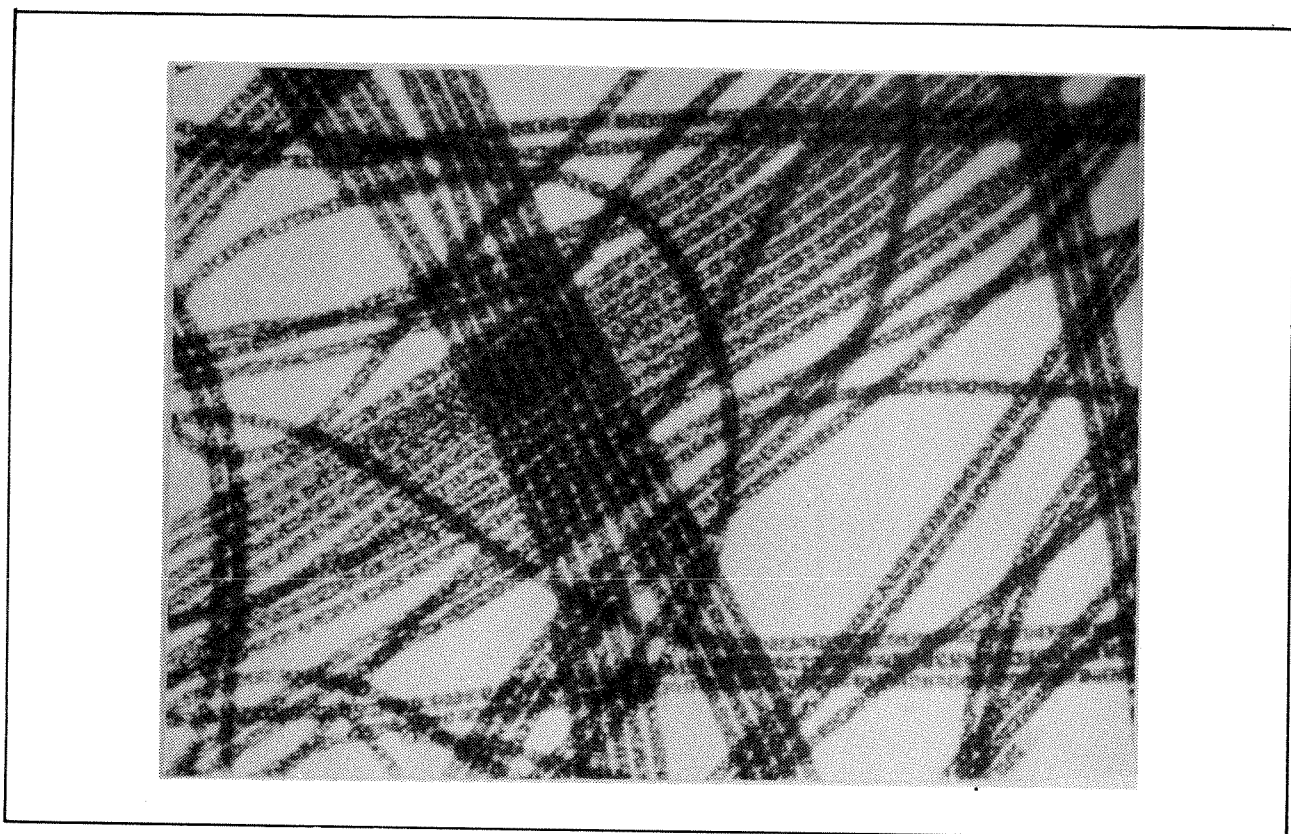


OE-1871

O-82087

Blågrønnalger og påvirkning av vannkvalitet - lukt- og smaksstoffer

Frømdriftsrapport til Statens forurensningstilsyn (SFT)



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

Prosjektnr.:	0-82087
Undernummer:	1
Løpenummer:	1871
Begrenset distribusjon:	SFT

Rapportens tittel:	Dato:
BLÅGRØNNALGER OG PÅVIRKNING AV VANNKVALITET — lukt- og smaksstoffer	12. april 1986
Forfatter (e):	Prosjektnummer:
Olav Skulberg Lasse Berglind Randi Skulberg	0-82087
	Faggruppe:
	Hydrobiologi
	Geografisk område:
	Norge
	Antall sider (inkl. bilag):
	22

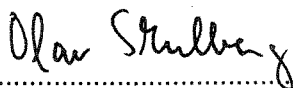
Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
Statens forurensningstilsyn (SFT)	

Ekstrakt:
Det er laget en oversikt over enkelte kjemiske forbindelser som er forbundet med lukt- og smakspåvirkning av vann. Gjennom sine stoffskifteprodukter kan blågrønnalger gjøre vann uegnet til praktisk bruk. I Mjøsa-Glåma-systemet er samfunn av OSCILLATORIA (i benthos og plankton) geosminproduserende i vegetasjonsperioden. Fiskeoppdrettsanlegg kan bli plaget av blågrønnalgeutvikling som forårsaker vond lukt og smak på fisken. Internasjonalt forsknings samarbeid tar opp problemene.

4 emneord, norske:
1. Blågrønnalger (CYANOPHYCEAE)
2. Lukt- og smaksstoffer
3. Geosmin
4. OSCILLATORIA
5. Akvakultur

4 emneord, engelske:
1. Blue-green algae (CYANOPHYCEAE)
2. Off-flavour
3. Geosmin
4. OSCILLATORIA
5. Aquaculture

Prosjektleder:



Olav Skulberg

For administrasjonen:



Torsten Kallqvist

ISBN 82-577-1084-9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0 - 8 2 0 8 7

BLÅGRØNNALGER OG PÅVIRKNING AV VANNKVALITET

- LUKT- OG SMAKSSTOFFER

Fremdriftsrapport til Statens forurensningstilsyn (SFT)

Oslo, 12. april 1986

Saksbehandler: Olav Skulberg
Medarbeidere: Lasse Berglind
Randi Skulberg

F O R O R D

Forurensning av vannforekomster gir i mange tilfeller årsak til masseutvikling av blågrønnalger. Gjennom sine stoffskifteprodukter påvirker blågrønnalgene vannets kvalitet. Masseutvikling av blågrønnalger kan gjøre vannet uegnet til praktisk bruk, medføre forgiftningsfare eller medvirke til å fremme eutrofiering.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har bidratt til å finansiere undersøkelser ved NIVA for å klarlegge hvordan blågrønnalger påvirker vannkvalitet. Resultater av forskningsvirksomhet angående toksinproduserende blågrønnalger er behandlet i egne skrifter (bl.a. publiserte fagartikler).

I denne rapport fremlegges resultater fra undersøkelser av metabolitter dannet av mikroorganismer som gir lukt- og smakspåvirkning av vann.

Det rettes en takk til alle som har hjulpet til i arbeidet med oppgavene.

Oslo, 12. april 1986

Olav Skulberg

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

	<u>Side</u>
FORORD	2
BAKGRUNN	5
PROBLEMSTILLING	7
METODER OG MATERIALE	7
STUDIER AV ORGANISMER	7
EKSPERIMENTELLE UNDERSØKELSER	11
PRAKTISKE PROBLEMER	13
Akvakulturanlegg	13
Drikkevann	13
INTERNASJONALT SAMARBEID	15
SAMMENFATTENDE KONKLUSJON	16
HENVISNINGER	17
APPENDIKS	19

TABELLER OG FIGURER

		<u>Side</u>
TABELL 1	Eksempel på kjemiske forbindelser som gir lukt- og smakspåvirkning av vann	6
TABELL 2	Observasjoner av alger i plankton og benthos. Solbergfoss 1984	8
TABELL 3	Stammer av blågrønnalger med utpreget produksjon av luktstoffer	12
FIGUR 1	Eksempel på to gasskromatogrammer hvor påvisning av luktstoffet geosmin ble gjort	10

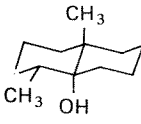
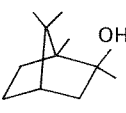
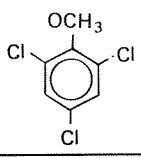
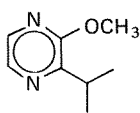
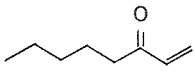
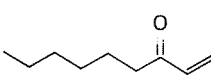
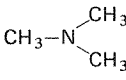
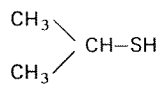
BAKGRUNN

Lukt og smak er livsviktige fenomener. Med utgangspunkt i den menneskelige lukte- og smakssans trekkes det bl.a. opp retningslinjer for de mengder av forskjellige stoffer som kan aksepteres i miljøet (grense mot f.eks. irritabilitet). Men lukt- og smaksforandringer representerer forhold som kan påvirke mange organismer og biologiske forløp i miljøet. Utforskningen av påvirkning av vannkvalitet med lukt- og smaksstoffer er bare i sin spede begynnelse (Jüttner 1984).

Forskningsfeltet tar utgangspunkt i sanseapparatets fysiologi. Dette er nødvendig for å oppnå forståelse av forbindelsen mellom stimuli (kjemisk stoff) og reseptor (sanseorgan) samt sansningens helhetlige funksjon. Luktstimuli er knyttet til bestemte molekulære egenskaper ved stoffene og den enkelte arts sanseapparat. I internasjonal forskning studeres bl.a. hvordan luktmolekylenes kompleksitet er bestemmende for stoffenes informasjonsmengde (f.eks. om små molekyler bærer mindre informasjon enn større, sammensatte molekyler). Noen av de best kjente naturlige stoffer og stoffstrukturer forbundet med lukt- og smakspåvirkning av vann (Sävenhed 1986) er vist i tabell 1. De opptrer mer eller mindre vanlig i vannforekomstene. Mens f.eks. 2, 4, 6 trikloranisol er forholdsvis sjelden, er 2-isopropyl-3-metoxypyrazin vanlig tilstede i vann (Suffet et al. 1984).

Lukt- og smaksreaksjoner (kjemiske sanser) tyder på å være artsspesifikke fenomener, noe i retning av felles "lukt-språk" regnes ikke å eksistere (Engen 1982). Den økologiske betydning av lukt- og smaksstoffer - sekundære metabolitter - har raskt voksende forskningsinteresse (Rosenthal 1986). Bruken av vann som næringsmiddel har også i nyere tid gitt aktuell oppmerksomhet på lukt- og smaksproblemer (Livsmedelverket 1986).

TABELL 1. EKSEMPEL PÅ KJEMISKE FORBINDELSER SOM GIR LUKT- OG SMAKSPÅVIRKNING AV VANN.

Kjemisk navn	Forkortet betegnelse	Struktur	Sanseinntrykk
Trans -1, 10 - dimetyl- trans - 9 decalol	GEOSMIN		Jordaktig lukt
2 - metylisoborneol	MIB		Mugglukt
2,4,6 - trikloranisol	TCA		Mugglukt
2 - isopropyl - 3 - metoxy-pyrazin	IPMP		»Potetkjeller«-lukt
Dimetyldisulfid	DMS	$\text{CH}_3\text{-S-S-CH}_3$	Løkaktig lukt
1 - octen - 3 - on	OCTENON		Soppaktig lukt
1 - nonen - 3 - on	NONENON		Soppaktig lukt
Trimetylamin	TMA		Fiskaktig lukt
Isopropylmerkaptan	IPM		Løkaktig lukt

PROBLEMSTILLING

Undersøkelsen tar utgangspunkt i at masseutvikling av blågrønnalger kan gi vann vond lukt og smak (Berglind et al. 1983 a). Spørsmål som reiser seg i praktisk sammenheng er bl.a.:

Hvilke organismer er ansvarlige for dannelsen av stoffene?

Hvilke stoffer dreier det seg om?

Hvilke miljøbetingelser styrer stoff-dannelsen?

Hvordan innvirker stoffene på bruken av vannressursen (drikkevann, akvakultur osv.)?

Hva kan gjøres for å unngå problemene?

Forskningsvirksomheten ved NIVA er i en innledende fase (NIVA 1983). Den har foreløpig særlig vært knyttet til enkelte vanlig forekommende blågrønnalger i ferskvann med eutrofipåvirkning.

METODER OG MATERIALE

Det er foretatt observasjoner i forbindelse med forbigående lukt- og smak-episoder i vann og vassdrag. Organismene som opptrer er undersøkt, og utvalgte arter er blitt isolert og forsøkt brakt i kultur (Skulberg 1985). For å analysere stoffene som inngår, benyttes gasskromatografisk teknikk med luktprøvning (column sniffing). Det vises til tidligere rapporter og publikasjoner hvor fremgangsmåten er beskrevet (NIVA 1983, Berglind et al. 1983 b, Sävenhed 1986).

STUDIER AV ORGANISMER

Observasjonene av lukt- og smakpåvirkning i Mjøsa - Glåma - systemet med stoffer fra Oscillatoria - vegetasjon (NIVA 1983) er fortsatt. Arbeidet ble hovedsakelig utført ved instituttets forsøksoppstilling ved Solbergfoss, hvor detaljerte studier er mulige (Skulberg 1982). I et appendiks (sidene 19-22) er det gjengitt fotografier av begroingsutviklingen som ble fulgt.

TABELL 2. OBSERVASJONER AV ALGER I PLANKTON OG BENTHOS. SOLBERGFOSS 1984.

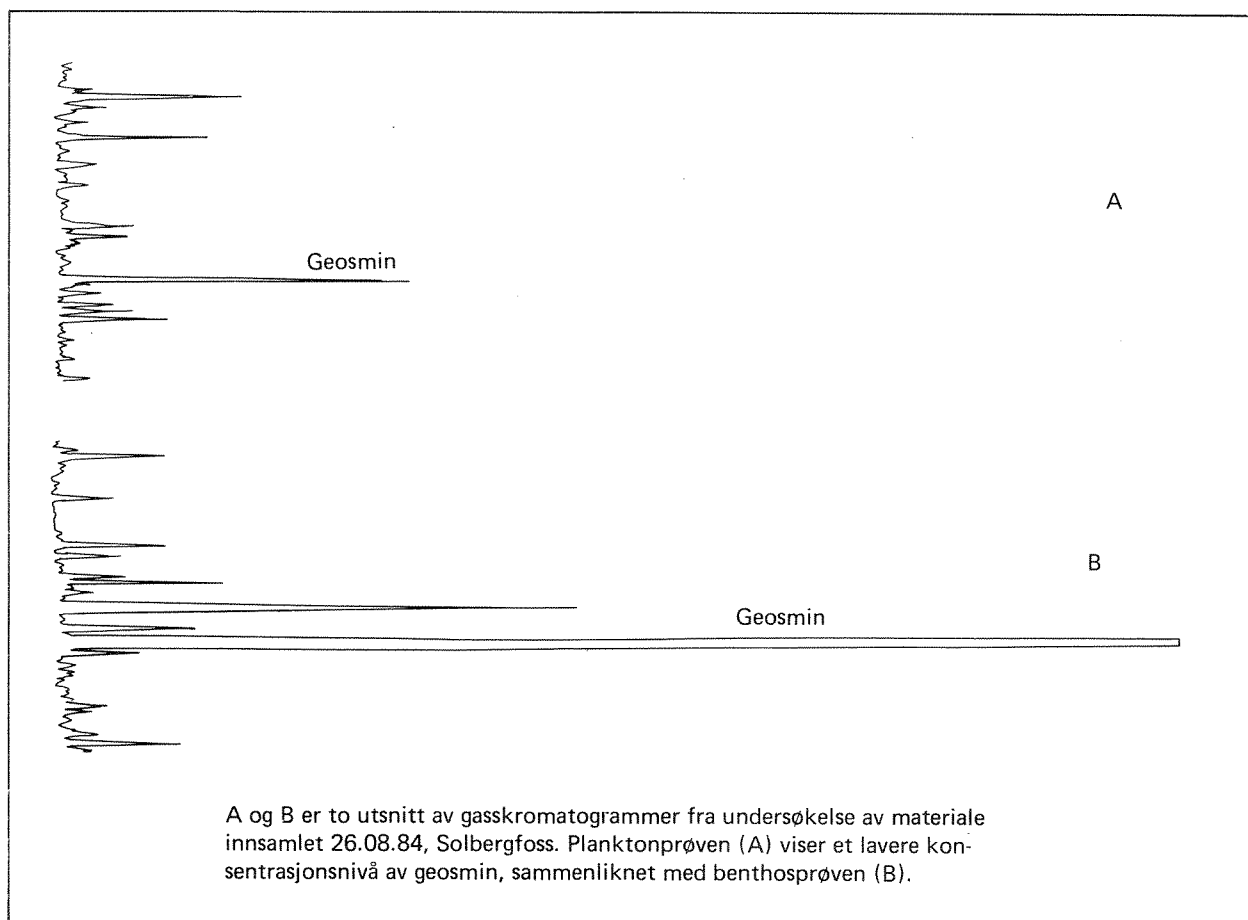
Observasjonsdag 1984	Vanntemp. °C	Fremtredende arter i plankton	Fremtredende arter i benthos	Luktinntrykk av vann og begroing	Anmerking
24. mars	1,8	Asterionella formosa Mallomonas elongata Oscillatoria bornetii f. tenuis	Fragilaria capucina Diatoma vulgare Ulothrix zonata	Ingen merkbar lukt	<u>Oscillatoria</u> med store polyfosfatkorn (Svermeceller av <u>Hydrurus foetidus</u> observert i stor mengde 18.3.)
7. april	0,9	Asterionella formosa Rhizosolenia longiseta Oscillatoria bornetii f. tenuis	Synedra ulna Fragilaria capucina Hydrurus foetidus	Svak trimetylaminaktig lukt	<u>Ceratoneis</u> blir funnet i begroingssamfunnet. <u>Hydrurus foetidus</u> i etablering.
21. april	2,1	Synedra ulna Asterionella formosa Oscillatoria bornetii f. tenuis	Hydrurus foetidus Fragilaria capucina Tabellaria flocculosa	Markert trimetylaminaktig lukt	<u>Hydrurus foetidus</u> i sterk utvikling
1. mai	3,9	Melosira islandica sbsp. helvetica Asterionella formosa Oscillatoria bornetii f. tenuis	Hydrurus foetidus Tabellaria flocculosa Ceratoneis arcus	Markert trimetylaminaktig lukt	Vannet er grumset. Avtakende begroingsmengde.
13. mai	6,3	Asterionella formosa Melosira islandica sbsp. helvetica Oscillatoria bornetii f. tenuis	Hydrurus foetidus Meridion circulare Diatoma elongata	Svak trimetylaminaktig lukt	Store slammengder i vannmassene
27. mai	10,4	Asterionella formosa Synura uvella Oscillatoria bornetii f. tenuis	Cymbella tumida Hydrurus foetidus Closterium aciculare	Svak, aromatisk lukt	<u>Oscillatoria bornetii</u> blir funnet i begroings-samfunn
11. juni	10,9	Dinobyon sociale Asterionella formosa Oscillatoria bornetii f. tenuis	Fragilaria capucina Draparnaldia glomerata Oscillatoria bornetii f. intermedia	Svak, aromatisk lukt	<u>Hydrurus foetidus</u> har gått sterkt tilbake. Klart vann.
27. juni	14,2	Melosira islandica sbsp. helvetica Diatoma vulgare Oscillatoria bornetii f. tenuis	Oscillatoria bornetii f. intermedia Draparnaldia glomerata Fragilaria capucina	Jordaktig (1) lukt	<u>Hydrurus foetidus</u> er ikke lenger å finne. Sterk fremvekst av <u>Oscillatoria bornetii</u>
19. juli	15,4	Rhizosolenia longiseta Gloeocystis planctonica Anabaena flos-aquae	Oscillatoria bornetii f. intermedia Oscillatoria splendida Fragilaria capucina	Jordaktig (1) lukt	Det rødsvarte belegget av <u>Oscillatoria bornetii</u> er sterkt fremtredende i begroingen
5. august	16,1	Chlamydomonas sp. Gemellicystis neglecta Oscillatoria bornetii f. tenuis	Fragilaria capucina Oscillatoria bornetii f. intermedia Oedogonium sp. (8µm)	Svak, aromatisk lukt	Stor forekomst av <u>Asplanchna priodonta</u> Avtakende begroingsmengde.
26. august	18,2	Chlamydomonas sp. Fragilaria crotonensis Tabellaria fenestrata	Oedogonium sp. (8µm) Oscillatoria bornetii f. intermedia Fragilaria capucina	Kumarin-aktig lukt, og jordaktig lukt (1)	Flere grønne former av <u>Oscillatoria</u> . Liten begroingsmengde.
26. september	11,3	Fragilaria crotonensis Tabellaria fenestrata Oscillatoria bornetii f. tenuis	Mougeotia sp. (18µm) Oscillatoria bornetii f. intermedia Oedogonium sp. (18µm)	Svak, aromatisk lukt	Tiltakende forekomst av grønnaalger. Økende begroingsmengde.
28. oktober	6,2	Tabellaria fenestrata Mallomonas elongata Oscillatoria bornetii f. tenuis	Fragilaria capucina Mougeotia sp. (18µm) Oscillatoria bornetii f. intermedia	Svak, aromatisk lukt	Begroings-samfunn preget av grønne og brune farge-nyanser
9. desember	3,4	Asterionella formosa Rhizosolenia longiseta Oscillatoria bornetii f. tenuis	Fragilaria capucina Mougeotia sp. (18µm) Oscillatoria bornetii f. intermedia	Sterk, aromatisk lukt	<u>Oscillatoria</u> med store polyfosfatkorn Stor begroingsmengde.

(1) Geosmin påvist.

En sammenfatning av resultater er gjort i tabell 2. Oversikten viser hvilke organismer som var fremtredende i de fri vannmassene (plankton) og i begroingssamfunn (benthos) gjennom observasjonsperioden i 1984. Noen hovedtrekk skal nevnes. Det gjorde seg gjeldende markerte forandringer i artssammensetning, og ulike organismer hadde forekomst gjennom kortere eller lengre tid. Det visuelle inntrykk av begroingssamfunnene (grønnalger, kiselalger, blågrønnalger osv.) gjenspeilte bl.a. disse forhold på enkel måte. Men også luktinntrykkene av vann og begroing varierte tydelig gjennom observasjonsperioden. Dette gjaldt både type lukt og intensitet av luktoppfatningen. Bare to situasjoner med lukt- og smakspåvirkning kunne føres tilbake til utvikling av bestemte organismer:

- I tidsrommet april - mai var det en karakteristisk lukt av trimetylamin (fiskaktig - sildelakeaktig luktinntrykk) av vann og begroing. Dette var sammenfallende med en masseutvikling av chrysophyceen Hydurus foetidus (Vill.) Trév. Det er velkjent at denne algen gir slik lukt (foetidus=illeluktende). Luktstoffet ble ikke kjemisk identifisert.
- En karakteristisk jordaktig lukt var fremtredende i slutten av juni, første halvdel av juli og delvis i august. Fenomenet var tilsvarende som beskrevet tidligere i denne sammenheng (NIVA 1983). Det var arter av slekten Oscillatoria som dannet fremtredende begroing i denne perioden, med O. bornetii f. intermedia Woronich i størst forekomst. Luktstoffet ble kjemisk identifisert som geosmin (figur 1).

Resultatene viser at såvel i plankton som i benthos er blågrønnalger av slekten Oscillatoria et typisk og vedvarende innslag i vegetasjonen i Mjøsa - Glåma systemet. Enkelte stammer av de aktuelle arter har evnen å kunne danne geosmin og metylisoborneol (Berglind et al. 1983 b). Miljøfaktorer som selekterer eller begunstiger en dominans av stammer med produksjon av disse lukt- og smaksstoffer, er fortsatt gjenstand for utforskning. Hensikten er å avklare forutsetninger for praktiske problemer knyttet til lukt- og smakspåvirkning.



Figur 1. Eksempel på to gasskromatogrammer hvor påvisning av luktstoffet geosmin ble gjort.

EKSPERIMENTELLE UNDERSØKELSER

Det er foretatt isolering og oppdyrking av flere arter blågrønnalger med stammer som danner sekundære metabolitter med betydning for lukt og smak. I tabell 3 er det gitt en oversikt over slike organismer i NIVA's kultursamling. Formålet med å holde disse stammene i kultur er å kunne gjøre eksperimenter for å studere betingelser (genetiske faktorer, miljøforhold etc.) for stoffenes produksjon.

Tidligere erfaringer (Berglind et al. 1983 a og b, NIVA 1983) har gitt holdepunkter for at de aktuelle lukt- og smaksstoffer i særlig grad blir dannet av organismer under stress-situasjoner. Slike forhold er kjent bl.a. fra fysiologiske studier av andre sekundære metabolitter (Bu'Lock 1965). Det kan skilles ut flere faser i organismenes vekst og utvikling hvor ulike stoffskifteprosesser er fremherskende. I perioder med balansert vekst - hvor nødvendige vekstfaktorer er tilstede - vil det være organismens primære stoffskifteprosesser som dominerer (trophophase). De sekundære stoffskifteprosesser blir virksomme når forstyrrelser setter inn - begrensende verkstfaktorer gjør seg gjeldende - og sekundære metabolitter blir dannet (idiophase). Fenomener av denne type er beskrevet bl.a. for sopp og bakterier (Stårka 1968), og det er nærliggende å tenke at forholdet også gjør seg gjeldende for blågrønnalger. I utforskningen av problemet er det viktig å gjøre eksperimentelle undersøkelser for å kunne avklare reaksjonsveiene som fører fra de primære stoffskiftefunksjonene til produksjon av de aktuelle sekundære metabolitter.

I et samarbeid mellom NIVA, SIFF og Universitetet i Oslo er slike aktuelle problemstillinger blitt undersøkt. Oscillatoria brevis (NIVA CYA 7) er brukt i eksperimenter for å studere vekstfaktorer som påvirker dannelsen av geosmin. Blågrønnalgen ble dyrket i kolbekulturer og i kontinuerlige dyrkingssystemer under definerte miljøbetingelser. Resultatene indikerte bl.a. at lysbetingelsene var utslagsgivende for i hvor stor grad geosmin blir produsert. Klorofyllsyntesen og syntesen av geosmin var tilsynelatende nær forbundet. Dette gir holdepunkter for at stoffskifteprosesser knyttet til isoprenoid - reaksjonsveien i blågrønnalgene er ansvarlige for dannelsen av geosmin (Næs et al. 1985).

TABELL 3. STAMMER AV BLÅGRØNNALGER MED UTPREGET PRODUKSJON AV LUKTSTOFFER

NIVA KLON	ART	OPPRINNELSE	LUKT
CYA 12	<i>Oscillatoria agardhii</i>	Arungen, Akershus, 1965	Jordaktig
CYA 88/2	<i>Oscillatoria agardhii</i> var. <i>isothrix</i>	Ören, Sverige, 1981	Jordaktig
CYA 115/1	<i>Oscillatoria bornetii</i> var. <i>intermedia</i>	Glåma ved Sol- bergfoss, 1983	Jordaktig
CYA 96/1	<i>Oscillatoria bornetii</i> f. <i>tenuis</i>	Mjøsa, Hedmark, 1982	Jordaktig
CYA 7	<i>Oscillatoria brevis</i>	Nitelva, Akers- hus, 1962	Jordaktig
CYA 149	<i>Oscillatoria curviceps</i>	Bjørndalen, Svalbard, 1984	Jordaktig
CYA 92	<i>Oscillatoria formosa</i>	Levrasjön, Sverige 1981	Jordaktig
CYA 111	<i>Phormidium tenue</i>	Lake Biwa, Japan, 1982	Stikkende jordaktig
CYA 45	<i>Phormidium</i> sp.	Surna, Møre og Romsdal, 1977	Soppaktig
CYA 154	<i>Phormidium</i> sp.	Fiskedam, Nord- Aurdal, 1984	Soppaktig
CYA 156/1	<i>Phormidium</i> sp.	Fiskedam, Nord- Aurdal, 1984	Jordaktig
CYA 158	<i>Phormidium</i> sp.	Fiskedam, Rog- land, 1984	Soppaktig
CYA 123/2	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Mälaren, Sverige, 1983	Svovel- hydrogen- aktig
CYA 162/1	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Arresø, Danmark, 1985	Svovel- hydrogen- aktig

PRAKTISKE PROBLEMER

I det følgende vil to eksempler bli omtalt for å vise hvordan lukt- og smakspåvirkning av vann fra mikroorganismer kan studeres i praktisk sammenheng.

Akvakulturanlegg

I juli 1984 ble det rapportert om store lukt- og smaksproblemer i fiskedammer i Aurdal (eier Gunnar Nordaker).

Problemet har vært tilstede også tidligere år, gjerne i tidsrommet juli - september. Arbeiderne som stelte med dammene ble sjenert av lukt i vannet. Den satte seg i klær og på huden. De følte ubehag ved berøring med vannet. Redskap (f.eks. fiskegarn) ble tilgriset av et belegg som luktet sterkt jordaktig. Det var vanskelig å gjøre rein slik redskap. Fisken - regnbueørret - ble også preget av påvirkningen fra miljøet. Kontakt med vannet (også uten føring) medførte utpreget lukt - smak på fiskekjøttet.

Da prøvetaking ble foretatt (2. juli 1984), hadde dammene - to stykker - masseforekomst av blågrønnalger. De dannet et svartaktig - olivengrønt belegg på bunnen og på alle overflater nede i vannet. Begroingen var dominert av to typer trådformete blågrønnalger (trichombredde ca. 5 μm og 8 μm), som tilhører Oscillatoriaceae.

En intens jordaktig-aromatisk lukt var knyttet til blågrønnalgene. Luktstoffet geosmin ble påvist.

Fisken til anlegget i Aurdal var hentet på Øksna bruk ved Figgjovassdraget i Rogaland. I fiskedammene der er det tilsvarende problem med lukt- og smakspåvirkning fra blågrønnalger. De samme begroingsorganismer av Oscillatoriaceae påvises også. Det er trolig at disse organismene blir transportert i vannet sammen med fisken, og at de danner podemateriale for utvikling på nye vokseplasser. Men det forutsetter også egnede vekstbetingelser for blågrønnalgene på de nye lokaliteter, for at praktiske problemer skal oppstå.

Drikkevann

I vegetasjonsperioden 1985 har det blitt observert flere oppblomstringer med blågrønnalger hvor lukt- og smakspåvirkning av vann gjorde seg gjeldende. Noen eksempler kan nevnes.

Oppblomstringer med blågrønnalger av slekten Microcystis kan gi vannet en spesiell lukt - smakspåvirkning. Det er kjemiske forbindelser av alkyl-sulfid-natur som bl.a. er årsak til dette (Jüttner 1984). Under masseutviklingen av Microcystis aeruginosa i Akersvatnet, Vestfold (Skulberg et al. 1986) kunne det særegne lukt-inntrykk tydelig merkes. Det samme var tilfelle ved oppblomstring av Microcystis i Mosvatnet, Stavanger, sommeren 1985.

Innsjøen Langavatnet, Austrheim kommune - Hordaland, hadde i juni og juli 1985 utvikling av vannblomst med Anabaena flos-aquae. Innsjøen var råvannskilde for vannforsyning til ca. 2000 personer (opplysning fra Nordhordaland og Gulen Næringsmiddelkontroll). Under perioden med oppblomstring var både råvann og vannet som gikk til konsumentene tildels sterkt misfarget av blågrønnalger. Vannets utseende, lukt og smak var preget av Anabaena flos-aquae. Forholdet innebar så alvorlige konsekvenser for vannforsyningen at Langavatnet måtte tas ut av bruk som vannkilde (Distriktslækjaren i Austrheim, pers. med.).

Når det gjelder smak og lukt av vannet forårsaket av algevekst, er dette et mangesidig problem. Generelt kan en si at sannsynligheten for smak og lukt av vannet øker med økende innhold av planktonalger. I vann med stort innhold av alger vil det nesten alltid være smak på råvannet, uansett hvilke arter som utgjør algebiomassen. For visse arter gjelder imidlertid at selv et relativt lite individtall i vannet kan gi smak og/eller lukt. Som en generell rettesnor kan det regnes med at når organismeinnholdet overskrider omlag 10^6 celler/l vil det være stor sannsynlighet for at uheldig lukt- og smaks-påvirkning av drikkevann kan opptre (Skulberg 1977).

I forbindelse med teknisk behandling av drikkevann (bl.a. desinfeksjon ved klorering), er det en vanlig erfaring at vannets lukt og smak kan bli negativt påvirket. Det er mange rapporter som beskriver at f.eks. klorering av vann med blågrønnalger medfører en forsterkning av ubehagelige lukt- og smaksegenskaper til drikkevannet (Holden 1970).

INTERNASJONALT SAMARBEID

I nordisk sammenheng har NIVA nært forskningssamarbeid med laboratorier i Finland (Institutt for mikrobiologi, Universitetet i Helsinki) og Sverige (Universitetet i Linköping). Internasjonalt finner det sted et utstrakt samarbeid om forskning knyttet til lukt- og smaksproblemer i vann i regi av International Association on Water Pollution Research and Control (IAWPRC). NIVA deltar i IAWPRC Study Group on Tastes and Odours. En arbeidsoppgave som angår standardisering for beskrivelser av lukt- og smaksstoffer er under gjennomføring. Det blir samtidig laget en oversikt over karakteristiske organismer i kultursamlinger som er egnet til forsøksvirksomhet med de aktuelle sekundære metabolitter.

SAMMENFATTENDE KONKLUSJON

- Det er laget en oversikt over enkelte naturlige stoffer og stoffstrukturer som er forbundet med lukt- og smakspåvirkning av vann.
- Masseutvikling av blågrønnalger kan prege vannkvalitet gjennom sine stoffskifteprodukter. Dette gjør i enkelte tilfeller vannet uegnet til praktisk bruk. Forskningsvirksomheten tar utgangspunkt i slike forhold. Resultatene belyser spørsmål knyttet til årsaker og virkninger av denne type lukt- og smakspåvirkning.
- Observasjoner av lukt- og smakspåvirkning av Mjøsa-Glåma-systemet med sekundære metabolitter produsert av Oscillatoria er fortsatt. Under sommersituasjonen (periodisk i tidsrommet juni-august) blir det opptrøden av organismesamfunn med produksjon av bl.a. geosmin. De aktuelle organismer (særlig blågrønnalger av arten Oscillatoria bornetii) er et typisk og vedvarende innslag i vassdragets vegetasjon.
- Eksperimentelle undersøkelser er utført for å belyse under hvilke betingelser de sekundære stoffskifteprosesser blir virksomme. Faktorer som er begrensende for vekst under naturlige forhold, synes samtidig å influere produksjonen av bl.a. geosmin.
- Praktiske problemer er studert i forbindelse med drikkevann og akvakultur. Såvel vann som produkter utviklet i vannet kan bli påvirket av blågrønnalgenes lukt- og smaksstoffer.
- Kunnskapen om stoffenes organismetilhørighet og deres egenskaper er viktig for å kunne gjøre praktiske tiltak. Aktuelle forholdsregler for å forebygge eller løse problemer er ikke behandlet i denne rapporten.
- NIVA deltar i internasjonalt forskningssamarbeid om lukt- og smaksproblemer knyttet til vann. I regi av International Association on Water Pollution Research and Control (IAWPRC) arbeides det bl.a. med standardisering av metoder for karakterisering av lukt- og smakspåvirkning av vann.

H E N V I S N I N G E R

- Berglind, L., Holtan, H. & Skulberg, O.M. (1983 a): Case studies on off-flavours in some Norwegian lakes. *Water Science and Technology*, 15 (6-7), pp. 199-209.
- Berglind, L., Johnsen, I.J., Ormerod, K. & Skulberg, O.M. (1983 b): Oscillatoria brevis (Kütz.) Gom. and some other especially odouriferous benthic cyanophytes in Norwegian inland waters. *Water Science and Technology*, 15 (6-7), pp. 241-246.
- Bu'Lock, J.D. (1965): The biosynthesis of natural products. London.
- Engen, T. (1982): The perception of odors. Academic Press, New York.
- Holden, W.S. (1970): Water treatment and examination. London.
- Jüttner, F. (1984): Characterization of Microcystis strains by alkyl sulfides and β - cyclocitral. *Z. Naturforsch.* 39 c, pp. 867 - 871.
- Livsmiddelsverket (1986): Temanummer om dricksvatten. *Vår Föda*, 38 (1), pp 1 - 108.
- Norsk institutt for vannforskning (1982): Hydrofenologiske observasjonsstasjoner. Notat, O-79054, Oslo, 10. november 1982, 36 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1983): Vannkvalitetspåvirkning av Mjøsa-Glåma-systemet med lukt- og smaksstoffer 1983. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 159/84, O-8000203, Oslo 10. november 1983, 17 pp.
- Næs, H.; Aarnes, H.; Utkilen, H.C.; Nilsen, S. and Skulberg, O.M. (1985): Effect of photon fluence rate and specific growth rate on geosmin production of the cyanobacterium Oscillatoria brevis (Kütz.) Gom. *Applied and Environmental Microbiology*. June 1985, pp. 1538 - 1540.
- Rosenthal, G.A. (1986): The chemical defenses of higher plants. *Scientific American*, 254 (1), pp. 76 - 81.

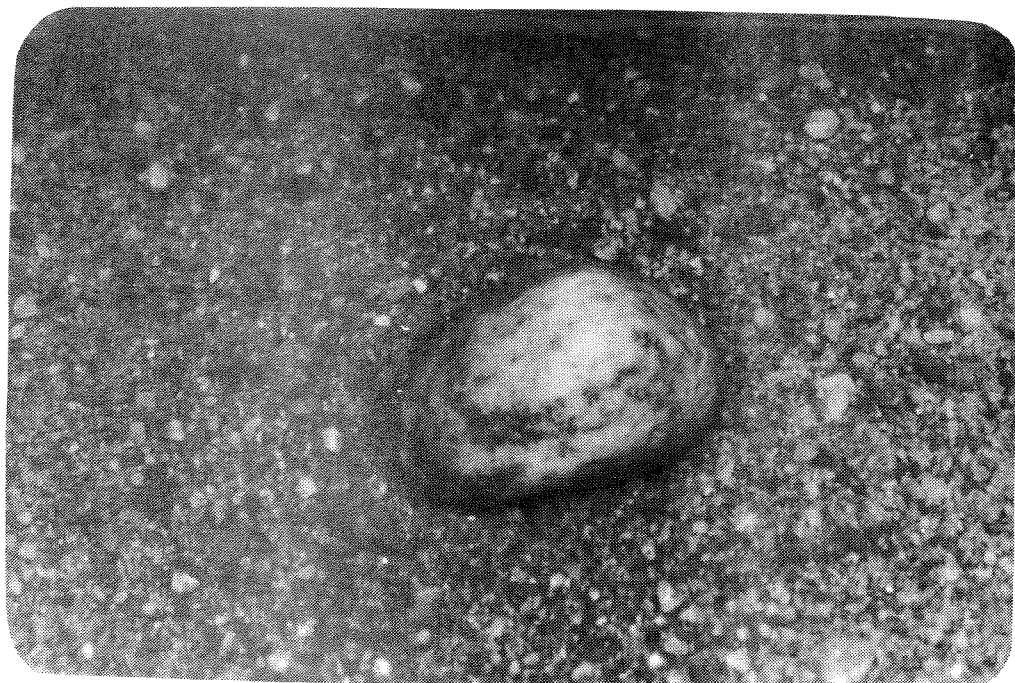
- Sävenhed, R. (1986): Chemical and sensory analysis of off-flavour compounds in drinking water.
Linköping Studies in Art and Science, No. 3, I-VI, ISBN 91 - 7372 - 969 - 8.
- Skulberg, O.M. (1985): Culture collection of algae at Norwegian Institute for Water Research. Catalogue of strains, edition 1985. 33 pp.
- Skulberg, O.M.; Berglind, L. og Underdal, B. (1986): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1985.
Norsk institutt for vannforskning, O-84135, Oslo, 10. januar 1986, 32 pp.
- Skulberg, O.M. (1977): Biologisk bedømmelse av vannkvalitet i Lys-eren.
Norsk institutt for vannforskning, O-25/75, B1-12, Oslo 22. mars 1977, 16 pp.
- Stárka, J. (1968): Physiologie und Biochemie der Mikroorganismen.
Jena.
- Suffet, I.H.; Maloney S.W.; Brock, G.L. and Yoke, T.L. (1984): Instituting the flavor profile method and broad spectrum chemical analysis to understand taste and odor problems.
American Water Works Association, Water Quality Technology Conference, Denver Co., December 1984, pp. 1-17.

A P P E N D I K S

STADIER I BEGROINGSUTVIKLING, SOLBERGFOSS 1984

Det samme utsnitt av observasjonsrenna (NIVA 1982) er fotografert med intervaller som viser endringer i begroingsorganismer. Alger og blågrønnalger er de fremtredende organismer i vegetasjonen.

- | | | |
|----------|-----------------|---|
| Bilde 1. | 24. mars 1984 | Sparsom begroing med diatoméer og grønnalger |
| Bilde 2. | 21. april 1984 | <u>Hydrurus foetidus</u> - samfunn |
| Bilde 3. | 13. mai 1984 | <u>Hydrurus foetidus</u> - samfunn i tilslammingsprosess |
| Bilde 4. | 27. mai 1984 | Diatoméer begynner å overta dominans |
| Bilde 5. | 11. juni 1984 | Diatoméer og grønnalger i frodig forekomst |
| Bilde 6. | 27. juni 1984 | Blågrønnalger i tydelig fremvekst |
| Bilde 7. | 19. juli 1984 | Blågrønnalger dominerer begroingen |
| Bilde 8. | 5. august 1984 | Avtakende begroingsmengde, diatoméer og blågrønnalger preger vegetasjonen |
| Bilde 9. | 26. august 1984 | Økende algeforekomst, grønnalger får større mengdemessig betydning |



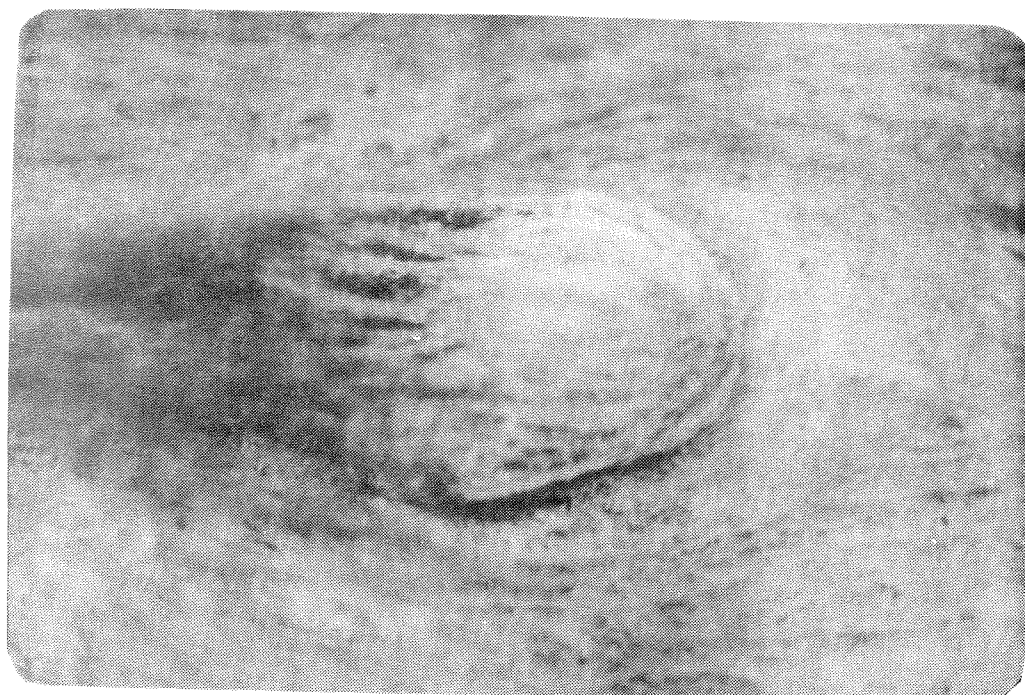
Bilde 1.
24. mars 1984



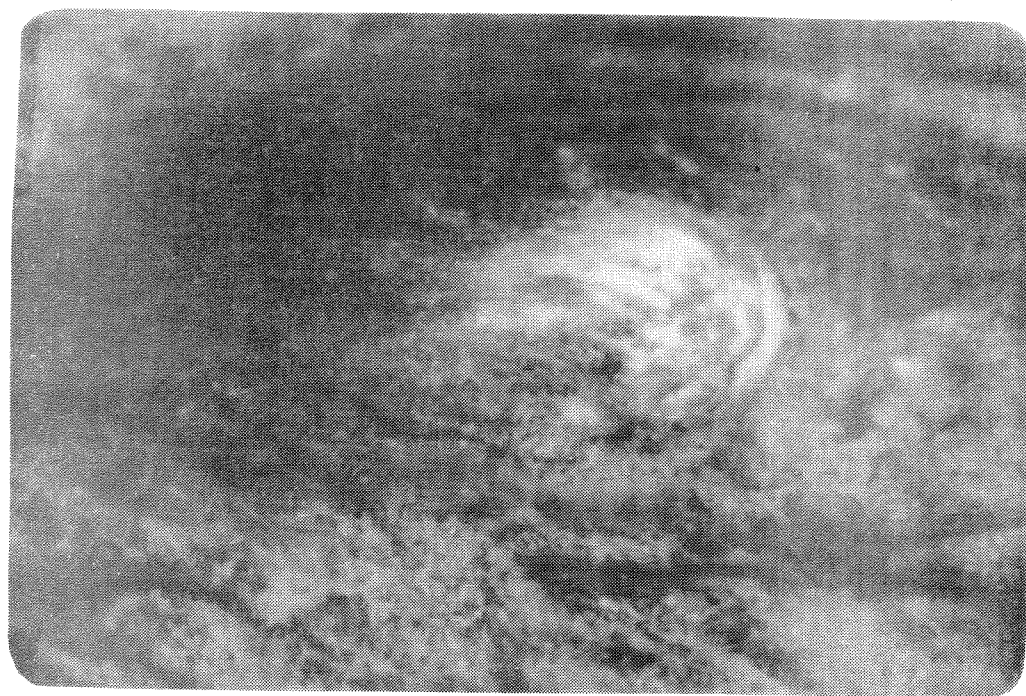
Bilde 2.
21. april 1984



Bilde 3.
13. mai 1984



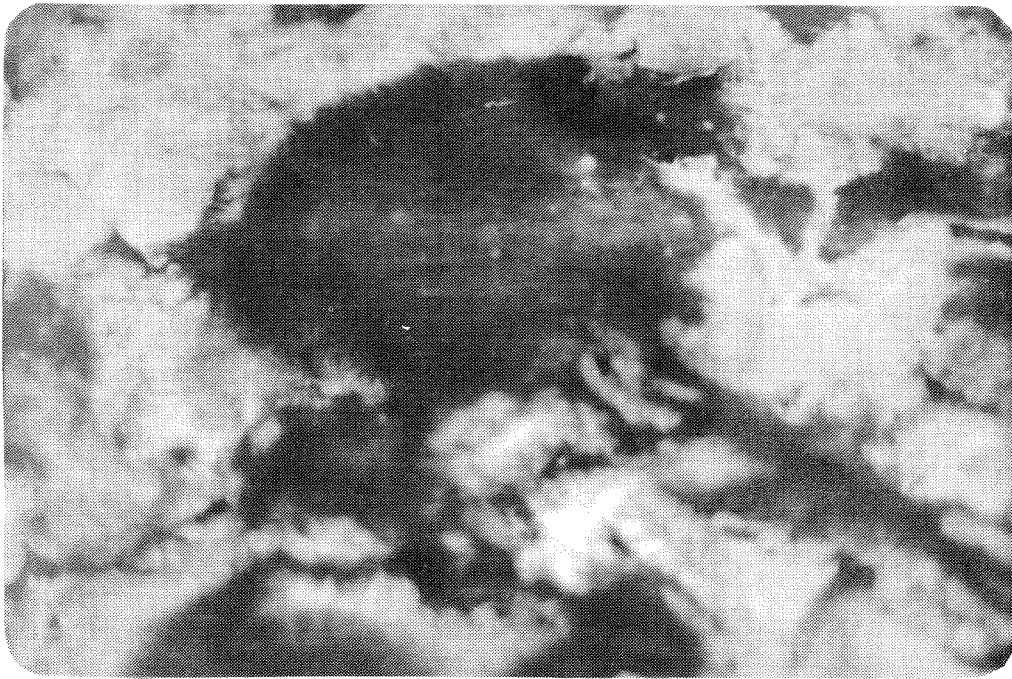
Bilde 4.
27. mai 1984



Bilde 5.
11. juni 1984



Bilde 6.
27. juni 1984



Bilde 7.
19. juli 1984



Bilde 8.
5. august 1984



Bilde 9.
26. august 1984