

Effekter av vårflommen i 1995 på planteplanktonet i ytre Oslofjord

Av Svein Kristiansen

Svein Kristiansen er dr. philos. og arbeider som forsker ved Avdeling for marin botanikk, Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.

Sammendrag

I mai-juni 1995 var det storflom på Østlandet. Effektene av flommen på planteplanktonsamfunnet i ytre Oslofjord ble studert i et prosjekt som ble utført av ansatte og studenter tilknyttet Avdeling for marin botanikk, Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.

Flommen forårsaket en økning i næringssaltkonsentrasjonene, spesielt av nitrat og kiseltsyre på stasjonene nærmest utløpet av Glomma. Konsentrasjonene var også noe forhøyet på de ytterste stasjonene i juni, men konsentrasjonene her var langt under normale vinterverdier for området. Tilførselen av næringssalter fra flommen må derfor betegnes som lav. Forholdet mellom næringssaltene var heller ikke urovekkende.

Planteplanktonet var dominert av vanlige arter for området, med kiselalgen *Skeletonema costatum* og cyanobakterier som totalt dominerende på flere av stasjonene. En rekke andre arter var også tilstede i planktonet. Potensielt toksinproduserende planktonalger

(f.eks. flagellaten *Chrysochromulina polylepis*) ble også funnet, men i lave celletettheter.

Primærproduksjonen og nitrogenopptakshastighetene var lave på stasjonene nærmest utløpet av Glomma. De lave omsetningshastighetene skyldes dels kvantitative og kvalitative forandringer i planteplanktonet som følge av ferskvannspåvirkningen og dels lysbegrensning.

Abstract

An extraordinary flood event occurred in Southern Norway in May-June 1995. The impact of fresh water discharge from the river Glomma on phytoplankton species composition and on primary production during the flood was studied. The phytoplankton community was dominated by species usually found in the fjord, the diatom *Skeletonema costatum* dominated the community together with cyanobacteria. Potentially harmful species (e.g. *Chrysochromulina polylepis*) were found in low

cell densities. No large increase in nutrient concentrations were found. Primary production and uptake rates of nitrate and ammonium were very low in low-salinity water near the river outlet.

Innledning

I mai-juni 1995 var det storflom på Østlandet. Under en flom vil kystvannet bli påvirket av den uvanlig store tilførselen av ferskvann og av forbindelser som tilføres med ferskvannet. Effektene av flomvannet fra Glomma på planteplanktonet i ytre Oslofjord ble studert i et prosjekt, og resultatene vil kort bli omtalt her. Resultatene er nærmere beskrevet i en egen prosjektrapport. Undersøkelsen ble utført av ansatte og studenter ved Avdeling for marin botanikk, Biologisk institutt, Universitetet i Oslo. SFT ga økonomisk støtte til prosjektet.

Faglig bakgrunn

Planteplankton er encellede fotosyntetiske mikroorganismer, og er grunnlaget for livet i havet. De viktigste næringssaltene for planktonalgevekst er fosfat, nitrat og kiseltsyre (ofte kalt silikat). Ammonium og nitrogen- og fosforholdige oppløste organiske forbindelser kan også være viktige, spesielt etter våroppblomstringen når konsentrasjonene av næringssaltene nevnt over er lave. Alle planktonalger er avhengige av fosfor- og nitrogenholdige næringssalter for å vokse. Kiselalgene er en viktig algegruppe som har skall av kisel. Konsentrasjonen av kiseltsyre eller forholdene fosfat/kiseltsyre og ni-

trat/kiseltsyre i vannet er derfor avgjørende for om kiselalgene er en viktig del av planteplanktonet eller ikke. Planktonalgene er også avhengige av en rekke andre forbindelser (f.eks. vitaminer) for å vokse. Disse andre forbindelsene er vanligvis tilstede i overskudd i kystvannet.

Hvert år skjer det en våroppblomstring av planktonalger i kystvannet som vanligvis varer 3-4 uker. I Oslofjorden starter våroppblomstringen i februar-mars, og den starter noen uker senere lenger nord. Vårplanktonet er vanligvis dominert av harmløse kiselalger. Det er vanlig å anta at våroppblomstringen slutter pga. næringssaltmangel, men beiting, sterk vind og utsynkning kan også være viktige faktorer. Spesielle forhold kan medføre flere oppblomstringer utover i vekstsesongen. I Oslofjorden er det f.eks. ikke uvanlig med flere oppblomstringer etter hverandre.

I de siste 20 - 30 årene har det vært en rekke oppblomstringer av potensielt giftige alger langs norskekysten. De mest omtalte er oppblomstringene av algeflagellatene (planktonalger som kan svømme) *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak i 1988, og gjentatte oppblomstringer av *Gyrodinium aureolum*. De fleste av disse oppblomstringene har vært knyttet til økt næringssalttilførsel i sterkt lagdelte vannmasser. Det er usikkert om hyppigheten av algeoppblomstringer faktisk har økt de siste 20 - 30 årene eller om vi bare er blitt flinkere til å registrere dem. Mange av de giftige algeoppblomstringene er f.eks. registrert nær oppdrettsanlegg.

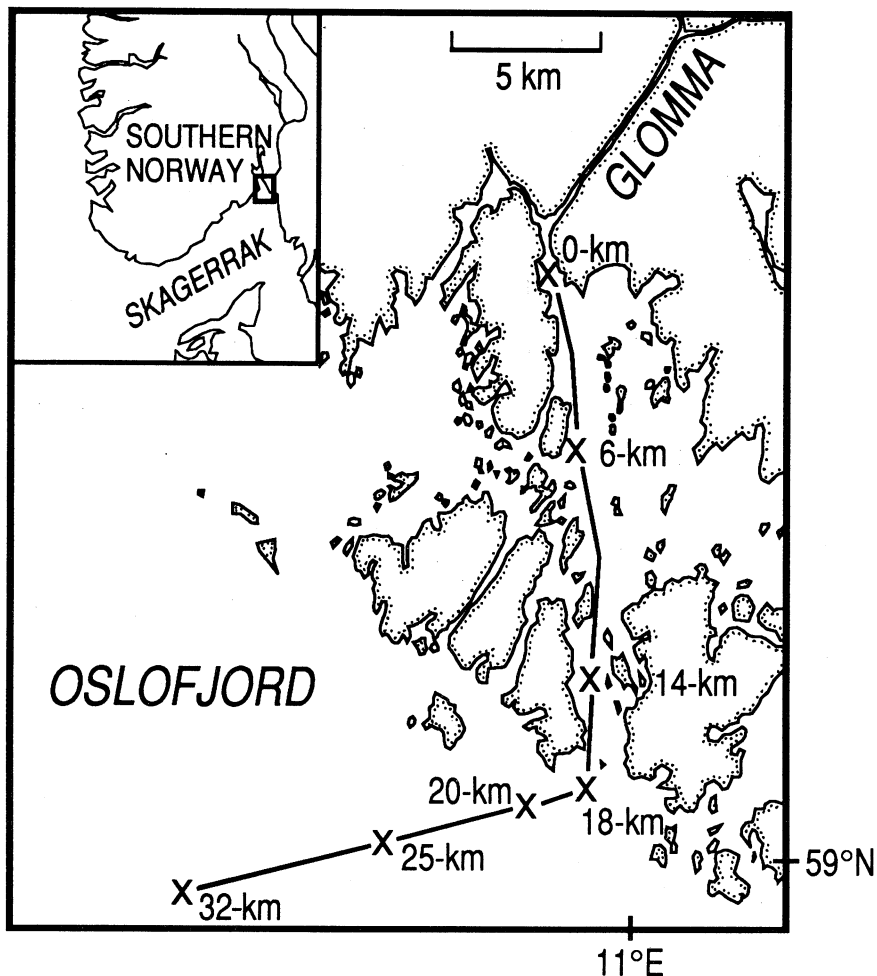
De fleste av våre fjorder har elveutløp hvor det tilføres til dels store ferskvannsmengder. Vannføringen i elvene varierer gjennom året, og er vanligvis størst under snøsmeltingen i fjellet (vårflom). Flomtoppen inntreffer vanligvis i mai-juni, den største ferskvannstilførselen til fjordene skjer derfor etter at våroppblomstringen er over. Oslofjorden er noe spesiell fordi det er lite direkte ferskvannstilførsel til den indre delen av fjorden (innenfor Drøbak). Ferskvannstilførselen er imidlertid stor til ytre Oslofjord fra Dramsvassdraget og spesielt fra Glomma.

Hvilke konsekvenser vårflommen har for fjordmiljøet er usikkert, konsekvensene vil trolig også variere fra fjord til fjord. Generelt kan man si at økt vannføring i elvene fører til økt tilførsel av næringssalter som igjen fører til økt primærproduksjon i influensområdet (fjorden eller kystvannet utenfor). Oppholdstiden til vannet i influensområdet er her avgjørende. Et naturlig planteplanktonsamfunn vil være en blanding av forskjellige arter med forskjellige veksthastigheter. En rimelig maksimal veksthastighet i mai-juni vil være i underkant av 1 fordobling døgn⁻¹. Oppholdstiden må dermed være > 1 døgn for at planteplanktonmengden skal kunne øke, gitt at de øvrige vekstbetingelsene er oppfylte (f.eks. stabilitet, lys og næringssalter). Planteplanktonet vil elters, sammen med næringssaltene, bli "vasket" ut av fjorden. Flomvann inneholder også store mengder partikler og oppløste forbindelser som drastisk reduserer vannets gjennomskinnelighet, og dermed reduserer tilgangen på lys til

å drive fotosyntesen nedover i vannsøylen. Primærproduksjonen er en sterkt lysavhengig prosess. Under en flom vil derfor lys være en viktig mulig begrensende faktor for primærproduksjonen.

Det eksisterer bare noen få undersøkelser av innvirkningen av flom på planteplanktonsamfunnet i norske fjorder og kystvann. I Trondheimsfjorden har man funnet at vårflommen har en positiv effekt på planteplanktonets fysiologiske tilstand, men planteplanktonmengden vil variere pga. vekslende beitetrykk. Vurdert ut fra planteplanktonmengden, ser det ut som om vårflommen faller sammen med et minimum i planteplanktonmengde i noen fjorder (Hardangerfjorden og Skjomen) og en økning i andre fjorder (andre våroppblomstringen i Oslofjorden og Trondheimsfjorden). Sesongvariasjon i ferskvannstilførsel fra elver til kystvannet er vanlig også utenfor Norge, og flere steder øker planktonmengden i kystvannet i flomsesongen (f.eks. utenfor elvene Nilen, Zaire, Po og Amazonas). I San Francisco Bay har man også funnet at planteplanktonmengden er uvanlig høy i år med uvanlig stor ferskvannstilførsel fra elvene rundt.

Glomma er Norges største og vannrikste elv, og den renner ut i ytre Oslofjord mellom Hvalerøyene. Vårflommen i Glomma pågår i mai - første halvdel av juni, og ferskvannet fra Glomma har et stort influensområde i ytre Oslofjord. Flommen i Glomma i 1995 var uvanlig stor på grunn av store snømengder i fjellet og sen vår kombinert med mye nedbør.



Figur 1. Stasjonskart. Prøver ble samlet inn langs et snitt fra utløpet av Glomma ved Fredrikstad (0-km) og forbi Torbjørnshjør ut i ytre Oslofjord (32-km) 14 juni og 5 juli 1995. Noen prøver ble også samlet inn på utvalgte stasjoner 13 og 26 juni, 13 og 27 juli og 22 august.

Formål og problemstillinger

Formålet med prosjektet var å studere mulige effekter av næringssalttilførselen fra flomvannet på planteplanktonsamfunnet i ytre Oslofjord sommeren

1995. Vi hadde følgende problemstillinger:

- Forandres artssammensetningen i planteplanktonet i tid (uker) eller rom (avstand) som følge av flommen?

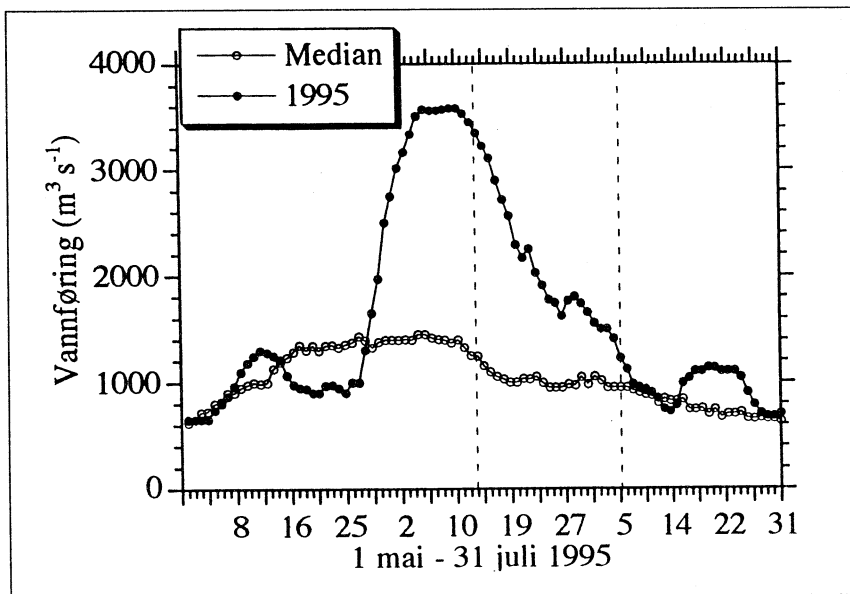
- Forårsaket flommen oppblomstring av giftige planktonalger?
- Var primærproduksjonen og nitro-genopptaket lysbegrenset?

Materiale og metoder

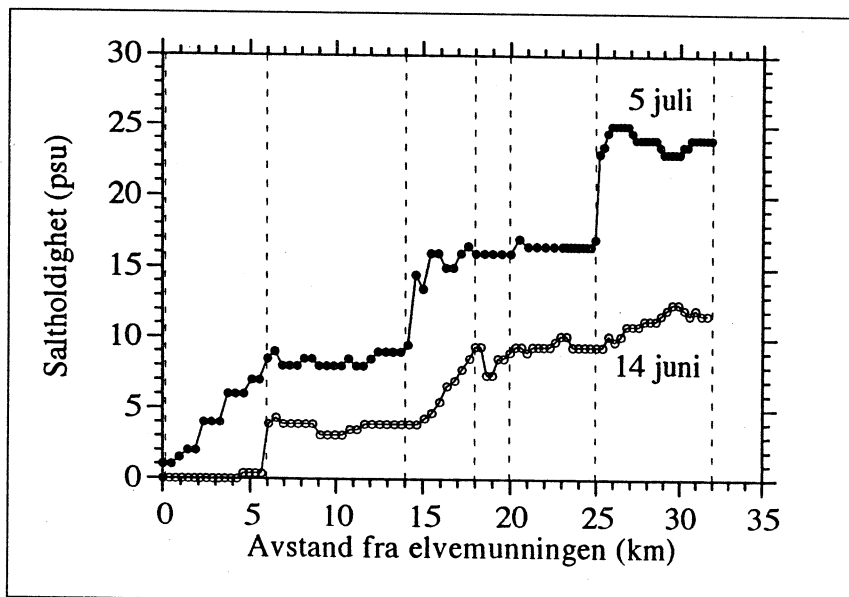
Vi samlet inn prøver langs et snitt fra utløpet av Glomma ved Fredrikstad, ut Løperen, forbi Torbjørnskjær og ut i ytre Oslofjord (Figur 1). De fleste prøvene ble samlet inn under flomtoppen (14 juni) og under nær normal vannføring 3 uker senere (5 juli). I tillegg samlet vi inn noen få planteplanktonprøver på enkelte av stasjonene i perioden juni - august.

Saltholdighet, temperatur og konsentrasjonene av næringssalter og klorofyll *a* (acetonekstrakter) ble målt med

standard metodikk. Utbredelsen av planteplankton ble også målt som *in vivo* fluorescens med et nedsenkbart fluormeter (Q-meter). Mellom stasjonene ble saltholdighet og *in vivo* fluorescens målt kontinuerlig i en bøtte med rennende sjøvann fra 2-3 m dyp. *In vivo* fluorescens er et usikkert og relativt mål på planteplanktonutbredelse, og må brukes med forsiktighet. Fluorescensmålinger er imidlertid raske å utføre. Målingene er meget nyttige for planleggingen av prøvetakingen ombord, og et stort datamateriale kan lett samles inn. Fluorescensverdiene ble etter toktet kalibrert mot målt klorofyll *a* (Klf *a*) i overflatelaget, og omtales derfor som Klf-fluorescens (1 enhet $\approx 1 \text{ mg Klf } a \text{ m}^{-3}$). Planteplanktonsammensetningen



Figur 2. Vannføring ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) i Solbergfoss 1 mai - 31 juli 1995 og medianen for de siste 30 årene. Toktene 14 juni og 5 juli er angitt med stiplede linjer. Data fra Glommens og Laagens Brukseierforening.



Figur 3. Saltholdighet (psu) i overflatelaget (2-3 m dyp). Stasjonene er angitt med stiplede linjer.

ble studert med forskjellig metodikk for å få den best mulige kvantitative og kvalitative beskrivelsen av artssammensetningen. Planktonprøvene ble talt i omvendt lysmikroskop og i epifluorescensmikroskop. Enkelte av prøvene ble også undersøkt i elektronmikroskop for identifisering av vanskelige arter. Primærproduksjonen og opptakshastigheten av nitrogen ble målt ved hjelp av isotopene ^{14}C og ^{15}N .

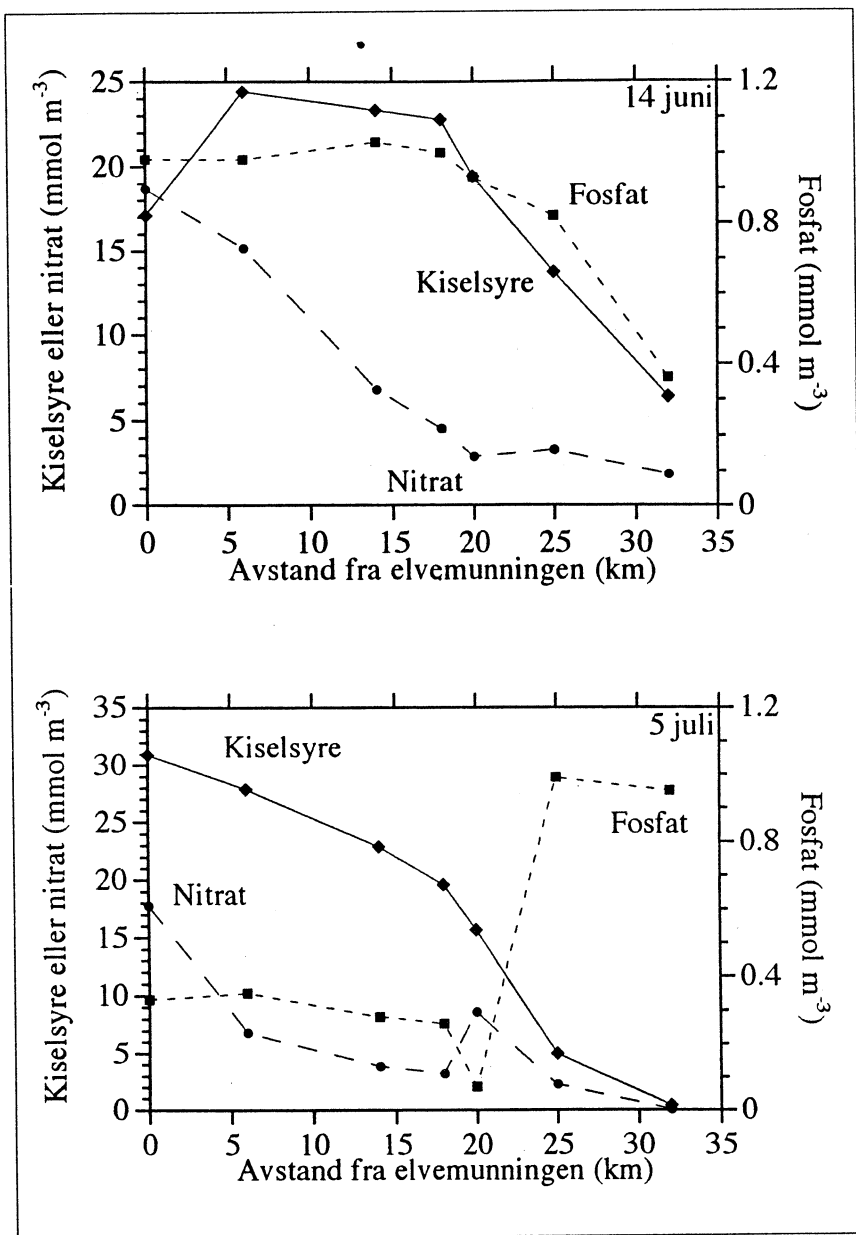
Resultater og diskusjon

Flomtoppen i utløpet av Glomma inntraff i de 3 første ukene av juni med maksimal vannføring i Solbergfoss 5 - 13 juni (Figur 2). Vannføringen i Solbergfoss er representativ for ferskvannstilførselen til vår innerste stasjon ca. 1

døgn senere. Under flomtoppen var vannføringen i Solbergfoss 2,6 x høyere enn medianen for de siste 30 årene.

Saltholdigheten var klart lavere 14 juni enn 5 juli, og på første toktet var det ferskvann (0 psu = Practical Salinity Unit som nå erstatter den gamle enheten ‰) i overflaten på de innerste 4 km (Figur 3). På toktet 5 juli var det en klar saltholdighetsfront ved Stasjon 25-km (nær Torbjørnshjør). I fronten forandret saltholdigheten seg 6 psu på 400-500 m, og det var klar fargeforandring på vannet (fra gråbrunt til blågrønt). På den ytterste delen av snittet 5 juli var saltholdigheten 23 - 25 psu som er normale verdier i ytre Oslofjord på denne tiden av året.

De største variasjonene i nærings-saltkonsentrasjonene ble funnet i de



Figur. 4. Konsentrasjonene av nitrat, kiselsyre og fosfat (mmol m^{-3}) i 0,5 m dyp 14 juni og 5 juli.

Tabell 1.

Næringssaltkonsentrasjonene (mmol m⁻³) i overflatelaget (0-2 m dyp) og i vannlaget under (4-20 m dyp) fra 14 juni og 5 juli. De høyeste konsentrasjonene ble målt på Stasjonene 0-km & 6-km*).

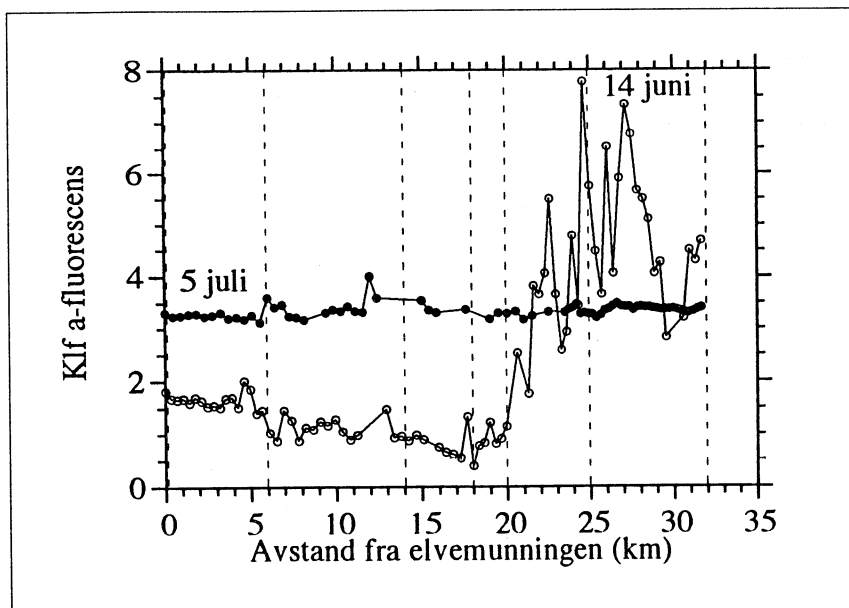
	Dyp	Nitrat	Fosfat	Kiselsyre
14 juni				
	0-2 m	0,8-19	0,4-1,0	6,4-25
	4-20 m	0,1-8,0	0,4-1,2	0,9-16
5 juli				
	0-2 m	0,1 - 18	0,05-1,0*)	0,4-31
	4-20 m	0,1-5,6	0,05-1,1*)	0,2-4,3

**) 5 juli ble de høyeste fosfatkonsentrasjonene funnet på Stasjon 32-km.*

øvre 4 meter (Figur 4 & Tabell 1). Under 10 m dyp var forandringene i saltholdighet små (saltholdighet > 25 psu), og næringssaltkonsentrasjonene i de dype vannmassene var ikke påvirket av flomvannet. Konsentrasjonene av nitrat og av kiselsyre var høye på de innerste stasjonene og avtok på stasjonene utover langs snittet. Konsentrasjonene var også høyere på de ytterste stasjonene under flomtoppen (14 juni) enn etter flomtoppen (5 juli). Utviklingen i fosfatkonsentrasjonen var forskjellig på de 2 toktene. Konsentrasjonen var høyere 14 juni enn 5 juli, og konsentrasjonen forandret seg lite på de innerste stasjonene. På de 2 ytterste stasjonene (Stasjonene 25-km & 32-km) avtok konsentrasjonen 14 juni mens den økte på de samme 2 stasjonene 5 juli. Økningen skyldes trolig tilførsel av fosfatrike vannmasser med høyere saltholdighet (Figur 3). Vi har for lite tallmateriale til å kunne regne på fortynningen av næ-

ringssaltene som ble tilført med flomvannet (kun 4 prøver med < 5 psu). Fortynningsplott (næringssaltkonsentrasjoner plottet mot saltholdighet) viser imidlertid at nedgangen i kiselsyre- og nitratkonsentrasjonene hovedsakelig skyldes fortynning på stasjonene med saltholdighet < 10 - 15 psu (dvs. ≤ 25 km fra elveutløpet i juni og ≤ 15 km fra elveutløpet i juli). De målte næringssaltkonsentrasjonene var ikke ekstremt høye. Konsentrasjonene på de ytterste stasjonene var på samme nivå som normale vinterkonsentrasjoner i ytre Oslofjord. De høye nitrat- og kiselsyrekonsentrasjonene nær utløpet av Glomma var 3 - 5 x høyere enn vinterkonsentrasjonene i ytre Oslofjord.

Forholdstallene mellom næringssaltene (nitrat/fosfat, nitrat/kiselsyre og fosfat/kiselsyre) har blitt studert med økende interesse de siste 5-10 årene. Avvik fra normale forhold skyldes stort sett forurensning (økt eutrofiering), og



Figur 5. Klf *a*-fluorescens (1 enhet $\approx$ mg Klf *a* m^{-3}) i overflatelaget (2-3 m dyp). Stasjonene er angitt med stiplede linjer.

kan være årsak til oppblomstringer av skadelige alger. Forholdstallene i våre prøver var variable, og det var større variasjon i forholdstallene 5 juli enn 14 juni. Variasjonen i forholdstallene var imidlertid ikke urovekkende

Klf-fluorescensmålingene viste en klar økning i Klf *a* på de ytterste stasjonene i juni (Figur 5). Målt Klf *a*-konsentrasjon var $<1 \text{ mg m}^{-3}$ mellom Stasjonene 0-km og 20-km, og økte til 5 mg m^{-3} på den ytterste stasjonen. I juli var det bare små variasjoner i Klf-fluorescens i overflatelaget, men det var et markert dypmaksimum i Klf *a* med tyngdepunkt på Stasjon 6-km (se under).

Nær 50 forskjellige planteplanktonarter ble funnet i prøvene. Flere arter ble funnet i juli enn i juni, spesielt på de

innerste stasjonene. Planteplanktonet var imidlertid dominert av noen få arter, de mest vanlige var kiselalgen *Skeletonema costatum* og cyanobakterier (fikserer ikke nitrogen). De høyeste celledetthetene var hhv 20×10^9 celler m^{-3} og 39×10^9 celler m^{-3} . Alle artene som ble funnet er vanlige arter i området og i norsk kystvann generelt. *Skeletonema costatum* er en av de vanligste planktonalgene i Oslofjorden og Skagerrak. Noen få ferskvannskiselalger ($< 0,1 \times 10^9$ celler m^{-3}) ble funnet på de innerste stasjonene.

Ti forskjellige potensielt giftige planktonalger ble identifisert i prøvene (Tabell 2). Alle var tilstede i lave celledettheter ($< 10^9$ celler m^{-3}), og ingen av artene er uvanlige i Oslofjorden. Tils-

Tabell 2.**Potensielt giftige alger i juni - august.**

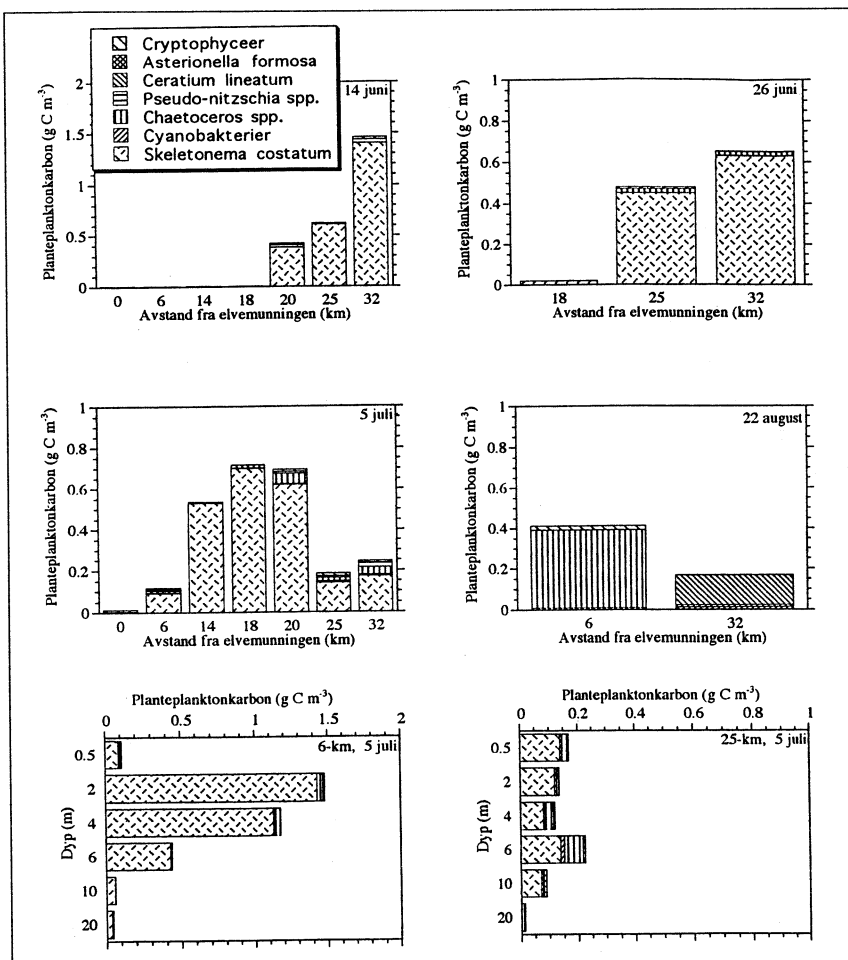
Algegrupper/Arter	Juni	Juli	August
Kiselager			
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	x	x	x
Fureflagellater			
<i>Dinophysis acuminata</i>	x	x	
<i>D. acuta</i>	x	x	
<i>D. norvegica</i>	x	x	x
<i>D. rotundata</i> (heterotrof)	x	x	x
<i>Gymnodinium galatheanum</i>	x		
<i>Prorocentrum minimum</i>			x
Svepeflagellater			
<i>Chrysochromulina</i> spp.	x	x	x
<i>C. polylepis</i>	x	x	
<i>C. leadbeateri</i>	x		

deværelsen av de potensielt giftige planktonalgene i Tabell 2 kan ikke knyttes direkte til flommen. Det er heller ikke blitt rapportert om andre giftige oppblomstringer som kan knyttes til flommen.

De forskjellige planktonalgene som ble funnet varierer mye i størrelse og dermed også i celleinnhold. Cyanobakteriene er små (1 x 2 µm), mens fureflagellaten *Ceratium lineatum* var den største planktonalgen som ble funnet (ca. 40 x 120 µm). *Skeletonema costatum* som dominerte i de fleste prøvene, var ca. 6 x 20 µm i størrelse. For å finne ut hvilke arter som er viktige i et plankton-samfunn er det derfor vanlig å regne ut

karbonmengden som er bundet opp i de forskjellige artene. Karbonmengden kan lett regnes ut fra cellevolumet vha. et sett ligninger. Slike beregninger av planteplanktonkarbon (Figur 6) viser at *S. costatum* dominerte i alle prøvene i juni og juli. I august dominerte andre diatomeer (flere *Chaetoceros*-arter) på Stasjon 6-km mens fureflagellaten *C. lineatum* dominerte på den ytterste stasjonen (Stasjon 32-km). *Skeletonema costatum* ble ikke registrert i prøvene fra den ytterste stasjonen i august.

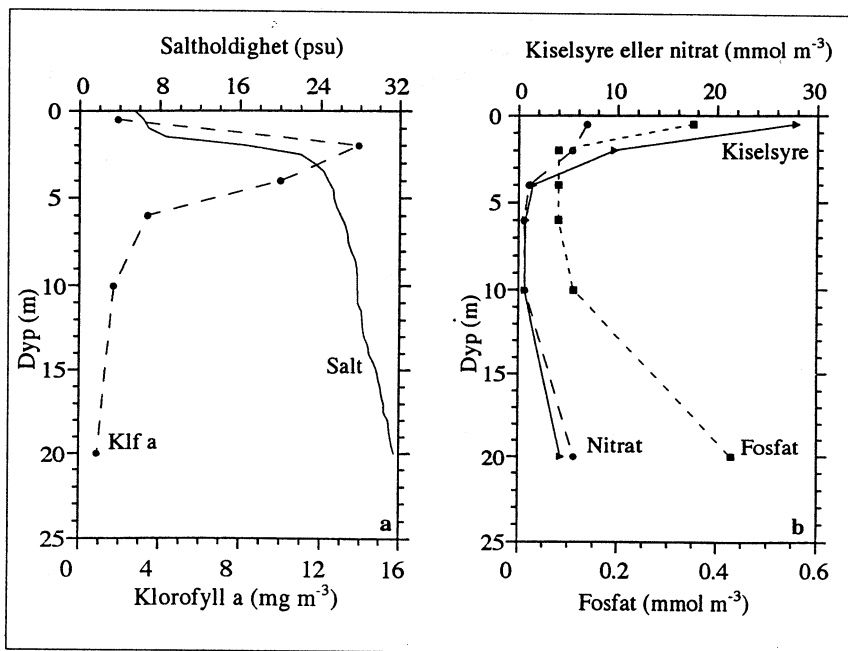
Stasjonene 6-km & 25-km i juli pekte seg ut som stasjoner med sterke gradienter i saltholdighet og/eller Klf a-konsentrasjon. På Stasjon 6-km var det i juli et velutviklet dypmaksimum i Klf a



Figur 6. Planteplanktonkarbon (g m^{-3}) i 0,5 meter 14 og 26 juni, 5 juli og 22 august og dybdeprofiler fra Stasjonene 6-km og 25-km 5 juli. Symbolene er de samme i alle delfigurene. *Cryptophyceer* er en gruppe algeflagellater. *Asterionella formosa* er en kiselalge, og er den eneste ferskvannsalgen inkludert i figuren. *Ceratium lineatum* er en algeflagellat (fureflagellat). *Pseudo-nitzschia* spp., *Chaetoceros* spp. og *Skeletonema costatum* er alle kiselalger.

på toppen av en vertikal saltholdighetsgradient (Figur 7a). Maksimal Klf *a* konsentrasjon var $13,9 \text{ mg m}^{-3}$ som er 7 x høyere enn Klf *a* konsentrasjonen i

overflaten. Rester av dypmaksimumet ble funnet også på Stasjon 14-km. Toppen i Klf *a*-fluorescens nær Stasjonene 6-km og 14-km i juli (Figur 5) er

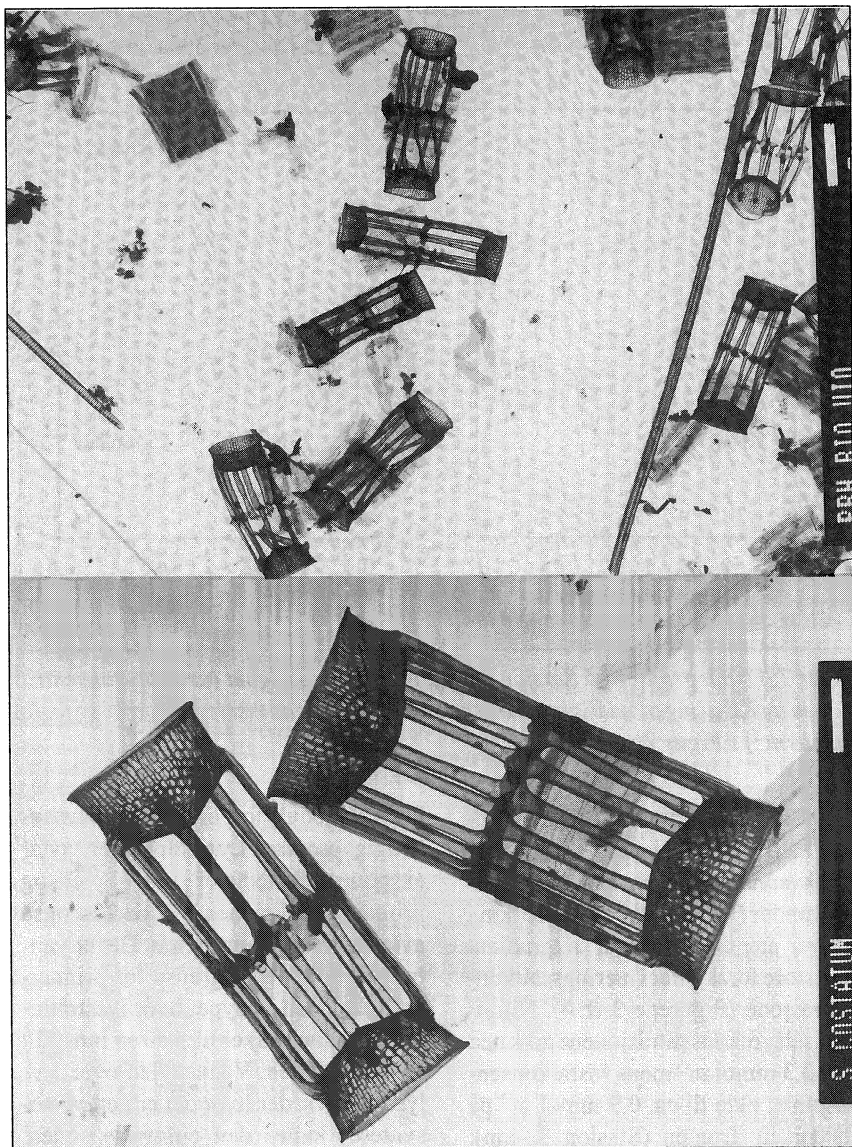


Figur 7. Dybdeprofiler på Stasjon 6-km 5 juli. Saltholdighet (psu) og konsentrasjonen av Klf a (mg m^{-3}) i Figur 7a og konsentrasjonene av kiselsyre, nitrat og fosfat (mmol m^{-3}) i Figur 7b.

trolig deler av dypmaksimumet. Næringssaltkonsentrasjonene var høye i brakkvannslaget, og avtok i vannmassene under (Figur 7b). Stasjon 25-km i juli var nær en horisontal saltgradient med store forskjeller i næringssaltkonsentrasjone (Figurene 3 & 4). Nitrat- og kiselsyrekonsentrasjonene gikk ned til $< 0,3 \text{ mmol m}^{-3}$ mens fosfatkonsentrasjonen økte til ca. $0,9 \text{ mmol m}^{-3}$ på utsiden av fronten (Stasjon 32-km). Klf a-konsentrasjonen forandret seg derimot ikke merkbart i frontområdet (Figur 5). Kiselalgen *S. costatum* dominerte fortsatt planteplanktonsamfunnet i alle prøvene (Figur 6).

Primærproduksjon er en sterkt lysavhengig prosess. Lysintensiteten avtar eksponentielt nedover i vannsøylen, og primærproduksjonen vil derfor også avta nedover i vannsøylen. Det er vanlig å anta at nedre grense for primærproduksjonen er dypet hvor lysstrålingen (irradiansen) er lik 1 % av innstrålt lys i overflaten. Vannsøylen over 1 % lysdyp (dvs. der hvor det er netto fotosyntese) kalles den eufotiske sonen. Nitrogenopptakshastigheten er mindre lysavhengig enn primærproduksjonen, og kan være betydelig i mørke, f.eks. om natten.

Flomvannet inneholdt mye partikler



Figur 8. Kiselalgen *Skeletonema costatum* fotografert med 2 forskjellige forstørrelser i elektronmikroskop. Alt organisk stoff er fjernet fra cellene, bare kiselskallene er igjen. I fjorden henger vanligvis cellene sammen, kortende mot kortende, og ligner "perlekjeder". Målestokken er angitt til høyre i hvert bilde, 5 μm øverst og 2 μm nederst (hvit vertikal strek i sort ramme). Foto: Pia Backe-Hansen

og oppløste forbindelser som sterkt reduserte gjennomskinneligheten til vannet. I juni var 1 % lysdyp på 1,2 m ved utløpet av Glomma og økte til 4,4 m på den ytterste stasjonen (Tabell 3). I juli var vannføringen i Glomma tilnærmet normal, og 1 % lysdyp var 13,5 m på den ytterste stasjonen som er normalt for årstiden.

Både primærproduksjonen og nitrogenopptakshastigheten var lav på de innerste stasjonene i juni, trolig pga. lysbegrensning og et skifte i artssammensetningen fra ferskvannsalger til marine alger. Opptakshastigheten av nitrat og ammonium på døgnbasis på de 2 innerste stasjonene var $< 0,1 \text{ mmol m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ som betyr at $< 0,5 \%$ av oppløst nitrat og ammonium ble tatt opp av planteplanktonet på 1 døgn. De lave

aktivitetene på de innerste stasjonene støtter antagelsen om at nedgangen i næringssaltkonsentrasjone med økende avstand fra elvemunningen hovedsakelig skyldes fortynning. Oppholdstiden på vannmassene ved elvemunningen var < 1 døgn i juni, og planteplanktonet ble vasket ut i ytre Oslofjord.

Konklusjon

Flommen forårsaket en økning i næringssaltkonsentrasjonene, spesielt av nitrat og kiseltsyre på stasjonene nærmest utløpet av Glomma. Konsentrasjonene var også noe forhøyet på de ytterste stasjonene i juni, men konsentrasjonene her var lik eller lavere enn normale vinterverdier for området. Tilførselen av næringssalter fra flommen

Tabell 3.

Eufotisk sone dyp, primærproduksjon og nitrogenopptakshastighet på utvalgte stasjoner i juni og juli. -, ingen prøver ble tatt.

Stasjon	Eufotisk sone (m)	Primærproduksjon ($\text{mmol C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$)	Nitrogenopptakshastighet ($\mu\text{mol N m}^{-3} \text{ h}^{-1}$)
14 juni			
6-km	1,2	0,03	4,0
20-km	3,2	0,01	0,6
25-km	3,3	1,08	46,3
32-km	4,4	3,35	41,0
5 juli			
6-km	4,5	0,12	-
20-km	12,5	0,90	-
25-km	13,0	0,46	-
32-km	13,5	0,35	31,8

må derfor betegnes som lav. Forholdet mellom næringssaltene var ikke urovekkende.

Planteplanktonet var dominert av vanlige arter for området, med *Skeletonema costatum* som totalt dominerende på flere av stasjonene. En rekke andre arter var også tilstede i planktonet, totalt ble ca. 50 arter identifisert. Potensielt toksinproduserende planktonalger (f. eks. *Chrysochromulina polylepis*) ble også funnet, men i lave celletettheter.

Primærproduksjonen og nitrogenopptakshastighetene var lave på stasjonene nærmest utløpet av Glomma. De lave omsetningshastighetene skyldes dels kvantitative og kvalitative forandringer i planteplanktonet som følge av ferskvannspåvirkningen og dels lysbegrensing. Opptakshastighetene av nitrat og av ammonium i flomvannet nær utløpet av Glomma var meget lave hvilket tyder på at planktonets metabolisme var nedsatt i brakkvannet.

Hovedkonklusjonen er at nærings-salttilførselen fra flomvannet til ytre Oslofjord forårsaket en svak økning i primærproduksjonen og i planteplanktonmengden, og at planteplanktonartene som blomstret opp var vanlige arter i områder, arter som anses som ufarlige i de mengdene som ble funnet.

Litteratur

Prosjektrapport

Kristiansen, S. (1996). Effekter på planteplanktonet i ytre Oslofjord (Glommas influensområde) etter flommen sommeren 1995. Rapport

633/96, Statens forurensningstilsyn og Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.

Annen litteratur

Cloern, J. E., 1996. Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: A review with some general lessons from sustained investigations of San Francisco Bay, California. *Rev. Geophys.* 34:127-168.

Danielssen, D. S., M. Skogen, J. Aure & E. Svendsen, 1996. Flomvann fra Glomma og miljøforholdene i Skagerrak sommeren 1995. (The Glomma flood and the environmental conditions in the Skagerrak in the summer 1995). *Fisken og Havet* Nr. 4/1996: 1 - 37.

Granéli, E., E. Paasche & S. Y. Maestri-ni, 1993. Three years after the *Chrysochromulina polylepis* bloom in Scandinavian waters in 1988: Some conclusions of recent research and monitoring. In T. J. Smayda & Y. Shimizu (eds), *Toxic phytoplankton blooms in the sea*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam: 23-32.

Hallegraeff, G. M., D. M. Anderson & A. D. Cembella, 1995. *Manual on harmful marine microalgae*. UNESCO, Paris: 551 pp.

Kaartvedt, S., 1984. Vassdragsregulerings virkning på fjorder. *Fisken og Havet* Nr. 3/1984: 1-104.

Lange, C. B., G. R. Hasle & E. E.

- Syvvertsen, 1992. Seasonal cycle of diatoms in the Skagerrak, North Atlantic, with emphasis on the period 1980-1990. *Sarsia* 77: 173-187.
- Mann, K. H. & J. R. N. Lazier, 1991. Dynamics of marine ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 466 pp.
- Paasche, E. & S. R. Erga, 1988. Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton in the inner Oslofjord (Norway). *Sarsia* 73:229-243.
- Sakshaug, E., 1976. Dynamics of phytoplankton blooms in Norwegian fjords and coastal waters. In S. Skreslet, R. Leinebø, J. B. L. Matthews & E. Sakshaug (eds), Fresh water on the sea. The Association of Norwegian Oceanographers, Oslo: 139-143.
- Skreslet, S. (ed), 1986. The role of freshwater outflow in coastal marine ecosystems. Springer-Verlag, Berlin: 453 pp.
- Smayda, T. J., 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: evidence for a global epidemic. In E. Granéli, B. Sundström, L. Edler & D. M. Anderson (eds), Toxic marine phytoplankton. Elsevier, New York: 29-40.
- Tollan, A., 1995. Veslelofsen. *Vær & Klima* Nr. 4/1995: 128-137.
- Tomas, C. R. (ed), 1993. Marine phytoplankton. Academic Press, San Diego: 263 pp.
- Tomas, C. R. (ed), 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, San Diego: 598 pp.
- Ypma, J. E. & J. Throndsen, 1996. Seasonal dynamics of bacteria, autotrophic picoplankton and small nanoplankton in the inner Oslofjord and the Skagerrak in 1993. *Sarsia* 81:57-66.