

0-
84-135

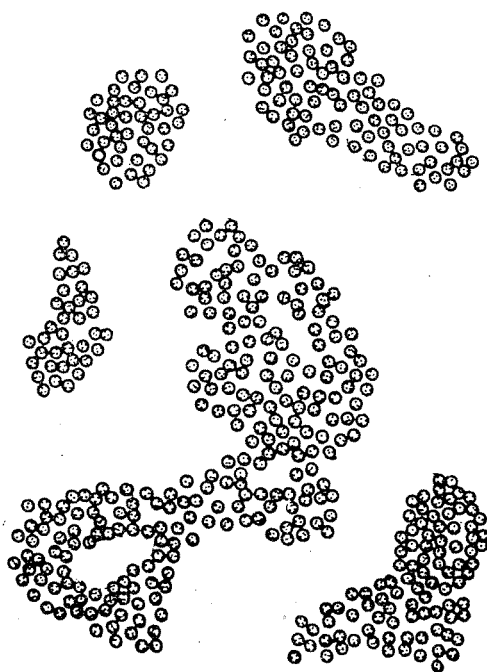
0-84135

1982

2.

Giftproduserende blågrønnalger i Akersvatnet

Resultater av undersøkelser i 1986 for
Vestfold interkommunale vannverk (VIV)



Microcystis aeruginosa



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Brevikven 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:
0-84135
Undernummer:
2
Løpenummer:
1982
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:	Dato:
Giftproduserende blågrønnalger i Akersvatnet. Resultater fra undersøkelser i 1986 for Vestfold interkommunale vannverk (VIV)	9. mars 1987
Forfatter (e):	Prosjektnummer:
Olav Skulberg	0-84135
Bjarne Underdal	Faggruppe:
	Hydrobiologi
	Geografisk område:
	Vestfold
	Antall sider (inkl. bilag):
	32

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
Vestfold interkommunale vannverk	

Ekstrakt:
De limnologiske forhold i Akersvatnet i 1986 er behandlet. Stagnasjonsperiodene var preget av oksygenforbruk. Blågrønnalger hadde dominerende betydning i planktonet i juli og september. Tre arter av <u>Microcystis</u> ble påvist. En giftproduserende stamme av <u>M. aeruginosa</u> fikk masseutvikling. Toksininnholdet i råvann og behandlet vann ble undersøkt. Etter rensingen var det fortsatt <u>Microcystis</u> -celler og fritt toksin i påviselige mengder tilstede i rentvannet.

4 emneord, norske:

1. Giftproduserende blågrønnalger
2. Microcystis aeruginosa
3. Vannblomst
4. Microcystin A (akerstox)

4 emneord, engelske:

1. Toxic blue-green algae
2. Microcystis aeruginosa
3. Water bloom
4. Microcystin A (akerstox)

Prosjektleder:

Olav Skulberg

Olav Skulberg

For administrasjonen:

R.F. Wright

R.F. Wright

ISBN 82-577-1224-8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

0-84135

GIFTPRODUSERENDE BLÅGRØNNALGER I AKERSVATNET

Resultater av undersøkelser i 1986 for
Vestfold interkommunale vannverk (VIV)

Oslo, 3. mars 1987

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

F O R O R D

VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK har i 1986 fått utført en undersøkelse av Akersvatnet og forholdene med utviklingen av giftproduserende blågrønnalger. Arbeidet er en fortsettelse av bestrebelsen med å forstå årsaker og virkninger knyttet til fenomenet. Resultatene danner grunnlag for å bedømme problemet, og til å gjøre nødvendige praktiske forholdsregler.

Undersøkelsen ble foretatt av NIVA i nært samarbeid med INSTITUTT FOR NÆRINGSMIDDELHYGIENE, Norges veterinærhøgskole. VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK har tilrettelagt forholdene for undersøkelsen og i stor utstrekning bidratt med prøvetaking og hjelp under feltarbeidet.

HELSESTJENESTEN i Vestfold og STATENS INSTITUTT FOR FOLKEHELSE har deltatt i drøftelser av aktuelle spørsmål, og forøvrig bidratt med sin hjelp.

Det rettes en takk for velvilje, godt samarbeid og innsats med å gjøre undersøkelsen gjennomførbar.

Oslo, 3. mars 1987

Olav Skulberg

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
FORORD	2
SAMMENFATNING	6
OVERSIKT OVER VIRKSOMHET	8
LIMNOLOGISKE FORHOLD	9
- Meteorologi	9
- Stagnasjon og sirkulasjon	9
Vinter	10
Sommer	10
VANNKVALITET OG UTVIKLING AV BLÅGRØNNALGER	10
MICROCYSTIS AERUGINOSA I AKERSVATNET	11
GIFTDANNELSE	12
DRØFTELSE AV RESULTATER	13
PRAKTISKE KONKLUSJONER	14
HENVISNINGER	16

FIGUROVERSIKT

Side:

Figur 1.	Månedsmiddeltemperatur i 1986 og temperaturavvik fra normal	18
Figur 2.	Månedlige nedbørhøyder i 1986 og normalverdier	19
Figur 3.	Vanntemperatur målt i Akersvatnet i 1986	20
Figur 4.	Hydrografiske forhold. Målinger av temperatur og oksygenmetning i mars og august 1986	21
Figur 5.	Hydrografiske forhold. Målinger av konsentrasjoner av fosfor- og nitrogenforbindelser i mars og august 1986	22
Figur 6.	Siktedyp målt med Secchi-skive i Akersvatnet 1986 ...	23
Figur 7.	Vannmassenes turbiditet målt i 1 m og inntaksdyp	24
Figur 8.	Målinger av seston i Akersvatnet i 1 m og inntaksdyp	25
Figur 9.	Arter av blågrønnalgeslekten <u>Microcystis</u> i Akersvatnet	26
Figur 10.	Utvikling av <u>Microcystis aeruginosa</u> i Akersvatnet i 1986	27
Figur 11.	Variasjon i populasjonstetthet av <u>Microcystis aeruginosa</u> , vanntemperatur og vannstand	28

TABELLOVERSIKT

Side:

Tabell 1. Hydrokjemiske analysedata for prøver fra Akersvatnet. 5. mars 1986	29
Tabell 2. Hydrokjemiske analysedata for prøver fra Akersvatnet. 28. august 1986	30
Tabell 3. Fremtredende arter i Akersvatnets planteplankton. Juli 1986	31
Tabell 4. Eksempler på kvantitativ forekomst av blågrønnalger	32

SAMMENFATNING

- VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK (VIV) har i 1986 bekostet en undersøkelse av Akersvatnet for å få innsikt i problemet med giftproduserende blågrønnalger og skaffe holdepunkter for å gjøre praktiske tiltak. Rapporten behandler resultatene som er fremkommet.
- Det er gitt en oversikt over arbeidet som ble utført i 1986, og den sammenheng undersøkelsen hadde med øvrig virksomhet tilknyttet Akersvatnet (bl.a. Fylkesmannen i Vestfold, Stokke Jordvanning A/L, Helserådtjenesten i Vestfold).
- Innsjøens limnologiske forhold i 1986 er behandlet. Sommeren 1986 hadde et særegent forløp med hensyn til temperatur og nedbør. Vegetasjonsutviklingen i Akersvatnet var preget av dette. Etter en forholdsvis kort sommerstagnasjon, ble fullsirkulasjon innledet allerede i midten av juli. Denne situasjon varte frem til islegging.
- Den hydrografiske tilstand under stagnasjonsperiodene var preget av betydelig oksygenforbruk i vannmassene. Vintersituasjonen viste bl.a. oksygenfritt bunnvann med H₂S-utvikling i vannlaget under ca. 10 m dyp.
- En frodig utvikling av planteplankton fant sted i vegetasjonsperioden. Blågrønnalger hadde en dominerende betydning spesielt i juli og september. Siktedypet målt med Secchi-skive varierte i området 0.5-1.6 m. Vannmassene hadde et høyt innhold av frafilt-rerbar substans (seston). Under perioder med masseutvikling av blågrønnalger, utgjorde Microcystis aeruginosa en betydelig andel av sestonet.
- Blågrønnalgeslekten Microcystis var representert med tre arter i Akersvatnet. Foruten den vannblomstdannende arten M. aeruginosa forekom også M. wesenbergii og M. botrys.
- Den mengdemessige utvikling av Microcystis aeruginosa ble fulgt med tilnærmet ukentlige observasjoner. Kulminasjonen av populasjonen var i slutten av juli. Det ble da observert inntil 60.10⁶ celler pr. liter vann i de frie vannmasser (1 m dyp).

- Det var en giftproduserende stamme av Microcystis aeruginosa som fikk masseutvikling og dannet vannblomst i Akersvatnet. Høyt innhold av toksin (heptapeptidet microcystin A (akerstox), molekylvekt 994, LD₅₀ -50 µg/kg) ble påvist i blågrønnalgene tidlig i juli. Giftigheten til Microcystis - populasjonen holdt seg - med noe variasjon - gjennom hele vegetasjonsperioden.
- Resultater av analyser utført i august i vannbehandlingsanlegget til VIV viste at renseprosessen i betydelig grad fjerner blågrønnalger og toksiner. I den aktuelle situasjon var toksininnholdet i råvannet 20 µg pr. liter, mens innholdet i filtrert vann varierte i området 0.3-0.9 µg pr. liter. Etter rensingen var det fortsatt Microcystis-celler og fritt toksin i påviselige mengder tilstede i det behandlede vann (rentvannet).
- Den helsemessige vurderingen av forholdene i vannverket - bl.a. eventuell risiko for forgiftning med blågrønnalgetoksiner - blir gjort i en egen utredning foretatt av Statens institutt for folkehelse og Norges veterinærhøgskole.
- Det er gjort en drøftelse av resultatene fra undersøkelsen, og det blir gitt noen praktiske tilrådninger. Viktigheten av samarbeidet med Helsemyndighetene - lokalt og sentralt - er understreket.

OVERSIKT OVER VIRKSOMHET

Arbeidet med Akersvatnet i 1986 var en videreføring av oppdraget for Vestfold interkommunale vannverk (VIV) knyttet til problemene med toksinproduserende blågrønnalger. I samråd med VIV ble det laget en plan for arbeidet (NIVA, 0-84135-18.3.1986). Virksomheten skulle omfatte undersøkelser i Akersvatnet, forberedelser til biologisk-kjemisk behandling av innsjøen og oppfølging av giftproduksjonen til Microcystis aeruginosa.

I denne rapporten behandles problemstillingene med Akersvatnet. Den angår særskilt oppblomstringen av Microcystis aeruginosa og toksindannelsen i innsjøen. Når det angår arbeidet med å få kontroll med de giftproduserende algene, kan det vises til notatene som er skrevet. Det gjelder bl.a. beskrivelsen av fremgangsmåten for et aktuelt tiltak (NIVA, 0-84135.21.2.1986), og vurderinger av bruken av kobber som algekontrollerende stoff (NIVA, 0-84135-11.11.1986).

NIVA har i samarbeid med VIV også foretatt driftsundersøkelse av direktefiltreringsanlegget ved Akersvatnet. Resultatene av dette er fremstilt i egne rapporter (NIVA, 0-86068-juli 1986, desember 1986).

Stokke Jordvanning A/L benytter også Akersvatnet som råvannskilde. Det er mulighet for forurensning av landbruksvekster med vann som inneholder toksinproduserende blågrønnalger. Stokke helseråd lot forholdene bli undersøkt av NIVA i juli 1986. Resultatene ble rapportert til Stokke helseråd (NIVA, 0-83462-26.7.1986). Det anbefales at forholdene i Stokke Jordvanning A/L blir fulgt med observasjoner for avklaring om eventuelle uheldige (kritiske) omstendigheter vil kunne gjøre seg gjeldende.

Fylkesmannen i Vestfold har i 1986 finansiert regionale undersøkelser av forekomst av toksinproduserende blågrønnalger i Vestfold. Enkelte innsjølokaliteter med masseutvikling av blågrønnalger ble pekt ut av Miljøvern avdelingen til dette formålet (Åserumvatnet, Goksjø, Borrevatnet, Hillestadvatnet og Bergsvatnet). Vannblomstmaterialet fra Borrevatnet og Hillestadvatnet var av toksisk natur (NIVA, 0-83462 - 18.11.1986).

Det er tidligere skrevet to rapporter til VIV som behandler kunnskapsgrunnlaget om toksinproduserende blågrønnalger og forholdene i Akersvatnet (NIVA, 0-84135-18.4.1985 og 10.1.1986).

LIMNOLOGISKE FORHOLD

Meteorologi

Meteorologiske målinger er foretatt av Det norske meteorologiske institutt - klimaavdelingen. Stasjon 2745 Melsom gir en egnet beskrivelse av værforholdene ved Akersvatnet.

Det er i første rekke situasjonen fra isløsning til islegging som er betydningsfull for algeutviklingen i en innsjø. Sommeren 1986 hadde et noe uvanlig forløp med hensyn til temperatur og nedbør.

De grafiske fremstillinger i FIGUR 1 og 2 viser månedsmiddeltemperatur og nedbørhøyder observert ved Melsom. Juni var varmere enn normalt, mens juli og spesielt august var kaldere enn normalt. Juni og juli var dessuten relativt nedbørfattige. August var preget av betydelig nedbør. Sammenfattende kan det fremheves at etter en forholdsvis normal vår, kom sommeren med en tidlig varmeperiode fulgt av kald ettersommer og tidlig høst. Vegetasjonsutviklingen av alger i Akersvatnet var preget av disse forhold.

Stagnasjon og sirkulasjon

Den teoretiske oppholdstid for vannmassene i Akersvatnet er omlag 1.6 år. Men utskiftningen av vannmassene er bestemt av - foruten hydrologiske forutsetninger - innsjøens lagdeling og sirkulasjonsforhold. Akersvatnet har en utpreget eksponert beliggenhet for vindpåvirkning. Dette gjenspeiles i vannmassenes vekslende hydrografiske tilstand.

Observasjoner av vanntemperatur - utført av VIV - i 1 m dyp og inntaksdyp for vannverket ble foretatt i den isfrie del av året. Vanninntaket ligger på ca. 7 m dyp og ca. 1,5 m over bunnen. Resultatene er gjengitt i FIGUR 3. Det fremgår at etter fullsirkulasjonsperioden om våren (april) ble det etablert en temperaturbetinget lagdeling av vannmassene. Overflatelagets mektighet (epilimnion) har forandret seg gradvis. Omkring midten av juli avtok stabiliteten i vannmassene, og det inntraff fullsirkulasjon i Akersvatnet. Det måles deretter hovedsakelig sammenfallende verdier for temperatur i begge observasjonsdyp. Denne situasjon varte frem til islegging i desember.

Akersvatnet har en utpreget stagnasjonsperiode om vinteren. Fullsirkulasjonsperioden om våren er av kort varighet. Også sommerstagnasjonsperioden er kort, etterfulgt av en lang ettersommer - og høstfullsirkulasjonsperiode (NIVA, 0-85118, 18.8.1986). De hydrografiske

forhold under karakteristiske situasjoner i Akersvatnets årstidsvekslinger blir omtalt i det følgende.

Vinter. Observasjonsdagen 5. mars 1986 legges til grunn for fremstillingen (FIGUR 4 og 5).

Istykkelsen var 0.9 m. Vannmassene viste en tydelig temperaturbetinget lagdeling. Det var avtakende oksygenmetning ned til ca. 10 m dyp. Bunnvannet - i dybdeintervallet fra 10 m og ned til sedimentene - var oksygenfritt (med utvikling av H_2S). Vannmassenes kjemiske forhold gjenspeiler også lagdelingen (TABELL 1). Det er f.eks. frigjøring av fosfor-forbindelser fra sedimentene, og dannelse av reduserte nitrogenforbindelser i det oksygenfrie bunnvannet.

Akersvatnet viste på dette tidspunkt de typiske hydrografiske forhold som preger vinterstagnasjon i en eutrof innsjø (se også NIVA, 0-85118, 18.8.1986).

Sommer. Observasjonsdagen 28. august legges til grunn for fremstillingen (FIGUR 4 og 5).

Vanntemperaturen varierte lite - rundt $15^{\circ}C$ - i alle vandyp. Vannmassene var i sirkulasjon i samsvar med vindpåvirkning av innsjøen. Ensartede vannkjemiske forhold ble påvist i alle dyp (TABELL 2).

Akersvatnet hadde på dette tidspunkt ingen temperaturbetinget lagdeling. Omrøring av vannmassene fra topp til bunn karakteriserte innsjøen.

VANNKVALITET OG UTVIKLING AV BLÅGRØNNALGER

En frodig vekst av alger gjorde seg gjeldende i Akersvatnet i 1986. Som vanlig var blågrønnalger et dominerende innslag i sommerplanktonet. Spesielt var Microcystis aeruginosa og Aphanizomenon flos aquae fremtredende arter som dannet masseutvikling (vannblomst). Av andre planteplanktonarter med stor mengdemessig betydning kan nevnes dino-flagellaten Ceratium hirundinella og grønnalgen Scenedesmus quadricauda. Forkomsten av alger understreker Akersvatnets eutrofe natur (TABELL 3, 4). Algemengden er av en størrelsesorden som vanlig lager praktiske problemer for bruk av vann til drikkevannsformål (Skulberg 1964).

Siktedypet i Akersvatnet ble målt med Secchi-skive. Resultatene er fremstilt grafisk i FIGUR 6. De observerte verdier varierte i området

0.5-1.6 m. Dette er vanlige verdier for sterkt eutrofe innsjøer. Vannmassene hadde minst siktedyp i tilknytning til perioder med masseutvikling av planktiske blågrønnalger. Men også andre forhold har betydning for det aktuelle siktedyp. Spesielt vil partikkelforurensning (f.eks. erosjonsmateriale fra dyrket mark) være en viktig faktor. Vannmassenes turbiditet gir en indikasjon på dette (FIGUR 7). Observasjonene ble gjort i vannprøver fra 1 m og inntaksdyp. Det fremgår av den grafiske fremstilling hvordan turbiditeten varierer gjennom vegetasjonsperioden med de høyeste verdier (juli-august) i forbindelse med planktonoppblomstringene.

For å belyse forholdene med vannmassenes suspenderte materiale nærmere, ble det foretatt sestonobservasjoner (Lindstrøm et al. 1976). Seston er en betegnelse på vannets innhold av partikler som kan filtreres bort. I de grafiske fremstillinger på FIGUR 8 er resultater av observasjoner i 1 m og inntaksdyp gjengitt. Vannmassene i Akersvatnet har gjennomgående et høyt innhold av seston. Men spesielt er tidsrommet juli-august preget av stor partikkelforekomst. Mikroskopisk analyse av sestonfilterene viste at planktonalger var en vesentlig årsak til forholdet. Det ble observert bl.a. stor andel av blågrønnalgen Microcystis aeruginosa i såvel 1 m som inntaksdyp. Dette viser at råvannet til VIV-vannverket i lange perioder inneholder blågrønnalger fra oppblomstringene i innsjøen.

MICROCYSTIS AERUGINOSA I AKERSVATNET

Det ble i 1986 utført en nærmere analyse av blågrønnalgeslekten Microcystis i Akersvatnet. Foruten den dominerende art M. aeruginosa, ble det påvist to andre arter. Dette var M. wesenbergii og M. botrys. De tre artene opptrer alle i planktonet, og de finnes samtidig tilstede i vannmassene. Vannblomst av Microcystis i Akersvatnet er likevel et fenomen som er knyttet til M. aeruginosa, hovedarten i det aktuelle utvalg nærstående organismer (FIGUR 9).

Den kvantitative utvikling av Microcystis aeruginosa ble fulgt med tilnærmet ukentlige observasjoner i vegetasjonsperioden. Resultatene av bearbeidingen av prøvene fra prøvedyp 1 m er fremstilt i FIGUR 10. Den overvintrende populasjon av Microcystis lager en opp-podning av vannmassene etter isløsning. Samtidig med etableringen av den termiske lagdelingen av innsjøen, begynner en rask utvikling av blågrønnalgen (sammenhold FIGUR 3 og 10). Tidlig i juli inntreffer et første maksimum i forekomst av Microcystis. Avtakende vanntemperatur medfører ustabile vannmasser, en mer dyptgripende sirkulasjon gjør seg gjeldende. Populasjonen av Microcystis viser først en avtakende tendens,

men deretter en ny økning. I slutten av juli observeres den største populasjon av Microcystis i Akersvatnet i 1986. Det var trolig reserver av plantenæringsstoffer fra bunnvannmassene - gjort tilgjengelig gjennom sirkulasjon - som ga muligheten for denne oppblomstringen. I overgangen august til september ble det påvist en forbigående oppblomstringssituasjon, men av kort varighet. Populasjonen av Microcystis avtok gradvis i mengde gjennom høstmånedene frem til islegging av Akersvatnet.

GIFTDANNELSE

Toksisitetstesting av Microcystis - materialet ble utført ved Institutt for næringsmiddelhygiene etter tidligere beskrevne metoder (NIVA 1985). Som i de foregående år var det også i 1986 en giftproduserende stamme av Microcystis aeruginosa som dominerte i populasjonen i Akersvatnet.

I det følgende angis resultatene av toksisitetstesting. Toksisiteten uttrykkes i muse-enheter (ME) pr. gram frysetørket materiale (1 ME tilsvarer minimum letal dose for en 20 g's mus, i løpet av 4 timer).

PRØVETAKING 1986	MATERIALE	TOKSININNHOLD ME/g
3. juli	Microcystis aeruginosa	2000
25. juli	----- " -----	4000
30. juli	----- " -----	8000
13. aug.	----- " -----	5000

Den første prøven som ble undersøkt i juli viste allerede høyt innhold av toksinet microcystin A - akerstox (heptapeptid med ringstruktur, molekylvekt 994- NIVA 10.1.1986). Giftigheten til Microcystis-populasjonen vedvarte gjennom hele vegetasjonsperioden. De variasjoner i toksininnhold som resultatene viser, gjenspeiler eventuelt både metodiske forhold og ulike konsentrasjoner av microcystin A (akerstox) i blågrønnalgematerialet. På tilsvarende måte som observasjonene i 1985, viste resultatene i 1986 at giftigheten til blågrønnalgene holdt seg på et høyt nivå gjennom hele året. Toksininnhold tilsvarende 2000-8000 ME/g er et særlig stort giftinnhold i blågrønnalger (Berg et al. 1987).

I april og august 1986 ble det foretatt en relativ omfattende undersøkelse av vannkvaliteten i vannbehandlingsanlegget til VIV ved Akersvatnet (NIVA 0-86068-juli, desember 1986). I augustobservasjonene viste det seg at blågrønnalgene passerte filtreringsenheten. I begynnelsen av filtersyklus ble det f.eks. funnet 9000 celler pr. liter av Microcystis aeruginosa. Mot slutten av filtersyklus (etter at filterne skulle vært tilbakespylt) var innholdet av Microcystis aeruginosa øket til 430 000 celler pr. liter. Renseeffektene på de to tidspunktene var likevel - praktisk vurdert - å regne som gode (henholdsvis 99 % og 97 %).

Det ble foretatt kjemiske analyser av microcystin A (akerstox) i vannprøvene. Konsentrasjonen av toksin i filtrert vann (rentvann) var i området 0.3-0.9 µg pr. liter gjennom største del av filtersyklus. Mot slutten av filtersyklus steg konsentrasjonen til 1.3 µg microcystin A pr. liter i rentvannet. Råvannets konsentrasjon av microcystin A var samtidig i størrelsesorden 20 µg pr. liter.

DRØFTELSE AV RESULTATER

Akersvatnet er inne i en utvikling med tiltakende forurensning. De hydrografiske forhold under stagnasjonsperiodene gjenspeiler sterkt fremskreden eutrofi. Nedbrytning av organisk materiale finner sted i et omfang som i stor grad kan forbruke innsjøens oksygenreserve. Situasjonen som ble observert i mars 1986 er illustrerende. Tabellen nedenfor viser forholdene i Akersvatnet med hensyn til vannmassenes oksygenmetning:

DYBDEINTERVALL m	OKSYGENMETNING %	VANNVOLUM 10 ⁶ m ³	ANDEL AV AKERSVATNETS VANNMASSER %
0 - 5.5	82 - 53	10.3	53
5.5 - 10	53 - 0	7.3	37
10 - 12	0	1.9	10

Det utvikles altså - i enkelte år - råtne bunnvannmasser (med H₂S) i Akersvatnet i slike situasjoner. Perioder med dannelse av oksygenfritt bunnvann innleder vanlig en kritisk fase i en innsjøens utvikling. Kjemiske forutsetninger oppstår bl.a. for frigjøring av plantenæringsstoffer fra sedimentene ("rasante Seeneutrophierung", Ohle 1954;

Skulberg 1981). Forholdet innebærer eventuelt mulighet for ytterligere større oppblomstringer med blågrønnalger i Akersvatnet i årene fremover, enn det som nå gjør seg gjeldende (NIVA, O-85118, 18.8.1986).

På tilsvarende måte som i 1985, ble det i 1986 en kraftig oppblomstring av den giftproduserende blågrønnalgen Microcystis aeruginosa i Akersvatnet. De største konsentrasjoner av Microcystis ble observert i juli. Under kulminasjonen av utviklingen ble det observert inntil $60 \cdot 10^6$ celler pr. liter vann i de frie vannmasser (1 m dyp) i innsjøen (FIGUR 10). Blågrønnalgene dannet vannblomst, og i anrikninger av Microcystis i bukter og strandnære områder kunne algematerialet bli fortykket til pasta-liknende konsistens.

Det er samspillet mellom flere miljøfaktorer som betinger vegetasjonsutviklingen av Microcystis. I FIGUR 11 er det vist hvordan den største celledettheten av blågrønnalger i Akersvatnet ble registrert samtidig med den utpregede sommersituasjonen som manifesterte seg gjennom juli.

Resultatene av undersøkelsen viste at Microcystis var tilstede i alle dyp av innsjøen. I perioden med fullsirkulasjon (juli-desember) var det en tilnærmet homogen forekomst av planktonalger fra overflate til bunn. Blågrønnalgens evne til å regulere cellenes spesifikke vekt (opplagsnæring, gassvakuoler) medfører imidlertid vannblomstdannelse i kortere eller lengre tid. I 1986 fant dette sted i juli og i begynnelsen av september. Microcystis hadde i dette tidsrom et høyt innhold av heptapeptidet microcystin A (akerstox), den toksiske faktor i organismen.

Råvannet for VIV-vannverket ved Akersvatnet er i lange perioder -flere uker - preget av stor forekomst med Microcystis som har høyt toksininnhold. Vannbehandlingsanlegget fjerner i betydelig grad blågrønnalgene og toksinet, men det er etter rensingen fortsatt Microcystis-celler og fritt toksin i påviselige mengder tilstede i det behandlede vann (rentvannet).

PRAKTISKE KONKLUSJONER

Resultatene av undersøkelsene i Akersvatnet i 1986 og tidligere danner grunnlag for vurderinger av problemet med de giftproduserende blågrønnalger, og aktuelle forholdsregler som kan bli gjort. En detaljert behandling av de fremherskende vannhygieniske forhold bør finne sted i samarbeid mellom VIV og bl.a. Helsemyndighetene (lokalt og sentralt).

I det følgende kan noen hovedslutninger bli nevnt.

- Arbeidet med forurensningsbegrensende tiltak i Akersvatnets nedbørfelt bør intensiveres.
- For å bringe problemet for VIV med toksinproduserende blågrønnalger i drikkevannet under kontroll, er to tiltaksområder aktuelle:
 - * fortsatte forbedringer av behandlingsanlegget som kan medføre at drikkevannet blir fritt for toksiner og blågrønnalger i helsemessig forstand
 - * praktisk kjemisk/biologisk behandling av Akersvatnet for å motvirke masseutvikling av blågrønnalger.
- Løpende overvåking av forholdene i Akersvatnet og vannbehandlingsanlegget er nødvendig. Dette bør bl.a. omfatte måling av toksinkonsentrasjon og bedømmelse av forgiftningsfare.
- En nøktern informasjon til allmennheten bør tilrettelegges i fellesskap med bl.a. Helserådtjenesten i Vestfold.

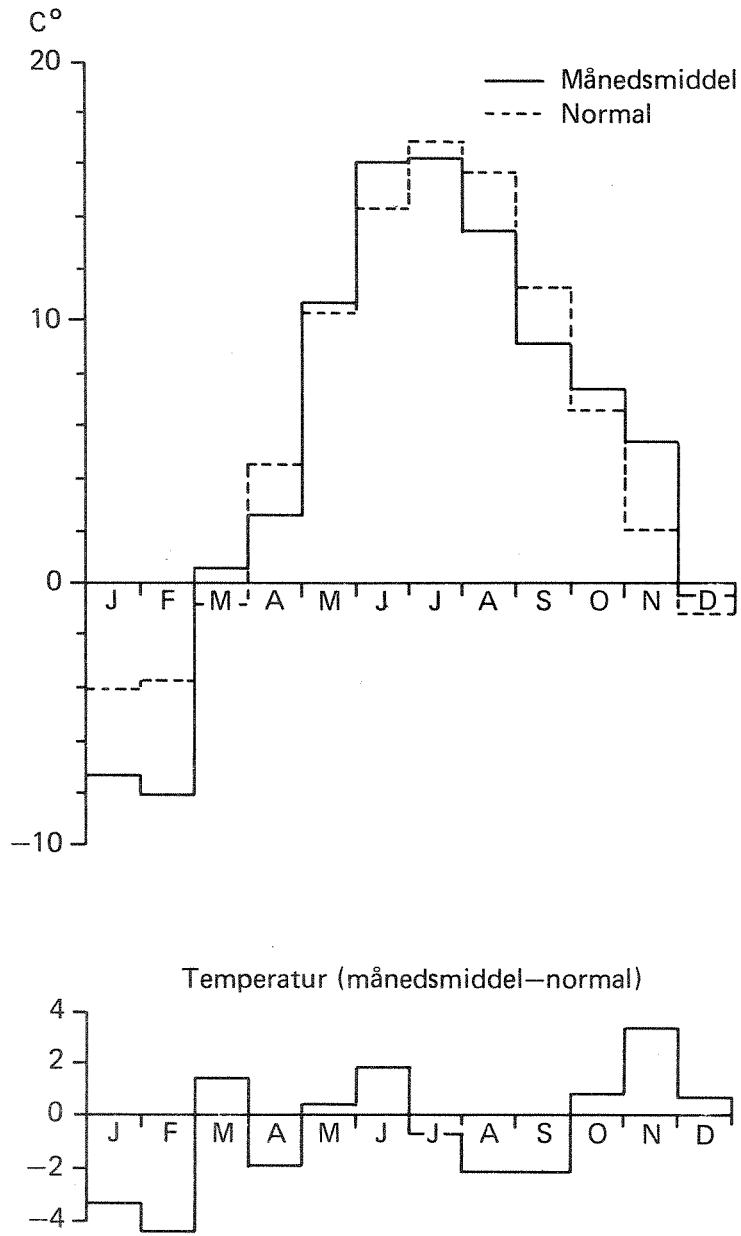
Den helsemessige vurdering av forholdene i vannverket - bl.a. eventuell risiko for forgiftning med blågrønnalgetoksiner - blir gjort i en egen utredning foretatt av Statens institutt for folkehelse og Norges veterinærhøgskole.

HENVISNINGER

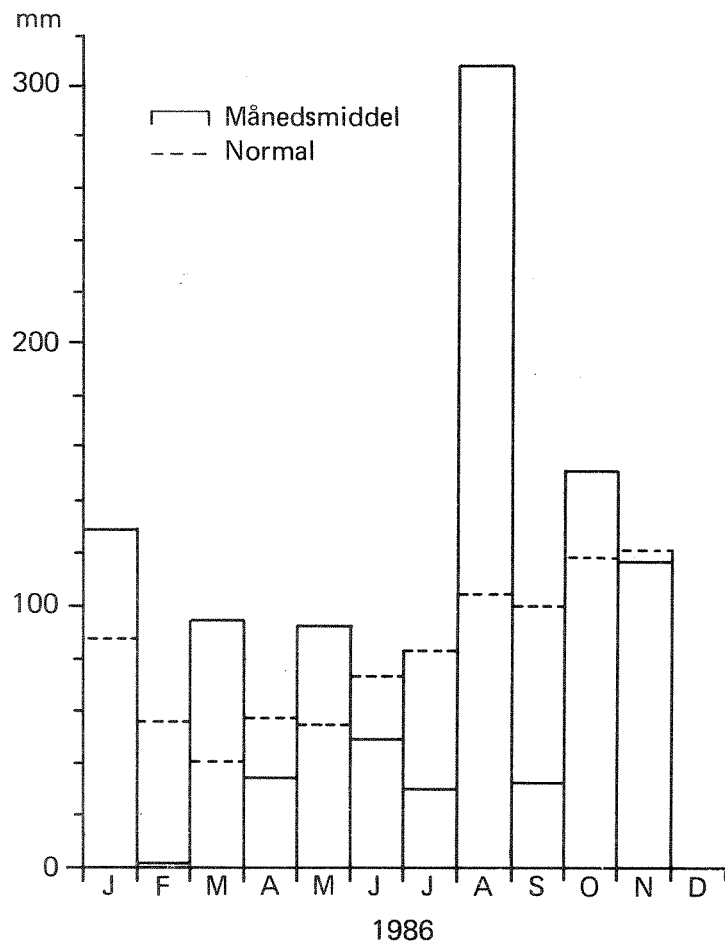
- Berg, K., Carmichael, W.W., Skulberg, O.M., Benestad, Chr. and Underdal, B. (1987): Investigations of a toxic water bloom of Microcystis aeruginosa (CYANOPHYCEAE) in Lake Akersvatn, Norway. Hydrobiologia, 144: 97-103.
- Lindstrøm, E.A. og Skulberg, O.M. (1976): Sestonobservasjoner i sammenheng med praktiske vannundersøkelser. Norsk institutt for vannforsknings årbok 1975, 35-47.
- Norsk institutt for vannforskning (1985): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1984. O-84135, 18. april 1985.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1985. O-84135, 10. januar 1986.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Kontroll av giftproduserende alger i Akersvatnet, Vestfold. O-84135, 21. februar 1986.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Plan for arbeid og omkostningsoversikt 1986. Akersvatnet, Vestfold. O-84135, 18. mars 1986.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Driftsundersøkelse av VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. O-86068, juli 1986.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Notat til Stokke helseråd om mulig forurensning av landbruksvekster med vann fra Akersvatnet som inneholder toksinproduserende blågrønnalger. O-83462, 26. juli 1986.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Bruksplan for Akersvannet. Bakgrunnsundersøkelser og forslag til tiltak. O-86118, 18. august 1986.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Notat til Miljøverndepartementet om kontroll av giftproduserende alger i Akersvatnet, Vestfold. O-84135, 11. november 1986.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Undersøkelser av giftige blågrønnalger i Vestfold i 1986. O-83462, 18. november 1986.

- Norsk institutt for vannforskning (1986): Akersvannverket - renseeffekter for alger, algetoksiner og andre vannkvalitetsparametre. 0-86068, desember 1986.
- Ohle, W. (1954): Die Ursachen der rasanten Seeneutrophierung. Verh. Internat. Verein. Limnol, 12: 13-32.
- Skulberg, O.M. (1964): Algal problems related to the eutrophication of European water supplies, and a bio-assay method to assess fertilizing influence of pollution on inland waters. *Algae and Man*, ed. by Daniel F. Jackson, New York, Plenum Press, pp. 262-299.
- Skulberg, O.M. (1981): Når innsjøer og elver blir overgjødslet - kulturbetinget eutrofiering og algevekst. Norsk institutt for vannforskning årsbok 1980, 23-30.

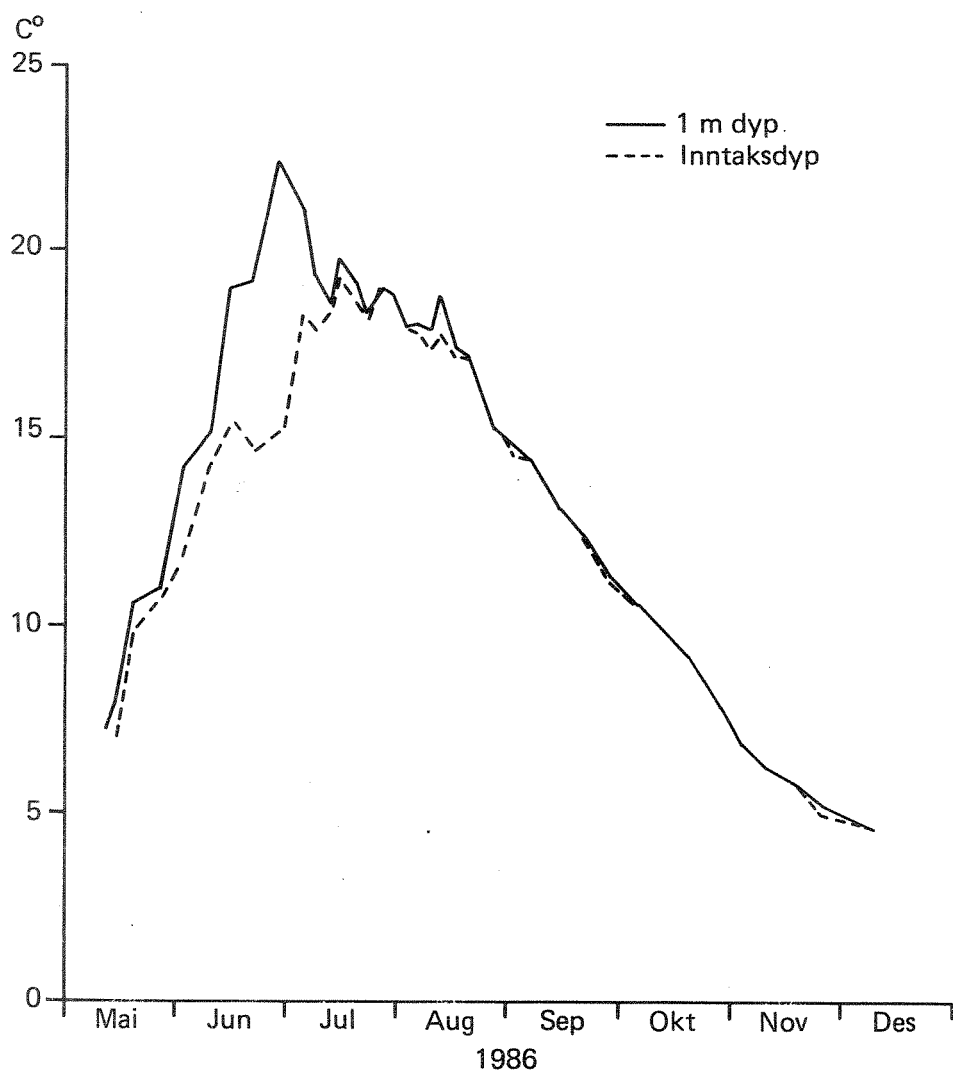
FIGURER



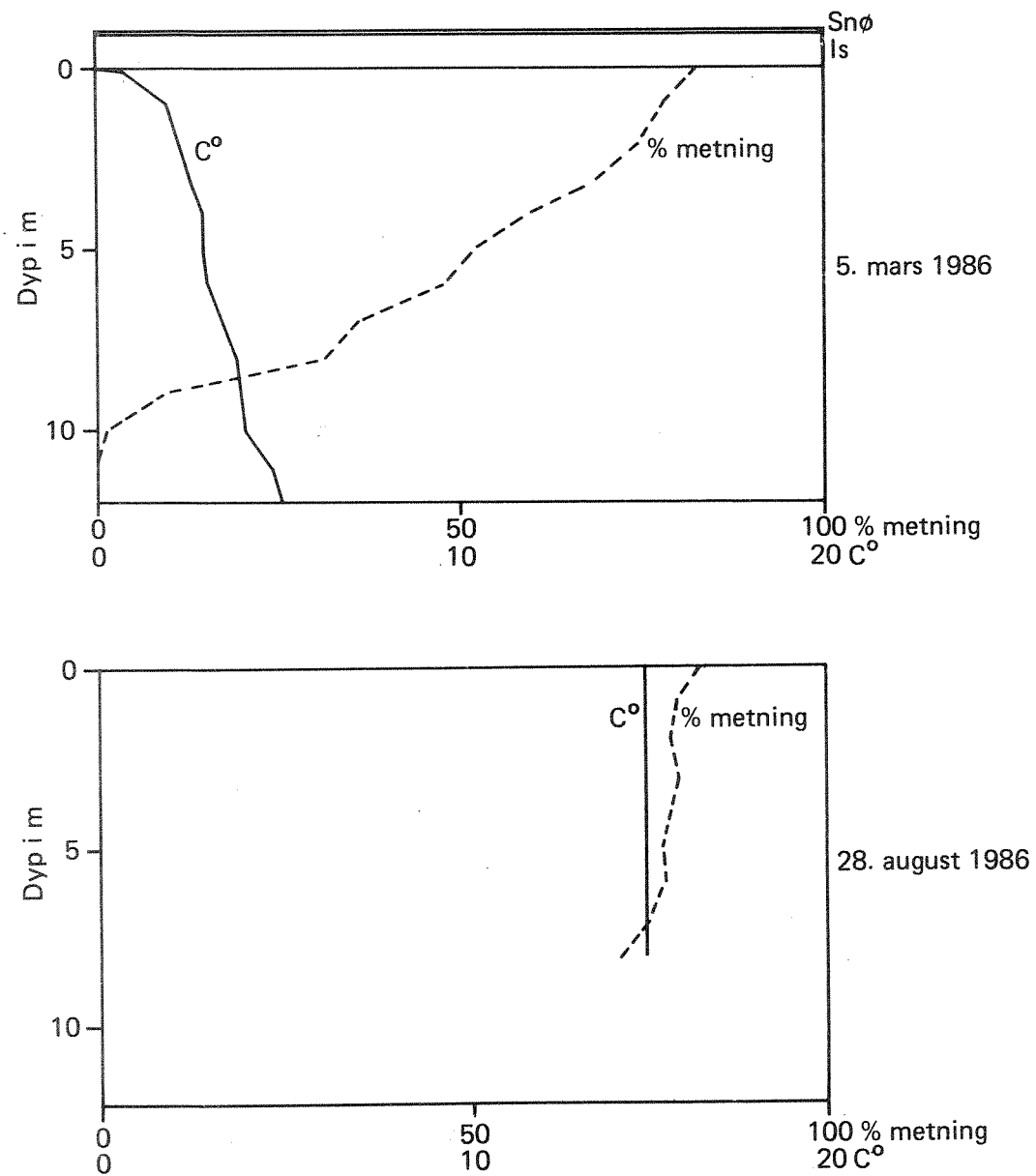
Figur 1. Månedsmiddeltemperatur i 1986 og temperaturavvik fra normal. Observasjoner ved Melsom, stasjon 2745.



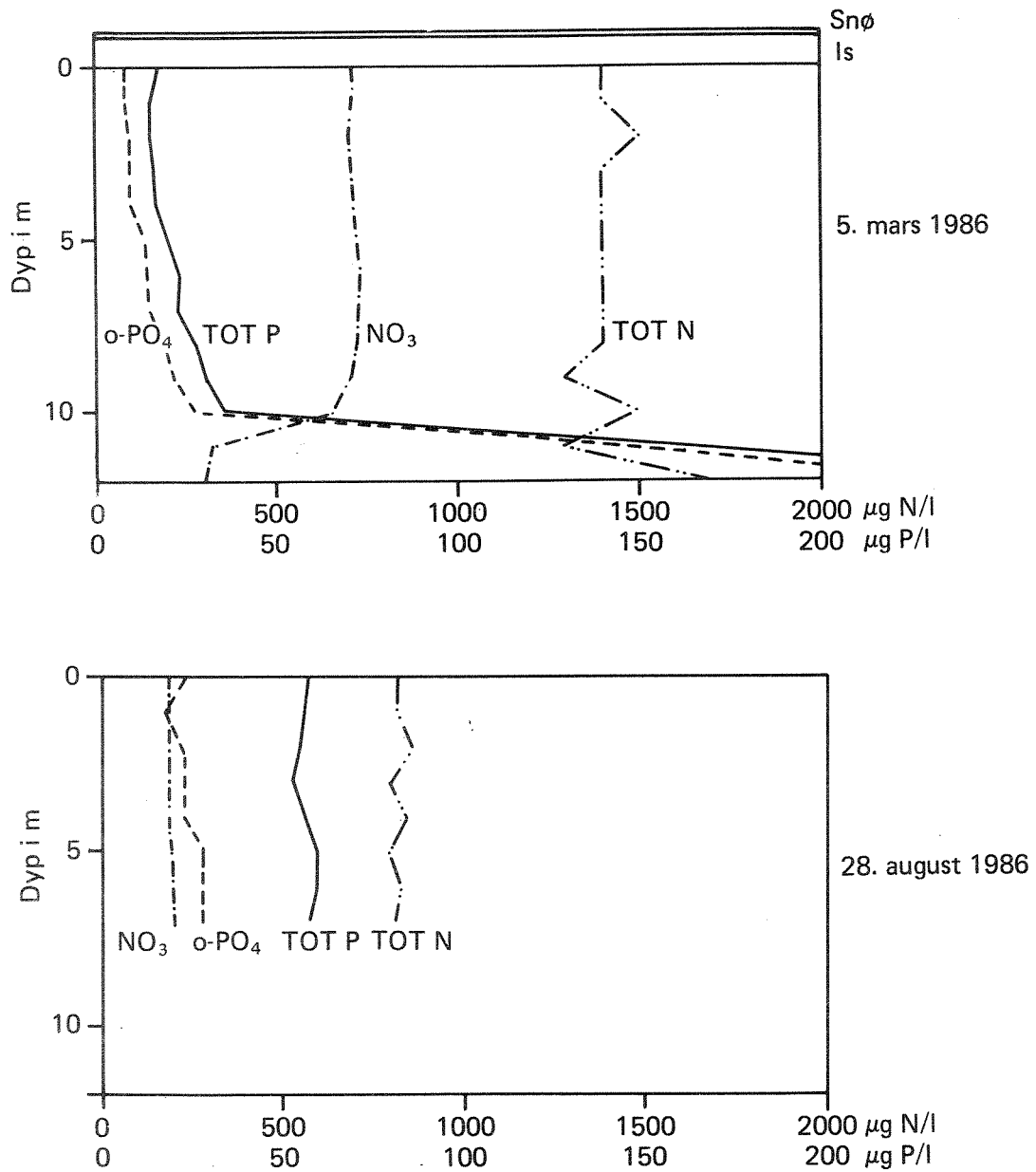
Figur 2. Månedlige nedbørhøyder i 1986 og normalverdier. Observasjoner ved Melsom, stasjon 2745.



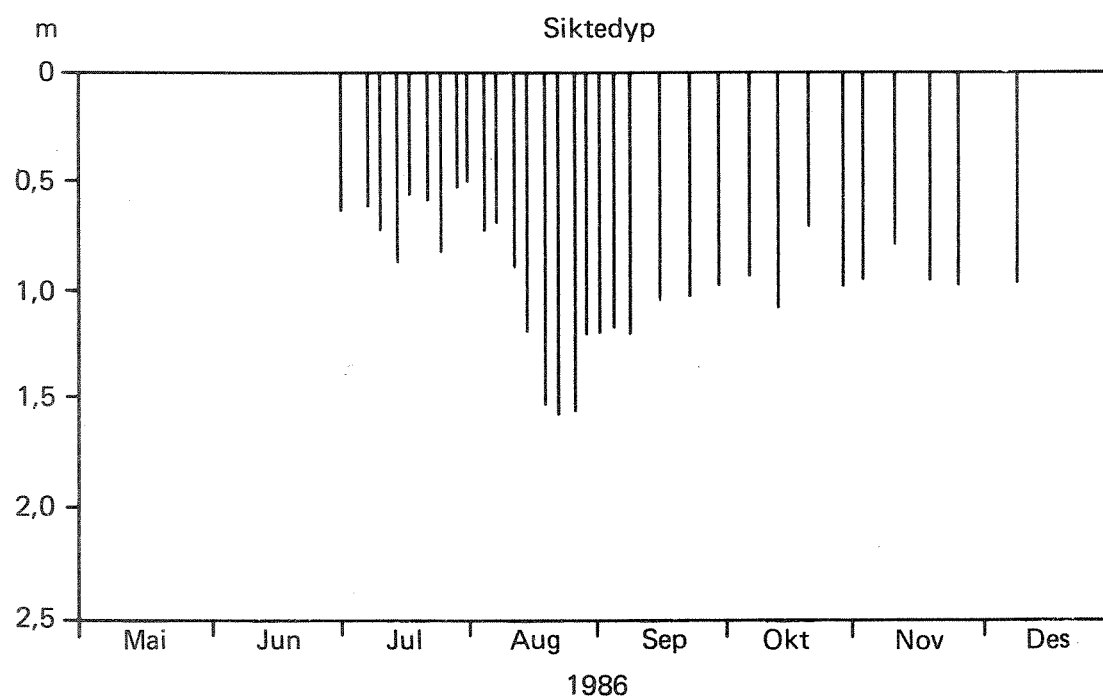
Figur 3. Vanntemperatur målt i Akersvatnet i 1986.



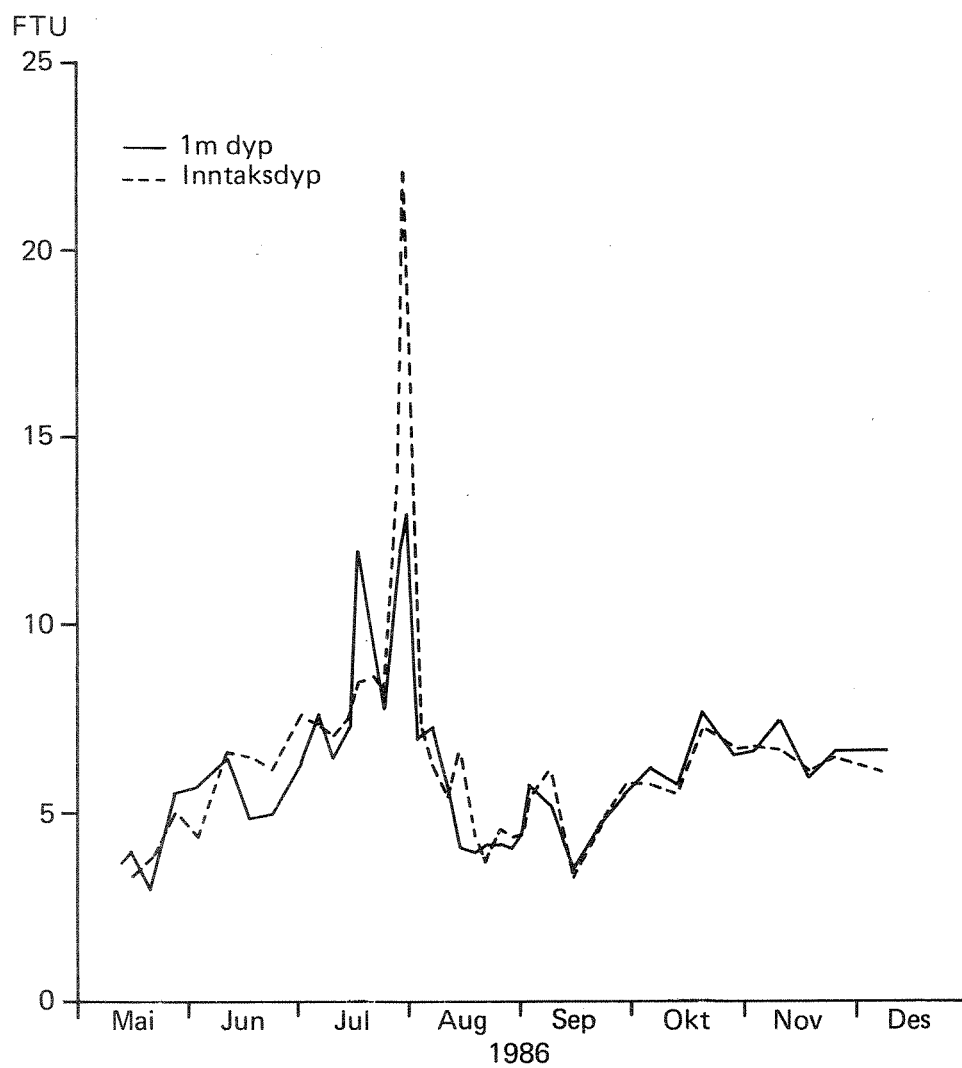
Figur 4. Hydrografiske forhold. Målinger av temperatur og oksygenmetning i mars og august 1986.



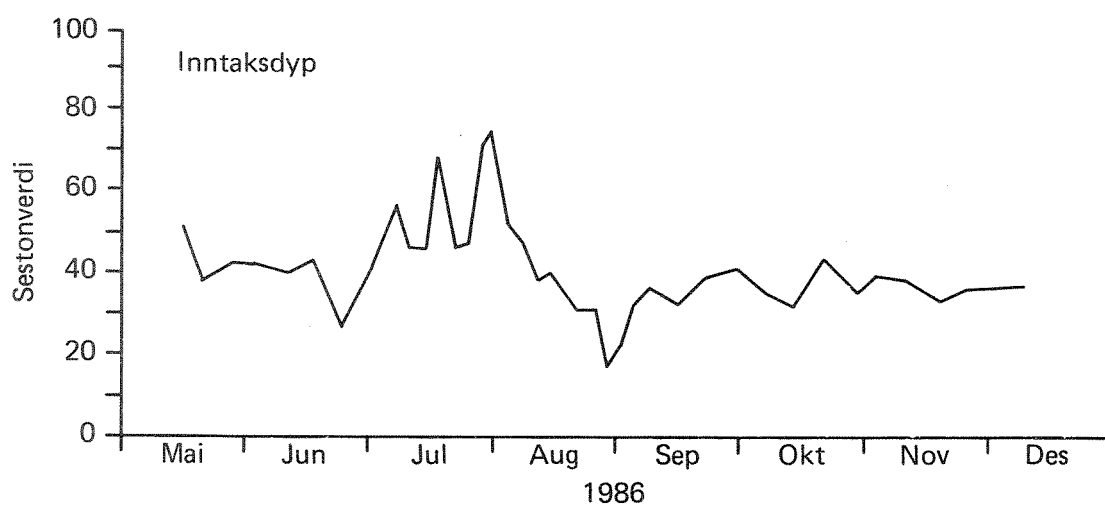
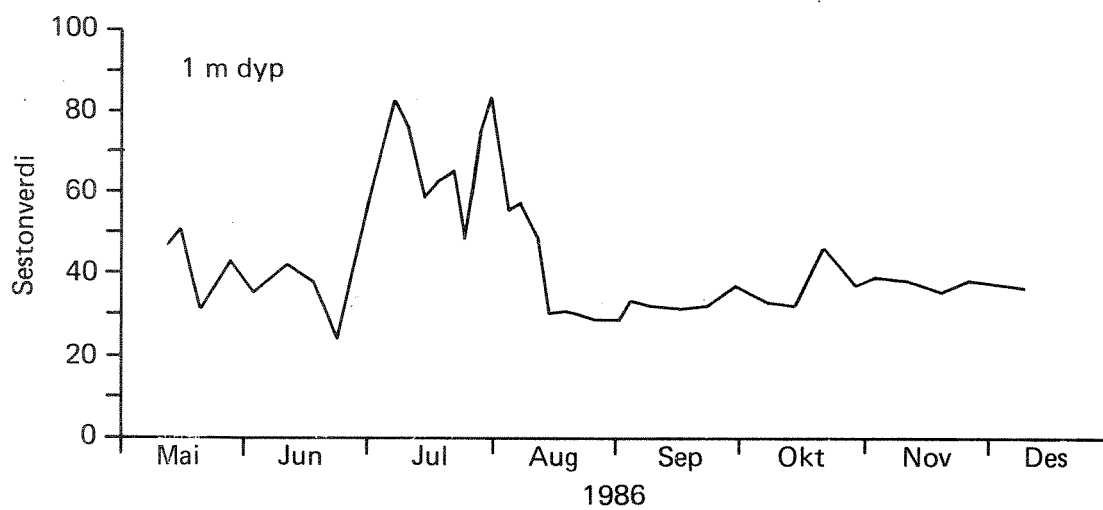
Figur 5. Hydrografiske forhold. Målinger av konsentrasjoner av fosfor- og nitrogenforbindelser i mars og august 1986.



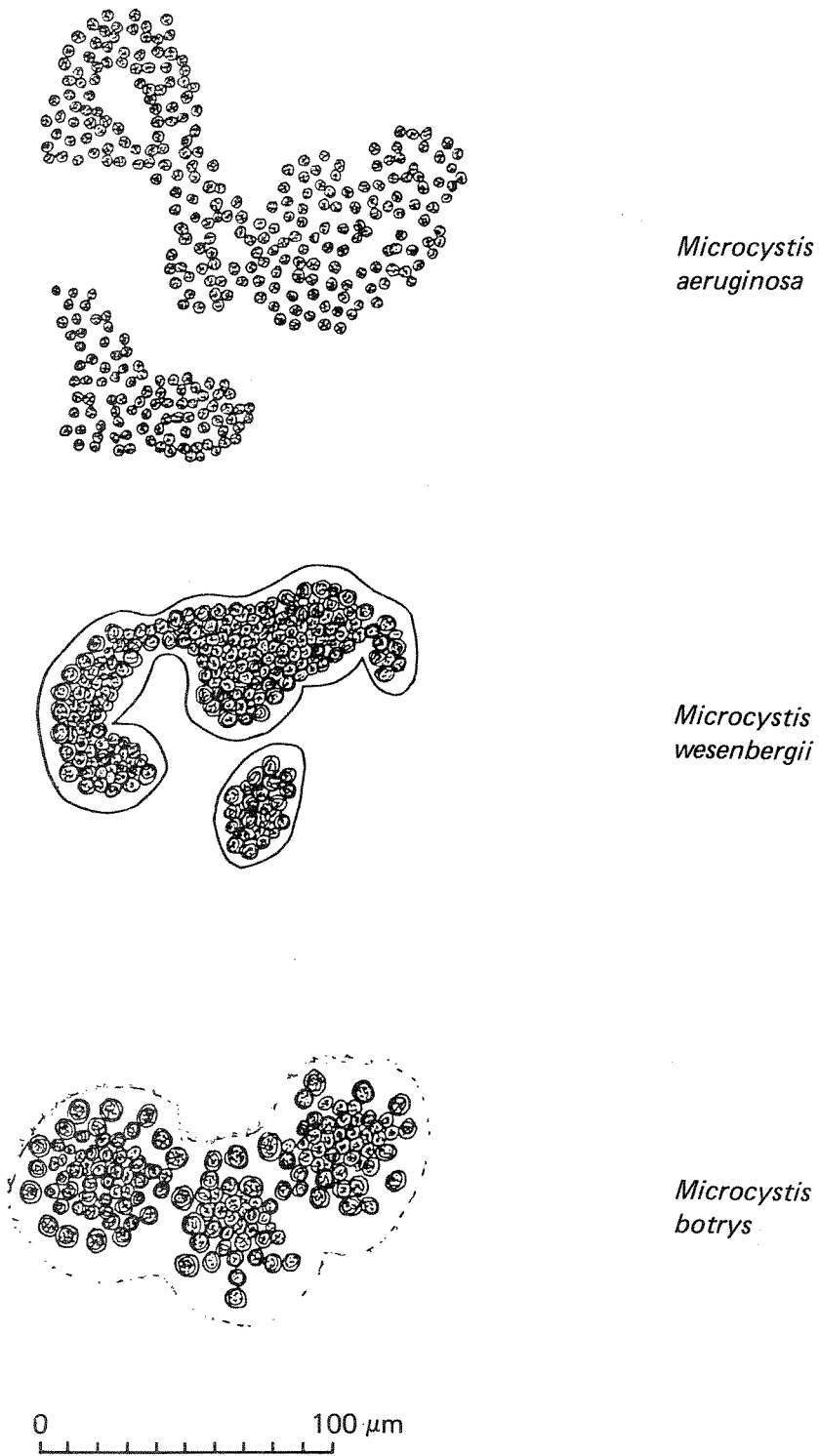
Figur 6. Siktedyp målt med Secchi-skive i Akersvatnet 1986.



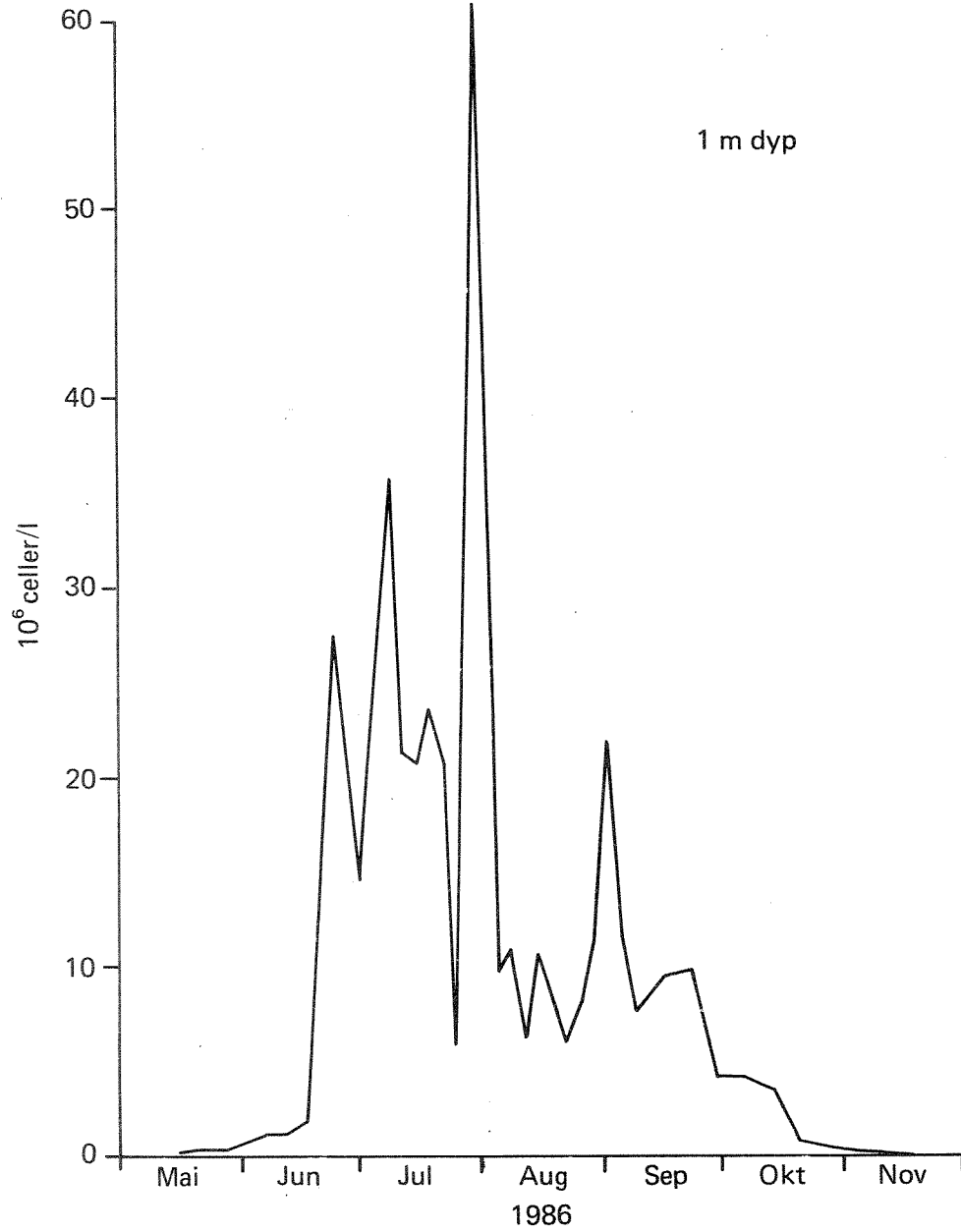
Figur 7. Vannmassenes turbiditet målt i 1 m og inntaksdyp.



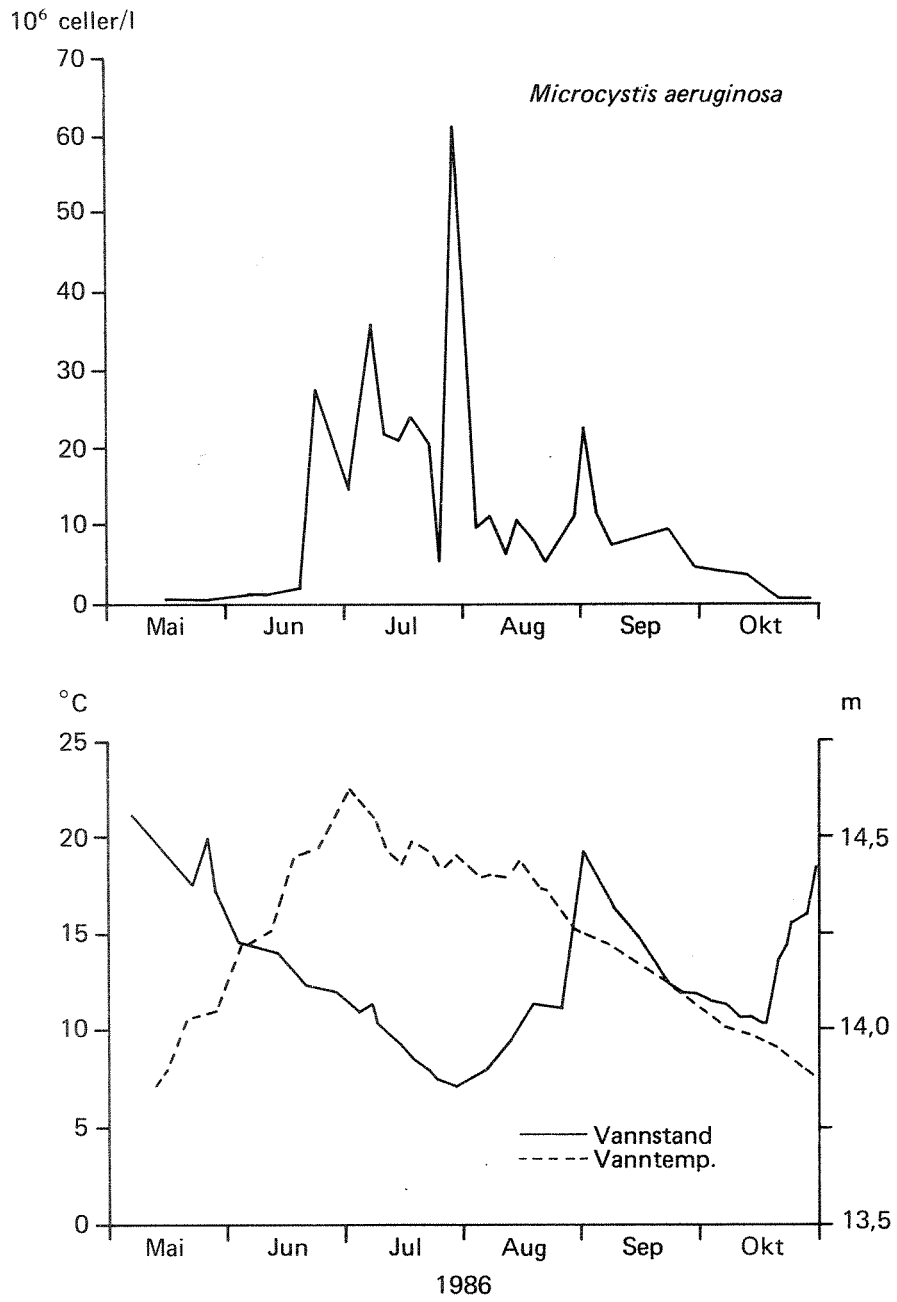
Figur 8. Målinger av seston i Akersvatnet i 1 m og inntaksdyp.



Figur 9. Arter av blågrønnalgeslekten Microcystis i Akersvatnet.



Figur 10. Utvikling av Microcystis aeruginosa i Akersvatnet i 1986.



Figur 11. Variasjon i populasjonstetthet av Microcystis aeruginosa, vanntemperatur og vannstand

TABELLER

TABELL 1. HYDROKJEMISKE ANALYSEDATA FOR PRØVER FRA AKERSVATNET 5. MARS 1986

Dyp m	Surhetsgrad pH	Konduktivitet mS/m, 25°C	Turbiditet FTU	Fargetall mg Pt/l	Tot. nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Tot. fosfor µg P/l	Ortofosfat µg P/l	Kalsium mg Ca/l	Magnesium mg Mg/l	Sulfat mg SO ₄ /l	Klorid mg Cl/l
0	7.3	22.4	0.87	21.8	1400	715	17.0	8.0	16.4	5.6	24	23
1	7.5	22.4	0.92	23.5	1400	715	15.0	8.5	15.8	5.4	23	23
2	7.4	22.3	0.99	23.7	1500	705	15.0	9.5	16.3	5.5	23	22
3	7.4	21.9	0.97	23.9	1400	710	16.0	9.5	14.8	5.2	22	22
4	7.3	21.7	0.98	24.4	1400	715	16.5	10.0	16.0	5.3	22	22
5	7.3	21.8	1.0	23.9	1400	725	20.0	14.0	16.0	5.4	22	22
6	7.2	21.9	1.0	24.1	1400	735	23.0	14.5	15.9	5.3	23	22
7	7.2	22.4	1.3	24.6	1400	730	22.5	15.0	16.5	5.5	22	22
8	7.2	22.3	1.9	26.4	1400	725	27.5	19.0	16.3	5.5	22	23
9	7.1	22.6	2.7	29.8	1300	705	30.5	22.0	16.6	5.6	21	23
10	7.1	22.8	3.6	32.9	1500	650	36.0	28.0	16.0	5.6	20	24
11	7.1	24.3	14.0	43.9	1300	335	160	145	16.8	5.9	19	24
12	7.1	24.7	62	43.3	1700	310	400	345	18.1	6.3	18	24

TABELL 2. HYDROKJEMISKE ANALYSEDATA FOR PRØVER FRA AKERSVATNET 28. AUGUST 1986

Dyp m	Surhetsgrad pH	Konduktivitet mS/m, 25°C	Turbiditet FTU	Fargetall mg Pt/l	Tot.nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Tot.fosfor µg P/l	Ortofosfat µg P/l	Tot.org. karbon mg C/l
Over- flate									
0	7.5	20.8	4.6	21.6	1656	186	64	21.0	7.64
1	7.5	20.7	6.1	22.0	816	187	57	23.5	6.65
2	7.5	20.8	5.0	22.8	816	185	56	17.5	7.63
3	7.7	20.8	5.6	21.8	860	185	55	22.0	7.05
4	7.6	20.8	6.2	24.4	797	185	53	22.5	6.71
5	7.7	22.3	5.6	23.2	840	188	56	22.5	6.74
6	7.7	20.8	6.0	24.8	797	191	59	28.0	6.76
7	7.7	20.8	5.9	24.0	828	193	59	27.5	6.78
7	7.6	20.8	6.1	24.4	809	200	57	27.5	6.95

TABELL 3. FREMTREDEDE ARTER I AKERSVATNETS PLANTEPLANKTON. JULI 1986

Blågrønnalger	Grønnalger	Flagellater	Kiselalger
<i>Microcystis aeruginosa</i> *	<i>Pediastrum boryanum</i>	<i>Ceratium hirundinella</i> *	<i>Melosira islandica</i>
<i>Microcystis botrys</i>	<i>Pediastrum duplex</i>	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>volvocinae</i>	<i>Cyclotella comta</i>
<i>Microcystis wesenbergii</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> *	<i>Oocystis</i> cf. <i>lacustris</i>		
<i>Anabaena circinalis</i>	<i>Staurastrum paradoxum</i>		
<i>Anabaena spiroides</i>			
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>			
<i>Gomphosphaeria naegeliana</i>			

* Arter med høyest konsentrasjon

TABELL 4. EKSEMPLER PÅ KVANTITATIV FOREKOMST AV BLÅGRØNNALGER. AKERSVATNET JUNI - JULI 1986.

Prøvetaking i 1 m dyp.

ART	DATO	17.06		23.06		01.07		07.07		10.07		14.07		17.07		21.07		24.07	
		Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum
Anabaena spiroides	12	1.1	8.3	174	16.7	467	44.8	607	58.2	386	37.0	595	57.1	548	52.6	72	6.9		
Aphanizomenon flos-aquae	1	3.1	9.6	3	9.6	40	12.8	97	31.2	75	24.1	75	24.1	149	47.9	59	18.9		
Gomphosphaeria lacustris			3.0	78	7.8	112	11.2	121	12.1	115	11.5	44	4.4	9	9.0				
G. naegeliana	0.6	4.5	2.2	3	2.2	3	2.2	6	4.5	9	6.7		16	12.0	1	7.5			
Microcystis aeruginosa	1918	4.7	68.8	14578	36.4	33660	84.1	21568	53.9	20933	52.3	23699	59.2	20746	51.8	5956	14.8		
M. wesenbergii								3	10.0	6	2.0				0.4	1.3			

Antall: $n \cdot 10^3$ celler/kolonier pr. liter

Volum: mm^3 / m^3