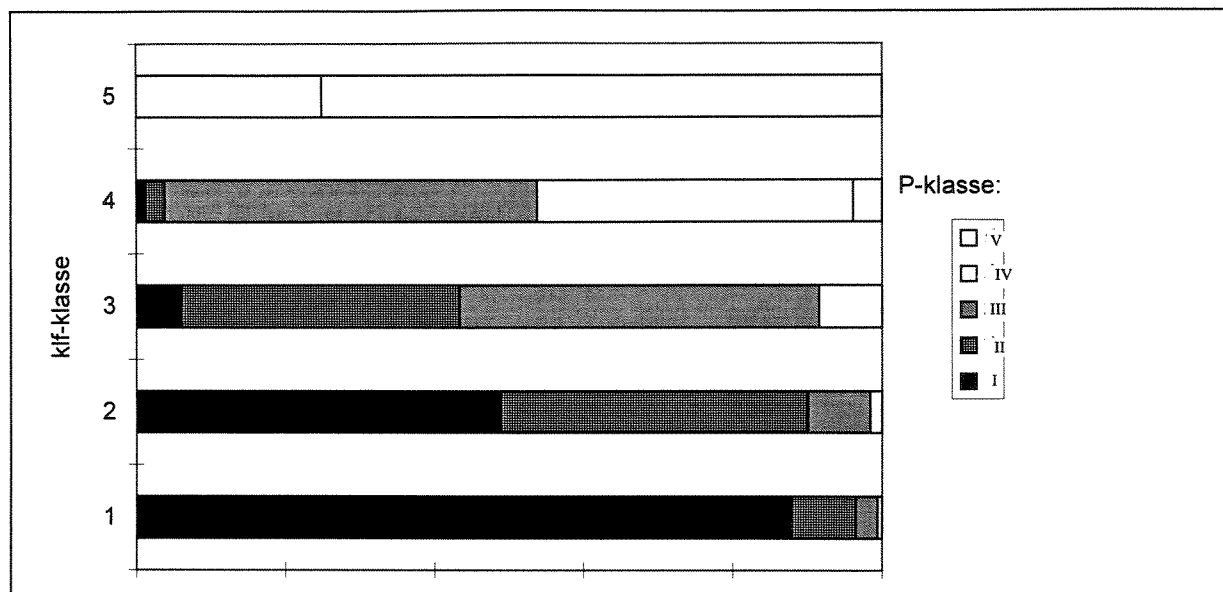
Tabell 3.1.1 Fordeling av tilstandsklasser av fosfor på antall innsjøer i dette datamaterialet. (Tall i parentes angir antall av disse som er dominert av blågrønnalgen *Merismopedia tenuissima*)

P-klasse	ABG-klasse					IALT
	I	II	III	IV	V	
I	220 (17)	2				222
II	85 (6)	8	4	4	1	102
III	75	4	9	3	4	95
IV	31	8	4	2	6	51
V	5	2	3	5	12	27
IALT	416	24	20	14	23	497

Det er en klar fordeling av ABG-klassene i forhold til tilstandsklassene for totalP, selv om det er langt fra entydig klassefordeling (figur 3.1.2). For å understreke at dette heller ikke er tilfelle for andre tilstandsvariable (der vi skulle forvente en god sammenheng) har vi presentert sammenhengen mellom klorofyllklasser og fosforklasser i dette datamaterialet (figur 3.1.3).

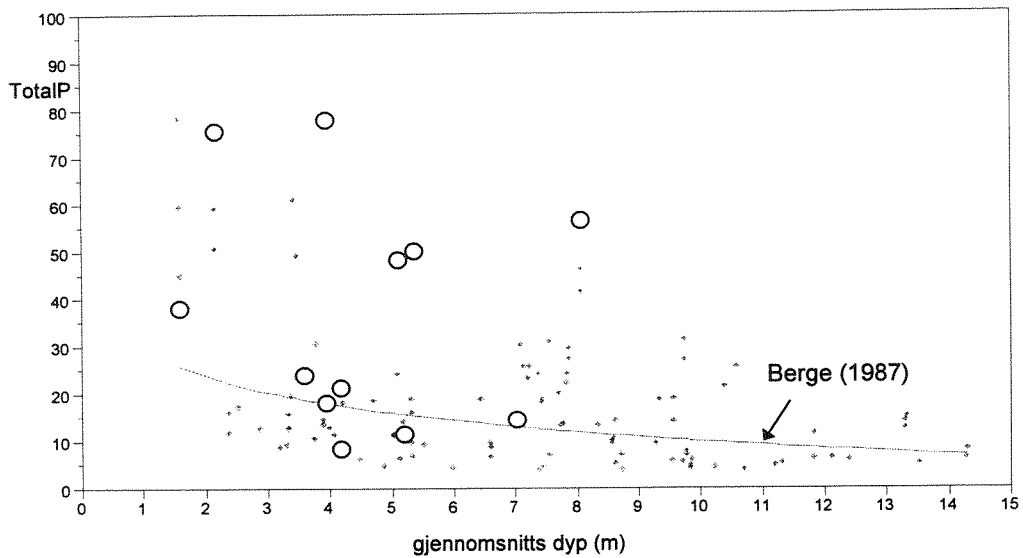


Figur 3.1.2 Prosentvis fordeling av ABG-klasser mhp. P-klasser



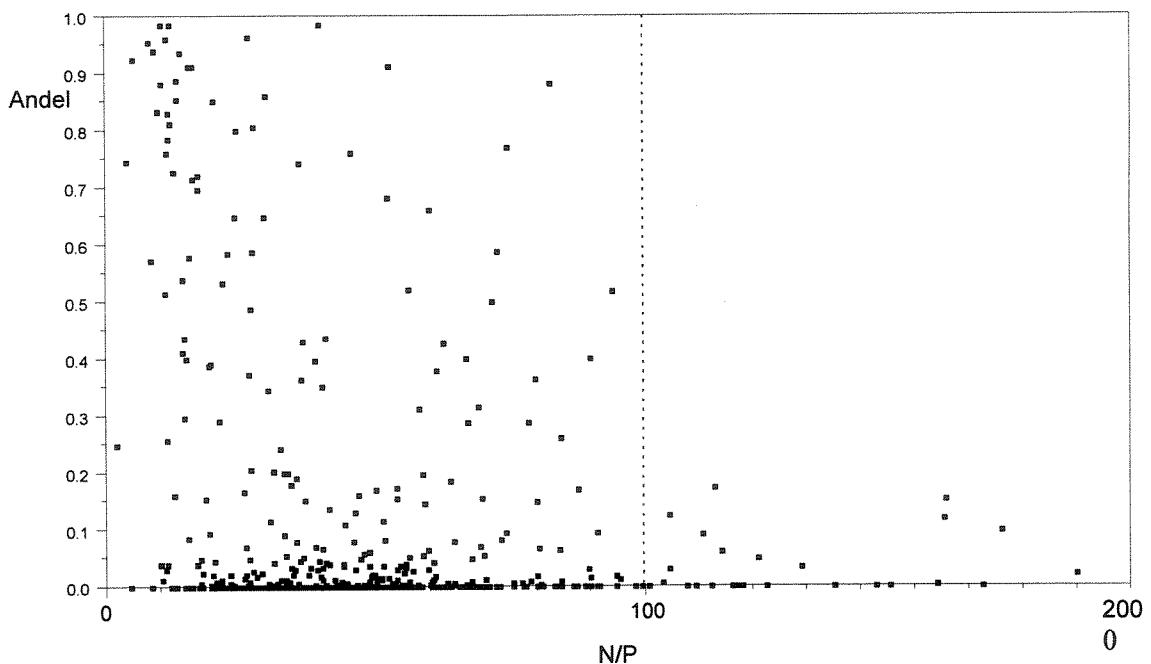
Figur 3.1.3 Prosentvis fordeling av fosfor-klasser mhp. klf-klasser

Under har vi testet Berges modell (1987) for grunne innsjøer (figur 3.1.4). Hans utgangspunkt var at grunne innsjøer tåler større fosforkonsentrasjon enn dype før det utvikles mye blågrønnalger, og at det er liten sjanse for masseutvikling av blågrønnalger under hans kurve. Figuren indikerer at hypotesen kan være gyldig også for dette datamaterialet. Få verdier under hans funksjon har mer enn 75% ABG. På den annen side synes ikke funksjonen å uttrykke et entydig skille, og de fleste innsjøene over linja har faktisk mindre andel blågrønnalger.



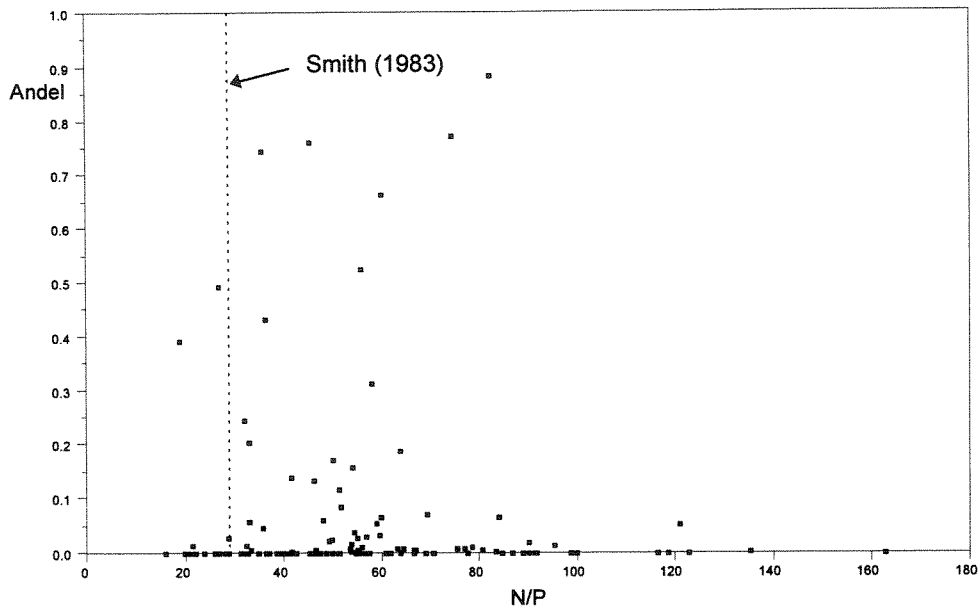
Figur 3.1.4 Fordeling av innsjøer i forhold til gjennomsnittsdyp (<14.5m) og sesongmiddel av totalP (<10 mgP/m³). Store sirkler angir innsjøer med maksimal ABG > 75%. Berges grenseverdi (1987) for grunne innsjøer er tegnet inn

Flere forfattere har tidligere angitt at blågrønnalger bare dominerer ved lave N:P-forhold. I denne undersøkelsen har vi funnet dominans helt opp til så høye verdier som 100 (figur 3.1.5).



Figur 3.1.5 Andel blågrønnalger (unntatt Merismopedia) i forhold til N:P (vektforhold). N:P = 100 er angitt med vertikal linje.

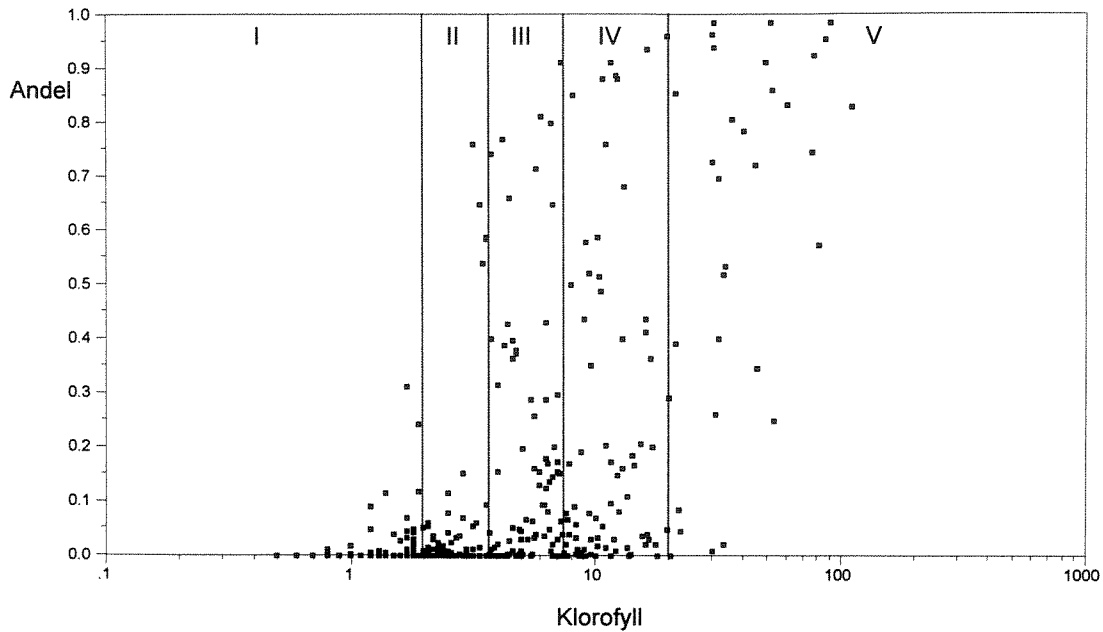
F.eks. finner Smith (1983) at blågrønnalger dominerer ved N:P-forhold mindre enn 29. Siden Smith bare har vurdert dype innsjøer har vi også skilt ut innsjøer som har gjennomsnitt dyp større enn 10m fra figur 3.1.5 i figur 3.1.6. Også her finner vi dominans av blågrønnalger ved vesentlig høyere N:P-forhold.



Figur 3.1.6 Som figuren over, men kun innsjøer med midlere dyp <10m. Andel blågrønnalger (unntatt Merismopedia) i forhold til N:P (vektforhold). Smiths (1983) grenselinje for N:P = 29 er angitt med vertikal linje.

4.2 Klorofyll

I figur 3.2.1 er maksimal ABG plottet mot sesongmiddelverdien for klorofyll, og vi finner samme tendens som for fosfor. I dette tilfellet finner vi flere innsjøer i klasse V som har lav ABG.



Figur 3.2.1 Andel blågrønnalger (unntatt Merismopedia) i forhold til konsentrasjonen av klorofyll (sesongmiddel). Tilstandsklasser etter SFT (1992) avmerket øverst.

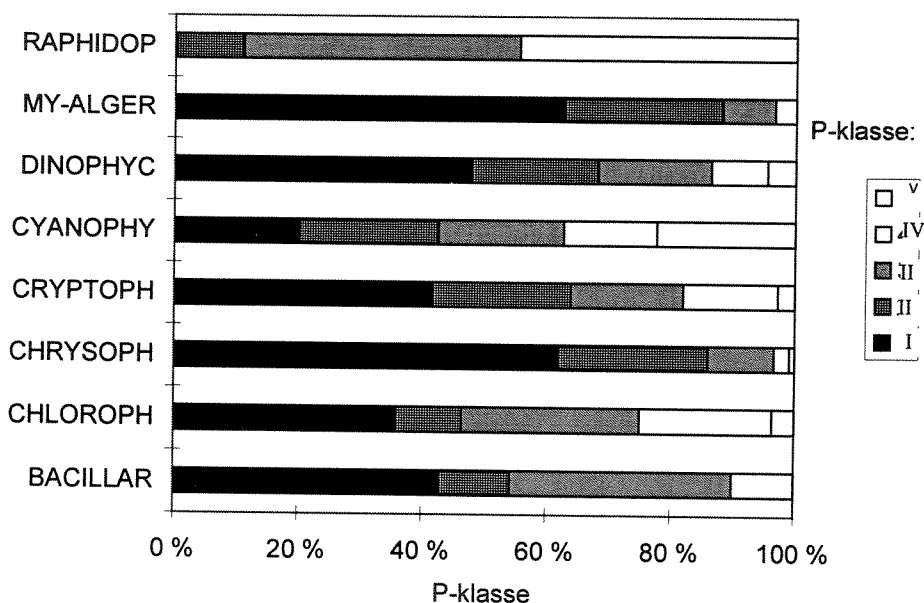
Tilsvarende som for fosfor (tabell 3.1.1) finner vi en klar tendens for klorofyllklassene (tabell 3.2.1), men det ser ut til at klorofyllklassene skiller noe bedre. Mens hovedtyngden av innsjøer i ABG-klasse I (0-20% av total algevolum) kan finnes blant de 2 laveste klorofyll-klassene, er det en tilsvarende tendens til at innsjøer i ABG-klasse V (80-100% av total algevolum) finnes i klorofyll-klasse IV og V.

Tabell 3.2.1 Fordeling av ABG i forhold til tilstandsklasser av klorofyll (antall innsjøer). Tall i parentes angir antall innsjøer som er dominert av blågrønnalgen Merismopedia tenuissima.

klf-klasse	ABG-klasse					IALT
	I	II	III	IV	V	
Antall						
Rad %						
0	1					1
I	170 (11)	2				172
II	126 (11)	0	3	2		131
III	60 (1)	12	3	5	3	83
IV	53	6	10	2	7	78
V	6	4	4	5	13	32
IALT	416	24	20	14	23	497

4.3 Algegruppe

I tabellen og figuren under har vi sortert innsjøene på algeklasser for den dominerende arten mhp. tilstandsklasser for totalP for å se hvordan dominansforholdet fordeler seg over trofiskalaen. Blågrønnalgene er ganske jevnt fordelt mellom P-klassene, men har likevel størst andel av P-klasse V.



Figur 3.3.1 Prosentvis fordeling av dominerende algeklasser mhp. tilstandsklasser av totalP

Tabell 3.3.1 Fordelingen på algeklassen (eiertaxon) til den dominerende arten planteplankton ut fra tilstandsklasser for totalP (antall innsjøer). CYANOPHY omfatter her samtlige taxa av blågrønnalger.

eiertakson	P-klasse					IALT
	I	II	III	IV	V	
BACILLAR	30	8	25	7	0	70
CHLOROPH	10	3	8	6	1	28
CHRYSOPH	75	29	13	3	1	121
CRYPTOPH	30	16	13	11	2	72
CYANOPHY	19	21	19	14	21	94
DINOPHYC	21	9	8	4	2	44
MY-ALGER	37	15	5	2	0	59
RAPHIDOP	0	1	4	4	0	9
IALT	222	102	95	51	27	497

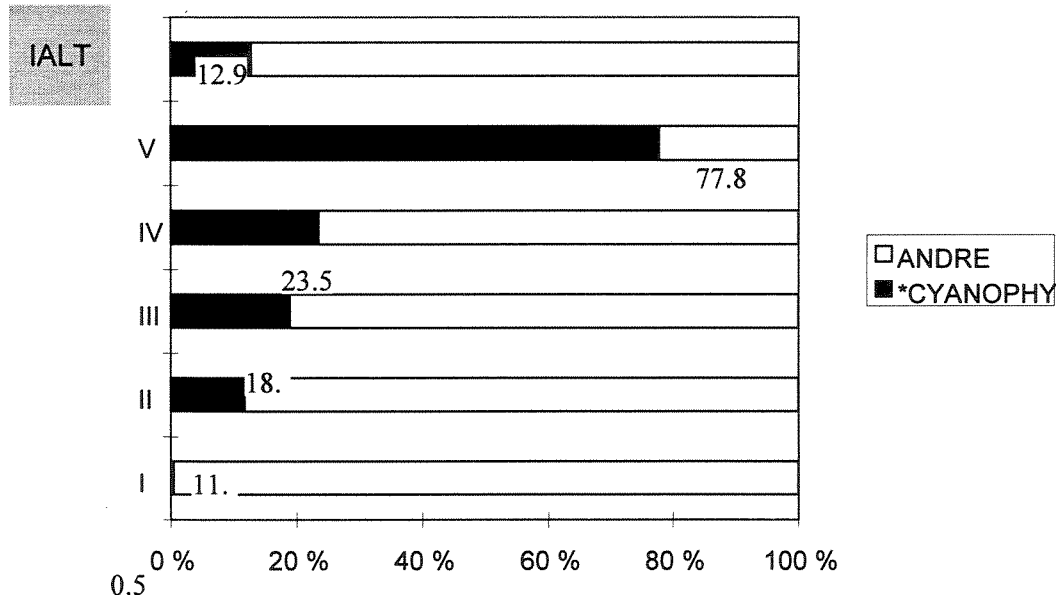
Ved økende trofinivå vil, som tidligere nevnt, andelen innsjøer med dominans av blågrønnalger øke. Dette kan presenteres på en enklere måte ved å samle alle ikke-blågrønnalger i en gruppe (tabell 3.3.2).

Tabell 3.3.2 Fordelingen av blågrønnalger tilsvarende tabellen over (algeklassen til den dominerende arten planteplankton ut fra tilstandsklasser for totalP), men spesifisert for slektene *Merismopedia* og *Gomphosphaeria*.

eiertakson	P-klasse					IALT
	I	II	III	IV	V	
*CYANOPHY	1	12	18	12	21	64
<i>Merismopedia</i>	17	6	0	0	0	23
<i>Gomphosphaeria</i>	1	3	1	2	0	7
CYANOPHY totalt	19	21	19	14	21	94

* unntatt *Merismopedia* og *Gomphosphaeria*

Figur 3.3.2 viser hvor stor andel av prøvene fra innsjø-årene (ved maksimal ABG) som har dominans av blågrønnalger (unntatt *Merismopedia* og *Gomphosphaeria*). Antallet prøver fra hver fosforklasse er så stort (se tabell 3.3.1) at disse verdiene kan oppfattes som et grovt anslag over sannsynligheten for at en innsjø i en gitt klasse maksimalt skal ha dominans av blågrønnalger (unntatt *Merismopedia* og *Gomphosphaeria*). Hvis vi runder av verdiene kan vi grovt sett si at sannsynligheten ut fra dette er 80% i klasse V, 25% i klasse IV, 20% i klasse III, 10% i klasse II og 1% i klasse I.



Figur 3.3.2 Andelen dominans av blågrønnalger (unntatt *Merismopedia* og *Gomphosphaeria*) fordelt over de 5 tilstandsklassene av totalP (497 innsjø-år).

4.4 Fylke og landsdel

Under er vist fordeling av antall innsjøer med dominans av blågrønnalger etter fylke (tabell 3.4.1).

Tabell 3.4.1 Fordeling av ABG-klasser etter fylke (to første bokstaver i fylkesnavn, alt. første bokstav i hver navn). Tall i parentes angir antall av disse som er dominert av blågrønnalgen Merismopedia tenuissima)

Fylke	ABG-klasser					IALT
	I	II	III	IV	V	
AA	8 (1)	0	1	0	0	9
AK	22 (2)	5	2	0	5	34
BU	19	0	0	0	0	19
FI	6	0	0	1	0	7
HE	38 (3)	1	0	0	0	39
HO	17 (1)	1	1	2	0	21
MR	30 (3)	1	0	0	0	31
NO	12	1	3	1	8	25
NT	33	0	1	0	0	34
OP	28	2	0	1	0	31
OS	4	0	1	1	1	7
RO	36	7	5	4	5	57
SF	26	0	0	0	0	26
ST	22	1	2	0	0	25
SV	5	0	0	0	0	5
TE	23 (4)	1	0	0	0	24
TR	26	1	1	0	0	28
VA	19 (4)	0	0	0	0	19
VE	13 (2)	0	3	2	3	21
S	29	3	0	2	1	35
IALT	416	24	20	14	23	497

Det høye antallet innsjøer med høy ABG-klasse i Nordland har delvis sin forklaring i at det i databasen er inkludert endel eutrofe innsjøer langs Helgelandskysten, i Lofoten og i Vesterålen som ikke var med i "Landsomfattende trofiundersøkelse". Forøvrig er andelen innsjøer med dominans av blågrønnalger høy i Rogaland og i Akershus.

I tabellen og figuren under er fylkene slått sammen i landsdeler iflg. tabellen i kapittel 1.2.4.

Tabell 3.4.2 Antall innsjøer i hver landsdelandel fordelt på ABG-klasser. Innsjøer dominert av Merismopedia i parentes

REGION	ABG-klasse					IALT
	I	II	III	IV	V	
Svalbard	5	0	0	0	0	5
midt	85 (3)	2	3	0	0	90 (3)
nord	44	2	4	2	8	60
sør	50 (9)	1	1	0	0	52 (9)
vest	79 (1)	8	6	6	5	104 (1)
øst	153 (10)	11	6	6	10	186 (10)
IALT	416 (23)	24	20	14	23	497 (23)

4.5 Artsfordeling

Innledningsvis ble det påpekt at forskjellige arter og kombinasjoner av arter av blågrønnalger vil kunne ha forskjellig indikatorverdi for eutrofi. I det følgende vil vi se litt nærmere på dette forholdet ved å analysere fordelingen av dominerende arter under forskjellige forhold. Dette er langt fra en uttømmende analyse.

Tabell 3.5.1 Sortering av de dominante artene (rubinkoder) innen hver av ABG-klassene. Hver av kodene som er vist i fete typer er blågrønnalger (Cyanophyceae)

klasse I	antall	klasse II	antall	klasse III	antall	klasse IV	antall	klasse V	antall	TOTALT	antall
STOCHRYYS	63	GOMP LAC	3	GOMP NAE	3	ANAB SOP	3	ANAB FLO	5	STOCHRYYS	63
MY-ALGER	59	OSCI AGA	3	ANAB FLO	2	ANAB CIR	3	ANAB SOP	4	RHOD LAC	59
RHOD LAC	58	ASTE FOR	2	ANAB SOP	2	CYANOBA1	2	OSCI AGA	3	MY-ALGER	59
MERI TEN	23	CERA HIR	2	APHA FLO	2	OSCI AGA	1	MICR AER	3	MERI TEN	23
SMACHRYYS	19	ANAB FLO	2	OSCI AGI	2	GOMP NAE	1	APHA FLO	2	SMACHRYYS	19
TABE FEN	17	ANAB SOP	2	ANABAENZ	2	ANAB MIN	1	ANAB SPI	2	TABE FEN	18
PERI INC	13	RHOD LAC	1	OSCI AGA	1	APTHEREZ	1	ANAB MIN	1	PERI INC	13
CRYPTOM1	11	TABE FEN	1	ANAB CIR	1	ANAB SOL	1	ANABAENZ	1	ANAB SOP	11
CYCL GLO	11	GONY SEM	1	ANAB MIN	1	ANAB TEN	1	ANAB LEM	1	ASTE FOR	11
ASTE FOR	9	SYNEDRA1	1	APTHEREZ	1			GLOT ECH	1	CRYPTOM1	11
UROG AME	9	SCENEDEZ	1	MICR AER	1					CYCL GLO	11
CERA HIR	8	ANAB CIR	1	OSCI LIM	1					CERA HIR	10
GONY SEM	8	ANAB INA	1	SCEN QUA	1					ANAB FLO	9
CHRS PAR	5	ANAB SPI	1							GONY SEM	9
CYCL COM	5	APHA FLO	1							UROG AME	9
GYMNODI7	4	OSCI AGI	1							OSCI AGA	5
MELO DIA	4	TETR MIN	1							APHA FLO	5
PERI CIN	4									ANAB CIR	5
CHRCOCCZ	3									CHRS PAR	5
CYCL COO	3									CYCL COM	5

Brettum (1989) viste fra et større datamateriale at følgende arter blågrønnalger har størst dominans i tilstandsklasse V (totalP > 50 mgP/m³):

- *Microcystis aeruginosa*
- *Aphanocapsa elachista*
- *Microcystis wesenbergii*
- *Oscillatoria limnetica*
- *Anabaena spiroides*

Tilsvarende hadde følgende arter størst dominans i klasse IV (totalP 20-50 mgP/m³):

- *Aphanizomenon flos-aquae*
- *Anabaena tenericaulis*
- *Aphanotece* sp.
- *Microcystis incerta*

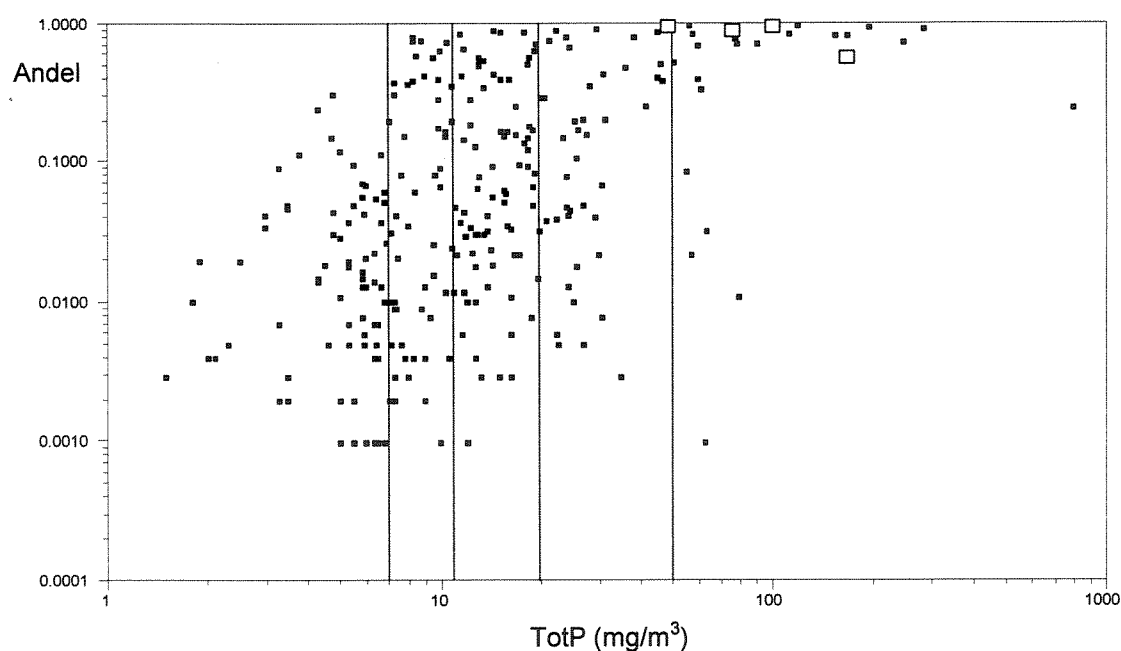
Det ligger et stort potensiale for videreutvikling av tilstandsklassifiseringen i å studere forekomsten av mulige indikatorarter i norske lokaliteter og sammenlikne med registreringer og laboratorieforsøk fra den internasjonale faglitteraturen.

Brettum (1989) viste også at blågrønnalgen Merismopedia tenuissima er en lite næringskrevende art som bør tas ut av samlet volum av blågrønnalger når slike trofivurderinger skal gjøres. Dette materialet undertreker det samme da denne arten bare finnes dominerende i klasse I og II (tabell 3.5.1). Gomphosphaeria lacustris og tildels G. naegeliana er mer indifferente blågrønnalger som heller ikke har god indikatorverdi for eutrofiering, noe som også bekreftes av Reynolds (1984) klasse L₀ og L_M, se figurene 2.2.6 og 2.2.7 . Ved videreutvikling av et indikatorsystem bør derfor disse to artene heller ikke tas med i det totale blågrønnalgevolumet.

4.6 Dominans og biologisk mangfold

I dette avsnittet ser vi litt videre på om artskunnskapen kan bidra til en bedre klassifisering av innsjøenes tilstand. Dette har vært et sentralt forskningsfelt siden århundreskiftet (se f.eks. Brettum 1989). Under er vist noen få eksempler på at forskjellige arter/slekter av blågrønnalger opptrer under forskjellige miljø- og dominansforhold.

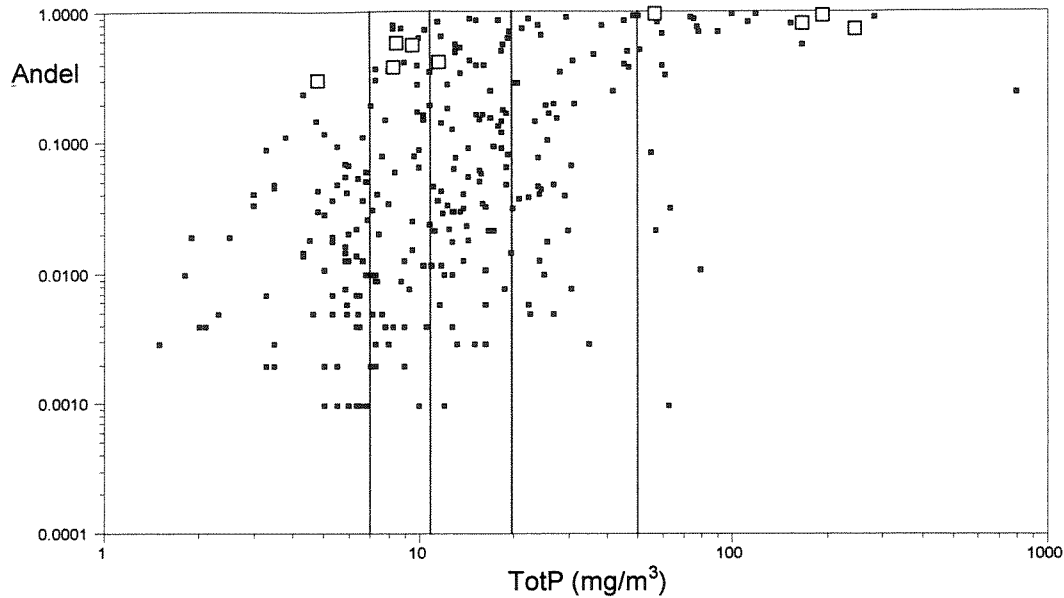
Microcystis opptrer som dominerende art bare under eutrofe forhold, dvs. i dette datamaterialet ved totalP > 50 mgP/m³ (figur 3.6.1). Arten finnes også i vårt materiale bare under forhold der blågrønnalgene dominerer den totale algebiomassen, dvs. at artsdiversiteten er liten.



Figur 3.6.1 Andel blågrønnalger (unntatt *Merismopedia*) mot totalP (log/log). Dominans av *Microcystis* avmerket med firkant. Vertikale linjer angir grense mellom tilstandsklasser.

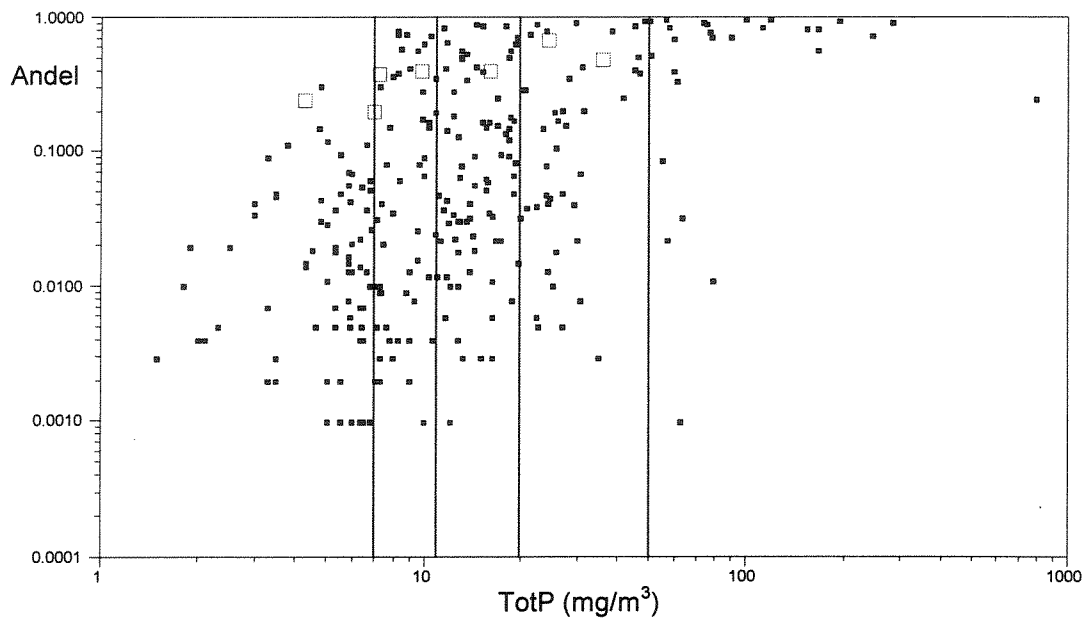
Slekten *Oscillatoria* (figur 3.6.2) kan opptre med flere forskjellige arter og kan også dominere over nesten hele den aktuelle delen av trofiskalaen (5-200 mgP/m³ i vårt datamateriale). Flere av artene i denne slekten er nå ført til slekten *Planktothrix*. Representanter for denne slekten dominerer når >30% totalvolumet utgjøres av blågrønnalger.

Visse typer *Oscillatoria* har tendens til å dominere i dype, sjiktete innsjøer ved midlere eller høyt trofinivå, mens andre arter dominerer i grunne, turbide og mer eutrofe innsjøer (se også Reynolds (1984), Sas 1989).



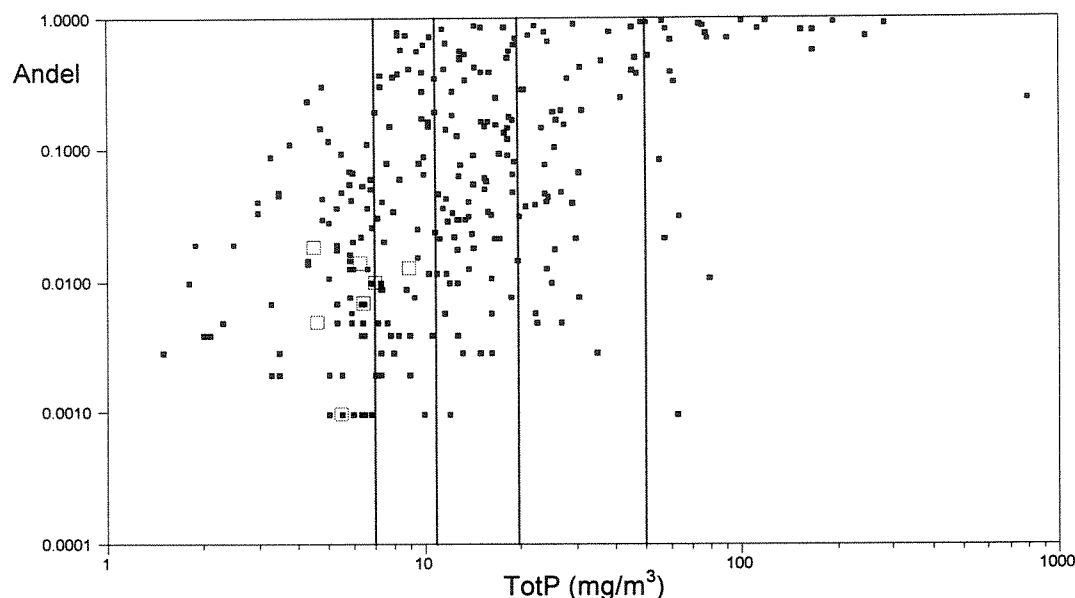
Figur 3.6.2 Andel blågrønnalger (unntatt Merismopedia) mot totalP (log/log). Dominans av *Oscillatoria* avmerket med firkant. Vertikale linjer angir grense mellom tilstandsklasser.

Gomphosphaeria er en slekt som kan dominere ved varierende fosforkonsentrasjoner (3-35 mgP/m³) i vårt materiale. Arten dominerer også ved lavere andel blågrønnalger av total algevolume, dvs. at diversiteten av samfunnet er større, enn ved dominans av f.eks. *Microcystis* og *Oscillatoria*.



Figur 3.6.3 Andel blågrønnalger (unntatt Merismopedia) mot totalP (log/log). Dominans av *Gomphosphaeria* avmerket med åpne firkanter. Vertikale linjer angir grense mellom tilstandsklasser.

Merismopedia (figur 3.6.4) dominerer som tidligere nevnt ved lave fosforkonsentrasjoner (figur 2.2.5), men det er også påfallende at arten da også bare utgjør en liten del av den totale algebiomassen. Det indikerer at algesamfunnet må ha høy diversitet under slike forhold, og at det kan være et forhold som kan være verdt en nærmere undersøkelse.

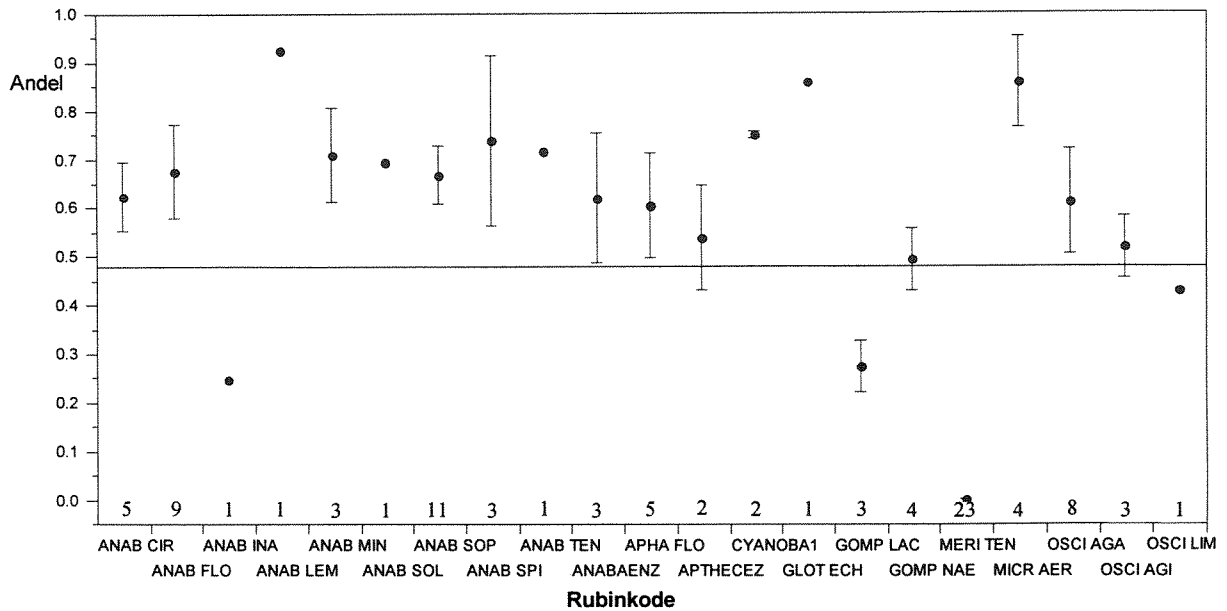


Figur 3.6.4 Andel blågrønnalger (unntatt *Merismopedia*) mot totalP (log/log). Dominans av *Merismopedia* avmerket med firkant. Vertikale linjer angir grense mellom tilstandsklasser.

Jensen og medarb. (1994) skiller i sin analyse mellom slekter som har heterocyster (*Anabaena* og *Aphanizomenon*) og de øvrige. Forskjellen skulle være at de som har heterocyster kan utføre nitrogenfiksering, mens de som ikke har heterocyster ikke kan det (men dette gir langt fra dekkende beskrivelse av et så komplisert fenomen). Det betyr at en skulle vente høyere forekomst av de som har heterocyster ved spesielt lavt N/P-forhold. Jensen og medarb. (1994) fant ikke dette i det danske materialet. Vi har sjekket dette i vårt materiale som omfatter både dype og grunne innsjøer, men vi har bare innsjøer i de "lavere fosforkonsentrasjoner" i forhold til deres undersøkelse.

Tabell 3.5.1 gir heller ikke støtte til deres hypotese, da vi kan finne både representanter for arter med og uten heterocyster i vårt materiale.

Figur 3.6.5 viser maksimal ABG for hver av de registrerte artene av blågrønnalger i vårt materiale. Antallet observasjoner pr. art kan imidlertid være for lavt til at vi kan trekke videre konklusjoner.



Figur 3.6.5 Total andel blågrønnalger ved dominans av forskjellige arter blågrønnalger. Antall observasjoner pr. art avmerket nederst.

Avslutningsvis vil vi nevne at analyse av så store datamaterialer med mange samvirkende faktorer er tid- og ressurskrevende. Trolig vil bruk av multivariate statistiske teknikker kunne bidra til å komme videre i arbeidet med å utvikle vurderingssystemer basert på biologiske observasjoner.

LITTERATUR

- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA l.nr. 2001. 44s.
- Brettum, P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet. Planteplankton. Norsk institutt for vannforskning, l.nr. 2344. 111s.
- Faafeng, B. og D. Hessen 1993. Nitrogen and phosphorus concentrations and N:P ratios in Norwegian lakes: Perspectives on nutrient limitation. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25: 465-469.
- Faafeng, B. og G. Severinsen 1994. Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer. Kartpresentasjon av resultater fra Rogaland 1988-1992. NIVA-rapport, l.nr. 3091. 97s.
- Jensen, J.P., E. Jeppesen, K. Olrik og P. Kristensen 1994. Impact of nutrients and physical factors on the shift from Cyanobacterial to Chlorophyte dominance in shallow Danish lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 1692-1699.
- Järnefelt, H. 1952. Plankton als Indikator der Trophiegruppen der Seen. Ann Acad. Sci. Fenn., ser. A, IV Biologica 18: 29s.
- Nygaard, G. 1949. Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes. Part II: The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton species. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biol- Skr. 7 (1). 293s.
- Reynolds, C.S. 1984. Phytoplankton periodicity: the interaction of form, function and environmental variability. Freshw. Biol. 14: 111-142.
- Sas, H. (red.) 1989. Lake restoration by reduction of nutrient loading: expectations, experiences, extrapolation. Academia Verlag, 497s.
- Schreurs, H. 1992. Cyanobacterial dominance. relations to eutrophication and lake morphology. Dr.grads avhandling ved Universitetet i Amsterdam. 198s.
- Seip, K.L. 1988. Et regelsystem for å identifisere innsjøers respons på reduksjoner i fosforbelastning. II. Forekomst av blågrønnalger. Limnos 3: 8-12.
- Smith, V.H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratio favours dominance of blue-green algae in lake phytoplankton. Science 221: 669-671.
- Statens Forurensningstilsyn, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT TA 1468/1997, 31 s.

VEDLEGG

Oversikt over innsjøene i datamaterialet. Tallet "1" angir at innsjøen er undersøkt dette året

Sum of antall	År					Grand Total
	1988	1989	1991	1992	1993	
Stasjon						
AA018GJE	1	0	0	0	0	1
AA019UBE	1	0	0	0	0	1
AA020MOL	1	0	0	0	0	1
AA021LON	1	0	0	0	0	1
AA022TRÆ	1	0	0	0	0	1
AA023TEM	1	0	0	0	0	1
AA026HER	1	0	0	0	0	1
AA027BRE	1	0	0	0	0	1
AA131HAR	1	0	0	0	0	1
AK282ULV	1	0	0	0	1	2
AK302MJE	1	1	1	0	1	4
AK303HEL	1	0	0	1	1	3
AK304ØGD	1	0	0	0	0	1
AK306LYS	0	1	1	0	1	3
AK307MJÆ	1	0	0	0	0	1
AK308LAN	1	0	0	0	0	1
AK309ÅRU	1	0	0	1	1	3
AK310GJE	1	1	1	0	0	3
AK313BJØ	1	0	0	0	0	1
AK327HUR	1	0	0	0	0	1
AK356NOR	0	0	0	1	0	1
AK357GJE	0	0	0	1	0	1
AK358NES	0	0	0	1	2	3
AK359STO	0	0	0	1	1	2
AK360NÆR	0	0	0	1	1	2
AK361HER	0	0	0	1	1	2
BU089VAS	1	0	0	0	0	1
BU090STR	1	0	0	0	0	1
BU091HOL	1	0	0	0	0	1
BU092HOV	1	0	0	0	0	1
BU093SUD	1	0	0	0	0	1
BU094UST	1	0	0	0	0	1
BU095UST	1	0	0	0	0	1
BU096SLØ	1	0	0	0	0	1
BU098NOR	1	0	0	0	0	1
BU099VAT	1	0	0	0	0	1
BU100HAU	1	0	0	0	0	1
BU101SON	1	0	0	0	0	1
BU102KRØ	1	0	0	0	0	1
BU103BER	1	0	0	0	0	1
BU104SPE	1	0	0	0	0	1
BU283STO	1	0	0	0	0	1
BU284RØD	1	0	0	0	0	1
BU363RÅT	0	0	0	1	0	1
BU398LLA	0	0	0	1	0	1
FI329VUO	1	0	0	0	0	1

FI330BAJ	1	0	0	0	0	1
FI331SUN	1	0	0	0	0	1
FI332LAN	1	0	0	0	0	1
FI333RUS	1	0	0	0	0	1
FI334IES	1	0	0	0	0	1
FI336STO	1	0	0	0	0	1
HE190NME	1	0	0	0	0	1
HE191SJU	1	0	0	0	0	1
HE192SME	1	0	0	0	0	1
HE193NÆR	1	0	0	0	0	1
HE314SKJ	1	1	1	0	0	3
HE315SIG	1	1	1	0	0	3
HE316VIN	1	0	0	0	0	1
HE317NUG	1	1	2	0	0	4
HE318HUK	1	1	1	0	0	3
HE319VER	1	1	1	0	0	3
HE320GJE	1	0	0	0	0	1
HE321ROK	1	1	1	0	0	3
HE322MJØ	1	0	0	0	0	1
HE323HAR	1	0	0	0	0	1
HE324RÅS	1	0	0	0	0	1
HE326DØL	1	0	0	0	0	1
HE337OSS	1	0	0	0	0	1
HE338ENG	1	0	0	0	0	1
HE340LOM	1	0	0	0	0	1
HE341DRE	1	0	0	0	0	1
HE343LAN	1	0	0	0	0	1
HE344NAR	1	0	0	0	0	1
HE345FEM	1	0	0	0	0	1
HE346KJE	1	0	0	0	0	1
HE347DJU	1	0	0	0	0	1
HE348ATN	1	0	0	0	0	1
HO068SAN	1	0	0	0	0	1
HO069EID	1	0	0	0	0	1
HO070GRA	1	0	0	0	0	1
HO071EVA	1	0	0	0	0	1
HO072VAN	1	0	0	0	0	1
HO073LØN	1	0	0	0	0	1
HO074MYR	1	0	0	0	0	1
HO075OPP	1	0	0	0	0	1
HO132RØL	1	0	0	0	0	1
HO140VIG	1	0	0	0	0	1
HO141SST	1	0	0	0	0	1
HO142NST	1	0	0	0	0	1
HO143KVI	1	0	0	0	0	1
HO144HEN	1	0	0	0	0	1
HO145SKO	1	0	0	0	0	1
HO146GJØ	1	0	0	0	0	1
HO147KAL	1	0	0	0	0	1
HO148HAU	1	0	0	0	0	1
HO149ASK	1	0	0	0	0	1
HO150ØLV	1	0	0	0	0	1
HO151TVE	1	0	0	0	0	1

MR175BJØ	1	1	1	0	0	3
MR176VAT	1	1	1	0	0	3
MR177RØT	1	0	0	0	0	1
MR178SNI	1	1	1	0	0	3
MR179HJØ	1	0	0	0	0	1
MR180BRU	1	0	0	0	0	1
MR181ENG	2	1	1	0	0	4
MR183FET	1	0	0	0	0	1
MR200LAN	1	1	1	0	0	3
MR201HOS	1	1	2	0	0	4
MR202NOS	0	1	1	0	0	2
MR203STØ	1	0	0	0	0	1
MR204HAN	1	1	1	0	0	3
MR205HAF	1	0	0	0	0	1
NO240FUS	1	0	0	0	0	1
NO241DRE	1	0	0	0	0	1
NO242RØS	1	0	0	0	0	1
NO245SOL	1	0	0	0	0	1
NO246SAN	1	0	0	0	0	1
NO247URV	1	0	0	0	0	1
NO248LIL	1	0	0	1	0	2
NO249OST	1	0	0	1	0	2
NO250FAR	1	0	0	1	0	2
NO251ALS	1	0	0	0	0	1
NO259HAR	1	0	0	0	0	1
NO364REP	0	0	0	1	0	1
NO365KRI	0	0	0	1	0	1
NO366LAN	1	0	0	1	0	2
NO392LAV	0	0	0	1	0	1
NO393LØY	0	0	0	1	0	1
NO394BØR	0	0	0	1	0	1
NO395HAV	0	0	0	1	0	1
NO397HOL	0	0	0	1	0	1
NO399KVI	0	0	0	1	0	1
NO402STO	0	0	0	1	0	1
NT222LIA	1	0	0	1	0	2
NT223HAM	2	1	1	0	0	4
NT224HOK	1	1	1	0	0	3
NT225MOV	1	1	2	0	0	4
NT227REI	1	0	0	0	0	1
NT228FOS	1	1	1	0	0	3
NT229LØM	1	0	0	0	0	1
NT230SNA	1	0	0	0	0	1
NT231EID	1	1	1	0	0	3
NT232GRU	0	1	1	0	0	2
NT234SKJ	1	0	0	0	0	1
NT235SAN	1	0	0	0	0	1
NT236LEN	1	0	0	0	0	1
NT237ULE	1	0	0	0	0	1
NT238TUN	1	0	0	0	0	1
NT239LIM	1	0	0	0	0	1
NT367LYN	0	0	0	1	0	1
NT368NES	0	0	0	1	0	1

NT369LAN	0	0	0	1	0	1
NT370ØSD	0	0	0	1	0	1
OP080VAN	1	0	0	0	0	1
OP081ØYA	1	0	0	0	0	1
OP082BYG	1	0	0	0	0	1
OP083HEG	1	0	0	0	0	1
OP084VOL	1	0	0	0	0	1
OP085SLI	1	0	0	0	0	1
OP086STR	1	0	0	0	0	1
OP087SÆB	1	0	0	0	0	1
OP088STE	1	0	0	0	0	1
OP105RAN	1	0	0	0	0	1
OP184LES	1	0	0	0	0	1
OP185SEL	1	0	0	0	0	1
OP186VÅG	1	0	0	0	0	1
OP187LAL	1	0	0	0	0	1
OP188OLS	1	0	0	0	0	1
OP189ESP	1	0	0	0	0	1
OP194RIN	1	0	0	0	0	1
OP196TRE	1	0	0	0	0	1
OP197EIN	1	0	0	0	0	1
OP198JAR	1	0	0	0	1	2
OP199HAR	1	0	0	0	0	1
OP371VAS	0	0	0	1	1	2
OP372SKI	0	0	0	1	1	2
OP373ROK	0	0	0	1	0	1
OP374ØYS	0	0	0	1	0	1
OP375MÆN	0	0	0	1	1	2
OP407KAL	0	0	0	0	1	1
ØS278SÆB	1	0	0	0	0	1
ØS279VAN	1	0	0	0	0	1
ØS280SKI	1	0	0	0	0	1
ØS285BOG	1	0	0	0	1	2
ØS286TUN	1	0	0	0	0	1
ØS287VES	1	1	1	0	0	3
ØS288ISE	1	1	1	0	1	4
ØS289TVE	1	0	0	0	1	2
ØS290ØRS	1	0	0	0	0	1
ØS291NKO	1	1	1	0	0	3
ØS292FEM	1	0	0	0	0	1
ØS293ASP	1	0	0	0	0	1
ØS295ARE	1	0	0	0	0	1
ØS296ØYM	1	0	0	0	0	1
ØS297LUN	1	0	0	0	1	2
ØS298GJØ	1	0	0	1	1	3
ØS299RØD	1	0	0	0	0	1
ØS300SKU	1	0	0	0	0	1
ØS301RØM	1	0	0	0	0	1
OS311NØK	1	0	0	0	1	2
OS312ØST	1	0	0	1	1	3
ØS387ERT	0	0	0	1	0	1
ØS388SKJ	0	0	0	1	0	1
ØS389GRE	0	0	0	1	0	1

ØS390BER	0	0	0	1	0	1
ØS391ROK	0	0	0	1	1	2
RO042LUN	1	0	0	0	0	1
RO043HOV	1	1	1	0	0	3
RO044EID	1	0	0	0	0	1
RO045BAR	1	0	0	0	0	1
RO046BIL	1	0	0	0	0	1
RO047FLA	1	0	0	0	0	1
RO048SVE	1	0	0	0	0	1
RO049HOF	1	0	0	0	0	1
RO050BYR	1	0	0	0	0	1
RO051OLT	1	1	1	0	0	3
RO052LIM	1	1	1	0	0	3
RO053EDL	1	0	0	0	0	1
RO054STO	1	0	0	0	0	1
RO055FRØ	1	0	0	1	0	2
RO056HOR	1	0	0	0	0	1
RO057ORR	1	0	0	1	0	2
RO058HÅL	0	0	0	1	0	1
RO059STO	1	1	1	0	0	3
RO060STO	1	0	0	1	0	2
RO061LUT	0	1	1	0	0	2
RO063ESP	1	0	0	0	0	1
RO065VOS	1	1	1	0	0	3
RO066HET	1	1	1	0	0	3
RO067SUL	1	0	0	0	0	1
RO134GJE	1	0	0	0	0	1
RO135VAT	1	1	1	0	0	3
RO136NST	0	1	1	0	0	2
RO137SST	1	1	1	0	0	3
RO138ASK	1	1	1	0	0	3
RO139STA	1	0	0	0	0	1
RO376MOS	0	0	0	1	0	1
RO378SØY	0	0	0	1	0	1
RO379SMO	0	0	0	1	0	1
RO380DYB	0	0	0	1	0	1
SF076VAS	1	0	0	0	0	1
SF077HAF	1	0	0	0	0	1
SF078VEI	1	0	0	0	0	1
SF079ÅRD	1	0	0	0	0	1
SF153ESP	1	0	0	0	0	1
SF154HOV	1	0	0	0	0	1
SF155HOV	1	0	0	0	0	1
SF156MYK	1	0	0	0	0	1
SF157HÆS	1	0	0	0	0	1
SF158VIK	1	0	0	0	0	1
SF159LAU	1	0	0	0	0	1
SF160HAU	1	0	0	0	0	1
SF161HOL	1	0	0	0	0	1
SF162MOV	1	0	0	0	0	1
SF163END	1	0	0	0	0	1
SF164LYK	1	0	0	0	0	1
SF165EMH	1	0	0	0	0	1

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3876-98

ISBN 82-577-3460-8