

RAPPORT LNR 3480-96

Flommen på Østlandet våren 1995

Sammenstilling av NIVAs
undersøkelser med spesiell vekt
på måleprogrammet i Glomma
og Vorma



Funnefoss 3.6.95 Foto: Bjørn Faafeng, NIVA

Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Flommen på Østlandet våren 1995. Sammenstilling av NIVAs undersøkelser med spesiell vekt på intensivundersøkelser i Glomma og Vorma.	Løpenr. (for bestilling) 3480	Dato 20. mai 1996
	Prosjektnr. Undernr. 95265 95458	Sider Pris 80
Forfatter(e) Bjørn Faafeng Jon Arthur Berge Birger Bjerkeng Aud Helland Gjertrud Holtan Hans Holtan Gøsta Kjellberg Torsten S. Källqvist Fridtjof Moy Olav M. Skulberg Kai Sørensen Mats Walday	Fagområde VASSDRAG	Distribusjon FRI
	Geografisk område Akershus, Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens Forurensningstilsyn og NIVA	Oppdragsreferanse
---	-------------------

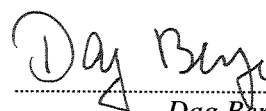
<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten presenterer de viktigste resultatene fra NIVAs undersøkelser i forbindelse med flommen på Østlandet i 1995. Undersøkelsene omfattet Gudbrandsdalslågen, Gausa, Mjøsa, Vorma, Glomma, Hvalerområdet og ytre Oslofjord. Vannkvaliteten var under selve flommen svært dårlig pga. utvasking av sand, silt og leire fra nedbørfeltet, spesielt fra landbruksarealer og elveleiet, samt store utslipp av urensset kloakkvann. Til tross for betydelig høyere transport enn normalt av partikler, næringsstoffer og enkelte miljøgifter var effektene på vannkvaliteten kortvarige og allerede sent samme sommer var det vanskelig å finne vesentlige spor etter flommen. Mange av undersøkelsene blir også rapportert separat.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. flom 2. partikler 3. næringsstoffer 4. miljøgifter 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. flood 2. particles 3. nutrients 4. toxic substances
---	--



Bjørn Faafeng
Prosjektleder

ISBN 82-577-3020-3



Dag Berge
Forskningsjef

O-95265

Flommen på Østlandet våren 1995

Sammenstilling av NIVAs undersøkelser
med spesiell vekt på
måleprogrammet i Glomma og Vorma

Forord

Denne rapporten er utarbeidet for å gi et sammendrag av NIVAs undersøkelser i forbindelse med flommen på Østlandet våren 1995. Flere av disse undersøkelsene blir rapportert i detalj i egne rapporter. Intensivundersøkelsene på tre stasjoner i Glomma og i én stasjon Vorma samt en undersøkelse av begroingsorganismer ved Solbergfoss, der innsamling og analyse i sin helhet ble finansiert av NIVA, blir gjennomgått i større detalj her.

Følgende medarbeidere har gitt bidrag til deler av denne rapporten:

- kapittel 3.1: Kai Sørensen
- kapittel 3.2: Gøsta Kjellberg
- kapittel 3.3: Olav M. Skulberg
- kapittel 3.4: Bjørn Faafeng (vannkjemi) og Torsten Källqvist (algetester)
- kapittel 3.5: Bjørn Faafeng
- kapittel 3.6: Hans Holtan og Gjertrud Holtan
- kapittel 3.7: Aud Helland
- kapittel 3.8: Fridtjof Møy og Mats Walday
- kapittel 3.9: John Arthur Berge
- kapittel 3.10: Birger Bjerkeng

Jim Bogen ved NVE har gitt verdifulle bidrag til kapittel 3.5 ved analyse av kornfordeling av parallelle vannprøver fra Sarpsfossen og kommentarer til rapporten forøvrig.

Avløpssambandet Nordre Øyeren takkes for at vi fikk presentere deres måleserier fra Bingsfoss fra 1995. Data om vannføring er skaffet tilveie av Glommen og Laagen Brukseierforening.

Vi takker spesielt for all velvilje, forståelse og assistanse fra personalet på kraftstasjonene ved Funnefoss og Solbergfoss og ved Borregaards kraftstasjon ved Sarpsfoss, samt personalet ved Svanfoss sluser.

Intensivundersøkelsen av Glomma og Vorma hadde ikke vært mulig uten innsats langt utover det vanlige fra mange kolleger på NIVA. Spesielt skal nevnes Erik Bjerknes, Morten Willbergh og Olav M. Skulberg som sto for mesteparten av prøveinnsamlingen. NIVAs kjemilaboratorium håndterte et uvanlig stort antall "hasteprøver" raskt og effektivt. Ann Kristin Buan registrerte en stor del av dataene på NIVAs dataanlegg. Torsten Källqvist sto for måling av algevekstpotensiale og veksthemming. Disse og alle andre som bidro til det gode resultatet takkes for innsatsen.

Oslo, 20. mai 1996

Bjørn Faafeng

Innhold

1. Sammendrag	3
2. Innledning	9
3. Resultater	10
3.1 Satellittovervåking	10
3.2 Næringssalttransport og næringssaltkonsentrasjon i Gudbrandsdalslågen og Mjøsa	12
3.2.1 Fosforkonsentrasjoner i Mjøsa.	12
3.2.2 Begroing langs Mjøsas strender.	13
3.2.3 Planteplankton.	13
3.2.4 Krepsdyrplankton.	14
3.2.5 Hygienisk-bakteriologiske forhold.	16
3.3 Begroingsobservasjoner ved Solbergfoss	18
3.3.1 Bakgrunn	18
3.3.2 Gjennomføring og metoder	18
3.3.3 Miljøforhold	18
3.3.4 Forandringer i algeplanktonet	18
3.3.5 Reaksjoner i algebegroing	19
3.3.6 Sammenfatning	19
3.4 NIVAs intensivundersøkelser i Glomma og Vorma	23
3.4.1 Vannføring	25
3.4.2 Partikler (tørrestoff og turbiditet)	27
3.4.3 Konduktivitet	41
3.4.4 TOC og organisk tørrestoff	42
3.4.5 Stikkprøver av toksisitet og algevekstpotensiale	44
3.5 Sammenlikning av målingeserier i Sarpsfossen	46
3.5.1 Partikler	46
3.5.2 Næringsstoffer: nitrogen og fosfor	49
3.6 Oslo- og Paris-konvensjonen - utvidet PARCOM-undersøkelse i Drammenselva og Glomma	51
3.6.1 Miljøgifter	51
3.7 Singlefjord og Hvaler-området - Tilførsel av partikulært materiale	52
3.7.1 Tilførsel av partikulært materiale	52
3.7.2 Tilførsel av miljøgifter	52
3.8 Gruntvannsfauna i Hvalerområdet	54
3.9 Miljøgifter i sedimenter og i organismer	58
3.10 Ytre Oslofjord	59
Vedlegg A.	63

1. Sammendrag

Fortsatt store snømengder i indre deler av Østlandet i slutten av april måned 1995 fikk Meteorologisk institutt til 9. mai å gå ut med varsel om fare for storflom i de mest snørike områdene. Mildvær og vedvarende regn den siste uka av mai og i begynnelsen av juni førte til storflom, og "Vesleofsen" var et faktum i flere vassdrag på Østlandet. For Glomma og Trysilvassdraget skulle dette utvikle seg til en av de største flommene som noen gang er registrert.

Det er vel kjent at bygninger, landbruksarealer og kommunikasjonslinjer ble påført store skader pga. flommen. Men et så dramatisk naturfenomen hadde også store effekter på vannkvaliteten i de aktuelle vassdragene og i Ytre Oslofjord. Erosjon av elvbredder og elvubunn, utspyling av jordsmonn, driftsstans på renseanlegg/pumpestasjoner og oversvømmelse av kjente og ukjente avfallsdeponier påvirket vannet. Urenset avløpsvann fra ca. 125 000 personer ble en tid tilført Mjøsa, og med det både næringsstoffer (gjødselstoffer) og sykdomsframkallende bakterier og virus. Det ble spekulert på om oversvømmelse av søppelfyllinger kunne føre til lekkasje av miljøgifter til vassdragene, og dermed sette drikkevannsforsyningen i fare eller påvirke badelivet utover sommeren. Økte tilførsler av næringsstoffer kunne bidra til algeoppblomstring både i innsjøer, spesielt i Mjøsa og Øyeren, og i Ytre Oslofjord. 140 000 da landbruksarealer ble satt under vann, spesielt i Hedmark, og mye jord, silt, sand og grus ble spylt ut i vassdragene.

NIVA har gjennom sine måleprogrammer studert transporten av partikler og plantenæringsstoffer i Glommavassdraget, Gudbrandsdalslågen gjennom Mjøsa og Øyeren og ut i marine farvann i Hvalerområdet og Ytre Oslofjord. Nederst i Glomma og Drammenselva har vi også sett på transporten av miljøgifter. Mye av NIVAs aktivitet ble finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT), men vi tok selv ansvaret for en intensiv undersøkelse av vannkvaliteten av Vorma og Glomma.

Våre undersøkelser viser at flommen i en periode ga svært dårlig vannkvalitet både i elver, innsjøer og i Ytre Oslofjord, men viser også mindre varige effekter på vannkvaliteten enn fryktet.

Satellittovervåking

NIVA benyttet satellittdata for å vurdere utbredelse av flomvannet i Ytre Oslofjord og nordlige delen av Skagerrak. Data fra jordressurssatellitten Landsat-5 og fra værsatellittene i NOAA-serien var aktuelle for å kartlegge horisontal variasjon i partikkelkonsentrasjon og temperatur. NIVA har gode erfaringer spesielt med data fra Landsat Thematic Mapper (CTM) for denne typen kartlegging. Ulempene med denne type optiske data er at de ikke kan benyttes når det er skydekke, samt at målefrekvensen er noe for lav for jordressurssatellittene til bruk i varslingsammenheng. NOAA-satellittene har en målefrekvens på flere ganger per døgn, og man får her en større mulighet for gode måledata hvis det er klarvær. AVHRR-sensorene i disse satellittene har imidlertid bare en oppløsning på ca 1 km og er derfor mindre egnet for å studere detaljer nær kysten.

AVHRR-data ble overført fra Tromsø Satellittstasjon (TSS) via datalink, prosessert ved NIVA og tolket sammen med annen informasjon. Disse data ble bestilt etter en nærmere kvalitetskontroll av et "Quick-look" bilde som automatisk overføres til NIVAs dataanlegg hver morgen fra TSS. De endelige bildene forelå som regel samme dag som observasjonene ble foretatt. Disse ble benyttet for å utarbeide oversiktskart om flomvannets utbredelse i Ytre Oslofjord. TM-dataene ble kjøpt fra Esrange Satellittstasjon i Kiruna. I tillegg til satellittdata ble det innhentet observasjoner fra SFTs overvåkningsfly. Både satellittdata og flydata ble benyttet i planleggingen av stasjonsnettet for den tradisjonelle prøvetakingen i Ytre Oslofjord.

AVHRR-dataene ble benyttet kun for en relativ kartlegging av partikkelutbredelsen og inngikk i de kartene som ble utarbeidet under flommen, mens TM-dataene ble i ettertid kalibrert i absolutte verdier for totalt suspendert materiale (TSM) og temperatur. Ut fra TM-dataene kunne flomvannet så sent som den 27. juni spores langt syd for Koster. Det termisk bildet viste også et godt bilde av flomvannets utbredelse. AVHRR-dataene ble benyttet i utarbeidelsen av flomkart den 3. juni, 5 juni og 16. juni. Disse dataene er vanskeligere å tolke for Hvalerområdet og inntil ca 2 km fra land, men i dette tilfellet hvor flomvannet

strakte seg mange km ut fra land, ga den en god indikasjon på flomvannets utbredelse og kunne benyttes for utarbeidelse av flomkart og planlegging av stasjoner.

Gudbrandsdalslågen og Mjøsa

Mjøsa ble i 1995 tilført nær tre ganger så mye fosfor fra Lågenvassdraget som året før pga. flommen. En stor del av dette fosforet kom i en form som var lett tilgjengelig for algevekst. Stor tilførsel av fosfor i begynnelsen av vekstsesongen ga åpenbar risiko for algeoppblomstringer i innsjøen utover sommeren. Allerede tidlig i juni gikk store mengder råkloakk urensset ut i Mjøsa fordi kloakkpumper «druknet» og enkelte renseanlegg måtte kobles ut. Store deler av Mjøsa ble dermed påvirket med tarmbakterier, særlig ved Gjøvik, Hamar og Brumunddal. Flere vannverk som tar sitt råvann fra nordre del av Mjøsa, inkl. Stange Vannverk og et flertall private vanninntak, ble sterkt berørt. Øvrige vannverk som har inntak dypere enn 100 meter, ble lite berørt av flommen og hadde normal drift. Vannprøver fra badeplasser og andre strandområder viste meget varierende bakteriologisk kvalitet i hele flomperioden.

Mens det før flommen ble registrert normalt lave fosforkonsentrasjoner i Mjøsa, ble hele vannvolumet i nordre deler av innsjøen sterkt påvirket, og hadde ca ti ganger høyere konsentrasjon enn under flommen. I sentrale deler av Mjøsa ble det registrert tre til fem ganger høyere konsentrasjoner enn normalt. Etter flomtoppen minket fosforkonsentrasjonen raskt fordi mye av partiklene sank til bunns. Likevel var vannmassene klart påvirket med høyere konsentrasjoner av fosfor enn normalt helt ut til august.

Til tross for dette økte ikke algemengdene i innsjøen utover det normale. Økt forekomst av mer næringskrevende algearter utover sommeren og høsten indikerte likevel økt tilgang på næringssalter. Årsaken til at det ikke ble noen større algeoppblomstring i Mjøsa sommeren 1995, var at mesteparten av fosforet som ble tilført under flommen var bundet til partikler, og mye sank raskt til dypere vannlag. Derved ble lite av fosforet tilgjengelig for algene. De store, næringsfattige vannmassene i Mjøsa bidro også til å fortynne tilførslene fra Lågenvassdraget. I tillegg kommer effekten partiklene hadde ved å redusere lysmengden i øvre vannlag.

Vorma og Glomma

Ved hjelp av automatiske prøvetakere plassert på tre stasjoner i Glomma og én i Vorma fikk vi et detaljert bilde av endringer i vannkvaliteten gjennom hele flommen. Prøvetakerne hentet ut vannprøver hver annen time gjennom mesteparten av juni måned, og disse ble hver for seg, eller blandet som døgnprøver, analysert for partikler og næringsstoffer. I alt analyserte NIVAs laboratorium nesten 1000 vannprøver gjennom juni måned bare fra disse fire stasjonene.

Allerede 3. juni var transporten av partikler på sitt høyeste i Glomma ved Funnefoss, dvs ovenfor samløpet med Vorma. Gjennom dette døgnet transporterte Glomma nesten ett tonn partikler per sekund, dvs. nesten 80 000 tonn per døgn. I løpet av juni måned ble Øyeren, som ligger nedenfor samløpet mellom Glomma og Vorma, tilført nesten 300 000 tonn partikler, hvorav 90 % kom med Glomma. Bare 40 % av partiklene rant ut igjen av Øyeren. Resten sank til bunns i innsjøen. Siden mesteparten av fosforet også var bundet til partikler, ble en tilsvarende andel av fosforet holdt tilbake i Øyeren.

Analyseprogrammet indikerer at omlag 60% av partiklene, 35% av fosforet og ikke noe av nitrogenet som ble tilført Øyeren i juni måned ble holdt tilbake i innsjøen.

I alt ble ca 400 tonn fosfor, 3800 tonn nitrogen og 200 000 tonn partikler transportert ut til skjærgården rundt Hvaler og dels til Ytre Oslofjord.

Begroingsobservasjoner ved Solbergfoss

NIVA har opprettet et renneanlegg inne i Solbergfoss kraftstasjon der Glommavann blir ledet gjennom med konstant hastighet. Rennene blir belyst og det utvikler seg begroingssamfunn i rennene avhengig av vanntemperatur, partikkelinnhold, næringsstoffer ol. Det blir foretatt jevnlig observasjoner av utviklingsforløpet i disse organismesamfunn. Hensikten er å registrere årstidsvekslinger i algeutvikling, og å bedømme samspillet mellom bl.a. meteorologiske og hydrologiske faktorer og den biologiske respons. Noen erfaringer i forbindelse med flomsituasjonen i 1995 er beskrevet for perioden april - september.

Planteplanktonet i Glomma ved Solbergfoss er normalt karakterisert ved høy diversitet. Det er f.eks. i perioden 1977-95 registrert ca 350 arter av alger i planktonet. De dominerende systematiske grupper som er representert omfatter kiselalger (Bacillariophyceae), gullalger (Chrysophyceae), grønnalger (Chlorophyceae) og blågrønnalger (Cyanophyceae). Flommen innebar en kraftig desimring av planktonsamfunnet i Glomma. Forholdet førte til en forbigående dominans av sentriske kiselalger, i første rekke med arten *Rhizosolenia eriensis*. Denne arten er knyttet til mer næringsfattige vann typer. Først i løpet av september var planteplanktonsamfunnet tilnærmet normalisert i Glomma ved Solbergfoss.

Høy sedimenttransport under flommen førte på strømsvake områder i vassdraget til nedslamming av organismesamfunn som lever fastvokst på bunnen. Under slike betingelser foregikk nykolonisering med alger via egenbevegelse eller ved dannelse av bevegelige formeringsstadier. Pennate kiselalger og blågrønnalger (*Oscillatoria bornetii*, *O. splendida*) fikk konkurransefortrinn. Det ble observert en suksesjon av algearter som gradvis førte over til et stedstypisk, frodig begroingssamfunn tidlig på høsten.

Utvidet "PARCOM"-undersøkelse

Landene som ligger rundt Skagerrak og Nordsjøen har inngått forpliktende samarbeid gjennom Nordsjødeklarasjonen om å begrense forurensende utslipp til havet. For å kontrollere effekten av de norske tiltakene, gjennomfører NIVA et rutineprogram med månedlig prøvetaking i en rekke store elver. Under flommen ble dette måleprogrammet intensivert i nedre deler av Glomma og i Drammenselva.

Forløpet av flommen i Drammenselva artet seg omtrent på samme måte som i Glomma, men med betydelig lavere verdier av partikler og plantenæringsstoffer. Det skyldes både at flommen var mindre dramatisk i dette vassdraget, og at Tyrifjorden holder tilbake en stor del av partiklene som tilføres. I juni måned passerte nesten 20 000 tonn partikler ut av Drammenselva. Det er omtrent like mye som hele årstransporten i de foregående årene. Videre passerte vel 30 tonn fosfor og 1430 tonn nitrogen. Det tilsvarer nesten hhv. 70 % og 40 % av gjennomsnittlig årstransport i de fem foregående årene.

Transporten av miljøgifter var relativt sett tilsvarende stor som for næringssalter i begge elvene. I både Glomma og Drammenselva var konsentrasjonen av bly under flommen betydelig høyere enn normalt. Det ble ikke funnet spor av PCB eller plantevernmiddelet DDT, mens plantevernmiddelet lindan ble påvist i alle prøver.

Hvaler-Singlefjord

Tilførselen av partikler, tungmetaller og organiske miljøgifter til områdene rundt Glommas utløp, og områdene utenfor Hvalerøyene ble registrert ved hjelp av såkalte sedimentfeller. Mengden partikler som ble fanget opp, var tre til fem ganger høyere enn ved tilsvarende undersøkelser i 1990 og 1994. Størst utfelling (sedimentasjon) ble naturlig nok registrert nær utløpet av Glomma, og sedimentasjonen avtok videre utover mot åpent farvann. Omlag halvparten av partiklene som fraktes ut med Glomma sedimenterer normalt innenfor Hvalerøyene, men sedimentasjonen varierer med vannføringen og mengden av partikler i vannet. NIVAs målinger viser at størst mengde partikler holdes tilbake innenfor øyene ved vannføringer opp til ca 1500 m³/s. Ved større vannføringer blir bare omlag 25 % av partiklene igjen innenfor øyene, resten spyles ut i Ytre Oslofjord. Belastningen på Ytre Oslofjord øker altså sterkt ved store flommer.

På grunn av den store sedimentasjonen ved utløpet av Glomma, tilføres dette området også de største mengdene av miljøgifter. Likevel var konsentrasjonen av de fleste komponentene i sedimentfellene lavest i dette området pga. stor fortykning med leirpartikler. Høyeste overkonsentrasjon av metallene kobber og bly og miljøgiften PCB ble faktisk registrert ved Torbjørnshjørn et godt stykke ut fra kysten og tilsvarte SFTs miljøklasse III ("markert forurenset"). Det er foreløpig uvisst om dette skyldes tilførsler fra Glomma eller tilførsler via kyststrømmen fra kilder lenger sør. Vi har begrenset sammenlikningsgrunnlag når det gjelder miljøgifter i sedimentfeller, da tidligere undersøkelser ikke har vært underlagt et så omfattende analyseomfang. Sammenliknet med tidligere flomperioder og med tilstanden på bunnsedimentene fra tidligere overvåking i området, vurderer vi likevel flommen i 1995 totalt sett til å ha hatt liten negativ betydning for områdene ved utløpet av Glomma.

Gruntvannsfauna i Hvalerområdet

Vannmassene i Hvalerområdet er karakterisert av påvirkningen både fra Glomma og Skagerrak. Elvevannet gir opphav til et ferskt overflatelag som varierer i tykkelse med sesong og avstand fra Glomma. Under overflatelaget er forholdene mer marine. Glomma fører i perioder med seg store mengder løsmateriale som avsettes utover fra elvas munning. Disse to faktorer anses som meget viktige for utviklingen av de biologiske samfunn på hardbunn i Hvalerområdet.

Gruntvannsundersøkelser utført i 1992 til 1994 viste en klar forbedring i området som følge av de forurensningsbegrensende tiltak som er iverksatt gjennom de siste 10 år. De oppfølgende undersøkelsene av fastsittende flora og fauna på hardbunn (gruntvann) har hatt som målsetning å påvise eventuelle negative konsekvenser av storflommen på organismesamfunnene som kan ha betydning for de forbedringer som har funnet sted over de siste 10 år.

De organismesamfunn en finner i Hvalerområdet er tilpasset store variasjoner av saltholdighet og nedslamming. Høy partikkeltilførsel kan imidlertid være en belastning for mange organismer, og man vet med sikkerhet at filterspisere, - og da i særlig grad muslinger, svamp, sekkedyr og noen krepsdyrarter, tar skade av en økt partikkelbelastning.

Hardbunnsundersøkelsene i Hvalerområdet ble gjennomført i perioden 25 - 29 september 1995.

Det ble bare observert små endringer i flora og fauna som følge av flommen. Flommen synes å ha hatt størst innvirkning på stasjoner nær utløpet av Glomma og umiddelbart utover langs Løperen. De observerte endringene var imidlertid små. Redusert forekomst ble først og fremst observert for trådformede alger og for rur. Forekomsten av to strukturelt viktige arter som blæretang og blåskjell var derimot ikke endret. Undersøkelsene ga ikke inntrykk av at blåskjellpopulasjonene i de øverste metrene ble spesielt påvirket av flommen. Endringer i arters forekomst ble primært observert for de arter som naturlig varierer en del fra år til år. At deres forekomst ble redusert etter flommen kan forklares ut fra økt fysisk stress i form av økt vannhastighet og partikkelskuring. De effekter som her er påvist vurderes å være av midlertidig karakter, og det forventes ingen senvirkninger på flora og fauna i strandsonen. Med hensyn til strandsonesamfunn vil en streng vinter med islegging og påfølgende isskuring, kunne påvirke strandsamfunnene langt mer dramatisk enn det som er blitt observert som effekter av flommen.

Miljøgifter i sediment og i organismer

Det ble samlet inn prøver av sedimenter i Hvalerområdet etter flommen for eventuell analyse av miljøgifter. Omfanget av dette skulle avgjøres etter en vurdering av analysene fra sedimentfellene (se over). Det er foreslått å analysere innholdet av enkelte metaller og organiske miljøgifter i blæretang fra 9 stasjoner, blåskjell fra 5 stasjoner og torskelever fra 5 stasjoner. Finansiering av kjemisk analyse av miljøgiftene er ikke avklart.

Ytre Oslofjord

Flommen satte sterkt preg på overflatevannet i Ytre Oslofjord utover i juni. NIVA fulgte utbredelsen av flomvannet løpende ved hjelp av feltobservasjoner supplert av satellittbilder overført fra Tromsø Satellittstasjon og fra Esrange i Kiruna. Allerede 3. juni var store deler av Hvalerområdet og nære farvann utenfor sterkt påvirket av flomvannet. Siktedypet var mindre enn én meter, og tilsvarende ble registrert ved utløpet av Drammensfjorden og ut til sørsiden av Jeløya.

To uker senere, 13.-14. juni, hadde flomvann fra Glomma spredt seg i et 2-4 meter tykt lag over hele den sørlige delen av Ytre Oslofjord og vestover mot Færder, og fantes også i området rundt Koster og i nordlige deler av Skagerrak, uten noen klar avgrensning mot sør. Noen dagers nordøstlig vind hadde bidratt til denne spredningen. Flomvannet fra Drammenselva gikk ut langs vestsiden av fjorden, men spredte seg også inn mot Drøbaksundet. I flomperioden ble det registrert høyere konsentrasjoner av næringsalter og planteplankton enn det som er vanlig om sommeren, men verdiene lå innenfor det som normalt kan forekomme under flom.

NIVA hadde praktisk samarbeid og arbeidsdeling med andre institusjoner som utførte sine egne undersøkelser i fjorden. Universitetet i Oslo, Institutt for marin botanikk, fulgte utviklingen av planteplankton dels gjennom egne tokt, dels ved å analysere vannprøver samlet inn på NIVAs øvrige tokt. Havforskningsinstituttet, Flødevigen forskningsstasjon, gjennomførte tokt hvor hydrografi og

planktonsamfunn ble kartlagt i de ytre delene av fjorden som ikke ble dekket av NIVA sørvest for linjen Koster - Torbjørnskjær - Færder.

Flommen førte til at store deler av Ytre Oslofjord i en periode ble merkbart påvirket av flomvannet. Vannet hadde nedsatt sikt pga. høye konsentrasjoner av uorganiske partikler og forhøyede konsentrasjoner av nitrat og silikat, men ingen vesentlig økning av fosfat. Det ble imidlertid ingen stor algevekst i de områdene som var mest influert av flommen, og for fjorden generelt var algeveksten innenfor normalt variasjonsområde. Grunnen var dels at veksten var hemmet av lav saltholdighet og dårlige lysforhold, og dels av mangel på fosfor. Det gjorde at nitraten og silikaten ikke kunne utnyttes effektivt til algevekst. De artene som blomstret opp var de som vanligvis forekommer på denne tida av året, med kiselalger som dominerende, og det var ingen tegn til oppblomstring av skadelige alger. Fra begynnelsen av juli var det ingen tydelige spor av flommen i vannmassene i Ytre Oslofjord.

2. Innledning

Denne rapporten gir en samlet oversikt over NIVAs undersøkelser i forbindelse med flommen på Østlandet våren 1995. Flere av undersøkelsene blir rapportert separat og en liste over disse rapportene er gitt under (Tabell 2.1) og i litteraturoversikten bak i rapporten. For de resterende undersøkelsene blir rapporteringen hovedsakelig gjort her. Det gjelder spesielt NIVAs intensivundersøkelser av Glomma på tre stasjoner og Vorma.

Tabell 2.1. Oversikt over forfattere av de enkelte sammendragkapitlene og eventuelle rapporter der disse undersøkelsene presenteres mer i detalj

Kapittel	Forfattere	Rapporteres i:	
3.1	Satellittovervåking	Kai Sørensen	NIVA-rapport under utarbeidelse
3.2	Gudbrandsdalslågen, Gausa og Mjøsa	Gøsta Kjellberg	Overvåkingsrapporten for Mjøsa for 1995, samt separat flomrapport
3.3	Begroingsfunn ved Solbergfoss	Olav M. Skulberg	Hydrofenologiske observasjoner ved Solbergfoss (under utarbeidelse)
3.4	Glomma og Vorma	Bjørn Faafeng Torsten S. Källqvist	denne rapporten
3.5	Sammenlikning av to måleserier i Sarpsfossen	Bjørn Faafeng	denne rapporten
3.6	Pariskommisjonen	Hans og Gjertrud Holtan	Flommen på Østlandet mai/juni 1995. NIVA-rapport l.nr 3437-96 (SFT 641/96)
3.7	Sedimentasjon i Hvaler-Singlefjord	Aud Helland	NIVA-rapport under utarbeidelse
3.8	Gruntvannsfauna i Hvaler - Singlefjord	Moy og Walday	NIVA-rapport under utarbeidelse
3.9	Miljøgifter i sediment og organismer Hvaler - Singlefjord	John Arthur Berge	
3.10	Ytre Oslofjord	Birger Bjerkeng	NIVA-rapport under utarbeidelse

For en oversikt over andre forhold ved flommen henvises f.eks. til tidsskriftet VANN nr. 3B (1995), Museth og Quenild (1996), Nordal (1996), Stabbetorp og Hiitola (1996) og Øygarden og medarb. (1996).

3. Resultater

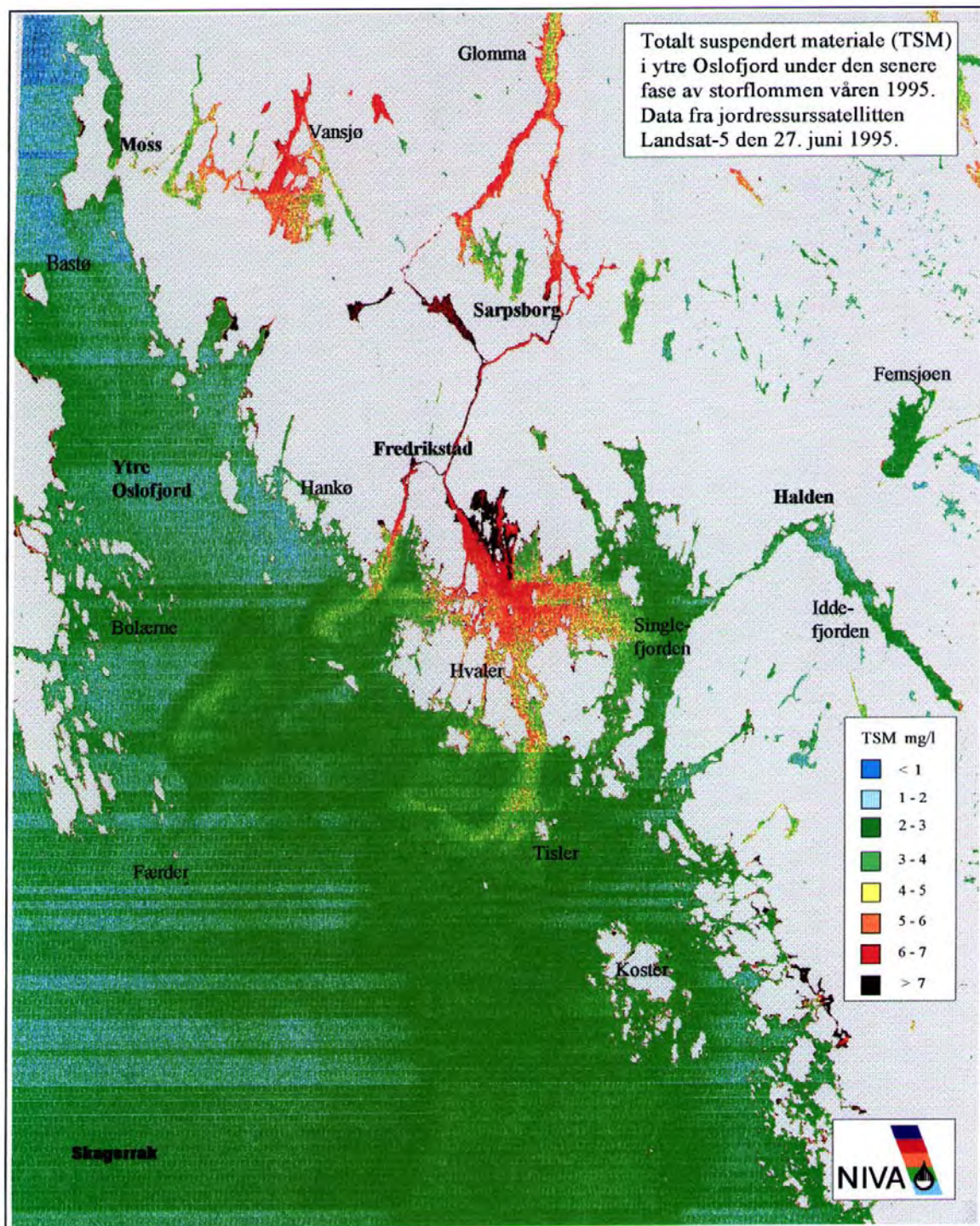
3.1 Satellitovervåking

I programmet for Ytre Oslofjord ble det benyttet satellittdata for å vurdere utbredelse av flomvannet i Ytre Oslofjord og nordlige delen av Skagerrak. Data fra jordressurssatellitten Landsat og fra vær-satellittene i NOAA-serien ble benyttet. Optiske satellittdata er spesielt godt egnet for å kartlegge partikler og temperatur. NIVA har gode erfaringer med spesielt Thematic Mapper data fra Landsat-5 (Sørensen og medarb., 1993). Ulempene med denne type optiske data er at de ikke kan benyttes når det er skydekke, samt at målefrekvensen er noe for lav for jordressurssatellittene for bruk i varslingsammenheng. NOAA-satellittene har en målefrekvens på flere ganger per døgn, og man får her en større mulighet for gode måledata hvis det er klarvær. AVHRR-sensorene i disse satellittene har imidlertid en geometrisk oppløsning på bare 1 km og er derfor mindre egnet for å studere detaljer nær kysten. Vi forsøkte også å utnytte radardata (SAR) fra ERS-1 satellitten som kan observere gjennom skydekke, men det lyktes ikke under denne ekstreme situasjonen. Dette arbeidet vil vi imidlertid følge opp.

I den operative sammenhengen under flommen ble det satset på å benytte AVHRR-data som ble overført fra Tromsø Satellittstasjon (TSS) via datalink, prosessert ved NIVA og tolket sammen med annen informasjon. Disse data ble bestilt etter en nærmere kvalitetskontroll av et "Quick-look" bilde som overføres automatisk til NIVAs dataanlegg hver morgen fra TSS. De endelige bildene som kunne studeres forelå som regel samme dag som observasjonene ble foretatt. Disse ble benyttet for å utarbeide oversiktskart om flomvannets utbredelse i Ytre Oslofjord. I tillegg til satellittdata ble det innhentet observasjoner fra SFTs overvåkningsfly. Både satellittdata og flydata ble benyttet i planleggingen av stasjonsnett for den tradisjonelle prøvetakingen i Ytre Oslofjord.

AVHRR-dataene ble benyttet kun for en relativ kartlegging av partikkelutbredelsen og inngikk i de kartene som ble utarbeidet under flommen, mens TM-dataene ble i ettertid kalibrert i absolutte verdier for totalt suspendert materiale (TSM) og temperatur. Figur 3.1 viser utbredelsen av flomvannet målt som TSM den 27. juni 1995. Flomvannet kan spores langt syd for Koster. Det termisk bildet viser også et godt bilde av flomvannets utbredelse. AVHRR-dataene ble benyttet i utarbeidelsen av flomkart den 3. juni, 5. juni og 16. juni. Disse dataene er vanskeligere å tolke for Hvalerområdet og inntil ca 2 km fra land, men i dette tilfellet hvor flomvannet strakte seg mange km ut fra land ga den en god indikasjon på flomvannets utbredelse og kunne benyttes for utarbeidelse av flomkart og planlegging av stasjoner.

Totalt sett ga satellittdataene viktig informasjon, selv om den ikke kunne benyttes daglig pga skydekke. Det verktøyet som AVHRR-data og SAR-data representerer, bør videreutvikles for å være bedre forberedt for nye flomsituasjoner. Mer erfaring med denne type data bør gjøre at man ved en senere anledning kan få ut mer og sikrere informasjon om partikkeltransport og temperaturforhold.



Figur 3.1. Satellittbilde av Hvalerområdet og Ytre Oslofjord 27. juni 1995. Bildet viser utbredelsen av partikler og fordelingen av overflatetemperatur

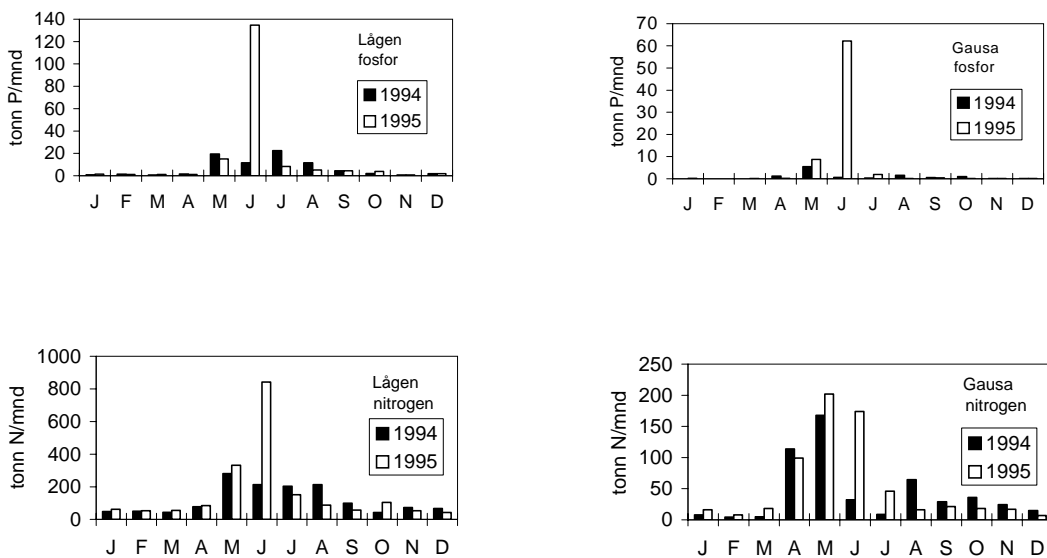
3.2 Nærings salttransport og nærings saltkonsentrasjon i Gudbrandsdalslågen og Mjøsa

I 1995 ble Mjøsa tilført 252 tonn fosfor fra Gudbrandsdalslågen og Gausa, hvorav 60% kom i løst form som ortofosfat. Dette var nær 3 ganger så mye som i 1994. Under selve "storflommen" som varte i 16 døgn fra 28/5 - 12/6 i Lågen og fra 26/5 - 10/6 i Gausa, ble det transportert 176 tonn fosfor. Dette utgjorde 70% av årstransporten i 1995.

I Lågen ble det målt fosforkonsentrasjoner i området 2 - 84 µg tot-P/l med de høyeste konsentrasjonene i selve flomperioden. F.o.m. slutten av juni og ut året var det lave konsentrasjoner i Lågen med verdier i området 2 - 13 µg tot-P/l. Forholdene i Gausa viste stort sett samme mønster med spesielt høye konsentrasjoner i selve flomperioden og her ble det den 2. juni på det høyeste målt 600 µg tot-P/l. Her ble det likevel også registrert høye konsentrasjoner i forbindelse med større nedbørmengder utover sommeren.

Totalt ble det i 1995 transportert 2570 tonn nitrogen ut i Mjøsa fra de to elvene. Dette var ca 1.3 ganger større transport enn i 1994. Under selve "storflommen" ble det transportert 855 tonn, hvilket tilsvarte 33% av årstransporten. I likhet med forholdene for fosfor ble de høyeste nitrogenkonsentrasjonene registrert i forbindelse med flomperioder. I Lågen ble det målt konsentrasjoner i området 400 µg tot-N/l under selve "storflommen", mens det i Gausa også ble målt høye tot-N-konsentrasjoner i forbindelse med den første våravsmeltingen i mars/april og i regnværperioder med større nedbørmengder utover sommeren. Høyest konsentrasjon i Gausa ble målt i slutten av mars med 3461 µg tot-N/l.

Store tilførsler av fosfor, og da særlig av ortofosfat til Mjøsa i begynnelsen av vegetasjonsperioden, skulle tilsi at det skulle ha vært god tilgang på fosfor for algevekst utover sommeren. Det var således åpenbar risiko for at det skulle kunne bli uønskete algeoppblomstringer i Mjøsa i 1995 og eventuelt også i påfølgende år.



Figur 3.2. Transport av fosfor og nitrogen i Gudbrandsdalslågen (til venstre) og Gausa (til høyre) i 1994 og 1995

3.2.1 Fosforkonsentrasjoner i Mjøsa.

I 1995 ble det samlet inn vannprøver for analyse av næringssalter fra fire lokaliteter i perioden april - oktober fra tre forskjellige dyp.

Før flommen i april-mai ble det registrert lave fosforkonsentrasjoner ved samtlige lokaliteter og dyp med konsentrasjoner i området 4 -5 µg tot-P/l. Stor transport av fosfor i forbindelse med flommen førte til at særlig Mjøsas nordre del fikk høye fosforkonsentrasjoner. Her ble hele vannvolumet påvirket og på det meste ble det registrert nær 70 µg tot-P/l ved prøvestasjonen ved Brøttum, d.v.s. mer enn 10 ganger høyere konsentrasjon enn før flommen. Etter flomtoppen minket fosforkonsentrasjonen suksessivt pga. fortynning og sedimentasjon, men den nordre del var klart påvirket med forhøyde fosforkonsentrasjoner helt ut i slutten av juli. F.o.m. august var det igjen lave og mer normale konsentrasjoner med verdier i området 4 - 6 µg tot-P/l.

Den sentrale og søndre delen av Mjøsa ble også påvirket. Her ble det på det høyeste registrert 25 µg tot-P/l ved stasjonen ved Kise like syd for Gjøvik og 14 µg tot-P/l ved stasjon Skreia og ved stasjonen i Furnesfjorden. Også her ble det registrert noe forhøyet konsentrasjon ut i juli hvoretter konsentrasjonen avtok og nådde mer normale verdier i august og utover høsten.

Årsaken til at Mjøsa så raskt etter storflommen igjen fikk mer normale fosforkonsentrasjoner antas å være at:

- det aller meste av "flomfosforet" var bundet eller raskt ble bundet til partikulært materiale og dermed sedimenterte i Mjøsa.
- det var stor fortynningskapasitet i Mjøsa bl.a. avhengig av de lave utgangskonsentrasjonene.
- kommunale renseanlegg og pumpestasjoner som en tid var satt ut av drift under flommen raskt kom i drift igjen.

3.2.2 Begroing langs Mjøsas strender.

Det ble i 1995 ikke samlet inn spesielle begroingsprøver, men forekomst av markert begroing ble registrert visuelt i forbindelse med den øvrige prøvetakingen og det ble tatt enkelte stikkprøver.

Like etter at vannstanden i Mjøsa var på sitt høyeste (11 juni) ble det en kraftig utvikling av grønnalgen *Ulothrix zonata* langs strendene og på tauverk, forankringsbøyer og liknende i nordenden samt til dels også langs Mjøsas vestsida ned mot Totenvika. Forøvrig har det ikke vært noen markert eller avvikende begroing sammenliknet med forholdene i de seinere år.

3.2.3 Planteplankton.

Planteplanktonprøver og vannprøver for analyse av tot. klorofyll a ble tatt fra en blandprøve fra 0 - 10 meter på fire stasjoner i Mjøsa i perioden mai - oktober, 1995.

Som nevnt ble Mjøsa under flommen tilført store mengder fosfor spesielt fra Gausa og Lågen, men også fra de kommunale avløpsanlegg som til dels ble satt ut av drift. Mye av fosforet forelå som ortofosfat og dette skulle tilsi at vi utover sommeren kunne få en betydelig algeoppblomstring. Dette skjedde likevel ikke. Mjøsa beholdt sitt næringsfattige preg også i 1995 med gjennomsnittsvolum av alger mindre en 0,4 g/m³ og med maksimalverdier under 0,7 g/m³, unntatt i Furnesfjorden.

Flommen påvirket likevel algesamfunnet ved bl.a. å begrense lystilgangen som i sin tur begrenset forekomsten av de større stavformete kiselalger på forsommeren. Videre hadde vi en stor utspylingseffekt i den nordre del i selve flomperioden.

I juni var algesamfunnet dominert av rasktvoksende små algeformer bestående av bl.a. store og små chrysomonader tilhørende gruppen gullalger samt rekylalgen *Rhodomonas lacustris*. Økt klorofyll-konsentrasjon per algevolum samt økt forekomst av mer næringssaltkrevende algearter utover sommeren og høsten som blågrønnalgene *Anabaena flos-aquae* og *Planktothrix agardhii*, gullalgene *Dinobryon bavaricum* og *Synura sp.*, kiselalgene *Fragilaria crotonensis*, *Stephanodiscus hantzchii v. pusillus* og *Synedra acus v. radians* samt rekylalgen *Cryptomonas erosa* indikerte likevel at det i 1995 var økt tilgang på næringssalter i Mjøsa. Kiselalgen *Rhizosolenia eriensis* utviklet seg også til stor forekomst i juli.

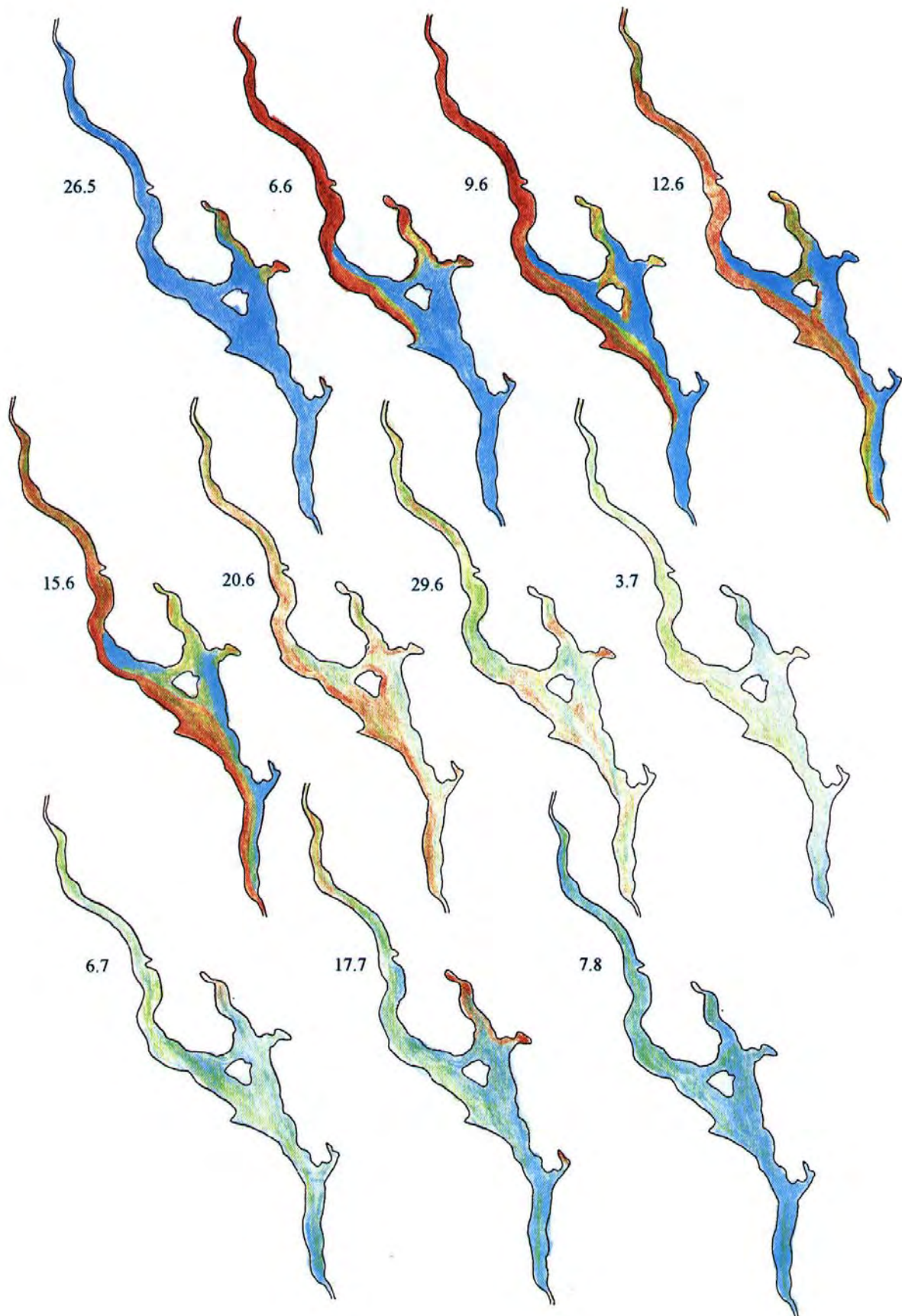
Årsaken til at det ikke ble noen større algeoppblomstring i Mjøsa sommeren 1995, til tross for stor næringssalttilførsel og til tider høye næringssaltkonsentrasjoner i de øvre vannmasser (produksjonssjiktet), var sannsynligvis at mestparten av fosforet som ble tilført i flommen var partikkelbundet og relativt raskt sedimenterte ut fra vegetasjonssjiktet. Derved ble fosforet i liten grad biologisk tilgjengelig.

3.2.4 Krepserplankton.

Kvantitativt og kvalitativt krepserplanktonmateriale ble i 1995 innsamlet ved hovedstasjonen (Skreia) i perioden mai - oktober. I alt ble det tatt 11 vertikalserier fra 0 til 50 meters dyp med 25 liters Schindlerfelle samt vertikale håvtrekk med 60 µm og 200 µm plankton/Mysis-håver fra 120 meter og opp til overflaten. Videre ble det tatt enkelte håvtrekk av orienterende art fra andre deler av Mjøsa nærmest som stikkprøver.

Materialet viser at flommen ikke hadde noen påvisbar innvirkning på krepserplanktonets sammensetting, suksesjon og produksjon (eggantall) i Mjøsas sentrale del. I likhet med tidligere observasjoner var krepserplanktonet dominert av hoppekrepserne *Eudiaptomus gracilis* og *Thermocyclops oithonoides* samt vannloppene *Bosmina longispina*, *Daphnia galeata* og *D. cristata*. Størst forekomst av krepsedyr pr m² ble observert i august, mens størst biomasse (1,8 gram tørrvekt pr m²) ble registrert i begynnelsen av september. Dette er stort sett i samsvar med observasjonene fra de siste 13 år. En liknende tidsforskyvning med seinere utvikling og sparsom forekomst på forsommeren har også blitt registrert tidligere i de år vi har hatt lave forsommer temperaturer i Mjøsa i likhet med forholdene i 1995. Det er derfor vanskelig å bedømme hvor stor effekten har vært på krepserplanktonet grunnet økt partikkelinnhold, utspyling m.m., d.v.s. på grunn av selve flomeffekten. Stikkprøvene fra andre deler av Mjøsa viste også normale forhold utover sommeren og høsten.

Pungreken *Mysis relicta* hadde i 1995 relativt sparsom forekomst med individantall fra 50 til 190 individer per m². Det var også liten forekomst av krepsedyret *Gammaracanthus loricatus* i de fri vannmasser. Det foreligger betydelige variasjoner fra år til år for disse organismer og sannsynlig årsak til dette er forandringer i beitetrykket fra den pelagiske fisken krøkle. Flommen synes ikke å ha hatt noen større effekt overfor forekomsten av *Mysis* og *Gammaracanthus* i Mjøsas sentrale deler.



Figur 3.3. Flomvannets utbredelse og påvirkning av Mjøsa i mai - juni 1995

3.2.5 Hygienisk-bakteriologiske forhold.

I 1995 ble det foretatt undersøkelser over forekomsten av tarmbakterier (termostabile koliforme bakterier) for hele Mjøsa ved 6 tidspunkter. Dette ble gjort i samarbeide med de lokale næringsmiddelkontorer samt lokale og sentrale helsemyndigheter.

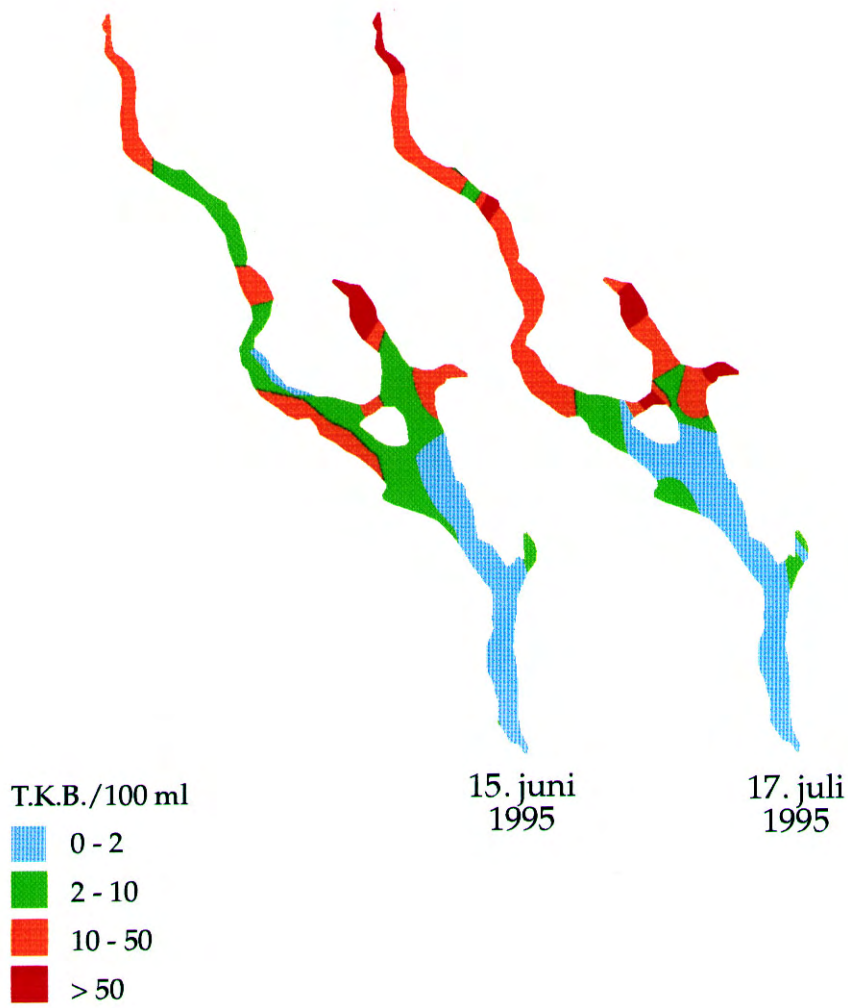
Da flommen i Gausa/Lågen begynte i overgangen mai - juni var det fullsirkulasjon i mestparten av vannmassene. Allerede på det tidspunkt begynte store mengder råkloakk å gå urensset ut i Mjøsa da kloakkpumper og enkelte renseanlegg måtte kobles ut. I uke 23 ble det beregnet at råkloakk fra ca. 125000 personer gikk direkte ut i Mjøsa. De to hygieniske barrierene mot forurensning ved de offentlige vannverkene ble svekket på grunn av fullsirkulasjonen og inntrengning av infisert flomvann.

Resultatene fra de bakteriologiske undersøkelser viser at store deler av Mjøsa ble påvirket av fersk fekal forurensning i flomperioden og like etter. Gjøvikområdet og Hamar/Brumunddal-området var mest berørt. De høyeste verdier ble målt like ved Hamar, i Furnesfjorden og ved Brøttum. I den nordlige del var hele vannmassen berørt, mens det i øvrige deler av Mjøsa først og fremst var de øverste vannlag som var påvirket. Dypere ned i vannmassen var situasjonen bedre, og fra 100 meter og dypere var den bakteriologiske kvaliteten nærmest helt upåvirket.

Biri og Moelv vannverk, som tar sitt råvann fra nordre del av Mjøsa, ble derfor mer direkte berørt. Biri vannverk måtte ta i bruk et nedlagt grunnvannsbygg. Moelv vannverk kunne fortsatt benyttes etter at en gjennomførte økt desinfeksjon samt kjemisk felling og filtrering direkte på eksisterende to-media sandfilter. Ved Nes vannverk ble pumpeumpen på land oversvømmet av flomvann, så det ble nødvendig med økt desinfeksjon. Ved vannverket i Stange som hadde dypvannsintak ble pumpestasjonen på land oversvømmet, og her måtte en ta i bruk inntaket til et jordvanningsanlegg. Også her ble den videre løsning økt desinfeksjon/klorering. Øvrige vannverk med dypvannsintak over 100 meter ble lite berørt av flommen og hadde normal drift.

Strandprøver fra badeplasser var av varierende bakteriologisk kvalitet i hele flomperioden. Resultatene har variert fra god badevannskvalitet til nærmest råkloakk.

Etter at renseanleggene og pumpestasjonene kom i drift igjen ble det klare og raske forbedringer av den hygieniske vannkvalitet og situasjonen mindre prekær. I begynnelsen av juli var det nær normale forhold i hele Mjøsa med god vannkvalitet i områdene sør for Helgøya og nord for Brøttum og moderat belastning ved de større befolkningscentra som Moelv, Gjøvik, Hamar og Brumunddal.



Figur 3.4. Forekomst av tarmbakterier (termostabile koliforme bakterier) i Mjøsas øvre vannlag vurdert på grunnlag av prøveresultater for to-tre dyp (1m, 15m og 30m) fra 39 lokaliteter den 15. juni og 3. juli

3.3 Begroingsobservasjoner ved Solbergfoss

3.3.1 Bakgrunn

NIVA har opprettet et renneanlegg inne i Solbergfoss kraftstasjon der Glommavann blir ledet gjennom med konstant hastighet. Rennene blir belyst og det utvikler seg begroingssamfunn i rennene avhengig av vanntemperatur, partikkelinnhold, næringsstoffer ol. Det blir foretatt jevnlig observasjoner av utviklingsforløpet i disse organismesamfunnene. Hensikten er å registrere årstidsvekslinger i algeutvikling, og å bedømme samspillet mellom bl.a. meteorologiske og hydrologiske faktorer og den biologiske respons (NIVA 1982, Skulberg 1984a). Noen erfaringer i forbindelse med flomsituasjonen i 1995 er behandlet i det følgende. Perioden april - september legges til grunn.

Disse resultatene fra Solbergfoss vil bli behandlet i en separat publikasjon (Skulberg 1996, under utarbeidelse).

3.3.2 Gjennomføring og metoder

Prøvetakingen av algeplankton ble foretatt med planteplanktonhåv (maskeåpning 25 µm) i Glommas frittstrømmende vannmasser. Den mikroskopiske analyse av materialet ble gjort på levende og formalinfikserte prøver i h.h.t. Christensen (1982). Utviklingen av alger i rennene ble fulgt med visuelle iakttagelser og kvalitative mikroskopiske undersøkelser av fremtredende arter (Skulberg 1984b).

I 1995 ble det gjort innsamling av algeplanktonprøver på følgende tidspunkter: 9. februar, 12. mars, 19. mai, 15. juni, 11. juli, 12. august, 3. september, 17. oktober og 10. desember. Samtidig ble det foretatt observasjoner av begroingsutvikling i gjennomstrømningsrennene. I perioden mai-juli ble det dessuten foretatt flere observasjoner i rennesystemene for å følge innvirkningen av flommen.

3.3.3 Miljøforhold

Ved vårobservasjonen 11. april var vanntemperaturen i Glomma 2.7°C. Både algeplanktonsamfunnet og forekomsten av begroingsalger viste en utviklingstilstand som er typisk for årstiden (NIVA 1986). Gjennom mai måned steg vanntemperaturen til 6.5°C (19. mai), og var 7.8°C ved innledningen til flomsituasjonen (2. juni). Vannmassene ble da preget av høyt sestoninnhold og fikk en gråaktig i farge. Partikkelinnholdet var så høyt at bunnen av gjennomstrømningsrennene ikke kunne sees gjennom vannsjiktet på 5 cm. Denne tilstanden vedvarte noen døgn, men ved prøvetakingstidspunktet 15. juni - med stabil vannføring i Glomma i perioden for kulminasjon - var vannmassene under markert oppklaring, og vanntemperaturen var 8.3°C. Forholdsvis klart vann gjorde seg gjeldende ut over sommeren. Vanntemperaturen var 14.5°C ved prøvetakingen 11. juli, og steg på ettersommeren til 15.5°C (3. september).

3.3.4 Forandringer i algeplanktonet

Planteplanktonet i Glomma ved Solbergfoss er beskrevet tidligere (Lindstrøm et al. 1973, Skulberg & Lillehammer 1984, NIVA 1984, NIVA 1986, Skulberg & Skulberg 1985). Et algesamfunn med stor diversitet er typisk for lokaliteten. Det er f.eks. i perioden 1977-95 registrert ca 350 arter av alger i planktonet. De dominerende systematiske grupper som er representert omfatter kiselalger (Bacillariophyceae), gullalger (Chrysophyceae), grønnalger (Chlorophyceae) og blågrønnalger (Cyanophyceae).

I Tabell 3.1 er vist et utvalg fremtredende arter av de algegrupper som ble påvist i håvtrekk materialet. Ved prøvetakingen 19. mai - under høy vannføring, lavlandsflom - var innholdet av planteplankton normalt for lokaliteten på denne årstid. Kiselalger utgjorde hovedtyngden av materialet. *Asterionella formosa* var den dominerende art, men arter av slektene *Melosira*, *Synedra* og *Diatoma* var også til stede med stor forekomst. Flagellater av gruppen gullalger gjorde seg betydelig gjeldende. *Synura uvella* sammen med arter av slektene *Dinobryon* og *Mallomonas* karakteriserte prøven. Grønnalger hadde mer beskjeden forekomst, men *Gemmellicystis neglecta* og *Staurastrum paradoxum* var iøyenfallende representert. Av blågrønnalger kan *Coelosphaerium naegelianum* nevnes som eksempel.

Vannføringen i Glomma steg raskt primo juni, og var ved prøvetakingen 15. juni i kulminasjon. Håvtrekkprøven var sterkt preget av erosjonsmateriale av mineralsk natur. Planteplanktonkomponenten utgjorde en sekundær andel, og samtlige algegrupper var i redusert forekomst. Den fremtredende kiselalge var *Rhizosolenia eriensis*. Artene *Tabellaria fenestrata* og *Melosira granulata* var ledsagende kiselalger.

Forekomsten av gullalger (arter av slekten *Dinobryon*), grønnalger (*Golenkinia paucispina*) og blågrønnalgen (*Gomphosphaeria naegeliana*) var underordnet.

Håvtrekkprøven fra 11. juli viste markerte forandringer. En masseforekomst av kiselalgene *Rhizosolenia eriensis* og *R. longiseta* gjorde seg gjeldende. Den førstnevnte arten utgjorde den overveiende del av prøven. Et artsrikt planteplanktonsamfunn var til stede (32 arter ble identifisert), men bare et lite utvalg var fremtredende (Tabell 3.1).

Klar dominans av kiselalgene *Rhizosolenia eriensis* og *R. longiseta* ble også påvist prøvetakingsdatoen 12. august. Spesielt hadde *R. eriensis* fremherskende mengdemessig betydning. Prøven hadde for øvrig et rikt innhold av organismer, med enkelte arter av gullalger og grønnalger (Tabell 3.1) som fremtredende komponenter. Et spesielt forhold kan nevnes. Blågrønnalgen *Oscillatoria bornetii* ble påvist i betydelig forekomst. Dette er en alge som stammer fra benthiske organismsamfunn. Den hører til blågrønnalgene med geosminproduksjon (Skulberg 1988).

Håvtrekkmaterialet fra 3. september viste en markert utvikling for planteplanktonet i retning av det normale for lokaliteten på denne årstiden. Fortsatt hadde de to artene av *Rhizosolenia* stor forekomst. Imidlertid var innslaget av kiselalger som *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata* og *Fragilaria crotonensis* en betydelig andel i prøven. De øvrige hovedgruppene av alger var også representert med arter og mengder tilnærmet som normalt. *Oscillatoria bornetii* var til stede sammen med *Oscillatoria bornetii f. tenuis* (Skulberg & Skulberg 1991).

3.3.5 Reaksjoner i algebegroing

Noen hovedtrekk fra observasjonene av begroingsutviklingen i gjennomstrømningsrennene vil bli omtalt. Det vises til Tabell 3.2, hvor noen relevante resultater er sammenstilt.

Vår- og forsommerutviklingen i begroingssamfunnet var tilnærmet det sedvanlige (NIVA 1986) i gjennomstrømningsrennene. Ved observasjonen 19. mai var det f.eks. en frodig algeutvikling med et sammensatt samfunn dominert av kiselalger (*Fragilaria capucina*), grønnalger (*Spirogyra cf. cylindrica*, *Draparnaldia glomerata*), rødalger (*Batrachospermum vagum*) og blågrønnalger (*Oscillatoria bornetii*, *O. splendida*). Primo juni inntrådte en betydelig slamtransport med Glomma-vannet. Dette førte til en nærmest fullstendig nedslamming av begroingssamfunnet (15. juni). Ved denne situasjon ble det konstatert at alger med egenbevegelser (f.eks. pennate kiselalger, blågrønnalger) frigjorde seg fra slammet, og dannet gradvis forekomster på overflaten av sedimentene. Dette ga den første nykolonisering med alger. Forholdet førte frem til etablering av et eget organismsamfunn - 12. august - av alger dominert av blågrønnalger (*Oscillatoria bornetii*, *O. splendida*), kiselalger (*Fragilaria capucina*) og grønnalger (*Spirogyra spp.*). Ultimo august foregikk en suksessjon av begroingsalger som førte frem til et mer artsrikt organismsamfunn av årstidstypisk natur (3. september). I denne perioden ble det påvist masseforekomst av bryozooer i gjennomstrømningsrennene (*Plumatella fruticosa*, *Cristatella mucedo*).

3.3.6 Sammenfatning

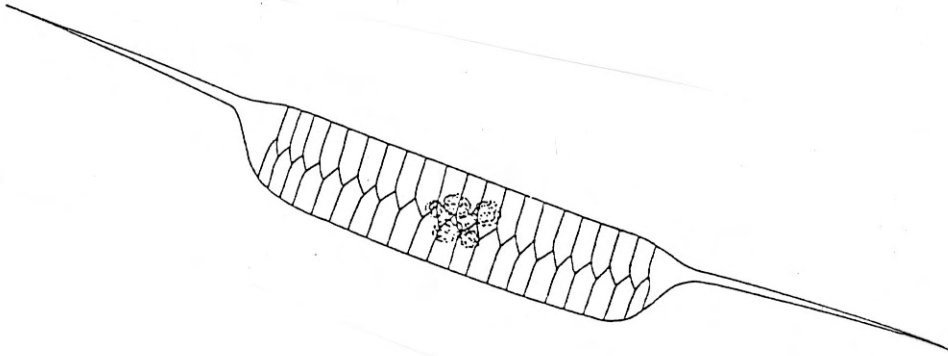
Enkelte hovedinntrykk fra observasjonene ved Solbergfoss kan fremholdes:

Planteplankton

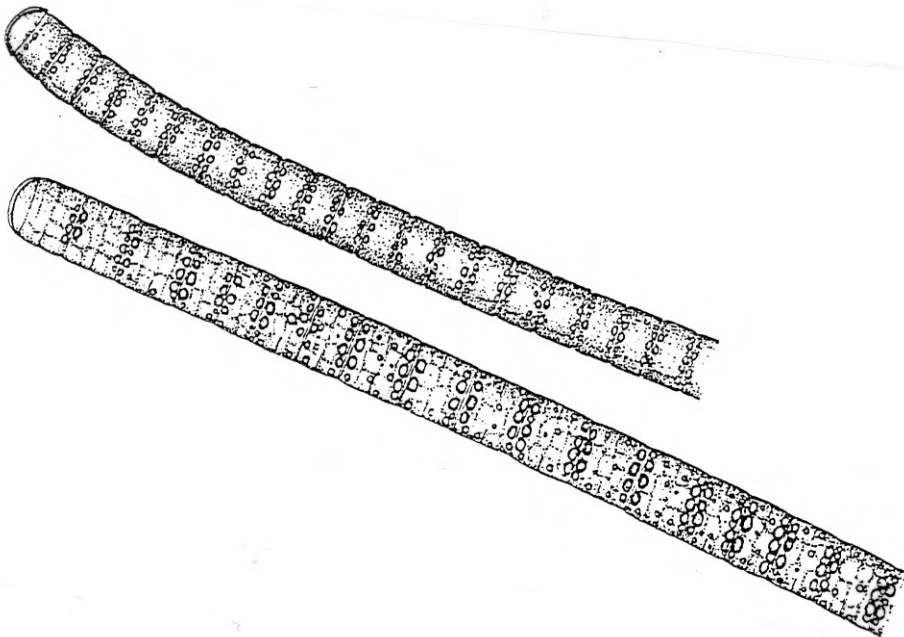
Flommen innebar en vidtgående desimering av planktonsamfunnet. Forholdet førte til en forbigående dominans av sentriske kiselalger, i første rekke med arten *Rhizosolenia eriensis* (Figur 3.5) i Glommas vannmasser. (Det kan nevnes at *R. eriensis* er knyttet til mer næringsfattige vanttper, sammenliknet med *R. longiseta* (Krammer & Lange-Bertelot 1991). Først i løpet av september var planteplanktonsamfunnet tilnærmet normalisert i Glomma ved Solbergfoss.

Begroingsalger

Sedimenttransport knyttet til flomvannmassene førte på strømsvake områder til nedslamming av benthiske organismsamfunn. Under slike betingelser foregikk nykolonisering med alger via egenbevegelse eller ved dannelse av bevegelige formeringsstadier (f.eks. hormogonier). Pennate kiselalger og blågrønnalger (*Oscillatoria bornetii*, Figur 3.6, *O. splendida*) fikk konkurransefortrinn. Det ble observert en suksessjon av algearter som gradvis førte over til et stedstypisk, frodig begroingssamfunn tidlig på høsten.



Figur 3.5. Kiselalgen *Rhizosolenia eriensis* (etter Tikkanen & Willén 1992). Cellediameter ca. 2-4 μ m.



Figur 3.6. Blågrønnalgen *Oscillatoria bornetii* (etter Skuja 1964). Cellediameter ca. 11-13 μ m

Tabell 3.1. Solbergfoss. Fremtredende alger i planteplanktonet. Mai-september 1995.

19. mai	15. juni	11. juli	12. august	3. september
<u>Kiselalger</u> Asterionella formosa Melosira italica Diatoma elongata Synedra ulna Melosira granulata var. angustissima <u>Gullalger</u> Synura uvella Dinobryon sertularia Mallomonas cf. zellensis <u>Grønnalger</u> Gemellicystis neglecta Staurastrum paradoxum <u>Blågrønnalger</u> Gomphosphaeria naegeliana	<u>Kiselalger</u> Rhizosolenia eriensis Tabellaria fenestrata Melosira granulata var. angustissima <u>Gullalger</u> Dinobryon bavaricum Dinobryon divergens <u>Grønnalger</u> Golenkinia paucispina <u>Blågrønnalger</u> Gomphosphaeria naegeliana	<u>Kiselalger</u> Rhizosolenia eriensis Rhizosolenia longiseta Melosira granulata var. angustissima <u>Gullalger</u> Mallomonas elongata Synura uvella <u>Grønnalger</u> Dictyosphaerium pulchellum Gemellicystis neglecta <u>Blågrønnalger</u> Oscillatoria bornetii	<u>Kiselalger</u> Rhizosolenia eriensis Rhizosolenia longiseta Tabellaria fenestrata Synedra ulna <u>Gullalger</u> Mallomonas elongata Dinobryon sociale <u>Grønnalger</u> Gemellicystis neglecta Staurastrum paradoxum <u>Blågrønnalger</u> Oscillatoria bornetii	<u>Kiselalger</u> Rhizosolenia eriensis Tabellaria fenestrata Asterionella formosa Synedra ulna Fragilaria crotonensis <u>Gullalger</u> Mallomonas elongata Synura uvella Salpingoeca frequentissima <u>Grønnalger</u> Gemellicystis neglecta Nephrocytium limneticum Dictyosphaerium elegans <u>Blågrønnalger</u> Oscillatoria bornetii Oscillatoria bornetii f. tenuis
Antall identifiserte arter 42	Antall identifiserte arter 31	Antall identifiserte arter 33	Antall identifiserte arter 35	Antall identifiserte arter 35

Tabell 3.2. Solbergfoss. Observasjoner i gjennomstrømningsrenner. Mai - september 1995.

Dato	Miljøfaktorer	Fremtredende alger i begroingen	Merknader
19. mai	6.5°C Svakt turbid vann Vannfarge gulaktig	Fragilaria capucina Spirogyra cf. cylindrica Draparnaldia glomerata Batrachospermum vagum Oscillatoria bornetii Oscillatoria splendida	Frodig algevegetasjon Stor beiteaktivitet av invertebrater <i>Gammarus pulex</i> <i>Asellus aquaticus</i>
15. juni	8.3°C	(helt nedslammet begroingssamfunn)	Omfattende sedimenttransport Stor hormogonieutvikling
11. juli	14.6°C Klart vann Vannfarge gulaktig	Oscillatoria bornetii Cymbella delicatula Spirogyra spp.	Begroingssamfunnet sterkt avvikende fra det vanlige på denne årstid. Dominans av <i>Oscillatoria</i> og pennate kiselalger
12. august	15.4°C Klart vann Vannfarge gulaktig	Oscillatoria bornetii Oscillatoria splendida Fragilaria capucina Spirogyra spp.	Tydelig geosminlukt knyttet til begroingsorganismene
3. september	15.5°C Klart vann. Vannfarge gulaktig	Fragilaria capucina Spirogyra cf. cylindrica Tabellaria fenestrata Batrachospermum vagum Batrachospermum moniliforme Oscillatoria bornetii Oscillatoria splendida	Frodig algevegetasjon Masseforekomst av bryozooer (<i>Plumatella fruticosa</i> , <i>Cristatella mucedo</i>).

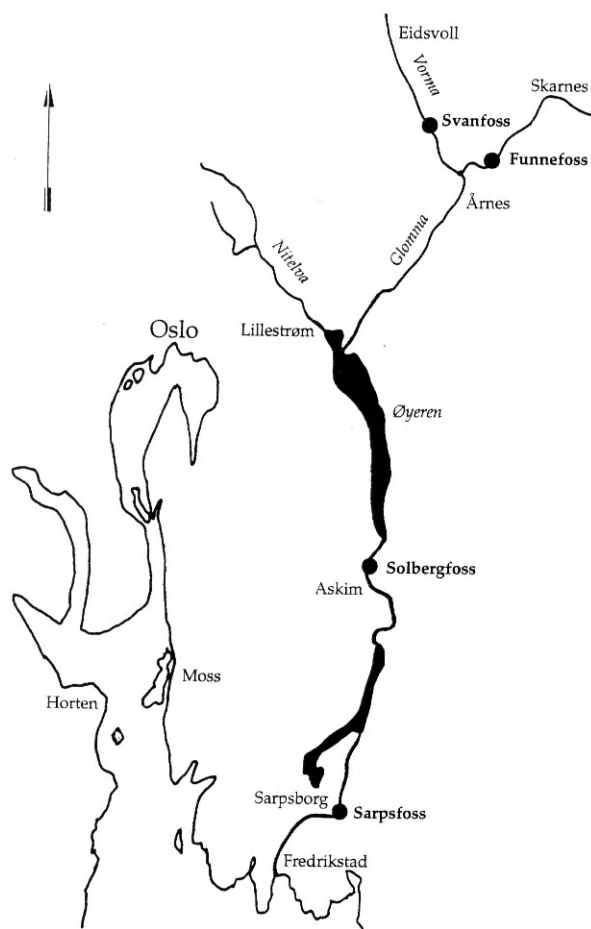
3.4 NIVAs intensivundersøkelser i Glomma og Vorma

NIVA etablerte 3. juni 3 automatiske vannprøvetakere i Glomma og én i Vorma (Figur 3.7) ved hhv.:

- Funnefoss
- Solbergfoss
- Sarpsfoss
- Vorma i Svanfoss

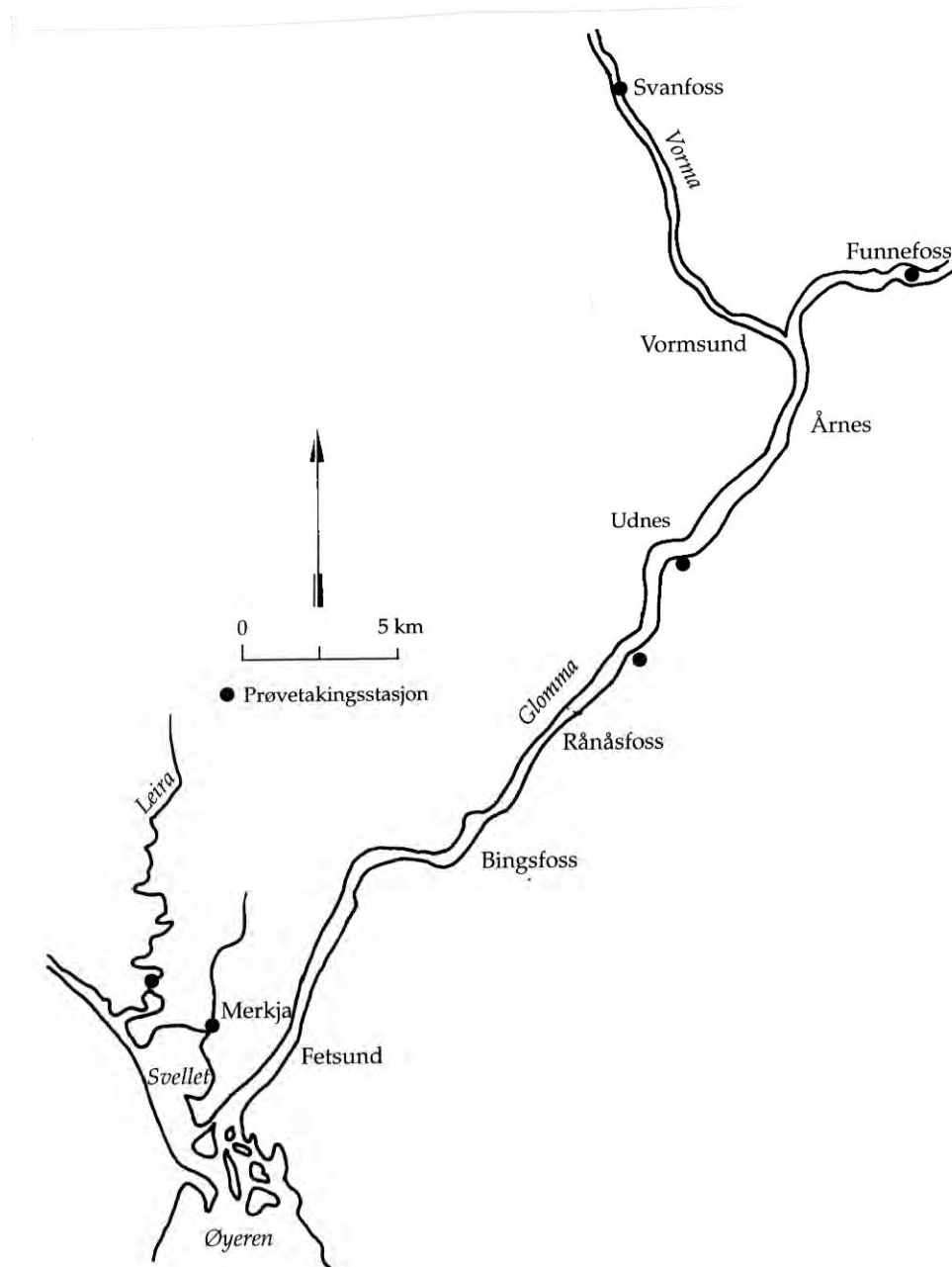
I Funnefoss ble prøvene tatt ved inntaksgrinda til kraftstasjonen, i Solbergfoss ble det tatt ut en delstrøm fra vannet til turbinene, mens det i Sarpsfossen ble tatt ut undervann fra Borregaard kraftstasjon på vestsida av elva. I Vorma ble prøvene tatt i østre del av hovedløpet.

Prøvetakerne ble i utgangspunktet stilt inn slik at de laget en blandprøve for 2 timer, dvs. at hver prøve besto av en blanding av to enkeltprøver med en times mellomrom. Dette skulle sikre god tidsoppløsning i vannkvaliteten gjennom de viktigste deler av flomforløpet. Etterhvert ble antallet blandprøver per døgn redusert noe. Tabellen på neste side viser antall blandprøver per døgn som ble analysert gjennom undersøkelsen. I første fase ble det tatt 12 blandprøver per døgn bestående av 2 delprøver (Funnefoss og Solbergfoss) eller 4 delprøver (Sarpsfoss og Vorma).



Figur 3.7. Kartskisse over prøvetakingsstasjoner i Glomma og Vorma

Det ble også tatt stikkprøver fra flere stasjoner for å teste for toksisitet og algevekstpotensiale (kapittel 3.4.5), se Figur 3.8.



Figur 3.8. Prøvetakingsstasjoner for analyser av toksisitet og algevekstpotensiale

Tabell 3.3. Prøvetakingshyppighet på de fire stasjonene i Glomma og i Vorma. Hver prøve var en blandprøve av flere delprøver med fast intervall.

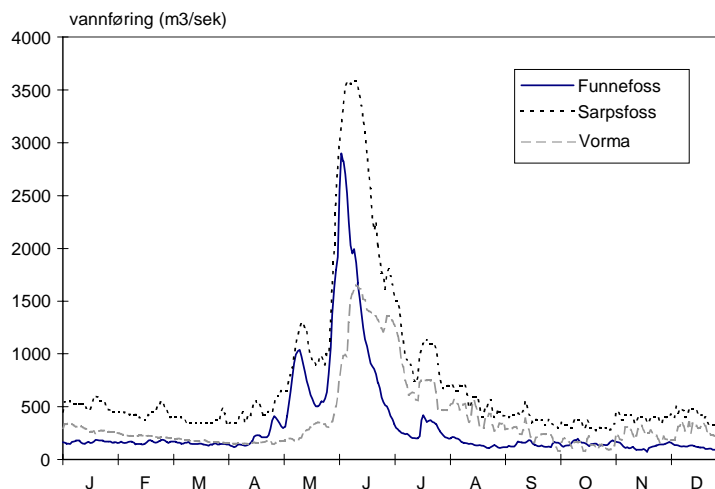
dato	antall prøver per døgn			
	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	12	12	12	12
04-jun	12	12	12	12
05-jun	12	12	12	12
06-jun	12	12	12	12
07-jun	12	12	12	1
08-jun	12	12	12	1
09-jun	12	12	12	1
10-jun	12	12	12	1
11-jun	12	12	12	1
12-jun	12	12	12	1
13-jun	12	12	12	1
14-jun	12	12	12	1
15-jun	12	12	12	1
16-jun	12	12	12	12
17-jun	12	12	12	4
18-jun	4	12	12	1
19-jun	4	4	4	1
20-jun	4	4	4	1
21-jun	4	4	4	1
22-jun	4	4	4	1
23-jun	4	4	4	1
24-jun	4	4	4	1
25-jun	4	4	1	1
26-jun	4	4	0	1
27-jun	4	4	0	1
28-jun	4	4	4	1
29-jun	4	4	4	1
30-jun	4	4	4	1
01-jul	4	4	4	1
02-jul	0	4	4	0
03-jul	0	4	4	0
04-jul	0	4	4	0

3.4.1 Vannføring

Vannføringen ved Funnefoss, Sarpsfoss og i Vorma er vist i Figur 3.9 og Figur 3.10. Vannføringen i Sarpsfossen var ubetydelig høyere enn i Solbergfossen i flomperioden. Det ble registrert en flomtopp allerede i begynnelsen av mai, men pga. kaldere vær avtok vannføringen igjen i to uker før et nytt mildvær satte inn i fjellet ca. 22. mai (se Tollan 1995).

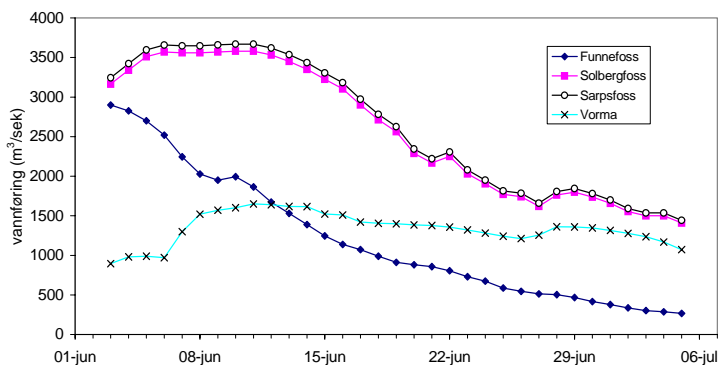
Det kan ikke uten videre angis statistisk gjentakshyppighet for så ekstreme flommer som den i 1995 fordi den foreliggende måleserien er for kort. Det er likevel gjort beregninger som anslår gjentakshyppigheten til å ligge i størrelsesorden 100-300 år i øvre deler av Gudbrandsdalslågen, Glomma og Trysilvassdraget og 50-100 år ved Elverum og i Øyeren (pers. medd. B.Erichsen, NVE).

Reguleringsprosenten i nedbørfeltet oppstrøms Funnefoss er bare ca. 8%.



Figur 3.9. Vannføring for hele 1995 fra Funnefoss, Sarpsfoss og Vorma (Ertesekken). Vannføringen i Solbergfoss var ubetydelig mindre enn i Sarpsfoss og er ikke tegnet inn (se figuren under). Data fra Glommen og Laagen Brukseierforening.

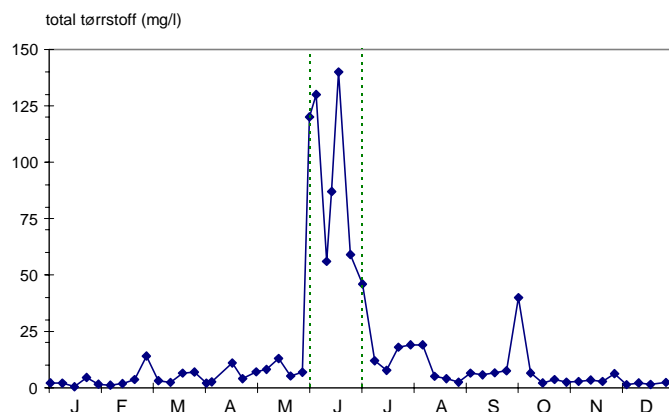
NIVAs måleprogram ble startet opp pinseaften 3. juni 1995, da det var klart at det faktisk var en storflom i Glommavassdraget. Vannføringene på de tre prøvetakingsstasjonene i Glomma og én i Vorma for den perioden denne undersøkelsen ble gjennomført er vist i Figur 3.10. Vannføringstoppen ved Funnefoss kulminerte allerede 3. juni med $2900 \text{ m}^3/\text{sek}$, mens en normal smelteflom i dette området er på omlag $1000 \text{ m}^3/\text{sek}$. Flomtoppen beveget seg gjennom Øyeren og nådde maksimale verdier i nedre Glomma (Solbergfoss) 11. og 12. juni med $3580 \text{ m}^3/\text{sek}$. Vannføringen i Svanfoss i Vorma ble sterkt dempet i forhold til Gulbrandsdalslågen pga. magasinering og fordrøying i Mjøsa. I tillegg er utløpet av Mjøsa til en viss grad regulert ved Svanfoss.



Figur 3.10. Midlere daglig vannføring (m^3/sek) i Vorma og på 3 stasjoner i Glomma i undersøkelsesperioden 3. juni - 5. juli. Data fra Glommen og Lågen Brukseierforening.

3.4.2 Partikler (tørrstoff og turbiditet)

Glomma i Østerdalen hadde høyt partikkelinnhold under flommen pga. erosjon av elveleiet, landbruksarealer og elvenære løsmasser. Figur 3.11 viser resultatene av ANØs ukesblandprøver fra Bingsfoss for hele året 1995. Verdiene viser to markerte toppe i juni i forbindelse med flommen (mellom de stiplede vertikale linjene). Ved blandprøver for hele uker vil selvsagt flomtoppene ble dempet noe i forhold til mer kontinuerlige målinger. Maksimale konsentrasjoner av tørrstoff var ved denne undersøkelsen ca. 140 mg/l, mens de i de fem første månedene i 1995 stort sett var lavere enn 15 mg/l.



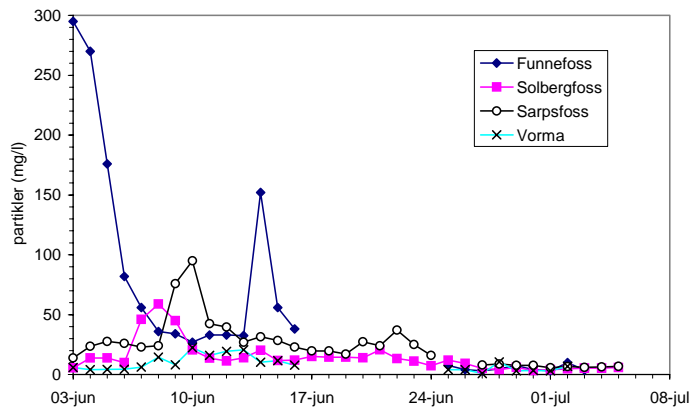
Figur 3.11. Total tørrstoff (ukesblandprøver) målt i Bingsfoss av Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ). Juni måned er avgrenset med vertikale stiplede linjer.

NIVAs resultater av partikkelinnhold i døgnblandprøvene ved Funnefoss er vist i Figur 3.12. Ved høyeste målte verdi, 295 mg/l den 3. juni, var vannet kraftig gråbrunt (se forsidebildet) med stor transport av finmateriale, men også trær og røtter, bygningsmaterialer ol. Vannhenterne som gir grunnlaget for våre analyser av partikler og næringsstoffer, tar bare svevepartikler som kan suges opp gjennom en tynn slange (0.5’’).

Maksimal partikkelkonsentrasjon nedenfor Øyeren (Solbergfoss) var bare 20% av målt maksimalverdi i Funnefoss: 59 mg/l 8. juni, dvs. 5 døgn senere enn i Funnefoss (Figur 3.12). “Partikkeltoppen” brukte så 4 dager på strekningen videre ned til Sarpsfossen og hadde økt til 95 mg/l. Dette indikerer at erosjonen også var betydelig nedenfor Solbergfossen.

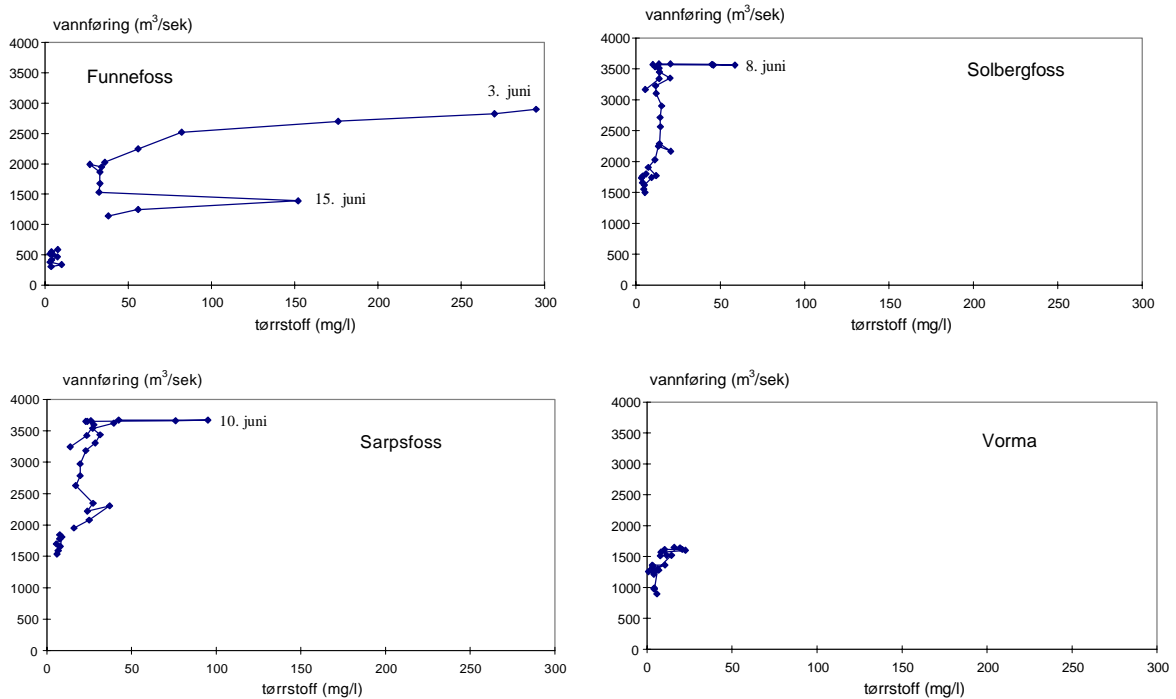
Partikler fra Gudbrandsdalslågen ble observert i relativt høye konsentrasjoner i nordre deler av Mjøsa og langs vestre deler sørover i Mjøsa (se kapittel 3.2). En skulle ha ventet at dette ville føre til høyere konsentrasjoner av partikler i Vormå sent i juni enn det vi observert. Forholdet skyldes at partiklene ble tynnet ut og delvis sedimentert i søndre deler av Mjøsa, men det er også sannsynlig at sørlige vinder har holdt tilbake overflatevannet noe og presset opp klarere vann fra større dyp mot Vormå.

En ny topp i partikkelinnholdet ved Funnefoss ble registrert i døgnblandprøver fra 14. juni på hele 152 mg/l (Figur 3.12). En topp av omtrent samme størrelse ble også observert i ukesprøvene til ANØ (Figur 3.11). Vi antar at dette har sammenheng med et dambrudd i Møklebysjøen (Søkkunda-dammen) nord for Rena, antakelig natta mellom 11. og 12. juni. Dette forårsaket kraftig utvasking av finkornet morenemasse i dalen nedenfor (Jim Bogen, NVE, pers. medd.) som altså har nådd Funnefossen ca. 3 døgn senere. Vi observert også mer grumsete og brunere vann i Glomma ved Elverum etter dambruddet enn ved den maksimale flomtoppen som kom tidligere. Figur 3.12 antyder også mindre toppe etter hhv. 7 og 8 døgn i Solbergfossen og Sarpsfossen som kan ha sammenheng med denne episoden.



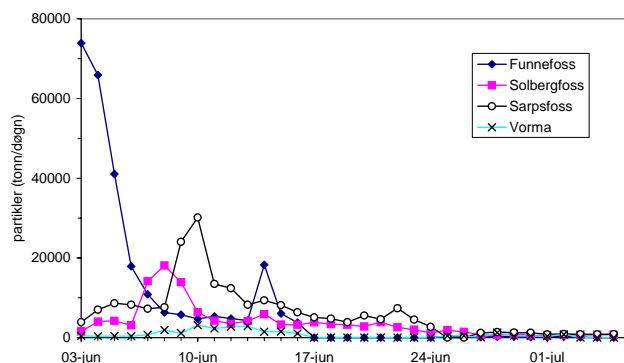
Figur 3.12. Døgnmiddelverdier av partikkelkonsentrasjon (TSM) i mg/l.

Variasjoner i partikkelinnhold i forhold til vannføringen er vist i Figur 3.13. Vi har ikke fått med de tidlige faser av flommen ved Funnefoss, da vannstanden var økende og da en kan vente de høyeste verdiene, men fortynningsfasen etter kulminasjonen den 3. juni er tydelig.



Figur 3.13. Total tørrstoff ved varierende vannføring

Beregnet transport av partikler er vist i Figur 3.14. Størst partikkeltransport ble målt den 3. juni med vel 70.000 tonn partikler per døgn, noe som tilsvarer nesten 1 tonn partikler per sekund.



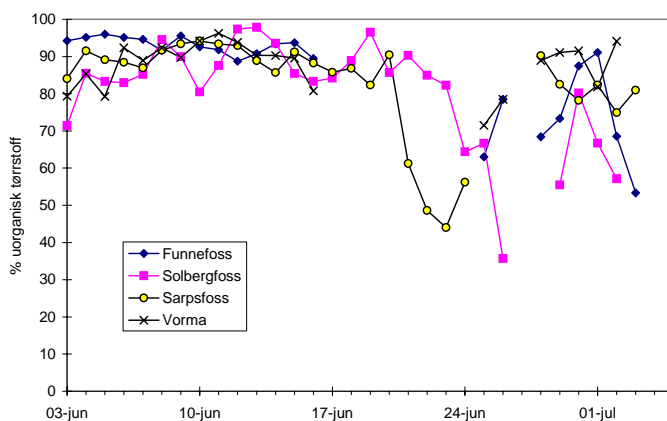
Figur 3.14. Partikkeltransport (tonn TSM/døgn) i Vorma og på 3 stasjoner i Glomma.

Samlet partikkeltransport ved de fire målestasjonene for juni måned (egentlig 3. juni-3. juli) er vist i Tabell 3.4. Transporten er klart størst i Funnefoss, med omlag 280.000 tonn partikler, til tross for at vannmengden lenger ned i vassdraget var betydelig større i perioden (Figur 3.9). Omtrent 60% av partiklene som ble tilført Øyeren fra Glomma og Vorma, dvs. nesten 200.000 tonn, ble holdt tilbake i innsjøen i løpet av en måned. Et annet forhold som fortjener oppmerksomhet er at partikkeltransporten økte sterkt (ca. 70%) på strekningen mellom Solbergfoss og Sarpsfoss (Tabell 3.4). Transporten av partikler over Svanfoss var bare ca. 10% av mengden over Funnefoss.

Tabell 3.4. Transport av partikler (tonn) ved de fire målestasjonene i 30 dager (3.juni-2. juli).

	3. juni-3. juli
Funnefoss	281.680
Solbergfoss	119.483
Sarpsfoss	203.047
Svanfoss (Vorma)	28.892

Partiklene besto hovedsakelig av uorganisk materiale, spesielt i den første halvdel av juni (Figur 3.15). Da den totale partikkeltransporten avtok senere i måneden økte også andelen organisk stoff i partiklene. Den store endringen med høyere andel organisk materiale i Sarpsfossen i perioden 21. - 25. juni blir diskutert i kapittel 3.5.

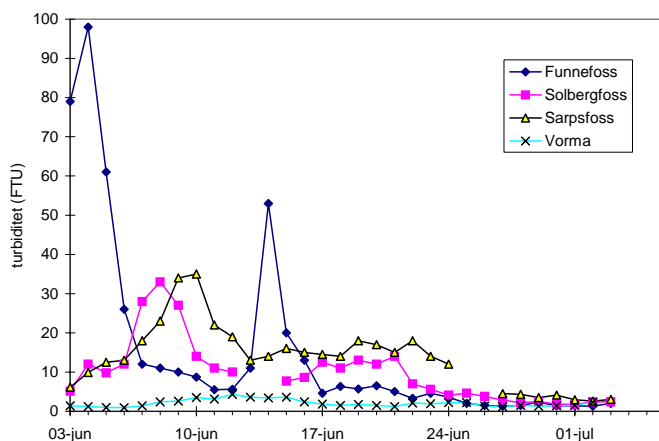


Figur 3.15. Andel uorganisk materiale (%) av totalt tørrstoff.

Turbiditet

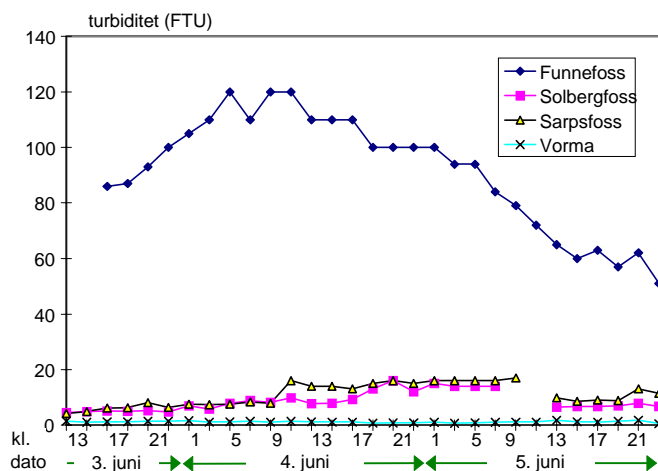
Turbiditeten er et indirekte mål for partikkelinnholdet i vannet. Høyeste registrerte verdi i døgnblandprøvene var 98 FTU den 4. juni (Figur 3.16). Maksimal turbiditet ble observert på de to stasjonene nedstrøms Øyeren hhv. den 8. og 10. juni.

Den markerte toppen den 14. juni i Funnefossen kan også spores med svakere topper i Solbergfossen og Sarpsfossen hhv. 21. og 22. juni.



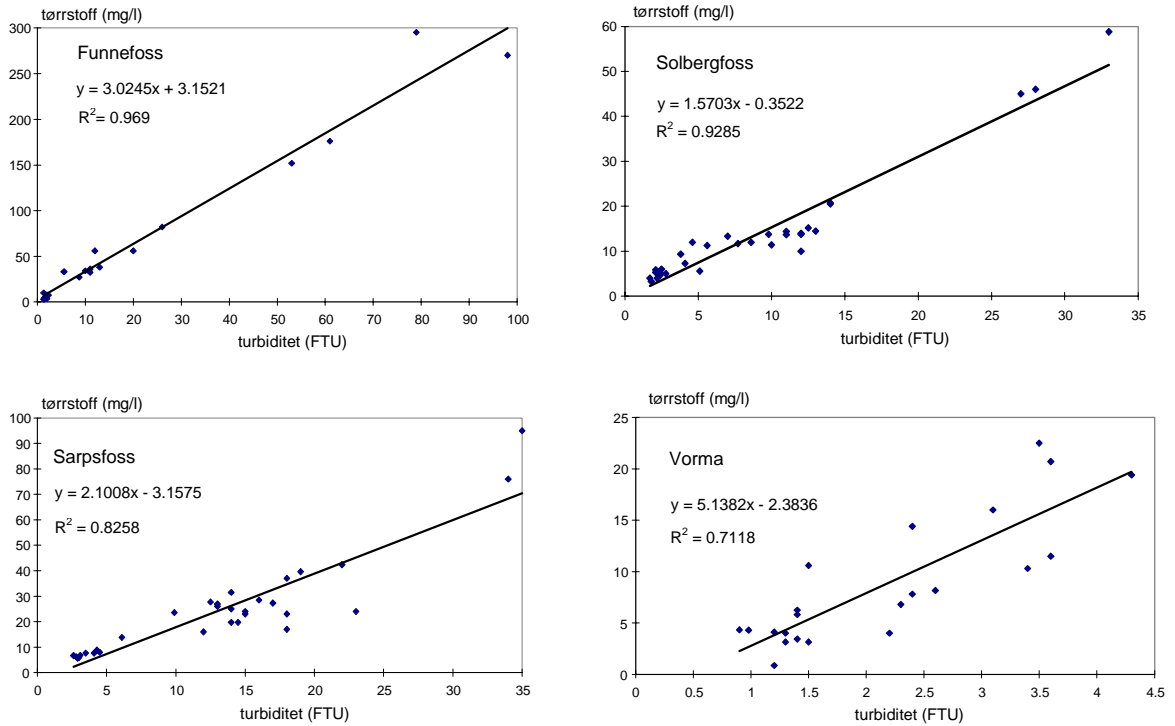
Figur 3.16. Døgnmiddelverdier av turbiditet (FTU)

Figur 3.17 viser mer detaljert variasjonene i turbiditeten på de fire stasjonene gjennom perioden 3.-5. juni. Enkeltverdiene i Funnefossen viser naturlig nok noe høyere maksimalverdier enn døgnmiddelverdiene, med 120 FTU 4. juni om formiddagen. Verdiene avtar deretter jevnt for å halveres etter ca. ett døgn.



Figur 3.17. Turbiditet. Detaljer fra situasjonen de første døgnene av flommen (3.-5. juni). Blandprøver fra hver annen time.

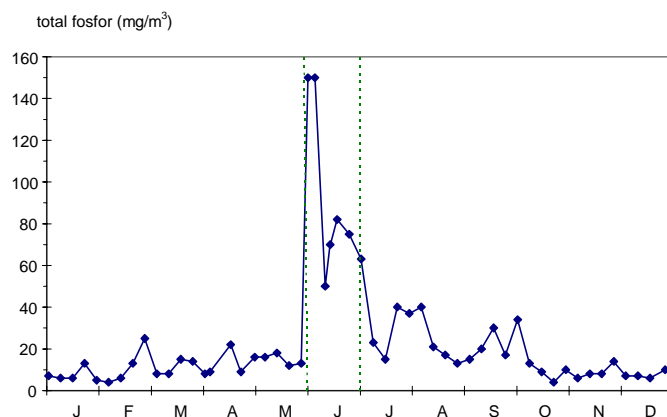
Figur 3.18 viser sammenhengen mellom turbiditet og total partikkelkonsentrasjon på de fire stasjonene. Regresjonslinjene viser betydelige forskjeller i stigningsforhold. Dette viser at partikkelsammensetningen på stasjonene var ganske forskjellig, også tatt i betraktning de store forskjellene i maksimale konsentrasjoner.



Figur 3.18. Sammenhenger mellom turbiditet og total tørrstoff i døgnmiddelverdier fra de fire stasjonene. NB! Forskjellig skala på x-aksene.

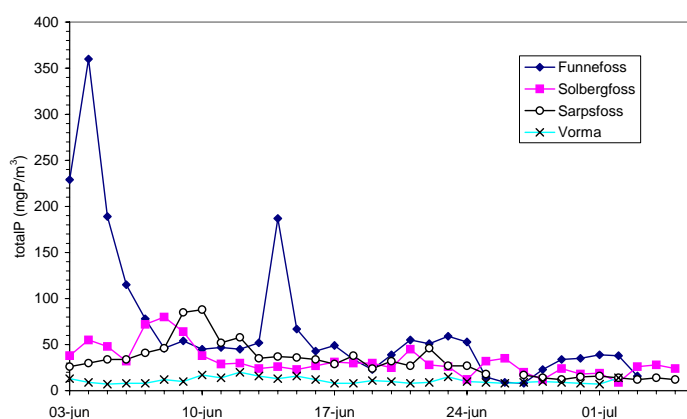
Fosfor og nitrogen

ANØs målinger de første månedene av 1995 viser før flommen svakt økende P-verdier fra mindre enn 10 mgP/m³ ved årsskiftet til 15-20 mgP/m³ i mai måned. Konsentrasjonen steg deretter raskt i første fase av flommen til 150 mgP/m³ og avtok utover i juli.

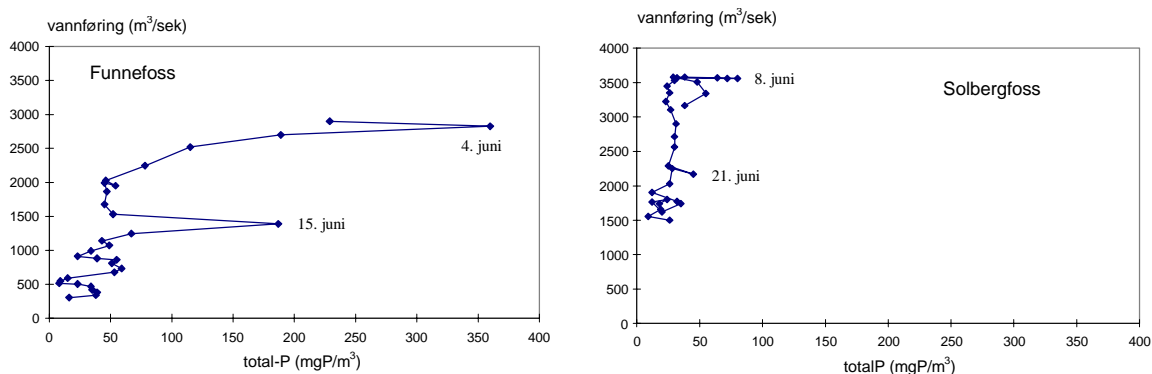


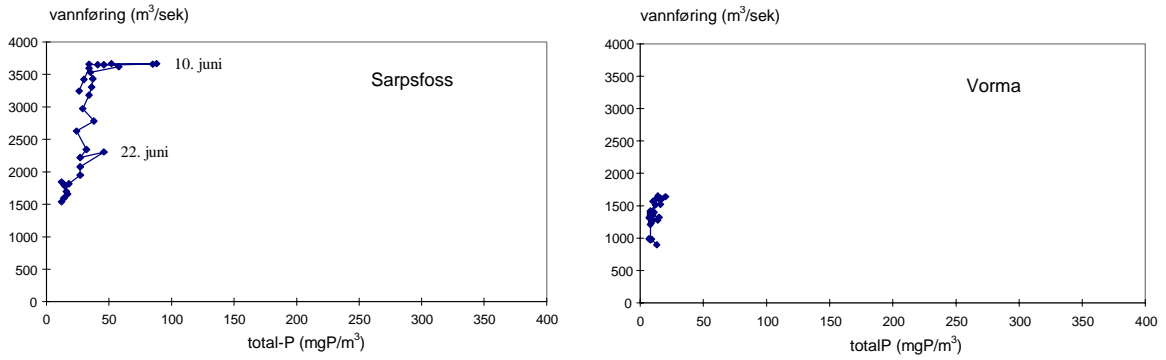
Figur 3.19. Total fosfor (ukesblandprøver) målt i Bingsfoss av Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ). Juni måned er avgrenset med vertikale stiplede linjer.

NIVAs døgnmiddelverdier viser en markert topp 4. juni med 360 mgP/m³ og en sekundærtopp 15. juni med 200 mgP/m³. Den sistnevnte faller sammen med tidspunktet for sekundærtoppen i partikkelinnhold (Figur 3.13). Svakt økte verdier er også antydnet på stasjonene nedstrøms Øyeren hhv. 7 og 8 dager senere.



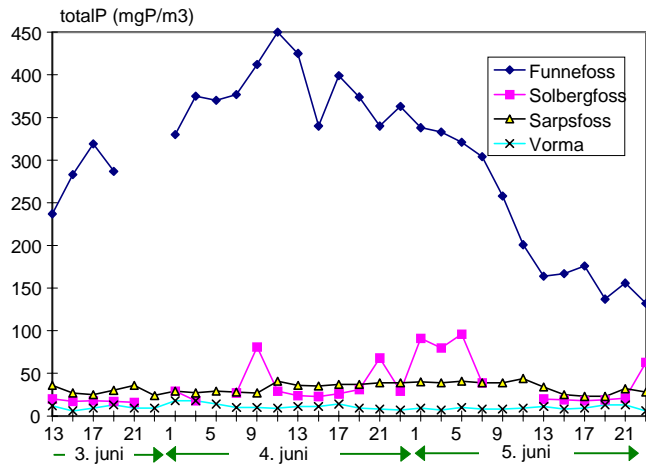
Figur 3.20. Fosforkonsentrasjon (døgnmiddelverdier) mgP/m³.





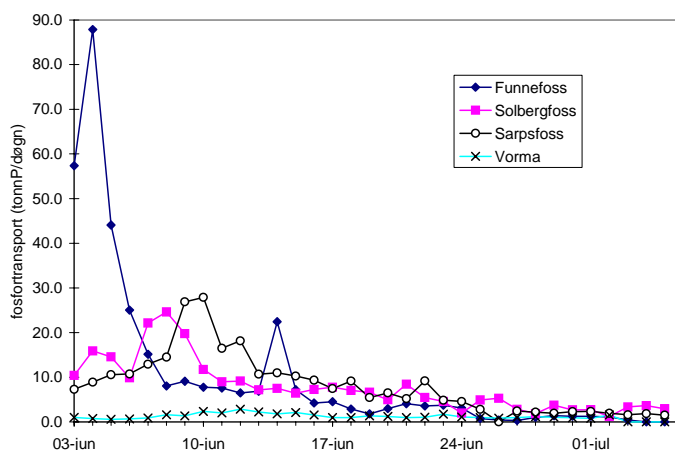
Figur 3.21. Fosforkonsentrasjon ved varierende vannføring

NIVAs enkeltprøver gjennom perioden 3.-5. juni er vist i Figur 3.22. Den høyeste registrerte verdien i Funnefoss var 450 mgP/m³ om formiddagen 4. juni (kl. 11).



Figur 3.22. Total fosfor. Detaljer av situasjonen de første døgnene av flommen (3.-5. juni). Prøver hver annen time.

Transporten av fosfor er vist i Figur 3.23. Maksimal transport av fosfor i Funnefoss var 90 tonn/døgn, dvs. vel 4 tonn/t. I Solbergfoss og Sarpsfoss var de maksimale transportene 25-30 tonn/døgn dvs. ca. 1tonn/t.



Figur 3.23. Fosfortransport (tonn P/døgn) i Vorma og på 3 stasjoner i Glomma.

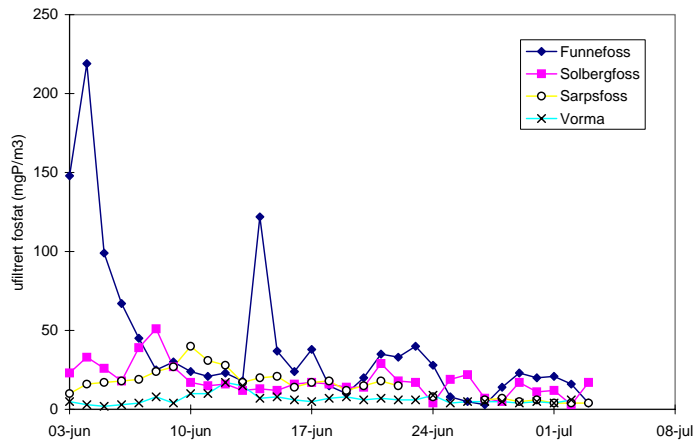
I juni måned (egentlig 3. juni - 3. juli) ble det transportert 343 tonn fosfor forbi Funnefoss ned mot Øyeren. Når en tar hensyn til bidraget fra Vorma, kan en beregne at ca. 135 tonn fosfor blir igjen i Øyeren, dvs. ca. 35% av det tilførte. Dette er forholdsvis mye mindre andel enn den mengden partikler som holdes tilbake i innsjøen, fordi at de groveste partiklene som sedimenterer i innsjøen har lavt fosforinnhold. Transporten over Svanfoss var ca. 10% av transporten i Funnefoss. Det er verdt å merke seg at transporten over Sarpsfossen var noe større enn over Solbergfossen.

Tabell 3.5. Transport av fosfor i tonn ved de fire målestasjonene i fire dager under maksimal transport (3.-6. juni) og i 30 dager (3.juni-2. juli).

	3. juni-3. juli
Funnefoss	343.5
Solbergfoss	247.4
Sarpsfoss	263.8
Svanfoss (Vorma)	39.4

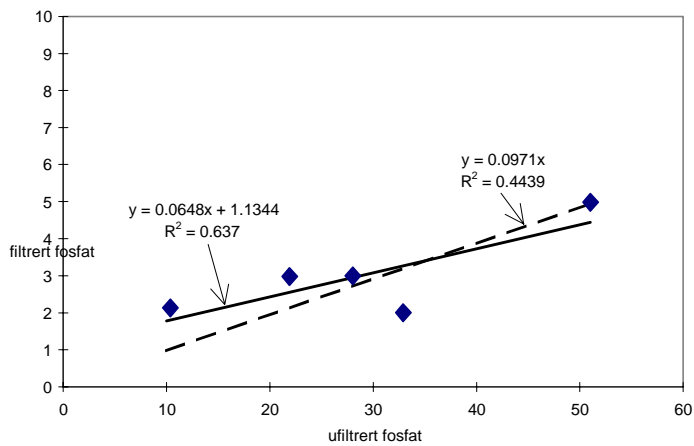
Ved denne undersøkelsen benyttet vi rutinemethoden for analyse av fosfat uten forfiltrering. Dette var uheldig ved så ekstreme partikkelkonsentrasjoner fordi det høye partikkelinnholdet under slike forhold gir for høye verdier og gjør at resultatene ikke er direkte sammenliknbare med andre måleserier. Ved den valgte metoden kan en vente å få betydelig høyere verdier enn om en hadde analysert filtrerte prøver, fordi fosfat adsorbert til partiklene vil frigjøres ved surgjøring, og fordi partikler i prøven er sammenliknet med en "nullprøve" med destillert vann. Vi må derfor anta at de fremstilte verdiene er betydelig høyere enn det som var biologisk tilgjengelig.

Vi presenterer likevel resultatene uten kommentar i Figur 3.24.



Figur 3.24. Ufiltrert fosfatkonsentrasjon (døgnmiddelverdier) mgP/m^3 .

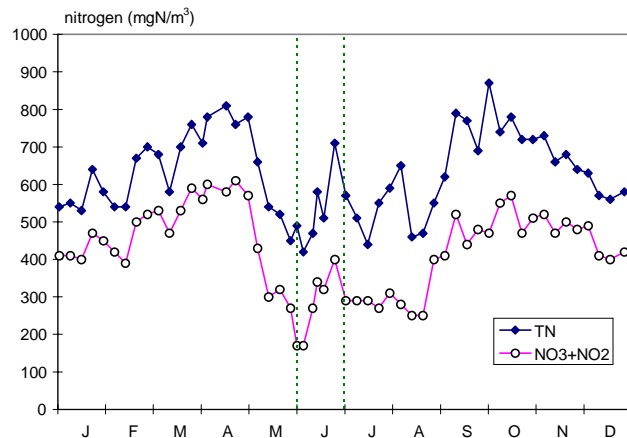
For å kunne korrigere for at hoveddelen av fosfatanalysene ble gjennomført på ufiltrert vann har vi under stilt sammen de få dataene vi har der både filtrerte og ufiltrerte fosfatanalysen ble utført (Figur 3.25). Disse prøvene er fra tre av hovedstasjonene. Vi har ingen garanti for at disse er representative for hele perioden, men kan ut fra dette antyde at filtrerte verdier lå i størrelsesorden 5-10% av ufiltrerte verdier.



Figur 3.25. Samtidige analyser av filtrert og ufiltrert fosfat (mgP/m^3) fra Sarpsfoss (3 prøver), Funnefoss (1 prøve) og Vorma (1 prøve). Lineær tilpasning av to kurver, hhv. beste tilpasning (heltrukket) og gjennom nullpunktet (stiplet).

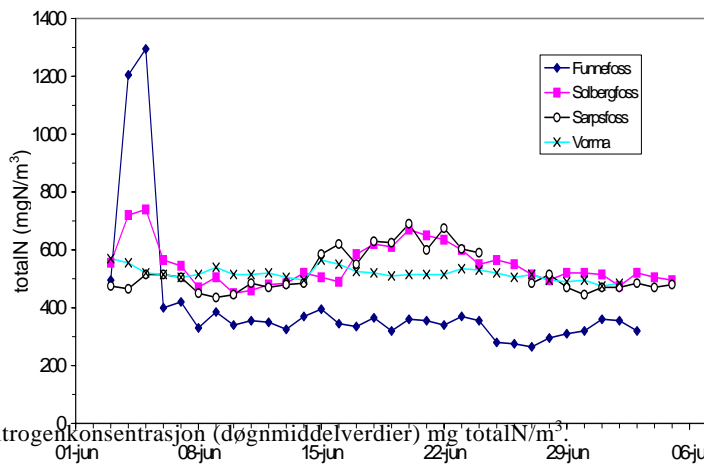
Nitrogen

Konsentrasjonen av totalN og nitrat i Bingsfoss var lavere under og like etter flommen enn i resten av året ifølge ANØs resultater (Figur 3.26), pga. stor fortynning. Differansen mellom disse to parametrene, som består av partikulært bundet N og organisk løst N, holder seg ganske konstant gjennom hele året.

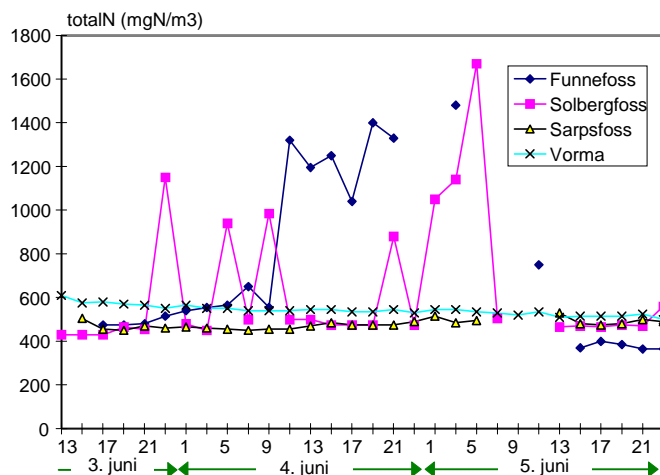


Figur 3.26. Total nitrogen og nitrat (ukesblandprøver) målt i Bingsfoss av Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ). Juni måned er avgrenset med vertikale stiplede linjer.

For totalN registrerte vi små variasjoner i døgnmiddelkonsentrasjon i juni (Figur 3.27) bortsett fra høyere verdier i to dager under flomtøppen i Funnefoss. Noe forhøyede verdier samme dager i Solbergfoss kan vi ikke se noen umiddelbar forklaring på. Konsentrasjonene nedenfor Øyeren var tydelig høyere enn ovenfor, trolig pga. utvasking fra landbruksarealer.

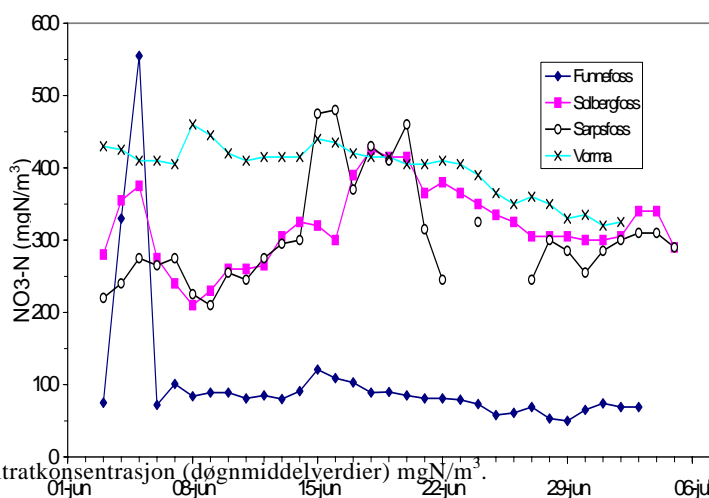


Figur 3.27. Nitrogenkonsentrasjon (døgnmiddelverdier) mg totalN/m³.

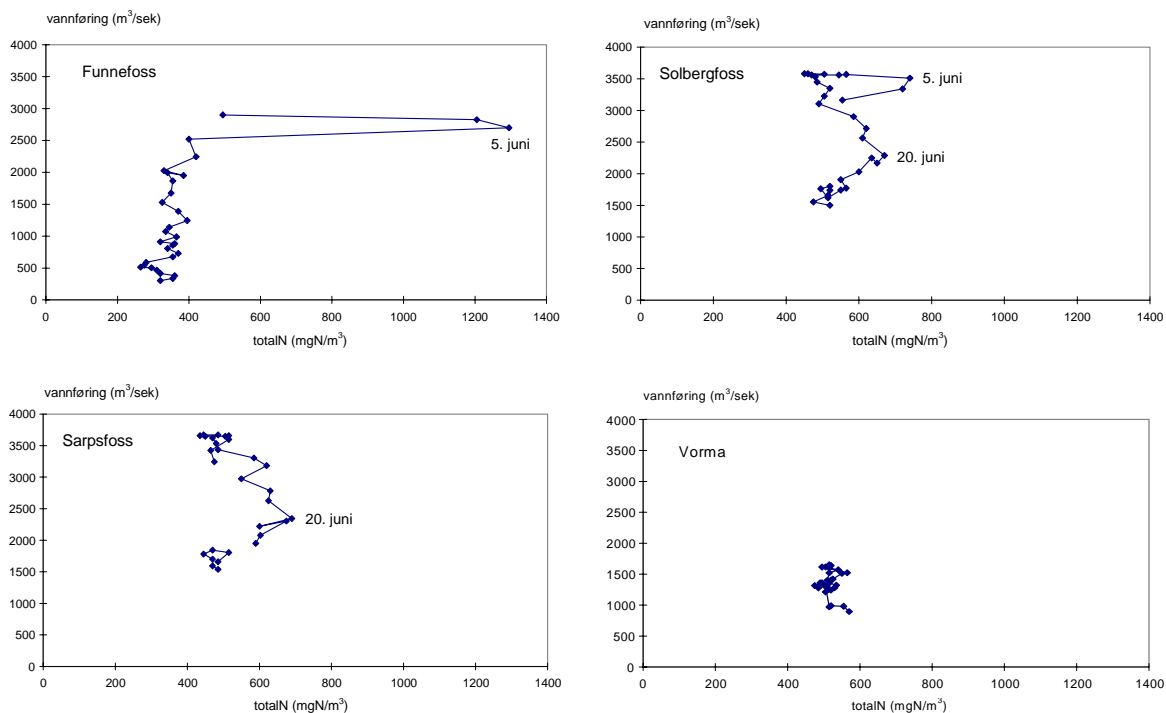


Figur 3.28. Total nitrogen. Detaljer av situasjonen de første døgnene av flommen (3.-5. juni). Prøver hver annen time.

Forskjellene i nitratkonsentrasjoner var betydelig større enn for total nitrogen (Figur 3.29). Konsentrasjonen i Vormå som representerer vårkonsentrasjonen i Mjøsa, lå jevnt over høyest med ca. 400 mgN/m³, mens Funnefoss lå lavest med rundt 100 mgN/m³. Konsentrasjonen i Glomma nedenfor Øyeren økte utover i juni. Dette kan bare delvis forklares ut fra konsentrasjonene i Vormå fordi vannmengdene derfra utgjorde en beskjedne andel. Forklaringen må ligge i betydelige tilførsler fra landbruksarealer nedstrøms Funnefoss.

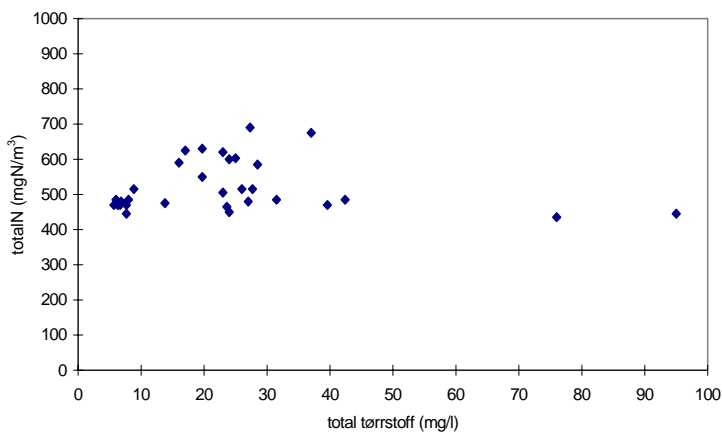


Figur 3.29. Nitratkonsentrasjon (døgnmiddelverdier) mgN/m³.



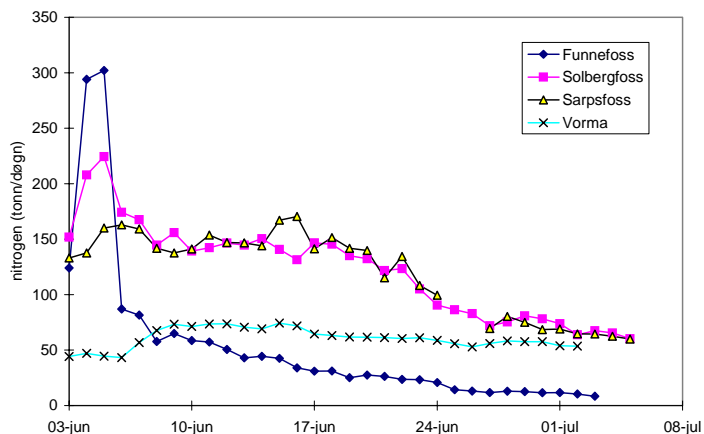
Figur 3.30. Nitrogenkonsentrasjon ved varierende vannføring

Konsentrasjonen av nitrogen viser ingen systematiske variasjoner med vannføring (Figur 3.31).



Figur 3.31. Nitrogenkonsentrasjon ved varierende partikkelinnhold i Sarpsfossen

Transporten av nitrogen for juni måned (egentlig 3. juni - 3. juli) er vist i Tabell 3.6. Transporten i Funnefoss og Vormå tilsammen er omtrent den samme som ble målt nedstrøms Øyeren, dersom en også tar hensyn til nitrogentilførsle fra Nitelva, Leira oa., dvs. at Øyeren ikke holder tilbake nitrogen. Dette er slik en kunne vente siden nitrogenet i stor grad transporteres i løst form som nitrat, nitritt og evt. ammonium. Det biologiske opptaket av disse forbindelsene i Øyeren var beskjedent i den aktuelle perioden.



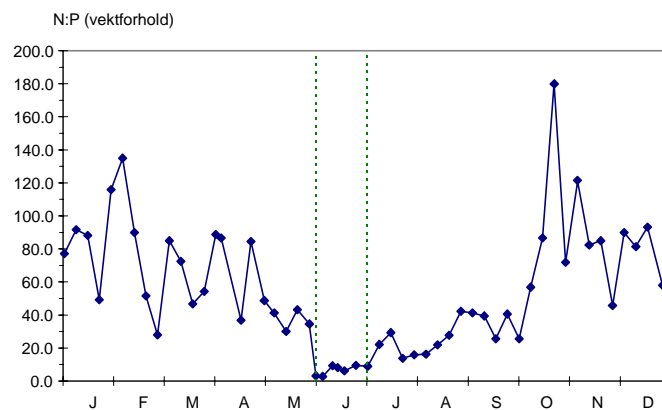
Figur 3.32. Nitrogentransport (tonn/døgn)

Tabell 3.6. Transport av nitrogen i tonn ved de fire målestasjonene i fire dager under maksimal transport (3.-6. juni) og i 30 dager (3.juni-2. juli).

	3. juni-3. juli
Funnefoss	1648
Solbergfoss	3835
Sarpsfoss	3561
Svanfoss (Vorma)	1819

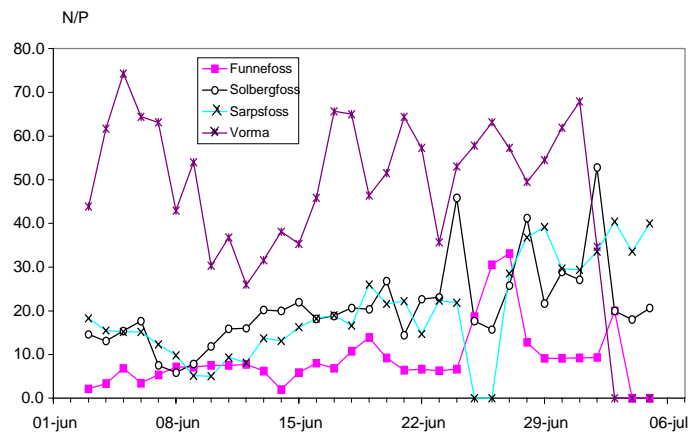
N:P-forhold

Vektforholdet mellom nitrogen og fosfor i Bingsfoss (Figur 3.33) var svært lavt under flommen (mindre enn 20) og vesentlig lavere enn i resten av året.

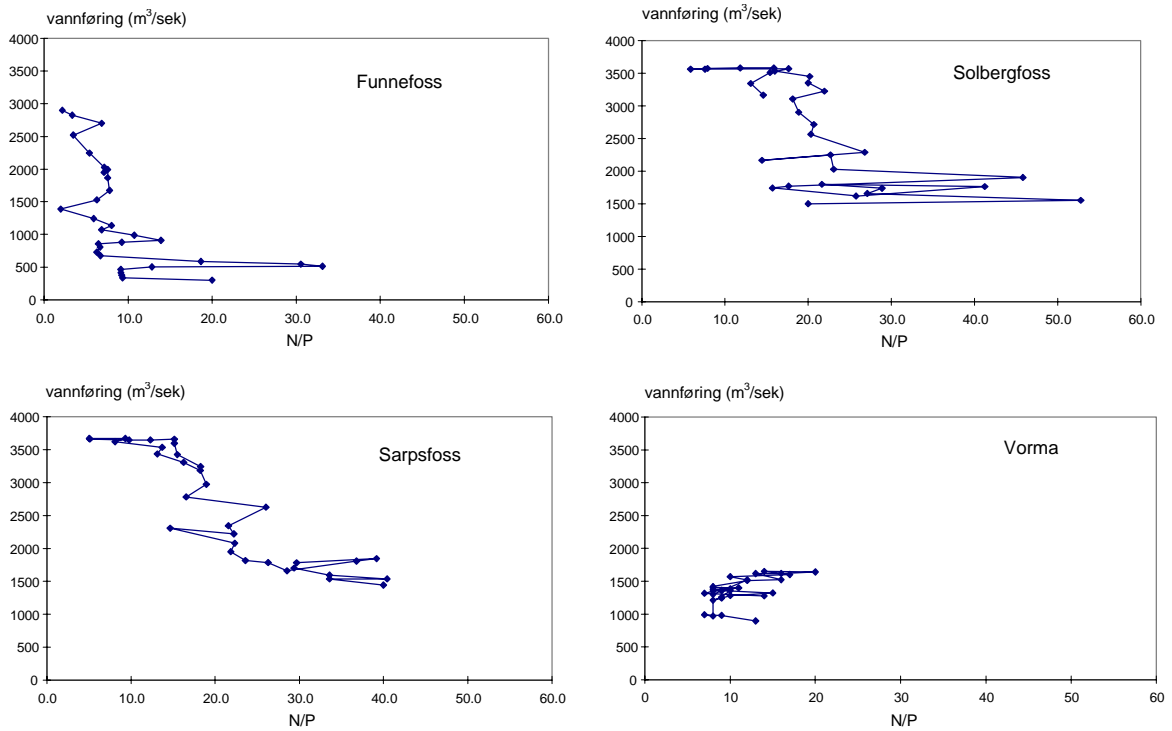


Figur 3.33. N:P-forhold (ukesblandprøver) målt i Bingsfoss av Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ). Juni måned er avgrenset med vertikale stiplede linjer.

NIVAs målinger av N:P-forhold i juni er vist i Figur 3.34. Funnefoss viser lave verdier, men disse øker nedover kraftig i vassdraget. Spesielt er verdiene i Sarpsfossen høyere, og faktisk nesten dobbelt så høye som i Solbergfossen. Dette viser at det må ha vært betydelig sedimentasjon av fosfor og tilførsel av nitrogen nedenfor Solbergfossen under flommen.



Figur 3.34. N/P forholdet

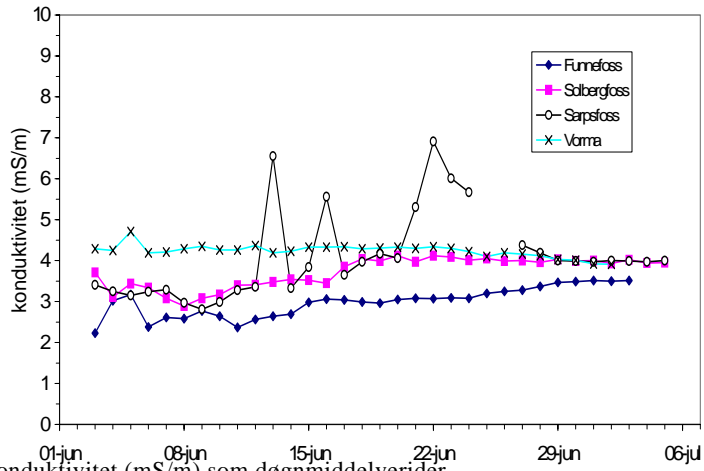


Figur 3.35. N:P-forhold ved varierende vannføring

Det ser ut til at N/P-forholdet avtar systematisk med økenda vannføring i Glomma. Dette er hovedsakelig styrt av at fosforkonsentrasjonen øker. I Vorma er ikke forholdet tilsvarende.

3.4.3 Konduktivitet

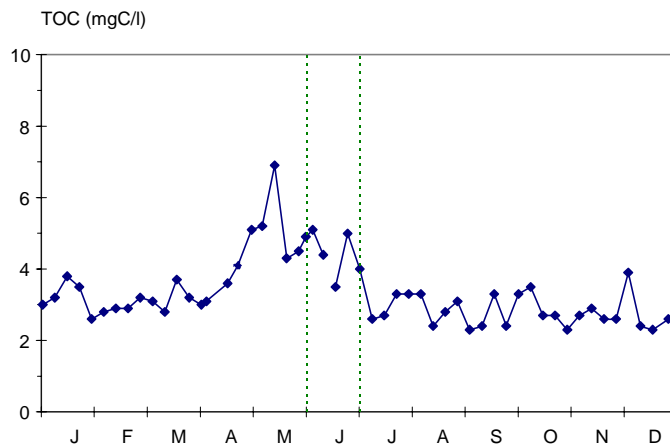
Det totale ioninnholdet i Glomma og Vorma målt som konduktivitet var ganske stabilt gjennom flomforløpet. Bare enkelttopper i Sarpsfossen indikerer kraftig utvasking av ionerikt materiale. Dette mønsteret avviker fra tidligere erfaringer da konduktiviteten har økt underførste del av flommen.



Figur 3.36. Konduktivitet (mS/m) som døgnmiddelverider

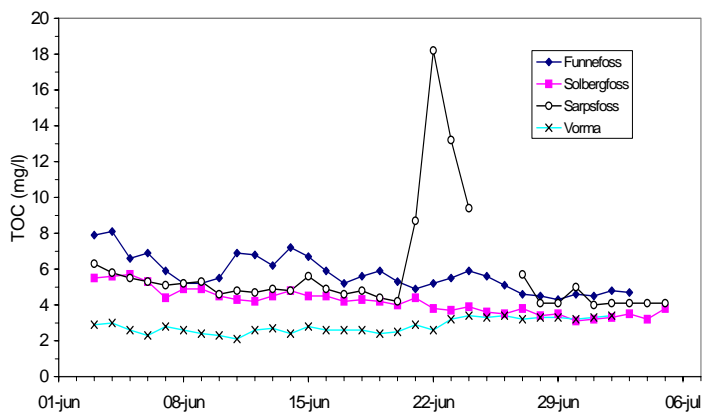
3.4.4 TOC og organisk tørrstoff

Konsentrasjonen i Bingsfoss var høyest like før storflommen i 1995 med ukesmiddelverdier opp til 7 mg/l (Figur 3.37).



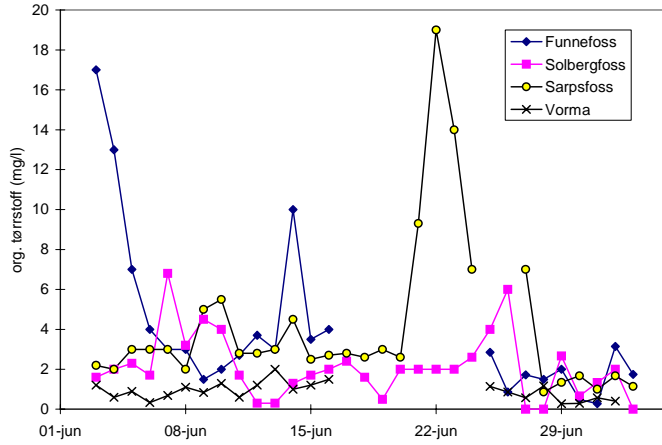
Figur 3.37. Total organisk karbon (ukesblandprøver) målt i Bingsfoss av Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ). Juni måned er avgrenset med vertikale stiplede linjer.

Døgnmiddelverdiene av TOC varierte svært lite gjennom flommen på samtlige stasjoner (Figur 3.38). Det eneste avviket finner vi i Sarpsfossen rundt 22. juni med en topp opp mot 19 mg/l. Dette har trolig sammenheng med at kraftstasjonen ble stoppet i denne perioden og at prosessvann fra Borregaard slo tilbake mot der prøvetakeren sto. Tilsvarende ble ikke målt over Sarpsfossen (se kap. 3.5).



Figur 3.38. Total organisk karbon (mgC/l)

Den organiske andelen av det partikulære materialet er ganske liten (se Figur 3.13 og Figur 3.39). Utenom flomtoppene da vi registrerte verdier opptil nesten 20 mg/l organisk tørrstoff, lå verdiene på rundt 2-5 mg/l.



Figur 3.39. Organisk tørrstoff (mg/l) som døgnmiddelverdier

3.4.5 Stikkprøver av toksisitet og algevekstpotensiale

Under flommen ble det fra miljøvernmyndigheter uttrykt bekymring for at vannstanden enkelte steder kunne tenkes å komme over registrerte og uregistrerte avfallsfyllinger langs Glommavassdraget. Som en enkel test på om det forekom stoffer i vassdraget som kan ha hatt innvirkning på livet i elva gjennomførte NIVA en serie med enkle algetester. 6 prøver ble samlet inn i perioden 9. juni til 19. juni fra Sarpsfoss, og 13. juni ble det i tillegg samlet inn prøver fra 6 andre stasjoner (Figur 3.8). Kjemisk analyse av de løste fraksjonene av fosfor og nitrogen skal kunne gi et grovt bilde av hvor mye algene har tilgjengelig av de to viktigste vekstbegrensende elementene. For å få et mer nøyaktig mål er det nødvendig å utføre såkalte algevekstpotensialmålinger (Skulberg 1964). Testene ble gjennomført slik at vi også fikk et mål for algevekstpotensialet i elvevannet, dvs. at vi kunne beregne hvor mye algetilgjengelig fosfor og nitrogen vi hadde i prøvene.

Vannprøvene ble filtrert gjennom glasfiberfiltre, Whatman GF/A og delt i 4 delprøver. Til disse ble det gjort følgende tilsetninger:

- 1: ingen
- 2: 50 µg P/l som K_2HPO_4
- 3: 500 µg N/l, som $NaNO_3$
- 4: fullt næringsmedium for alger (5% Z8)

Hver av delprøvene ble fordelt på tre glasskolber og podet med testalgen *Selenastrum capricornutum* som på forhånd var sultet i et medium med lavt innhold av N og P. Kolbene ble inkubert i kontinuerlig belysning på et gyngbord og veksten av alger registrert ved telling av celleantall med en elektronisk partikkelteller etter 2, 3, 4 og 5 døgn og deretter ca. annenhvert døgn til de sluttet å vokse.

Det maksimale celleutbyttet i delprøve nr. 1, uten tilsetninger, er et mål på prøvens vekstpotensial for alger (AGP). I delprøve 2, hvor P er tilsatt, kan man regne med at utbyttet er bestemt av N-innholdet og celleutbyttet er bestemt av prøvens innhold av biologisk tilgjengelig N. På tilsvarende måte gir delprøven tilsatt N indikasjon på innholdet av biologisk tilgjengelig P. Testopplegget er tidligere kalibrert for måling av biologisk tilgjengelig P (Källqvist og Berge 1990). Biologisk tilgjengelig N ble beregnet teoretisk fra kjennskap om algebiomassens innhold av N.

For delprøve 4 med tilsetning av fullt næringsmedium ble veksthastigheten i den eksponensielle vekstfasen (dag 2-5) beregnet og sammenlignet med veksthastigheten i en kontrollkultur med samme vekstmedium i destillert vann. Eventuell reduksjon av veksthastigheten i forhold til kontrollkulturen indikerer at prøven inneholder veksthemmende (toksiske) stoffer.

Resultatene er samlet i Tabell 3.7.

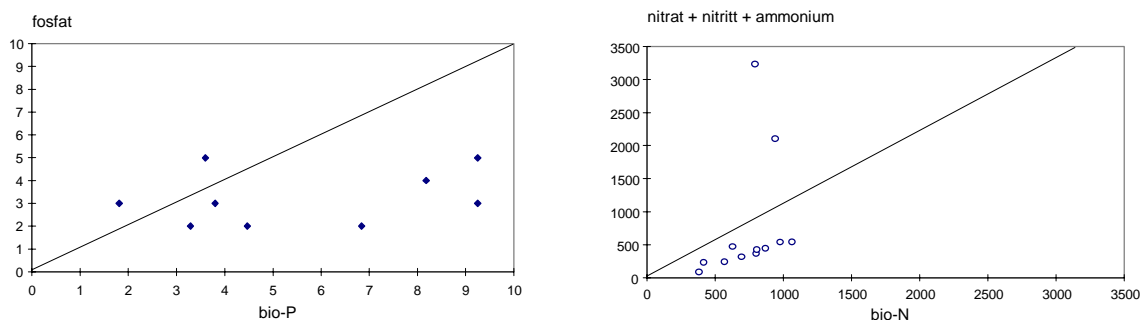
Tabell 3.7. Algevekstpotensiale og veksthemming i flomvann fra Glomma og Vorma

dato	stasjon	vekst- hemming	Bio- tilgjengelig P (mgP/m ³)	Målt filtrert fosfat (* ufiltrert)	Bio- tilgjengelig N mgN/m ³)	Målt nitrat + ammonium
9.6	Sarpsfoss	ingen	3.60	5	414	235
11.6	Sarpsfoss	"	4.47	2	567	245
13.6	Sarpsfoss	"	3.80	3	693	320
15.6	Sarpsfoss	"	3.44	24	628	475
17.6	Sarpsfoss	"	1.72	26	800	369
19.6	Sarpsfoss	"	2.70	13	868	450
13.6	Svanfoss i Vorma	"	1.81	3	805	430
13.6	Funnefoss	"	3.29	2	381	90
13.6	Evjen ved Rånåsfoss	"	8.18	4	940	2105
13.6	Tveiten ved Udnes	"	6.84	2	792	3235
13.6	Merkja (utenfor)	"	9.25	3	975	545
13.6	Leira	"	9.25	5	1062	547

I Figur 3.40 er data for kjemisk og biologisk målte fraksjoner sammenliknet. Figuren viser at det ikke er god sammenheng mellom fosfat-P og biologisk tilgjengelig P. De fleste punktene ligger under 1:1-linja, noe

som indikerer at den biologisk tilgjengelige fraksjonen er høyere enn fosfatkonsentrasjonen, selv om denne er bestemt i ikke-filtrerte prøver. Den filtertype som ble benyttet ved algetester slipper gjennom en del av leirfraksjonen en del partikkelbundet P kan dermed ha vært tilgjengelig for algene. For nitrogen er det bedre sammenheng mellom den kjemiske og den biologisk tilgjengelige fraksjonen, men den biologisk tilgjengelige fraksjonen er, med unntak for to prøver, høyere enn summen av nitrat og ammonium nitrogen. Dette kan tyde på at også andre N-fraksjoner har vært tilgjengelige, men det kan også skyldes en systematisk feil i beregningen av biologisk tilgjengelig N. Tidligere undersøkelser av erosjonsvann fra dyrket mark har vist god overensstemmelse mellom konsentrasjonen av uorganiske nitrogenforbindelser og den fraksjon som er tilgjengelig for alger (Braaten og medarb. 1993). De to avvikende punktene hadde svært høye totale nitrogen- og fosforverdier, høyt partikkelinnhold og TOC og mye klorofyll (se Tabell i Vedlegg). Prøvene var tatt i avrenningsvann fra landbruksarealer (Evjen v. Rånåsfoss) og fra oversvømmet landbruksareale (Tveiten v. Udnes).

I samtlige delprøver tilsatt fullt vekstmedium ble det registrert normal vekst av alger, med veksthastigheter lik kontrollen. Dette viser at prøvene ikke inneholdt stoffer med veksthemmende virkning for den benyttede testalgen. For vurderinger av toksisitet må en ta i betraktning at den metoden vi har brukt bare gir en indikasjon på giftvirkninger på den aktuelle testorganismen som var alger. Forskjellige typer miljøgifter som tungmetaller, transformatoroljer, plantevernmidler ol. vil kunne ha spesifikke effekter på visse plante- eller dyregrupper.



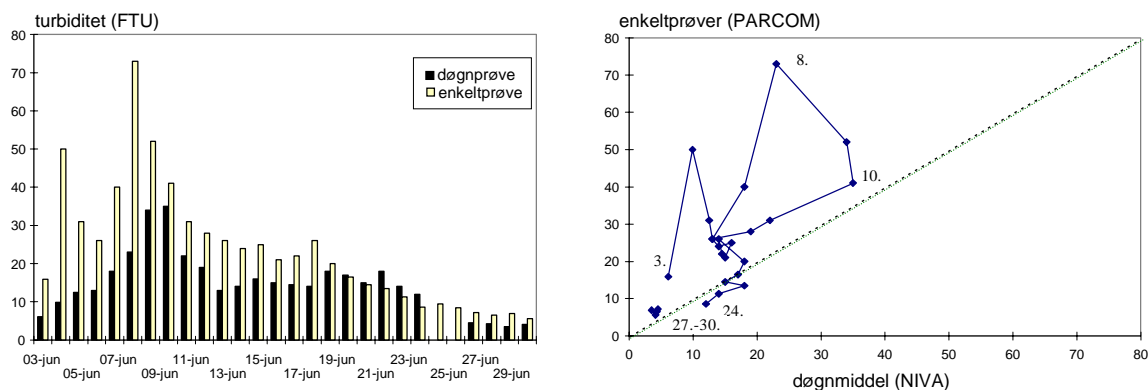
Figur 3.40. Sammenlikning av kjemisk målt filtrert fosfat med “biologisk tilgjengelig P” (til venstre) og uorganiske nitrogenforbindelser med “biologisk tilgjengelig N” (til høyre) ifølge algevekstpotensial.

3.5 Sammenlikning av målingeserier i Sarpsfossen

Parallelt med NIVAs prøveserie i Sarpsfossen ble det også foretatt innsamling og analyse av vannprøver i forbindelse med PARCOM-prosjektet. Disse prøvene ble ikke samlet inn på nøyaktig samme sted og samme måte. Mens PARCOM-prøvene ble tatt én gang per dag manuelt fra midten av gangbrua midt over fossen, ble NIVAs prøver hentet vha. en automatisk prøvetaker fra undervannet i kraftstasjonen til Borregaard (dvs. på vestsida av Glomma). For flere av de målte parametrene var resultatene ganske forskjellige og vi har vurdert hva som kan være årsaken(e). Vi har gått ut fra at de kjemiske analysemetodene er så robuste for de aktuelle konsentrasjonsnivåene at dette ikke har stor betydning. Enkelte parallell-analyser har bekreftet dette. Diskusjonen under er gjennomført for å forsøke å finne mulige forklaringer.

På figurene er prøvene fra NIVAs analyseprogram angitt som “døgnprøver” (fordi de normalt består av en blanding av opptil 48 separate prøver per døgn), mens PARCOM-prøvene er angitt som “enkeltp prøver”. Sistnevnte er en prøve tatt på omtrent samme tidspunkt hver dag.

3.5.1 Partikler



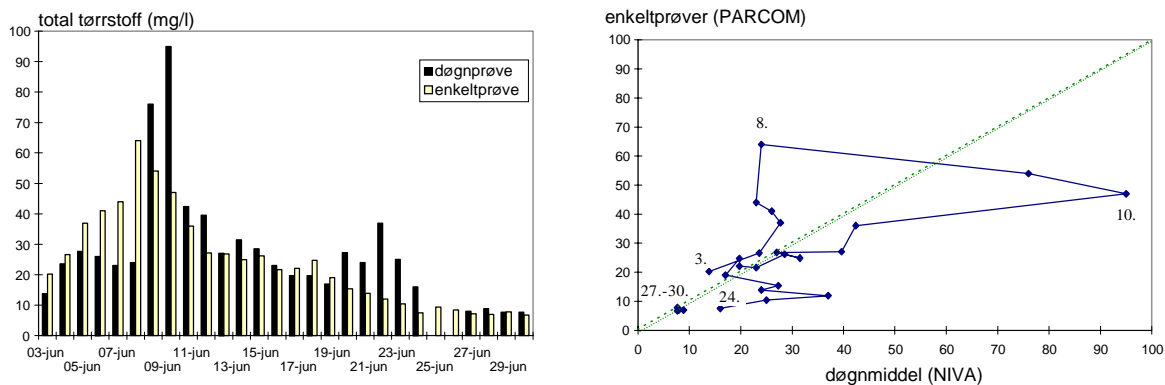
Figur 3.41. Turbiditet i Sarpsfossen. Sammenlikning av to prøveserier 3.-30. juni 1995. 1:1-linja og enkelte datoer er angitt i figuren til høyre. Start og sluttdato for prøveserien er angitt i figuren til høyre.

Turbiditeten i PARCOM-prøvene var systematisk høyere, tildels betydelig høyere, enn NIVA-prøvene fra 3. til 18. juni (Figur 3.41). Også de fire siste dagene i juni ble det registrert en betydelig prosentvis forskjell. Største registrerte turbiditet var 73 FTU den 8. juni (PARCOM), mens NIVAs høyeste registrerte verdi var bare 35 FTU den 10. juni.

Maksimal partikkelkonsentrasjoner (Figur 3.42) ble som for turbiditet observert med to dagers mellomrom for de to undersøkelsene (hhv. 8. og 10. juni). Dette indikerer at det var en reell forskjell på de to parallelle prøveseriene og ikke f.eks. problemer ved de kjemiske analysene. For total tørrstoff viste døgnprøvene til NIVA de høyeste verdiene med 95 mg/l mot maksimalt 64 mg/l for enkeltp prøvene fra PARCOM-undersøkelsen. Døgnprøvene viser også en påfallende topp 20.-24. juni som ikke ble registrert i enkeltp prøvene.

Å forklare disse forskjellene har gitt oss adskillig hodebry. Ved å samarbeide med NVE, som også tok prøver av kornfordeling på forskjellige stasjoner i og ved Sarpsfossen, har vi trolig funnet en plausibel sammenheng.

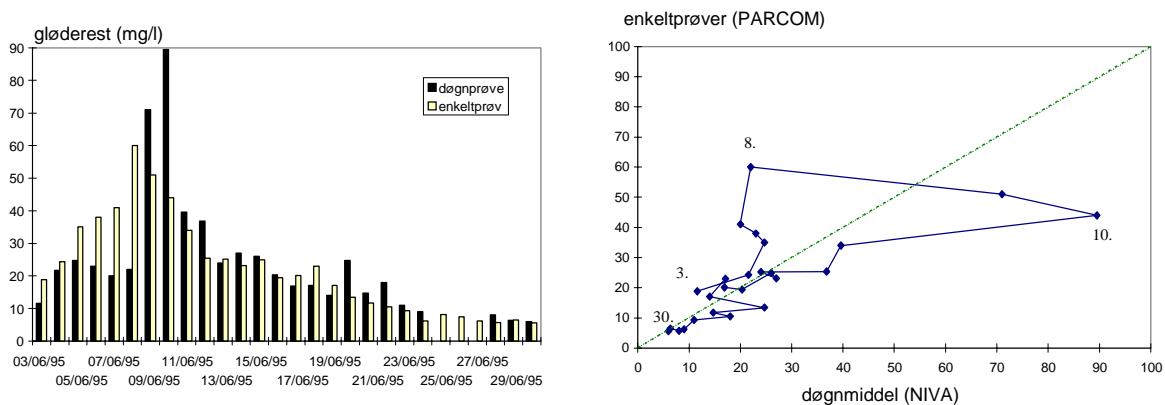
Ved så ekstreme vannføringer kan det være betydelige forskjeller i partikkelkonsentrasjoner og partikkelstørrelse både på tvers av elveprofilen og fra overflaten mot bunnen. Våre prøver i undervannet av Borregaard kraftstasjon besto, spesielt iflg. NVEs analyse fra 9. juni, av grovere partikler enn PARCOM-prøvene. Dvs. at det særlig ved maksimal total partikkeltransport må ha vært stor transport av sandfraksjoner nær bunnen i elva. Denne forflytter seg noe langsommere enn de lettere fraksjonene og disse kan derfor ventes å komme fram til Sarpsfossen på noe forskjellig tidspunkt dersom kildene for disse partiklene lå et stykke oppstrøms Sarpsfossen. Etter 10. juni var partikkelkonsentrasjonen ganske lik for de to måleseriene.



Figur 3.42. Partikler (total tørrstoff) i Sarpfossen. Sammenlikning av to prøveserier 3.-30. juni 1995. 1:1-linja og enkelte datoer er angitt i figuren til høyre

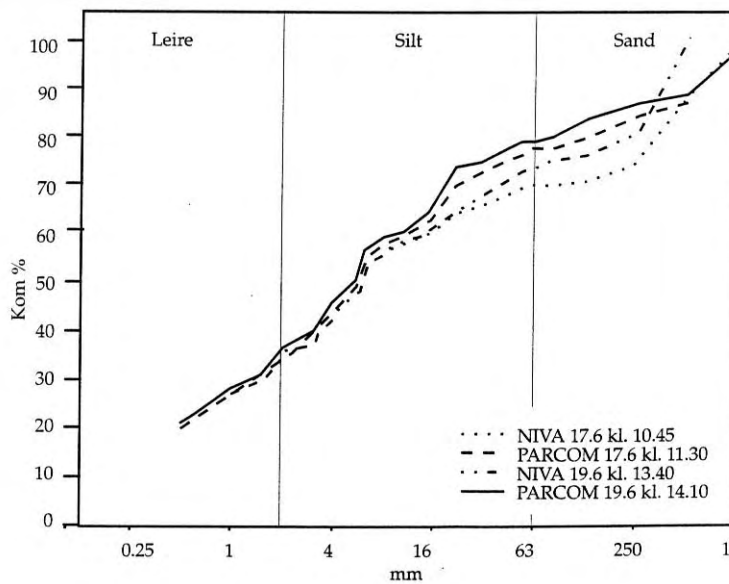
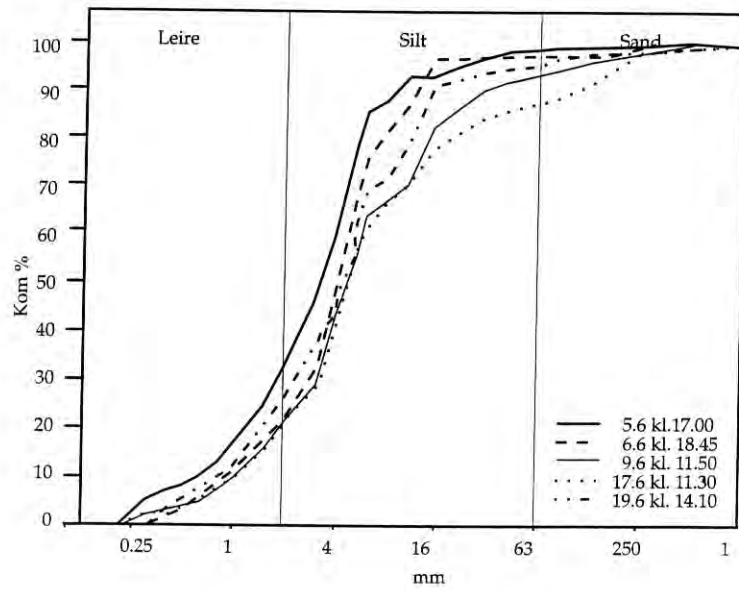
Kornfordelingskurver for Sarpfossen ved brua i perioden 5.-19. juni er vist i Figur 3.44. Kornfordelingen endrer seg med tiden. Elva transporterer mest silt og leire i den første delen av flommen før vannføringen når sitt maksimum. Den 9. juni var den totale partikkelkonsentrasjonen høyest i døgnblandprøvene, og da var innholdet av sand også større. Dette har trolig sammenheng med at partiklene har forskjellige kilder over tid. Etterhvert som vannstanden blir høyere, bringes sandavsetninger langs strender og i bakevjer i transport. Den siste prøven tatt 19. juni antyder at det igjen blir mer finmateriale når vannføringen igjen avtar. Den 17. og 19. juni ble det tatt samtidige kornfordelingsprøver av materiale tatt fra gangbrua og fra NIVAs prøvestasjon nedstrøms kraftstasjonen. Resultatene er nesten sammenfallende, men med noe grovere materiale tatt fra brua. Siden NVEs prøvepunkt ga svært grovt materiale på samme tidspunkter, kan vi anta at det likevel er forskjeller i tverrprofilen. På dette tidspunktet var det bare små forskjeller i partikkelkonsentrasjon i de to prøveseriene.

De uorganiske delen av partiklene utgjør en vesentlig del av det totale tørrstoffet og denne fraksjonen oppfører seg følgende svært likt totalen (Figur 3.43).

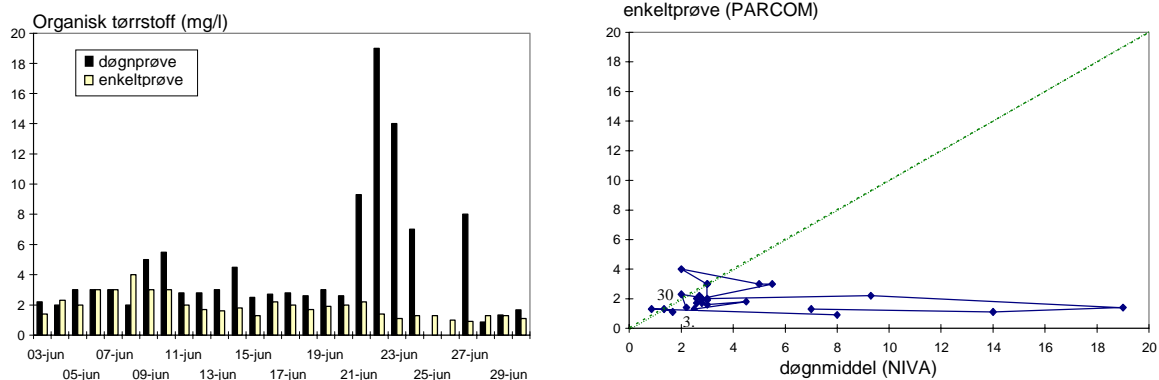


Figur 3.43. Uorganiske partikler (gløderest) i Sarpfossen. Sammenlikning av to prøveserier 3.-30. juni 1995. 1:1-linja og enkelte datoer er angitt i figuren til høyre

Den organiske fraksjonen av partiklene (Figur 3.45) er en liten del av totalen og har ganske konstant konsentrasjon (ca. 1-4 mg/l) gjennom undersøkelsesperioden. Bare i døgnprøvene vises en betydelig topp fra 21.-27. juni med opptil 19 mg/l. Dette er samme periode som det ble registrert en topp i total tørrstoff (Figur 3.42). Tilsvarende topp ble ikke observert i enkeltprøvene. Forklaringen på denne toppen er sannsynligvis at Borregaard kraftverk ble stoppet i perioden 21.-27 juni for vedlikehold og tømning av sandfanget. Det høye organiske innholdet i denne perioden skyldes trolig tilbakeslag av prosessvann fra kokeriet ved Borregaard industrier da kraftstasjonen stod.



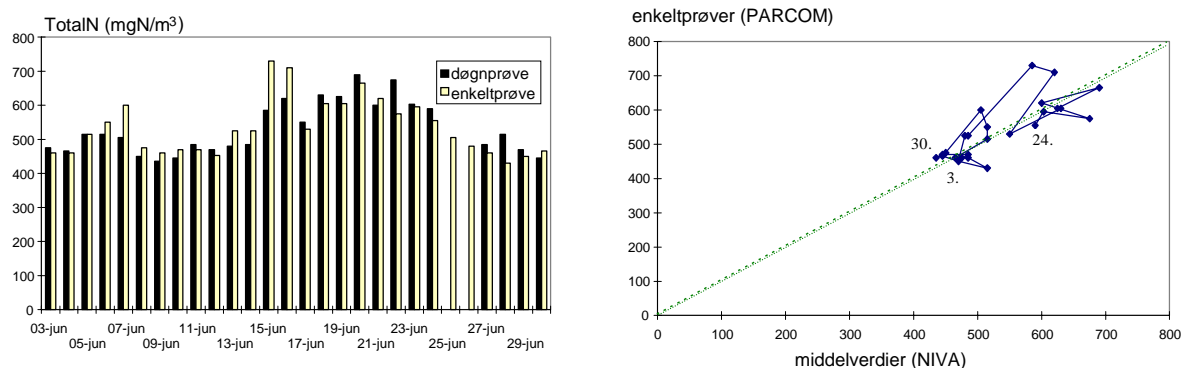
Figur 3.44. Kornfordelingsanalyser av vannprøver fra Sarpfossen 5., 9. og 19. juni 1995. Analysene er utført av NVE.



Figur 3.45. Organiske partikler (total tørrstoff - gløderest) i Sarpsfossen. Sammenlikning av to prøveserier 3.-30. juni 1995. 1:1-linja angitt i figuren til høyre

3.5.2 Næringsstoffer: nitrogen og fosfor

Konsentrasjonen av total nitrogen varierte svært lite gjennom undersøkelsesperioden (Figur 3.46). Det ser ikke ut til at det var noen systematiske variasjoner av nitrogenkonsentrasjon med vannføring, dvs. at utvaskingen av nitrogen fra nedbørfeltet var nær proporsjonal med vannføringen. Det ble bare registrert ubetydelige forskjeller mellom konsentrasjonene fra de to seriene. Nitrogenkonsentrasjonen var altså uavhengig av de store forskjellene i partikkelkonsentrasjon.

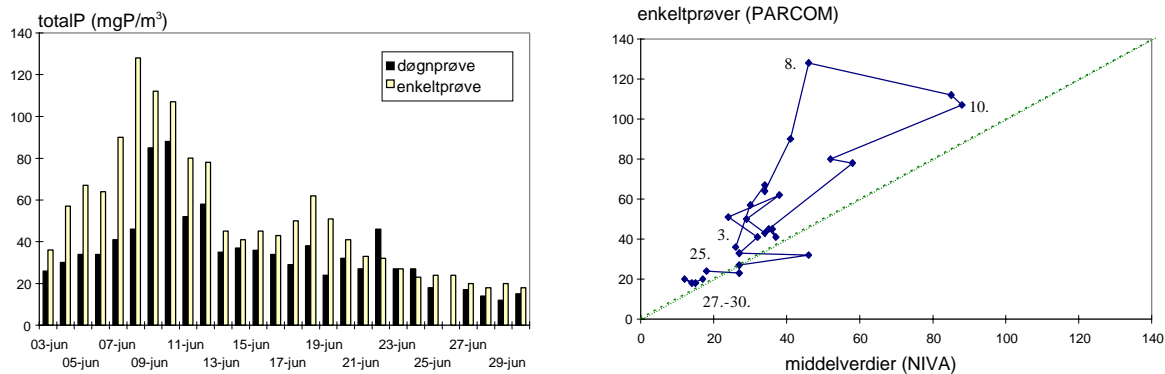


Figur 3.46. Total nitrogen i Sarpsfossen. Sammenlikning av to prøveserier 3.-30. juni 1995. 1:1-linja angitt i figuren til høyre

Noe av det samme forløpet som er beskrevet over for partikler kan en finne igjen for total fosfor i Figur 3.47. Maksimalverdien for enkeltprøvene var 128 mgP/m^3 den 8. juni mens maksimalverdien for døgnprøvene var 88 mgP/m^3 den 10. juni. For fosfor lå enkeltprøvene høyere enn døgnprøvene mesteparten av perioden.

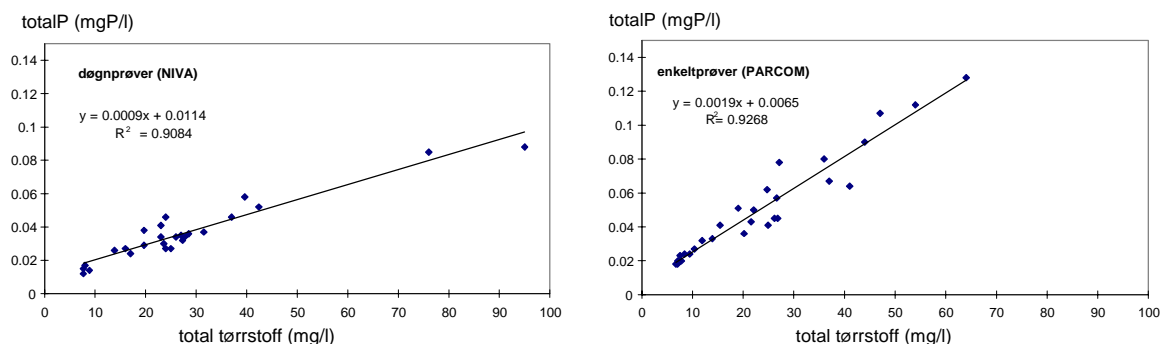
Erfaringer fra tidligere flomsituasjoner tilsier også at en betydelig del av fosforet er bundet til partikler, mens nitrogenet forekommer i større grad i løst form som nitrat.

I Figur 3.48 er vist forholdet mellom total tørrstoff og totalP for hver av de to prøveseriene. For hver av seriene separat kan mer enn 90% av variasjonen i fosfor forklares av variasjonene i total tørrstoff. Det er likevel påfallende at den statistiske sammenhengen mellom disse to komponentene er ganske forskjellig for de to prøveseriene. Fosforinnholdet øker omtrent dobbelt så mye med økende partikkelinnhold i enkeltprøvene. Det tyder på at disse partiklene var mindre i størrelse og hadde høyere fosforinnhold. Dette indikerer at partikkeltransporten var systematisk forskjellig ved de to prøvetaksstedene.



Figur 3.47. Total fosfor i Sarpsfossen. Sammenlikning av to prøveserier 3.-30. juni 1995. 1:1-linja og enkelte datoer er angitt i figuren til høyre

Små partikler har større relativ overflate enn store partikler og kan derfor adsorbere mer fosfor. Dersom partiklene i overflatevannet består av systematisk mindre partikler enn i vannet nær bunnen av elva, kan dette bidra til den registrerte forskjellen mellom de to prøveseriene. PARCOM-prøvene ble altså tatt fra overflaten mens NIVA-prøvene ble tatt fra vann som hadde beveget seg nær bunnen før de ble tatt inn på kraftstasjonen.



Figur 3.48. Forholdet mellom total tørrstoff og total fosfor ved de to undersøkelsene.

Tabell 3.8 viser resultatene av transportberegningene for Sarpsfossen for juni måned for de to prøveseriene. Da NIVAs undersøkelser ikke startet opp før 3. juni er de to første døgnene for juli også tatt med. Tabellen viser god overensstemmelse for nitrogen og partikler, men stort avvik for fosfor. Årsakene til dette er altså en systematisk separasjon av partiklene etter størrelse og fosforinnhold i elveprofilen. Denne effekten gjorde større utslag på transportverdiene enn en kunne vente. Denne store forskjellen understreker at en må være bevisst de mange metodiske problemene ved prøvetaking av slike måleserier i elver. Selv i en så stor elv som Glomma kan altså resultatene bli store ved samtidig prøveinnsamling i forskjellige deler av tverrsnittet av elva og på forskjellige dyp. En må derfor ta i betraktning hvilke fraksjoner en tar prøve av ved beregning av den totale transporten. Det mest ideelle ville være å ta representative blandprøver for hele tverrsnittet, men dette vil ofte være praktisk vanskelig. For tolkning av eventuelle systematiske endringer i transporten over tid må samme prøvetakingspunkt brukes gjennom hele undersøkelsesperioden.

Tabell 3.8. Beregnet transport ved Sarpsfossen i juni måned for de to undersøkelsene.

	totalP	totalN	partikler
NIVA	264	3561	199547
PARCOM	403	3840	193202

3.6 Oslo- og Paris-konvensjonen - utvidet PARCOM-undersøkelse i Drammenselva og Glomma

I regi av Oslo- og Paris-konvensjonen gjennomføres et måleprogram med månedlig prøvetaking for å tallfeste tilførsler av norske forurensninger til vår del av Skagerrak og Nordsjøen. Under flommen ble programmet intensivert. I juni ble det innhentet daglige prøver i Glomma (Sarpsfoss) for analyse av næringssalter, turbiditet, partikulært og organisk stoff. I Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro var det prøvetaking annen hver dag og samme analyseprogram. I tillegg ble det fra begge elver innhentet prøver annen hver dag for bestemmelse av silisium og tungmetaller, hver fjerde dag for å analysere innholdet av PCB og plantevernmidlene DDT og lindan (HCH). I juli og august var tilsvarende prøvetakingsfrekvens ukentlig og månedlig. Fra og med september har prøvetakingsfrekvensen vært det normale, dvs. en gang per måned.

Resultatene for turbiditet, tørrstoff og næringssalter i prøvene fra Sarpsfossen er delvis drøftet ved sammenlikning med NIVAs prøveserie i kapitlet foran.

Flomforløpet i Drammenselva artet seg omtrent på samme måte som i Glomma, men fikk ikke de samme konsekvenser. Dette skyldes de mange store innsjøene i lavereliggende deler av nedbørfeltet.

I juni måned passerte i underkant av 18900 tonn suspendert stoff som var større enn årstransporten i alle år bortsett fra 1994. Videre passerte vel 30 tonn fosfor og 1430 tonn nitrogen, dvs. nærmere 70 og 40 % av gjennomsnittlig årstransport basert på målinger fra 1990-1994.

3.6.1 Miljøgifter

Miljøgifttransporten var stor i begge elvene, tilsvarende som for næringssaltene. I begge elver var konsentrasjonen av bly under flommen høyere enn normalt. Tabell 3.9 og Tabell 3.10 viser transportdata for juni måned. Nederste linje viser transportverdiene i juni som % av midlere årstransport (normalår) for sentrale parametre. Det ble ikke funnet spor av PCB eller plantevernmiddelet DDT, mens lindan ble påvist i alle prøver.

Tabell 3.9. Transport av partikler, næringsstoffer og miljøgifter i Glomma ved Sarpsfoss

	TSM tonn	P tonn	N tonn	Cu tonn	Zn tonn	Hg kg	HCH kg
Transport juni måned -95	193202	403	3840	22	55	21	5
Midlere årstransport 90-94	220490	387	11470	44	112	35	14
% av midlere årstransport	88	104	33	50	49	60	37

Tabell 3.10. Transport av partikler, næringsstoffer og miljøgifter i Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro (Drammen)

	TSM tonn	P tonn	N tonn	Cu tonn	Zn tonn	Hg kg	HCH kg
Transport juni måned -95	18874	34	1431	2.5	8.5	7	2.55
Midlere årstransport 90-94	16401	50	3691	9	32	10	7
% av midlere årstransport	115	68	39	28	26	68	37

3.7 Singlefjord og Hvaler-området - Tilførsel av partikulært materiale

I forbindelse med flommen i Glomma 1995 utførte NIVA undersøkelser av partikulært materiale i Glommaestuariet og områdene utenfor på oppdrag fra SFT. Undersøkelsene er basert på sedimentfellemålinger.

Det ble satt ut sedimentfeller på 5 stasjoner innenfor øyene og 3 stasjoner utenfor øyene, alle på 20 m vanddyp. Mengde sedimentert materiale ble beregnet samt innhold av totalorganisk karbon, nitrogen, aluminium, lithium, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, sink, nikkel, titan, polyklorerte bifenyler (PCB), DDT, dioxiner og polyaromatiske hydrokarboner (PAH), de to sistnevntestoffene på 3 stasjoner.

3.7.1 Tilførsel av partikulært materiale

Glomma ved Sarpsfoss førte i flomperioden ca. 10 ganger mer partikulært materiale enn ved flomperioder de siste 5 årene. Mengden materiale som ble fanget opp av fellene var 3 til 5 ganger høyere enn ved tilsvarende undersøkelser i 1990 og 1994 (Tabell 3.11). Størst sedimentasjon ble naturlig nok, registret ved Belgen ved utløpet av Glomma. Sedimentasjonen avtok videre utover i Løperen.

Basert på arealberegninger av sedimentasjonsområdene i estuariet, sedimentasjonsrater (dateringer med bly-210), fluksberegninger fra sedimentfellene og totaltransport av partikulært materiale i Glomma ved Sarpsfoss, er det gjort grove beregninger av hvor mye partikulært materiale estuariet fanger opp under ulike forhold og hva sedimentfellemålinger gir av fluks i forhold til bly-210 dateringer. Anslagene viser at sedimentfellene fanger opp ca. 70% av det partikulære materialet som sedimenterer på bunn. Videre anslås at ca. halvparten av det partikulære materialet som fraktes ut med Glomma sedimenterer innenfor Hvalerøyene. Sedimentasjonen varierer ved ulike vannføringer og mengder av partikler i suspensjon. Det ser ut til at estuariet når en metning ved vannføringer opptil 1.500 m³/s. Metningspunktet indikerer at ved store vannføringer sedimenterer bare 25% av det partikulære materialet i den indre skjærgården (Figur 3.49).

Normalt er sediment-tilveksten ved Belgen ca. 10 mm /år, basert på dateringer av sedimentkjerner vha. bly-210. Ser man på hvor mye dette representerer i fluks (g sediment/m²/dag) sammenlignet med fluksen under flommen, kan man anslå en tilvekst av bunnsedimenter på ca. 5mm under flommen. Dette vil variere innen de ulike sedimentasjonsområdene, men generelt avtar sedimentasjonen i økende avstand til munningen av Glomma.

3.7.2 Tilførsel av miljøgifter

På grunn av den store sedimentasjonen ved utløpet av Glomma tilføres dette området de største mengdene av miljøgifter. Konsentrasjonen var for de fleste komponenter lavest i dette området pga. stor fortykning med ikke-forurenset materiale, for det meste leirpartikler. Høyeste overkonsentrasjon av metaller ble registrert ved Torbjørnskjær. Verdiene av bly og kobber var relativt høye og tilsvarte SFTs miljøklasse 3 (markert forurenset). Bly er ikke tidligere analysert i sedimentfellemateriale fra området. Kobberkonsentrasjonene lå imidlertid i samme klasse som tidligere registreringer innenfor Hvalerøyene. De høyeste konsentrasjonene av titan ble registrert ved Belgen. Verdiene var ikke høyere enn registreringer tidligere år. Forekomsten av titan antas å være styrt av oppvirling, medrivning av gamle avsetninger under flommen, dvs. grove partikler som raskt resedimenterer. Dette i motsetning til f.eks. bly og kobber som sannsynligvis er knyttet til mindre partikler som fraktes lenger før sedimentering. PCB ble registrert i høye konsentrasjoner både ved Torbjørnskjær og ved Belgen (klasse 3, markert forurenset). På 1980-tallet ble det registrert høye PCB-konsentrasjoner i sedimentene ved utløpet av Glomma. Disse ble ikke verifisert ved undersøkelsene i 1990. Organismer fra estuariet har derimot tidligere hatt en overkonsentrasjon av PCB, og da særlig organismer fra Glommas munningsområde.

Statistiske analyser av det partikulære materialet fra flommen viste at Torbjørnskjær hadde en annen PCB-sammensetning enn de øvrige stasjonene. Dette kan bety at Torbjørnskjær er påvirket av en annen kilde enn Glomma, det er da naturlig å tenke at tilførslene kommer sør i fra, med kyststrømmen. Tilsvarende analyser ble utført hvor gamle sedimentdata ble inkludert. Analysene viste at det ikke var forskjell mellom fordelingen av PCB-kongenerer i felle materialet og sedimentdataene fra estuariet. Dette betyr at det sannsynligvis ikke ble mobilisert PCB fra noen nye kilder under flommen. Hvis nye kilder ble mobilisert

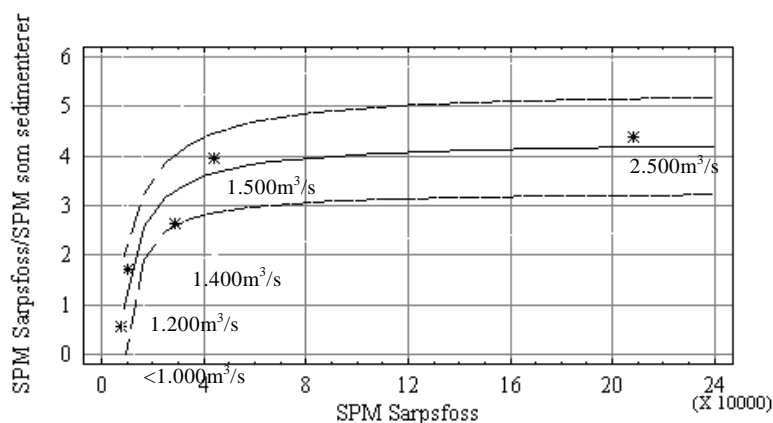
ved inntrengning av flomvann i forurenset grunn og deponier, var sammensetningen av PCB den samme som i tidligere tilførsler til estuariet.

Undersøkelsene kan konkluderes som følger:

- Munningsområdet ved Glomma var mest belastet under flommen med hensyn til mengde partikulært materiale og miljøgifter, idet PCB regnes som mer alvorlig enn metallene kobber og bly.
- Munningsområdet av Glomma er et område som naturlig er utsatt for store variasjoner av tilførsler av ferskvann, partikler, næringssalter og miljøgifter. Totalt sett vurderes derfor flommen i 1995 å ha hatt liten negativ betydning for estuariet sammenliknet med tidligere flomperioder.

Tabell 3.11. Fluks av partikulært materiale ($\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$) under flommen i 1995 sammenholdt med målinger fra tidligere undersøkelser. (Manglende verdier = ingen målinger utført på stasjonen)

Stasjon	7.6- 5.7.89	21.7- 20.8.89	26.4- 7.6.90	7.6- 2.7.90	2.7- 1.8.90	26.4- 9.6.94	9.6- 6.7.94	6.7- 4.8.94	10.6- 7.8.95
Leira									9
Belgen			19	19	17	20	10	12	89
Ramsø			6	7	5	7	4	3	33
Y.Løperen	4	4	6	8	5	8	3	3	26
Singløy			2	3	2	1	1	1	6
Trestein		3							6
Tisler									4
Torbjørnskjær									2



Figur 3.49. Mengde partikulært materiale (SPM) målt ved Sarpfoss (tonn/30 dager) i flommånedene i 1990, 1994 og 1995 (x-aksen) plottet mot samme mengde dividert på beregnede mengder av partikulært materiale som sedimenterer innenfor Hvalerøyene i området Løperen, Ramsøflaket og Singlefjorden (tonn/30 dager) (y-aksen).: A= x-aksen, A/B=y-aksen (A/B = 4,3 - 29008,7/A p = 0,0068, R= -0,97)

3.8 Gruntvannsfauna i Hvalerområdet

Vannmassene i Hvalerområdet er karakterisert av påvirkningen fra Glomma og Skagerrak. Dette gir et ferskt overflatelag som varierer i tykkelse med sesong og avstand fra Glomma. Under overflatelaget er forholdene imidlertid mer marine. Glomma fører i perioder med seg store mengder løsmateriale som avsettes utover fra elvas munning. Ferskvannstilførsel og nedslamming anses som to viktige faktorer for utviklingen av de biologiske samfunn en finner på gruntvann i Hvalerområdet.

Gruntvannsundersøkelser utført i 1992 til 1994 (statlig overvåkingsprogram) viste en klar forbedring i området som følge av de tiltak som er iverksatt gjennom de siste 10 år (Moy & Walday 1996).

Undersøkelsene av fastsittende flora og fauna på gruntvann i 1995 hadde som målsetning å påvise eventuelle negative konsekvenser av storflommen på organismesamfunnene. Følgende faktorer kan ha en negativ påvirkning på gruntvannsorganismer:

- økt ferskvannspåvirkning (på de dypere marine vannlag)
- økt nedslamming
- økt skuring
- økt næringssalttilførsel
- økt strømpåvirkning som kan transportere reproduksjonsheter lengre ut i estuariet.

Strandsoneundersøkelser ble i forbindelse med overvåkingsprogrammet utført på 30 lokaliteter i 1992 - 1994. Dykkerundersøkelser ble utført på tre stasjoner i 1993 - 94, og stereofotografering av faste flater på de samme tre stasjoner i 1990 og i 1994. Blant disse ble det valgt ut 11 stasjoner innen et antatt influensområde av storflommen. En referansestasjon utenfor det antatte influensområdet ble også undersøkt (Figur 3.50).

Gruntvannsundersøkelsene i Hvalerområdet er basert på semikvantitative og kvalitative undersøkelser av strandsonen og sjøsonen samt stereofotografering av faste flater. De to første er de viktigste for vurderingen av tilstanden i området.

Undersøkelsene ble gjennomført i perioden 25. - 29. september 1995. I undersøkelsesperioden blåste det opp mot sterk kuling og vannstanden var fra 0,5 til 1 m over normal. Dette ga et svært ugunstig utgangspunkt for nøyaktige undersøkelser i strandsonen.

De biologiske samfunn en finner i Hvalerområdet er tilpasset et miljø som innebærer variasjoner i saltholdighet og en stor grad av nedslamming. Forsøk med sedimentfeller har vist at sedimentasjonen, og innslaget av uorganiske partikler i det sedimenterende materiale, generelt øker inn mot Glommas munning (Helland 1996).

Høy partikkeltilførsel er imidlertid en belastning for mange organismer, og man vet med sikkerhet at filterspisere, - og da i særlig grad muslinger, svamp, sekkedyr og noen krepsdyrarter, tar skade av en økt partikkelbelastning (Moore 1977). Det er i hovedsak 3 måter et høyt uorganisk partikkelinnhold kan innvirke negativt på akvatiske organismer:

- 1) Mekanisk skuring.
- 2) Sedimentering, som helt eller delvis kan dekke over organismer.
- 3) Økt energibehov ved næringsopptak hos filtrerende dyr.

Av de mer alvorlige effekter dette kan medføre for bunndyr, nevner Moore (1977):

- Økt mortalitet og/eller nedsatt vekst (eks. sekkedyr).
- Forstyrret utvikling av egg og larver.
- Reduksjon av oksygen- og næringsopptak.
- Blokkering av ekskresjonssystemer.
- Ødeleggelse av potensielt substrat for larver (eks. posthornmark)

For fastsittende alger kan det forventes å medføre:

- Reduksjon av nedre voksegrense fordi siktedypet blir dårligere
- Nedsatt vekst



Figur 3.50. Flompåvirkede områder basert på endringer i flora og fauna i strandsonen (skravert areale). Fylte sirkler angir stasjoner som utfra endringer i flora og fauna antas å kunne være påvirket av flommen.

Det var generelt stor likhet i samfunnssammensetning mellom stasjonene og periodene før og etter flommen (Figur 3.50, Bray-Curtis likhetsanalyse). Det betyr at det bare ble observert små endringer i flora og fauna som kan ha sammenheng med flommen. Størst innvirkning synes den å ha hatt på st 3, 72, og 74 (samt til en viss grad på st 33 og 52) hvor det ble registrert redusert forekomst av først og fremst trådformede alger som *Cladophora* (grønnalger), *Ceramium*, *Polysiphonia* (rødalger) og *Sphacelaria* (brunalger) og for *Balanus* (rur). Forekomsten av to strukturelt viktige arter som *Fucus vesiculosus* (blæretang) og *Mytilus edulis* (blåskjell) var derimot ikke endret.

Endringer i forekomst ble primært observert for arter som naturlig varierer en del fra år til år. Deres reduksjon i forekomst etter flommen kan derfor være naturlig, men kan også være et resultat av flommens belastning i form av økt vannstrømhastighet og partikkelskuring. De små effekter som her er påvist vurderes å være av midlertidig karakter, og det forventes ingen senvirkninger på flora og fauna i strandsonen.

Blåskjell er ved sin tallrikhet og betydelige biomasse (vektmengde) en nøkkelart på grunne hardbunnsområder. De er også, i likhet med sekkedyr og svamper, kjent for å være følsomme overfor store mengder uorganiske partikler i vannmassene. Det er av denne grunn blitt sett nærmere på disse tre gruppene:

Blåskjell lever for det meste av planktonalger som det filtrerer fra vannmassene, og det er påvist en nedgang i vekt hos muslinger som er utsatt for partikkelforurensning fordi det medfører et økt energibehov ved næringsopptaket. Et økt energibehov vil også kunne redusere rekrutteringspotensialet siden oppbygging av kjønnsprodukter er meget energikrevende. Det kunne ikke påvises noen forandringer i forekomstene av blåskjell som kunne tilskrives storflommen i 1995 (Tabell 3.12). En eventuell reduksjon i rekrutteringspotensiale vil kunne spores tidligst i 1996.

Tabell 3.12. Forekomst av adulte (voksne) og juvenile (unge) blåskjell på tre stasjoner fra 1993-95. Forekomst er lik summen av de enkelte blåskjellforekomster (1-4) gjennom hele transektet. Små forekomster av juvenile blåskjell er vanskelige å oppdage og kan derfor ha vært oversett. Døde skjell registreres normalt bare ved store forekomster.

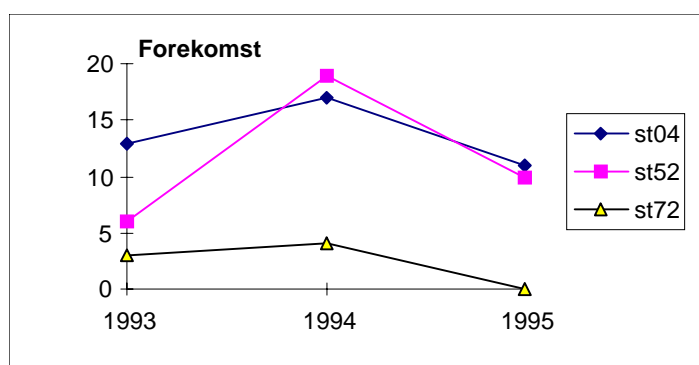
Blåskjell	st 04, 1993/-94/-95	st 52, 1993/-94/-95	st 72, 1993/-94/-95
Forekomst adulte	6 / 9 / 4	6 / 8 / 2	4 / 6 / 7
Forekomst juvenile	0 / 0 / 9	7 / 0 / 0	3 / 7 / 0
Forekomst døde	7 / 0 / 0	8 / 0 / 3	0 / 0 / 3

Sekkedyrerne omfatter arter som lever enkeltvis og arter som lever i kolonier. De spiser ved å ikke-selektivt filtrere vannet for partikler, hvilket også er årsaken til at de reagerer negativt på store mengder uorganiske partikler i vannet. Tidligere forsøk har vist at forhøyede konsentrasjoner av uorganiske partikler i vannet kan medføre nedsatt vekst og økt dødelighet hos sekkekyr (Robbins 1985). Hverken antall arter eller forekomst gir indikasjoner på at sekkekyrerne er blitt skadelidende under flommen (Tabell 3.13).

Tabell 3.13. Antall arter og forekomst av sekkekyr på tre stasjoner for årene 1993-95. Samlet forekomst er lik summen av de enkelte sekkekyrforekomster (1-4) gjennom hele transektet. Det totale antall sekkekyrarter funnet på hver stasjon er også angitt.

Sekkekyr	st 04, 1993/-94/-95	st 52, 1993/-94/-95	st 72, 1993/-94/-95
Antall arter	4 / 4 / 5	6 / 6 / 7	6 / 5 / 4
Samlet forekomst	25 / 29 / 29	107 / 90 / 94	33 / 48 / 46
Antall arter 1993-95	8	8	6

Svamp spiser som sekkekyr, ved å ikke-selektivt filtrere vann for partikler. Vannet tas inn via en stor mengde små åpninger i dyrets overflate. Ved store mengder partikler i vannet kan åpningene tettes igjen slik at nærings- og oksygentilførselen blir redusert. Felles for stasjonene er at forekomsten gikk opp fra 1993 til -94, og ned fra 1994 til -95 (Figur 3.51). Mesteparten av den svamp som finnes på dykkestasjonene vokser som en skorpe på underlaget og kan derfor være vanskelig å oppdage i et område som er nedslammet. Årsaken til de forandringer som er registrert kan derfor være en ulik grad av nedslamming i de tre årene.



Figur 3.51. Forekomst av svamp på de tre dykkestasjonene. Forekomst er beregnet som summen av de enkelte svampforekomster (1-4) gjennom hele transektet.

Sammenfatningsvis kan en si at de forskjeller i artsantall og forekomst som er registrert mellom årene stort sett er ganske små, og at flomåret 1995 ikke skiller seg særlig ut fra de øvrige registreringer. Med hensyn til strandsonesamfunn vil en streng vinter med islegging og påfølgende isskuring kunne påvirke strandsamfunnene langt mer dramatisk enn det som er blitt observert som effekter av flommen. De samfunn en finner, spesielt langs Løperen, utsettes årlig for tidvis sterk påvirkning fra Glomma, og utgjøres derfor

hovedsakelig av arter som tåler disse vekslende forhold. I tillegg til hovedartene finner en følgearter som kan variere i forekomst fra sesong til sesong. Spørsmålet er om samfunnenes (artenes) tålegrense ble overskredet i forbindelse med flommen i 1995. Så langt synes dette ikke å ha vært tilfelle. Selv om rekrutteringen første påfølgende år skulle være redusert vil ikke dette ha dramatiske følger for den videre utviklingen i Hvaler-området.

3.9 Miljøgifter i sedimenter og i organismer

Med tanke på å spore eventuelle økte nivåer av miljøgifter ble det høsten 1995 på oppdrag for SFT sikret prøver av sediment og organismer i Hvalerområdet. Sediment ble også innsamlet for undersøkelser av bløtbunnsfauna. Omfanget skulle bestemmes etter at resultatene av miljøgiftanalysene av materialet fra sedimentfellene (se kapittel 3.7) var klart. Dette ville gi en pekepinn om de marine områder utenfor Glommas munning ble tilført mer miljøgifter enn normalt, og hvilke komponenter en skulle analysere for.

Sedimentfelleundersøkelsene (Helland 1996) viste at det under flommen i 1995 sedimenterte 3-5 ganger mer partikulært materiale enn normalt under en flomperiode. Dette medførte at den totale tilførselen av miljøgifter til sedimentet i Hvaler området også var større enn normalt og særlig nær Glommas munning. På grunn av fortykning forårsaket av store mengder leirpartikler medførte dette for de fleste komponenter at konsentrasjonsnivået i felle materialet likevel ikke var spesielt høyt. Det var kun kobber, bly, titan og PCB som ble registrert med det som må antas å være klare overkonsentrasjoner i felle materialet. Ut fra konsentrasjonen i felle materialet viste stasjonen utenfor Hvalerøyene (Torbjørnskjær) de høyeste verdiene og stasjonen Belgen nær Glommas munning viste de største totale tilførsler av miljøgifter.

På bakgrunn av dette er det overfor SFT foreslått å gjennomføre analyser av bly (Pb), kobber (Cu), titan (Ti) og PCB på sedimentprøvene samt at en ferdigstiller bløtbunnsundersøkelsene. I de innsamlede organismer er det foreslått å gjennomføre følgende analyser:

medium	metaller
Blæretang (9 stasjoner):	Pb, Cu, Ti, Fe, Li
Blåskjell (5 stasjoner):	Pb, Cu, Ti, Fe, Li, PCB
Torskelever (5 stasjoner):	Pb, Cu, PCB

3.10 Ytre Oslofjord

Hovedmålet med denne undersøkelsen var å kartlegge utbredelse, størrelse og varighet av endringer i vannkvaliteten i overflatelaget i Ytre Oslofjord som følge av ekstrem ferskvannstilførsel. Beskrivelsen av vannkvaliteten er i alt vesentlig rettet inn mot næringssalter og suspendert materiale, samt kartlegging av ferskvannets influensområde, men det ble også lagt inn observasjoner for å fange opp den biologiske responsen i fjorden.

NIVA hadde praktisk samarbeid og arbeidsdeling med andre institusjoner som utførte sine egne undersøkelser. Universitetet i Oslo, Institutt for marin botanikk, fulgte utviklingen av planteplankton dels gjennom egne tokt, dels ved å analysere vannprøver samlet inn på NIVAs tokt. Havforskningsinstituttet ved Forskningsstasjonen Flødevigen, gjennomførte tokt hvor hydrografi og planktonsamfunn ble kartlagt i de ytre delene av fjorden, de som ikke ble dekket av NIVA, sørvest for linjen Koster - Torbjørnskjær - Færder. I denne sammenhengen behandles bare resultatene av NIVAs undersøkelser.

Flommen satte sterkt preg på overflatevannet i Ytre Oslofjord utover i juni. NIVA fulgte utbredelsen av flomvannet løpende ved hjelp av feltobservasjoner supplert av satellittbilder overført via Tromsø Satellittstasjon. Allerede 3. juni var store deler av Hvalerområdet og nære farvann utenfor sterkt preget av flomvannet. Siktedypet var mindre enn én meter, og tilsvarende ble registrert ved utløpet av Drammensfjorden og ut til sørsiden av Jeløya.

To uker senere, 13.-14. juni, hadde flomvann fra Glomma spredt seg i et to til fire meter tykt lag over hele den sørlige delen av Ytre Oslofjord og vestover mot Færder, og fantes også i området rundt Koster og i nordlige deler av Skagerrak, uten noe klar avgrensning mot sør. Noen dagers nordøstlig vind hadde bidratt til denne spredningen. Flomvannet fra Drammenselva gikk ut langs vestsiden av fjorden, men spredte seg også inn mot Drøbaksundet. I flomperioden ble det registrert høyere konsentrasjoner av næringssalter og planteplankton enn det som er vanlig om sommeren, men verdiene lå innenfor det som normalt kan forekomme under flom.

Flommen førte til at store deler av Ytre Oslofjord i en periode var merkbart påvirket av flomvannet, med nedsatt sikt pga. store konsentrasjoner av uorganiske partikler, og forhøyede konsentrasjoner av nitrat og silikat, men ingen vesentlig økning av fosfat. Det ble ingen stor algevekst i de områdene som var mest influert av flommen, dvs. innenfor og rundt Hvalerøyene. Grunnen var dels at veksten var hemmet av lav saltholdighet og dårlige lysforhold, og dels fordi veksten var hemmet pga. mangel på fosfor. Det gjorde at nitraten og silikatet ikke kunne utnyttes effektivt til algevekst. For fjorden generelt var algeveksten innenfor normalt variasjonsområde. For de ytre delene av fjorden, dvs. sørvest for øster - Torbjørnskjær, førte flommen til høyere algekonsentrasjoner enn vanlig. De artene som blomstret opp var de som vanligvis forekommer, med kiselalger som dominerende, og det var ingen tegn til oppblomstring av skadelige alger. Fra begynnelsen av juli var det ingen spesielle spor av flommen tilbake i vannmassene i Ytre Oslofjord.

Tabell 3.14. Oversikt over tokt i Ytre Oslofjord i forbindelse med flommen våren og sommeren 1995

Tidsrom	Geografisk område	Antall stasjoner	Ansvarlig institusjon
5. 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		UiO, Marin botanikk
15. juni	Jomfruland/Langesund	7	NIVA
17-26. juni	Spredte observasjoner	4	
27.-28. juni	Hvaler/Singlefj./Ytre Oslofjord m. Breiangen	41	NIVA
5. juli	Fredrikstad-Torbjørnskjær		UiO, Marin botanikk
5.-9. juli	Indre Skagerrak	19	HI - Flødevigen
13. juli	Hvaler	4	NIVA
27. juli	/Ytre Oslofjord		
9. aug.			
22. aug.			

† 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, partikulært CNP, TOC, gulstoff, O₂, + klorofyll-fluorescens og transmisjonsprofiler.
- HI - Flødevigen: Fysikk, hydrokjemii, fytoplankton-artssammensetning.
- UiO: Fytoplankton-artssammensetning i sammenheng med næringsalter. Har også fått planktonprøver fra noen av NIVAs tokt.

LITTERATUR

- Berge, J.A., Helland, A., Moy, F., Rygg, B. og Walday, M. 1995. Programforslag. Oppfølgende undersøkelser i Hvaler-estuarieret og området utenfor etter flommen i Glomma i 1995. NIVA-programforslag av 30/8-95.
- Bjerkeng, B., J. Magnusson, J. Molvær og K. Sørensen 1996. Vannkvaliteten i Ytre Oslofjord ved ekstrem ferskvannstilførsel. NIVA-rapport under utarbeidelse.
- Braaten, B., T. Johnsen, T. Källqvist & A. Pedersen 1993. Biologisk tilgjengelighet av næringssalter til det marine miljø fra fiskeoppdrett, landbruksavrenning og kommunalt avløpsvann. NIVA-rapport O-89156, l.nr. 2877, 160 pp.
- Christensen, T. (1982): *Alger i naturen og i laboratoriet*. Nucleus, København. ISBN-87.87661.37.3. 136 pp.
- Helland, A. 1996. Tilførsel av partikulært materiale til Glommaestuarieret og områdene utenfor i forbindelse med flommen i Glomma i 1995. NIVA-rapport under utarbeidelse.
- Holtan, H. og H. Holtan 1995. Flommen på Østlandet mai/juni 1995. Effekten på vannkvaliteten i Glomma og Drammenselva. NIVA-rapport under utarbeidelse. 47s.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991): Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 576 pp.
- Källqvist, T. & D. Berge 1990. Biological availability of phosphorus in agricultural runoff compared to other phosphorus sources. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24, pp. 214-217.
- Lindstrøm, E.-A., Skulberg, R. & Skulberg, O.M. (1973): Observations on planktonic diatoms in the lake-river system Lake Mjøsa - Lake Øyeren - River Glåma, Norway. *Norw. J. Bot.* 20(2/3):183-195.
- Moore, P.G. 1977. Inorganic particulate suspensions in the sea and their effects on marine animals. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 15, 225-363.
- Moy, F. og M. Walday 1996. Gruntvannsundersøkelser i Hvalerområdet etter flommen 1995. NIVA-rapport under utarbeidelse. 33s.
- Museth, J. og T. Quenild 1996. Flommen - miljøkonsekvenser. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen rapport nr. 1/96. 58s.
- Nordal, O. 1996. Flommen 1995. Miljøgifter i deponier og forurenset grunn. JORDFORSK rapport nr. 2/96. 9s.
- Norsk institutt for vannforskning (1982): Hydrofenologiske observasjonsstasjoner. Notat, O-79054, Oslo, 10. november 1982, 36 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1984): Vannkvalitetspåvirkning av Mjøsa-Glåma-systemet med lukt- og smaksstoffer. NIVA-rapport, løpenummer 1658. Oslo. 17 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986): Blågrønnalger og påvirkning av vannkvalitet. Lukt- og smaksstoffer. NIVA-rapport, løpenummer 1871. Oslo. 22 pp.
- Robbins, I.J. 1985. Ascidian growth and survival at high inorganic particulate concentrations. *Mar. Poll. Bull.* 16, no.9, pp. 365-367.
- Skuja, H. (1964): Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*. Ser. IV. Vol. 18. N:o 3. pp 1-465.
- Skulberg, O.M. 1964. Algal problems related to the eutrophication of European water supplies and a bio-assay method to assess fertilizing influences of pollution of inland waters. I: *Algae and Man*. Plenum Press N.Y., pp. 262-299.
- Skulberg, O.M. (1984a): Hydrofenologi. Et forskningsfelt som trenger systematisk bearbeiding i Norge. *Limnos* 3(1):16-22.
- Skulberg, O.M. (1984b): Begroing. I: *Vassdragsundersøkelser - en metodebok i limnologi*. Red. K. Vennerød. Norsk Limnologforening, Universitetsforlaget, Oslo. pp. 167-179.

- Skulberg, O.M. (1988): Chemical ecology and off-flavour substances. *Wat. Sci. Tech.* 20 (8/9):167-178.
- Skulberg, O.M. & Lillehammer, A. (1984): Glåma. In: *Ecology of European Rivers*. Ed. B.A. Whitton. Blackwell Scientific Publications, London. pp. 469-498.
- Skulberg, O.M. & Skulberg, R. (1985): Planktic species of *Oscillatoria* (CYANOPHYCEAE) from Norway - characterization and classification. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 71(1/2):157-174.
- Skulberg, O.M. & Skulberg, R. (1991): A comparative investigation and taxonomic relationships of *Tychonema tenuis* and *Tychonema bourrellyi*. *Arch. Hydrobiol. Algological Studies* 64:271-279.
- Skulberg, O.M. 1996. Hydrofenologiske observasjoner ved Solbergfoss i forbindelse med flomsituasjonen i 1995. NIVA-rapport under utarbeidelse.
- Stabbetorp, H. og K. Hiitola 1996. Undersøkelser i forbindelse med flommen i 1996. *Planteforsk, Apelvoll forskningscenter*. 8s.
- Sørensen, K., E. Aas, B. Faafeng og T. Lingdell 1993. Fjernmåling av vannkvalitet - Videreutvikling av optisk satellittfjernmåling som metode for overvåking av vannkvalitet. NIVA-rapport l.nr. 2860. 115s.
- Tikkanen, T. & Willén, T. (1992): *Växtplanktonflora*. Naturvårdsverket, Solna.
ISBN-91.620.1115.4. 280 pp.
- Tollan, A. 1995. Flommen 1995, forutsetninger og vurderinger. *VANN 3B*: 447-459.
- Øygarden, L., H.O. Eggstad, W.J.F. Stang, G. Goffeng og N. Vagstad 1996. Flommen i 1995. Skader på jordbruksarealene langs Glomma og Gudbrandsdalslågen. *JORDFORSK-rapport 29/96*. 40s.

Vedlegg A.

Analyseresultater fra NIVAs intensivundersøkelser i Glomma og Vorma

A. Døgnmiddelkonsentrasjoner

- A1. Fosfor
- A2. Ufiltrert fosfat
- A3. Nitrogen
- A4. Nitrat + nitritt
- A5. Partikler
- A6. Organiske partikler
- A7. Turbiditet
- A8. Total organisk karbon (TOC)
- A9. Konduktivitet

B. Døgntransporter

- B1. Fosfor
- B2. Nitrogen
- B3. Partikler

C. Vannføring

- C1. Døgnmiddelvannføring (fra Glommen og Lågen Brukseierforening)

A1. Døgnmiddelkonsentrasjon av totalfosfor (mgP/m³)
juni 1995

total-P	(mgP/m ³)			
	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	229	38	26	13
04-jun	360	55	30	9
05-jun	189	48	34	7
06-jun	115	32	34	8
07-jun	78	72	41	8
08-jun	46	80	46	12
09-jun	54	64	85	10
10-jun	45	38	88	17
11-jun	47	29	52	14
12-jun	45	30	58	20
13-jun	52	24	35	16
14-jun	187	26	37	13
15-jun	67	23	36	16
16-jun	43	27	34	12
17-jun	49	31	29	8
18-jun	34	30	38	8
19-jun	23	30	24	11
20-jun	39	25	32	10
21-jun	55	45	27	8
22-jun	51	28	46	9
23-jun	59	26	27	15
24-jun	53	12	27	10
25-jun	15	32	18	9
26-jun	9	35		8
27-jun	8	20	17	9
28-jun	23	12	14	10
29-jun	34	24	12	9
30-jun	35	18	15	8
01-jul	39	19	16	7
02-jul	38	9	14	14
03-jul	16	26	12	
04-jul		28	14	
05-jul		24	12	

A2. Døgnmiddelkonsentrasjon av ufiltrert fosfat (mgP/m³) juni 1995

PO4-P	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03/06/95	148	23	10	5
04/06/95	219	33	16	3
05/06/95	99	26	17	2
06/06/95	67	18	18	3
07/06/95	45	39	19	4
08/06/95	25	51	24	8
09/06/95	30	27	27	4
10/06/95	24	17	40	10
11/06/95	21	15	31	10
12/06/95	23	16	28	17
13/06/95	18	12	17	15
14/06/95	122	13	20	7
15/06/95	37	12	21	8
16/06/95	24	16	14	6
17/06/95	38	17	17	5
18/06/95	15	16	18	7
19/06/95	10	14	12	8
20/06/95	20	14	15	6
21/06/95	35	29	18	7
22/06/95	33	18	15	6
23/06/95	40	17	-	6
24/06/95	28	4	8	9
25/06/95	8	19	-	4
26/06/95	5	22	-	5
27/06/95	3	7	6	5
28/06/95	14	5	7	5
29/06/95	23	17	5	4
30/06/95	20	11	6	5
01/07/95	21	12	4	4
02/07/95	16	3	4	6
03/07/95	4	17	4	-
04/07/95	-	18	4	-
05/07/95	-	12	5	-

- manglende verdi

A3. Døgnmiddelkonsentrasjon av totalnitrogen (mgN/m³) juni 1995

total-N	(mg/m ³)			
	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	495	555	475	570
04-jun	1205	720	465	555
05-jun	1295	740	515	520
06-jun	400	565	515	515
07-jun	420	545	505	505
08-jun	330	470	450	515
09-jun	385	505	435	540
10-jun	340	450	445	515
11-jun	355	460	485	515
12-jun	350	480	470	520
13-jun	325	485	480	505
14-jun	370	520	485	495
15-jun	395	505	585	565
16-jun	345	490	620	550
17-jun	335	585	550	525
18-jun	365	620	630	520
19-jun	320	610	625	510
20-jun	360	670	690	515
21-jun	355	650	600	515
22-jun	340	635	675	515
23-jun	370	600	603	535
24-jun	355	550	590	530
25-jun	280	565	-	520
26-jun	275	550	-	505
27-jun	265	515	485	515
28-jun	295	495	515	495
29-jun	310	520	470	490
30-jun	320	520	445	495
01-jul	360	515	470	475
02-jul	355	475	470	485
03-jul	320	520	485	-
04-jul	-	505	470	-
05-jul	-	495	480	-

- manglende verdi

A4. Døgnmiddelkonsentrasjon av nitrat + nitritt (mgN/m³) juni 1995

NO3-N	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03/06/95	75	280	220	430
04/06/95	330	355	240	425
05/06/95	555	375	275	410
06/06/95	72	275	265	410
07/06/95	101	240	275	405
08/06/95	84	210	225	460
09/06/95	89	230	210	445
10/06/95	89	260	255	420
11/06/95	81	260	245	410
12/06/95	85	265	275	415
13/06/95	80	305	295	415
14/06/95	91	325	300	415
15/06/95	121	320	475	440
16/06/95	109	300	480	435
17/06/95	103	390	370	420
18/06/95	89	425	430	415
19/06/95	90	415	410	415
20/06/95	85	415	460	405
21/06/95	81	365	315	405
22/06/95	81	380	245	410
23/06/95	79	365	-	405
24/06/95	73	350	325	390
25/06/95	58	335	-	365
26/06/95	61	325	-	350
27/06/95	69	305	245	360
28/06/95	53	305	300	350
29/06/95	50	305	285	330
30/06/95	65	300	255	335
01/07/95	74	300	285	320
02/07/95	69	305	300	325
03/07/95	69	340	310	-
04/07/95	-	340	310	-
05/07/95	-	290	290	-

- manglende verdi

A5. Døgnmiddelkonsentrasjon av partikler (TSM i mg/l) juni 1995

	Total tørrstoff	TSM		
	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	295	5.6	13.8	5.8
04-jun	270	13.8	23.6	4.1
05-jun	176	13.8	27.7	4.3
06-jun	82	10.0	26	4.33
07-jun	56	46	23	6.25
08-jun	36	58.8	24	14.4
09-jun	34	45	76	8.17
10-jun	27	20.5	95	22.5
11-jun	33	13.7	42.4	16
12-jun	33	11.4	39.6	19.4
13-jun	32.5	14	27	20.7
14-jun	152	20.3	31.5	10.3
15-jun	56	11.7	28.5	11.5
16-jun	38	12	23	7.8
17-jun	-	15.2	19.7	-
18-jun	-	14.4	19.7	-
19-jun	-	14.5	17	-
20-jun	-	14	27.3	-
21-jun	-	20.7	24	-
22-jun	-	13.3	37	-
23-jun	-	11.3	25	-
24-jun	-	7.3	16	-
25-jun	7.71	12	-	4
26-jun	4	9.33	-	4
27-jun	3.14	5	8	0.86
28-jun	4.75	4	8.86	10.6
29-jun	7.5	6	7.67	3.14
30-jun	4	3.33	7.67	3.43
01-jul	3.14	4	5.67	3.14
02-jul	10	4.67	6.67	6.8
03-jul	3.75	5.33	6	-
04-jul		5.33	6.29	-
05-jul		5.88	6.8	-

- manglende verdi

A6. Døgnmiddelkonsentrasjon av organiske partikler (i mg/l) juni 1995

	Organisk tørrstoff			
	Funnefoss	TSM- SGR Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	17	1.6	2.2	1.2
04-jun	13	2	2	0.6
05-jun	7	2.3	3	0.89
06-jun	4	1.7	3	0.33
07-jun	3	6.8	3	0.69
08-jun	3	3.2	2	1.1
09-jun	1.5	4.5	5	0.84
10-jun	2	4	5.5	1.3
11-jun	2.7	1.7	2.8	0.6
12-jun	3.7	0.3	2.8	1.2
13-jun	3	0.3	3	2
14-jun	10	1.3	4.5	1
15-jun	3.5	1.7	2.5	1.2
16-jun	4	2	2.7	1.5
17-jun	-	2.4	2.8	-
18-jun	-	1.6	2.6	-
19-jun	-	0.5	3	-
20-jun	-	2	2.6	-
21-jun	-	2	9.3	-
22-jun	-	2	19	-
23-jun	-	2	14	-
24-jun	-	2.6	7	-
25-jun	2.85	4	-	1.14
26-jun	0.86	6	-	0.86
27-jun	1.72	-	7	0.57
28-jun	1.5	-	0.86	1.17
29-jun	2	2.67	1.34	0.28
30-jun	0.5	0.66	1.67	0.29
01-jul	0.28	1.33	1	0.57
02-jul	3.14	2	1.67	0.4
03-jul	1.75	0	1.14	-
04-jul	-	2	0.86	-
05-jul	-	3.92	2	-

- manglende verdi

A7 Døgnmiddelkonsentrasjoner av turbiditet (FTU)

juni 1995

Turbiditet	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	79	5.1	6.1	1.4
04-jun	98	12	9.9	1.2
05-jun	61	9.8	12.5	0.98
06-jun	26	12	13	0.9
07-jun	12	28	18	1.4
08-jun	11	33	23	2.4
09-jun	10	27	34	2.6
10-jun	8.7	14	35	3.5
11-jun	5.5	11	22	3.1
12-jun	5.6	10	19	4.3
13-jun	11	-	13	3.6
14-jun	53	-	14	3.4
15-jun	20	7.7	16	3.6
16-jun	13	8.6	15	2.4
17-jun	4.6	12.5	14.5	1.8
18-jun	6.3	11	14	1.5
19-jun	5.7	13	18	1.7
20-jun	6.5	12	17	1.5
21-jun	5	14	15	1.2
22-jun	3.3	7	18	2.1
23-jun	4.6	5.6	14	1.9
24-jun	3.6	4.1	12	2.2
25-jun	2	4.6	-	2.2
26-jun	1.5	3.8	-	1.3
27-jun	1.3	2.8	4.5	1.2
28-jun	1.5	2.2	4.3	1.5
29-jun	2.3	2.5	3.5	1.3
30-jun	1.4	1.8	4.1	1.4
01-jul	1.4	1.7	2.9	1.5
02-jul	1.3	2.4	2.6	2.3
03-jul	2	2.4	3	-
04-jul	-	2.1	2.8	-
05-jul	-	2.1	3.1	-

- manglende verdi

A8. Døgnmiddelkonsentrasjon av total organisk karbon (TOC)

(mgC/l) juni 1995

TOC (mg C/l)	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	7.9	5.5	6.3	2.9
04-jun	8.1	5.6	5.8	3.0
05-jun	6.6	5.7	5.5	2.6
06-jun	6.9	5.3	5.3	2.3
07-jun	5.9	4.4	5.1	2.8
08-jun	5.2	4.9	5.2	2.6
09-jun	5.2	4.9	5.3	2.4
10-jun	5.5	4.5	4.6	2.3
11-jun	6.9	4.3	4.8	2.1
12-jun	6.8	4.2	4.7	2.6
13-jun	6.2	4.5	4.9	2.7
14-jun	7.2	4.8	4.8	2.4
15-jun	6.7	4.5	5.6	2.8
16-jun	5.9	4.5	4.9	2.6
17-jun	5.2	4.2	4.6	2.6
18-jun	5.6	4.3	4.8	2.6
19-jun	5.9	4.2	4.4	2.4
20-jun	5.3	4	4.2	2.5
21-jun	4.9	4.4	8.7	2.9
22-jun	5.2	3.8	18.2	2.6
23-jun	5.5	3.7	13.2	3.2
24-jun	5.9	3.9	9.4	3.4
25-jun	5.6	3.6	-	3.3
26-jun	5.1	3.5	-	3.4
27-jun	4.6	3.8	5.7	3.2
28-jun	4.5	3.4	4.1	3.3
29-jun	4.3	3.5	4.1	3.3
30-jun	4.6	3.1	5	3.2
01-jul	4.5	3.2	4	3.3
02-jul	4.8	3.3	4.1	3.4
03-jul	4.7	3.5	4.1	-
04-jul	-	3.2	4.1	-
05-jul	-	3.8	4.1	-

- manglende verdi

A9. Døgnmiddelkonsentrasjon av konduktivitet (mS/m) juni 1995

konduktivitet				
	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	2.23	3.71	3.41	4.29
04-jun	3.02	3.11	3.25	4.25
05-jun	3.17	3.44	3.15	4.71
06-jun	2.38	3.34	3.24	4.19
07-jun	2.61	3.08	3.29	4.21
08-jun	2.58	2.89	2.97	4.29
09-jun	2.77	3.08	2.81	4.35
10-jun	2.64	3.17	2.99	4.26
11-jun	2.37	3.4	3.28	4.26
12-jun	2.56	3.41	3.36	4.37
13-jun	2.64	3.48	6.55	4.19
14-jun	2.69	3.54	3.33	4.23
15-jun	2.98	3.52	3.84	4.33
16-jun	3.06	3.45	5.56	4.33
17-jun	3.04	3.85	3.65	4.34
18-jun	2.99	4.04	3.97	4.29
19-jun	2.96	3.99	4.17	4.31
20-jun	3.05	4.12	4.06	4.33
21-jun	3.08	3.97	5.31	4.3
22-jun	3.07	4.12	6.91	4.34
23-jun	3.09	4.09	6.01	4.3
24-jun	3.08	4.01	5.67	4.22
25-jun	3.2	4.05	-	4.1
26-jun	3.25	3.99	-	4.19
27-jun	3.28	4	4.38	4.16
28-jun	3.37	3.96	4.19	4.12
29-jun	3.47	4.03	4	4.03
30-jun	3.49	3.99	3.99	4.01
01-jul	3.51	4	3.97	3.92
02-jul	3.5	3.93	4	3.91
03-jul	3.51	4.02	3.99	-
04-jul	-	3.94	3.97	-
05-jul	-	3.95	4	-

- manglende verdi

B1. Beregnet fosfortransport i Vorma og Glomma juni 1995

Fosfortransport (tonn/døgn)				
	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	57.4	10.4	7.3	1.0
04-jun	87.9	15.9	8.9	0.8
05-jun	44.1	14.6	10.6	0.6
06-jun	25.0	9.9	10.7	0.7
07-jun	15.1	22.1	12.9	0.9
08-jun	8.1	24.6	14.5	1.6
09-jun	9.1	19.7	26.9	1.4
10-jun	7.8	11.8	27.9	2.4
11-jun	7.6	9.0	16.5	2.0
12-jun	6.5	9.2	18.1	2.8
13-jun	6.9	7.2	10.7	2.2
14-jun	22.4	7.5	11.0	1.8
15-jun	7.2	6.4	10.3	2.1
16-jun	4.2	7.2	9.3	1.6
17-jun	4.5	7.8	7.4	1.0
18-jun	2.9	7.0	9.1	1.0
19-jun	1.8	6.6	5.4	1.3
20-jun	3.0	4.9	6.5	1.2
21-jun	4.1	8.4	5.2	1.0
22-jun	3.6	5.4	9.2	1.1
23-jun	3.7	4.6	4.9	1.7
24-jun	3.1	2.0	4.6	1.1
25-jun	0.8	4.9	2.8	1.0
26-jun	0.4	5.3	0.0	0.8
27-jun	0.4	2.8	2.4	1.0
28-jun	1.0	1.8	2.2	1.2
29-jun	1.4	3.7	1.9	1.1
30-jun	1.3	2.7	2.3	0.9
01-jul	1.3	2.7	2.3	0.8
02-jul	1.1	1.2	1.9	1.5
03-jul	0.4	3.4	1.6	
04-jul		3.6	1.9	
05-jul		2.9	1.5	

B2. Beregnet nitrogentransport i Vorma og Glomma juni 1995

korrigert for manglende verdier (kursiv):

N transport (tonn per døgn)				
	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	124	152	133	44
04-jun	294	208	138	47
05-jun	302	224	160	44
06-jun	87	174	163	43
07-jun	81	168	159	57
08-jun	58	145	142	68
09-jun	65	156	138	73
10-jun	59	139	141	71
11-jun	57	142	154	73
12-jun	51	147	147	74
13-jun	43	145	147	71
14-jun	44	151	144	69
15-jun	42	141	167	74
16-jun	34	131	170	72
17-jun	31	147	141	64
18-jun	31	145	151	63
19-jun	25	135	142	62
20-jun	27	132	140	62
21-jun	26	122	115	61
22-jun	24	123	134	60
23-jun	23	105	108	61
24-jun	21	90	99	59
25-jun	14	86	90	56
26-jun	13	83	80	53
27-jun	12	72	70	56
28-jun	13	75	80	58
29-jun	13	81	75	58
30-jun	11	78	68	58
01-jul	12	74	69	54
02-jul	10	64	65	54
03-jul	8	67	64	
04-jul		65	62	
05-jul		60	60	

B3. Beregnet partikkeltransport i Vorma og Glomma juni 1995

korrigert for manglende verdier (kursiv):

Total partikkeltransport (tonn/døgn)				
	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
03-jun	73915	1531	3867	449
04-jun	65902	3984	6981	348
05-jun	41057	4185	8609	368
06-jun	17854	3084	8218	364
07-jun	10862	14149	7250	702
08-jun	6305	18086	7565	1891
09-jun	5728	13884	24030	1108
10-jun	4652	6341	30113	3114
11-jun	5317	4238	13440	2281
12-jun	4773	3480	12388	2749
13-jun	4296	4173	8248	2892
14-jun	18241	5877	9346	1437
15-jun	6024	3260	8138	1512
16-jun	3736	3219	6323	1018
17-jun	2500	3810	5060	800
18-jun	2000	3378	4736	700
19-jun	1800	3211	3858	600
20-jun	1500	2768	5531	550
21-jun	1200	3876	4605	520
22-jun	1000	2586	7371	500
23-jun	700	1981	4491	475
24-jun	550	1201	2697	450
25-jun	392	1836	2000	429
26-jun	189	1404	1500	419
27-jun	139	699	1147	93
28-jun	207	609	1383	1246
29-jun	303	933	1222	369
30-jun	143	500	1180	399
01-jul	103	573	832	357
02-jul	291	627	918	751
03-jul	98	691	797	750
04-jul		690	835	
05-jul		715	847	

C1. Døgnmiddelvannføring (m³/sek) fra Glommen og Lågen Brukseierforening

	Funnefoss	Solbergfoss	Sarpsfoss	Vorma
3.06.95	2900	3165	3243	896
4.06.95	2825	3341	3424	981
5.06.95	2700	3510	3597	990
6.06.95	2520	3570	3658	972
7.06.95	2245	3560	3648	1300
8.06.95	2027	3560	3648	1520
9.06.95	1950	3571	3660	1570
10.06.95	1994	3580	3669	1602
11.06.95	1865	3580	3669	1650
12.06.95	1674	3533	3621	1640
13.06.95	1530	3450	3536	1617
14.06.95	1389	3351	3434	1615
15.06.95	1245	3225	3305	1522
16.06.95	1138	3105	3182	1511
17.06.95	1072	2901	2973	1421
18.06.95	989	2715	2782	1405
19.06.95	911	2563	2627	1400
20.06.95	881	2288	2345	1385
21.06.95	858	2167	2221	1377
22.06.95	806	2250	2306	1358
23.06.95	730	2029	2079	1322
24.06.95	675	1904	1951	1282
25.06.95	588	1771	1815	1242
26.06.95	546	1742	1785	1212
27.06.95	514	1619	1659	1256
28.06.95	504	1763	1807	1361
29.06.95	467	1800	1845	1360
30.06.95	415	1738	1781	1348
1.07.95	379	1658	1699	1315
2.07.95	337	1554	1593	1278
3.07.95	303	1500	1537	1235
4.07.95	286	1500	1537	1168
5.07.95	266	1408	1443	1072

Kjemiske analyseresultater fra toksisitetstest og algevekstpotensial (kap. 3.4.5)

stasjon	dato	kond. mS/m	turb. FTU	tot-P mgP/m3	PO4-P mgP/m3	fitr. PO4-P mgP/m3	tot-N mgN/m3	NO3+NO2-N mgN/m3	NH4-N mgN/m3	TOC mgC/l	klf-a mg/m3	tot. tørrst. mg/l	gløderest mg/l
Sarpsfoss	9.6	2.98	35	82	51	5	430	205	23	5.0	1.6	73.0	69.5
Sarpsfoss	11.6	3.69	20	50	33	2	455	245	<5	4.8	1.7	39.5	37.0
Sarpsfoss	13.6	3.49	17	45	28	3	500	305	15	4.4	1.5	32.0	30.5
Sarpsfoss	15.6	3.67	16	36	24	-	675	475	<5	4.4	-	28.0	26.4
Sarpsfoss	17.6	3.61	15	33	26	-	535	360	9	4.6	-	26.8	25.4
Sarpsfoss	19.6	4.06	13	28	13	-	635	450	<5	4.1	-	22.0	21.2
Svanfoss i Vorma	13.6	4.14	3.1	23	22	3	510	430	<5	2.2	1	21.3	20.0
Funnefoss	13.6	2.68	5.2	25	10	2	305	89	<5	5.4	1.9	20.4	18.6
Evjen ved Rånåsfoss	13.6	12.5	18	96	14	4	3040	2080	24	15.4	53.1	26.0	21.6
Tveiten ved Udnes	13.6	9.7	14	97	13	2	4240	3220	15	7.5	177	30.7	8.7
Merkja (utenfor)	13.6	7.6	5.8	97	10	3	1600	510	35	8.4	69.4	12.8	5.6
Leira	13.6	9.6	27	104	8	5	1600	515	32	7.5	15.6	44.0	39.6