



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 641/96

Oppdragsgiver

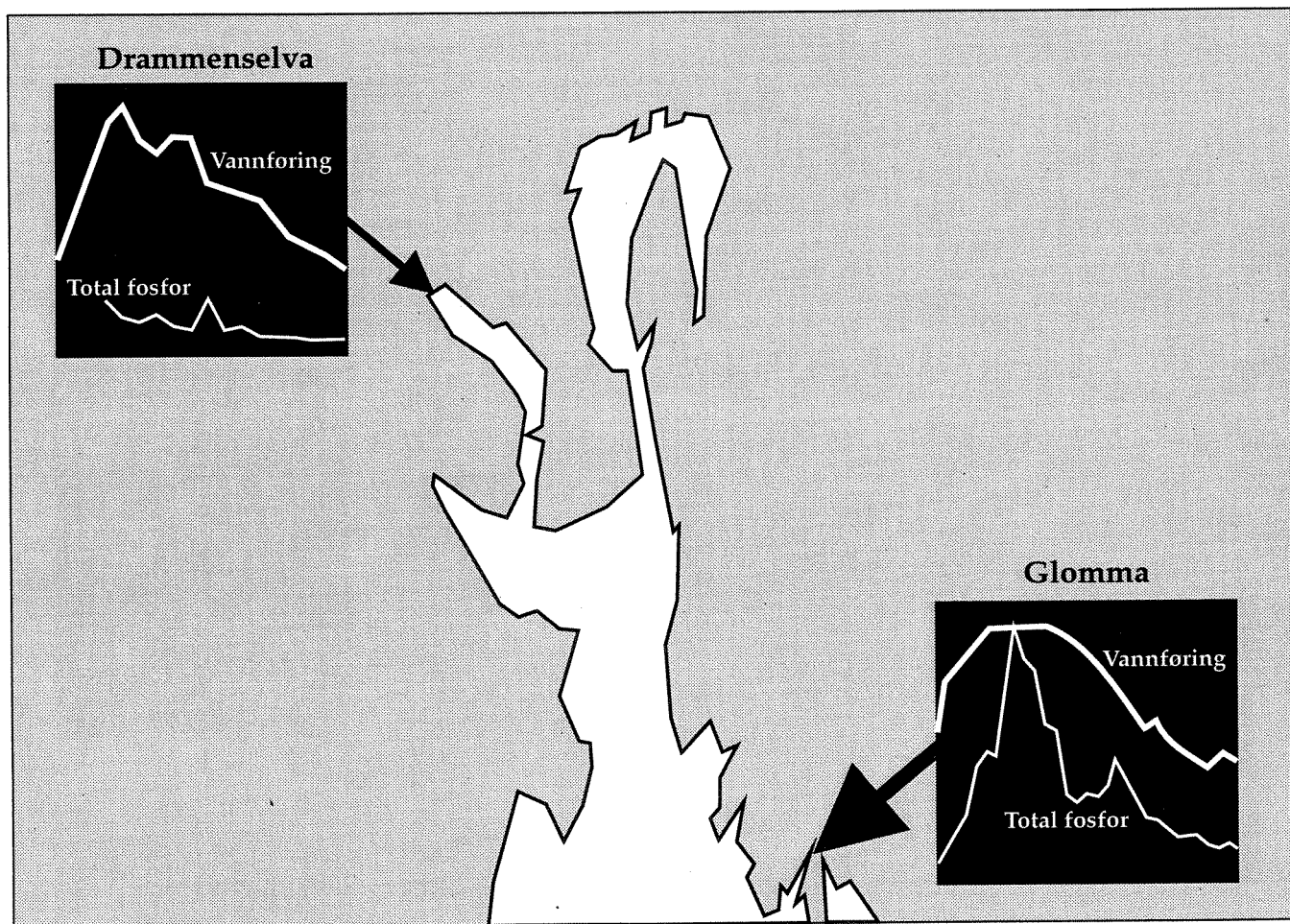
Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon

NIVA

Flommen på Østlandet mai/juni 1995.

Effekter på vannkvaliteten i Glomma og Drammenselva.



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-90001	Undernr.:
Løpenr.: 3437-96	Begr. distrib.:

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
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Flommen på Østlandet mai/juni 1995. Effekten på vannkvaliteten i Glomma og Drammenselva. (Statlig program for forurensningsovervåking nr. 641/96)	Dato: 29.2.96	Trykket: NIVA 1996
Forfatter(e): Holtan, Hans Holtan, Gjertrud	Faggruppe: Vassdrag	Geografisk område: Østlandet
	Antall sider: 47	Opplag:

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsg. ref.:
--	-------------------------

Ekstrakt:

Rapporten presenterer resultater fra en intensivundersøkelse av vannkvaliteten i Glomma (Sarpsfoss) og Drammenselva (Gamle Mjøndalen bro) i forbindelse med storflommen på Østlandet i mai/juni 1995. For Glomma viser resultatene at transporten i juni måned av suspendert tørrstoff og total fosfor var av samme størrelsesorden som i et normalår, dvs. nærmere 200.000 tonn STS og 400 tonn P. Tilsvarende transportverdi for nitrogen (3840 tonn) er omtrent tredjeparten av normal årstransport. Ca. 91% av det suspenderte tørrstoffet besto av uorganiske partikler, og ca. 93% av fosforet var partikulært. Ca. 61 % av total nitrogen var nitrater.

Flomforløpet i Drammenselva artet seg omtrent på samme måte som i Glomma. I juni måned passerte i underkant av 18900 tonn suspendert stoff, noe som var større enn vanlig årstransport i senere år, bortsett fra 1994. Videre passerte vel 30 tonn fosfor og 1430 tonn nitrogen, dvs. nærmere 70 og 40 % av vanlig årstransport basert på målinger fra 1990-1994.

Miljøgifttransporten var tilsvarende som for næringssalter i begge elver, stor. Særlig var konsentrasjonene av bly betydelig høyere enn normalt, og høyest da vannets tørrstoffinnhold var størst. Det ble ikke funnet spor av PCB eller plantevernmiddelet DDT, mens lindan ble påvist i alle prøver. PAH konsentrasjonene var også høyere enn normalt.

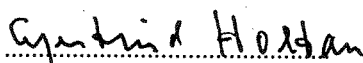
4 emneord, norske

1. Glomma
2. Drammenselva
3. Forurensningstilførsler
4. Flom

4 emneord, engelske

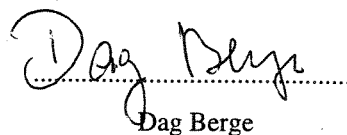
1. Glomma
2. Drammenselva
3. Pollution inputs
4. Flow

Prosjektleder



Gjertrud Holtan

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN 82-577-2973-6

O - 90001

Flommen på Østlandet mai/juni 1995

Effekter på vannkvaliteten i

Glomma og Drammenselva

Brekke, 29. februar 1996

Prosjektleder:

Forfatter:

Medarbeidere

Gjertrud Holtan

Hans Holtan

Lida Henriksen

Terje Hopen

Eigil Iversen

Forord

Denne undersøkelse av flomvirkninger (1995) på vannkvaliteten i Glomma og Drammenselva, er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Statens forurensningstilsyn (SFT) i henhold til avtale av 1. juni 1995. Undersøkelsen er et ledd i den rutinemessige overvåkingen av elvetilførsler til norske kystområder, som rapporteres årlig til Oslo- og Pariskommisjonen (OSPAR).

Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen ved Fylkeslaboratoriet, har vært behjelpelig med innsamling av prøver fra Glomma. Prøvene fra Drammenselva ble samlet inn av forsker Eigil Iversen, NIVA. Fylkeslaboratoriet i Østfold utførte dessuten kjemiske analyser av suspendert stoff, farge, TOC, turbiditet og næringssalter i prøvene fra Glomma. Bestemmelse av organiske miljøgifter ble utført ved NIVA's laboratorier. Alle komponenter med unntak av tungmetaller i prøvene fra Drammenselva, ble analysert ved NIVA. Tungmetallanalysene er utført ved Norsk institutt for luftforskning (NILU).

Vannføringsdata fra Glomma er innhentet fra Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB). Norges vassdrags- og energiverk (NVE) har levert vannføringsdata for Drammensvassdraget.

Ved NIVA har programmerer Terje Hopen vært behjelpelig med EDB-teknisk assistanse og avdelingssekretær Lida Henriksen med redigering av rapporten. Seniorforsker Hans Holtan har bearbeidet dataene og skrevet rapporten. Forsker Gjertrud Holtan har vært NIVA's ansvarlige prosjektleder. Forskningssjef Dag Berge er ansvarlig for faglig kvalitetssikring.

Innholdsfortegnelse:

1. SAMMENDRAG	4
2. INNLEDNING	7
3. MÅL OG METODER	8
3.1. Mål	8
3.2. Metoder	8
4. GENERELT OM FLOMMER	9
4.1. Årsaker og forutsetninger	9
4.2. Flommens innvirkning på vannkvaliteten	10
5. UNDERSØKELSESOPPLEGG	10
6. RESULTATER OG KOMMENTARER	11
6.1. Glomma	11
6.1.1. Vannføring	11
6.1.2. Partikulært materiale	12
6.1.3. Næringssalter	13
6.1.4. Tungmetaller	16
6.1.5. Silisium	17
6.1.6. Klorerte organiske forbindelser, PCB, lindan DDT og PAH	18
6.1.7. Stofftransport i Glomma	18
6.2. Drammenselva	20
6.2.1. Vannføring	20
6.2.2. Partikulært materiale	21
6.2.3. Næringssalter	23
6.2.4. Tungmetaller	25
6.2.5. Silisium	26
6.2.6. Klorerte organiske forbindelser. PCB, lindan, DDT og PAH.	26
6.2.7. Stofftransport i Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro	27
REFERANSER	28
VEDLEGG 1: GLOMMA	29
VEDLEGG 2: DRAMMENSELVA	40

1. Sammendrag

Under storflommen på Østlandet i 1995, ble det i juni måned, på oppdrag av Statens forurensningstilsyn (SFT), samlet inn daglige prøver for kjemiske analyser fra Glomma ved Sarpsfossen, og prøver annenhver dag fra Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro. Før og etter flommen er det blitt samlet inn prøver noe sjeldnere. Undersøkelsen ble organisert og gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Mildvær og uvanlig stor snøsmelting kombinert med kraftig regnvær i slutten av mai 1995, førte til at vårflommen i elvene på Østlandet dette år ble uvanlig stor. Vannet strømmet utover de lavereliggende elvesletter, og mange steder ble det dannet nye elveleier. Dette førte til kraftig erosjon og utrasninger, spesielt var jordbruksarealene utsatt, og mange steder ble jordsmonnet feid på vannet. Bolighus, driftsbygninger og til og med kloakkrenseanlegg ble satt under vann. Hensikten med denne undersøkelse var å påvise hvordan vannets kvalitet ble påvirket av flommens herjinger.

Glomma:

I Glomma var det først og fremst Østerdalsflommen som hadde de største virkninger, både kvantitativt og kvalitativt. Østerdalsflommen økte mye raskere og nådde nesten dobbelt så høy vannføring (bortimot 3000 m³/s ved Funnefoss) som Mjøsa/Vormaflommen (1650 m³/s ved Ertesekken) hvor flommen kulminerte vel en uke senere.

Flommen, spesielt Østerdalsflommen, medførte meget store tilførsler av erosjonsmateriale som ble transportert nedover elva som suspendert stoff. I juni måned var transporten av partikulært materiale av samme størrelse (bortimot 200.000 tonn) som en hel årstransport under normal vannføring. Over 90 % av det partikulære materiale besto av uorganisk stoff, dvs. mineralske partikler. Under flommen (spesielt Østerdalsflommen) var imidlertid vannets fargetall og innhold av organisk materiale, målt som TOC, omtrent dobbelt så høyt som normalt.

Etter hvert som flomfronten fra Østerdalen nådde ned til Sarpsfossen, økte konsentrasjonen av fosfor, og den høyeste verdi ble målt til over 120 µg P/l. Over 90 % av dette fosforet var partikulært bundet. Etter at Østerdalsflommen kulminerte, avtok fosforkonsentrasjonen raskt til 40 - 50 µg P/l og etter hvert til en normal verdi (10 - 12 µg P/l) i slutten av juni. Den partikulære andelen avtok til ca. 80 % i samme tidsrom. Transporten av total fosfor var i juni måned 1995 like stor eller større enn en vanlig årstransport.

Da flommen satte inn avtok vannets innhold av total nitrogen fra ca. 800 til vel 400 µg N/l. Konsentrasjonen økte litt da vannføringen var på det høyeste. Den største økningen inntraff imidlertid noen dager etter at flommen hadde kulminert. Dette har sannsynligvis sammenheng med stor tilførsel av nitrogenforbindelser da vannstanden sank og vannet trakk seg tilbake fra de oversvømte områdene. Nitrogen er lett løselig i vann og er ikke i samme grad bundet til partikler som fosfor. Da Østerdalsflommen dominerte var omlag 50 - 60 % av nitrogenet organisk nitrogen. Denne andelen avtok til omlag 20 - 30 % da Mjøsa - Vormafloppen ble mer dominerende. Transporten av total nitrogen var i juni måned 1995 vel en tredel av normal årstransport.

Konsentrasjonene av kobber, sink, kadmium og bly økte til dels kraftig under den første fase av flommen, dvs. da Østerdalsflommen dominerte og vannets innhold av suspendert materiale var størst. Dette viser at tungmetallene i stor grad er bundet til partikler og i liten grad er løst i

vannet. Sannsynligvis stammer en vesentlig del av tungmetallene fra gruveområdene i de øvre deler av vassdraget. Konsentrasjonen av nikkel var lavest da vannføringen var størst. Dette tyder på tilførsler fra de nedre deler av vassdraget. Konsentrasjonen av kvikksølv var svært varierende.

Konsentrasjonen av miljøgiftene PCB og DDT var lavere enn metodens deteksjonsgrense. Konsentrasjonen av lindan hadde sin høyeste verdi da flommen var på det høyeste og avtok gradvis etter hvert som vannføringen og vannets innhold av partikler avtok. Konsentrasjonen av PAH var også relativt høy under flommen.

Konsentrasjonen av silisium var i liten grad påvirket av flommen.

Drammenselva:

Flomforløpet i Drammenselva artet seg omtrent på samme måte som i Glomma, men førte ikke til de samme dramatiske konsekvenser. Dette skyldes de mange store innsjøene i de lavereliggende deler av nedbørfeltet. Disse magasinerer og forsinker flomvannet fra de øvre deler av feltet. Til tross for mange reguleringsmagasiner bl. a. Krøderen, kan Hallingdalselvas innvirkning hva vannføringen angår, sammenlignes med Glomma i Østerdalen. Avrenningen fra Tyrifjorden kan sammenlignes med Mjøsa-Vorma. Flommen i Snarumselva kulminerte (i likhet med Østerdalsflommen) den 3. juni, mens flommen ved Geithus kulminerte rundt 10. - 12. juni.

Konsentrasjonen av suspendert stoff hadde sin høyeste verdi mens vannføringen ennå var for oppadgående. P.g.a. de store innsjøene Krøderen og Tyrifjorden antas det at tilførslene av partikler i vesentlig grad skyldes tilført erosjonsmateriale fra de nedre deler av nedbørfeltet. Den høyeste målte verdi for suspendert stoff i Drammenselva var 18 mg/l, mens tilsvarende verdi i Glomma var over 60 mg/l. Under flommen varierte den uorganiske andelen (gløderesten) mellom 60 og 100 %, mens den uorganiske andelen etter flommen varierte mellom 30 og 60 %. Transporten av suspendert stoff var under flommen i juni, noe høyere enn normal årstransport.

Vannets innhold av total fosfor i flomperioden varierte mellom 10 og 20 µg P/l, men avtok raskt til 5 - 6 µg P/l mot slutten av juni og videre utover sommeren og høsten. I begynnelsen av flommen forelå over 90 % av fosforet på partikulær form. Denne andelen avtok etter hvert til 60 - 70 % som er det normale. Transporten av total fosfor i juni måned var nesten på høyde med normal årstransport.

Konsentrasjonen av total nitrogen hadde to maksima, *en* i begynnelsen av flommen og *en* etter at Tyrifjordflommen ble mer dominerende. Begge maksima har sannsynligvis sammenheng med flommen. Det er mulig at økt tilførsel av Tyrifjordvann kan medføre økte konsentrasjoner. Økt andel av nitrater kan tyde på det. Både konsentrasjonen av totalt nitrogen, og spesielt nitrat, avtok utover sommeren. Dette skyldes økt produksjon av alger/planter i vassdraget oppstrøms. Transporten av total nitrogen under flommen (juni), var noe under halvparten av normal årstransport.

Konsentrasjonen av bly var betydelig høyere under flommen enn normalt. Konsentrasjonen av de øvrige tungmetaller varierte usystematisk, og det er derfor vanskelig å påvise spesielle flomeffekter. Det ble ikke påvist konsentrasjoner av PCB og DDT over analysemetodens deteksjonsgrense. Konsentrasjonen av lindan hadde markert høyeste verdi da flommen var på

det høyeste, men konsentrasjonene avtok raskt utover i juni. Konsentrasjonen av total PAH var under flommen betydelig lavere enn i Glomma på samme tidspunkt, men høyere enn det som vanligvis måles i innsjøvann.

Det er vanskelig å påvise flomeffekter på vannets innhold av silisium. Verdiene var noe lavere enn det som ble påvist i Glomma.

English summary:

Flood discharge:

This report presents the results from an intensive investigation of Glomma (at Sarpsfoss) and Drammenselva (at Gamle Mjøndalen bro) in connection with the extraordinary high flood in Norwegian rivers in the South-Eastern part of the country in May-June 1995.

Mild weather, late and unusually high snowmelting rate in combination with extraordinary high precipitation towards the end of May 1995 lead to unusual large spring-floods in the rivers last year, with recurrence intervals up to 200 years. The flood plains of Glomma was especially exposed with overbank flooding and water spreading over the cultivated floodplains. This again lead to large flood erosion of soil especially from plowed fields. Houses, farms, roads, bridges and some of the sewage treatment plants were set under water and in several cases permanently damaged. The flood peak in lower Glomma was measured the 10th and 11th of June, while the flood in Drammenselva reached the peak a week earlier, the 3rd of June 1995. The total duration of the flood was about a month in both rivers. The purpose of this investigation was to find out how the flood effected the water quality of the two rivers, as well as the transport of different chemical substances to the sea.

Nutrients and particular matter in Glomma: According to the results the transport of suspended particulate matter (STS) and total phosphorus (P) in June 1995 were of the same order as a normal annual transport (200.000 tonnes STS and 400 tonnes P). The transport of total nitrogen (3840 tonnes) comprised about a third of normal annual transport. About 91% of the suspended matter consisted of inorganic material, and 93% of the phosphorus was particulate. About 61% of the total nitrogen was nitrates.

Nutrients and particular matter in Drammenselva: The flood followed the same pattern as the Glomma flood. Because of large lake basins in the catchment area, the Drammenselva flood plains are not in the same way exposed to inundation. The transport of suspended particulate matter in June (18.900 tonnes) was larger than the normal annual transport. The transport of total phosphorus and total nitrogen, 30 tonnes P and 1430 tonnes of N comprise about 70 % (P) and 40 % (N) of mean annual transport for the years from 1990-1994.

Heavy metals and persistant organic pollutants: The transport of heavy metals was larger than usual in both rivers. The concentration of lead was considerably higher than normal. The highest values occurred at the same time as the peak values of suspended particulate matter. Polychlorinated biphenyls (PCBs) were not found in the samples, nor DDT. Lindane was detected in all samples but in small amounts. PAH were analyzed twice in samples from Glomma and once in samples from Drammenselva. The concentrations of total PAH were higher in Glomma than in Drammenselva and somewhat higher than normally found in lake water.

2. Innledning

Statens forurensningstilsyn (SFT) har inngått en avtale med Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om overvåking av stofftilførsler til norske fjorder og havområder som er tilknyttet Pariskonvensjonen. Denne overvåkingen har pågått siden 1990 og omfatter bl. a. månedlig innsamling av kjemiske prøver fra større elver deriblant Glomma og Drammenselva.

Da storflommen på Østlandet var et faktum i slutten av mai 1995, besluttet SFT å intensivere undersøkelsen i de mest utsatte vassdragene, nemlig Glomma og Drammenselva. Det ble bestemt at det fra prøvetakingsstasjonen i Glomma (Sarpsfoss) skulle samles inn daglige prøver og at det fra Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro, skulle samles inn prøver annenhver dag. Dessverre kom prøvetakingen i gang i begynnelsen av juni da flomvannføringen var størst. Stoffkonsentrasjoner på stigende vannføring er således ikke blitt registrert tilfredsstillende. Dette kan ha en viss betydning, ikke minst ved beregning av stofftransport. Det antas imidlertid at stofftilførselen fra de øvre deler av vassdragene bl. a. Østerdalen er fanget opp.

Da flom kan arte seg forskjellig i ulike vassdragssystemer avhengig av magasineringsmuligheter, innsjøprosent m. m. , er det gitt en kortfattet beskrivelse av flommer og flomvirkninger.

3. Mål og metoder

3.1. Mål

Hovedhensikten med undersøkelsen var å påvise i hvilken grad storflommen på Østlandet i mai/juni 1995 påvirket vannets kvalitet i Glomma og Drammenselva. Problemstillingen har også omfattet beregning av stofftransporten til fjord- og sjøområdene som disse elvene har innvirkning på.

Undersøkelsen var i første rekke fokusert på suspendert stoff og næringssalter, men endringer i vannets innhold av tungmetaller og andre miljøgifter var også av interesse.

3.2. Metoder

Prøvetakingsstasjonene var lagt til henholdsvis Sarpsfossen i Glomma og Gamle Mjøndalen bro i Drammenselva. Prøvene ble samlet inn manuelt fra overflatelagene i de sentrale områder av elven, dvs. der hvor strømhastigheten var størst.

Prøver for analyse av suspendert stoff, organisk materiale, farge, turbiditet, silisium og næringssalter ble samlet inn på godt rengjorte plastflasker. Prøver for analyse av tungmetaller og organiske miljøgifter ble samlet inn på spesialflasker som er foreskrevet for denne type prøver.

Prøvene på NIVA/Fylkeslaboratoriet i Østfold ble analysert i henhold til Norsk Standard (NS). Bestemmelse av tungmetallene Cu, Zn, Cd, Pb og Ni er utført med teknikken ICP-MS ved Norsk institutt for luftforskning (NILU, 1990).

Vannføringsdata er innhentet fra GLB (Glomma) og NVE (Drammenselva). Vannføringsdata fra de enkelte målestasjonene i Glomma er foreløpige, dvs. fortsatt gjenstand for en viss diskusjon/vurdering. Dette gjelder særlig Elverum og Rånåsfoss, noe som vil kunne få konsekvenser for vannføringen nedstrøms, dvs ved Funnefoss. Materialet vil være ferdigbehandlet og foreligge i mai d.å. (pers medd. Tingvold, GLB).

4. Generelt om flommer

4.1. Årsaker og forutsetninger

Det er flere grunner til at det oppstår flommer i vassdrag og hvor omfattende de blir. Generelt kan det skilles mellom følgende årsaker:

- som følge av snøsmelting om våren
- som følge av regnvær
- som et resultat av en kombinasjon av snøsmelting og regnvær

Som regel er det den sistnevnte årsak som forårsaker de store flommene. Dette var f. eks. årsak til Storofsen på Østlandet i 1789 og til storflommen (Vesleofsen) i 1995 (Hagen 1995 og Tollan 1995).

Store snømengder i fjellet, sen vår og plutselig omslag fra kaldt til varmt vær, kan i seg selv forårsake store flommer. Som regel smelter snøen i lavlandet før snøsmeltingen i høyfjellet tar til for alvor. Dette forårsaker den såkalte lavlandsflommen. Denne flommen vil ha stor betydning for tilførsel av erosjonsmateriale fra de lavereliggende jordbruksarealer, spesielt kornarealer, og løsavsetninger (elvesletter). Vannet blir tilgrumset og tilføres store mengder næringssalter. Den etterfølgende høyfjellsflommen er, avhengig av snømengdene i fjellet, vanligvis mye større enn lavlandsflommen. Under forutsetning av at den ikke oversvømmer de lavereliggende jordbruksarealer, vil denne flommen innvirke på vannets kvalitet ved at sedimentert materiale langs elvebunnen hvirvles opp og føres videre.

Hvis værforholdene er slik at lavlandsflommen og høyfjellsflommen faller sammen og at det samtidig er mye snø i fjellet, samt kraftig regnvær under avsmeltingen, oppstår som nevnt de virkelige store flommer. De eroderende krefter disse vannmasser representerer vil kunne medføre store utgravninger både langs hovedvassdragene så vel som langs sidevassdrag.

Flommen vil kunne arte seg forskjellig i de ulike vassdrag avhengig av vassdragets utforming og naturlige magasinmuligheter. I Glommavassdraget, spesielt i Østerdalen, er det få naturlige innsjømagasiner og våtmarksområder. Flomtoppen blir i mindre grad dempet - vannet strømmer mer eller mindre uhemmet nedover vassdraget og forårsaker oversvømmelser. Reguleringsmagasiner som Savallen, Storsjøen i Rendalen og Osensjøen, vil i den grad de er nedtappet, virke dempende og redusere flomvirkningene.

I Gudbrandsdalslågen oppstrøms Mjøsa er det bortsett fra i Jotunheimen, få og små magasiner og således små muligheter for å dempe flommen. Mjøsa som på vårparten er sterkt nedtappet, virker dempende på flommen. I følge Glommens og Lågens Brukseierforening, ble vannstanden i Øyeren i 1995 redusert med 20 - 25 % som følge av reguleringsinngrepene. Forbygningstiltakene som finnes langs vassdragene (flomverkene), særlig i Østerdalen, stimulerer flomvirkningene i selve hovedvassdraget.

I Drammensvassdraget er det flere store og regulerte innsjøer i de ulike hovedgrener av vassdraget bl. a. Randsfjorden, Strondafjorden, Sperillen, Tyrifjorden og Krøderen. I de øvre deler er dessuten vassdragene betydelig kraftverksregulerte f. eks. Etna/Dokka, Slidre og Vang-reguleringene og Hallingdal/Hemsedal. Når magasinene er nedtappet, blir flomvannet i betydelig grad holdt tilbake. Forutsetningene for storflom i Drammenselva er derfor langt mindre enn i Glomma.

4.2. Flommens innvirkning på vannkvaliteten

Ved flom blir gjerne de lavereliggende elvesletter oversvømmet og utsatt for vannets eroderende virksomhet. Dette betyr stor tilførsel av erosjonsmateriale, jord og partikler, særlig fra åpne åkerarealer. I mange tilfeller forårsaker flommen ras og utglidninger, spesielt i bratte skråninger hvor jordsmonnet består av leire. Resultatet blir sterkt grumsete vann og stor partikulær materialtransport i elvene. Når dette vannet strømmer ut over de flate elveslettene blir en del av dette suspenderte materiale avsatt, men i brattlendt terreng, er vannets eroderende eller gravende virksomhet dominerende. Under flommen i 1995 ble totalt 135000 da dyrket jordbruksarealer oversvømmet i Glommaområdet (Hagen 1995). Mange steder ble store områder med den beste matjorden, flomvannets bytte.

Jordsmonnet fra de kultiverte jordbruksarealer inneholder betydelige mengder næringsalter, særlig fosfor, bundet til partiklene. Nitrogenforbindelser som er lett løselig i vann, tilføres vassdraget i løst form først og fremst som nitrater. Vårflommen inntreffer gjerne etter at våronnarbeidet er unnagjort og jordbruksarealene gjødslet. Tilførselen av næringsalter til vassdragene blir derfor ekstra stor.

Ved store flommer slik som i 1995, trenger vannet også inn i bolighus, driftsbygninger, kloakkrenseanlegg osv. Bl. a. medførte flommen at urensset kloakkvann tilsvarende 120000 personer ble tilført vassdraget.

Flommen tilfører dessuten store mengder flytestoffer, søppel, plastikkgenstander, trær og trefang, til vassdragene

Flommen innvirker også på stofftransporten i selve vassdraget. Stoffe som er sedimentert langs elvebunnen hvirvles opp og transporteres videre. Den økte vannhastigheten vil, i områder hvor elven går i løsavsetninger, medføre utgravninger og endringer av elveleiet. Alt dette medfører økt partikulær materialtransport, og følgelig vil konsentrasjoner av stoffer som er knyttet til partikler, øke.

5. Undersøkellesopplegg

Undersøkelsen kom i gang etter at flommen var et faktum, og i perioden 30. mai til 30. juni ble det samlet inn kjemiske prøver fra

- Glomma ved Sarpsfossen - daglige prøver
- Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro - prøvetaking annenhver dag

I månedene juli og august ble det også tatt prøver i begge vassdrag med større hyppighet enn normalt.

Prøvene er samlet inn som stikkprøver fra elvenes hovedvannmasser (overflatelagene) hvor strømhastigheten var størst (prøvene ble samlet inn fra broer).

6. Resultater og kommentarer

6.1. Glomma

6.1.1. Vannføring

Vannføringsdata fra 3 stasjoner i Glomma - Ertesekken i Vorma, Funnefoss i Glomma oppstrøms samløp Vorma og Solbergfoss nedstrøms Øyeren - er registrert av Glommens og Lågens Brukseierforening. Vannføringsdata for Sarpsfossen (tabell 1.1) er beregnet. Årsvannføringen fremgår av tabell 1.2 - 1.4 og fig. 6.1. Fig. 6.2 viser mer detaljert vannføring under flommen.

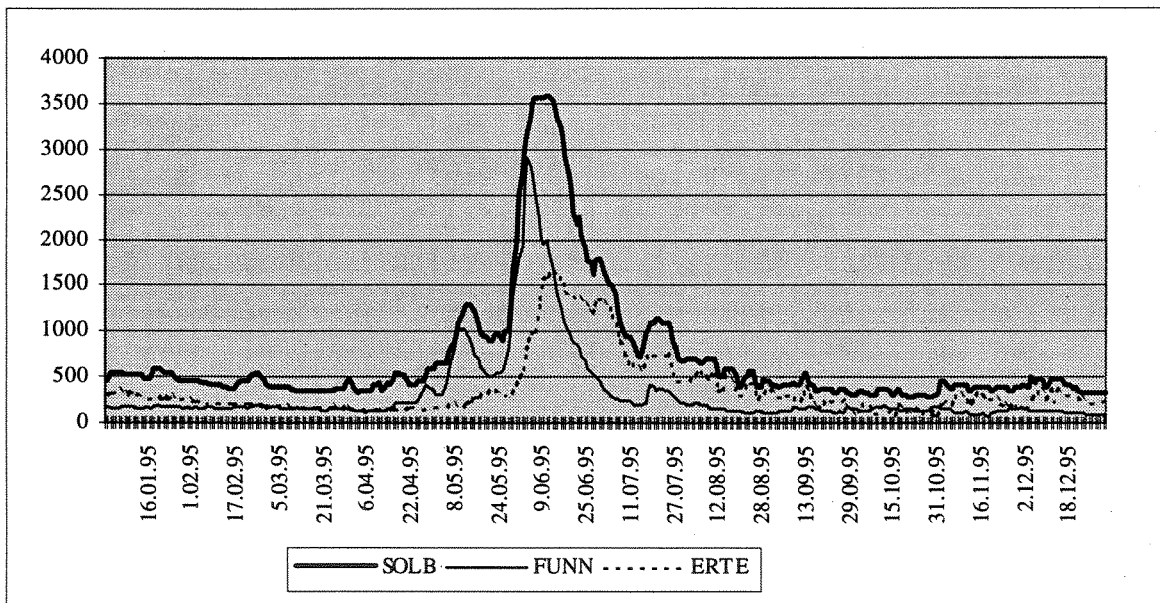


Fig 6.1. Vannføring 1995 i m³/s i Glomma ved Solbergfoss, Funnefoss og Ertesekken (Vorma).

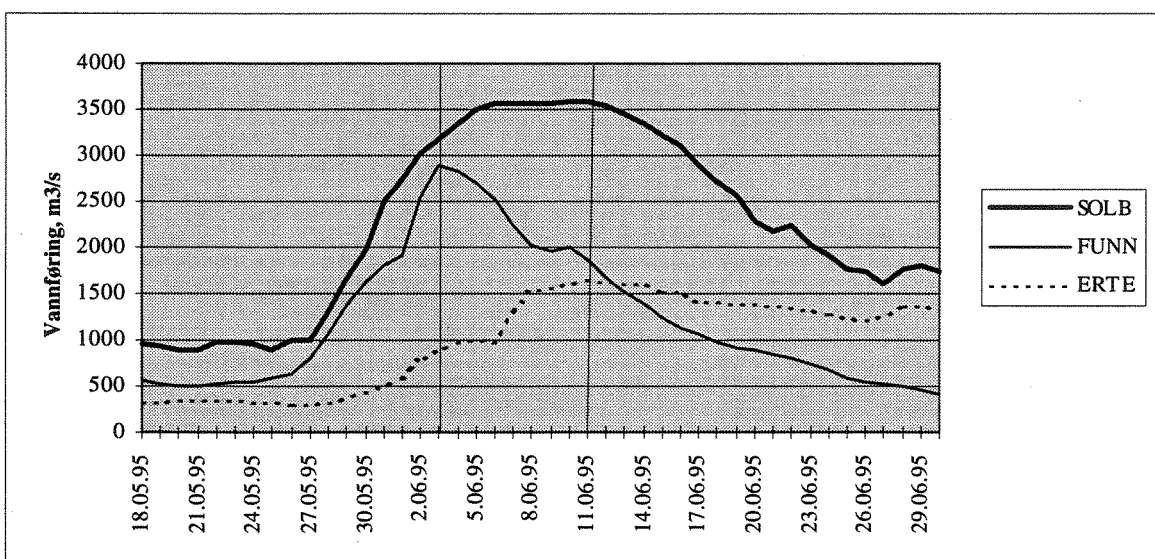


Fig. 6.2. Vannføring i Glomma under flommen 1995.

Vannføringen i Glomma ved Solbergfoss avtok fra ca 600 m³/s i begynnelsen av året til vel 300 m³/s rundt midten av april. Ved dette tidspunkt var vannføringen i Glomma og Vorma omtrent like stor. Videre ut over i april og mai økte vannføringen noe, og det var en mindre vannføringstopp rundt midten av mai. Dette skyldtes en økt vannføring i Østerdalsstrengen (Funnefoss) sannsynligvis på grunn av snøsmelting i lavlandet (lavlandsflom). Mjøsa var nedtappet på dette tidspunkt og avrenningen derfra var derfor liten. Denne flommen avtok og vannføringen stabiliserte seg på et lavere nivå frem til 27. mai. Det var ved dette tidspunkt snøsmeltingen og regnværet satte inn for alvor. Fra 27. mai til 3. juni, da Østerdalsflommen var på det høyeste, økte vannføringen ved Funnefoss fra ca. 500 m³/s til nesten 3000 m³/s. P.g.a. Mjøsas regulerende innflytelse økte vannføringen i Vorma mer langsomt, og nådde sin høyeste verdi, ca. 1650 m³/s rundt den 10. - 12. juni, dvs. vel en uke etter at Østerdalsflommen hadde kulminert og var omtrent halvert. Høyeste vannføring ved Solbergfoss ble i denne periode målt til ca 3600 m³/s. Det videre forløp ut over forsommeren var en kraftig nedgang i vannføringen ved Funnefoss, mens vannføringen i Vorma avtok meget langsomt. Ut over sensommeren og høsten var vannføringen omtrent som normalt ved alle målesteder.

6.1.2. Partikulært materiale

Analyseresultatene for suspendert stoff, gløderest, turbiditet, fargetall og total organisk karbon (TOC) er gitt i Vedlegg 1, tabell 2. I figur 6.3 er konsentrasjonene av suspendert stoff (STS) og turbiditet (FTU) før, under og etter flommen i mai/juni jevnført med vannføringen. Fig. 6.4 viser resultatene for fargetall, TOC og % gløderest for samme tidsrom.

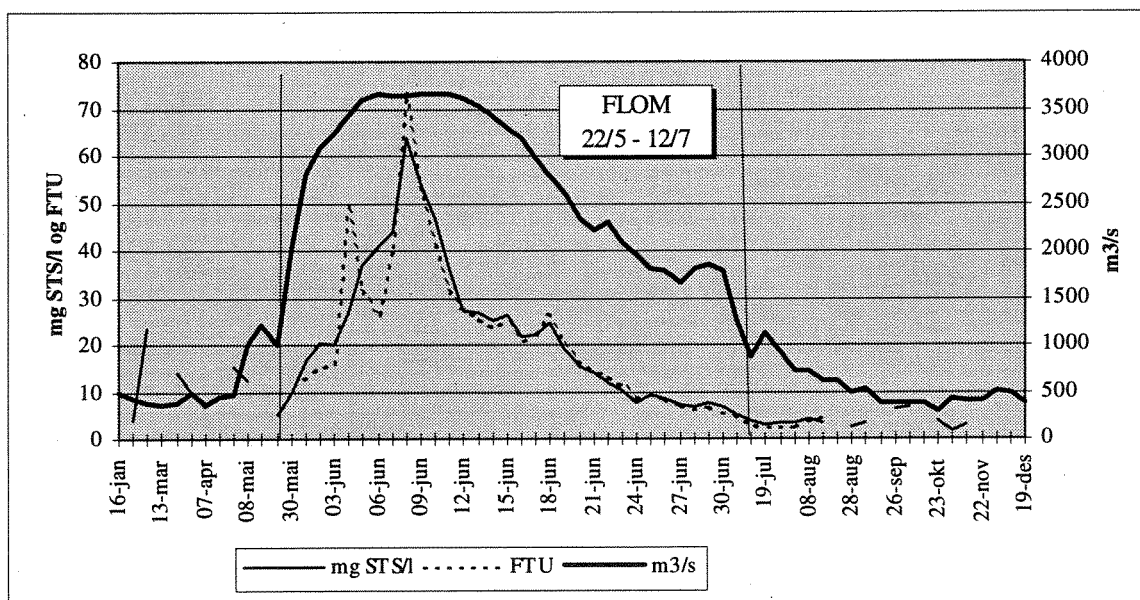


Fig 6.3. Glomma ved Sarpsfoss 1995. Vannføring, susp. tørrstoff og turbiditet

Bortsett fra en høy turbiditetsverdi den 4. juni, er det god overensstemmelse mellom turbiditet og suspendert tørrstoff. Når flommen satte inn i slutten av mai, økte vannets innhold av suspendert materiale og følgelig også turbiditeten frem til 8. juni. Fra dette tidspunkt og frem til 12. juni avtok partikkelinnholdet raskt. Fra da av var det et svakere, men gradvis avtak.

Den kraftige økningen i vannets innhold av partikler i begynnelsen av juni skyldes tilførsel av erosjonsmateriale p.g.a. snøsmelting i de nedre deler av nedbørfeltet - dette er sannsynligvis

årsaken til den høye turbiditetstoppen den 4. juni. "Østerdalsflommen" nådde prøvestedet for fullt ca 8. juni (se fig. 6.1), og dette førte til en kraftig økning i vannets innhold av suspendert materiale og følgelig høye turbiditetsverdier. Flomfronten hadde tydeligvis den største innvirkning. Etter at Østerdalsflommen kulminerte og vannet fra Gudbrandsdalen eller Mjøsa gjorde seg mer gjeldende, avtok partikkelinnholdet. Mjøsa kan i denne sammenheng betraktes som et sedimentasjonsbasseng for tilførsel av partikulært materiale fra Gudbrandsdalslågen og fra Mjøsas lokale nedbørfelt. Etter hvert som vannføringen avtok ut over sommeren avtok også konsentrasjonene av partikulært materiale.

I første halvdel av juni, da flommen var på det høyeste, besto over 90 % av det totale suspenderte tørrstoffet (STS) av uorganiske partikler (fig. 6.4), senere var innslaget av organiske partikler noe større (mellom 10 og 20 %). Vannets innhold av total organisk karbon, TOC (fig 6.3), som i første rekke skyldes humusstoffer, var også høyest da vannføringen var på det høyeste, dvs. da Østerdalsflommen gjorde seg mest gjeldende. Etter at Østerdalsflommen kulminerte og vann fra Mjøsa ble mer dominerende, avtok TOC-konsentrasjonene raskt til det som er mer normalt i de nedre deler av Glomma. Fargetallene (filtrerte prøver) avtok fra over 40 mg Pt/l under flommen til rundt 30 mg Pt/l da flommen var over.

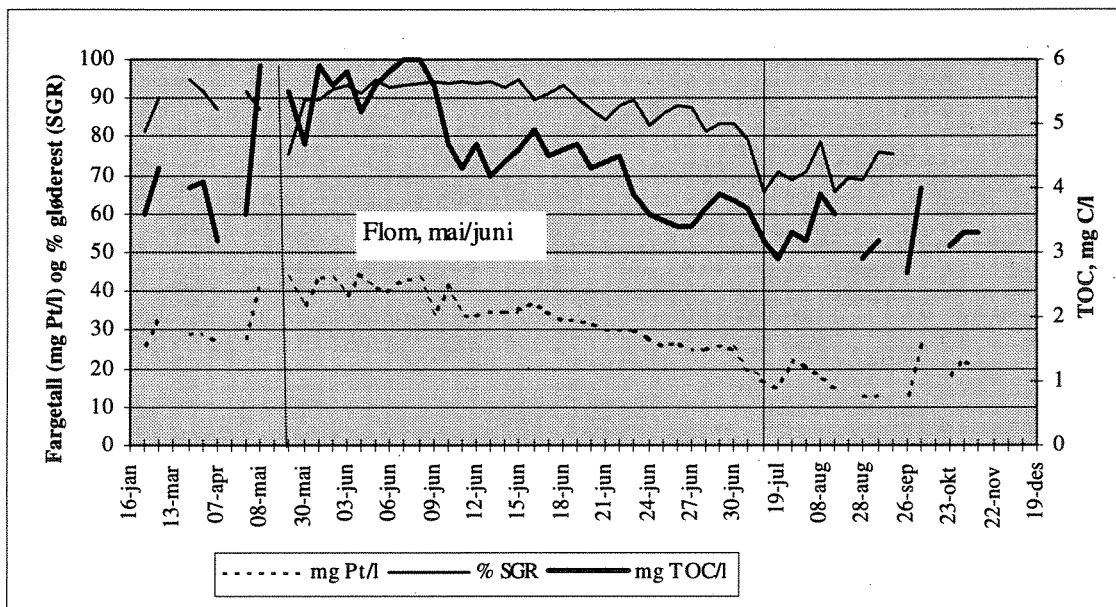


Fig 6.4. Glomma ved Sarpsfoss 1995. Fargetall, % gløderest (uorganisk stoff) og total organisk karbon (TOC).

6.1.3. Næringsalter

Glommavannets innhold av næringssaltene fosfor og nitrogen ved Sarpsfossen før, under og etter flommen mai/juni er vist i Vedlegg 1, tabell 3.

Fosfor:

Som fig 6.5 viser var det under flomsituasjonen i 1995 en god sammenheng mellom total fosfor og suspendert tørrstoff. I begynnelsen av juni økte konsentrasjonene av både total fosfor og suspendert tørrstoff raskt, og nådde sitt maksimum den 8. juni. Fra da av avtok konsentrasjonene gradvis. Partikkelinnholdet var noe høyere i forhold til fosfor ved økende flom enn ved avtakende.

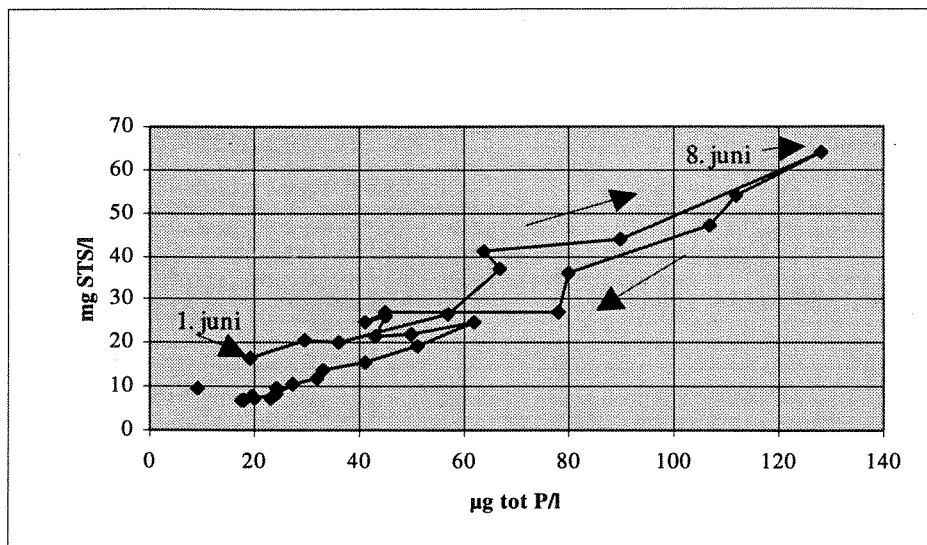


Fig 6.5. Glomma ved Sarpsfoss fra 30 mai til 30 juni (daglige stikkprøver) 1995. Sammenheng total fosfor og suspendert tørrstoff (økende og minkende flom).

I fig. 6.6 er konsentrasjonene av total fosfor samt den prosentvise andelen av partikulært fosfor jevnført med vannføringen. Fra 30. mai til 8. juni da Østerdalsflommen nådde frem til prøvestedet, økte konsentrasjonen av total fosfor fra 9 til 128 $\mu\text{g P/l}$. Fra dette tidspunkt avtok konsentrasjonen raskt frem til omkring midten av juni da det igjen var en mindre økning (60 $\mu\text{g P/l}$). Mot slutten av juni avtok konsentrasjonen til ca 20 $\mu\text{g P/l}$. Da Østerdalsflommen gjorde seg mest gjeldende forelå ca 95 % av fosforet som partikulært fosfor, men etter hvert økte de løste fraksjoner til totalt 15 - 20 %. Senere ut over sommeren var den partikulære andelen enda mindre.

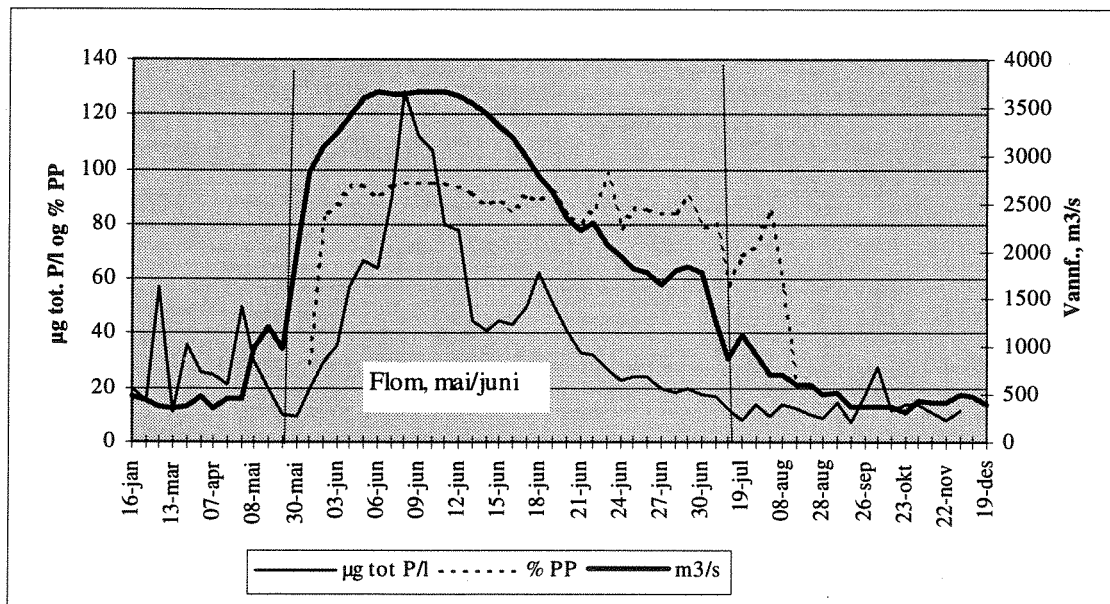


Fig 6.6. Glomma ved Sarpsfoss 1995. Vannføring, total fosfor og % partikulært fosfor.

Nitrogen

Vannets innhold av total nitrogen og nitrater før, under og etter flommen er vist i fig. 6.7. Figuren viser at konsentrasjonen av total nitrogen avtok fra omkring 800 - 900 $\mu\text{g N/l}$ før flommen til omkring halvparten (ca 400 $\mu\text{g/l}$). I midten av juni økte konsentrasjonene for en kortere periode hvoretter de igjen avtok utover sommeren. I begynnelsen av flommen og mens den var på det høyeste varierte nitratkonsentrasjonene stort sett mellom 200 og 300 $\mu\text{g N/l}$. I midten av juni, etter at flommen hadde kulminert, økte konsentrasjonene for en kortere periode til bortimot det dobbelte, hvoretter de gradvis avtok til omtrent de konsentrasjoner som ble målt før flommen.

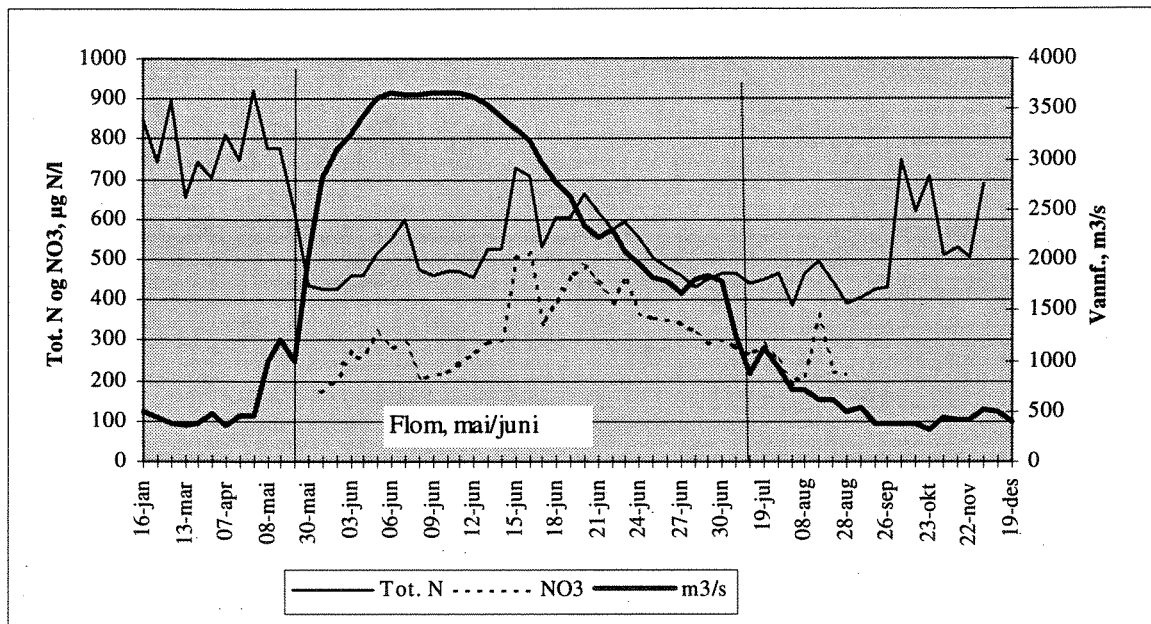


Fig 6.7. Glomma ved Sarpsfoss 1995. Vannføring, total nitrogen og nitrater

De høye nitrogenverdiene rundt midten av juni har sannsynligvis følgende årsak:

Da flombølgen beveget seg nedover dalførene, ble store jordbruksarealer, som nettopp var gjødslet og tilsådd, oversvømmet. Flomvannet, som besto av smeltevann og regnvann, hadde sannsynligvis i utgangspunktet et lavt innhold av nitrogenforbindelser. Konsentrasjonene økte imidlertid noe nedover i vassdraget p.g.a. erosjonsmateriale. Da flommen hadde kulminert og vannstanden sank, økte tilførselen av løste gjødselstoffer fra jordbruksarealene (nitrater er i motsetning til fosfor lett løselig i vann). I motsetning til fosfor, som i vesentlig grad er knyttet til partikler og således tilføres i størst mengde når tilførselen av erosjonsmateriale er størst, vil tilførselen av nitrater og andre løste stoffer fra jordbruksarealene tilføres i størst mengde etter at flommen har kulminert og vannstanden nedover i vassdraget avtar. Dette går også frem av fig. 6.8 som viser konsentrasjonen av nitrat som % av total nitrogen. Figuren viser at den lettløselige nitratfraksjonen øker i etterkant av flomtappen, følgelig avtar andelen av den organiske nitrogenfraksjon. Senere ut på sommeren, når effekten av flommen var over, økte igjen den organiske nitrogenandelen.

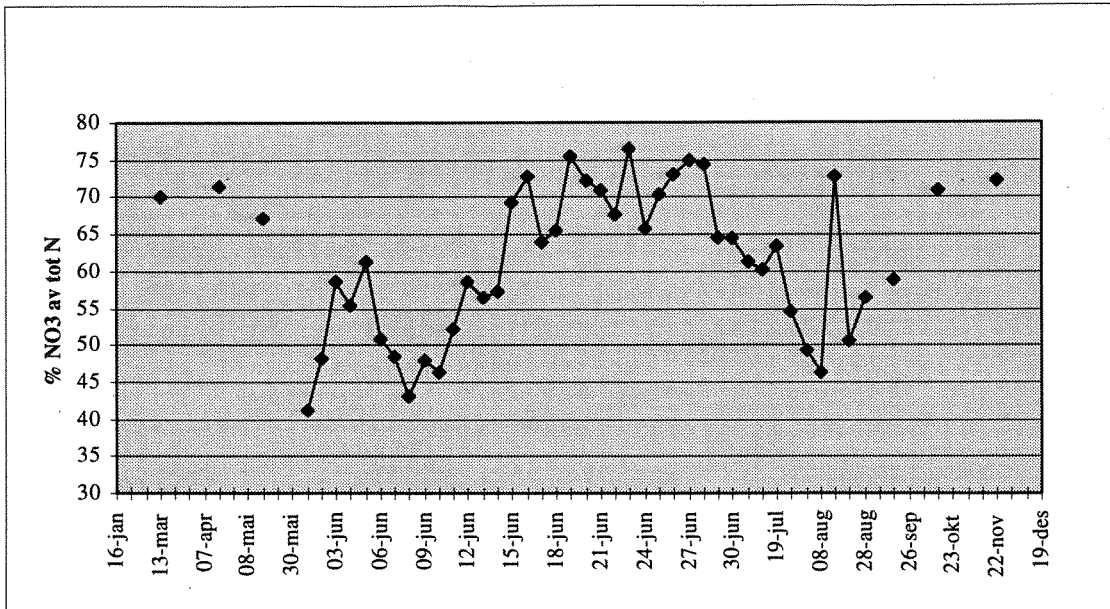


Fig 6.8. Glomma ved Sarpsfoss 1995. Nitrater som % av total nitrogen

6.1.4. Tungmetaller

Vannets innhold av tungmetaller før, under og etter flommen i mai/juni 1995, er gitt i Vedlegg 1, tabell 4. Konsentrasjonene av tungmetaller er fremstilt i figurene 6.9 og 6.10. Figurene viser at konsentrasjonene av kobber, sink, kadmium og bly økte betydelig under flommen og avtok igjen til normale verdier da Østerdalsflommen var over. Konsentrasjonene av nikkel synes ikke å øke under flommen. Kvikksølvkonsentrasjonene var også høye da flommen var på det høyeste og avtok etterhvert utover i juni. Senere på sommeren var konsentrasjonene av størrelsesorden som under flommen. Den høye sink-konsentrasjonen, 16. januar, er vanskelig å forklare. Verdien kan skyldes en tilfeldighet under prøvetakingen. Prøven er reanalyisert med samme resultat.

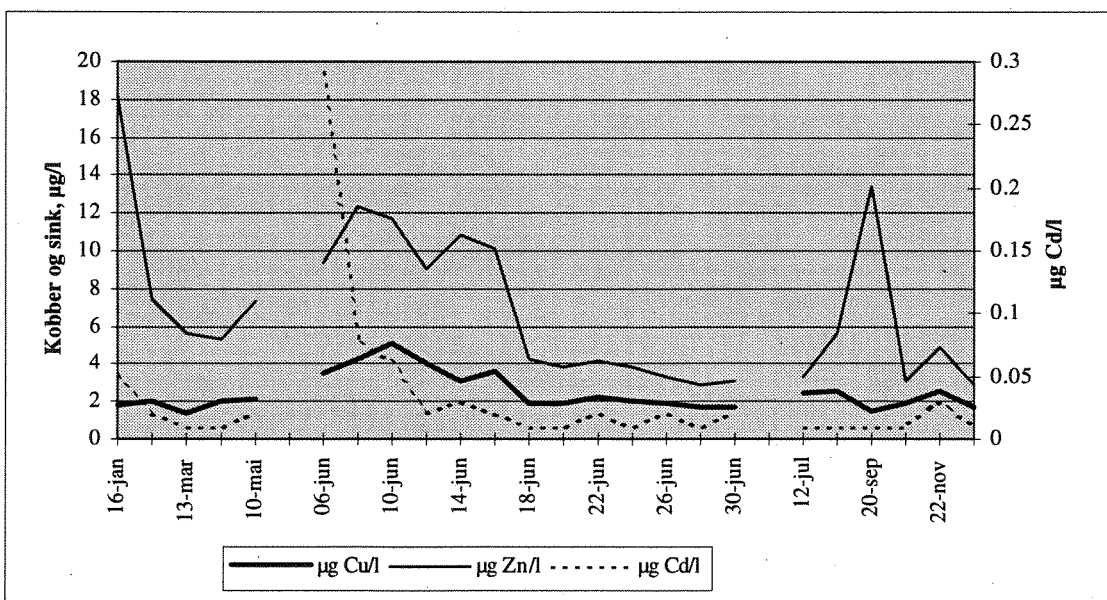


Fig 6.9. Glomma ved Sarpsfoss 1995. Kobber (Cu), sink (Zn) og kadmium (Cd)

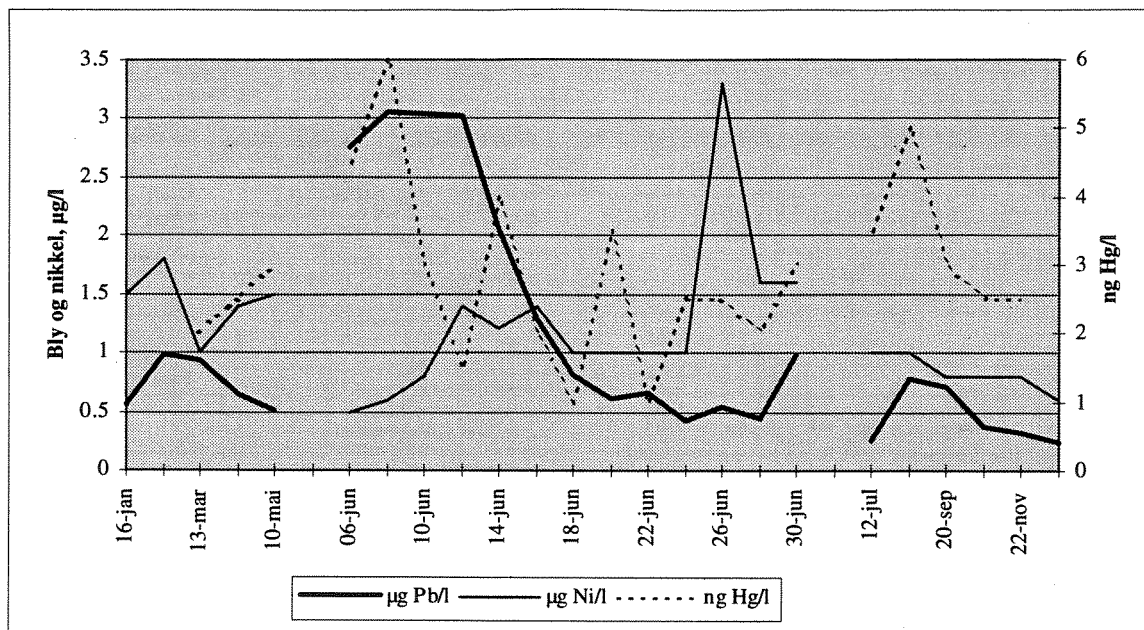


Fig 6.10. Glomma ved Sarpfoss 1995. Bly (Pb), nikkell (Ni) og kvikksølv (Hg)

Tungmetaller er tungt løselig i vann, og de er derfor i vesentlig grad bundet til partikler. Tungmetaller som under normale forhold tilføres vassdraget, vil derfor i vesentlig grad gjenfinnes i sedimentene og eventuelt i løsavsetningene langs vassdraget. Ved flom vil disse sedimentene hvirvles opp og føres videre. Det er derfor naturlig at konsentrasjonene øker under flom. Sannsynligvis stammer en vesentlig del av tungmetallene fra gruvevirksomheten i Røros og Folldalområdet. At konsentrasjonen var på det høyeste da Østerdalsflommen gjorde seg mest gjeldende, tyder på det.

I midlertid kan også utslipp i de nedre områder av vassdraget ha spilt en viss rolle. Forløpet når det gjelder konsentrasjonen av nikkell synes å tyde på at det er tilførsler til de nedre områder av vassdraget som har størst betydning. Konsentrasjonen av dette metall var nemlig lavest under flommen dvs. på den tiden fortynningsmulighetene var størst for stoffer som i vesentlig grad har sin opprinnelse i de nedre områder langs vassdraget - både før og etter flommen var nikkellkonsentrasjonen høyere enn under flommen.

Kvikksølvkonsentrasjonene er sterkt varierende og er vanskelig å tolke med bakgrunn i flomsituasjonen. De høye verdiene da flommen var på det høyeste tyder imidlertid på betydelige tilførsler bundet til erosjonsmateriale, men verdiene var også høye på ettersommeren da flommen var over. Dette tyder på tilførsler til de nedre deler av vassdraget.

6.1.5. Silisium

Konsentrasjoner av vannets innhold av silisium (SiO_2) går frem av Vedlegg 1, tabell 4. Konsentrasjonene varierte i området 2.5 til 2.8 mg SiO_2/l , uavhengig av vannføringen. Verdiene er i overensstemmelse med de som tidligere er målt utenom perioder med planktonproduksjon. Enkelte arter planteplankton forbruker nemlig silisium (kiselalger).

6.1.6. Klorerte organiske forbindelser, PCB, lindan DDT og PAH

Analyseresultatene for PCB, lindan og DDT er gitt i Vedlegg 1, tabell 5.

Måleresultatene for alle PCB-fraksjoner var lavere enn deteksjonsgrensen (<0.03 ng/l) dvs. ingen påvisbar flomeffekt.

Konsentrasjonene av lindan (gamma-HCH) varierte fra 0.34 til 0.94 ng/l (fig. 6.11). Verdiene var høyest noen dager etter at flommen hadde kulminert. Variasjonsmønsteret synes å tyde på at lindan tilføres bundet til partikler sannsynligvis fra jordbruksområder. Til sammenligning kan nevnes at variasjonsbredden (4 prøver) i 1992 og 1993 var henholdsvis 0.48 - 1.53 ng/l og 0.59 - 0.65 ng/l. Flommen synes således ikke å ha medført unormale konsentrasjonsendringer for denne parameteren. Det må tas i betraktning at lindan også kan tilføres via nedbør.

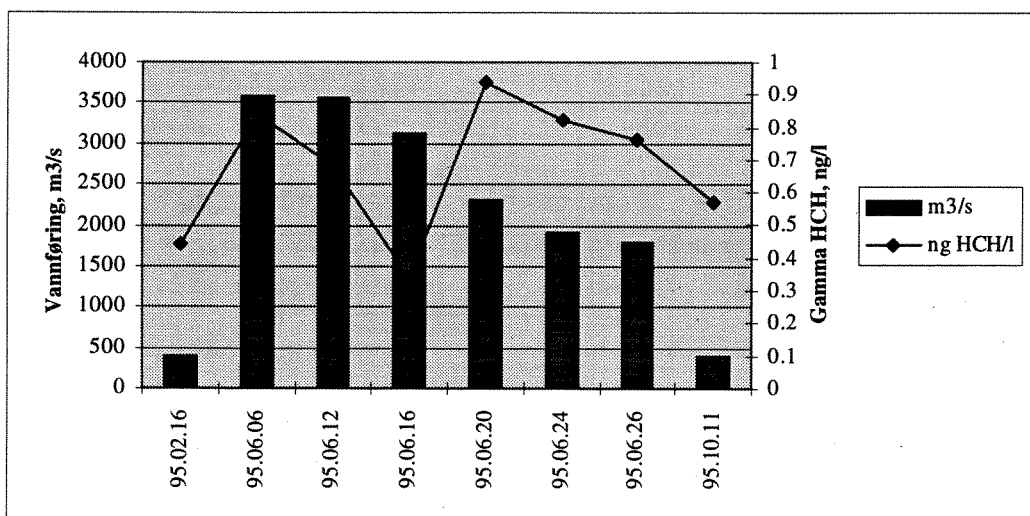


Fig 6.11. Glomma ved Sarpsfoss 1995. Lindan og vannføring

Alle måleresultater for DDT var lavere enn metodens deteksjonsgrense, dvs. < 0.03 ng/l.

Vannets innhold av PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) den 7. og 12 juni var i sum 78 og 37 ng/l, se Vedlegg 1, tabell 6. I forhold til hva som normalt finnes i innsjøer var verdiene høye. I Farrisvann (Holtan 1995) er det således målt total PAH-konsentrasjoner på mellom 5 og 10 ng/l. PAH-forbindelsene er knyttet til partikler. Dette er årsaken til at konsentrasjonen var høyere den 7. juni enn den 12. Konsentrasjonen av STS var henholdsvis 41 og 27 mg/l disse to dagene. Den 6. juni var også konsentrasjonen av potensielt kreftfremkallende komponenter høyest. Konsentrasjonen av benzo(a)pyren var denne dagen på 3 ng/l - i henhold til drikkevannsforskriftene må ikke denne komponent overskride 10 ng/l i drikkevann.

6.1.7. Stofftransport i Glomma

I tabell 6.1 er transportene av noen sentrale stoffer i juni måned 1995 (flommåned) gitt sammen med årstransportverdier for de samme stoffer i perioden 1990 - 1994. Transporten i juni 1995 er beregnet som summen av den daglige transport (produktet av daglig vannføring og konsentrasjon). Totalt avrent vannmengde i juni 1995 utgjorde nærmere 40 % av normal årsavrenning for perioden 1990 - 94.

Tabell 6.1. Glomma ved Sarpsfossen. Transportverdier for suspendert stoff, fosfor og nitrogenforbindelser.

	Juni 1995	1990	1991	1992	1993	1994
Mill m ³	7359	23510	17737	19922	24099	20958
Stofftype	Tonn/mnd	tonn/år				
Susp. stoff	193202	278050	120159	319221	236913	148111
Uorg. stoff	178764					
Tot. fosfor	400	418	401	417	417	279
Part. fosfor	364					
Tot. nitrog	3840	10718	10398	11497	13265	11470
Nitrater	1306	6628	6701	7684	8211	7301

Tabellen viser at i juni måned 1995 var transporten av suspendert tørrstoff og total fosfor av samme størrelsesorden som årstransporten i et "normalår". Tilsvarende transportverdi for nitrogen var omtrent tredjeparten av årstransporten. Ca 91 % av det suspenderte tørrstoffet besto av uorganiske partikler, og ca 93 % av fosforet var partikulært. Ca 61 % av total nitrogen var nitrater - tilsvarende verdier for årstransportverdien varierte mellom 62 og 67 %.

6.2. Drammenselva

6.2.1. Vannføring

Årsvannføringen i Drammensvassdraget i 1995 ved Gamle Mjøndalen bro og Døvikfoss, samt Geithus (utløp Tyrifjorden) og Skolfoss (utløp Krøderen) er gitt i Vedlegg 2, tabellene 7.1-7.4. Dataene fra Døvikfoss, Geithus og Skolfoss er registrert og bearbeidet av NVE, og beregnet for Gamle Mjøndalen bro, (tabell 7.1). Vannføringen ved Gamle Mjøndalen bro, Geithus og Skolfoss er også presentert i fig. 6.12. Fig. 6.13 viser mer detaljert vannføringen under flommen i mai/juni. Den midlere årsvannføringen på de fire stedene var i 1995 henholdsvis 333, 313, 164 og 128 m³/s.

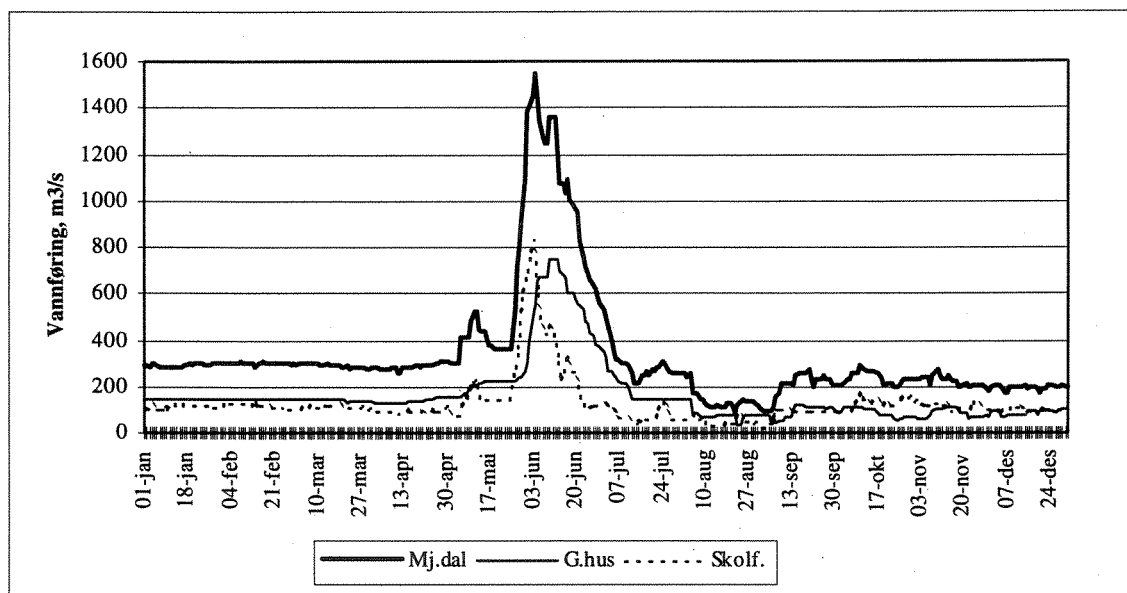


Fig. 6.12. Drammensvassdraget. Vannføring i 1995 ved Gamle Mjøndalen bro, Geithus (utløp Tyrifjorden) og Skolfoss (utløp Krøderen).

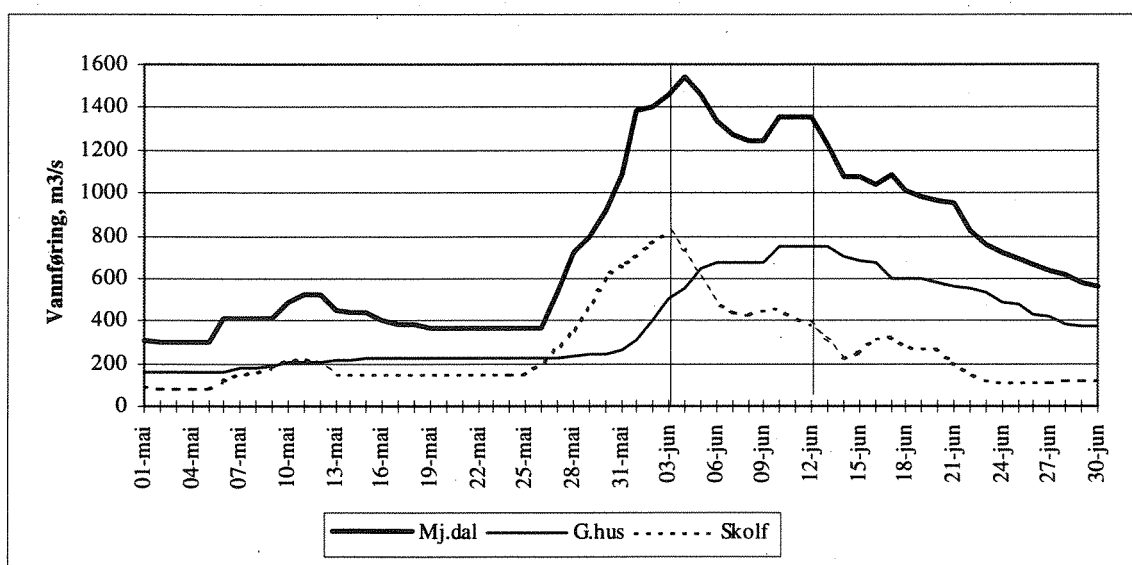


Fig. 6.13. Drammensvassdraget. Vannføring under flommen i mai/juni 1995 ved Gamle Mjøndalen bro, Geithus (utløp Tyrifjorden) og Skolfoss (utløp Krøderen).

Etter en liten flomtopp rundt 10. - 12. mai, satte vårflommen inn for alvor den 26. mai. Fra da av steg vannføringen raskt og nådde maksimum ved Mjøndalen den 4. juni. Etter noen dagers avtak, økte vannføringen igjen og nådde et nytt maksimum rundt 10 - 12 juni. Fra da av avtok vannføringen gradvis utover i juni og begynnelsen av juli. Figurene viser at flommen i Snarumselva startet tidligere og økte raskere enn i Drammenselva ved Geithus. Det var derfor i første rekke flommen i Snarumselva som var årsak til den første flomtoppen ved Mjøndalen. Etter hvert økte imidlertid avløpet fra Tyrifjorden, og dette var årsak til den siste flomtoppen ved Mjøndalen. Vannføringen i Snarumselva var da bare halvparten av hva den var den 3. juni, dvs. ca. et døgn før maks flom ved Mjøndalen.

Begge vassdragsgrener, både Hallingdalselva og Randsfjord/Begnavassdraget er sterkt kraftverksregulerte. Det er derfor vanskelig å analysere årsaken til de ulike vannføringsmønstre. Avrenningen fra store områder av nedbørfeltet til Hallingdalselva - Snarumselva vil imidlertid ikke i samme grad samles opp i reguleringsmagasiner og lavereliggende store innsjøer som i Randsfjord/Begnagrenen (Randsfjorden, Strondafjorden, Sperillen og Tyrifjorden).

De jevne og relativt høye vintervannføringene i begge vassdragsgrener har sammenheng med reguleringsinngrepene og el. kraftproduksjon. Oppfylling av reguleringsmagasiner og mindre kraftproduksjon, medfører lavere vannføring utover sensommeren og høsten. Den midlere årsvannføringen på de tre stedene (Døvikfoss, Geithus og Skolfoss) var i 1995 henholdsvis 313, 164 og 128 m³/s. Vanntilførselen fra Hallingdal- og Begna/Randsfjordvassdraget er således på årsbasis omtrent like store.

6.2.2. Partikulært materiale

Analyseresultater for suspendert stoff, gløderest, turbiditet og total organisk karbon (TOC) er gitt i Vedlegg 2, tabell 8. I figur 6.14 er konsentrasjonene av suspendert stoff (STS) og turbiditet under og etter flommen i mai/juni jevnført med vannføringen. Figur 6.15 viser resultatene for total suspendert tørrstoff (STS), total organisk karbon (TOC) og prosent gløderest (SGR) av STS.

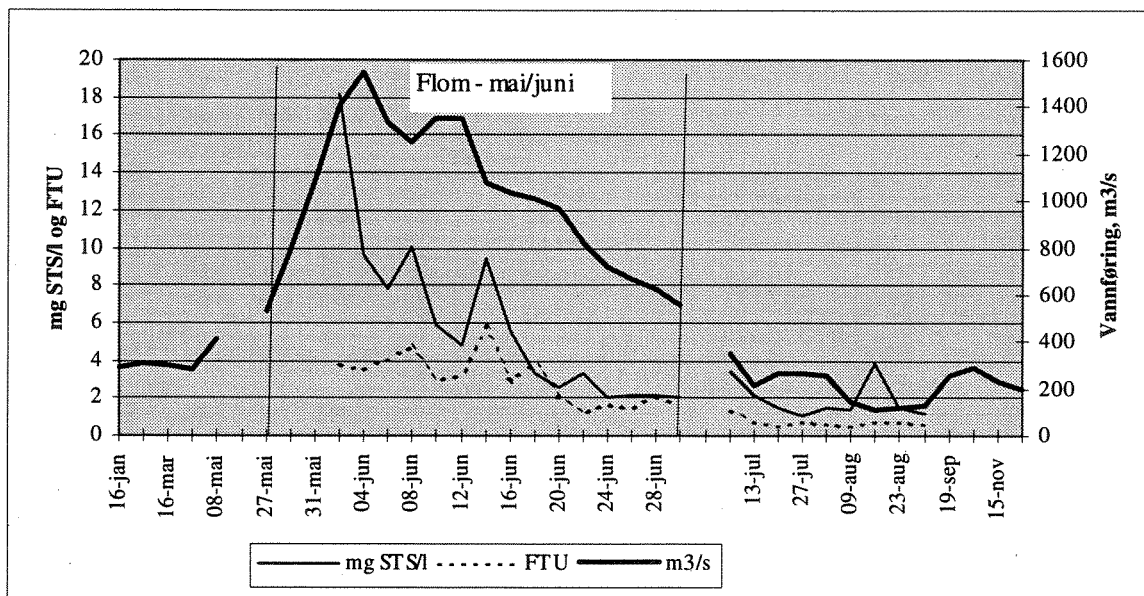
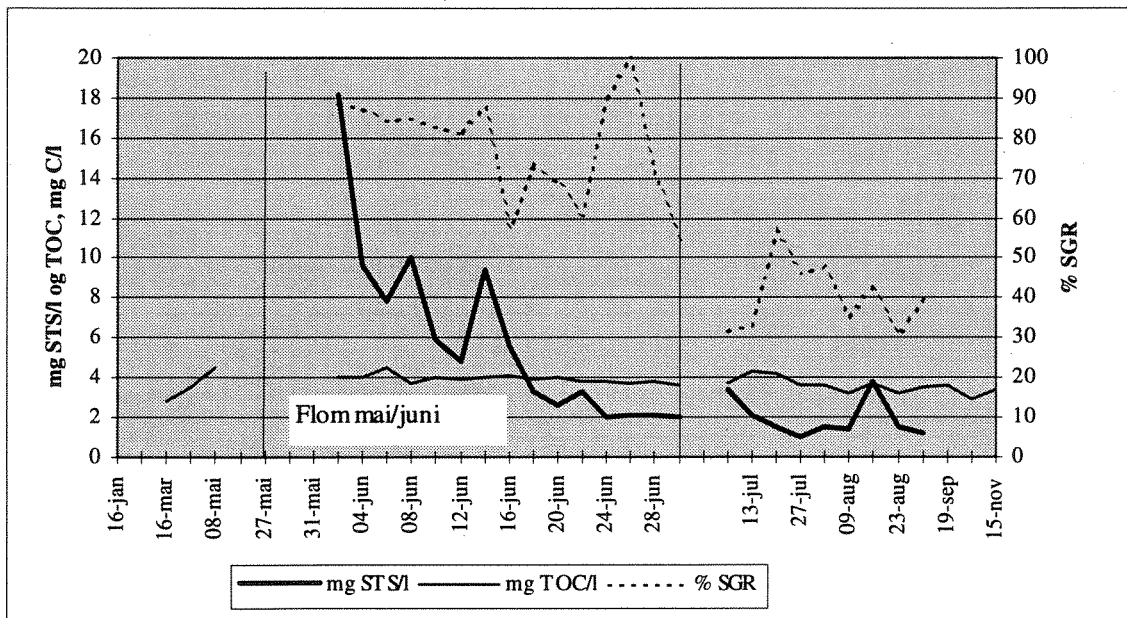


Fig. 6.14. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro 1995. Vannføring, suspendert stoff og turbiditet

Prøvetakingen kom noe sent i gang for å kunne beskrive endringene i vannets innhold av partikulært materiale da flommen tok til. Konsentrasjonen av suspendert tørrstoff (STS) var høyest på den første prøvetakingsdagen, dvs den 2. juni, og før flommen kulminerte (4. juni). Dette kan tyde på at årsaken til økt partikkelinnhold er å søke i tilførsel av erosjonsmateriale og partikler fra elveleiet og områder langs de nedre deler av elven, dvs. nedstrøms Tyrifjorden og Krøderen. To dager senere (4. juni) var konsentrasjonen av STS nesten halvert. Dette betyr at "Hallingdalsflommen" fikk en fortynnende effekt på vannets innhold av partikler - utvaskingen av erosjonsmateriale og partikler under snøsmeltingen i de lavereliggende områder nedstrøms de store innsjøene. Videre utover i måneden avtok konsentrasjonen mer eller mindre gradvis. Den 28. juni var således konsentrasjonen av STS ca 2 mg/l mot ca. 18 da flommen var på det høyeste. Ut over høsten varierte konsentrasjonen mer eller mindre rundt 2 mg/l. Bortsett fra noe avvik i begynnelsen av perioden, fulgte turbiditetsverdiene stort sett det samme mønster som konsentrasjonene av STS. Gløderesten (SGR), i prosent av STS (fig. 6.14) viser at under flomperioden besto mesteparten (80 - 90 %) av det suspenderte materialet av uorganisk stoff. Etter flomperioden, ut over sommeren og høsten, varierte andelen av uorganiske partikler mellom 40 og 50 prosent. Nå var konsentrasjonen av partikler, som nevnt, lav. Konsentrasjonen av totalt organisk stoff (TOC) var i middel ca. 1 mg C/l høyere (3.5 - 4.5) under flommen enn etterpå.

De store innsjøene i Drammensvassdraget, Randsfjorden, Sperillen, Tyrifjorden og Krøderen, er effektive sedimentasjonsfeller. Tilført partikulært materiale holdes tilbake og sedimenterer i disse innsjøer. Økningen i vannets innhold av partikler ved elvens utløp vil derfor i vesentlig grad være et resultat av erosjon og utspyling av stoffer fra de nedre deler av elven og dens omgivelser. Grunnforholdene langs disse nedre områder er langt mindre erosjonsutsatte enn grunnforholdene langs Glomma. Følgelig blir flomvirkningene når det gjelder tilførsler av partikulært materiale, langt mindre.



Figur. 6.15. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro 1995. Vannføring, suspendert tørrstoff, prosent gløderest og total organisk karbon (TOC)

6.2.3. Næringsalter

Drammenselvas innhold av næringssaltene fosfor og nitrogen ved Gamle Mjøndalen bro før, under og etter flommen i mai/juni, er vist i Vedlegg 2 tabell 9.

Fosfor

Ved første prøvetaking, 2. juni, dvs. like før flommen kulminerte, var den totale fosforkonsentrasjonen ca. 20 µg P/l (fig 6.16). Utover i flomperioden avtok konsentrasjonene (bortsett fra den 14. juni), og var ved slutten av perioden på nivå med det som ble målt utover sensommeren og høsten - 4 - 6 µg P/l. Tilsvarende verdier for total fosfor ble også målt før flommen. Variasjonen i konsentrasjonene av ortofosfat fulgte det samme mønster som totalfosfor, men verdiene var mye lavere. Gjennomgående var andelen partikulært fosfor høyest under flomperioden (70 - 90 %) enn i høstmånedene (40 - 60 %).

Variasjonsmønsteret for vannets innhold av fosfor følger således i store trekk variasjonsmønsteret for partikler. De høye fosforkonsentrasjoner under flommen er i vesentlig grad å søke i tilførsler av erosjonsmateriale fra områdene nedstrøms Tyrifjorden og Krøderen hvor en vesentlig del av området er dyrka mark. Snøsmeltingen i disse nedre delene av nedbørfeltet er sannsynligvis vesentlig i denne sammenheng.

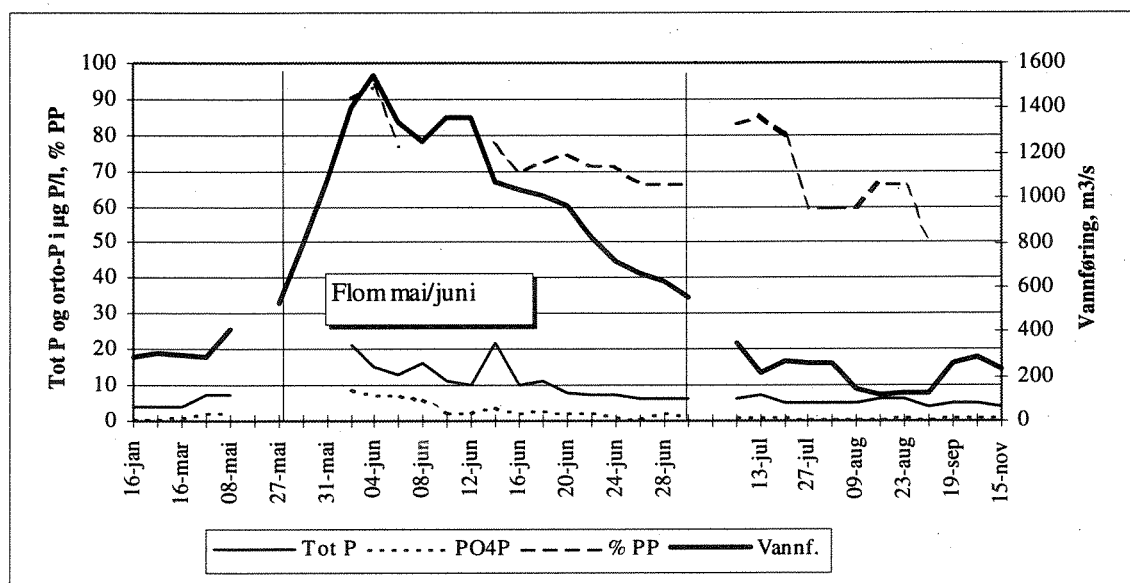


Fig. 6.16. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro 1995. Vannføring, total fosfor, ortofosfat og % partikulært fosfor

Nitrogen

Vannets innhold av total nitrogen og nitrater før, under og etter flommen, går frem av fig. 6.17. Det var betydelige variasjoner i vannets innhold av nitrogenforbindelser. Verdiene var gjennomgående høyere under flommen enn før og etter. Konsentrasjonene var høyest da vannføringen var på det høyeste, samt et par dager (den 14. juni) etter at den siste flomtoppen hadde kulminert. Antakelig har den første maksimumsverdien sammenheng med tilførsler som følge av snøsmelting i de nedre områdene av nedbørfeltet, mens den andre maksimumsverdien skyldes tilførsler av gjødselstoffer når vannet trakk seg tilbake fra de oversvømte jordbruksområdene. Som nevnt ovenfor var også konsentrasjonen av fosfor stor i

disse periodene. Nitratets prosentvise andel av total nitrogen varierte (fig. 6.18), men gjennomgående var nitratkonsentrasjonene høyere før og under flommen enn senere utover sommeren og høsten. Dette skyldes økt vekst av planteplankton og annen vannvegetasjon i vassdraget.

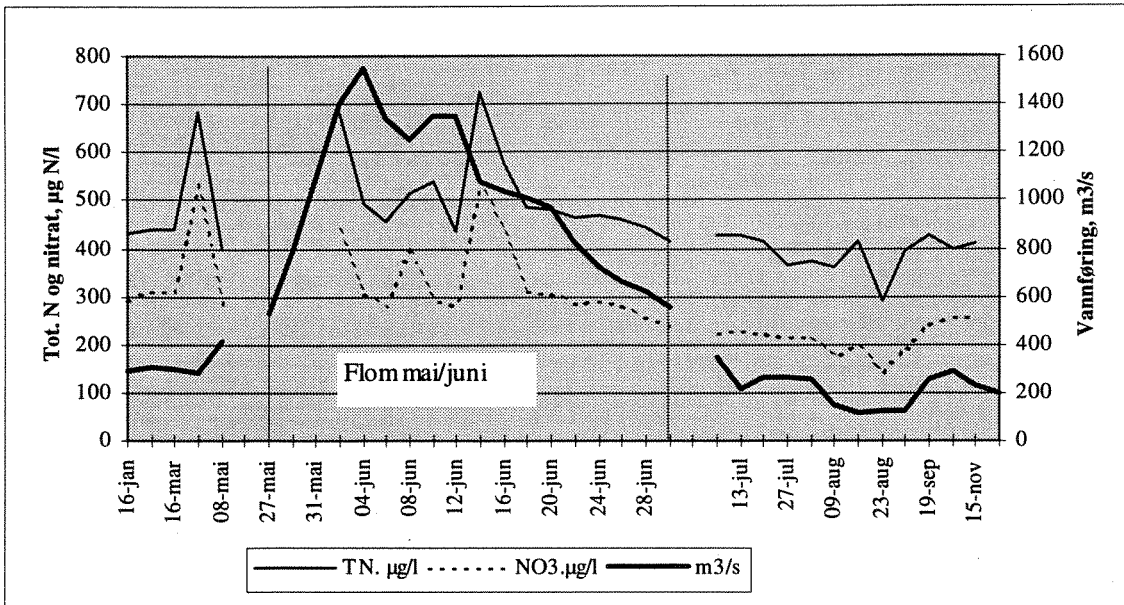


Fig 6.17. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro 1995. Vannføring, total nitrogen og nitrat

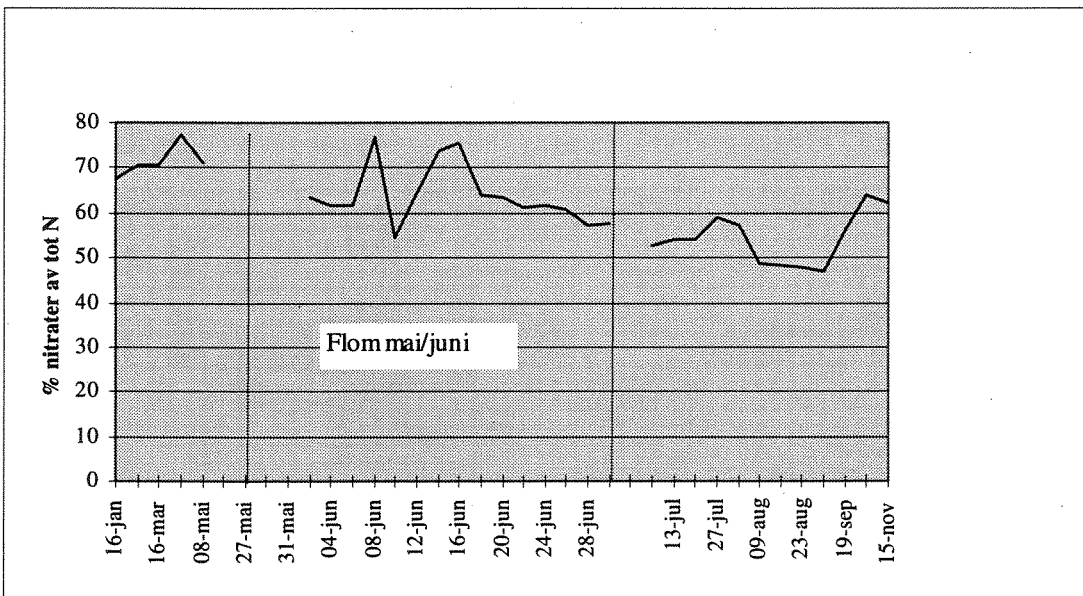


Fig. 6.18. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro 1995. Nitrat som prosent av total nitrogen

6.2.4. Tungmetaller

Vannets innhold av tungmetaller i Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro før, under og etter flommen i mai/juni 1995, er gitt i Vedlegg 2, tabell 10, samt i figurene 6.19 og 6.20.

Konsentrasjonene av kobber varierte stort sett rundt $1 \mu\text{g Cu/l}$ og flommen hadde liten innflytelse på konsentrasjonsnivåene. Konsentrasjonene av sink, kadmium, nikkel og kvikksølv varierte i noen grad uten at dette kan tilskrives flomvirkninger - generelt sett var verdiene lave. Blykonsentrasjonene var også lave, men verdiene var høyere under flommen enn før og etter - konsentrasjonene synes å variere i tråd med vannets innhold av partikler. Det antas derfor at økningen skyldes erosjon og utvasking fra de nedre delene av vassdraget. Den høye sink-konsentrasjonen, 16. januar, er vanskelig å forklare. Verdien kan skyldes en tilfeldighet under prøvetakingen. Prøven er reanalyisert med samme resultat.

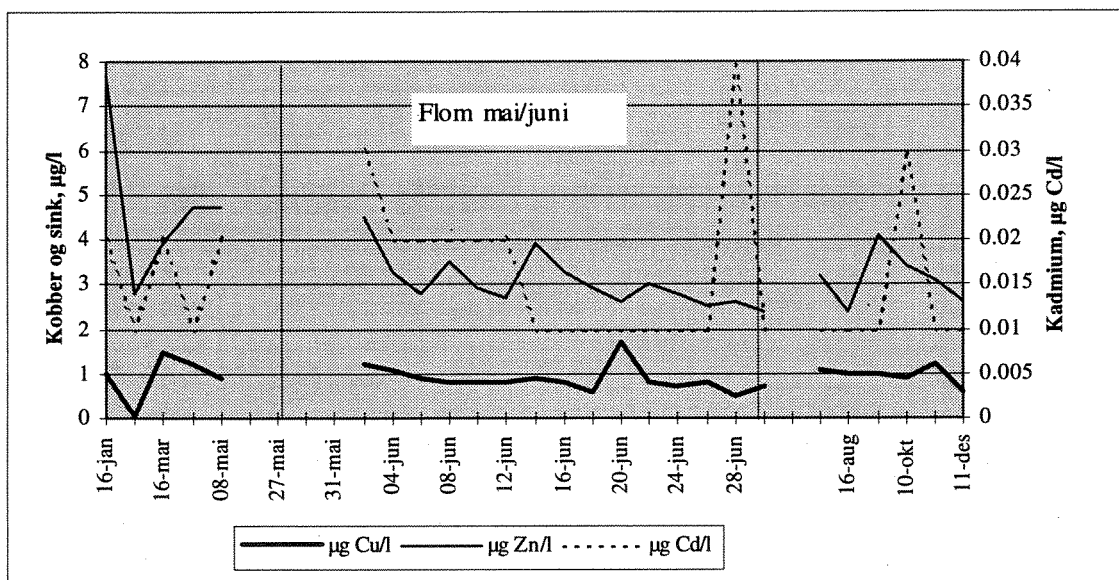


Fig 6.19. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro. Kobber, sink og kadmium

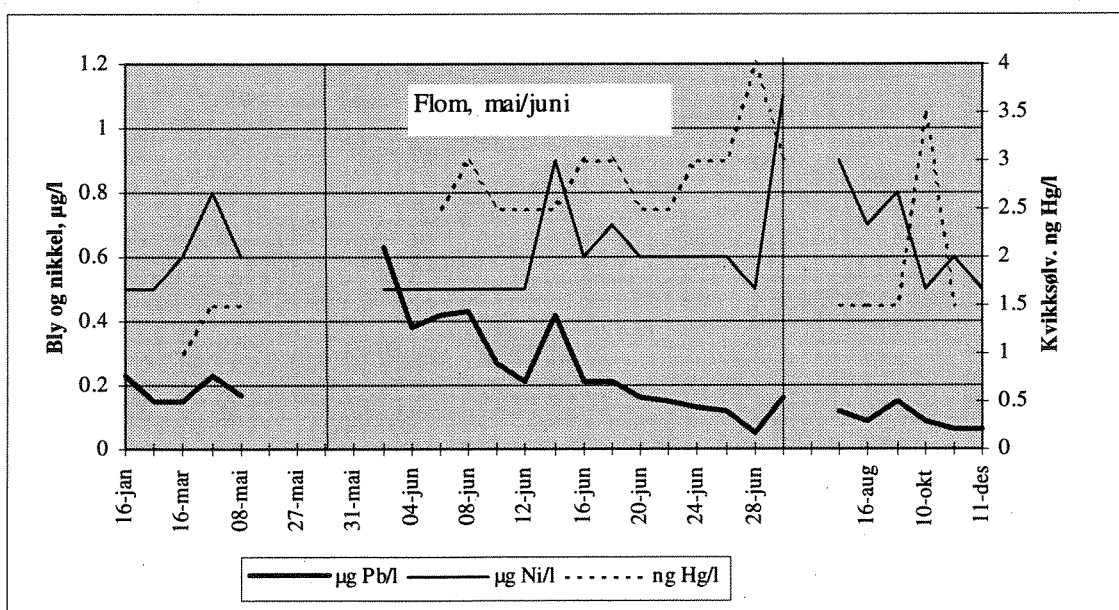


Fig. 6.20. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro. Bly, nikkel og kvikksølv

6.2.5. Silisium

Vedlegg 2, tabell 10 gir en oversikt over vannets innhold av silisium i Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro i 1995. Bortsett fra lave verdier den 24 og 26. juni (1.1 mg/l), var det liten variasjon i konsentrasjonene. Middelerdien for alle resultater var 2.5 mg SiO₂/l. Til sammenligning var middelerdien for Glommavannet i samme periode 2.8 mg SiO₂/l. Årsaken til de lave konsentrasjoner den 24. og 26. juni er det vanskelig å ha noen klar formening om bortsett fra at det på denne tiden neppe skyldes algevekst.

6.2.6. Klorerte organiske forbindelser. PCB, lindan, DDT og PAH.

Analyseresultatene for PCB, lindan og DDT i Drammenselva er gitt i Vedlegg 2, tabell 11.

Måleresultatene for alle PCB-fraksjoner var lavere enn analysemetodens deteksjonsgrense (<0.03 ng/l) dvs. det var ingen påvisbar flomeffekt.

Fig. 6.21 viser at konsentrasjonen av lindan var høyest like etter at flommen hadde kulminert, og avtok gradvis fra da av til samme nivå som før flommen. Årsaken må være tilførsler knyttet til partikler fra de nedre områder av vassdraget eller/og tilførsler via nedbør.

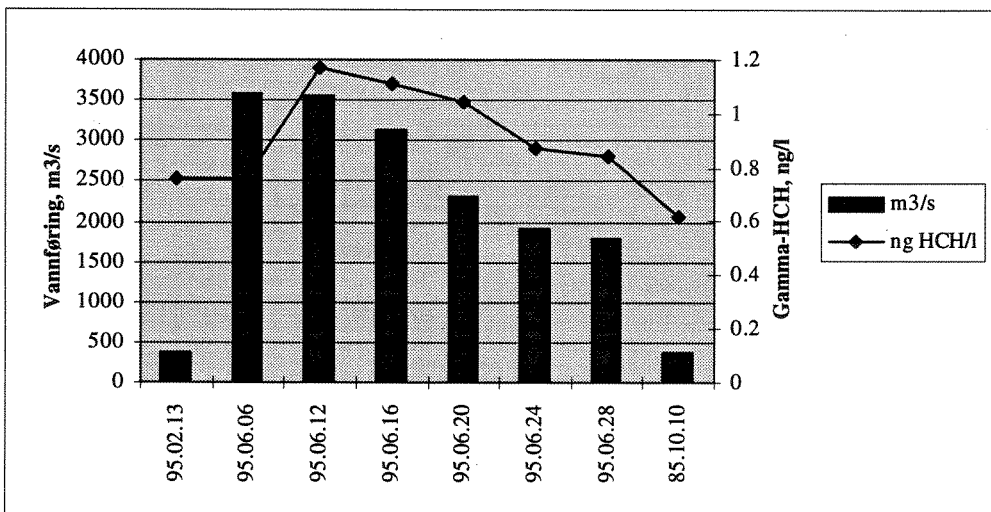


Fig. 6.21. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro, Vannføring og lindan (Gamma HCH, ng/l)

Alle måleresultater for DDT var lavere enn metodens deteksjonsgrense dvs. <0.03 ng/l.

Vannets innhold av PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) ble undersøkt den 6. juni. Resultatene er gitt i Vedlegg 1, tabell 6. Den totale konsentrasjon av PAH-komponenter var lavere enn i Glomma ved samme tidspunkt, men høyere enn hva som normalt påvises i innsjøer. I Farrisvann varierte således konsentrasjonen av total PAH mellom 5 og 10 ng/l (Holtan 1995). Den potensielt kreftfremkallende andelen var relativt lav, ca 12%. PAH-forbindelser er gjerne knyttet til partikler, og de relativt høye verdiene må derfor ses i sammenheng med tilførsel av erosjonsmateriale under flommen.

6.2.7. Stofftransport i Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro

I tabell 6.2 er transporten av noen sentrale stoffer i juni måned 1995 (flommåned) gitt sammen med årstransportverdier for de samme stoffer i perioden 1990 - 1994. Transporten i juni er beregnet som vannføringsveide middelverdier ($\text{Transport} = (\sum q_i \cdot c_i / \sum q_i) \cdot Q$).

Vannføringen i juni 1995 var vel 30 % av en middels årsvannføring.

Tabell 6.2. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro. Transportverdier for suspendert stoff, fosfor og nitrogenforbindelser.

	juni 1995	1990	1991	1992	1993	1994
mill. m ³	2756	9452	7033	8130	9483	9984
Stofftype	tonn/mnd	tonn/år				
Susp. stoff	18874	11950	11425	14956	16336	27339
Uorg. stoff	15672					
Tot. fosfor	34	56	38	47	49	59
Part. fosfor	27					
Tot.nitrog.	1431	3217	2667	3405	3753	5414
Nitrater	926	1960	1727	2297	2319	3620

I juni måned 1995 var transporten av suspendert stoff større enn årstransporten i alle år bortsett fra i 1994. Fosfortransporten var også høy, men dog mye lavere enn årstransporten i de år vannføringen var noenlunde normal. Over 80 % av fosforet var partikulært fosfor. Månedstransporten av nitrogen var i juni 1995 bortimot halvparten av en normal årstransport. Ca 65 % av det totale nitrogenet var nitrater. Dette er omtrent som på årsbasis.

Referanser

Glommens og Laagens Brukseierforening, 1995. "Vesle-Ofsen 1995". En kort og foreløpig sammenfatning.

Hagen, A. 1995. Storflommen. Schibsteds Forlag A/S 1995.

Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1991: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1990. A: Principles, results and discussions. SFT-report 452A/91. NIVA-report O-90001/No.:2582. 43 sider. B: Data report. SFT-report 452B/91. NIVA-report O-90001. Serial No.: 2577. 103 sider.

Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1992: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1991. A: Principles, results and discussions. SFT-report 488A/92. NIVA-report O-90001/No.: 2809. 40 sider. B: Data report. SFT-report 488B/92. NIVA-report O-90001. Serial No.: 2777. 104 sider.

Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1993: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1992. A: Principles, results and discussions. B: Data report. SFT-report 542/93. 137 sider.

Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1994: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1993. A: Principles, results and discussions. Data report. SFT-report 580/94. NIVA-report O-90001. Serial No.: 3162. 138 sider.

Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1995: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1994. A: Principles, results and discussions. B: Data report. SFT-report 623/95. NIVA-report O-90001. Serial No.: 3361. 136 sider.

Holtan, H. 1995: Farris. Miljøgifter i vann og sedimenter. NIVA-rapport 92212, L.nr. 3306. 47 sider.

Norsk institutt for luftforskning, 1990. Nytt fra NILU. Multielementanalyse med ICP-MS. NILU-publikasjon. 2 sider.

Thaulow, H. 1995. Forurensning av vassdrag og fjordområder. Vann Nr. 3B 1995, 9 sider.

Tollan, A. 1995. Flommen 1995, forutsetninger og varsling. Vann Nr. 3B 1995, 13 sider.

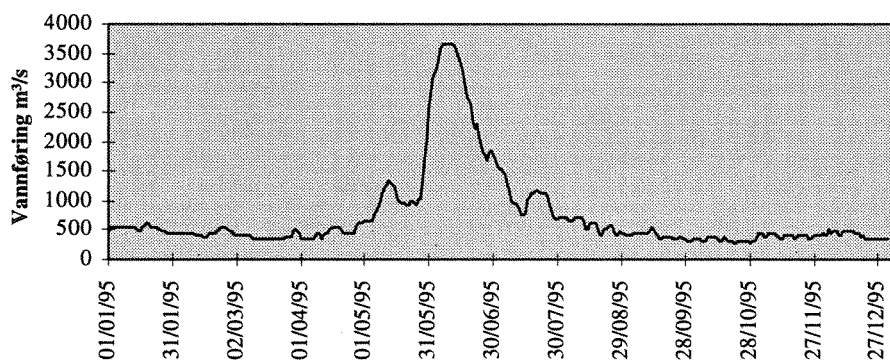
Vallner, P., 1996. Overvåking av vassdrag og kystområder - Østfold. Fylkesmannen i Østfold. Miljøvernavdelingen (in prep.)

Vedlegg 1: Glomma

Vannføringsdata og kjemiske analyseresultater.

Tabell 1.1. Glomma ved Sarpfoss. Vannføring 1995 i m³/s.

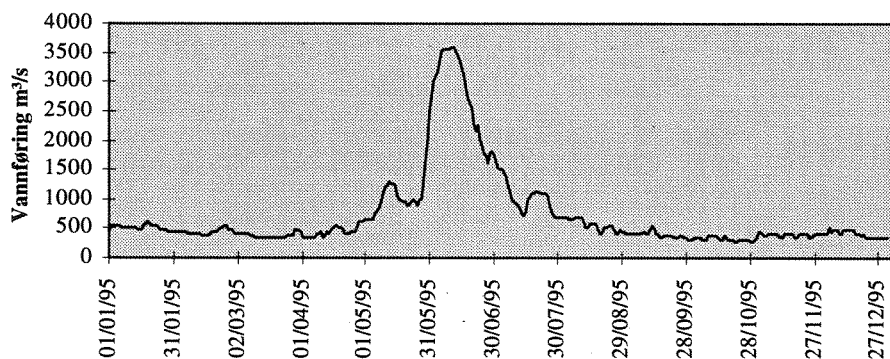
Dato	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1	461	461	410	349	666	2818	1699	717	423	307	461	436
2	557	461	410	333	666	3090	1593	717	410	359	461	410
3	564	461	410	355	666	3243	1537	717	410	349	432	410
4	564	455	410	359	666	3424	1537	698	436	333	384	512
5	564	446	410	359	756	3597	1443	666	436	333	384	458
6	554	442	410	359	820	3658	1255	666	436	324	432	487
7	538	436	410	359	891	3648	1149	717	436	307	432	487
8	538	436	402	417	991	3648	1004	717	449	307	432	474
9	538	436	375	436	1123	3660	974	717	436	384	432	410
10	538	436	359	455	1212	3669	956	717	436	384	423	410
11	538	415	359	359	1274	3669	922	640	474	384	359	487
12	538	410	359	398	1328	3621	871	512	564	384	359	487
13	532	401	359	442	1311	3536	769	512	526	356	410	487
14	500	384	359	429	1281	3434	740	609	436	307	410	487
15	487	384	359	500	1247	3305	800	609	416	307	410	487
16	487	384	359	564	1093	3182	1012	609	359	384	410	436
17	547	433	359	564	1003	2973	1064	609	359	356	410	436
18	595	461	359	535	974	2782	1127	506	384	307	359	430
19	615	461	359	535	966	2627	1127	410	384	307	363	390
20	606	461	359	492	922	2345	1161	410	384	298	410	410
21	564	481	359	436	922	2221	1155	512	384	282	410	359
22	564	512	359	436	993	2306	1127	512	381	282	410	336
23	564	532	359	436	999	2079	1127	577	333	307	410	333
24	554	564	359	461	970	1951	1127	577	333	307	410	333
25	506	554	382	461	922	1815	1070	473	384	307	359	333
26	487	504	384	461	1025	1785	925	410	375	307	359	333
27	478	478	385	532	1025	1659	808	410	349	298	410	333
28	461	430	378	615	1336	1807	724	493	333	282	410	333
29	461		481	615	1693	1845	692	461	324	292	410	333
30	461		503	615	2019	1781	692	461	307	307	410	333
31	461		439		2562		717	426		346		333
Max. :	615	564	503	615	2562	3669	1699	717	564	384	461	512
Min. :	461	384	359	333	666	1659	692	410	307	282	359	333
Middel:	530	454	386	455	1107	2839	1061	574	403	326	406	410
Median:	538	450	375	439	999	3031	1064	577	397	307	410	410



Beregnet i forhold til nedbørfelt og målt vannføring ved Solbergfoss (GLB, 1995)

Tabell 1.2. Glomma ved Solbergfoss. Vannføring 1995 i m³/s.

Dato	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1	450	450	400	341	650	2750	1658	700	413	300	450	425
2	544	450	400	325	650	3015	1554	700	400	350	450	400
3	550	450	400	346	650	3165	1500	700	400	341	422	400
4	550	444	400	350	650	3341	1500	681	425	325	375	500
5	550	435	400	350	738	3510	1408	650	425	325	375	447
6	541	431	400	350	800	3570	1225	650	425	316	422	475
7	525	425	400	350	869	3560	1121	700	425	300	422	475
8	525	425	392	407	967	3560	980	700	438	300	422	463
9	525	425	366	425	1096	3571	950	700	425	375	422	400
10	525	425	350	444	1183	3580	933	700	425	375	413	400
11	525	405	350	350	1243	3580	900	625	463	375	350	475
12	525	400	350	388	1296	3533	850	500	550	375	350	475
13	519	391	350	431	1279	3450	750	500	513	347	400	475
14	488	375	350	419	1250	3351	722	594	425	300	400	475
15	475	375	350	488	1217	3225	781	594	406	300	400	475
16	475	375	350	550	1067	3105	988	594	350	375	400	425
17	534	423	350	550	979	2901	1038	594	350	347	400	425
18	581	450	350	522	950	2715	1100	494	375	300	350	420
19	600	450	350	522	943	2563	1100	400	375	300	354	381
20	591	450	350	480	900	2288	1133	400	375	291	400	400
21	550	469	350	425	900	2167	1127	500	375	275	400	350
22	550	500	350	425	969	2250	1100	500	372	275	400	328
23	550	519	350	425	975	2029	1100	563	325	300	400	325
24	541	550	350	450	947	1904	1100	563	325	300	400	325
25	494	541	373	450	900	1771	1044	462	375	300	350	325
26	475	492	375	450	1000	1742	903	400	366	300	350	325
27	466	466	376	519	1000	1619	788	400	341	291	400	325
28	450	420	369	600	1304	1763	706	481	325	275	400	325
29	450		469	600	1652	1800	675	450	316	285	400	325
30	450		491	600	1970	1738	675	450	300	300	400	325
31	450		428		2500		700	416		338		325
Max. :	600	550	491	600	2500	3580	1658	700	550	375	450	500
Min. :	450	375	350	325	650	1619	675	400	300	275	350	325
Middel:	517	443	377	444	1080	2771	1036	560	393	318	396	400
Median:	525	440	366	428	975	2958	1038	563	388	300	400	400

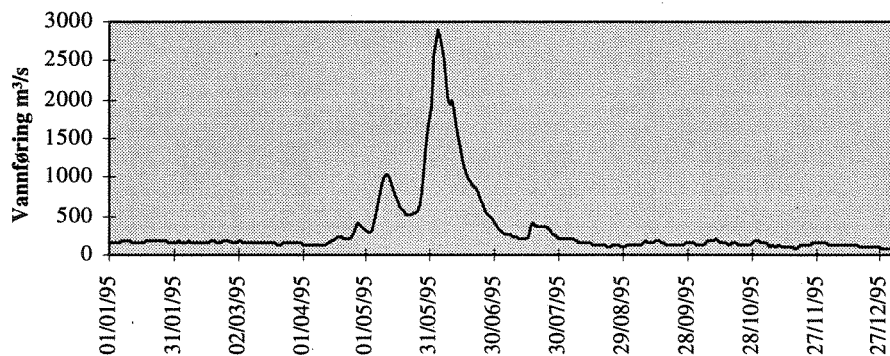


Glommens og Laagens Brukseierforening

Tabell 1.3. Glomma ved Funnefoss. Vannføring 1995 i m³/s.

Dato	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1	164	162	168	142	314	1918	379	197	117	152	167	160
2	158	170	172	142	296	2550	337	202	117	130	164	148
3	150	158	172	131	313	2900	303	213	131	121	160	139
4	153	157	168	126	410	2825	286	210	125	130	143	137
5	148	160	163	118	523	2700	266	202	125	135	123	134
6	166	166	163	125	642	2520	256	197	123	135	111	128
7	173	171	151	141	782	2245	248	187	142	146	119	125
8	177	168	153	142	914	2027	242	167	173	172	106	126
9	180	160	160	141	995	1950	243	159	164	181	110	125
10	178	144	160	138	1030	1994	231	157	163	183	121	125
11	162	146	168	131	1038	1865	214	154	163	195	107	130
12	152	149	152	134	978	1674	203	149	163	173	93	132
13	153	144	148	143	903	1530	204	150	172	160	93	132
14	161	145	144	154	828	1389	200	146	183	159	92	129
15	168	150	147	175	744	1245	202	136	180	155	92	121
16	157	164	146	216	689	1138	221	134	151	143	100	119
17	163	180	152	227	613	1072	374	135	143	129	88	114
18	172	183	151	229	573	989	421	138	132	142	76	113
19	187	176	145	225	529	911	383	131	126	147	110	112
20	183	164	140	212	505	881	360	130	128	151	117	100
21	179	158	136	212	505	858	368	120	132	152	123	100
22	180	164	131	210	516	806	373	108	125	139	127	103
23	178	176	143	209	552	730	355	108	120	131	133	102
24	172	186	143	231	544	675	352	119	120	139	140	95
25	173	187	151	290	577	588	337	127	124	141	142	93
26	169	179	154	370	639	546	299	136	119	139	145	94
27	171	167	144	409	806	514	269	129	147	136	144	94
28	160	158	144	398	1059	504	247	112	164	153	153	86
29	162		147	369	1372	467	227	111	158	173	157	82
30	164		149	343	1630	415	211	113	163	180	164	81
31	157		149		1795		205	117		172		83

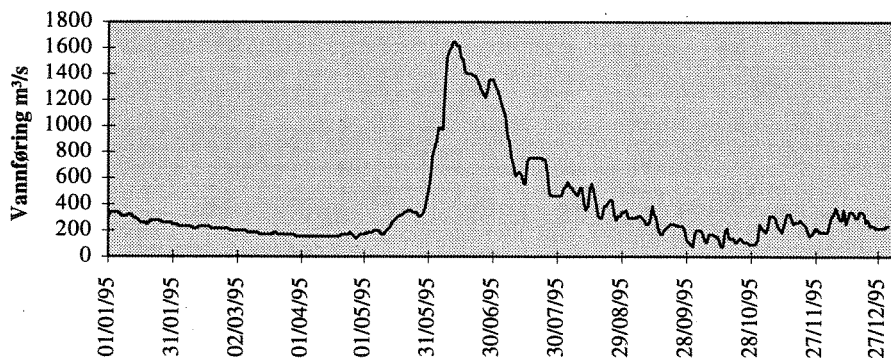
Max. :	187	187	172	409	1795	2900	421	213	183	195	167	160
Min. :	148	144	131	118	296	415	200	108	117	121	76	81
Middel:	167	164	152	208	762	1414	284	148	143	151	124	115
Median:	166	164	151	192	642	1192	266	136	137	147	122	119



Tabell 1.4. Vorma ved Ertesekken. Vannføring 1995 i m³/s.

Dato	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1	297	250	202	158	173	593	1315	467	285	80	245	186
2	335	243	202	159	180	775	1278	520	292	164	223	184
3	335	236	200	157	180	896	1235	531	290	196	193	183
4	346	237	197	153	182	981	1168	566	285	200	186	260
5	340	231	197	150	197	990	1072	541	299	195	214	308
6	334	224	200	150	200	972	924	525	309	169	307	319
7	324	225	191	155	196	1300	877	473	307	128	308	368
8	310	226	184	155	183	1520	750	468	273	105	303	319
9	312	225	185	150	168	1570	706	520	243	162	283	273
10	318	222	185	151	175	1602	613	527	240	168	238	280
11	316	223	183	154	200	1650	625	417	281	161	190	353
12	305	227	177	153	210	1640	639	356	388	160	224	251
13	294	227	174	152	236	1617	630	380	330	124	290	343
14	289	225	174	155	268	1615	567	525	285	81	322	337
15	275	224	175	159	279	1522	560	557	212	80	320	319
16	263	224	173	161	287	1511	730	498	167	195	278	298
17	265	225	170	159	305	1421	748	405	163	219	242	298
18	267	223	173	158	324	1405	748	312	206	139	255	334
19	243	221	180	160	332	1400	747	298	218	140	255	340
20	263	219	183	163	345	1385	749	300	234	133	275	319
21	271	215	175	165	353	1377	750	387	240	106	258	265
22	275	209	167	169	350	1358	748	385	243	105	245	270
23	273	209	164	174	345	1322	740	433	240	138	227	232
24	274	214	164	180	335	1282	737	431	238	143	192	232
25	270	211	163	173	333	1242	633	323	233	104	160	226
26	265	209	162	150	315	1212	481	271	230	110	163	220
27	263	207	162	145	305	1256	466	314	207	98	216	220
28	262	204	165	158	321	1361	464	313	127	90	195	217
29	262		168	167	361	1360	467	340	110	99	187	220
30	258		160	173	428	1348	469	338	85	90	187	236
31	253		157		505		467	360		130		238

Max. :	346	250	202	180	505	1650	1315	566	388	219	322	368
Min. :	243	204	157	145	168	593	464	271	85	80	160	183
Middel:	289	223	178	159	276	1316	745	422	242	136	239	273
Median:	275	224	175	158	287	1361	737	417	240	133	240	270



Glommens og Laagens Brukseierforening

Tabell 2.
Glomma ved Sarpsfoss 1995. Suspendert materiale og organisk stoff.

Dato	Vannføring m ³ /s	Tot.susp.st. mg STS/l	Gløderest mg SGR/l	Tot.org.st. mg TOC/l	Fargetallmg Pt/l	Turbiditet FTU
16-jan	486.9					
09-feb	435.5	3.7	3	3.6	26	
16-feb	384.3	23.2	20.9	4.3	33	
13-mar	358.7					
28-mar	378.1	13.9	13.2	4	29	
29-mar	480.6	9.7	8.9	4.1	29	
07-apr	358.7	6.9	6	3.2	27	
10-apr	455					
24-apr	461.2	15.2	13.9	3.6	28	
08-mai	991	12.3	10.7	5.9	42	
10-mai	1212					
22-mai	993	5.3	4	5.5	43	
30-mai	2019	9.6	8.6	4.7	36	
01-jun	2818	16.6	14.9	5.9	44	12.7
02-jun	3090	20.4	18.8	5.6	43	15.2
03-jun	3243	20.2	18.8	5.8	39	15.9
04-jun	3424	26.6	24.3	5.2	44	50
05-jun	3597	37	35	5.6	41	31
06-jun	3658	41	38	5.8	40	26
07-jun	3648	44	41	6	43	40
08-jun	3648	64	60	6	43	73
09-jun	3660	54	51	5.6	34	52
10-jun	3669	47	44	4.7	41	41
11-jun	3669	36	34	4.3	34	31
12-jun	3621	27.1	25.4	4.7	34	28
13-jun	3536	26.8	25.2	4.2	35	26
14-jun	3434	24.9	23.1	4.4	35	24
15-jun	3305	26.2	24.9	4.6	35	25
16-jun	3182	21.6	19.4	4.9	37	21
17-jun	2973	22.1	20.1	4.5	35	22
18-jun	2782	24.7	23	4.6	33	26
19-jun	2627	19	17.1	4.7	33	20
20-jun	2345	15.4	13.4	4.3	32	16.5
21-jun	2221	13.9	11.7	4.4	30	14.5
22-jun	2306	11.9	10.5	4.5	30	13.5
23-jun	2079	10.4	9.3	3.9	30	11.3
24-jun	1951	7.5	6.2	3.6	28	8.6
25-jun	1815	9.4	8.1	3.5	26	9.5
26-jun	1785	8.4	7.4	3.4	27	8.4
27-jun	1659	7.1	6.2	3.4	25	7.2
28-jun	1807	7	5.7	3.7	25	6.5
29-jun	1845	7.8	6.5	3.9	26	6.9
30-jun	1781	6.7	5.6	3.8	25	5.6
06-jul	1255	5.3	4.2	3.7	20	4.9
12-jul	871.1	3.8	2.5	3.2	17	3

Tabell 2 forts.

Dato	Vannføring m ³ /s	Tot.susp.st. mg STS/l	Gløderest mg SGR/l	Tot.org.st. mg TOC/l	Fargetallmg Pt/l	Turbiditet FTU
19-jul	1127	3.1	2.2	2.9	15	2.4
26-jul	925.4	3.5	2.4	3.3	22	2.5
31-jul	717.4	3.4	2.4	3.2	21	2.5
08-aug	717.4	4.2	3.3	3.9	18	3.8
15-aug	608.7	3.5	2.3	3.6	15	4.8
16-aug	608.7					
28-aug	492.9	2.6	1.8	2.9	13	4.9
13-sep	525.7	3.5	2.4	3.2	13	
20-sep	384.3					
26-sep	375.1	6.3	4.8	2.7	13	
09-okt	384.4	6.9	5.2	4	26	
11-okt	384.4					
23-okt	307.4	3.9	2.9	3.1	18	
06-nov	432.5	1.8	4.3	3.3	22	
20-nov	409.9	3	2	3.3	21	
22-nov	409.9					
04-des	512.4	2.8	2.1	3.3	19	
07-des	486.8					
19-des	390.4	1.9	1.2	3.2	20	

Tabell 3.
Glomma ved Sarpsfoss 1995. Næringsalter.

Dato	Vannf. m ³ /s	Tot. fosf. µg P/l	Part. fosf. µg/l	LRP µg P/l	LIRP µg P/l	Tot. N µg N/l	Nitrat µg N/l	Org. N µg N/l
16-jan	486.9	20				845	625	220
09-feb	435.5	15.2				745		
16-feb	384.3	57.2				895	650	
13-mar	358.7	11				655	460	195
28-mar	378.1	36				745		
29-mar	480.6	25.8				705		
07-apr	358.7	25				810		
10-apr	455	21				750	535	215
24-apr	461.2	50				920		
08-mai	991	30				775		
10-mai	1212	20				775	520	255
22-mai	993	10.1				625		
30-mai	2019	9.2				435		
01-jun	2818	19.3	5.6	2.3	1.4	425	175	250
02-jun	3090	29.5	24.5	1.9	3.1	425	205	220
03-jun	3243	36	31.4	2.9	1.7	460	270	190
04-jun	3424	57	53.5	2.9	0.6	460	255	205
05-jun	3597	67	63.3	2.8	0.9	515	315	200
06-jun	3658	64	57.6	2.2	4.2	550	280	270
07-jun	3648	90	85.2	2.4	2.4	600	290	310
08-jun	3648	128	122.3	3.3	2.4	475	205	270
09-jun	3660	112	106.5	4	1.5	460	220	240
10-jun	3669	107	102	3.2	1.8	470	218	252
11-jun	3669	80	76	3.5	0.5	470	245	225
12-jun	3621	78	73.2	2.6	2.2	453	265	188
13-jun	3536	45	41.1	3.1	0.8	525	297	228
14-jun	3434	41	35.8	2.2	3	525	300	225
15-jun	3305	45	40.1	3.2	1.7	730	505	225
16-jun	3182	43	36.2	4.5	2.3	710	516	194
17-jun	2973	50	45.4	3	1.6	530	339	91
18-jun	2782	62	55.2	4.4	2.4	605	397	208
19-jun	2627	51	46.9	3	1.1	605	456	149
20-jun	2345	41	34.3	3.3	3.4	665	480	185
21-jun	2221	33	26.7	2.3	4	620	440	180
22-jun	2306	32	27.1	1.9	3	575	390	185
23-jun	2079	27.4	26.9	2.1	3.4	595	455	140
24-jun	1951	22.9	18	2.4	2.5	555	365	190
25-jun	1815	24.4	20.9	1.2	2.3	505	355	150
26-jun	1785	24.3	20.8	1.1	2.4	480	350	130
27-jun	1659	19.9	16.8	2.4	0.7	460	345	125
28-jun	1807	18.1	15.2	1.1	1.8	430	320	110
29-jun	1845	19.7	17.7	1.4	0.6	450	290	160
30-jun	1781	17.8	14.1	1.2	2.5	465	300	165
06-jul	1255	16.7	13.4	1	2.3	465	285	165
12-jul	871.1	12.5	7.2	1.2	4.1	440	265	165

Tabell 3 forts.

Dato	Vannf. m ³ /s	Tot. fosf. µg P/l	Part. fosf. µg/l	LRP µg P/l	LIRP µg P/l	Tot. N µg N/l	Nitrat µg N/l	Org. N µg N/l
19-jul	1127	7.9	5.4	1	1.5	450	285	165
26-jul	925.4	13.8	10	1	2.8	465	254	165
31-jul	717.4	9.3	7.9	1	0.4	385	190	165
08-aug	717.4	13.7	7.8	1	4.9	465	215	165
15-aug	608.7	12.2	2.5	1	2.7	495	360	165
16-aug	608.7	10				445	225	
28-aug	492.9	8.7	5.5	1	2.2	390	220	165
13-sep	525.7	14.8				405		
20-sep	384.3	7				425	250	175
26-sep	375.1	17.4				430		
09-okt	384.4	27.5				750		
11-okt	384.4	12				620	440	180
23-okt	307.4	13.8				710		
06-nov	432.5	13.7				510		
20-nov	409.9	10.7				530		
22-nov	409.9	8				505	365	140
04-des	512.4	11.9				690		
07-des	486.8							
19-des	390.4	8.8				650		

**Tabell 6. PAH i Glomma og Drammenselva, juni 1995.
Benevning ng/l.**

Komponent	Glomma 7/6	Glomma 12/6	Dramselv 6/6
Naftalen	4.5	8.7	3.5
2-M-Naf.	2.4	3.9	1.9
1-M-Naf.	3.2	4.1	2.3
Bifenyl	2.8	2.3	1.5
2,6-Dimetylnaftalen	1.6	1.1	1.7
Acenaftalen	1.3	1.1	1.2
Acenaften	4.6	1.3	
2,3,5-Trimetylnaftalen	1.2	1.1	
Fluoren	3.9	1.4	1.1
Fenantren	11	2.9	1.7
Antracen	1.3	0.5	
1-Metylfenantren	1		
Fluoranten	13	2.7	2.3
Pyren	7.4	1.5	1.5
Benz(a)antracen*	2.1	0.9	0.6
Chrysen/trifenylen	2.9	0.7	1
Benzo(b)fluoranten*	3.4		1.4
Benzo(j,k)fluoranten*	1.3		
Benzo(e)pyren	2.2		0.8
Benzo(a)pyren*	3	0.6	0.7
Perilen	2.7	1.4	
Ind.(1,2,3cd)pyren*	0.6		
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1			
Benzo(ghi)perylen	0.6		
Sum	78	36.7	23.2
Derav KPAH (*)	10.4	1.8	2.7
% KPAH	13.3	4.9	11.6

Deteksjonsgrense 0.5 ng/l

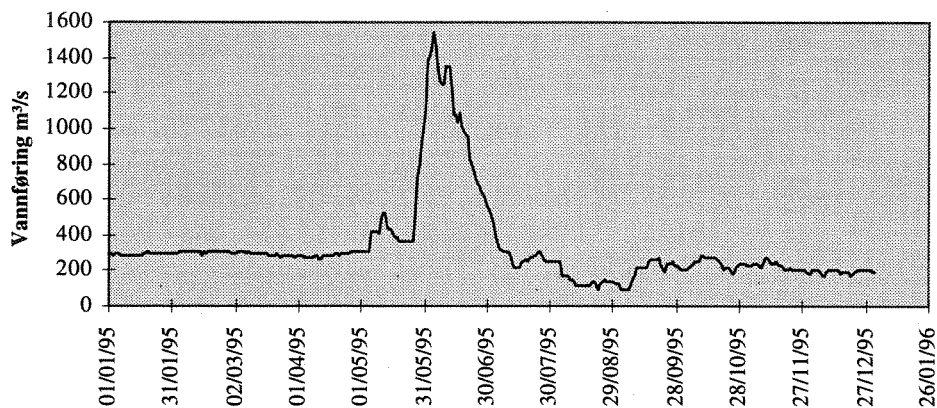
* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige + trolige cancerogener).
Sum av * utgjør KPAH.. 1) Bare (a,h)-isomeren.

Vedlegg 2: Drammenselva

Vannføringsdata og kjemiske analyseresultater.

Tabell 7.1. Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro. Vannføring 1995 i m³/s.

Dato	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1	290.2	297.6	297.6	280.6	306.1	1382	531.5	255.1	106.3	206.2	228.5	202.0
2	290.2	297.6	292.3	280.6	304.0	1403	499.6	255.1	93.5	206.2	228.5	209.4
3	287.0	299.7	301.9	280.6	301.9	1456	461.3	244.5	93.5	208.3	228.5	209.4
4	298.7	302.9	301.9	276.4	300.8	1547	398.6	255.1	93.5	217.9	239.2	209.4
5	297.6	302.9	301.9	276.4	302.9	1462	350.8	172.2	95.7	231.7	239.2	195.6
6	290.2	302.9	301.9	276.4	414.5	1339	318.9	172.2	111.6	233.8	239.2	173.3
7	288.1	302.9	297.6	273.2	414.5	1276	314.6	172.2	152.0	255.1	210.5	175.4
8	288.1	306.1	301.9	275.3	414.5	1249	305.1	144.6	170.1	255.1	246.6	195.6
9	288.1	302.9	297.6	280.6	413.5	1249	305.1	146.7	212.6	255.1	267.9	200.9
10	288.1	301.9	299.7	280.6	483.6	1355	305.1	130.7	212.6	289.1	271.0	200.9
11	288.1	304.0	295.5	257.2	520.8	1355	294.4	116.9	212.6	287.0	249.8	200.9
12	288.1	304.0	295.5	259.4	520.8	1355	258.3	110.5	215.8	271.0	233.8	200.9
13	287.0	304.0	295.5	281.7	446.4	1222	212.6	110.5	217.9	268.9	233.8	200.9
14	288.1	287.0	299.7	281.7	435.8	1074	219.0	110.5	210.5	268.9	247.7	205.1
15	288.1	301.9	295.5	281.7	435.8	1074	219.0	116.9	253.0	268.9	233.8	186.0
16	288.1	299.7	295.5	281.7	403.9	1036	249.8	112.7	256.2	268.9	223.2	194.5
17	295.5	306.1	292.3	281.7	382.7	1089	249.8	113.7	256.2	260.4	223.2	194.5
18	295.5	302.9	289.1	292.3	382.7	1010	265.7	114.8	256.2	249.8	200.9	194.5
19	301.9	302.9	289.1	292.3	361.4	983.2	251.9	130.7	260.4	232.8	200.9	193.5
20	295.5	302.9	287.0	281.7	361.4	967.3	276.4	130.7	271.0	205.1	209.4	172.2
21	298.7	301.9	287.0	292.3	361.4	956.6	267.9	110.5	228.5	217.9	212.6	186.0
22	298.7	304.0	295.5	290.2	361.4	823.8	287.0	90.3	196.6	217.9	198.8	189.2
23	298.7	302.9	277.4	290.2	361.4	760.0	287.0	122.2	233.8	217.9	200.9	204.1
24	298.7	301.9	283.8	290.2	361.4	717.5	308.2	133.9	233.8	196.6	205.1	204.1
25	295.5	301.9	288.1	292.3	363.5	690.9	305.1	143.5	233.8	186.0	205.1	204.1
26	295.5	301.9	288.1	300.8	363.5	664.3	285.9	133.9	253.0	207.3	205.1	200.9
27	293.4	301.9	288.1	302.9	531.5	637.8	262.5	133.9	231.7	223.2	205.1	200.9
28	298.7	294.4	283.8	306.1	722.8	621.8	255.1	133.9	231.7	233.8	205.1	200.9
29	298.7		283.8	306.1	797.2	584.6	255.1	133.9	219.0	233.8	191.3	206.2
30	298.7		276.4	306.1	914.1	558.0	255.1	127.6	206.2	233.8	183.9	197.7
31	297.6		278.5		1089		255.1	124.4		233.8		197.7
Max. :	301.9	306.1	301.9	306.1	1089	1547	531.5	255.1	271.0	289.1	271.0	209.4
Min. :	287.0	287.0	276.4	257.2	300.8	558.0	212.6	90.3	93.5	186.0	183.9	172.2
Middel:	293.4	301.6	292.2	285.0	456.0	1063	300.4	145.3	200.6	236.9	222.3	197.0
Median:	295.5	302.9	295.5	281.7	403.9	1074	285.9	130.7	216.8	233.8	223.2	200.9

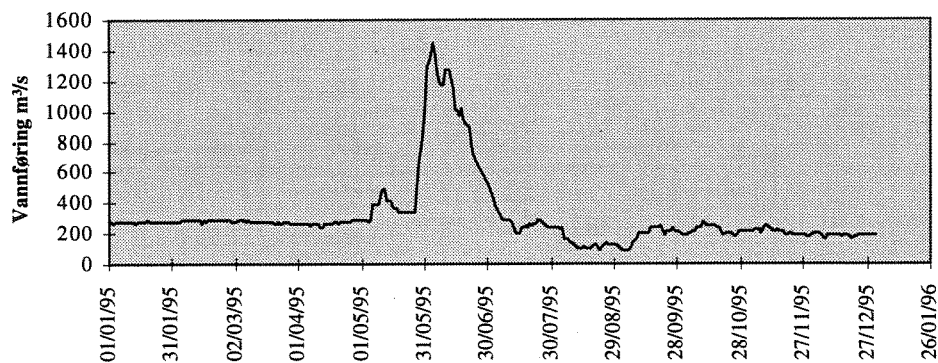


Beregnet i forhold til nedbørfelt og målt vannføring ved Døvikfoss (NVE, 1995)

Tabell 7.2. Drammenselva ved Døvikfoss. Vannføring 1995 i m³/s.

Dato	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1	273	280	280	264	288	1300	500	240	100	194	215	190
2	273	280	275	264	286	1320	470	240	88	194	215	197
3	270	282	284	264	284	1370	434	230	88	196	215	197
4	281	285	284	260	283	1455	375	240	88	205	225	197
5	280	285	284	260	285	1375	330	162	90	218	225	184
6	273	285	284	260	390	1260	300	162	105	220	225	163
7	271	285	280	257	390	1200	296	162	143	240	198	165
8	271	288	284	259	390	1175	287	136	160	240	232	184
9	271	285	280	264	389	1175	287	138	200	240	252	189
10	271	284	282	264	455	1275	287	123	200	272	255	189
11	271	286	278	242	490	1275	277	110	200	270	235	189
12	271	286	278	244	490	1275	243	104	203	255	220	189
13	270	286	278	265	420	1150	200	104	205	253	220	189
14	271	270	282	265	410	1010	206	104	198	253	233	193
15	271	284	278	265	410	1010	206	110	238	253	220	175
16	271	282	278	265	380	975	235	106	241	253	210	183
17	278	288	275	265	360	1025	235	107	241	245	210	183
18	278	285	272	275	360	950	250	108	241	235	189	183
19	284	285	272	275	340	925	237	123	245	219	189	182
20	278	285	270	265	340	910	260	123	255	193	197	162
21	281	284	270	275	340	900	252	104	215	205	200	175
22	281	286	278	273	340	775	270	85	185	205	187	178
23	281	285	261	273	340	715	270	115	220	205	189	192
24	281	284	267	273	340	675	290	126	220	185	193	192
25	278	284	271	275	342	650	287	135	220	175	193	192
26	278	284	271	283	342	625	269	126	238	195	193	189
27	276	284	271	285	500	600	247	126	218	210	193	189
28	281	277	267	288	680	585	240	126	218	220	193	189
29	281		267	288	750	550	240	126	206	220	180	194
30	281		260	288	860	525	240	120	194	220	173	186
31	280		262		1025		240	117		220		186

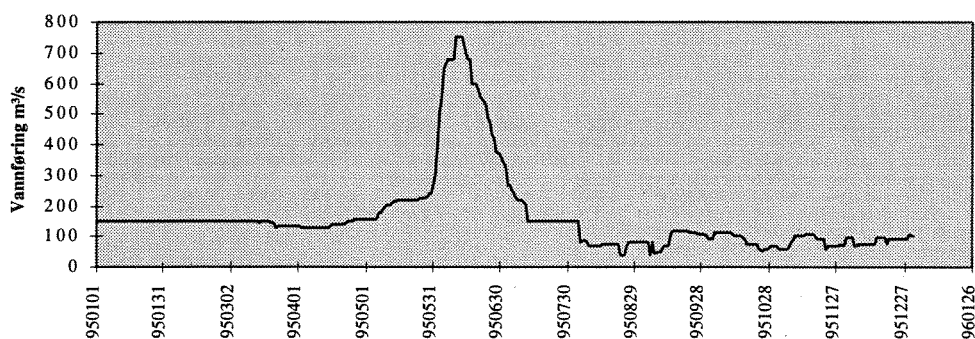
Max. :	284	288	284	288	1025	1455	500	240	255	272	255	197
Min. :	270	270	260	242	283	525	200	85	88	175	173	162
Middel:	276	284	275	268	429	1000	283	137	189	223	209	185
Median:	278	285	278	265	380	1010	269	123	204	220	210	189



Norges vassdrags- og energiverk

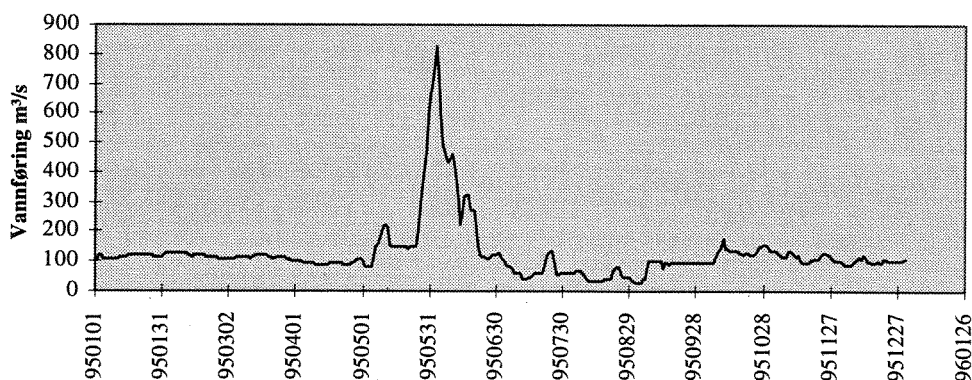
Tabell 7.3 Drammenselva ved Geithus (utløp Tyrifjorden). Vannføring 1995 i m³/s.

Dato	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1	150	150	150	135	155	305	350	150	78	90	70	97
2	150	150	150	132	155	400	325	150	78	90	60	97
3	150	150	150	130	155	505	265	150	78	93	60	95
4	150	150	150	130	155	550	265	150	78	110	60	95
5	150	150	150	130	157	650	250	80	40	110	60	70
6	150	150	150	130	157	675	240	85	80	110	72	72
7	150	150	150	130	175	675	225	85	42	110	78	76
8	150	150	150	130	175	675	217	70	48	110	93	76
9	150	150	150	130	187	675	217	70	48	110	103	76
10	150	150	150	130	205	750	217	70	48	110	103	76
11	150	150	150	130	205	750	202	70	68	110	103	76
12	150	150	150	130	205	750	150	70	68	105	103	76
13	150	150	147	130	215	750	150	70	68	100	108	76
14	150	150	147	130	215	700	150	70	100	100	108	76
15	150	150	145	135	220	680	150	75	120	100	108	96
16	150	150	147	140	220	675	150	75	120	100	108	95
17	150	150	147	140	220	600	150	75	118	90	108	95
18	150	150	147	140	220	600	150	75	118	75	95	95
19	150	150	147	140	220	600	150	75	115	75	90	76
20	150	150	145	140	220	580	150	75	115	75	90	92
21	150	150	145	140	220	560	150	75	115	75	90	92
22	150	150	130	145	220	550	150	75	115	75	60	92
23	150	150	135	150	220	530	150	35	110	75	70	92
24	150	150	135	150	220	485	150	35	110	58	70	92
25	150	150	135	150	225	475	150	65	110	55	70	92
26	150	150	135	155	225	430	150	78	110	58	70	90
27	150	150	135	155	225	420	150	78	107	60	70	92
28	150	150	135	155	230	380	150	78	109	65	70	92
29	150		135	155	240	375	150	78	109	68	75	105
30	150		135	155	240	370	150	78	100	68	70	102
31	150		135		265		150	78		70		102
Max. :	150	150	150	155	265	750	350	150	120	110	108	105
Min. :	150	150	130	130	155	305	150	35	40	55	60	70
Middel:	150	150	144	139	205	571	186	82	91	87	83	88
Median:	150	150	147	138	220	590	150	75	104	90	77	92



Tabell 7.4. Drammenselva ved Skolfoss (utløp Krøderen). Vannføring 1995 i m³/s.

Dato	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1	102.0	120.3	105.6	98.6	92.9	699.0	128.1	60.5	26.3	92.7	133.4	102.5
2	107.3	126.5	105.7	98.5	80.3	765.6	118.8	61.2	25.9	92.4	133.3	101.8
3	123.2	128.0	106.2	98.7	80.8	824.3	109.5	61.1	25.9	92.7	132.0	93.9
4	123.7	126.3	109.5	95.6	80.0	734.5	100.3	61.8	42.5	92.3	128.8	89.0
5	111.5	127.0	112.2	95.8	81.6	596.5	91.0	64.7	41.9	92.4	123.0	90.9
6	107.2	126.4	115.1	95.8	116.7	496.4	81.7	64.3	77.1	94.8	117.1	91.2
7	106.9	126.9	117.0	95.1	149.4	444.2	72.2	64.3	99.3	115.6	116.9	96.1
8	107.5	126.6	117.0	95.0	155.7	429.8	62.6	64.0	101.8	130.5	132.7	99.6
9	107.6	125.6	116.7	93.6	178.2	448.7	62.7	53.3	101.9	145.9	132.2	110.8
10	107.3	125.7	115.3	90.6	219.2	458.0	61.6	40.8	101.5	176.2	127.4	113.6
11	107.6	125.5	114.7	86.5	220.0	425.3	59.0	32.1	101.1	142.3	121.2	110.0
12	112.9	123.6	111.6	87.5	207.9	379.4	42.5	30.7	101.2	141.4	117.8	121.5
13	116.2	115.5	117.2	86.5	153.2	309.9	40.4	30.7	77.1	135.2	120.3	114.7
14	116.6	125.0	120.7	88.5	146.5	223.8	40.3	30.5	92.2	133.1	100.7	100.2
15	115.9	122.6	120.6	91.3	146.3	254.3	45.0	30.6	97.7	136.7	95.0	94.2
16	118.6	120.6	120.4	94.4	146.2	316.2	54.8	30.5	90.8	136.7	95.4	93.8
17	122.1	121.0	120.5	97.5	146.1	323.6	61.2	34.3	91.7	136.7	94.5	93.8
18	123.2	120.7	120.3	97.4	146.0	277.7	60.7	39.9	92.4	131.0	102.6	99.6
19	123.9	120.9	120.2	94.5	146.0	268.4	63.9	39.7	93.3	122.0	107.1	96.0
20	123.9	114.7	115.4	94.6	146.1	270.6	63.9	39.8	93.6	127.2	107.1	94.1
21	124.2	115.5	112.2	92.0	145.1	209.0	63.9	42.7	93.1	128.1	107.0	108.5
22	124.2	116.1	111.6	89.8	145.5	150.9	81.9	65.7	93.0	122.8	107.3	105.0
23	122.9	116.8	112.0	89.2	145.8	119.0	112.9	79.2	92.8	118.6	120.8	104.6
24	123.2	115.9	112.9	87.9	146.9	114.7	125.7	80.4	92.6	118.9	125.4	104.6
25	123.1	108.6	112.3	90.8	147.2	114.0	134.4	59.5	92.6	129.1	125.6	104.6
26	122.7	105.8	112.7	93.6	201.1	107.8	95.2	48.1	92.4	145.1	120.4	104.6
27	117.0	105.3	112.7	97.1	275.7	116.3	63.2	48.2	92.2	150.9	115.3	104.5
28	114.8	105.8	108.5	99.4	346.7	123.1	57.3	48.4	92.5	155.5	110.2	104.5
29	115.3		105.0	105.4	470.1	124.0	60.9	44.7	92.6	155.4	102.5	104.8
30	114.5		102.1	108.7	594.5	124.2	61.0	42.1	92.5	150.8	102.3	105.1
31	114.7		100.2		663.6		60.4	31.8		138.0		105.4
Max. :	124.2	128.0	120.7	108.7	663.6	824.3	134.4	80.4	101.9	176.2	133.4	121.5
Min. :	102.0	105.3	100.2	86.5	80.0	107.8	40.3	30.5	25.9	92.3	94.5	89.0
Middel:	116.2	120.0	113.0	94.3	197.5	341.6	75.4	49.2	83.4	128.4	115.8	102.0
Median:	116.2	121.0	112.7	94.6	146.5	293.8	63.2	48.1	92.5	131.0	117.5	104.5



Tabell 8.

Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro 1995. Suspendert materiale og organisk stoff.

Dato	Vannføringm ³ /s	Susp. stoff mg /l	Gløderest mg /l	TOC mg C/l	Turbiditet, FTU
16-jan	288.1				
13-feb	304				
16-mar	295.5			2.8	
13-apr	281.7			3.5	
08-mai	414.5			4.5	
27-mai	531.5				
29-mai	797.2				
31-mai	1084				
02-jun	1403	18.2	16.2	4	3.9
04-jun	1547	9.6	8.4	4	3.5
06-jun	1339	7.8	6.6	4.5	4.1
08-jun	1249	10.1	8.6	3.7	4.7
10-jun	1355	5.9	4.9	4	3
12-jun	1355	4.8	3.9	3.9	3.2
14-jun	1074	9.4	8.2	4	5.8
16-jun	1036	5.6	3.2	4.1	2.9
18-jun	1010	3.3	2.4	3.9	3.9
20-jun	967.3	2.6	1.8	4	2.1
22-jun	823.8	3.3	2	3.8	1.2
24-jun	717.6	2	1.8	3.8	1.7
26-jun	664.3	2.1	2.1	3.7	1.5
28-jun	621.8	2.1	1.5	3.8	2.1
30-jun	558	2	1.1	3.6	1.7
05-jul	350.8	3.4	1.07	3.7	1.4
13-jul	212.6	2.1	0.7	4.3	0.75
21-jul	267.9	1.53	0.87	4.2	0.54
27-jul	262.5	1.04	0.48	3.6	0.74
02-aug	255.1	1.53	0.73	3.6	0.59
09-aug	146.7	1.36	0.48	3.2	0.56
16-aug	112.7	3.8	1.6	3.7	0.7
23-aug	122.2	1.53	0.47	3.2	0.74
31-aug	124.4	1.2	0.47	3.5	0.66
19-sep	260.4			3.6	
10-okt	289.1			2.9	
15-nov	233.8			3.4	
11-des	200.9				

Tabell 9.

Drammenselva ved Gamle Mjøndalen bro 1995. Næringssalter.

Dato	Vannf. m ³ /s	Tot, fosfor µg P/l	Part. P µg P/l	Fosfater µg P/l	LIRP µg P/l	Tot. N µg N/l	Nitrat µg N/l	Org N µg N/l
16-jan	288.1	4		0.5		430	290	140
13-feb	304	4		0.5		440	310	130
16-mar	295.5	4		1		440	310	130
13-apr	281.7	7		2		685	530	155
08-mai	414.5	7		2		400	285	115
27-mai	531.5							
29-mai	797.2							
31-mai	1084							
02-jun	1403	21	19	9	2	685	435	250
04-jun	1547	15	14	7	1	495	305	190
06-jun	1339	13	10	7	3	455	280	175
08-jun	1249	16		6		515	395	120
10-jun	1355	11		2		540	295	245
12-jun	1355	10		2		435	280	155
14-jun	1074	22	17	4	5	725	535	190
16-jun	1036	10	7	2	3	575	435	140
18-jun	1010	11	8	3	3	485	310	175
20-jun	967.3	8	6	2	2	480	305	175
22-jun	823.8	7	5	2	2	465	285	180
24-jun	717.6	7	5	1	2	470	290	180
26-jun	664.3	6	4	0.5	2	460	280	180
28-jun	621.8	6	4	2	2	445	255	190
30-jun	558	6	4	1	2	415	240	135
05-jul	350.8	6	5	1	1	425	225	200
13-jul	212.6	7	6	1	1	425	230	195
21-jul	267.9	5	4	1	1	415	225	190
27-jul	262.5	5	3	0.5	2	365	215	150
02-aug	255.1	5	3	0.5	2	375	215	160
09-aug	146.7	5	3	0.5	2	360	175	185
16-aug	112.7	6	4	0.5	2	415	200	215
23-aug	122.2	6	4	1	2	290	139	151
31-aug	124.4	4	2	0.5	2	395	185	210
19-sep	260.4	5		1		425	240	185
10-okt	289.1	5		1		400	255	145
15-nov	233.8	4		1		410	255	155
11-des	200.9							



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00

Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3437-96.

ISBN 82-577-2973-6