

Forurensning av vassdrag og fjordområder

Av Haakon Thaulow

Haakon Thaulow er direktør ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Innlegg på seminar 12. sept. 1995

Innledning

Under storflommen i år sto selvsagt kort og langsiktige skadevirkninger av vannstand, vannføring og erosjon i fokus. Men også flommens konsekvenser for vannkvaliteten og brukerinteresser avhengig av vannkvalitet; f.eks. drikkevannsforsyning, fikk bred oppmerksomhet. I media - som jo elsker å velte seg i krisemaksimering - ble det spekulert i om ikke milliardene sprøytet inn i Mjøsaksjonen sent på 1970 tallet ville visc seg å være bortkastet; om ikke vi ganske sikkert ville få nye oppblomstringer av dødsalger i Ytre Oslofjord. Dette til tross for nøktern og avventende informasjon fra fagfolk som uttalte seg under flommen.

Men selvsagt var det både interesse og bekymring for vannkvalitetsaspektet. Fotografier illustrerer at det ikke akkurat var krystallklart vann vi hadde med å gjøre. At både konsentrasjoner og transporter av partikulært materiale, organisk stoff og næringssalter var høye, behøvde man ikke være ekspert

for å kunne uttale seg om. Kunnskap om bruk av plantevernmidler i landbruket koplet med oversvømmelse av store landbruksarealer og avfallsdeponier ga selvsagt grunn til å se nærmere på konsentrasjon og transport av visse miljøgifter. Vannforsynings- og avløpsanlegg ble berørt, dels oversvømmet og satt ut av drift.

Spørsmålene var mange, og myndigheter og fagmiljøer både lokalt, regionalt og sentralt satte igang undersøkelser og overvåkning med sikte på å få belyst problemstillinger som f.eks:

- Hvordan utviklet vannkvaliteten seg i flomperioden ?
- Hvordan varierte ulike parametre (partikulært materiale, næringssalter, miljøgifter) i tid og rom?
- Ville vi få varige virkninger av flommen på vassdrag og sjøområder?
- Hvilke brukerinteresser ble og kunne eventuelt bli varig berørt ?

Undersøkelser igangsatt p.g.a. flommen

For å kunne vurdere betydningen av flommen var det naturlig å bygge på/ intensivere eksisterende måleprogram-

mer. Undersøkelser av bunnsedimenter, som i seg selv kan gi historiske data, inngår som et element i pågående overvåkingsprogram.

Det skal her ikke forsøkes å gi noen helhetlig oversikt over de vannkvalitetsrelevante undersøkelser under flommen. I det følgende refereres kun undersøkelser fra følgende lokaliteter:

- Mjøsa: utvidelse av overvåkingsprogrammer
- Glomma-Drømmenselva: utvidelse av overvåkingsprogrammer (PARCOM)
- Kontinuerlig prøvetaking i Glomma og Vorma
- Ytre Oslofjord/Hvaler Singlefjorden: utvidelse av overvåkingsprogrammer, spesialundersøkelser.

Materialet fra overnevnte undersøkelser er som nevnt ikke fullstendig, og er for en stor del ennå ikke rapportert/publisert. De angitte resultater gir imidlertid hovedkonklusjoner det er grunn til å tro blir opprettholdt.

a) Mjøsa

Data ble fremskaffet ved sterkt intensivt overvåking av både kjemiske, biologiske, men særlig hygieniske forhold (tarmbakterier). I figur 1 er utviklingen i Mjøsa fra 26. mai til 17. juli anskueliggjort i tid og rom. Sjatteringer i sort indikerer grad av "slampåvirkning" eller tilnærmet grad av innhold av partikulært materiale.

Vannkvaliteten vist i første Mjøsafigur (26. mai) var meget god med lave fosforkonsentrasjoner (4-6- $\mu\text{g/l}$), lave algemengder og stort siktedyp, over 12 m i sentrale deler i innsjøen. 6. juni

har vi stor slampåvirkning i nordre del i hele vannmassen helt ned til 80 meters dyp. Siktedypet var nå ca. 1 m, og vi hadde meget høye fosforkonsentrasjoner (30-70 $\mu\text{g/l}$). Vannstanden i Mjøsa var på sitt høyeste om kvelden 10. juni.

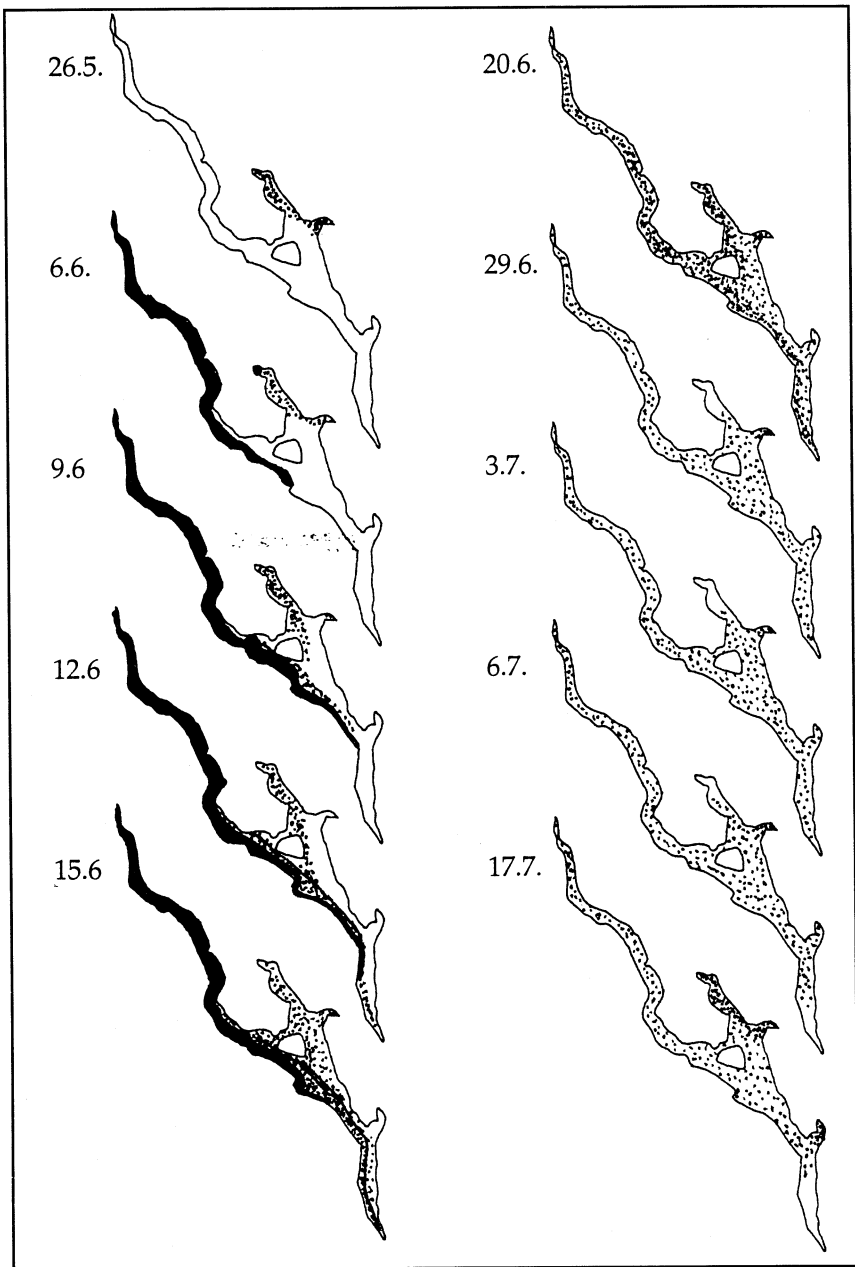
I dette tidsrommet ble det beregnet at råkloakk fra ca 125.000 personer gikk direkte ut i Mjøsa. Fullsirkulasjonen mai/juni hadde redusert den ene av de to hygieniske barrierene ved drikkevannsforsyningen; den andre ble svekket p.g.a infisert flomvann inn i enkelte av vannverkene.

Videre utover i juni ser vi at det slampåvirkede flomvannet sprer seg utover i Mjøsa og når Vorma. Vi ser at Corioliseffekten gjør seg gjeldende; dvs. flommen følger vestsiden av Mjøsa. I denne perioden går en stor del av det påvirkede vannet som en elv rett gjennom Mjøsa. Dette skyldes sjiktningen som dannes etter vårsirkulasjonen. Fra ca. 10. juni blir også Vorma noe påvirket av flomvannet

Fra ca. 20. juni ser vi at vind og strøm sprer flomvannet over hele Mjøsa og fra slutten av juni er effekten av flomvannet avtagende. I slutten av juli ble det igjen forholdsvis normale forhold i Mjøsa, både hygienisk, biologisk og kjemisk. Oppblomstring av blågrønnalgen *Anabaena* var til sjenanse ved enkelte badeplasser i juli/august; men ikke i store mengder i forhold til vanlige år.

Hvordan kan vi så oppsummere effekten av storflommen på Mjøsa?

Den bakteriologiske forurensning var forbigående. Sjiktningen, gode vannrensaneanlegg og forsterket klorering hindret infisert drikkevann og sykdomstil-



Figur 1. Illustrasjoner av flommens påvirkning på Mjøsa mai-juni 1995.

feller tross høyt bakterieinnhold bl.a forårsaket av kloakkrensaneanlegg ute av drift

Mer interessant er imidlertid spørsmålet: Hvorfor ble det ikke mer alger i Mjøsa til tross for de store nærings salttilførslene og høye fosforkonsentrasjonene? Det er mange grunner til dette:

- Algeveksten i Mjøsa er styrt av fosfortilførselen, men det aller meste av "flomfosoret" var bundet til partikulært materiale og lite tilgjengelig for algene (lav biotilgjengelighet). Store deler av tilførslene kom fra lite produktive arealer i nedbørfeltet.
- En stor del av det partikulære materialet, og dermed fosforet, sedimenterte i Mjøsas nordende .
- Mye av fosforet gikk sammen med partikulært materiale (slam) som en elv mot utløpet av Mjøsa fram til ca 20. juni. Senere ble dette blandet mer inn i Mjøsas store vannmasser .
- Redusert siktedyp p.g.a. turbid vann begrenset lystilgangen for algevekst.
- Stor bakterieproduksjon p.g.a stor tilførsel av organisk materiale (bl.a pollen) konkurrerte med algene om tilgangen på biotilgjengelig fosfor.
- I tillegg må nevnes at de store vannmengdene også virket fortynnende på utslipp fra kloakkpumpestasjoner og rensaneanlegg ute av drift.

Alt i alt ikke uventete resultater. Og det viktigste - ingen varige negative virkninger. Flommen satte ikke de vellykkede resultatene av Mjøsaksjonen tilbake. Flommer - også store som "Vesleofsen" - er naturlig forekommende; - Mjøsa tålte støytet godt.

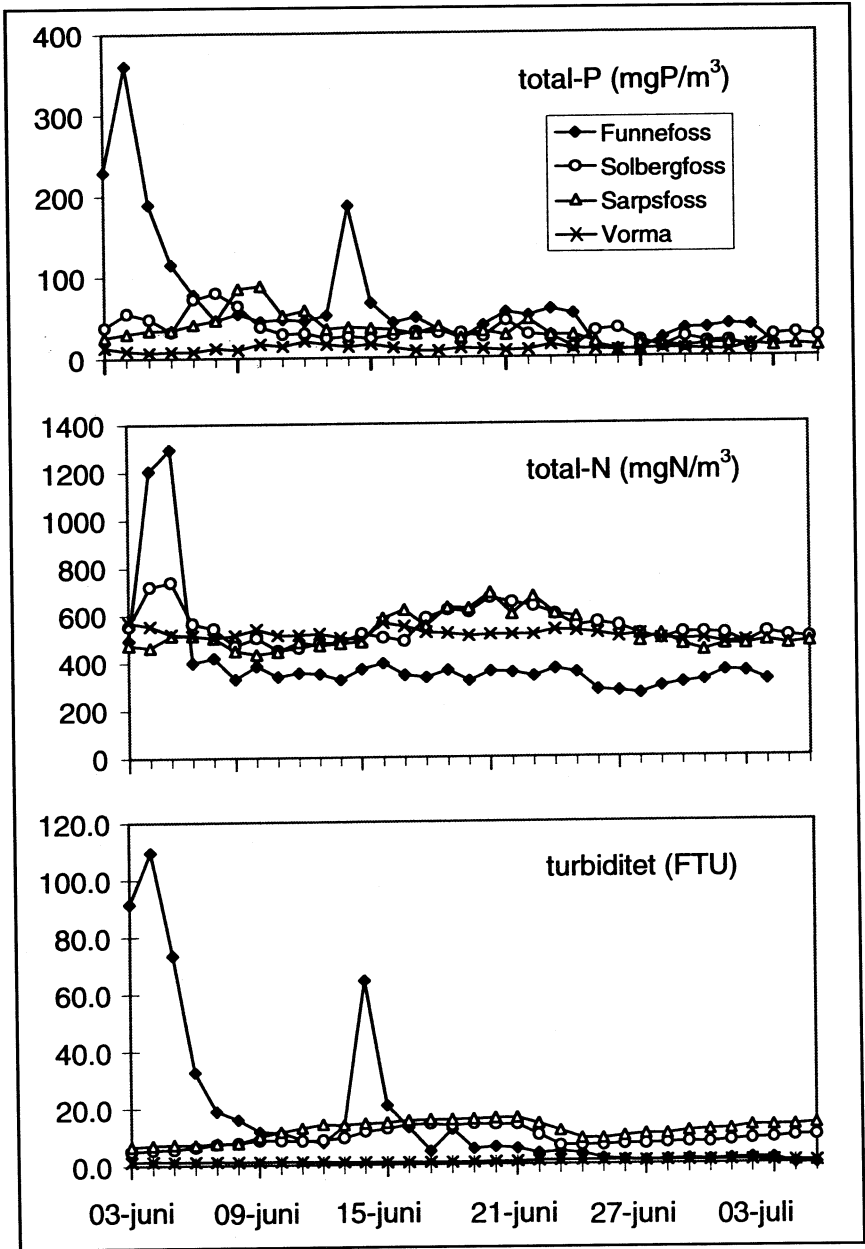
b) Kontinuerlig prøvetaking i Glomma/ Vorma

Overvåkningsprogrammene har normalt store prøvetakingsintervaller og er lite i stand til å fange opp korttidsvariasjoner i vannkjemi, transport m.v. For å studere vannkemiske variasjoner samt bedre kunne beregne transportverdier, satte NIVA den 3. juni ut 4 kontinuerlige prøvetakere i Glomma og Vorma. Prøvetakingsstedene var Vorma ved Svanfoss samt Funnefoss, Solbergfoss og Sarpsfossen i Glomma. 3.- 19. juni ble det tatt 2 timers blandprøver; 19. juni - 5. juli 8 timers blandprøver. Turbiditet, tørrstoff, fosfor og nitrogen ble analysert. Vannføringer fra Glommen og Laagen Brukseierforening og NVE ble brukt for transportberegninger.

Figur 2 viser døgnmiddelverdier (konsentrasjoner) ved Funnefoss, Solbergfoss, Sarpsfoss og Vorma (Svanfoss) for h.h.v. fosfor, nitrogen og turbiditet.

Resultatene av disse målingene sammenholdt med turbiditet- og nærings saltanalysene knyttet til de utvidede PARCOM-undersøkelsene, gir grunnlag for følgende betraktninger:

- Mjøsa fungerer som en effektiv felle for partikulært materiale og fosfor. Dette stemmer godt med omtalen av flommens virkninger på Mjøsa ovenfor.
- Figurene viser at turbiditet og fosforkonsentrasjoner følger hverandre nøye. Dette viser at det meste av fosforet er bundet til partikler.
- Nitrogenet er mindre avhengig av det partikulære materialet. Nitrogenet foreligger stort sett i løst form.



Figur 2. Døgnmiddelverdier av totalfosfor, totalnitrogen og turbiditet 3. juni - 5. juli ved Funnefoss, Solbergfoss, Sarpsfoss og Vormå (Svanfoss).

- Konsentrasjonen av nitrogen varierte ganske lite i flomperioden.

Uten at resultatene er vist her, kan det nevnes at parallell prøvetaking på samme tid ved Sarpfossen ved NIVAs kontinuerlige prøvetakere og PARCOM-undersøkelsene (se nedenfor) ga tildels store avvik for fosfor. Dette skyldes at prøvene var tatt på ulike steder i tverrsnittet ved Sarpfossen. Tross stor vannføring og stor turbulens var åpenbart konsentrasjonen av partikulært materiale langt fra uavhengig av hvor prøvene ble tatt i tverrsnittet. Dette viser hvor viktig det er å velge representative prøvetakingssteder særlig når verdiene er knyttet til partikulært materiale. Nitrogenvariasjonen mellom de to programmene var minimale; noe som var å vente da nitrogenet stort sett forelå i løst form.

c) Utvidet "PARCOM" undersøkelse

Sum avtalt i Pariskonvensjonen (PARCOM) om begrensning av forurensningstilførsler fra land, gjennomføres et måleprogram med månedlig prøvetaking for å fastlegge tilførsler av norske forurensninger til vår del av Skagerrak og Nordsjøen. Under flommen ble programmet intensivert. I juni ble det tatt

daglige prøver i Glomma av nærings-salter, turbiditet og tørrstoff, av tungmetaller DDT og PCB hver 4. dag. I juli var tilsvarende prøvetakingsfrekvens ukentlig og månedlig. Fra og med september har prøvetakingsfrekvensen vært det normale, d.v.s. en gang pr. mnd.

Resultatene for turbiditet, tørrstoff og nærings-salter er delvis drøftet ovenfor.

Miljøgifttransporten var tilsvarende som for nærings-salter stor. Tabell 1 viser transportdata for juni måned. Nederste linje viser transportverdiene i juni som % av midlere årstransport (normalår). Like mye (100 %) av et vanlig årsmiddel fosfor ble transportert, tilsvarende verdier for nitrogen, kopper, sink, kvikksølv og γ -HCH (lindan plantevernmiddel) lå mellom 35 og 60 %.

d) Marine områder

Flomvannet fra Glomma med slam, nærings-salter og miljøgifter ender i havet. Tilsvarende som for ferskvannressursene var spørsmålene mange: hvordan spredte flomvannet seg, hvordan ble vannkjemien påvirket og hvilke biologiske effekter - herunder algevekst - hadde flommen? Og ikke minst spurte

Tabell 1. Transporter ved Sarpfossen i juni 1995.

	P tonn	N tonn	Cu tonn	Zn tonn	Hg kg	γ -HCH kg
Transport juni måned -95	403	3822	20	55	21	5
Midlere årstransport 90-94	387	10657	44	112	+/- 35	14
% av midlere årstransport	104	36	50	49	60	37

Tabell 2. Oversikt over marine undersøkelser initiert av flommen.

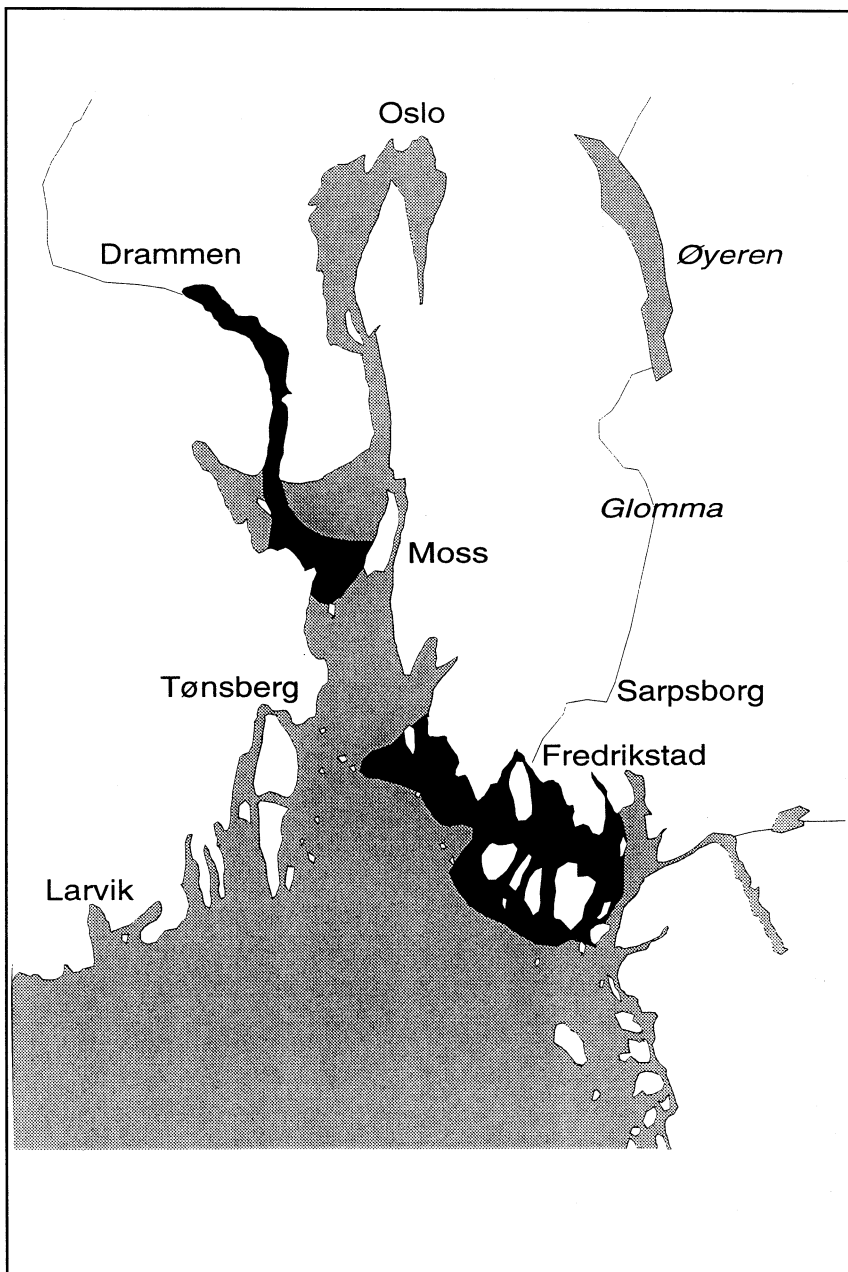
Tidsrom	Geografisk område (antall stasjoner)	Antall stasjoner	Ansvarlig installasjon
5.-6. juni	Hvaler	13	NIVA
8.-9. juni	Hvaler/Singlefj.	18	NIVA
11-12. juni	Hvaler + Færder og Jomfruland	8	NIVA
13.-14. juni	Hvaler/Ytre Oslofjord m/ Breiangen	46 ^{*)}	NIVA
13.-17. juni	Indre Skagerrak	43	HI - Flødevigen
14. juni	Fredrikstad-Torbjørnskjær		IiO, Marin botanikk
15. juni	JomfrulandLangesund	7	NIVA
17-26. juni	Spredte observasjoner	4	
27.-28. juni	Hvaler/Singlefj./Ytre Oslo- fjord m.Breiangen	41	NIVA
5. iuli	Fredrikstad-Torbjørnskjær		UiO, Marin botanikk
5. 9. juli	Indre Skagerrak	19	HI - Flødevigen
13. juli 27. juli 9. aug. 25. aug.	Hvaler /Ytre Oslofjord	4	NIVA

^{*)}Supplerende svenske data rundt Koster

NIVA: Siktedyp + T, S, Turbiditet i overflaten, på noen stasjoner også dypprofiler, og tildels med Chl_a, Turb, TSM, TotN, TotP, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P, SiO₂, parlikulært CNP, TOC, gulstoff, O₂, + fluorescensprofiler.

HI - Flødevigen: Fysikk, hydrokjemi, fytoplankton-artssammensetning.

UiO: Fytoplankton-artssammensetning i sammenheng med næringssalter. Har også fått planktonprøver fra noen av NIVAs tokt•



Figur 3. Sterkt flompåvirkete områder i Ytre Oslofjord 5. juni 1995

man seg da flomvannet virkelig begynte å spre seg i Ytre Oslofjord: ville vi få en ny oppblomstring av giftige alger tilsvarende *Chrysochromulina*-oppblomstringen i 1988?

Interessen både fra forvaltning og fagmiljøer var betydelig. Tabell 2 viser tidsrom, geografisk område med stasjonsantall og ansvarlig institusjon som gjennomførte ulike undersøkelser under og i kjølvannet av flommen. Det er grunn til å minne om at vi hadde storflommen i Rhinen og Elben i februar frisk i minne; en hendelse som allerede hadde satt skandinaviske marine miljøer i aktivitet. Den mentale beredskap i disse miljøene var på topp når flommen begynte sine herjinger øverst i Østerdalen i slutten av mai.

Med flomtopp i Sarpsborg ca. 10. juni i minne, vises til figur 3. Her er sterkt flompåvirkede områder illustrert for Ytre Oslofjord 5. juni. Målinger i vannmassene er sammenholdt med satellittobservasjoner.

Det vil føre for langt å gjengi alle delresultater av siktedyp, vannkjemi, miljøgiftundersøkelser fra sedimentfeller, planteplanktonundersøkelser m.v. Når dette skrives er resultater som nevnt bare delvis rapportert/publisert. Mange biter av et puslespill skal settes sammen. Foreløpig kan det konkluderes med følgende hva effekter av flommen på marine områder angår:

- Flommen resulterte i økt planteplanktonproduksjon i influensområdet. At planktonproduksjonen øker i marine områder i motsetning til hva var tilfellet i Mjøsa, har sannsynligvis sammenheng med nitrogenets rolle i ma-

rin eutrofisammenheng; en rolle det ikke har i ferskvann.

- Medio juni var algemengden størst lengst ut. Her var den høyere enn vanlig, men ikke ekstremt høy. Lenger inne var det mindre alger enn vanlig. Dette skyldes at veksten lengre inn mot Glommas utløp var hemmet av høy turbiditet (lavt siktedyp) og ferskvannsmengden i disse områdene. Senere i juli gikk situasjonen noe tilbake til det normale etterhvert som vannmengden i Glomma avtok.
 - De vanlige algearter forekom. Det var ingen dominans av potensielt giftige arter eller typer; slike arter var tilstede, men uten å dominere (Svein Kristiansen, UiO).
 - Transporten av partikulært materiale var 6 til 7 ganger høyere i Glommaestuaret i flomperioden (10. juni til 7. august) sammenlignet med tidligere år. Utenfor Hvalerøyene er det imidlertid vanskelig å si hvor mye høyere transport av partikulært materiale man hadde, p.g.a. mangel på sammenlignbare data. Generelt ble det registrert lavere konsentrasjoner av ulike miljøgifter i det partikulære materiale ved utløpet av Glomma, fordi det her var en stor fortyningseffekt av det øvrige partikulære materialet. Den totale transporten av miljøgifter var imidlertid høyest i dette området.
- For de undersøkte marine områder, ser del ut til at vi foreløpig kan trekke samme type konklusjon som for Mjøsa: Små eller ingen langsiktige virkninger. Store flommer er en naturlig, dog sjelden foreteelse – som naturen er innstilt på, og er i stand til å tåle.