

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern  
Oslo 3

Rapportnummer: 0-82087 <del>F-83462</del>
Undernummer:
Løpenummer: 1528
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Vannblomst med giftige blågrønnalger - undersøkelser i Rogaland 1982. Oversikt. Resultater. Erfaringer,	Dato: 18. mai 1983
	Prosjektnummer: 0-82087 F-83462
Forfatter(e): Olav Skulberg <i>Bjarne Underdal</i>	Faggruppe:
	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag): 42

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Rogaland	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Det blir gitt en generell fremstilling av fenomenet giftproduserende blågrønnalger (arter, toksiner, giftvirkninger og forgiftningsfare). I ni av tolv undersøkte innsjøer i Rogaland ble det i 1982 påvist stammer av giftproduserende blågrønnalger. Ved Frøylandsvatnet omkom omlag 40 husdyr av forgiftning med <i>Microcystis aeruginosa</i> .
--

4 emneord, norske:
1. Giftproduserende blågrønnalger
2. Husdyrforgiftning
3. Eutrofe innsjøer
4. Rogaland, Norge

4 emneord, engelske:
1. Toxic blue-green algae
2. Cattle poisoning
3. Eutrophic lakes
4. Rogaland, Norway

Prosjektleder:

*Olav Skulberg*

Divisjonssjef:

*Rolf E. Arnesen*

For administrasjonen:

*J.E. Samdal*

*Lars Ouenim*

ISBN 82-577-0673-6

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

O-82087

F-83462

VANNBLOMST MED GIFTIGE BLAGRØNNALGER  
- UNDERSØKELSER I ROGALAND 1982.

Oversikt. Resultater. Erfaringer

Oslo, 18. mai 1983

Olav Skulberg, Norsk institutt for  
vannforskning  
Bjarne Underdal, Institutt for nærings-  
middelhygiene, Norges  
veterinærhøgskole

F O R O R D

Norsk institutt for vannforskning og Institutt for næringsmiddelhygiene gjennomfører undersøkelser av blågrønnalgeoppblomstringer i Rogaland. Arbeidet ble påbegynt i 1982 etter initiativ fra PLAN- OG UTBYGGINGS-DELINGEN ved ROGALAND FYLKESKOMMUNE. Hensikten med undersøkelsen er å belyse problemstillinger knyttet til blågrønnalgenes påvirkning av vannkvalitet, spesielt muligheter for ulike typer giftvirkninger. Videre er det spørsmål om tiltak som kan gjøres for å motvirke forgiftningsfare og unngå skadelige masseoppblomstringer av blågrønnalger.

Undersøkelsen gjennomføres i et samarbeid med MILJØVERNAVDELINGEN - FYLKESMANNEN I ROGALAND, lokale helsemyndigheter, NORGES VETERINÆRHØGSKOLE og enkelte andre forskningsinstitusjoner.

Resultatene fra undersøkelsen er gitt løpende i brevs form til FYLKESMANNEN I ROGALAND og fremlagt på aktuelle møter i løpet av 1982. En sammenstilling av hovedpunktene med erfaringer fra arbeidet ble fremstilt i notat datert 8. februar 1983 (NIVA, O-82087, 1983-02-08).

Denne rapport gir en kort oversikt over problemet giftige blågrønnalger, og erfaringene av forskningsvirksomhet i 1982 knyttet til undersøkelsene i Rogaland.

Vi retter en spesiell takk til veterinær Magnus Haaland, Bryne, for bidraget til rapporten om husdyrforgiftningen ved Frøylandsvatnet i august 1982.

Oslo, 18. mai 1983

Bjarne Underdal  
Norges veterinærhøgskole

Olav Skulberg  
Norsk institutt for vannforskning

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	2
1. SAMMENDRAG AV RESULTATER FRA ROGALAND I 1982	6
2. GENERELLE OPPLYSNINGER OM GIFTPRODUSERENDE BLAGRØNNALGER	8
2.1 Algetoksiner	8
2.2 Biotoksikologi	8
2.3 Forekomst av algeforgiftninger	9
2.4 Eutrofiering - vannblomst	10
2.5 Giftdannende blågrønnalger	11
2.6 Giftstoffer og giftvirkninger	13
2.7 Vurdering av forgiftningsfare	14
3. SPESIELLE UNDERSØKELSER AV FOREKOMST AV GIFTPRODUSERENDE BLAGRØNNALGER I ROGALAND I 1982	17
3.1 Lokalteter, materiale og metoder	17
3.2 Utvikling av blågrønnalger og vannblomst	19
3.3 Påvisning av toksiske blågrønnalger	24
3.4 Forgiftning av husdyr ved Orrevassdraget	25
3.5 Drøftelse av resultater	31
4. VURDERINGER OG TILRÅDNINGER	33
5. HENVISNINGER	40

TABELLFORTEGNELSE

	Side
Tabell 1. Blågrønnalger som er påvist å kunne ha giftproduserende stammer.	12
" 2. Oversikt over biologiske prøver innsamlet 1982.	17
" 3. Artsliste for blågrønnalger.	21
" 4. Dominerende arter av blågrønnalger. Observasjoner i perioden 15. juli til 14. oktober 1982.	22
" 5. Resultater av toksisitetstesting av blågrønnalger.	25
" 6. Noen observasjoner av variasjoner i giftighet til <i>Microcystis aeruginosa</i> .	25
" 7. Analyseresultater - Orrevassdraget 1982.	38
" 8. Analyseresultater - Figgjovassdraget 1982.	38
" 9. Analyseresultater - Lutsivassdraget 1982.	39
" 10. Analyseresultater - Andre lokaliteter 1982.	39
" 11. Forekomst av vannblomst og giftproduserende blågrønnalger 1982.	31

F I G U R F O R T E G N E L S E

	Side
Figur 1. Noen kjemiske strukturer av toksiner fra blågrønnalger.	14
" 2. Lokalteter for undersøkelse av giftproduserende blågrønnalger i Rogaland.	18
" 3. Skjematisk fremstilling av blågrønnalgenes relative dominans i innsjøenes planktonvegetasjon.	20
" 4. Eksempler på algekonsentrasjoner under oppblomstringer.	23
" 5. <i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	26
" 6. <i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Bréb.	27
" 7. Noen hydrokjemiske forhold i innsjølokalitetene. Konduktivitet. Totalfosfor. Totalnitrogen.	35
" 8. Fosfor- og nitrogenforhold i innsjølokalitetene. N:P-forhold. N·P-produkt.	36
" 9. Meteorologiske forhold i observasjonsperioden april-oktober 1982. Døgnmiddeltemperatur og nedbørmengde.	37

## 1. SAMMENDRAG AV RESULTATER FRA ROGALAND I 1982

Innsjølokaliteter i Orrevassdraget, Figgjovassdraget og Lutsivassdraget inngikk i arbeidet i 1982. Allerede tidlig i juli kom det til utvikling frodige bestander av blågrønnalger. Følgende arter var særlig dominerende:

*Microcystis aeruginosa*

*Oscillatoria agardhii* var. *isothrix*

*Gomphosphaeria naegeliana*

*Anabaena flos-aquae*

*Anabaena solitaria*

1982 ble et utpreget blågrønnalgeår i innsjøene på Jæren. Vannblomst var vanlig i de eutrofe lokaliteter. Store algekonsentrasjoner ble målt. Som eksempel kan forholdene i Orrevassdraget nevnes. Her ble det i august regelmessig observert algekonsentrasjoner på 10-15 mg/l organisk tørrstoff. Materialet besto da av praktisk talt utelukkende blågrønnalger (*Microcystis aeruginosa*). Noen hovedtrekk i utviklingen kan summeres opp:

- Kombinasjon av lys, varme og plantenæringsstoffer ga gunstige utviklingsmuligheter for blågrønnalger i siste halvdel av juli og august i flere av innsjøene. Vannblomst utviklet seg i de sterkest eutrofierte lokaliteter. *Microcystis aeruginosa* var den vanligste organisme som dannet masseforekomst, men *Anabaena flos-aquae* gjorde seg også sterkt gjeldende. Regionalt vurdert hadde Orrevassdraget den mest markerte blågrønnalgeutvikling, tett fulgt av Figgjovassdraget og deler av Lutsivassdraget.
- Frøylandsvatnet i Orrevassdraget hadde den største oppblomstring på mange år med *Microcystis aeruginosa*. Et omfattende tilfelle med husdyrdød fant sted i august, omlag 40 dyr (de fleste sauer, noen kyr) omkom av forgiftning med blågrønnalgetoksiner. Materialet av *Microcystis* fra Frøylandsvatnet i juli og august som ble analysert, hadde høyt toksininnhold.
- Prøver av populasjoner med blågrønnalger fra lokalitetene med vannblomst av *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae* og *Anabaena*

*spiroides* er testet for innhold av toksiner. Toksiner ble påvist, og forsøksdyrene viste de karakteristiske symptomer, latenstid og dødstid som tidligere rapportert (SKULBERG, 1979).

Det foreligger nå et betydelig dokumentasjonsmateriale for tilstedeværelse av toksiske stammer med blågrønnalger i vassdrag i Rogaland. En sammenfatning blir gjort i oversikten nedenfor:

Frøylandsvatn	5. aug. 1978	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Toksisk
Frøylandsvatn	14. aug. 1979	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Toksisk
Frøylandsvatn	15. juli 1982	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Toksisk
Frøylandsvatn	6. aug. 1982	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Toksisk
Frøylandsvatn	15. aug. 1982	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Toksisk
Orrevatn	16. aug. 1982	<i>Gomphosphaeria lacustris</i> *	Toksisk
Dybingen	23. aug. 1982	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Toksisk
Lutsivatn	16. aug. 1982	<i>Microcystis aeruginosa</i> *	Toksisk
Limavatn	23. aug. 1981	<i>Anabaena flos-aquae</i>	Toksisk
Edlandsvatn	23. aug. 1981	<i>Anabaena flos-aquae</i>	Toksisk
Stokkalandsvatn	16. aug. 1982	<i>Anabaena spiroides</i>	Toksisk

\* Betydelig innslag også av andre blågrønnalger



## 2. GENERELLE OPPLYSNINGER OM GIFTPRODUSERENDE BLAGRØNNALGER

### 2.1 Algetoksiner

Alger med giftproduserende stammer forekommer i ferskvann, brakkvann og saltvann. Det er arter fra flere systematiske klasser som er kjent for å ha slike egenskaper. I ferskvann er det særlig enkelte arter blågrønnalger (*Cyanophyceae*) som er årsak til forgiftningstilfeller. Fra brakkvannsområder er flagellaten *Prymnesium parvum* (*Haptophyceae*) en velkjent årsak til omfattende fiskedød. Dinoflagellater (*Dinophyceae*) er beskrevet fra mange kystområder av verden med noen arter som er giftproduserende. Også innenfor andre algeklasser - f.eks. gulalger (*Chrysophyceae*) - er det arter som er antatt å kunne danne giftstoffer.

Når det dukker opp situasjoner med utvikling av giftige alger i våre vannforekomster, er det nødvendig å kjenne til og vite hvordan vi skal forholde oss. Samtidig vil utforskningen av de aktuelle fenomener kaste lys inn i problemområder som har interesse, såvel for naturvitenskap som for samfunnets praktiske behov.

### 2.2 Biotoksikologi

Studiet av giftige planter og dyr og virkningene som slike stoffer lager, betegnes for biotoksikologi. Begrepet gift brukes da i vid betydning, om stoffer som medfører at en organisme blir skadet gjennom kjemiske påvirkninger strukturelt eller funksjonelt, og som i økende konsentrasjoner fører til organismens død. Umiddelbart merkbare giftvirkninger og toksiske langtidsvirkninger gjør seg gjeldende. Virkningene av biotoksiner omfatter foruten akutte og kroniske intoksikasjoner, også deres betydning for formering (reproduksjon), misdannelse (teratogenitet), påvirkning av arvestoffet (mutagenitet), svulstdannelse (tumorigenitet), kreftfremkalling (kanserogenitet) og overømfintlighetsreaksjoner (allergenitet). Utover giftvirkningene på den enkelte organisme kommer konsekvensene i den økologiske sammenheng. Det tenkes her på biotoksinenes innvirkning på populasjoner og samfunn av organismer i deres økosystemer.

I denne økologiske sammenheng brukes ofte betegnelsen allelopati om skadelige innvirkninger av kjemisk natur mellom organismer. Da begrepet allelopati ble introdusert i vitenskapelig terminologi (MOLISCH

1923), var det klar forståelse for at biokjemiske påvirkninger ikke bare gjorde seg gjeldende mellom planter innbyrdes, men også mellom planter og dyr. Imidlertid ble begrepet i første rekke knyttet til kjemiske interaksjoner mellom planter og mikroorganismer. Først i ny tid (RICE 1974) er allelopati-begrepet blitt tatt i bruk på en utvidet måte, hvor alle direkte eller indirekte skadelige effekter av biokjemiske påvirkninger mellom organismer er inkludert. Dette betyr at f.eks. algetoksiner studeres under fenomen-betegnelsen allelopati.

### 2.3 Forekomst av algeforgiftninger

Utbredelse av giftige alger og problemer med forgiftninger av algeopprikkelse er rapportert fra alle verdensdeler (SCHWIMMER et al. 1955; CARMICHAEL 1981). I de nordiske land har det hittil særlig vært interesse for muslingforgiftninger av mennesker knyttet til oppblomstringer av spesielle marine dinoflagellater - f.eks. *Gonyaulax excavata* - (TANGEN 1979, 1980; UNDERDAL et al. 1980).

Problemer knyttet til giftvirkninger av alger i ferskvann har foreløpig hatt relativt liten oppmerksomhet.

I en litteraturoversikt angående toksiske blågrønnalger i de nordiske land foreligger det tre publikasjoner fra Danmark, én fra Finland, fire fra Norge og tre publikasjoner fra Sverige. Tilfeller med forgiftninger av blågrønnalger er rapportert fra alle fire land, men bevisføringen er til dels svak og støtter seg til hypoteser. Av det sparsomme materialet fremstår imidlertid at problemene synes mest utpreget i eutrofierte vannforekomster, og i perioder med høy sommertemperatur.

Den generelle informasjon om forgiftninger med blågrønnalger kan foreløpig sammenfattes slik:

- Toksiske blågrønnalger kan medføre forgiftninger av dyr i naturlige populasjoner, av husdyr og mennesker.
- Tilfellene er sporadiske i tid og sted i geografisk sammenheng.
- Fenomenet er mangelfullt undersøkt, og beskjedne forskningsinnsats blir gjort.

- Myndigheter og forvaltningsorganer er til dels lite orientert om muligheter når det gjelder forgiftning med algetoksiner.

#### 2.4 Eutrofiering - vannblomst

Eutrofiering er primært en reaksjon på øket tilførsel til en vannmasse med plantenæringsstoffer som fører med seg øket plantevekst. Algene utgjør den vesentligste andel av primærproduzentene i de fleste akvatiske lokaliteter, og en øket algevekst er gjerne nøye knyttet til utviklingen mot eutrofi.

Den uønskede biologiske virkning av eutrofiering er ikke først og fremst større produksjon av alger. Det er særlig forandringene i type algevegetasjon, med bl.a. arter som utvikler vannblomstfenomen, som lager problemene. Denne forandringen av algevegetasjon - og da særlig oppblomstringer av blågrønnalger - forstyrrer den normale næringskjede, og resulterer i nye næringskjeder som fører fram til mindre verdifulle sluttprodukter praktisk vurdert. Samtidig gjør det seg gjeldende en akkumulering av algemasser på grunn av mindre effektiv nedbeiting og nedbrytning. Råtnende algemateriale, forbruk av vannets oksygeninnhold, dannelse av vond lukt og smak på vann og utvikling av giftige stoffer kan være ledsagende problemer.

Vannsamlinger som er rike på plantenæringsstoffer viser regelmessig stor forekomst av planktoniske alger. Det kan være at disse algene opptrer i så stor mengde at de setter tydelig farge på vannmassen, og dette betegnes med et folkeuttrykk som "vannblomst". Begrepet "vannblomst" har ingen skarp avgrensning, det er et beskrivende uttrykk for at en sestonfargning (seston, det som lar seg sile fra) av vannet gjør seg gjeldende på en iøynefallende måte. Foruten alger kan også bakterier, invertebrater og andre organismer være årsak til "vannblomst".

I tysk litteratur er det benyttet tre uttrykk for å beskrive den optiske virkning fytoplanktonet har i vannforekomstene (HUBER-PESTALOZZI 1938, p. 254). "Wasserblüte" brukes om en masseforekomst av alger på overflaten av en vannsamling som medfører iøynefallende fargevirkninger på vannoverflaten. "Vegetationsfärbung" betegner en fargepåvirk-

ning av vannet som skyldes planteplankton, og som ikke spesielt er knyttet til vannoverflaten. "Vegetationstrübung" brukes om en nedsettelse av siktedypet i vannet på grunn av planteplankton.

Engelsk litteratur bruker også uttrykket vannblomst. "Algal blooms" er forholdsvis plutselige utviklinger av store populasjoner av én eller noen få arter i fytoplanktonet (ODUM 1957, p. 230). Men uttrykket kan også brukes (synonymt med "algal pulses") for å beskrive typiske situasjoner i fytoplanktonets årstidsvariasjon, når populasjonstettheten av en art er flere ganger større enn gjennomsnittet for året. Noen presis definisjon har disse uttrykkene ikke.

Blågrønnalgene viser ofte en utpreget utvikling av vannblomst. En spesiell egenskap hos blågrønnalgene gir forutsetninger for dette. Ved hjelp av ulike mekanismer kan de regulere sin spesifikke vekt. Særlig viktig i denne forbindelse er gassvakuolene, organeller i cellene bygd opp av gassvesikler (små gassfylte strukturer), som bl.a. gjør det mulig for planktoniske blågrønnalger å innstille seg i vannmassene hvor det er de gunstigste voksebetingelser.

Det gjelder generelt ved eutrofiering at det er tilgangen på anvendelige næringsstoffer som er en hovedfaktor og bestemmende for mengden av algevekst på en lokalitet. Algesamfunnet som kommer til utvikling vil være avhengig av kvalitative og kvantitative sider med næringsstoffmiljøet. Biomassen med algemateriale som dannes, er derimot hovedsakelig bestemt av den tilgjengelige mengde med plantenæringsstoffer.

De forskjellige vannforekomster vil variere mye med hensyn til vannkvalitet, og de byr ulike muligheter som vekstmedium for alger. Dette kommer til uttrykk i forskjeller i vannmassenes fruktbarhet.

## 2.5 Giftdannende blågrønnalger

En stor algebiomasse vil i seg selv gi en betydelig direkte påvirkning av vannmassene. Den livsutfoldelse algene utøver under en masseoppblomstring vil dessuten resultere i en rekke med kjemiske innvirkninger på vannkvaliteten. Det dreier seg om stoffer som dannes ved algenes metabolisme. De omfatter både ekstracellulære og intracellulære

produkter. En rekke med organiske stoffer inngår i denne sammenheng. Som eksempler kan nevnes organiske syrer, karbohydrater, aminosyrer og peptider, vitaminer, fytohormoner, antibiotika, enzymer og toksiske forbindelser. En intensiv mikrobiologisk aktivitet i vannmassene vil bli fremkalt av dette.

Av de omlag 1500 beskrevne arter av blågrønnalger er det bare et lite antall som er kjent for å kunne danne toksiner. En liste med representative arter med toksinproduserende stammer er stilt sammen i tabell 1. De omfatter to arter av kolonidannende former og fem arter av trådformede typer. *Trichodesmium erythraeum* Ehr. er en marin blågrønnalge. Det er dessuten to andre blågrønnalger som i senere tid har tiltrukket seg oppmerksomhet som toksindannere. Det gjelder *Lyngbya majuscula* Gomont og *Schizothrix calcicola* (Ag.) Gom. Det er ingen tvil om at videre forskningsarbeid vil avdekke flere arter med fysiologiske egenskaper som giftprodusenter både i saltvann og ferskvann (ØSTENSVIK et al. 1981).

Fysiologiske undersøkelser av disse algene i kultur viser at de kan opptre i ikke-toksiske og toksiske stammer. Dette forhold bl.a. forklarer sannsynligvis den sporadiske forekomst i tid og sted av forgiftninger som føres tilbake til blågrønnalger.

Tabell 1. Blågrønnalger som er påvist å kunne ha giftproduserende stammer

CHROOCOCCALES

Chroococcaceae

*Microcystis aeruginosa* Kütz.

*Coelosphaerium kützingianum* Näg.

HORMOGONALES

Nostocaceae

*Anabaena flos-aquae* (Lyng.) Bréb.

*Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs.

*Nodularia spumigena* Mertens

Rivulariaceae

*Gloeotrichia echinulata* (J.E. Smith) Richt.

Oscillatoriaceae

*Oscillatoria agardhii* Gom.

*Trichodesmium erythraeum* Ehr.

## 2.6 Giftstoffer og giftvirkninger

Nyere forskningsresultater (CARMICHAEL 1980) har vist at det er mer enn tolv toksiner som dannes av de kjente arter av blågrønnalger med giftproduserende stammer. Av disse er det bare ett stoff som hittil er blitt kjemisk identifisert og toksikologisk undersøkt (TOERIEN et al. 1976). Det er imidlertid klarlagt at de kjemiske forbindelser det gjelder, hovedsakelig fordeler seg mellom stoffgruppene alkaloider (heterocykliske, nitrogenholdige baser med utpreget fysiologisk virkning på sentralnervesystemet, f.eks. anatoksin-a) og polypeptider (sammenkoblede aminosyrer til lange kjeder, f.eks. dekapolypeptidet microcystin). Noen eksempler på kjemiske strukturer av toksiner fra blågrønnalger er vist i figur 1. (GORHAM et al. 1979).

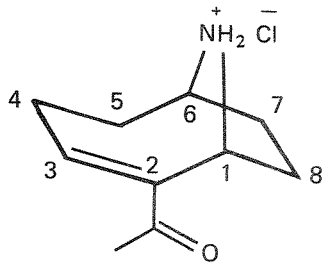
Ut fra forgiftningssymptomer og dødstid er det mulig til en viss grad å bedømme hvilke stoffgrupper som er det virkende toksin i et aktuelt tilfelle. Kort dødstid for forsøksmus (2-10 minutter etter mottatt dødelig dose) indikerer at et nevrotoksisk stoff (alkaloid) er til stede. Tilsvarende hvis dødstiden er lang (1-3 timer etter mottatt dødelig dose) indikerer at et peptid-toksin er til stede.

Blågrønnalgenes giftvirkninger vil altså være forskjellige fra art til art. Noen sedvanlige forhold som er observert kan nevnes.

*Microcystis aeruginosa*. Toksinet betegnes microcystin. Det har effekt på både lever og nervesystem hos pattedyr. Symptomene er at dyrene når de har mottatt toksinet etter ca. 30 minutter blir bleke (øre og hale). Det utvikles lammelser og kramper, respirasjonsbesvær gjør seg gjeldende. Døden inntreffer etter ca. 1 time.

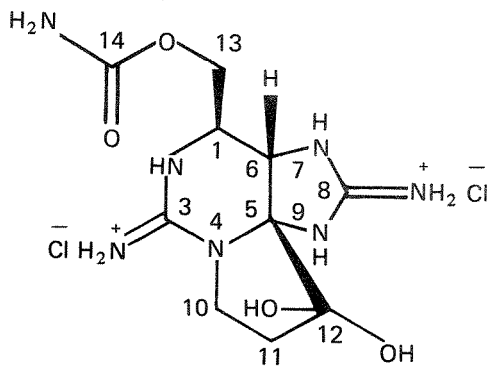
*Anabaena flos-aquae*. Toksinene betegnes anatoksin-a-c. De virker på nervesystem og lever. Symptomene setter inn etter 5-15 minutter, dyrene får kramper og kaster opp. De dør etter 5-120 minutter som følge av kvelning.

Fugler får med forgiftningen et karakteristisk bakoverbøyet hode. Fisk får muskelstivhet i løpet av 2-4 minutter. De dør i løpet av 15 minutter.



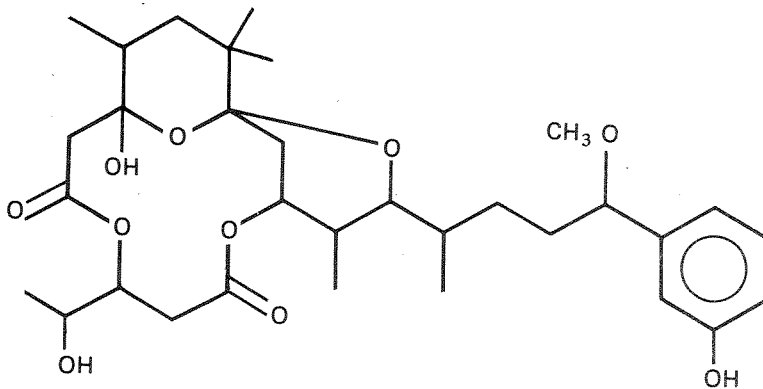
Anatoksin-a hydroklorid

*Anabaena flos-aquae*



Saxitoksindihydroklorid

*Aphanizomenon flos-aquae*



Dibromoaplysia-toksin

*Lyngbya gracilis*

Figur 1. Noen kjemiske strukturer av toksiner fra blågrønnalger.

*Aphanizomenon flos-aquae*. Toksinet er sannsynligvis identisk med saxitoksin. Det er en kraftig virkende nervegift for pattedyr og fisk. Forgiftningssymptomene er at dyrene får spastiske bevegelser, mister orienteringsevne, pusten blir uregelmessig og dyrene dør av kvelning. Latenstiden overstiger sjelden noen få minutter, og døden inntreffer etter ca. 20 minutter.

## 2.7 Vurdering av forgiftningsfare

Det er flere forutsetninger som må være oppfylt for at en vannblomst med blågrønnalger skal medføre forgiftningsfare. Blant de viktigste

kan følgende nevnes: Oppblomstringen må være med en toksinproduserende blågrønnalge i dominans. Det må finne sted en konsentrering av de toksiske algene i vannmassene (f.eks. med strøm, vindtransport med overflatevann). Toksinene må konsumeres før fortynning eller nedbryting gjør seg gjeldende.

Det er påvist at levende alger virker giftige. Når algene dør passerer toksinene over til vannfasen. Mens algemassen dekomponeres, avtar gjerne giftigheten.

En rekke økologiske forhold trenger vurdering i forbindelse med opp-treden av giftige blågrønnalger. Mange observasjoner tyder på at de aktuelle stoffer som blågrønnalgene danner kan ha både auto- og hetero-antagonistisk karakter. Det er f.eks. påvist at i innsjøer med vannblomst av bl.a. *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Anabaena* og *Aphanizomenon* er en lang rekke andre alger hemmet i sin vekst. Videre har forsøk vist at *Microcystis aeruginosa* er giftig i forhold til andre blågrønnalger, og til forskjellige arter av zooplankton.

Miljøfaktorene i vannmassene er viktige for toksinstabiliteten. Et forhold ved toksinene til *Microcystis*, *Anabaena* og *Aphanizomenon* er at de er alkalilabile. De brytes ned i alkalisk oppløsning. Prosessen begunstiges ved at oksygen er til stede, og at temperaturen er over 20°C. Slike betingelser kan f.eks. opptre under naturlige vannblomst-situasjoner, i den lyse del av døgnet når fotosyntesen medfører forbruk av karbondioksyd og frigjør oksygen.

Det er en rekke rapporter om fiskedød knyttet til vannblomst av blå-grønnalger både under naturlige forhold og kulturbetingelser (fiskeoppdrett). Særlig *Anabaena* og *Aphanizomenon* har vært årsak til massedød av fisk. Men i flere sammenhenger er det uklarhet om det er direkte eller indirekte virkninger av blågrønnalgene som har gitt utslag i fiskedøden.

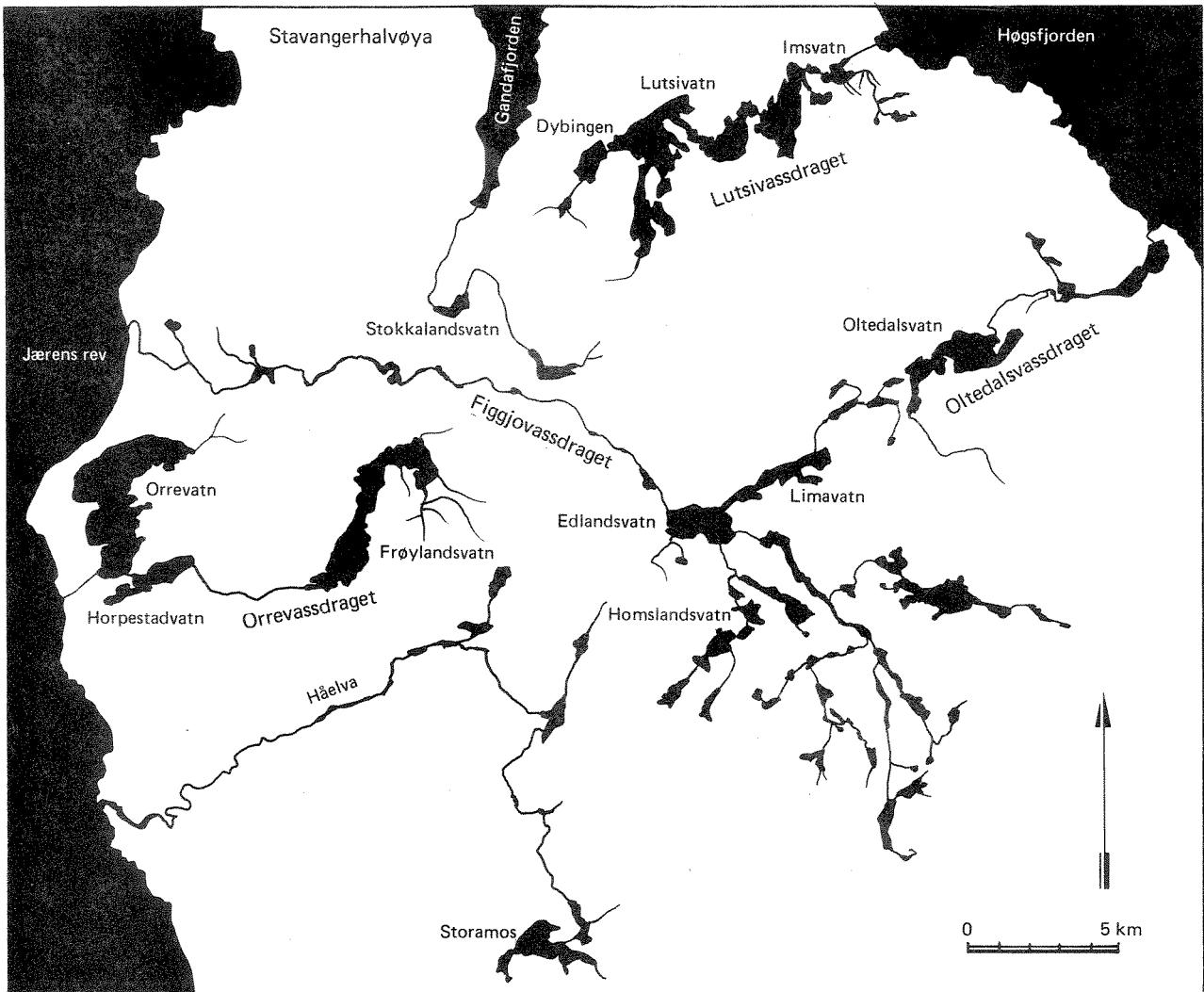
Særlig husdyr synes utsatt for forgiftningsfare ved vannblomst med blågrønnalger. De fleste registrerte tilfeller beskrevet i litteraturen angår sauer, kuer og fjørfe (CARMICHAEL 1981).



Generelt vil algeoppblomstringer i drikkevannsforsyninger kunne karakteriseres som hygieniske ulemper og kunne gi praktiske problemer for den tekniske behandling av vannet. Noen direkte helsemessig risiko skulle ikke være forbundet med å bruke slikt vann til drikkevann, selv om det kvalitetsmessig (smak, lukt osv.) kan være uheldig påvirket (SKULBERG 1972, SIFF 1980).

Annerledes stiller det seg hvis blågrønnalger med toksiske virkninger opptrer i stor forekomst i drikkevannskilder. Så vel mennesker som dyr kan da bli utsatt for forgiftninger. Flere alkaloider, polypeptider og pteridiner er farlige gifter som dannes av blågrønnalger. Nye toksiner er dessuten nylig beskrevet (GORHAM et al. 1979). Spørsmålet om den vanlige rensetekniske behandling av drikkevann er tilstrekkelig for å beskytte mot algetoksiner blir besvart forskjellig. Flere rapporter viser at algetoksiner kan passere vannrensebehandling som omfatter koagulering, filtrering og klorering (International Conference The Water Environment: Algal Toxins and Health, Dayton, Ohio, 1980). Når vi da kjenner til at de aktuelle giftstoffene er farlige for mennesker og husdyr, og at det er mange usikkerhetsmomenter med deres oppreden i vannforekomstene, bør dette mane til forsiktighet. Det er nødvendig i hvert enkelt tilfelle med grundige, systematiske undersøkelser av i hvilken utstrekning de forskjellige toksiner fra ulike stammer og populasjoner av blågrønnalger blir fjernet gjennom den rensetekniske behandling i vannverk (HAUGAN et al. 1982). Resultatene av slike undersøkelser bør danne grunnlag for praktiske og hygieniske vurderinger.





Figur 2. Lokalteter for undersøkelse av giftproduserende blågrønnalger i Rogaland.

Metodene ved feltarbeidet var de rutinemessige som benyttes for vannundersøkelser ved NIVA. Til konservering av algeprøver ble brukt nøytralisert formalin. Ved innsamling av prøver til kvalitative algeanalyser ble planteplanktonhåv med porevidde 25  $\mu$ m anvendt. Laboratoriedyrking av blågrønnalger foregikk etter tidligere beskrevet fremgangsmåte (SKULBERG 1978). De kjemiske analyser ble utført ved NIVAs analyselaboratorium i Oslo etter rutinemessige metoder. Analyseresultater av vannprøvene fra de tolv undersøkte innsjølokalitetene er samlet i fire tabeller (tabell 7, 8, 9 og 10 - se side 38 og 39).

Toksisitetstesting av blågrønnalgematerialet ble utført ved Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole, i Oslo. Metoden skal omtales i noen detalj, forøvrig vises til tidligere behandling (SKULBERG 1979). 1 g frysetørret prøvemateriale blandet godt i 25 ml

steril 0,9% NaCl-oppløsning, tilsvarende 40 mg frysetørret materiale pr. ml. Fra denne løsningen lages det en to-fold fortynningsrekke i steril 0,9% NaCl-oppløsning. På denne måten kan toksisiteten av det frysetørrede materialet fastlegges.

Hvite mus (♀ med levende vekt 25-35 g, levert fra forsøksdyravdelingen, Norges veterinærhøgskole) injiseres intraperitonealt (innsprøyting i bukhulen) med 0,1 ml og 1,0 ml fra de ulike fortyningene. Det benyttes to mus i hver gruppe. Musene observeres kontinuerlig i 2 timer etter injeksjonen, deretter hver halvtime inntil 6 timer etter injeksjonen. Mus som overlever står til observasjon i 2-4 døgn.

Tidspunkt for opptreden av symptomer, symptomenes karakter og tidspunkt for eventuelle dødsfall registreres (se avsnitt 3.3).

Patologisk-anatomiske undersøkelser av sauer og kyr som omkom ved Frøylandsvatnet i august ble utført av lokale veterinærinstitusjoner. Det vises i denne forbindelse til beskrivelse i Norsk Veterinærtidskrift (HAALAND et al. 1983).

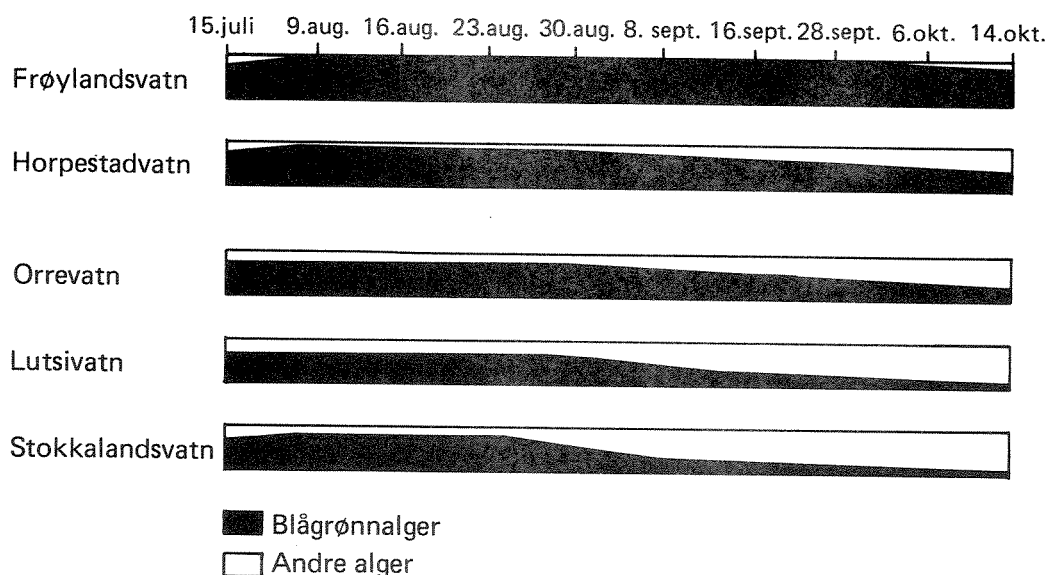
### 3.2 Utvikling av blågrønnalger og vannblomst

Det er mange holdepunkter for at utviklingen av blågrønnalger i de enkelte innsjøer i stor utstrekning er avhengig av bestander med utgangspopulasjoner (SKULBERG 1980). Disse forhold er foreløpig lite undersøkt i vassdragene det gjelder. Men de geografiske betingelsene i dette området av Rogaland, særlig knyttet til klima og topografi, innebærer muligheter for at spesielle opp-podningsmekanismer kan gjøre seg gjeldende. Det er tydelig at blågrønnalgeutviklingen starter svært tidlig på de aktuelle lokaliteter vurdert i norsk sammenheng. Da de første regelmessige observasjoner tok til i juli, var det allerede en frodig bestand av blågrønnalger til stede i innsjøene.

Utviklingsforløpet med hensyn til blågrønnalgepopulasjonenes vekst var noe forskjellig i de undersøkte innsjøer. I figur 3 er det gitt en fremstilling av blågrønnalgens relative dominans i innsjøenes planktonvegetasjon. Bedømmelsen er basert på observasjoner i håvtrekkprøver innsamlet på de angitte tidspunkter. Noen vesentlige erfaringer kan fremheves. Den største forekomst av blågrønnalger ble gjennomgåen-

de funnet i perioden 9.-23. august. I Frøylandsvatnet var blågrønnalgen til stede i stor forekomst også i løpet av september, men med en viss avtakende mengde gjennom første halvdel av oktober. Frøylandsvatnet var typisk innsjøen med ubetinget sterkest dominans av blågrønnalger gjennom hele observasjonsperioden. For de andre innsjøenes vedkommende ble det påvist en forholdsvis jevnt avtakende forekomst fra slutten av august og utover i september (Horpestadvatn, Orrevatn og Lutsivatn). Stokkalandsvatnet fremhevet seg med å ha den korteste oppblomstringsperioden med blågrønnalger.

Det vises forøvrig til beskrivelser i aktuelle rapporter under Statlig program for forurensningsovervåking.



Figur 3. Skjematisk fremstilling av blågrønnalgenes relative dominans i innsjøenes planktonvegetasjon: Bedømmelse basert på observasjoner i håvtrekkprøver (25  $\mu$ m).

### Artssammensetning

Den systematiske bearbeidelse av blågrønnalgene er vanskelig av flere årsaker. Resultatene fra undersøkelsen av materialet innsamlet i Rogaland 1982 kan derfor bare betraktes som foreløpige. En videre inngående behandling av prøvene ville dessuten ha gitt en mer omfattende artsliste. De mest fremtredende og vanlige arter av planktoniske blågrønnalger fra de undersøkte lokaliteter er imidlertid kommet med.

Den kvalitative bearbeiding av materialet omfattet bestemmelse av om-  
lag tyve arter blågrønnalger (tabell 3). Disse fordeler seg mellom 10  
arter trådformige typer (orden HORMOGONALES) og 10 arter encellede og  
kolonidannende typer (orden CHROOCOCCALES). Artslisten omfatter 9  
slekter av blågrønnalger. Det er grunn til å karakterisere planktonet  
som særlig artsrikt når det gjelder blågrønnalger. Et forholdsvis lite  
antall arter var likevel dominerende i innsjøene som ble undersøkt  
(tabell 4). Direkte vannblomstdannende - se avsnitt 2.4 - var  
*Microcystis aeruginosa*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Anabaena spiroides*  
og *Anabaena flos-aquae*.

Tabell 3. Artsliste for blågrønnalger

HORMOGONALES

- Anabaena circinalis Rabenh.
- A. flos-aquae (Lyng.) Bréb.
- A. solitaria Kleb.
- A. spiroides Kleb.
- A. Bory spp.
- Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs
- Oscillatoria agardhii var. isothrix Skuja
- O. bornetii Zukał
- O. cf. redekei van Goor
- O. splendida Grev.
- Ubest. trichal blågrønnalge (ca. 2 µm bred)

CHROOCOCCALES

- Aphanocapsa delicatissima W. & G.S.West
- Aphanothece clathrata W. & G.S.West
- Chroococcus limneticus Lemm.
- Coelosphaerium cf. kützingianum
- Gomphosphaeria cf. aponina Kütz.
- G. lacustris Chod.
- G. naegeliana (Unger) Lemm.
- Microcystis aeruginosa Kütz.
- M. wesenbergii Komárek
- M. cf. viridis (A.Br.) Lemm.
- M. kütz. sp.
- Ubest. chroococcale blågrønnalger

Tabell 4 . Dominerende arter av blågrønnalger

Observasjoner i perioden 15. juli til 14. oktober 1982

FRØYLANDSVATN	HORPESTADVATN	ORREVATN
Microcystis aeruginosa	Microcystis aeruginosa	Gomphosphaeria lacustris
Oscillatoria agardhii var. isothrix	Oscillatoria agardhii var. isothrix	Ubest. chroococcale blågrønnalger
Gomphosphaeria naegeliana	Gomphosphaeria naegeliana	Microcystis aeruginosa
	Anabaena solitaria	Microcystis wesenbergii
		Chroococcus limneticus

STOKKALANDSVATN	LUTSIVATN
Anabaena spiroides	Anabaena flos-aquae
Microcystis aeruginosa	Microcystis aeruginosa
Gomphosphaeria naegeliana	Gomphosphaeria naegeliana
	Gomphosphaeria lacustris
	Anabaena solitaria

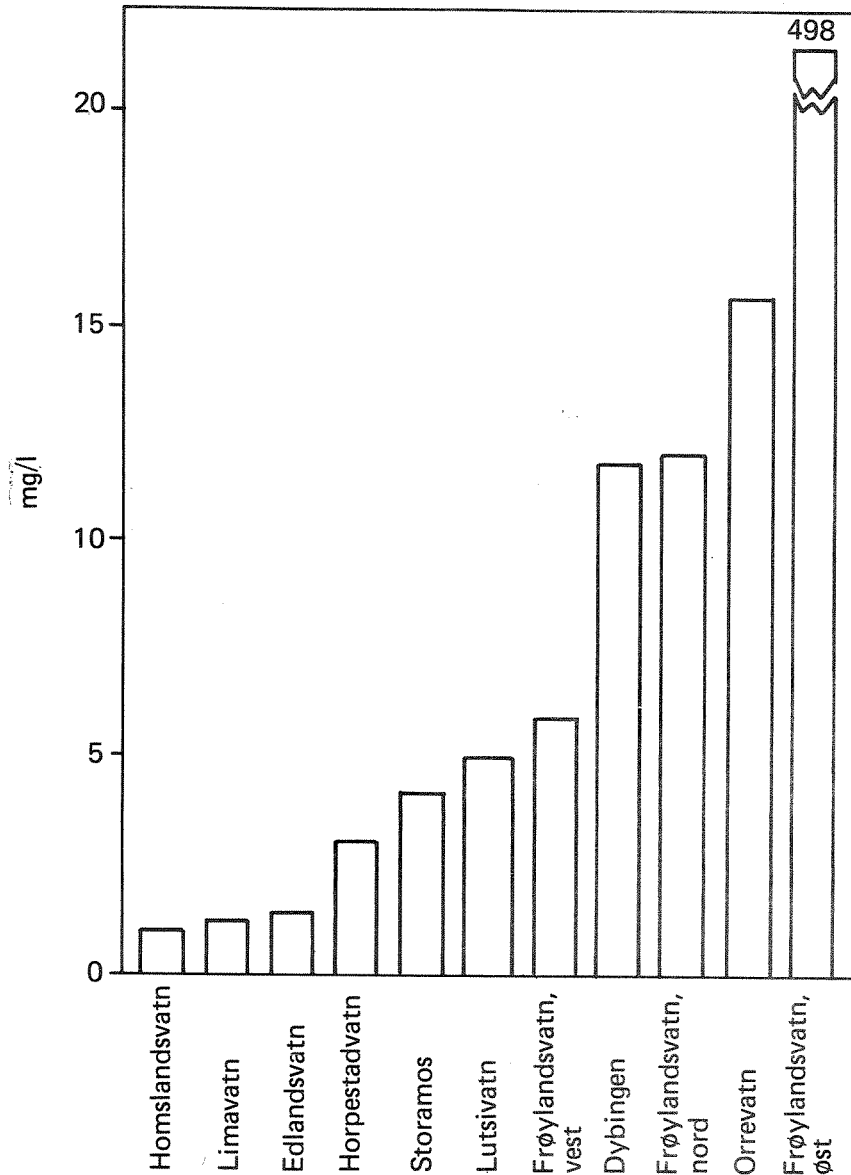
### Algekonsentrasjoner

For å beskrive hvor store konsentrasjoner av alger som var til stede i vannmassene under oppblomstringer ble det foretatt observasjoner i noen utvalgte innsjøer 15. august 1982. Det er vanskelig å foreta innsamlinger av prøver som gir et representativt inntrykk av forholdene under aktuelle algeoppblomstringer. Betydelige variasjoner av algemengde forekommer både horisontalt og vertikalt i vannmassene.

Resultatene som fremlegges kan derfor bare betegnes som et eksempel på en fremtredende tendens, og i beste fall gi en grov indikasjon på forholdene under prøvetakingen.

Innsamlingen av vannprøvene som ble benyttet til vektbestemmelsene foregikk i områder av innsjøene hvor det var iøynefallende forekomst av planktonalger. I figur 4 er det gjort en grafisk fremstilling av noen resultater. Stor populasjonstetthet av blågrønnalger gjorde seg til dels gjeldende. Det fremgår at vannblomstfenomenene i innsjøene i Orrevassdraget og Figgjovassdraget resulterer i til dels de største konsentrasjoner av alger som er observert i norske eutrofe innsjøer (SKULBERG 1982).

Forholdene i Frøylandsvatnet - tre observasjoner utført - er egnet til å belyse forskjeller som kan oppstå i en innsjø under oppblomstrings-



Figur 4. Eksempler på algekonsentrasjoner under oppblomstringer. Organisk tørrstoff mg/l. Prøver innsamlet 15. august 1982.

situasjoner. Forårsaket av vind og strømbevegelser (vind fra vestlig retning) var blågrønnalgene under prøvetakingsperioden konsentrert mot strendene i øst og nord av Frøylandsvatnet. Den svært høye verdi målt i innsjøen (øst - 498 mg/l) stammer fra en prøve innsamlet i en konsentrert ansamling av *Microcystis aeruginosa* fra bølgeslagssonen, og som strakte seg flere hundre meter langs bredden. Denne ulike forde-



ling av blågrønnalger under vannblomstsituasjoner er av viktighet når det gjelder å forstå muligheter for forgiftningsfare betinget av toksiske blågrønnalger.

### 3.3 Påvisning av toksiske blågrønnalger

Toksiner produsert av blågrønnalger kan påvises ved akutte toksisitetstester på laboratoriedyr. Testmateriale tilføres forsøksdyrene ved en engangsdosering. Under forsøket registreres symptomer og dødsfall blant forsøksdyrene. Etter en intraperitoneal injeksjon (i.p. - innsprøytning i bukhulen) av en dødelig dose av microcystin (toksinet til *Microcystis aeruginosa*) på hvite mus registreres f.eks. følgende virkninger:

- Latensperiode uten symptomer på ca. 30 min.
- De første symptomer på forgiftning består av vekslende uro og slapphet. Dyrene blir bleke, noe som best registreres på ørene og halen.
- Senere oppstår det nervøse symptomer i form av lammelser og kloniske kramper, og dyrene får respirasjonsbesvær.
- Døden inntreffer etter ca. 1 time.

Toksisiteten uttrykkes i muse-enheter (ME) pr. gram frysetørret materiale. 1 ME tilsvarer minimum letal dose for en 30 g's mus.

Et utvalg prøver med blågrønnalgemateriale har blitt undersøkt for innhold av toksiner ved Institutt for næringsmiddelhygiene. I tabell 5 er det gitt en oversikt over resultatene som er fremkommet. Noen resultater fra 1981 som tidligere ikke er rapportert er dessuten inkludert.

Giftigheten av blågrønnalgematerialet varierte gjennom vegetasjonsperioden. Dette fremkommer bl.a. av bestemmelsene av akutt toksisitet for ekstraktene av frysetørret *Microcystis aeruginosa* fra Frøylandsvatnet (tabell 6). Giftigheten er uttrykt som  $MLD_{100}$  - minimum letal dose som dreper 100 % av forsøksdyrene - og angitt i mg/kg.

Giftigheten var størst for prøven innsamlet 6. august 1982. Det var samtidig med at forgiftningen av husdyr fant sted ved Frøylandsvatnet (se avsnitt 3.4).

Tabell 5. Resultater av toksisitetstesting av blågrønnalger

Lokalitet	Prøve inn- samlet Dato	Organisme	Toksininn- hold ME/g	Midlere dødstid min.	Levervekt % av kada- vervekt
Frøylandsvatn	15. juli 1982	Microcystis aeruginosa	400	68	8.3
Frøylandsvatn	6. aug. 1982	Microcystis aeruginosa	400	74	9.1
Frøylandsvatn	15. aug. 1982	Microcystis aeruginosa	160	72	8.7
Orrevatn	16. aug. 1982	Gomphosphaeria lacustris*	>20	73	8.7
Dybingen	23. aug. 1982	Microcystis aeruginosa	+	+	+
Lutsivatn	16. aug. 1982	Microcystis aeruginosa*	>20	78	8.7
Limavatn	aug. 1981	Anabaena flos-aquae	+	132	8.0
Edlandsvatn	aug. 1981	Anabaena flos-aquae	+	+	+
Stokkalandsvatn	16. aug. 1982	Anabaena spiroides	>20	106	8.3

+ Toksin påvist, men ikke titrent.

\* Betydelig innslag også av andre blågrønnalger.

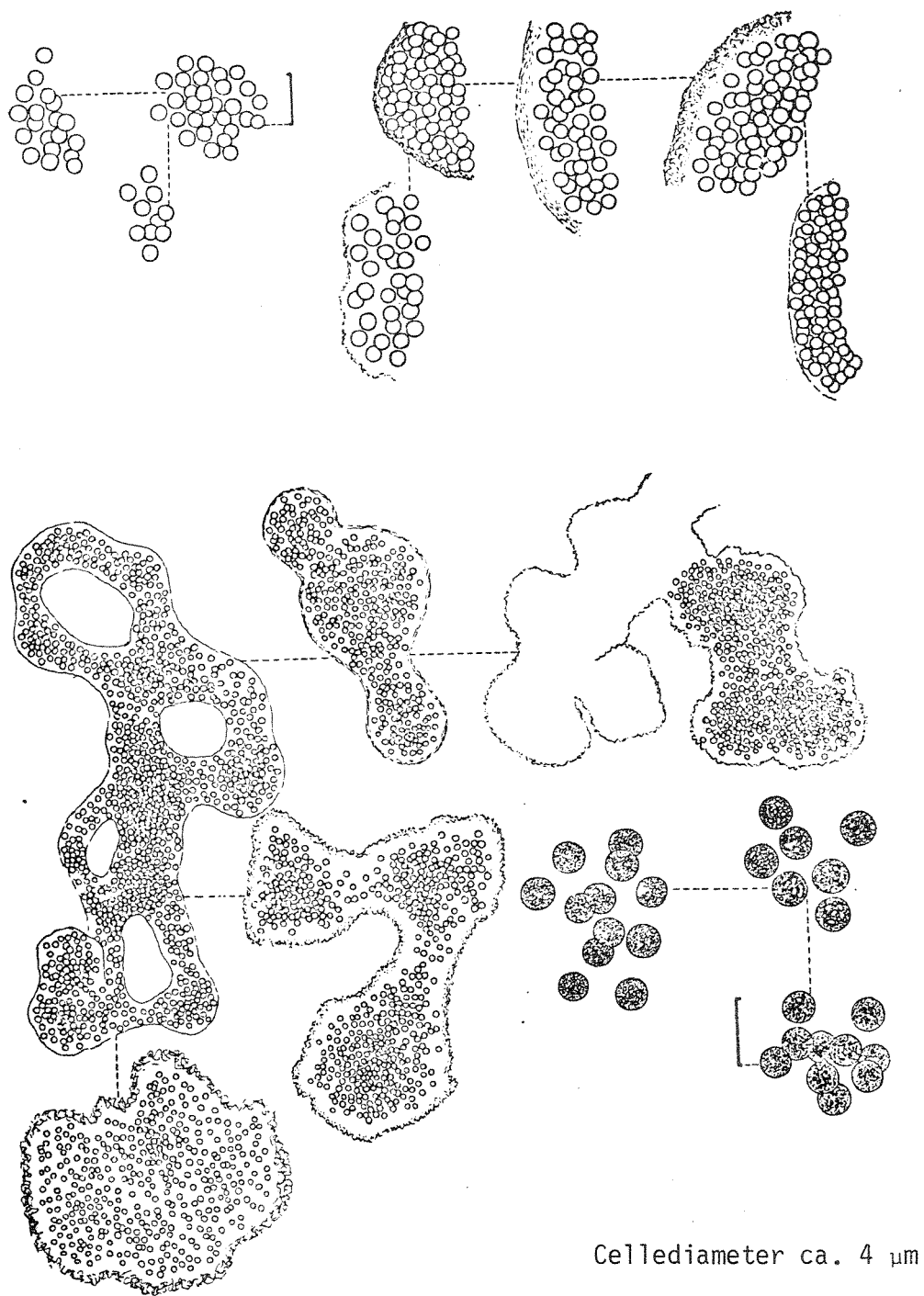
Tabell 6. Noen observasjoner av variasjoner i giftighet til  
*Microcystis aeruginosa*.

Frysetørket algemateriale fra Frøylandsvatn er undersøkt ved injeksjon av et vandig ekstrakt på hvite mus.		
Prøve innsamlet	Toksinmengde ME/g fryset.mat.	MLD <sub>100</sub> mg/kg
15. juli 1982	400	121
6. aug. 1982	400	118
15. aug. 1982	160	270

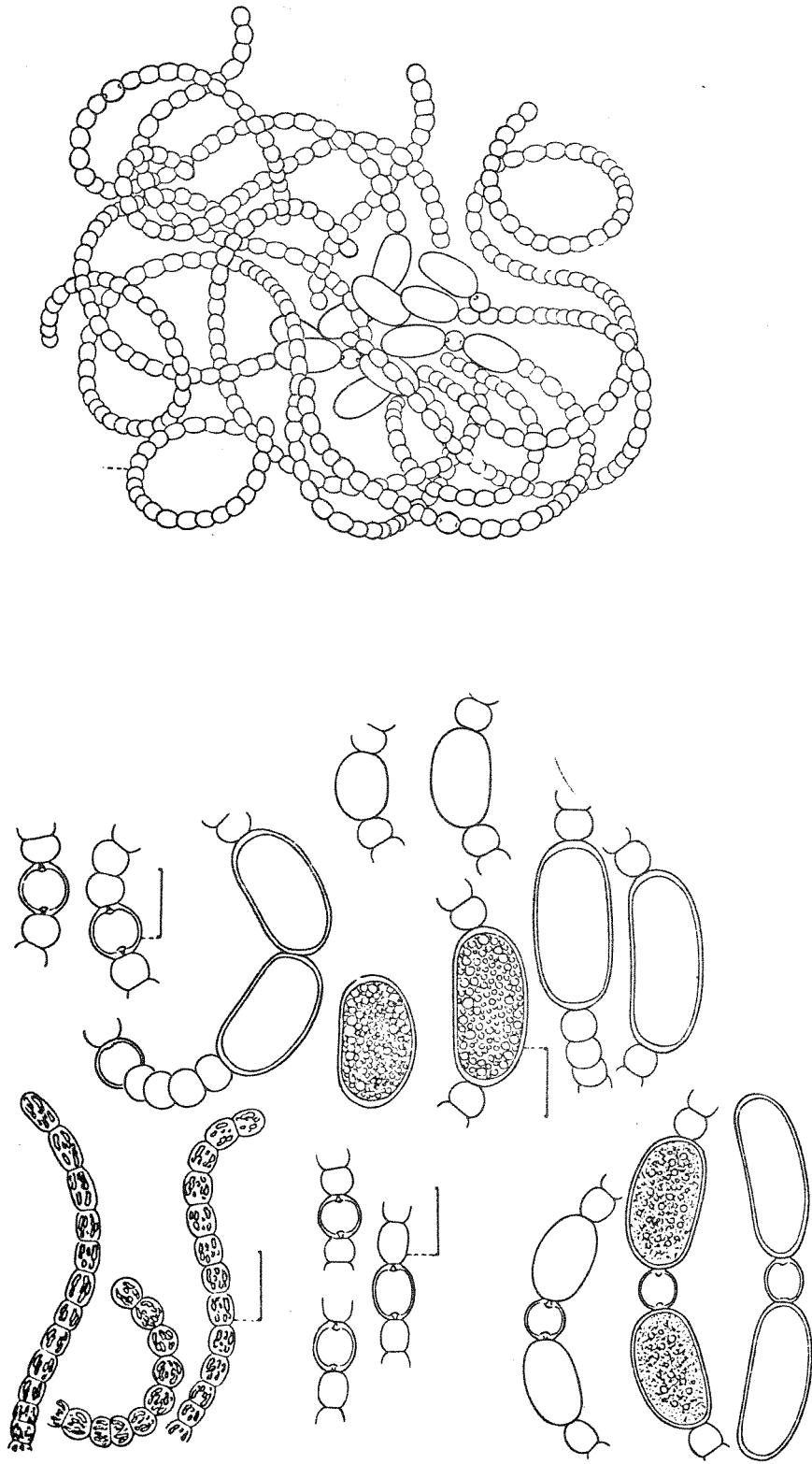
I figurene 5 og 6 er det gjengitt tegninger av *Microcystis aeruginosa* og *Anabaena flos-aquae*. (etter KOMÁREK 1958). Morfologiske kjennetegn som kan brukes til å bestemme artene omfatter bl.a. detaljer av cellene og koloniform. Disse to artene er sannsynligvis de viktigste når det gjelder giftproduserende blågrønnalger i Rogaland.

### 3.4 Forgiftning av husdyr ved Orrevassdraget

Praktiske problemer med masseutvikling av blågrønnalger (vannblomst) i vannforekomster på Jæren har lenge gjort seg gjeldende. Det har også gjentatte ganger funnet sted forgiftninger knyttet til opptreden av



Figur 5. *Microcystis aeruginosa* Kütz.  
(etter Komárek 1958).



Celldiameter ca. 6  $\mu\text{m}$

Figur 6. *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb.  
(etter Komárek 1958).

giftige blågrønnalger (bl.a. 1974, 1978, 1981). I 1982 ble det et utpreget blågrønnalgeår i innsjøene i Orrevassdraget. Vannblomst var vanlig, og store algekonsentrasjoner ble målt. Som eksempel kan forholdene i Frøylandsvatnet nevnes. Her ble det i august regelmessig observert algekonsentrasjoner på 10-15 mg/l organisk tørrstoff. Materialet besto da praktisk talt utelukkende av blågrønnalger (*Microcystis aeruginosa*).

Et omfattende tilfelle med husdyrforgiftning fant sted under disse forhold ved Frøylandsvatnet. Veterinær Magnus Haaland i Bryne beskriver dette i følgende rapport (Tu, 15.9.1982):

"Om morgenen fredag 6.8.82 fant en eier 25 sauer døde på beite A. Beitet hadde ca. 400 m strandlinje til Frøylandsvatnets sørøstside. Langs stranden var det et ca. 2 cm tykt lag med alger. Laget strakte seg fra 1 m til 6 - 8 m ut i vatnet. Lufttemperaturen om dagen var ca. 30°C, lett nordvestlig bris - mot land. Om natta hadde det vært lokale tordenbyger. Sauene, som dagen før gikk på beite B, som ikke nådde ned til Frøylandsvatnet, hadde funnet en åpning i gjerdet og således kommet over på beite A. Dette hadde eieren observert om kvelden 5.8., men da kyr i lengre tid hadde beitet her, la han ikke videre vekt på dette. Det rant en liten bekk med friskt vatn på det opprinnelige sauebeitet (B). På kubeitet (A) var det en stamp som kyrne kunne drikke av, men sauene nådde ikke opp til dette. Den tidligere nevnte bekken rant imidlertid også over kubeitet - lengde på 3-4 m, bredde 30 cm - og ut i Frøylandsvatnet.

De døde sauene lå spredt over et stort område. Det syntes som de hadde segnet rolig om, ingen tegn til graving eller sparking i marka. Tre stykker hadde funnet veien tilbake til sauebeitet, men grønnfarge på beina viste at de hadde vært i Frøylandsvatnet. Bortsett fra 2-3 stykker var alle sauene tilgriset med grønnfarge på beina eller rundt kjeften. To lam var sjuke. De lå på brystet, hadde anstrengt respirasjon, var paretiske. Slimhinnene var gråbleike til ikteriske. Ikke kliniske tegn på ødemer.

I alt beitet det ca. 250 sauer og lam. De friske dyra var om morgenen drevet over til et annet beite C, som var avgjerdet fra Frøy-

landsvatnet og hadde eget drikkevatt. Bortsett fra de nevnte sjuke lamma, syntes det som alle gjenværende dyr var friske.

Da eieren i løpet av formiddagen fredag endelig hadde samlet inn alle døde sauer og lam, viste det seg at hele 31 stykker var døde. 27 ble sendt til Grødeland destruksjonsanlegg, og 4 sendt til Statens veterinære forsøksgård for småfe på Høyland.

Fredag ettermiddag så eieren igjen til sauene. Alle var nå på beite C. Det viste seg at ytterligere 9 var døde eller alvorlig sjuke. Sauene ble nå samlet inn i sauehuset. De som var sjuke hadde fått svake symptomer på ødem i hode og ører. Siste dødsfall ble registrert seint fredag kveld og det totale antall døde ble 40.

Lørdag 7.8.82 kunne eieren skille ut ytterligere 13 lam som ikke virket helt friske. Resten av sauene bleså sluppet på beite igjen. De 13 lamma, som ble holdt inne i sauehuset, stod med et døsigg blikk. Alle hang med ørene, og disse var tydelig ødematøse. Likeens var det ødem i hodet. Det var ikke mulig å nærme seg lamma uten at de sprang unna. Tilstanden forverret seg ikke i løpet av søndagen, og etter noen dager syntes lamma å ha restituert. Det ble ikke gitt noen medisiner til lamma.

Om morgenen lørdag 7.8.82 fant en eier en død og en sjuk kvige på beitet. På beitet som har ca. 100 m strandlinje til Frøylandsvatnets nordvestlige side beitet 3 kviger. Eieren hadde sist sett kvigene i live om kvelden 5.8.82. På beitet fantes en liten grøft med ferskt vann fra et myrlendt oppkomme. Det fantes fremdeles små tilgrodde vannkulper i grøfta, men pga. sterk tørke og varme - 28°C - var vatnføringen minimal.

En kvige hadde ingen tegn til sjukdom. Den som var død var helt stiv og veldig oppblåst i buken. Den lå i åpent terreng. Den sjuke kviga hadde lagt seg under noen busker. Den var sløv i blikket, parretisk og stiv i beina. Eieren fikk bragt denne kviga heim på låven. Her ble kviga undersøkt nærmere. Alderen var 1 år og 10 måneder. Kviga lå nå på brystet med bøyde frambein og med bakbeina strekt framover. Bakbeina var unaturlig stive i haseledda. Med flere sekunder mellomrom stønnet kviga, samtidig hadde den kraftige treng-

ninger. Uten stans veivet den med hodet fra side til side, inn i mellom dunket også hodet i golvet. Temperaturen var 38,5. Respirasjonen var 46 og kom i intervaller på 3-8 respirasjoner om gangen. Pulsen var 128. Slimhinnene var ikteriske til bleike. Ingen tegn til ødemer. Avføringen syntes normal. Kvinga ble behandlet med 200 mg prednisolon og 2g thiamin i.v. Rompun ble gitt intramuskulært.

Kvinga døde natt til 8.8.82, og ble obdusert ved Statens veterinære laboratorium, Sandnes mandag 9.8.82.

Algemengden i vatnet var ikke påfallende stor, men det fløt tykkere lag som var i ferd med å løse seg opp pga. innsettende nordvestlig vind - fra land. Steinene langs stranda var imidlertid tilgriset av et grønt algebelegg.

De kliniske funn er i stor overensstemmelse med de som er beskrevet ved blågrønnalgeforgiftning. Det er også godt samsvar mellom obduksjonsbildet og histologiske funn og det som er beskrevet ved slike forgiftninger.

Materiale av *Microcystis* (vannblomst) fra Frøylandsvatnet i juli/ august er analysert og viste høyt toksinnhold. Det er ikke funnet holdepunkter for annen sykdom. Det er derfor overveiende sannsynlig at årsaken var algeforgiftning."

Detaljerte veterinærmedisinske undersøkelser ble foretatt. Resultatene er publisert (HAALAND et al. 1983). Også de patologisk-anatomiske forhold styrket antagelsen om at de aktuelle dødsfall var forårsaket av toksiner produsert av blågrønnalgen *Microcystis aeruginosa* i Frøylandsvatnet.

I store trekk var forgiftningsforløp og miljøfaktorer knyttet til situasjonen i 1982 en gjentakelse av forholdene under det første tilfellet av *Microcystis*-forgiftning registrert ved Frøylandsvatnet (SKULBERG 1979).

### 3.5 Drøftelse av resultater

Det blir i det følgende gjort en foreløpig drøftelse av de foreliggende data sammenholdt med de biologiske observasjoner i vassdragene.

Vannblomst med blågrønnalger ble observert i ni av de tolv innsjøene (tabell 11). Toksiske stammer med blågrønnalger ble påvist i åtte av innsjølokalitetene. Innsjøene i Orrevassdraget fremhevet seg ved den særlig store masseoppblomstring av blågrønnalger. Men også Dybingen og delvis Lutsivatn i Lutsivassdraget hadde vannblomst med stor biomasse. Det er et påfallende fenomen at *Microcystis aeruginosa* er en

Tabell 11. Forekomst av vannblomst og giftproduserende blågrønnalger 1982

Vannforekomst	Vannblomst med blågrønnalger	Giftproduserende blågrønnalger
Orrevassdraget		
Frøylandsvatn	+ Microcystis	+
Horpestadvatn	+ Microcystis	+
Orrevatn	+ Gomphosphaeria	+
Figgjovassdraget		
Limavatn	+ Anabaena	+
Edlandsvatn	+ Anabaena	+
Lutsivassdraget		
Dybingen	+ Microcystis	+
Lutsivatn	+ Microcystis	+
Imsvatn	÷	÷
Andre lokaliteter		
Støkkalandsvatn	+ Anabaena	+
Øitodalvatn	÷	÷
Homslandsvatn	÷	÷
Storamos	+	÷

+ observert

÷ ikke observert



dominerende art i disse innsjøene. Denne algen regnes som desidert av hypereutrof type. Forholdene som ble observert i 1982 understreker dette. I de grafiske fremstillinger figur 7 og 8 er enkelte faktorer som beskriver eutrofisituasjonen i innsjøene behandlet (konduktivitet, totalnitrogen, totalfosfor, N:P-forhold og N·P-produkt). Det er et fremtredende trekk at innsjøene i Orrevassdraget samt Dybingen, Stora-mos og Lutsivatn er de sterkest eutrofe lokaliteter. Dette er i sam-svar med hydrokjemiske kriterier (WETZEL 1975), og med hydrobiologiske holdepunkter for bedømmelse av trofigrad (NYGAARD 1957). Når det gjel-der en mulig ordning av de aktuelle lokaliteter etter trofigrad, kan det være av interesse å antyde at N·P-produktet synes å gi den tilnær-met beste rangeringsskala. Det må imidlertid understrekes at observa-sjonsmaterialet er begrenset, og at sikre konklusjoner derfor ikke kan trekkes på dette grunnlag.

Under perioden med forgiftning av husdyr ved Frøylandsvatnet i 1982 gjorde en bastant vannblomst seg gjeldende. Avhengig av vind og strøm-bevegelser ble blågrønnalgene konsentrert mot forskjellige lokaliteter av strandområdene i innsjøen. Blågrønnalgene kunne også vaskes opp i voller i bølgeslagssonen. Beiteplanter for husdyrene kunne bli helt tildekket av algemasse. Likevel er det vel først og fremst gjennom inntak av drikkevann at dyrene har kunnet fått tilført seg størst meng-de med blågrønnalger (konf. beskrivelse til veterinær, avsnitt 3.4).

De meteorologiske forhold i vegetasjonsperioden fremgår av figur 9 hvor døgnmiddeltemperatur og nedbørmengde er inntegnet. Observasjonene er utført ved klimastasjonen til Norges meteorologiske institutt i Stavanger. Det fremgår med stor tydelighet at de første ti døgn av au-gust var ekstremt varme og tørre. I dette tidsrom fant forgiftningen av husdyr sted ved Frøylandsvatnet. En tilnærmet liknende meteorolo-gisk situasjon var fremherskende ved forgiftningsepisoden i 1978 (SKULBERG 1979). Sammenholdt med erfaringene fra andre geografiske om-råder, synes det at forgiftningsfare med blågrønnalger er særlig stor nettopp under ekstremisituasjoner med tørke og varme (CARMICHAEL 1981).

#### 4. VURDERINGER OG TILRÅDNINGER

Giftige blågrønnalger har regelmessig forekomst i eutrofe vannforekomster i Rogaland. Når det er masseutvikling av de giftproduserende stammer av blågrønnalger, er det fare for at forgiftninger kan finne sted. Det er da nødvendig å vise varsomhet, og informere om at forgiftningsfare foreligger. Forholdet tilsier at overvåking av blågrønnalgeutvikling, varsling av toksinfare og beredskap mot forgiftninger bør tilrettelegges i de aktuelle nedbørfelt.

Noen holdepunkter som bør ha oppmerksomhet er formulert i det følgende:

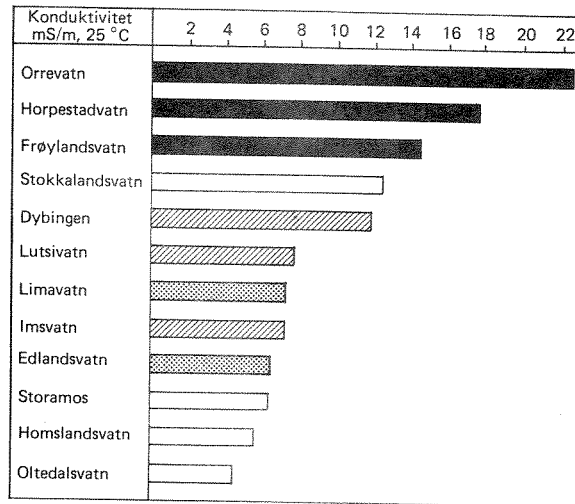
- Vannblomst, når blågrønnalgene forekommer i så store mengder at de setter farge på vannet, innebærer at giftstoffer kan være konsentrert på stedet.
- Vann med vannblomst må ikke brukes til drikkevann for mennesker eller vanning av husdyr. Bading må frarådes.
- Direkte kontakt med blågrønnalgene bør unngås. Barn bør holdes vekk fra lek i områder med vannblomst av blågrønnalger.
- Gi straks melding om mistenkelige sykdomstilfeller hos dyr eller mennesker til veterinær-/helsemyndigheter.

Undersøkelser av vannblomst med blågrønnalger på utvalgte lokaliteter i Rogaland bør videreføres i 1983. Samarbeidet om oppgaven i året som gikk var godt, men avdekket en del svakheter. Dette gjelder i første rekke NIVAs virksomhet og det metodiske grunnlag for overvåkingen. Det er nødvendig å fremskaffe et nytt analytisk verktøy for formålet. Dette fordrer forskningsmessig behandling.

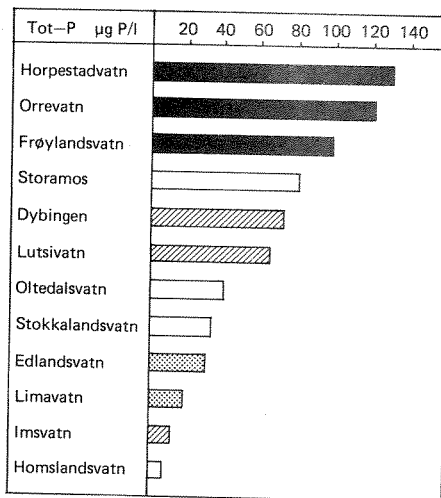
Det regelmessige arbeid med observasjoner bør i større utstrekning kunne gjennomføres med lokal innsats. Overvåkingsoppgaven bør i betydelig grad forankres i MILJØVERNAVDELINGEN I ROGALAND FYLKE. Det er imidlertid en arbeidskrevende oppgave som dessuten fordrer nødvendig faglig kompetanse. Ved planlegging av virksomhet i 1983 bør dette bli tatt hensyn til. Det faglige opplegg bør utarbeides i fellesskap av MILJØVERNAVDELINGEN, NVH og NIVA. En rådslagning med STATENS FORURENSNINGSTILSYN bør dessuten finne sted før arbeidet settes ut i livet.

Det bør komme i gang - som tidligere påpekt av FYLKESMANNEN I ROGALAND - et arbeid med å finne frem til anvendbare løsninger for å unngå skadelige oppblomstringer med blågrønnalger i aktuelle vassdrag. Det bør bli gjort faglige og praktiske vurderinger av fysiske, kjemiske og biologiske tiltak for dette formål. Rådslagning med STATENS FORURENSNINGS-TILSYN om saken er viktig. Det er også nærliggende at NTNFS UTVALG FOR EUTROFIERINGSFORSKNING kan bidra i sammenheng med utprøving av eventuelle behandlingstiltak.

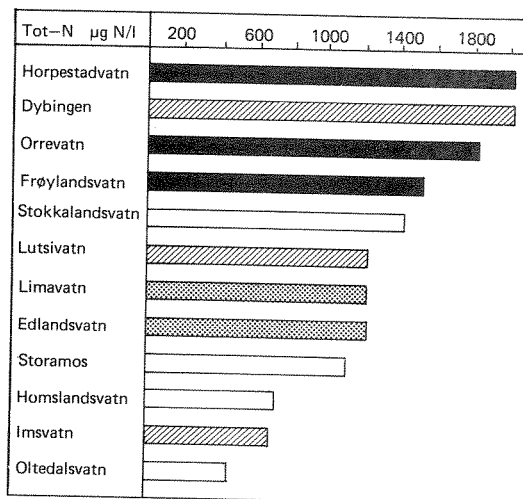
Kontakter med helsemyndighetene (lokalt og sentralt) bør bygges videre ut. Også i 1983 bør det finne sted faglige drøftelser med helseråd og distriktsleger/veterinærer på samme måte som foregående år. En viktig hensikt er bl.a. å formidle forsvarlig informasjon, og foreta fornuftige forholdsregler når behovet skulle melde seg.



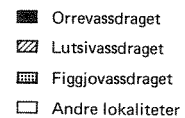
Konduktivitet



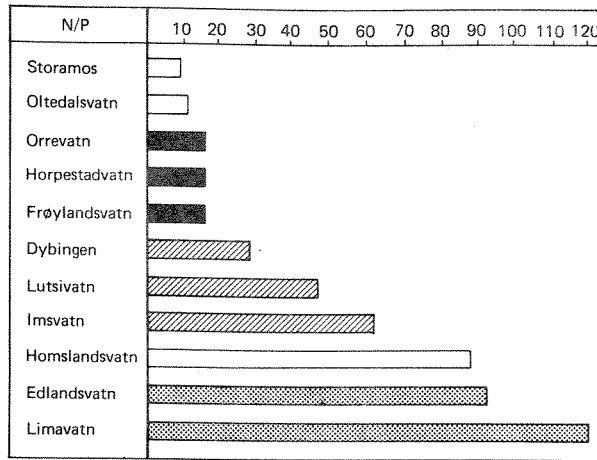
Totalfosfor



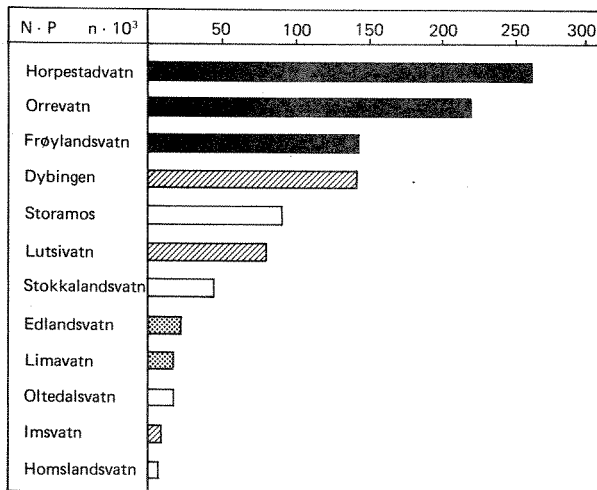
Totalnitrogen



Figur 7. Noen hydrokjemiske forhold i innsjølokalitetene. Konduktivitet. Totalfosfor. Totalnitrogen.



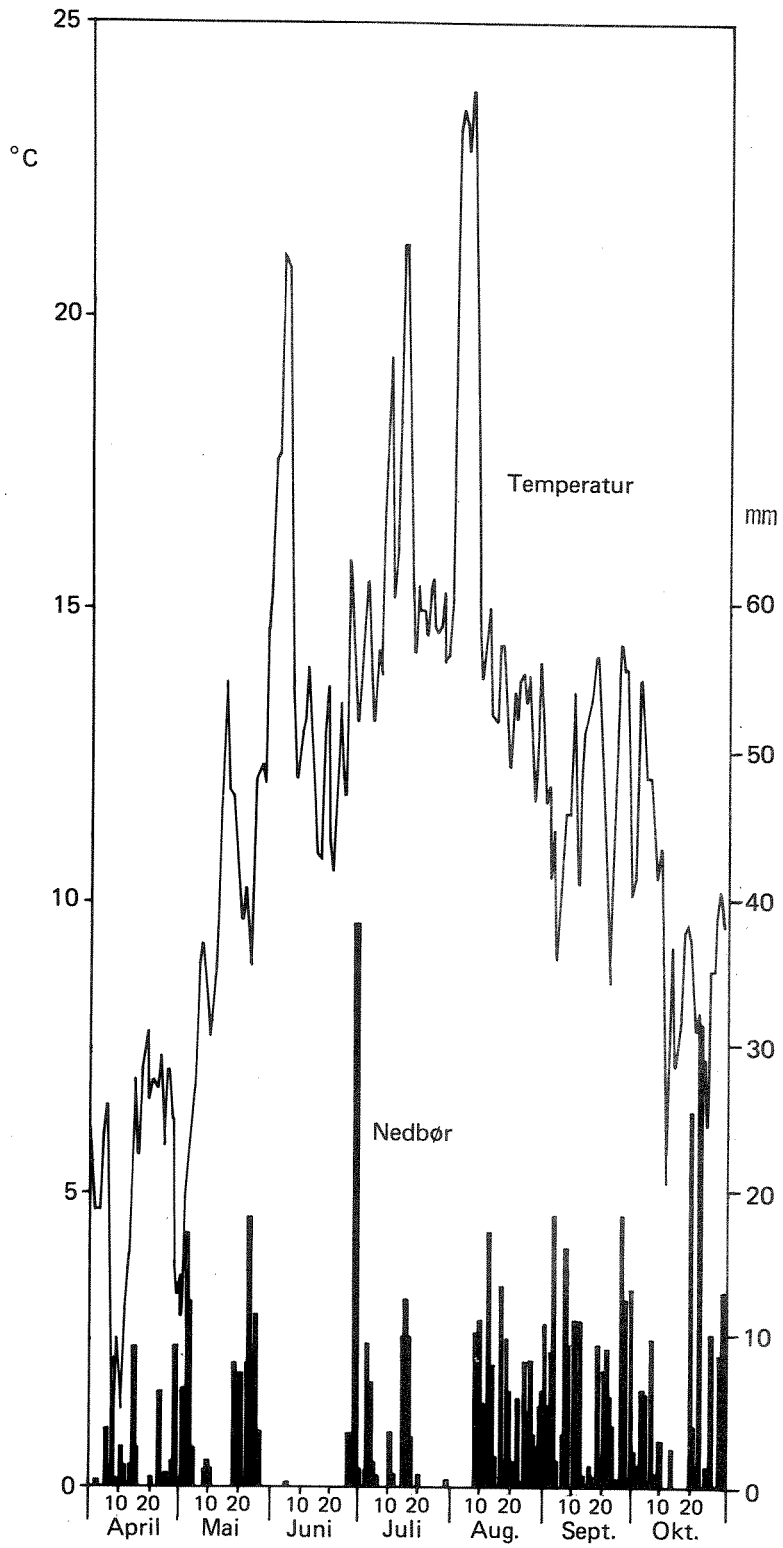
N:P-forhold



N·P-produkt

- Orrevassdraget
- ▨ Lutsivassdraget
- ▩ Figgjovassdraget
- Andre lokaliteter

Figur 8. Fosfor- og nitrogenforhold i innsjølokalitetene. N:P-forhold. N·P-produkt.



Figur 9. Meteorologiske forhold i observasjonsperioden april-oktober 1982. Døgnmiddeltemperatur og nedbørmengde.

Tabell 7. Analyseresultater - Orrevassdraget 1982

KOMPONENTER	Frøylandsvatn		Horpestad- vatn	Orrevatn	
	15. juli	15. aug.	15. aug.	15. juli	15. aug.
Surhetsgrad, pH	7.6	7.6	7.3	7.4	8.4
Konduktivitet, mS/m 25°C	13.0	14.3	17.7	22.0	22.7
Farge, ufiltrert prøve, mg Pt/l	176	152	114	246	430
Farge, filtrert prøve, mg Pt/l	19	33	28	26	3
Turbiditet, F.T.U.	5.4	6.4	3.4	5.1	12.0
Fosforkomponenter, µg P/l	48	98	130	100	120
Nitrogenkomponenter, µg N/l	1360	1500	2000	1560	1800
Kjemisk oksygenforbruk, mg O/l	5.0	5.3	4.8	7.2	8.1
Klorid, mg Cl/l	20.0	18.0	20.0	29.0	16.0
Silisium, mg SiO <sub>2</sub> /l	0.2	-	-	1.3	-
Sulfat, mg SO <sub>4</sub> /l	-	8.9	15.0	-	20.0
Tørrvekt, mg/l	-	7.6	5.0	-	19.2
Gløderest, mg/l	-	1.7	2.0	-	3.6
Organisk tørrstoff, mg/l	-	5.9	3.0	-	15.6

-: ikke analysert.

Tabell 8. Analyseresultater - Figgjovassdraget 1982

KOMPONENTER	Limavatn			Edlandsvatn			Øksna bruk
	14. apr.	15. juli	15. aug.	14. apr.	15. juli	15. aug.	14. apr.
Surhetsgrad, pH	6.5	7.0	6.8	6.2	6.7	6.9	6.6
Konduktivitet, mS/m, 25°C	6.9	6.8	7.3	6.4	6.2	6.5	7.1
Farge, ufiltrert prøve, mg Pt/l	24	24	21	32	297	19	24
Farge, filtrert prøve, mg Pt/l	-	-	-	-	11	-	-
Turbiditet, F.T.U.	0.7	1.1	0.7	0.8	8.2	0.7	0.7
Fosforkomponenter, µg P/l	9.5	18	10	9.5	30	13	10.5
Nitrogenkomponenter, µg N/l	940	980	1200	750	720	1200	800
Kjemisk oksygenforbruk, mg O/l	1.8	1.7	1.7	1.4	2.0	1.5	1.6
Kalsium, mg Ca/l	3.0	10.8	-	2.3	-	-	3.0
Natrium, mg Na/l	6.6	-	-	6.3	-	-	6.7
Kalium, mg K/l	1.2	-	-	1.0	-	-	1.2
Klorid, mg Cl/l	12.0	-	11.0	12.2	-	-	12.5
Silisium, mg SiO <sub>2</sub> /l	-	1.8	-	-	1.3	-	-
Sulfat, mg SO <sub>4</sub> /l	5.4	-	4.9	5.0	-	4.6	5.7
Tørrvekt, mg/l	-	-	1.2	-	-	2.0	-
Gløderest, mg/l	-	-	0	-	-	0.6	-
Organisk tørrstoff, mg/l	-	-	1.2	-	-	1.4	-

-: ikke analysert.

Tabell 9. Analyseresultater - Lutsivassdraget 1982

KOMPONENTER	Dybingen	Lutsivatn		Imsvatn
	15.aug.	15.juli	15.aug.	15.juli
Surhetsgrad, pH	10.0	7.1	7.3	7.1
Konduktivitet, mS/m, 25°C	11.9	8.0	8.5	7.3
Farge, ufiltrert prøve, mg Pt/l	215	82	105	26
Farge, filtrert prøve, mg Pt/l	38	-	11	-
Turbiditet, F.T.U.	10.0	1.9	4.3	0.8
Fosforkomponenter, µg P/l	73	18	65	11
Nitrogenkomponenter, µg N/l	2000	830	1200	680
Kjemisk oksygenforbruk, mg O/l	8.1	2.4	3.2	2.2
Klorid, mg Cl/l	16.0	12.0	13.8	11.1
Silisium, mg SiO <sub>2</sub> /l	-	0.5	-	0.3
Sulfat, mg SO <sub>4</sub> /l	8.9	-	5.4	-
Tørrvekt, mg/l	12.0	-	6.2	-
Gløderest, mg/l	0.2	-	1.2	-
Organisk tørrstoff, mg/l	11.8	-	5.0	-

-. ikke analysert.

Tabell 10. Analyseresultater - Andre lokaliteter 1982

KOMPONENTER	Stokkalands- vatn	Oltedals- vatn	Homslands- vatn	Storamos	
	15.juli	15.juli	15.aug.	15.juli	15.aug.
Surhetsgrad, pH	8.6	6.0	5.2	6.7	6.6
Konduktivitet, mS/m, 25°C	12.4	4.4	5.7	6.5	6.5
Farge, ufiltrert prøve, mg Pt/l	138	743	11	140	85
Farge, filtrert prøve, mg Pt/l	24	15	-	21	26
Turbiditet, F.T.U.	3.8	24	0.4	2.4	2.2
Fosforkomponenter, µg P/l	34	40	8	76	80
Nitrogenkomponenter, µg N/l	1400	440	700	660	1100
Kjemisk oksygenforbruk, mg O/l	4.5	0.9	<0.5	4.4	4.2
Klorid, mg Cl/l	16.0	7.8	10.4	11.2	11.0
Silisium, mg SiO <sub>2</sub> /l	0.2	1.8	-	0.3	-
Sulfat, mg SO <sub>4</sub> /l	-	-	4.3	-	4.6
Tørrvekt, mg/l	-	-	1.2	-	4.5
Gløderest, mg/l	-	-	0.2	-	0.3
Organisk tørrstoff, mg/l	-	-	1.0	-	4.2

-. ikke analysert.



5. HENVISNINGER

- CARMICHAEL, W.W. (1981): Freshwater blue-green algae (Cyanobacteria) toxins - a review.  
I The Water Environment: Algal Toxins and Health,  
red. W.W. Carmichael, Plenum Press, New York, pp- 1-13.
- GORHAM, P.R. and CARMICHAEL, W.W. (1979): Phycotoxins from blue-green algae.  
Pure & Appl. Chem., Vol. 52, pp. 165-174.
- HAUGAN, B.E., SKULBERG, O.M. og UNDERDAL, B. (1982): Giftige alger i drikkevannsforsyninger - noen holdepunkter om praktiske tiltak.  
NIVA-rapport, 0-81094, 10. mai 1982, 26 pp.
- HUBER-PESTALOZZI, G. (1938): Das phytoplankton des Süßwassers, Blaualgen, Bakterien, Pilze.  
I Die Binnengewässer red. Aug. Thienemann,  
Band XVI, Teil 1, Stuttgart.
- HAALAND, M., SOLBERG, I.M., ØVERAS, J. (1983): Forgiftning av sau og storfe med blågrønnalger.  
Norsk veterinærtidsskrift, Nr. 3, pp. 171-173.
- KOMÁREK, J. (1958): Die taxonomische Revision der planktischen Blaualgen der Tschechoslowakei.  
I Algologische Studien, red. J. Komárek and H. Ettl, Der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, pp. 10-206, Prag.
- MOLISCH, H. (1923): Microchemie der Pflanze.  
Berlin.
- NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING (1983): Vannblomst med giftige blågrønnalger.  
NIVA-notat, 0-82087, 8. februar 1983.

NYGAARD, G. (1949): Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes.

Part II: The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms.

Det kongelige danske videnskabernes selskab, Biologiske skrifter, Bind VII, nr. 1, pp. 1-293.

ODUM, E. (1957): Fundamentals of ecology.  
Philadelphia.

RICE, E.L. (1974): Allelopathy.  
London.

SCHWIMMER, M. and SCHWIMMER, D. (1955): The role of algae and plankton in medicine, New York.

SKULBERG, O.M. (1972): Blågrønnalger i norske vannforekomster, mulige konsekvenser av sunnhetsmessig betydning for mennesker og dyr. T. norske Lægeforen. 92, pp. 851-854.

SKULBERG, O.M. (1978): Some observations on red-coloured species of Oscillatoria (CYANOPHYCEAE) in nutrient-enriched lakes of southern Norway.

Societas Internationalis Limnologiae, XX Congress, Copenhagen 7-14 August 1977.

Verh.Internat.Verein.Limnol., 20, pp. 776-787.

SKULBERG, O.M. (1979): Giftvirkninger av blågrønnalger - første tilfelle av Microcystis-forgiftning registrert i Norge.

Temarapport 4, Norsk institutt for vannforskning, Oslo, 42 pp.

SKULBERG, O.M. (1980): Blue-green algae in Lake Mjøsa and other Norwegian lakes.

Progress in Water Technology, 12 (2), pp. 121-141.

SKULBERG, O.M. (1982): Haldenvassdraget - vannkvalitet og forurensningsvirkninger.

NIVA-rapport, 0-70219, 15. mai 1982.

- STATENS INSTITUTT FOR FOLKEHELSE (1980): Oppblomstringer av alger og cyanobakterier. Innvirkning på drikkevann, 149 pp.
- TANGEN, K. (1979): Dinoflagellate blooms in Norwegian waters.  
I Toxic dinoflagellate blooms, red. Taylor, D.L. and Selinger, H.H., pp. 179-182, New York.
- TANGEN, K. (1980): Brunt vann i Oslofjorden i september 1979, forårsaket av den toksiske *Prorocentrum minimum* og andre dinoflagellater. *Blyttia*, 3, pp. 145-158.
- TOERIEN, D.F. and SCOTT, W.E. (1976): Microcystis Toxins: Isolation, Identification, Implications. *Water SA*, 2, No. 4, pp. 160-162.
- UNDERDAL, B., YNDESTAD, M., OLBERG, I.H. and SØRLIE, G.A. (1980): Mytilotoxin in mussels (*Mytilus edulis* L.) from different localities in Norway. *Sarsia*, 65 (1), pp. 53-56.
- WETZEL, R.G. (1975): *Limnology*. W.B. Saunders Company, Toronto.
- ØSTENSVIK, Ø., SKULBERG, O.M. and SØLI, N.E. (1981): Toxicity studies with blue-green algae from Norwegian inland waters.  
I *The Water Environment: Algal Toxins and Health*, red. W.W. Carmichael, Plenum Press, New York, pp. 315-324.