

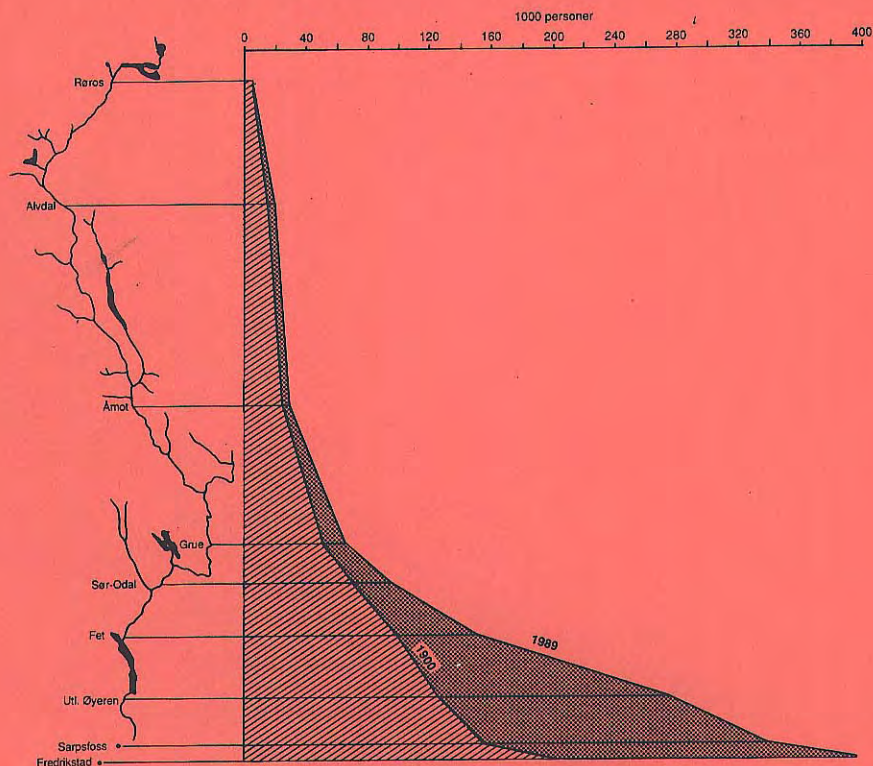


O-89248

Handlingsplan Glomma

Glommavassdraget

Forurensningsutvikling - Tidstrender



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.:

89248

Undernummer:

Løpnummer:

2430

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Handlingsplan Glomma Glommavassdraget Forurensningsutvikling - Tidstrender	Dato: 11. juni 1990
	Prosjektnummer: 89248
Forfatter (e): Hans Holtan	Faggruppe: Vassdrag
	Geografisk område: Glomma
	Antall sider (inkl. bilag): 56

Oppdragsgiver: Handlingsplan Glomma	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Rapporten har som mål å gi et bilde av utviklingen i vassdraget så langt bakover i tid (i vårt århundre) som det foreligger brukbare data. Den omfatter en sammenstilling og bearbeiding av foreliggende statistiske data og måledata fra Glomma og dens nedbørfelt.

Befolkningsmengden har økt betydelig. Samtidig har det skjedd en omstilling bl.a. med endring av levevaner som har ført til økt påvirkning på vassdraget i forhold til folketallet. Omstilling i jordbruket har bl.a. gitt vesentlig økning av forbruket av fosfor og nitrogen, og det har skjedd en omfattende omstilling fra eng til åker, som er mer erosjonsutsatt. Sur nedbør og tilførsel av nitrogen gjennom nedbøren har økt.

Måledata viser en kraftig økning av transporten av erosjonsmateriale. Transporten av nitrogen har også økt vesentlig. For fosfor er målingene noe mer uklare, men rapporten tyder på en viss reduksjon de siste årene.

Rapporten er en fagrapport utarbeidet på oppdrag av Handlingsplan Glomma.

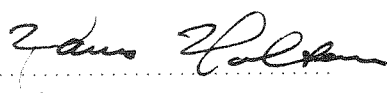
4 emneord, norske:

1. Glomma
2. Vannkvalitet
3. Bosetting
4. Utvikling

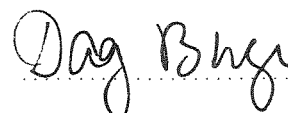
4 emneord, engelske:

1. River Glomma
2. Water Quality
3. Settlement
4. Development

Prosjektleder:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-1739-8

0-89248

GLOMMAVASSDRAGET

Forurensningsutvikling - Tidstrender

FORORD

Denne rapport er en fagrapport i tilknytning til HANDLINGSPLAN FOR GLOMMA.

Med bakgrunn i statistiske data om befolknings- og jordbruksutvikling og observasjonsdata om vannmengder og vannkvalitet, er forurensningsutviklingen i hele Glommavassdraget med unntak av Gudbrandsdalslågen og Mjøsa beskrevet.

Arbeidet er utført som oppdrag for Handlingsplan Glomma - prosjektleder overingeniør Ivar Helleberg.

Ved NIVA har cand.real. Hans Holtan vært ansvarlig saksbehandler.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	2
1. SAMMENDRAG	4
2. INNLEDNING	6
3. GLOMMAVASSDRAGETS NEDBØRFELT	7
3.1 Størrelse og topografi	7
3.1.1 Topografi	7
3.1.2 Geologi, jordsmonn og klima	7
4. BOSETTING, LANDBRUK OG INDUSTRI. UTVIKLING I DETTE ÅRHUNDRE .	11
4.1 Bosetting	11
4.2 Jordbruk	13
4.2.1 Jordbruksarealer	13
4.2.2 Forbruk av handelsgjødsel	17
4.2.3 Industri	18
5. KLIMATISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD	20
5.1 Lufttemperatur og nedbør	20
5.2 Vannføring	21
5.2.1 Midlere vannføring og spesifikk avrenning	21
5.2.2 Vannføringsvariasjoner	22
6. OBSERVASJONSDATA - DATAKVALITET - DATABEARBEIDELSE	26
6.1 Nedbørkjemiske data	26
6.2 Fysisk-kjemiske data fra Glomma	26
6.3 Analysemetoder	28
6.4 Beregninger, trendanalyser	28
6.5 Dataenes brukbarhet for trendanalyse	29
7. NEDBØRKJEMI - TRENDER	31
7.1 Sur nedbør - pH	31
7.2 Nitrogen	31
8. VANNKVALITETEN I GLOMMA OG DENS UTVIKLING	34
8.1 Generelt	34
8.2 Partikkelinnhold og partikkeltransport	34
8.2.1 Datagrunnlag	34
8.2.2 Turbiditet	35
8.2.3 Suspendert materiale	42
8.3 Fosforkonsentrasjon og fosfortransport	44
8.3.1 Øvre Glomma (Røstefossen-Bellingmo)	46
8.3.2 Midtre Glomma (Funnefoss/Ulleren kirke- Vorma-Bingsfoss/Rånåsfoss)	47
8.3.3 Nedre Glomma (Solbergfoss-Sarpsfoss	49
8.4 Nitrogenkonsentrasjoner og nitrogentransport	52
8.4.1 Øvre Glomma (Røstefossen-Bellingmo)	52
8.4.2 Midtre Glomma (Funnefoss/Ulleren kirke- Vorma-Bingsfoss/Rånåsfoss)	53
8.4.3 Nedre Glomma (Solbergfoss-Sarpsfoss)	53
LITTERATUR	55

1. SAMMENDRAG

Denne rapport bygger på statistiske data og måledata fra Glomma og dens nedbørfelt. (Gudbrandsdalslågen og Mjøsa er ikke med.) Data om befolkningsendringer og utvikling innenfor jordbruket helt siden begynnelsen av dette århundre og frem til i dag er stilt sammen. Foreliggende data om nedbørkjemiske forhold og vannkvaliteten i vassdraget er bearbeidet og fremstilt i diagrammer.

Resultater

- Den totale befolkningmengde i Glommas nedbørfelt (+ Lågen og Mjøsa) har økt fra ca. 196000 i 1900 til 395000 i 1989. Den største befolkningsøkning har skjedd i de nedre områder av feltet.

- De totale jordbruksarealer har økt fra ca. 1307 km² i 1917 til ca. 1533 km² i 1979. Åkerandelen var i 1917 ca. 37 % av det totale jordbruksareal og i 1979 ca. 75 %. Tilførselen av fosfor og nitrogen via handelsgjødsel til de oppdyrkede arealer har økt som følger:

Fosfor: ca. 670 tonn i 1930, ca. 4450 tonn i 1980 og ca. 2900 tonn i 1989.

Nitrogen: ca. 670 tonn i 1930 og ca. 16400 tonn i 1989.

- Vannføringen varierer sterkt fra år til år. I 1970-årene var vannføringen jevnt over betydelig lavere enn i 1980-årene. I 1987 og 1988 var vannføringen spesielt høy. Vintervannføringen har økt betydelig på grunn av kraftverksutbygging.
- Nedbørens surhet har økt tilsvarende fra ca. pH 6 i 50-årene til ca. pH 4,5 i 70-årene i de nordlige deler av feltet. I de sydlige områder har pH avtatt fra ca. 5,5 i 50-årene til ca. 4,5 i 70-årene. I de siste 10-15 år har pH i nedbøren forandret seg lite.
- Nitrogentilførselen via nedbøren har siden 50-årene økt fra ca. 200 mg/m² til bortimot 900 mg/m² i de sydlige områder og fra ca. 150 mg/m² til ca. 300 mg/m² i de nordlige områdene.

- Vannet i Glomma er under snøsmeltingen om våren og ellers under flom sterkt belastet med partikulært materiale. Tilførselen av erosjonsmateriale er størst i de nedre deler, dvs. under den marine grense. I enkelte perioder er det stor tilførsel av slikt materiale også fra de lavtliggende elvesletter ved Tynset-Alvdal.

Mye av erosjonsmaterialet som tilføres elva fra Romeriksområdet, sedimenterer i Øyeren. Store mengder leire og erosjonsprodukter tilføres Glomma også fra Trøgstad og områdene nedstrøms Øyeren.

Transporten av suspendert materiale ved Sarpsborg er beregnet til ca. 360000 tonn/år. Dette er over dobbelt så mye som transporten nordfra ut av Øyeren.

- Konsentrasjonen av totalfosfor varierer sterkt i løpet av året. Dette som følge av at mye av fosforet er bundet til det partikulære materialet. Utenom slike perioder er fosforkonsentrasjonen i Øvre Glomma nå mindre enn 10 µg P/l. Konsentrasjonen øker sydover, og ved Sarpsborg er verdiene 15-20 µg P/l i slike perioder.

I Øvre Glomma har konsentrasjonen i løpet av de siste 10-år avtatt med ca. 2 µg/l. Ved Bingsfoss synes tilsvarende reduksjon å være 5-6 µg P/l.

I et middelår er transporten av totalfosfor ved Sarpsfossen ca. 440 tonn/år, men i vannrike år kan transporten samme sted være hele 700 tonn totalfosfor pr. år.

- Transporten av nitrogen i Glomma har økt vesentlig i løpet av siste 20-års-periode. I vannrike år (nå) er transporten ved Sarpsfossen beregnet til over 15000 tonn N/år - i et normalår er den ca. 13500 tonn N/år. Ved Bingsfoss er tilsvarende verdier vel 10.000 og ca. 8000 tonn N/år. En vesentlig del av nitrogenøkningen skyldes økt tilførsel fra atmosfæren (nedbør + tørravsetninger).

2. INNLEDNING

Det foreliggende arbeid omhandler tidstrender for stofftransport i Glomma og aktivitetsutvikling i Glommas nedbørfelt, og er en fagrapport i tilknytning til HANDLINGSPLAN FOR GLOMMA. Rapporten bygger på statistiske data og resultater fra undersøkelser som er utført i vassdraget.

Arbeidet har bestått i:

- fremskaffelse, systematisering og bearbeidelse av data.
- vurdering, sammenstilling og statistisk bearbeidelse av dataene.
- vurdering og diskusjon av resultatene.

Det er i rapporten lagt hovedvekt på å fremskaffe data om nærings-saltene fosfor og nitrogen, samt partikulært materiale. Vannførings-data er innhentet fra Glommens og Laagens Brukseierforening og Norges vassdrags- og energiverk (NVE).

Nedbørkjemiske data er også samlet inn og bearbeidet. Rapporter fra Norsk institutt for luftforskning (NILU) har vært den viktigste kilde i denne sammenheng.

Statistiske data om befolkning og jordbruk er hentet fra publikasjoner utgitt av Statistisk Sentralbyrå (SSB).

3. GLOMMAVASSDRAGETS NEDBØRFELT

3.1 Størrelse og topografi

Det totale nedbørfelt til Glomma er av NVE oppgitt til ca. 41.800 km², hvorav området før samløp Vorma utgjør vel 19000 km². Nedbørfeltet til Vorma inklusiv Lågen og Mjøsa er oppgitt til ca. 18000 km² eller ca. 39 % av det totale nedbørfelt (Fig. 3.1). Arealet nedstrøms Mjøsa og samløp Vorma er på ca. 4700 km² eller ca. 11 % av det totale nedbørfelt og ca. 23 % av "Østerdalsdelen".

3.1.1. Topografi

Glomma har en lengde på ca. 600 km og har sine kilder i områdene ovenfor Aursunden, vel 800 m over havet (Fig. 3.2). I middel er fallet på 1:860. Helningen varierer i betydelig grad. Mellom Tynset og Alvdal, på lange strekninger nedover Storelvdal og mellom Elverum og Øyeren, er elva stilleflytende. Fallet på slike strekninger kan være bare 1:3000. I Østfold mellom Eidsberg-Glennestangen-Sarpsborg har elva et innsjøaktig preg. Langs de stilleflytende partier er det gjerne store elvesletter som oversvømmes i flomperioder.

3.1.2 Geologi, jordsmonn og klima

I de nordlige deler, ned til Alvdal, består berggrunnen hovedsakelig av kambro-siluriske sedimentbergarter - fylitter. Mellom Alvdal og Rena er sparagmitter det dominerende innslag. Nedstrøms Rena er grunnfjell mest fremtredende bergart.

Jordbunnen langs den nordlige delen av vassdraget består av glaci-fluviale avsetninger, mens marine avleiringer dominerer nedenfor Elverum (Fig. 3.3).

Månedsnormaler for lufttemperatur og nedbør i ulike områder av Glommas nedbørfelt går frem av tabell 3.1.

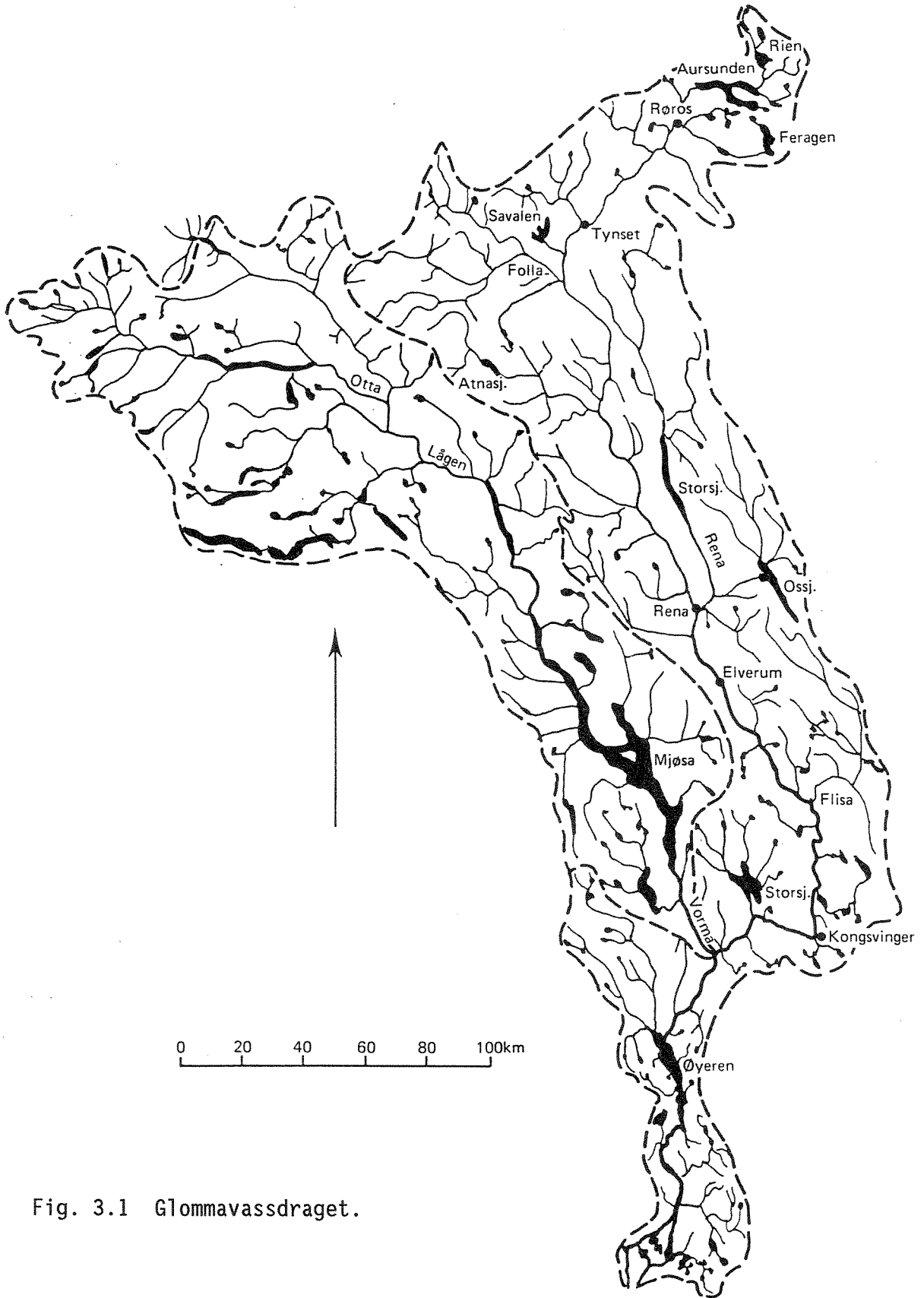


Fig. 3.1 Glommavassdraget.

Tabell 3.1 Glomma. Månedsnormaler (1931-60) for lufttemperatur og nedbør.

Sted	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ÅR
Lufttemperatur $^{\circ}\text{C}$													
Røros	-11,2	-9,8	-6,4	-0,7	+ 5,0	+ 9,4	+12,4	+10,9	+ 6,6	+ 1,1	- 3,8	- 7,4	+ 0,5
Flisa	- 8,4	-7,4	-2,8	+3,2	+ 9,5	+13,6	+15,9	+14,2	+ 9,3	+ 3,9	- 1,2	- 5,1	+ 3,7
Rygge	- 4,7	-4,2	-1,0	+4,4	+10,2	+14,2	+17,0	+15,8	+11,2	+ 6,4	+ 1,6	- 1,5	+ 5,8
Nedbør mm													
Røros	30	28	27	26	24	67	80	63	47	31	28	40	491
Flisa	38	28	19	34	44	68	86	83	68	65	52	49	634
Rygge	57	36	33	40	43	54	74	94	95	83	84	35	731

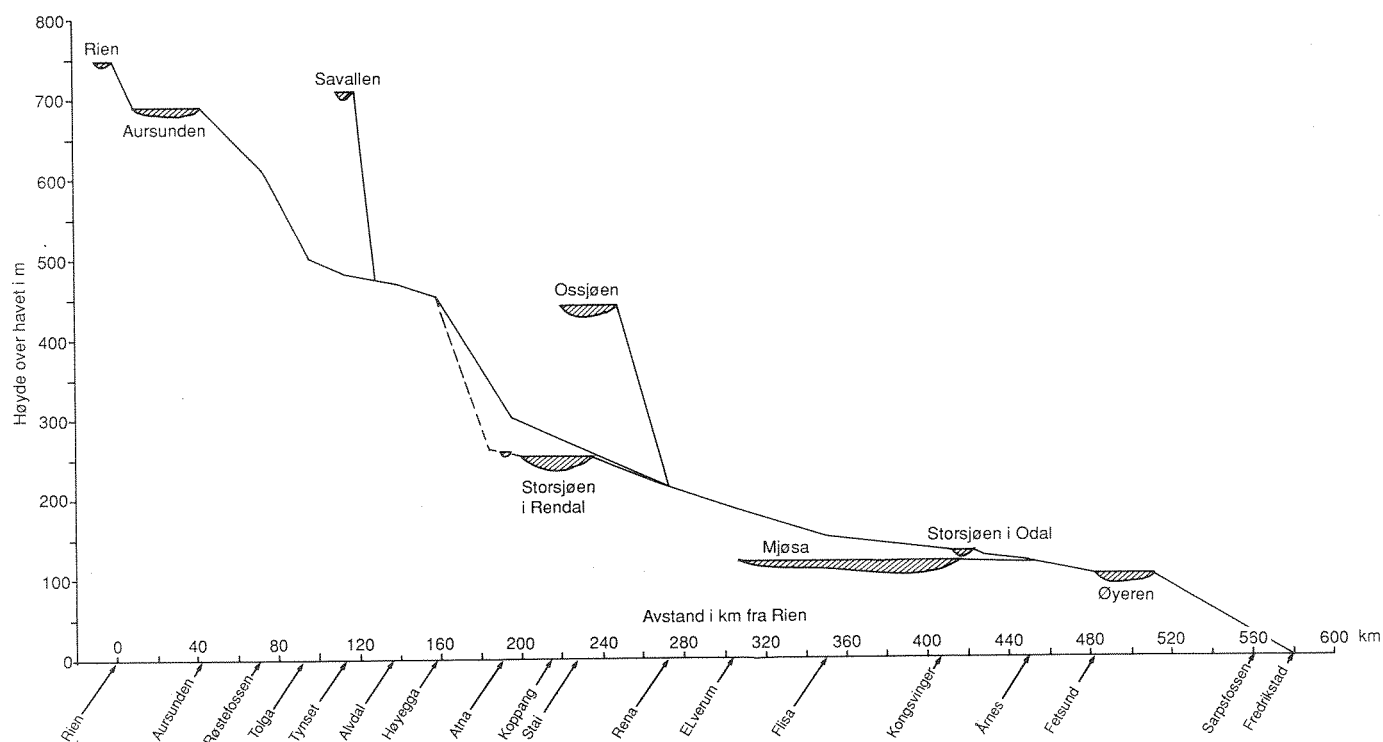


Fig. 3.2 Glommans lengde og fallforhold.

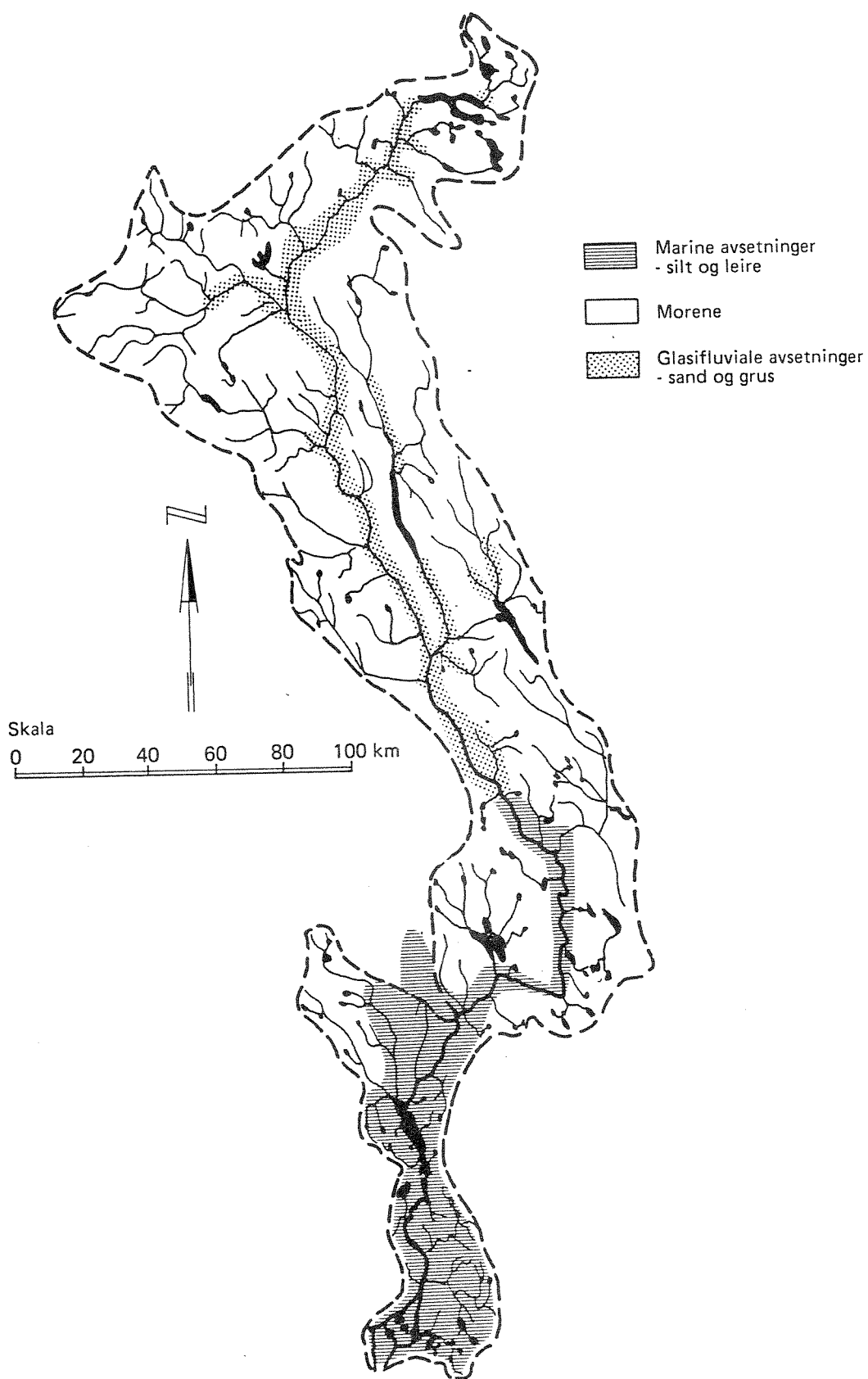


Fig. 3.3 Kvartærgeologisk kart over Glommas nedbørfelt.

4. BOSETTING, LANDBRUK OG INDUSTRI. UTVIKLING I DETTE ÅRHUNDRE

4.1 Bosetting

Glomma har fra gammelt av vært viktig for lokalisering av bosettingen i dalføret. Bebyggelsen finnes i vesentlig grad i nær tilknytning til Glomma eller dens sideelver. Befolkningsøkningen fra 1900 til 1989 (kumulert) i Glommas nedbørfelt er vist i Fig. 4.1 (Laagen og Mjøsa ikke med). Tallene er hentet fra kommuneoversikter i statistiske årbøker (SSB).

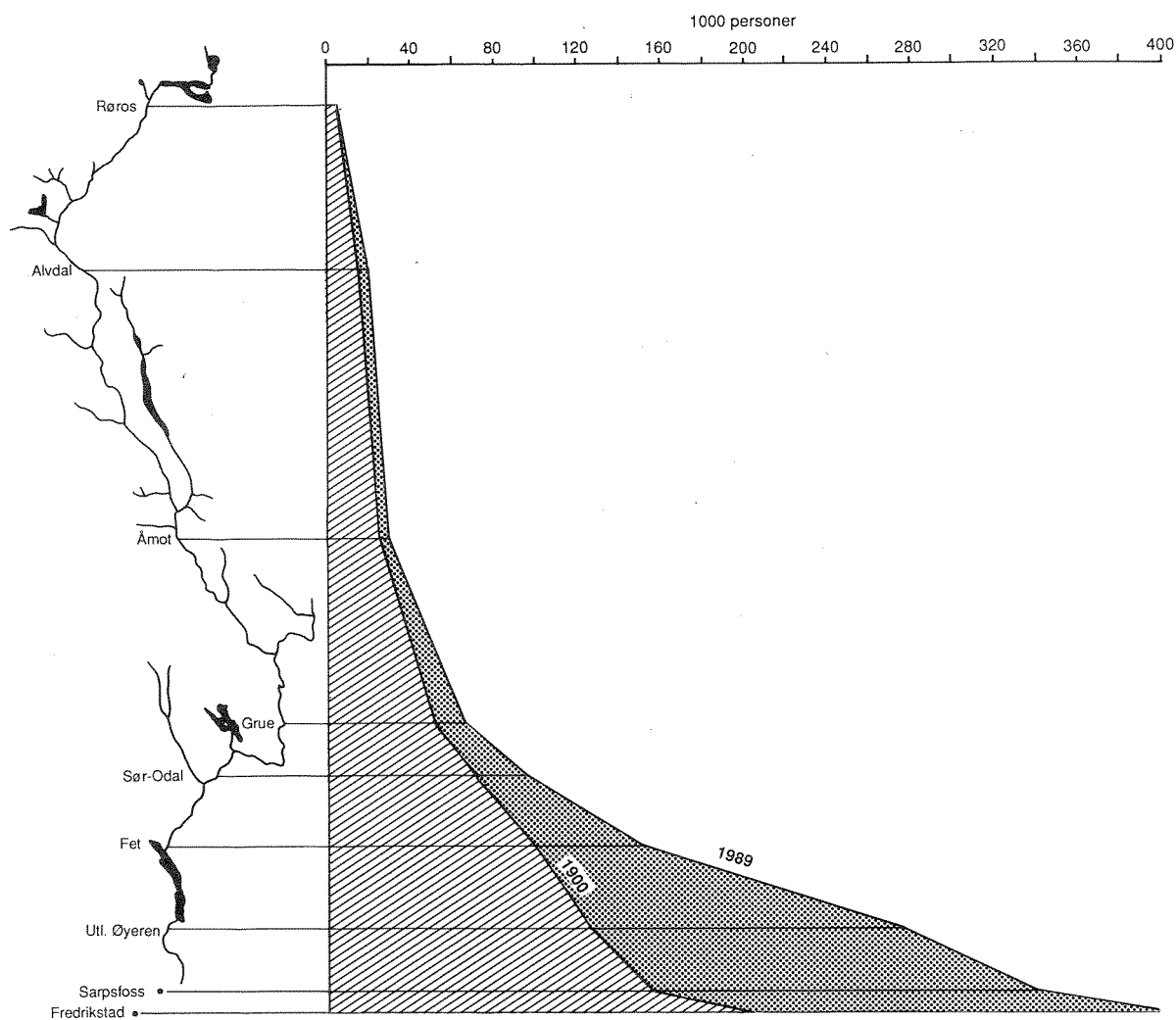


Fig. 4.1 Befolkningsøkning i Glommas nedbørfelt (+ Lågen og Mjøsa) siden 1900 til 1989.

4.2 Jordbruk

4.2.1 Jordbruksarealer

Størrelsen av jordbruksarealene (+ Lågen og Mjøsa) i 1917 og 1979 går frem av Fig. 4.3. Tallene er hentet fra SSB's jordbrukstelling som har vært foretatt hvert 10. år. Det finnes også tall for 1907, men disse er ifølge SSB så unøyaktige at vi har valgt ikke å ta dem med her.

Det totale jordbruksarealet har i det nevnte tidsrom økt fra ca. 1307 km² til ca. 1533 km², dvs. ca. 17 %. 6,9 % av hele Glommas nedbørfelt var i 1979 jordbruksareal, mens tilsvarende % i 1917 var ca. 5,9. Oppstrøms Åmot utgjorde jordbruksarealene ca. 1,5 % av det totale areal. Det er i de lavereliggende områder - under den marine grense - at jordbruket får den største arealmessige betydning.

Driftsmåten i jordbruket har i det samme tidsrom i betydelig grad skiftet karakter fra husdyrhold til korndyrking. Fortsatt er husdyrhold (eng) av størst betydning ovenfor Rena. Sør for Rena har åkerandelen av det totale jordbruksareal stadig økt (Fig. 4.3, 4.4 og 4.5). I 1979 var åkerandelen av det totale jordbruksareal i hele feltet ca. 75 %, mens den i 1917 var ca. 37 %. Utviklingen i de ulike fylker og områder går frem av Fig. 4.4 og 4.5.

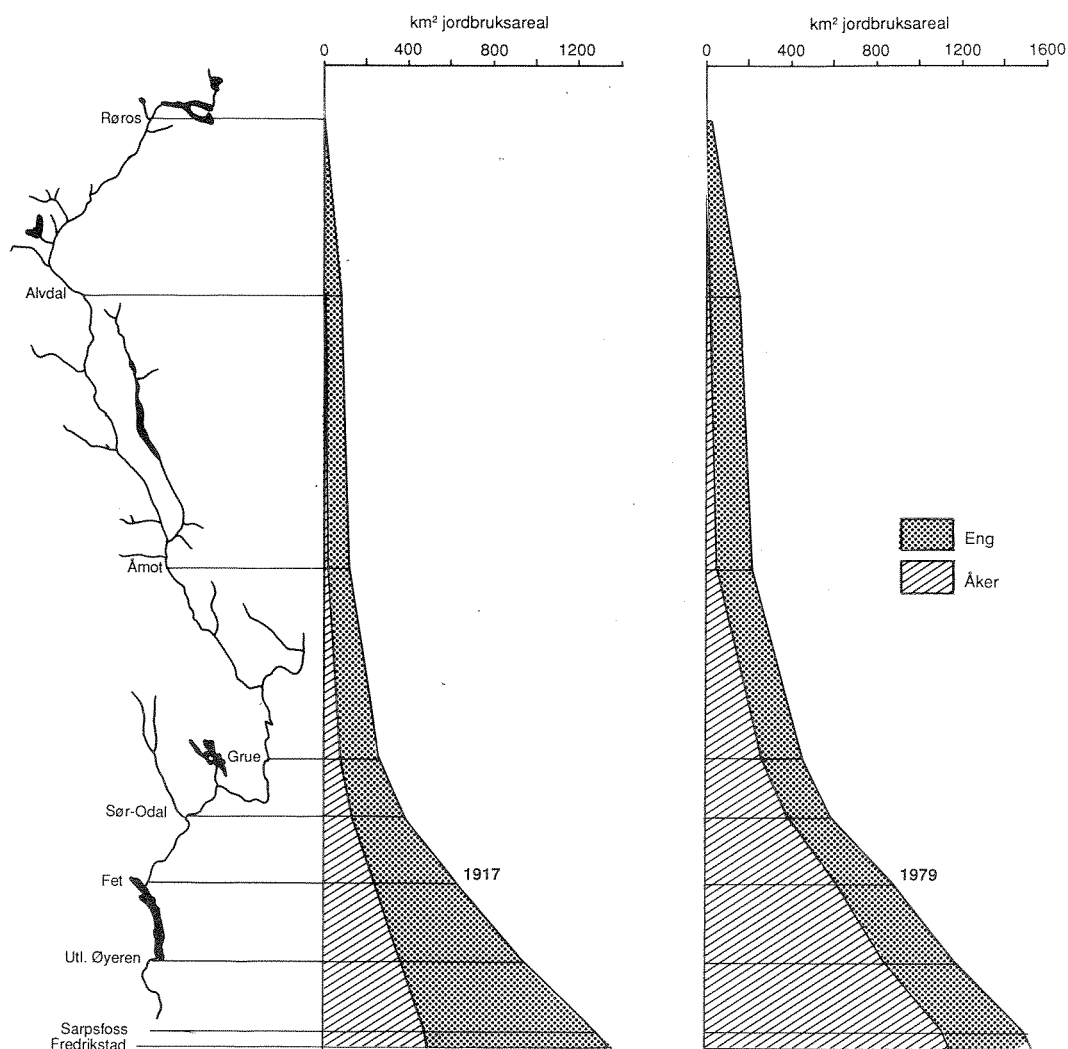


Fig. 4.3 Jordbruksarealer i Glommas nedbørfelt i 1917 og 1979.

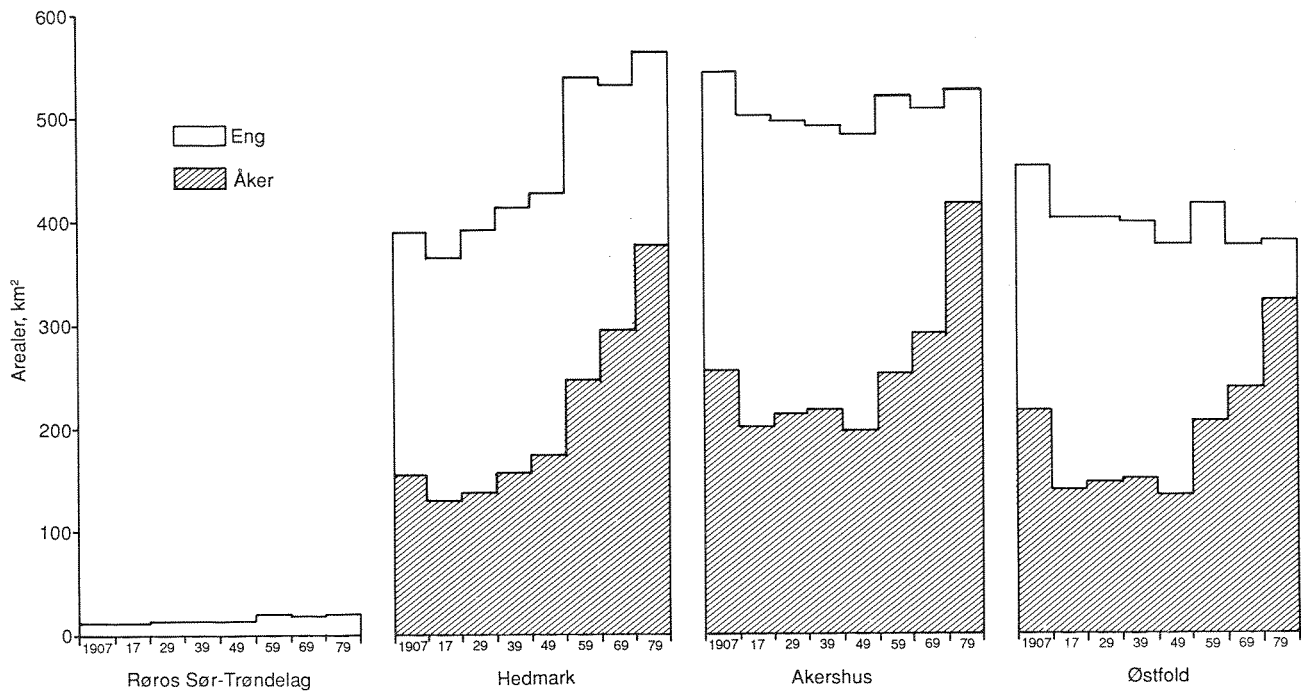


Fig. 4.4 Jordbruksarealer - eng og åker - i tidsrommet 1907 til 1979 i de deler av fylkene S-Trøndelag, Hedmark, Akershus og Østfold som drenerer til Glomma.

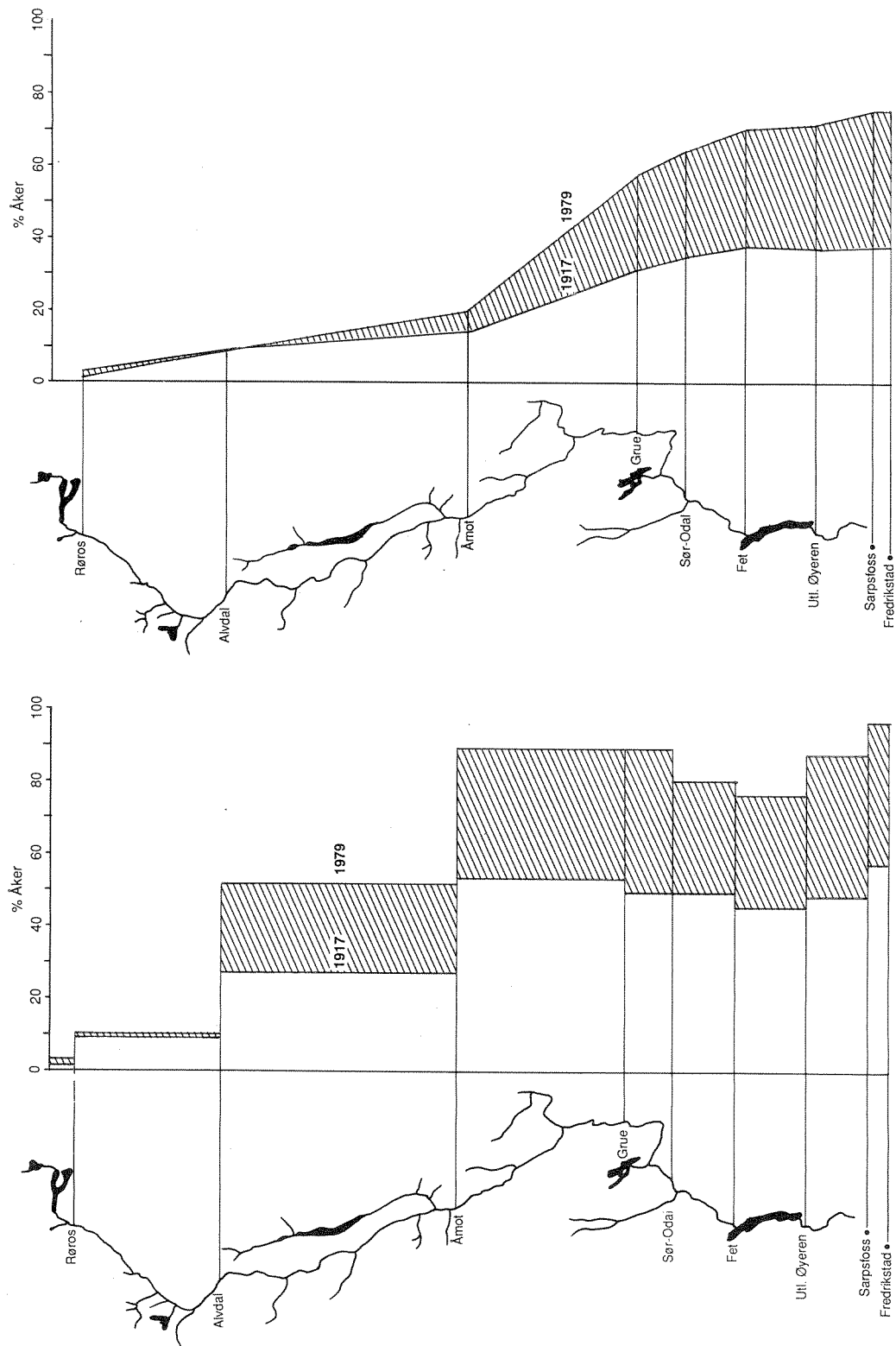
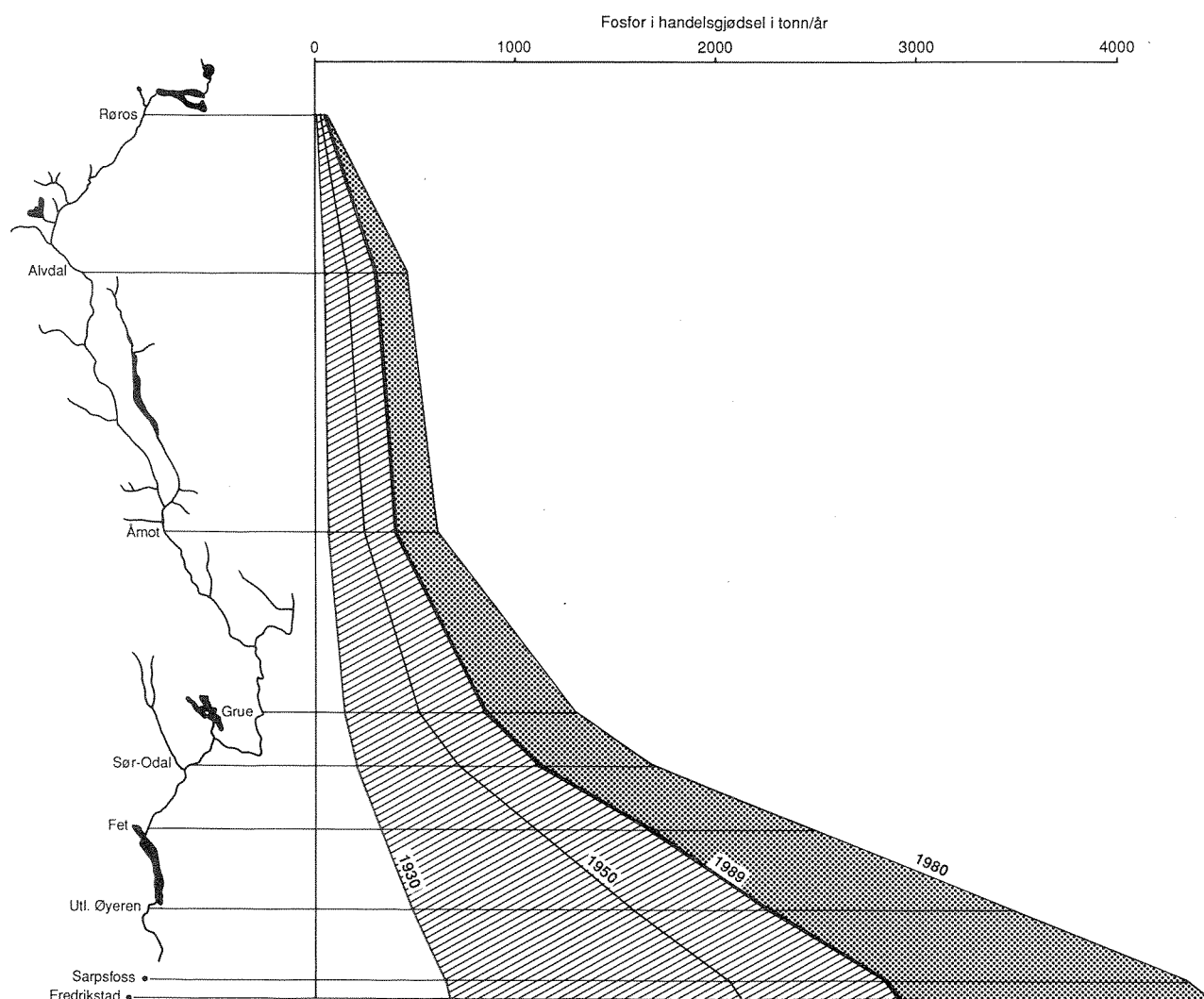


Fig. 4.5 % åkerandel 1917 og 1979 i de ulike områder av Glommas nedbørfelt. Ovenfor Alvdal har åkerprosenten avtatt i det angjeldende tidsrom

4.2.2 Forbruk av handelsgjødsel

Forbruket av handelsgjødsel i jordbruket har økt sterkt i tidsperioden 1930 til 1989. Forbruket i Glommas nedbørfelt er beregnet på bakgrunn av de middeltall pr. arealenhet som SSB oppgir for hele landet. Selv om det av denne grunn kan være betydelig avvik hva mengder angår, vil vi likevel anta at beregningsresultatene gir et godt bilde av utviklingen. Det er her ikke skilt mellom åker og eng.

Tilførselen av fosfor og nitrogen til jordbruksarealene via handelsgjødselen går frem av figurene 4.6 og 4.7. Selv om det også fra 1930 til 1950 var en stor økning i tilførselene, økte forbruket enda mer fra 1950 til ca. 1980. Etter den tid har fosfortilførselen i betydelig grad avtatt, slik at den nå er på ca. 1965-nivået. Nitrogentilførselen har økt også i de senere år, selv om kurven i betydelig grad har flatet ut.



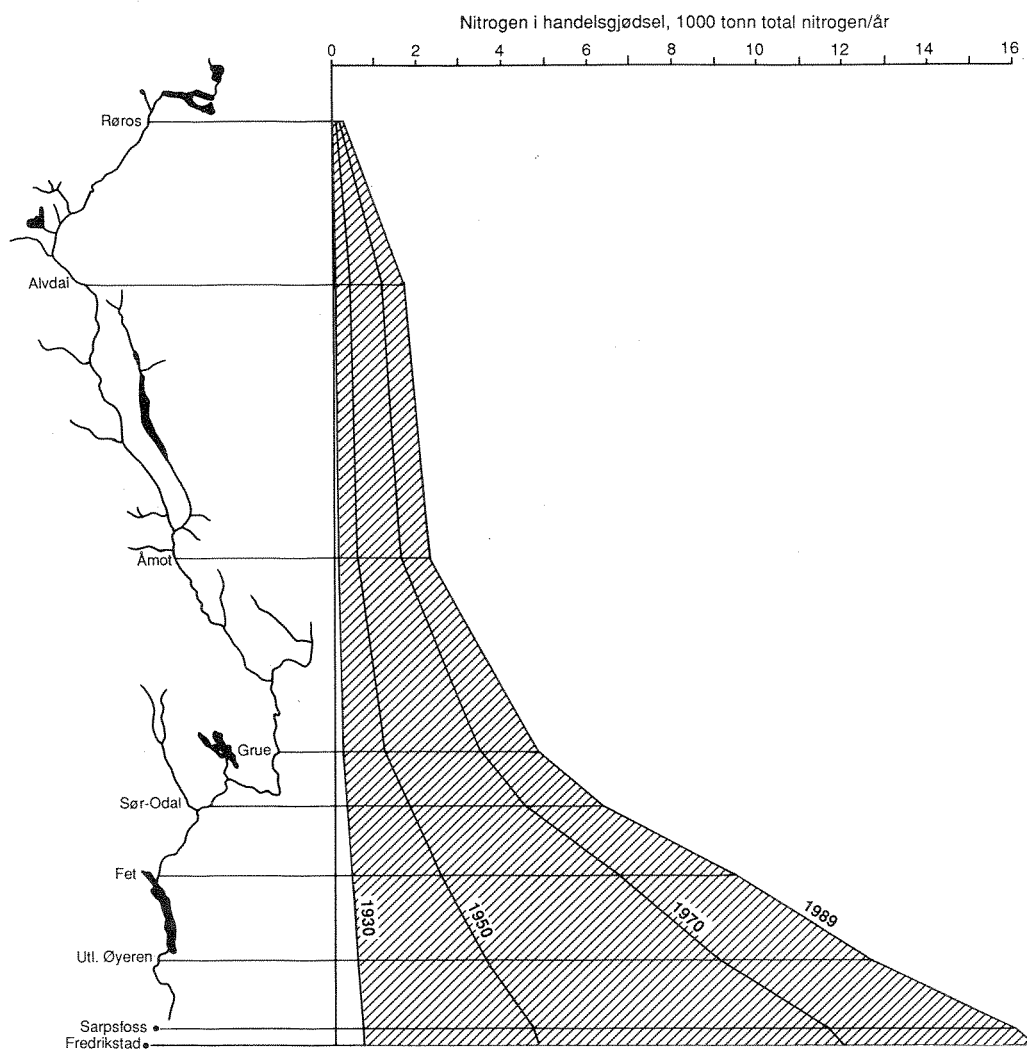


Fig. 4.7 Tilførsel av nitrogen via handelsgjødsel til jordbruksarealene i Glommas nedbørfelt.

4.2.3 Industri

De mest betydningsfulle forurensende industribedrifter i de nordlige deler av Glommas nedbørfelt har vært (er) gruvevirksomheten i Rørosområdet og i Follidal. De fleste gruver er nå nedlagt, men fortsatt er de mange og store avgangsvelter meget betydningsfulle når det gjelder tilførsel av tungmetaller til vassdraget.

Det finnes bare sporadiske måleresultater fra 1978–1980 av vannets innhold av tungmetaller i Glomma. I tabell 4.1 er middelverdier av det

foreliggende observasjonsmaterialet angitt. Det er betydelig analytisk usikkerhet knyttet til resultatene.

Tabell 4.1 Tungmetaller (middelverdier 1978-1980) på ulike steder i Glomma. Verdiene for Sarpsfossen gjelder 1986/1987, månedlige prøver. Benevning $\mu\text{g/l}$.

Sted	Kobber	Sink	Bly	Kadmium	Jern	Mangan
Utl. Aursunden	5,1	< 10	1,0		37,7	8,0
Røstefossen	11,4	41,5	1,2		116,4	17,3
Bellingmo	8,4	26,7	1,3		118,6	15,9
Braskereidfoss	3,2	13,0	0,8		223,5	23,1
Gjølstadfoss	4,7	15,0	1,0		261,8	36,8
Funnefoss	3,7	35,0	0,8		200,5	25,5
Vorma	3,9	< 10	0,7		86,0	7,6
Rånåsfoss	4,4	< 10	0,9		155,5	17,4
Sarpsfoss	2,6	30,7		0,1		
Vannkvalitets- kriterier, kl. 1 (SFT 1989)	< 3	< 30	< 1	< 0,2	< 100	< 50

Tabellen viser klart hvordan tungmetallforurensningene gjør seg gjeldende i de øvre deler av Glomma. Etter hvert som sedimentasjon og tilførsel av fortynningsvann gjør seg gjeldende, avtar konsentrasjonene. De høye jernverdier nedover i Glomma skyldes tilførsler av jern bundet til humus og partikulært materiale.

Av industri for øvrig kan bl.a. nevnes meierier, slakterier, vaskerier (Kongsvinger), sagbruk, treforedling, metallbearbeidende bedrifter. Eventuelle avløp fra næringsmiddelindustri er i noen grad tilknyttet kloakkrensaneanlegg, andre bedrifter kan ha egne renseanlegg. Hvordan utslippene fra industrien har endret seg med tiden er ikke kjent.

5. KLIMATISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

5.1 Lufttemperatur og nedbør

Nedbørhøyde og årsmiddeltemperatur for årene 1968 til 1988 på Ås er vist i Fig. 5.1. Ås er valgt for å vise de klimatiske forhold i de nedre deler av nedbørfeltet. Vi antar at erosjon og partikulær stofftransport i vesentlig grad kan forklares ved snøsmelting og avrenningsforhold i de nedre deler av vassdraget.

Den midlere årstemperatur i luften varierer fra år til år uten at det i den aktuelle periode kan vises til noen spesiell trend. Lufttemperaturer over året har vært noe utjevnet i den senere tid, dvs. milde vintre og kjølige somre.

Nedbørmengden varierer også fra år til år, men har imidlertid hatt en stigende tendens utover 80-årene, spesielt siste halvpart har vært betydelig mer nedbørrik enn 70-årene. I 1973 var f.eks. nedbørhøyden 537 mm og i 1987 977 mm. Normalnedbøren (1931-1960) er på 785 mm. Nedbørens fordeling over året varierer. I 1987 og 1988 var sommer- og høstnedbøren betydelig høyere enn normalt.

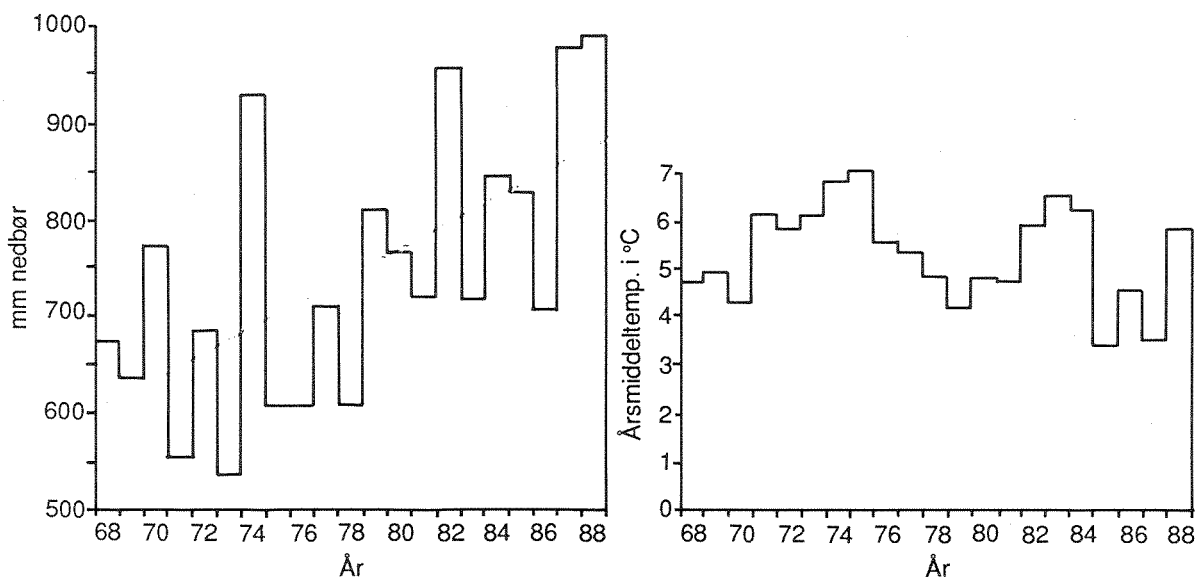


Fig. 5.1 Årsnedbør og årsmiddeltemperatur på Ås i perioden 1968-1988.

5.2 Vannføring

5.2.1 Midlere vannføring og spesifikk avrenning

Midlere vannføring (1931-1960) på ulike steder i Glomma er vist i Fig. 6.2. Midlere vannføring og spesifikk avrenning ved noen steder i Glomma er vist i tabell 5.1.

Tabell 5.1 Midlere vannføring i m³/s og spesifikk avrenning i l/s·km² på noen steder i Glomma. (Etter NVE 1987.)

Vann- merke	Sted	Midler vannføring m ³ /s	Spesifikk avrenning l/s·km ²
383	Aursunden (utl.)	19,7	23,8
1383	Hummelvoll (nedstr. Røstef.)	46,3	19,2
948	Barkald	105,0	15,8
978	Nor (oppstr. Kongsv.)	297,0	15,8
808	Ertesekken (Vorma)	334,0	19,2
393	Blaker (Bingsfoss)	670,0	17,0
395	Langnes (Solbergfoss)	699,0	17,4

Den spesifikke avrenningen avspeiler i noen grad nedbør og avrenning i ulike deler av Glommas nedbørfelt. Avrenningen er f.eks. betydelig større oppstrøms Røros enn nedstrøms. Videre er den midlere spesifikke avrenning større i nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen og Mjøsa enn til Glomma i Østerdalen. Vannføringen i Glomma før samløp Vorma og i Vorma er av samme størrelsesorden. Spesifikk avrenning øker på strekningen Bingsfoss - Sarpsborg.

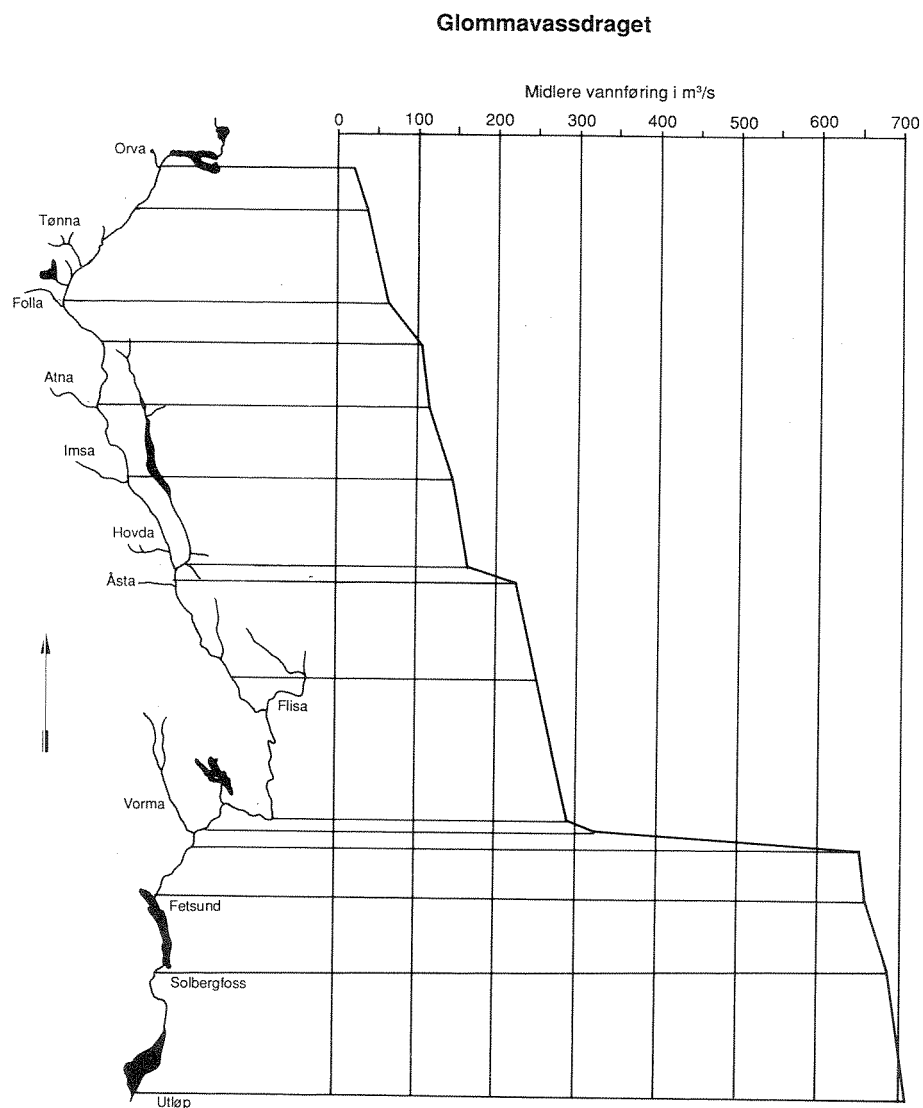


Fig. 5.2 Midlere vannføring på ulike steder i Glomma. (Etter Glommens og Laagens Brukseierforening.)

5.2.2 Vannføringsvariasjoner

Årsvannføringen i perioden 1950 til 1988 ved Langnes (Solbergfoss) er vist i Fig. 5.3. Det er store variasjoner i vannføringen fra år til år. I 1976 f.eks. var årsvannføringen vel halvparten av hva den var i 1987. Figuren viser for øvrig at mens årsvannføringen gjennomgående var lav i tiårsperioden fra slutten av 60-årene, har den i åttiårene vært gjennomgående høy, særlig mot slutten av 80-årene.

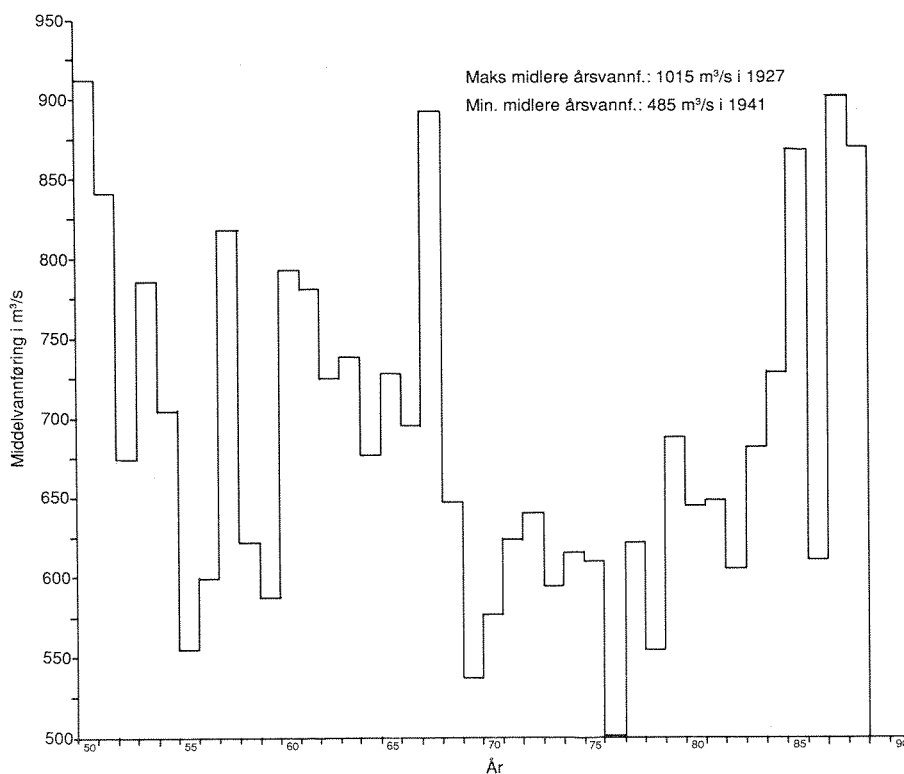


Fig. 5.3 Årsvannføringer i perioden 1950–1988 ved Langnes (Solbergfoss). (Kilde: Glommens og Laagens Brukseierforening.)

Vannføringsvariasjoner ved Solbergfoss i løpet av året (maks. og min.) går frem av Fig. 5.4. I månedene fra mai til oktober kan det, som figuren viser, være meget store forskjeller på de årlige månedsvannføringer. Om vinteren er vannføringen mer stabil både i løpet av vinteren og fra år til år.

Ifølge Glommens og Laagens Brukseierforening er det i/langs Glomma og dens bielver med unntak av Gudbrandsdalslågen/Mjøsa, i løpet av dette århundre bygget i alt 22 kraftverk. Innsjøene Aursunden, Savallen, Storsjøen i Rendal, Ossjøen m.fl. brukes som reguleringsmagasiner.

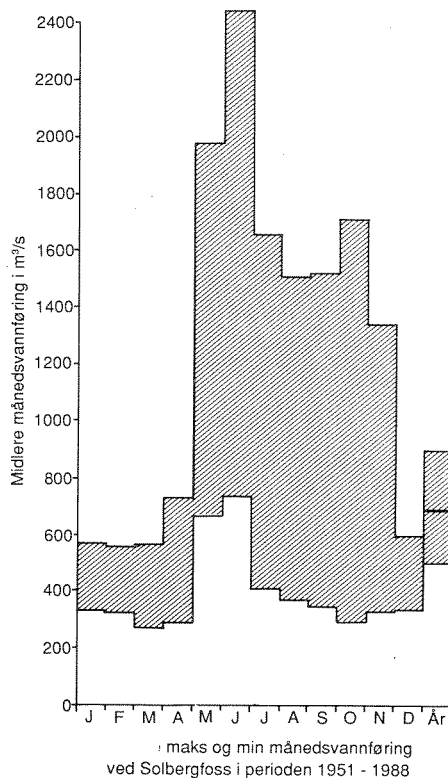


Fig. 5.4 Årsvariasjoner i maks. og min. månedsvannføringer ved Solbergfoss i perioden 1957-1988.

Dette medfører bl.a. endringer i vannføringens variasjonsmønster - flommene dempes og vintervannføringen er blitt større. Dette er illustrert i Fig. 5.5 som viser vannføringsvariasjonene ved Solbergfoss i 1903, 1953 og 1984 - år med årsvannføringen av omtrent samme størrelsesorden. Reguleringene i Gudbrandsdalslågen og Mjøsa har selvfølgelig også innvirket. Dette er forhold som kan ha positiv betydning i forurensningssammenheng, idet flom- og oversvømmelser i noen grad reduseres.

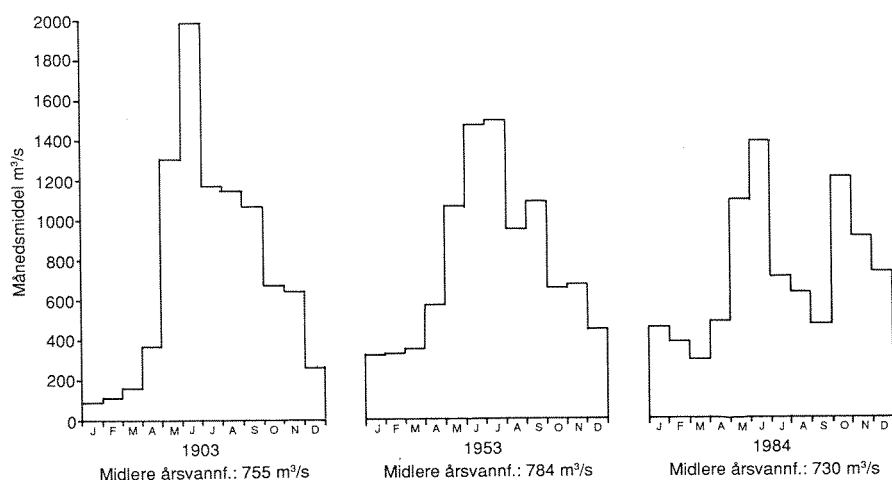


Fig. 5.5 Månedsverdier for vannføring i 1903, 1953 og 1984.

Mange av kraftverkene i Glomma er elvekraftverk, dvs. at fosser og stryk er utnyttet for elektrisk kraftproduksjon. Når stryk og fosseparti blir borte, blir vassdraget som økosystem endret. Bl.a. kan større innslag av makrovegetasjon forventes, fiskens gytemuligheter blir endret osv. Inntaksmagasinerne for kraftverkene kan i noen grad innvirke på sedimentasjon og tilbakeholdelse av stoffer, spesielt partikler.

6. OBSERVASJONSDATA – DATAKVALITET – DATABEARBEIDELSE

6.1 Nedbørkjemiske data

De eldste nedbørkjemiske data fra Norge som vi kjenner til, stammer fra en europeisk måleserie som i begynnelsen av 50-årene ble satt i verk av Dr. Erik Eriksson ved Meteorologiska institutionen i Stockholm. Prof. J. Låg ved Norges landbrukshøgskole på Ås utførte også i denne periode nedbørkjemiske undersøkelser. Nedbørkjemiske data ble samlet inn fra i alt 13 stasjoner i Norge, bl.a. Trysil og Ås. En del av disse stasjoner gikk inn som del av de undersøkelser som ble gjort for Den internasjonale hydrologiske dekade (IHD) som varte fra 1965 til 1974. Etter 1973 overtok Norsk institutt for luftforskning (NILU) ansvaret for overvåkingen av de nedbørkjemiske forhold. Det ble da opprettet nye stasjoner, bl.a. Løken i Trøgstad og Narbuvollen i Os i Østerdalen. Disse målinger er benyttet i denne utredning.

Ved vurdering av resultatene må stasjonenes geografiske beliggenhet taes i betraktning samt at det i de angjeldende tidsrom har vært en utvikling av prøvetakings- og analyseteknikken. Analysefrekvensen har variert fra én gang hver måned til én gang pr. dag.

Analyseresultatene er gitt i tabell 6.1. Av de undersøkte parametre antar vi at surheten (pH) og nitrogeninnholdet har størst interesse ved vurdering av vannkvaliteten i Glomma og disse parametre skal derfor kommenteres noe nærmere. Nedbørens innhold av fosfor er ikke undersøkt ved disse undersøkelser, men i forbindelse med bl.a. NIVAs undersøkelse av Telemarksvassdraget og Tyrifjorden er fosforinnholdet i nedbør blitt undersøkt.

6.2 Fysisk-kjemiske data fra Glomma

De første undersøkelser vi kjenner til angående vannets kvalitet i Glomma ble utført i 1960-årene.

I begynnelsen av 60-årene ble det utført en undersøkelse av Øyeren som drikkevannskilde for Eidsberg vannverk (Holtan 1962). I denne undersøkelsen var det vannets farge og innhold av partikulært materiale som var fokusert.

I forbindelse med den internasjonale hydrologiske dekade (1965-1975), ble det i 1966 opprettet en stasjon ved Askim vannverk for innsamling av fysisk-kjemiske prøver. Vannets kvalitet på dette sted ble undersøkt månedlig frem til 1974. I samme tidsrom ble vannkvaliteten i

Tabell 6.1

Kjemisk sammensetning av nedbørvann fra utvalgte målestasjoner. 1955-1962 og 1965-1969
 Chemical composition of precipitation-water from selected stations. 1955-1962 and 1965-1969

Stasjon Station	Ar Year	Ned- bør Preci- pita- tion	Konsentrasjon Concentration							Sur- hets- grad (pH) pH value	Alka- litet Alka- linity	
			Svovel Sulphur	Klorid Chloride	Nitrat Nitrate	Ammo- niakk Ammo- nia	Natrium Sodium	Kalium Potas- sium	Magne- sium Magne- sium			Kalsium Calcium
			mm	S	Cl	N	NH ₃ mg/l	Na mg/l	K			Mg
As	1955	509	1,0	1,2	0,2	0,3	0,9	0,2	0,2	1,0	5,9	392
	1956	587	1,0	0,9	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	5,1	25
	1957	698	0,9	1,0	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,6	4,9	-
	1958	749	0,7	0,5	0,2	0,2	0,4	0,2	0,1	0,6	4,9	12
	1959	590	0,4	1,4	0,3	0,4	1,1	0,3	0,2	1,1	5,6	254
	1960	917	0,7	0,7	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,6	4,9	-
	1961	807	1,0	0,9	0,2	0,2	0,6	0,1	0,1	0,7	5,3	109
	1962	892	1,1	1,3	0,2	0,2	0,9	0,2	0,1	0,9	5,5	146
	Gjennomsnitt	719	0,9	1,0	0,2	0,2	0,7	0,2	0,1	0,7	5,3	117
	1965	754	1,6	1,0	0,5	0,4	0,7	0,3	0,3	1,6	5,0	-
	1966	889	1,2	1,1	0,4	0,5	0,6	0,3	0,2	0,7	4,6	-
	1967	830	1,6	2,0	0,4	0,8	1,0	0,5	0,3	0,8	4,6	-
	1968	706	1,6	1,4	0,4	0,5	0,7	0,2	0,2	0,7	4,4	-
	1969	688	1,8	1,4	0,5	0,6	0,8	0,2	0,2	0,9	4,4	-
	Gjennomsnitt	773	1,6	1,4	0,4	0,6	0,8	0,2	0,2	0,9	4,6	-
Trysil	1957	737	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	5,5	57
	1958	558	0,7	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,7	5,5	61
	1959	653	0,7	0,5	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,7	5,8	223
	1960	658	0,6	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,8	5,8	368
	1961	727	0,8	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,6	5,8	160
	1962	702	0,8	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,5	5,6	15
	Gjennomsnitt	673	0,7	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,6	5,7	147

Station	Annual mean concentrations (mg/l)							Annual means pH	Annual prec. mm	Wet deposition			
	Year	SO ₄ -S	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca	Mg	SO ₄ -S			NO ₃ -N	NH ₄ -N	H ⁺	
		mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	mg/m ²	meq/m ²	mg/m ²			mg/m ²	mg/m ²	meq/m ²	
Løken	1973	1.03				0.06	4.48	569	586			19	
	1974	0.94				0.08	4.43	831	781			31	
	1975	1.03	0.41	0.42		0.08	4.32	657	677	269	276	31	
	1976	1.20	0.49	0.50	0.40	0.09	4.39	533	640	261	267	22	
	1977	0.96	0.41	0.43	0.22	0.07	4.41	699	671	287	301	27	
	1978	1.10	0.48	0.52	0.24	0.07	4.25	597	657	287	310	34	
	1979	1.03	0.49	0.57	0.30	0.07	4.22	784	808	384	447	47	
	1980	0.97	0.39	0.49	0.25	0.08	4.33	695	674	271	341	33	
	1981	0.77	0.36	0.51	0.20	0.06	4.48	700	539	252	357	23	
	1982	1.06	0.60	0.79	0.24	0.11	4.33	585	908	515	679	40	
	1983	0.91	0.47	0.62	0.28	0.10	4.42	656	595	311	404	25	
	1984	0.91	0.49	0.76	0.30	0.10	4.45	747	678	365	567	27	
	1985	0.86	0.47	0.51	0.30	0.09	4.36	894	768	421	459	39	
	1986	0.96	0.57	0.56	0.26	0.08	4.31	701	671	399	391	34	
1987	0.79	0.40	0.45	0.17	0.06	4.40	861	679	348	387	35		
Narbuvoll	1978	0.34	0.16	0.15	0.18	0.03	4.71	380	129	61	57	7	
	1979	0.59	0.23	0.22	0.31	0.04	4.49	422	249	97	93	14	
	1980	0.40	0.15	0.14	0.23	0.04	4.80	600	240	90	84	10	
	1981	0.41	0.18	0.28	0.23	0.04	4.83	541	222	97	151	8	
	1982	0.49	0.28	0.36	0.25	0.06	4.71	358	176	101	129	7	
	1983	0.38	0.16	0.19	0.18	0.05	4.76	613	232	98	114	11	
	1984	0.47	0.20	0.36	0.21	0.04	4.73	725	342	141	262	14	
	1985	0.40	0.17	0.28	0.19	0.04	4.76	671	266	114	190	12	
	1986	0.44	0.20	0.27	0.19	0.05	4.74	518	229	101	139	9	
1987	0.32	0.17	0.20	0.11	0.03	4.74	761	247	127	153	14		

Øyeren undersøkt fire ganger pr. år (Goffeng 1971, 1973 og 1977).

Vannkvalitet og forurensingssituasjonen i Nedre Glomma fra Askim til utløp ved Fredrikstad ble undersøkt i tidsrommet 1965 til 1967 (Arnesen 1969).

I tidsrommet 11. til 21. april 1967, ble det i forbindelse med en undersøkelse for Østlandskomiteèn, foretatt en befarings med prøvetaking i Glomma fra Aursunden til Øyeren (Skulberg 1967)

Den mest omfattende undersøkelse som er utført i Glomma i Hedmark ble gjennomført i tidsrommet 1978-1980. I dette tidsrom ble de fysiske-kjemiske forhold undersøkt på en rekke steder med månedlige prøver (Lingsten 1981).

Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ) har siden 1976 regelmessig undersøkt vannkvaliteten i Vorma og Glomma i Akershus (Funnefoss, Svanefoss, Bingsfoss) samt Øyeren (bl.a. Nicholls 1989).

I forbindelse med Statlig program for forurensningsovervåking er vannkvaliteten i Øvre Glomma ved Røstefossen, (Høyegga) undersøkt (Kjellberg og Rognerud 1983, 1984, 1985, 1986, 1989). Forholdene i Øyeren ble undersøkt i 1983 (Erlandsen 1984).

Vannets turbiditet ved Askim og Sarpsborg/Tune vannverk er blitt undersøkt daglig siden 60-årene.

6.3 Analysemetoder

Siden i begynnelsen av 60-årene har det for de fleste parametre vært en utvikling av analysemetodene. Dette gjelder spesielt turbiditet og fosforanalyser. Prøvene er blitt samlet inn av forskjellige personer og prøvestedene er sannsynligvis derfor ikke identiske. Endelig er prøvene blitt analysert ved forskjellige laboratorier og dette medfører betydelige usikkerheter som det må taes hensyn til.

6.4 Beregninger, trendanalyser

Definisjon og usikkerhet.

En tidsserie er definisjonsmessig et endelig sett av tallverdier gitt ved vanligvis ekvidistante (= lik avstand) tidspunkter.

Tidsserien influeres av flere faktorer som hver for seg kan ha en spesiell betydning for resultatet. Periodiske faktorer, f.eks. sesongvariable koblet til årstidsvekslinger så vel som ulike uregelmessigheter (tilfeldige variable) som vesentlig avviker fra serien, bør vies spesiell oppmerksomhet.

I de fleste tilfeller oppfattes en trend som en lineær (eller trinnvis-lineær) forandring med tiden av en vannkvalitetsparameter. Trenden behøver imidlertid ikke alltid å være lineær, men kan f.eks. skyldes langsomme periodiske svingninger som er meget vanskelig å bestemme. Trender kan skyldes naturlige forandringer i resipienten eller være forårsaket av forurensningspåvirkning.

Den mest vanlige måten å studere trender på er ved hjelp av regresjonsanalyse. Denne metoden går ut på en parvis tilpasning av datamaterialet (vannkvalitetsdata og tid) ved hjelp av minste kvadratmetoden. Helningen på den beregnede linje (regresjonslinje) skal ifølge metoden angi trenden.

Rent statistisk stilles det bestemte krav til det datamaterialet som kan behandles på denne måten. Påliteligheten av analysen kan etterprøves ved hjelp av en del statistiske tester. På grunn av arbeidsmengden dette medfører har vi ikke hatt anledning til statistisk å etterprøve datakvaliteten, og i våre betraktninger nedenfor antar vi at materialet er "statistisk holdbart". Regresjonskoeffisienten angir i hvilken grad parameteren øker (positiv r) eller avtar (negativ r) med tiden. Ved $r = + 1$ eller $- 1$ er samsvaret fullkomment.

6.5 Dataenes brukbarhet for trendanalyse

De nedbørkjemiske prøver er blitt samlet inn og analysert regelmessig. Under forutsetning av at analysemetodene har vært de samme, vil disse data være godt egnet for statistisk behandling.

Dataene fra NIVAs IHD-undersøkelse i Glomma ved Askim vannverk i perioden 1966 til 1974, har også en regelmessighet som gjør dem anvendelig for statistisk bearbeidelse. Det samme er tilfelle med dataene fra Askim og Sarpsborg/Tune vannverk. Forutsetningen er imidlertid at metodene hele tiden har vært den samme. Dataene fra IHD-undersøkelsen i Øyeren kan muligens også anvendes for trendstudier.

Resultatene fra de tilfeldige eller sporadiske befaringsundersøkelser som ble utført i Glomma frem til 1978, er ikke anvendelig for trendanalyser.

De månedlige data fra den store Glommaundersøkelse i perioden 1978 til 1980 samt fra overvåkingsundersøkelsene i de siste 10 år er anvendt i trendanalysen. Det knytter seg noe usikkerhet til dataene pga. at flere analyselaboratorier har vært benyttet.

7. NEDBØRKJEMI - TRENDER

I de omtalte nedbørkjemiske observasjonsserier er det først og fremst pH og nitrogen som har størst interesse. Fosfor er ikke blitt målt.

7.1 Sur nedbør - pH

De midlere årsverdier for pH i Trysil, Ås, Narbuvoll (Os) og Løken (Trøgstad) i tidsperioden 1955 til 1988 er tegnet inn på Fig. 7.1.

På bakgrunn av disse resultater kan det konstateres at i perioden fra midten av 50-årene til begynnelsen av 70-årene ble nedbøren betydelig surere både i Trysil og på Ås. I henhold til regresjonsanalysen avtok nedbørens pH-verdi i Trysil fra ca. 5,9 i 1957 til ca. pH 4.4. i 1974. På Ås avtok pH i nedbøren fra ca. 5.4 i 1955 til ca. 4.5 i 1974. Fra midten av 70-årene har nedbørens surhetsgrad i Glommas nedbørfelt stabilisert seg. I NILUS's målinger siden 1973 på Narbuvoll og Løken, er det ingen signifikante langtidsendringer i nedbørens pH-verdi. På Narbuvollen ligger nedbørens pH-verdi på ca. 4.7, mens den på Løken ligger i området 4.4 - 4.5.

7.2 Nitrogen

Nedbørens nitrogenbidrag pr. m² (summen av nitrat og ammonium) på de ovennevnte observasjonssteder er tegnet inn på Fig. 7.2.

På alle stasjoner har det i de angjeldende perioder vært en klar, signifikant økning i nedbørens bidrag av nitrogen. Stort sett er verdiene for nitrater og ammonium av samme størrelsesorden, men i år med spesiell høye tot. N-verdier har ammoniumverdiene vært de utslagsgivende om sommeren. Dette kan skyldes stor lokal tilførsel av ammoniakk fra f.eks. landbruksområder. Det kan i denne sammenheng bemerkes at det er særlig på Ås og Løken - områder med intensiv jordbruksvirksomhet - at ammoniumutslagene er størst.

pH i nedbør
Tidstrend

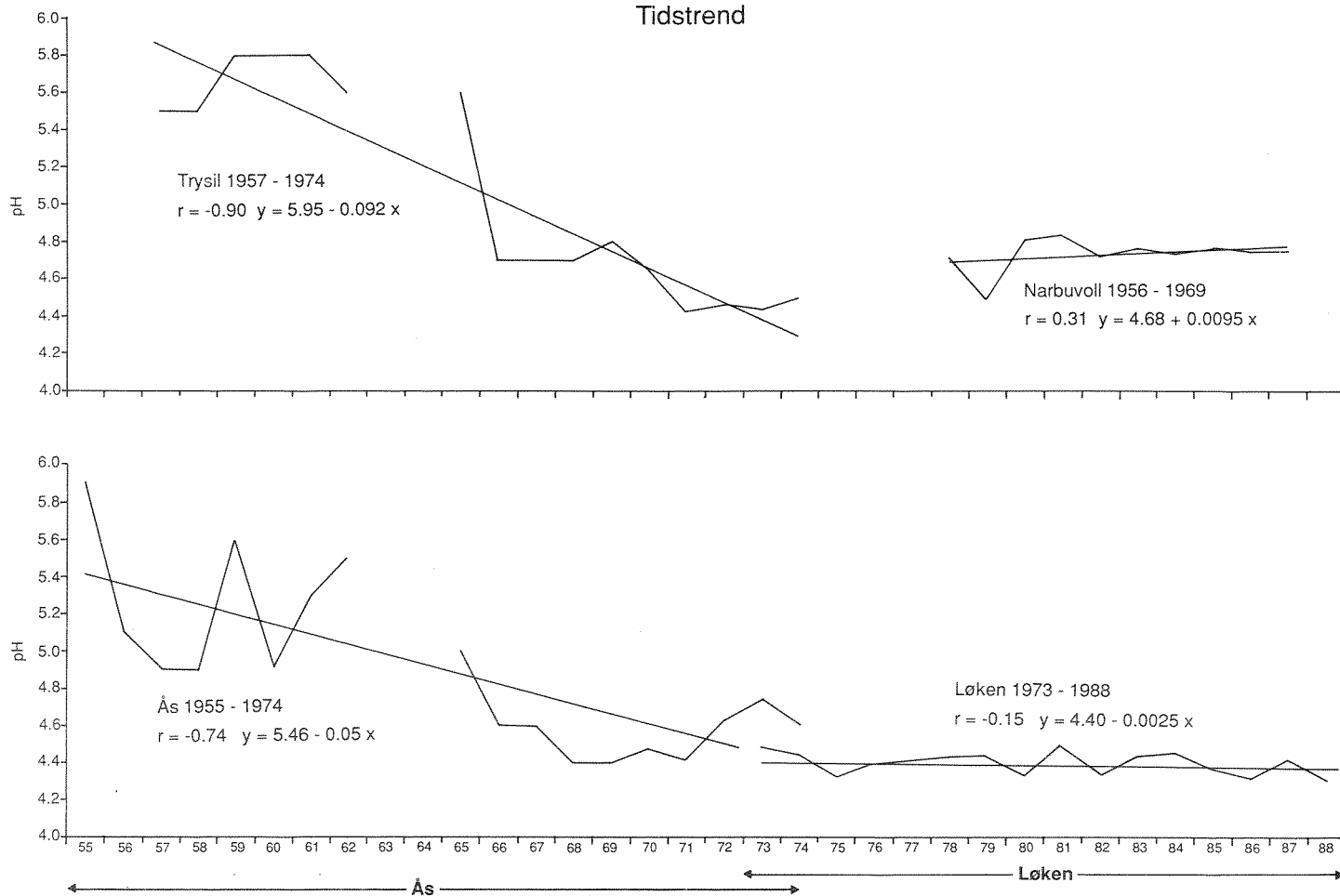


Fig. 7.1 pH i nedbør. Tidstrender.

På figuren går det klart frem at bidraget hele tiden har vært lavere i de nordlige områder enn i de sydlige. Dette skyldes i noen grad nedbørmengden, men forskjell i nedbørens innhold av nitrogen er utslagsgivende. På bakgrunn av regresjonsanalyser går det frem at i tidsperioden 1955 til 1974 økte nitrogenbidraget på Ås fra vel 200 mg N/m² til bortimot 900 mg N/m². På Løken økte bidraget fra ca. 500 mg N/m² i 1975 til vel 900 mg N/m² i 1988. Tilsvarende økning i Trysil var fra mindre enn 200 mg N/m² i slutten av 50-årene til ca. 350 mg N/m² i begynnelsen av 70-årene og på Narbuvoll fra ca. 150 mg N/m² i 1978 til ca. 300 mg N/m² i 1987.

En stor del av de tilførte nitrogenmengder (anslagsvis 50-60 %) til landoverflaten blir tatt opp av vegetasjonen og vil således ikke være å finne igjen i avrenningsvannet. Ved beregning av nitrogentilførsler til innsjøer, må det atmosfæriske bidraget direkte på innsjøflaten taes med.

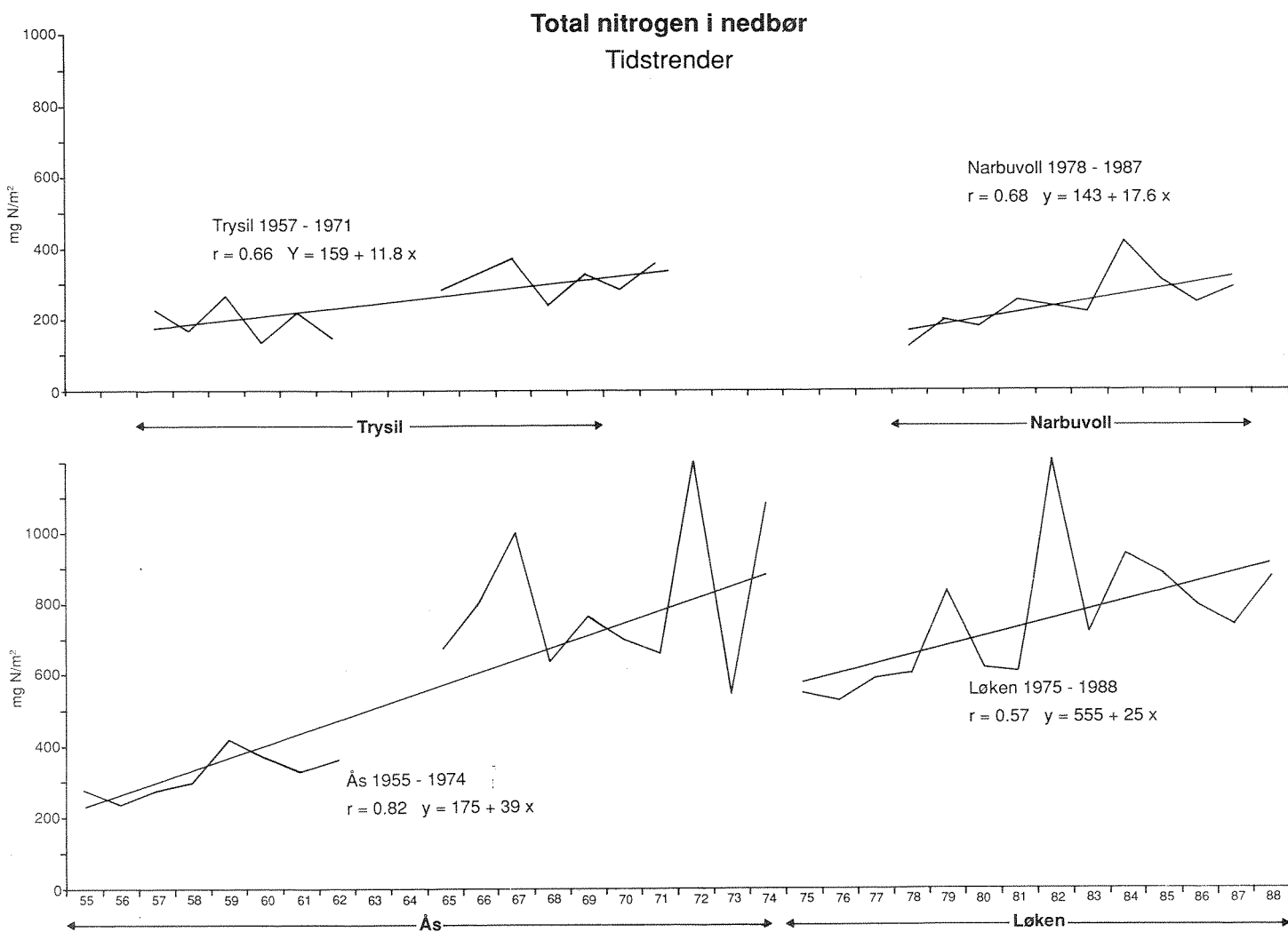


Fig. 7.2 Nitrogen i nedbør. Tidstrender.

8. VANNKVALITETEN I GLOMMA OG DENS UTVIKLING

8.1 Generelt

Vannføringen i og stofftilførselen til et vassdrag varierer sterkt med tiden. Variasjonene fra dag til dag eller fra uke til uke kan være meget store, spesielt i erosjonsutsatte områder. Eksakte beregninger av stofftransporten krever derfor et langt større datamateriale enn hva som foreligger fra Glomma.

I de følgende transportberegninger er månedstransporten beregnet som den observerte kjemiske verdi for vedkommende måned (eventuelt middelverdi hvis flere prøver foreligger) multiplisert med månedsvannføringen. Årstransporten er lik summen av månedsverdiene for det aktuelle år. En annen måte å beregne transportverdiene på er å anvende veid middelverdi for konsentrasjonen.

$$C = \frac{\sum C_i \cdot q_i}{\sum q_i}$$

hvor C_i er stoffkonsentrasjonen på de ulike observasjonsdager, q_i er den korresponderende vannføring. Middelkonsentrasjonen multipliseres så med årsvannføringen. Ved å anvende denne beregningsmåten, ville vi ikke få frem variasjonstendensen i stofftransporten i løpet av året.

Selv om de beregnede resultatene ikke viser de eksakte transportverdier, vil de likevel angi størrelsesorden samt variasjonsmønsteret i løpet av en årssyklus.

8.2 Partikkelinnhold og partikkeltransport

8.2.1 Datagrunnlag

Vannets innhold av partikler kan indirekte bestemmes som turbiditet og direkte ved filtrering og veiing. Turbiditeten er hele tiden blitt bestemt optisk (lysbryting/svekking), men med ulike typer instrumenter. Det er forsøkt å ta hensyn til dette ved bruk av omregningsfaktorer. Turbiditet er imidlertid ingen eksakt parameter, idet partiklenes størrelse og deres kvalitet (organisk, uorganisk) i noen grad innvirker på resultatene. Allikevel gir de en god informasjon om størrelsesorden og relative variasjonsmønster av vannets innhold av partikler.

(Nicholls 1989) som suspendert materiale. I 1986 og 1988 ble slike målinger også gjort ved Sarpsfossen av Østfold fylke. Ved begge undersøkelser er det blitt tatt fra 2 til 4 prøver pr. måned. Disse målinger gjør det mulig å beregne transporten i tonn pr. år.

8.2.2 Turbiditet

Turbiditeten i Glomma er høyest i perioder med stor avrenning, særlig om våren under smøsmeltingen (Fig. 8.1 og 8.2). Vannet blir da sterkt tilgrumset. I de nedre områder skjer dette allerede i slutten av mars - noe senere i de øvre områder hvor snøsmeltingen tar til noe senere. Dette er bl.a. årsak til at det ikke er noen statistisk sammenheng mellom vannføring og partikkeltransporten i Glomma - korrelasjonskoeffisient 0,09 for 130 målinger, $n = 130$.

Under år med spesielt høy flom, oversvømmes de lavereliggende elvesletter. Dette medfører utvasking av partikulært materiale, særlig fra oppdyrkede områder. De meget høye turbiditetsverdier ved Bellingmo i april/mai enkelte år, er et typisk eksempel på dette. Flomvannet strømmer utover de lave elveslettene ved Tynset-Alvdal og vasker med seg partikulært materiale og andre forurensninger.

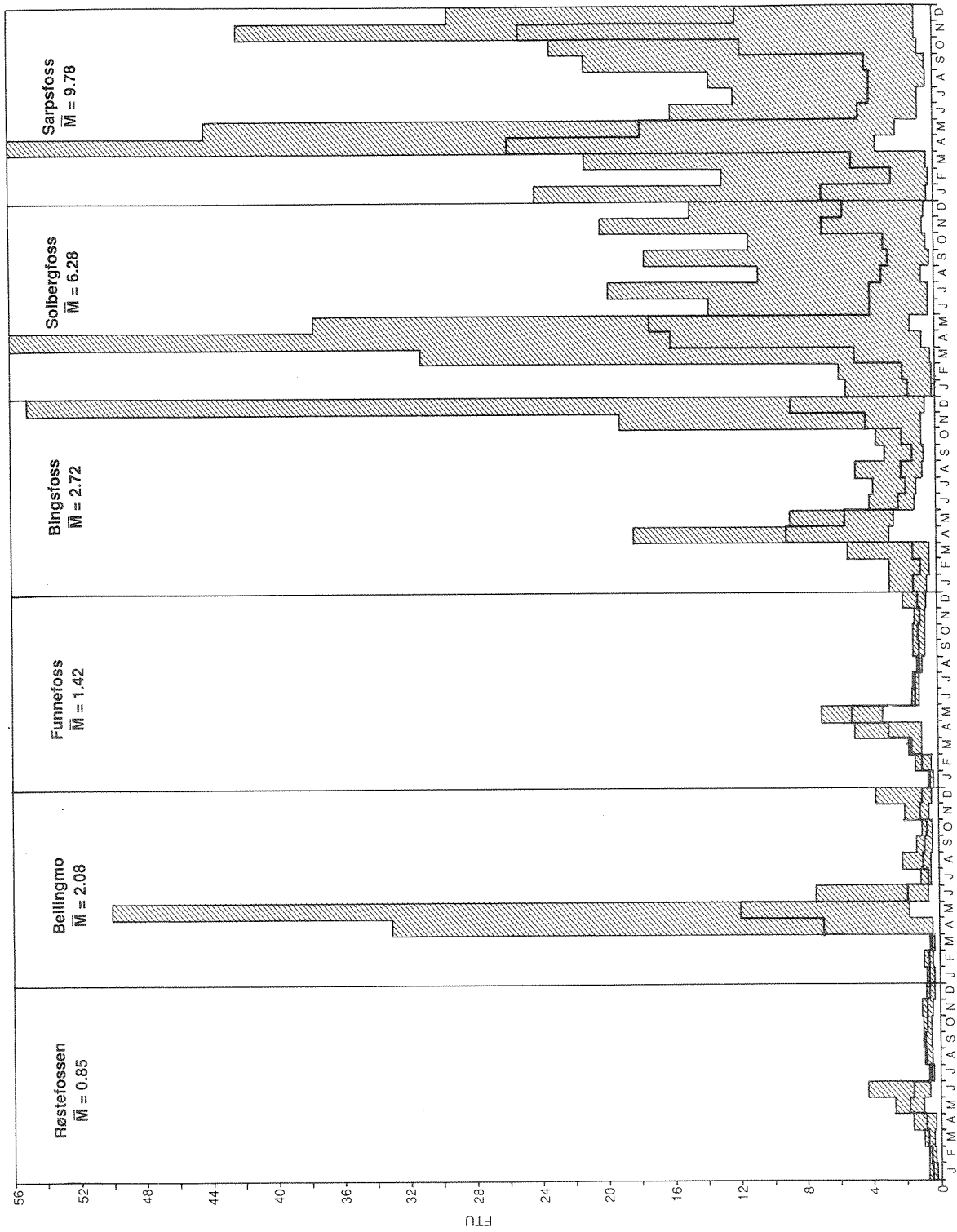


Fig. 8.1 Variasjon i turbiditet i løpet av året. Maks., min. og middelværdier for de ulike måneder.

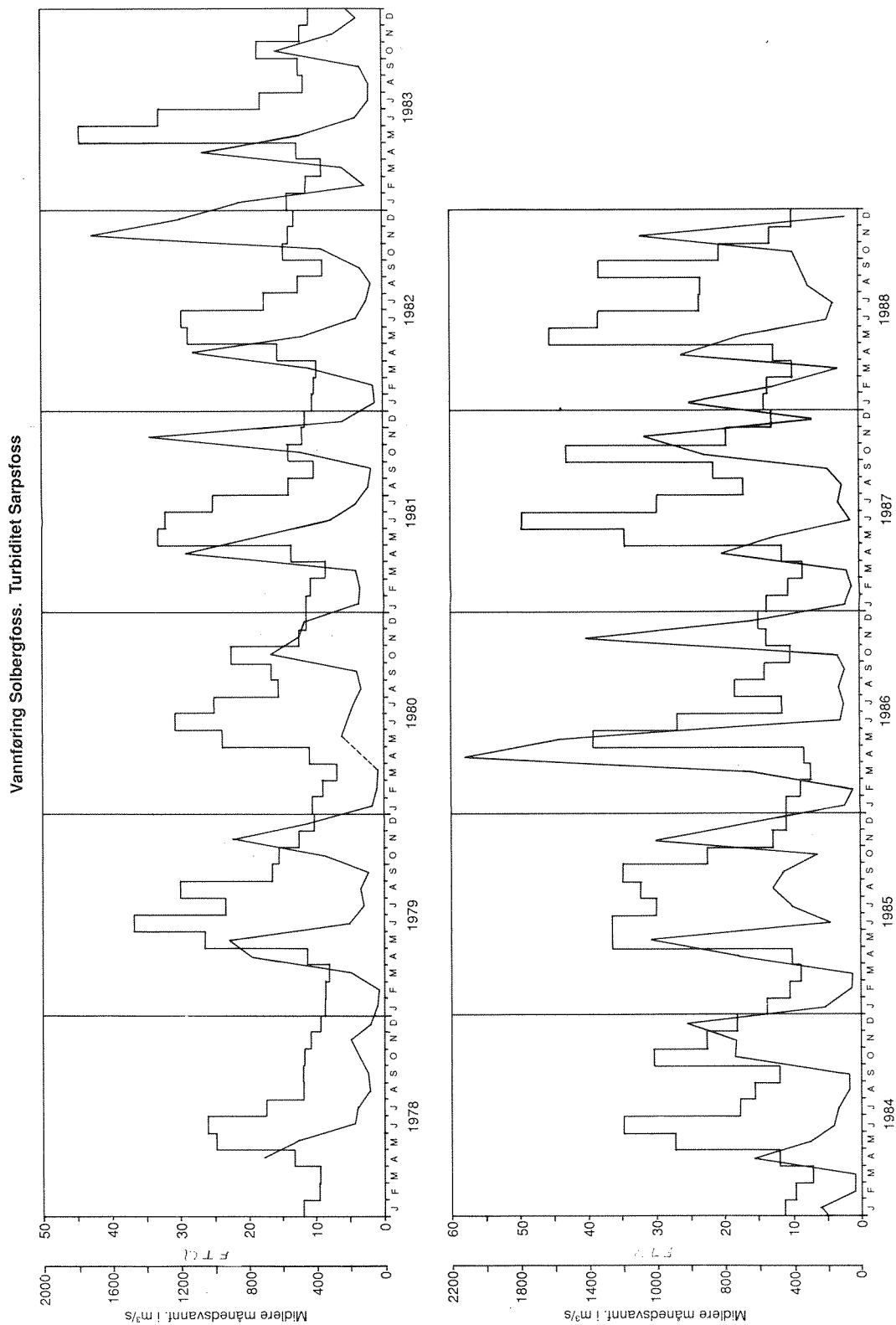


Fig. 8.2 Vannførings- og turbiditetsvariasjoner ved henholdsvis Solbergfoss og Sarpfoss.

De høye turbiditetsverdiene om våren/forsommeren, gir et sterkt utslag på årsmiddelverdiene. Ser vi bort fra verdiene for april, mai og juni, varierer middelverdien for de øvrige måneder i alle år mellom 0,5 og 1,0 FTU i de øvre deler av Glomma - det er ingen trend i materialet.

Ved Funnefoss er observasjonsmaterialet for lite til trend-betraktninger (Fig. 8.3,a). Verdiene synes å være noe høyere enn øverst i Glomma.

Turbiditetsverdiene i Vorma (Fig. 8.3,b) synes å være av samme størrelsesorden som ved Funnefoss. Middelverdiene ligger stort sett i området 1 til 2 FTU, men enkelte år som f.eks. 1982 og 1985 var verdiene betydelig høyere. På grunn av store variasjoner fra år til år som antakelig har sammenheng med nedbørintensitet og tidspunkt for nedbør, er det ikke mulig å ha noen formening om eventuell endring med tiden (1978-1985).

Både månedsverdier og årsmiddelverdier er for alle år høyere i Glomma ved Bingsfoss enn ved Funnefoss og i Vorma (Fig. 8.3,b). Dette gjelder både de totale årsmiddelverdiene og årsmiddelverdiene uten april-, mai- og juni-verdiene. På grunn av stor høstnedbør og følgelig stor tilførsel av erosjonsmateriale, var verdiene for 1982 spesielt høye. I betraktning av at vannføringen og tilførselen av erosjonsmateriale varierer sterkt fra sesong til sesong og fra år til år, gir ikke måleresultatene noen klar dokumentasjon på langtidsendringer i turbiditetsverdiene. Sporadiske målinger i 60- og 70-årene, var av samme størrelsesorden som i 80-årene.

Turbiditetsverdiene (årsmiddelverdier) fra IHD-perioden ved Askim vannverk var, bortsett fra i 1966 og 1967 (høy vannføring), relativt stabile. Verdiene var imidlertid noe høyere i slutten av 70-årene. Analysemetoden ble endret i mellomtiden - noe som må taes i betraktning. Måleresultatene gir ingen pålitelige holdepunkter for noen trend i utviklingen (Fig. 8.4).

Ved Sarpsfossen har årsmiddelverdiene for turbiditeten vært meget høye i den siste tiårsperiode. (Det er i denne sammenheng god overensstemmelse mellom NIVAs og Vannverkets verdier.) Selv om vi ser bort fra verdiene for april, mai og juni, var verdiene høye. De høye verdier skyldes i første rekke stor slamtransport under høstmånedene. Selv om det er store variasjoner fra det ene året til det andre, er det en klar og sterkt stigende trend fra 1978 til 1988 - årsverdier med og uten vårmånedene (Fig. 8.3,c).

I 60 - begynnelsen av 70-årene var turbiditetsverdiene relativt lave.

Tar vi med disse verdier i våre trendbetraktninger, får vi en utvikling som vist i Fig. 8.4. I henhold til regresjonslinjen var turbiditeten ca. 0,6 FTU i 1966 og nesten 13 FTU i 1988.

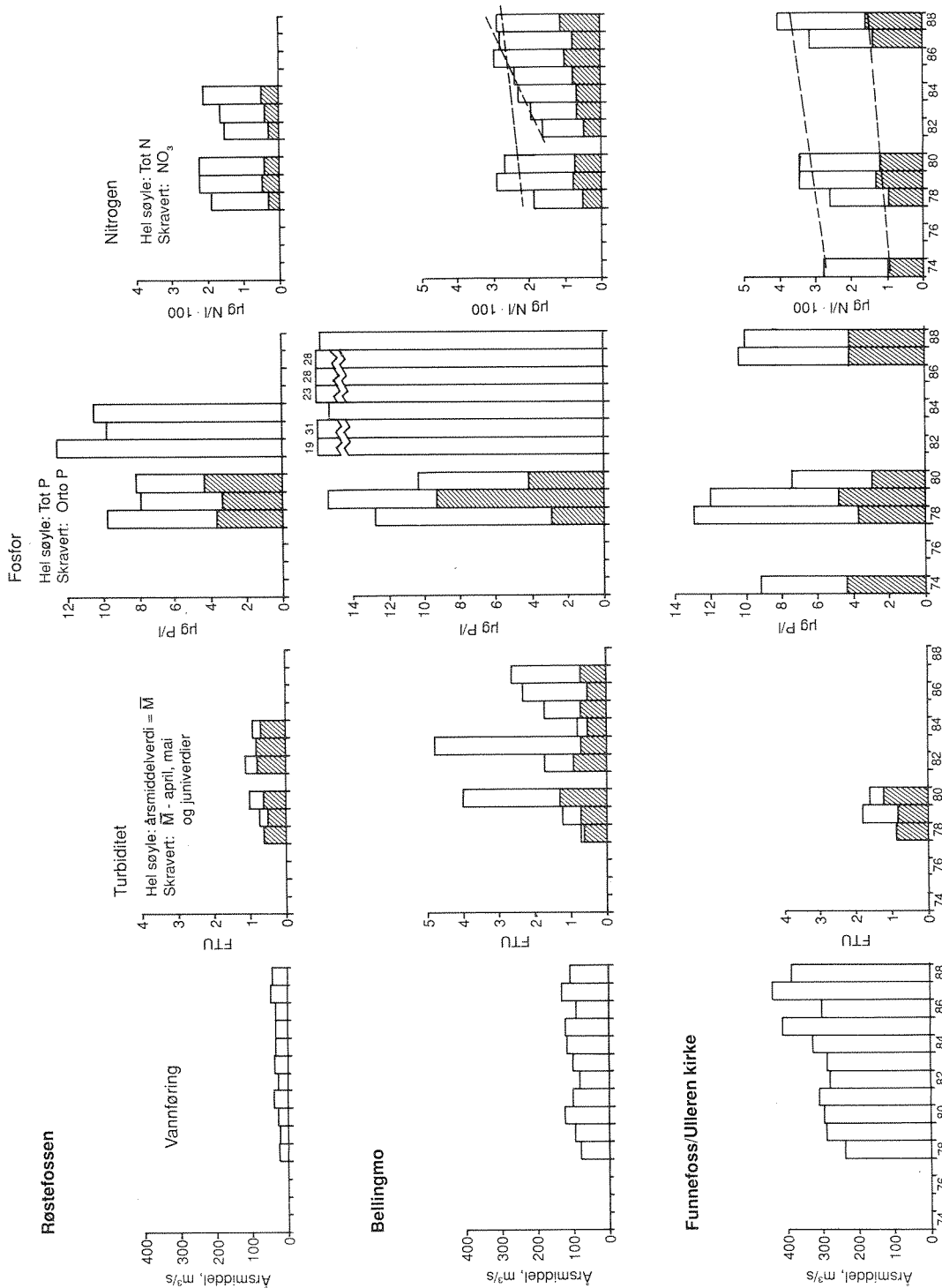


Fig. 8.3,a Årsverdier for vannføring, turbiditet, fosfor og nitrogen i Glomma ved Røstefossen, Bellingmo og Funnefoss/Ulleren kirke.

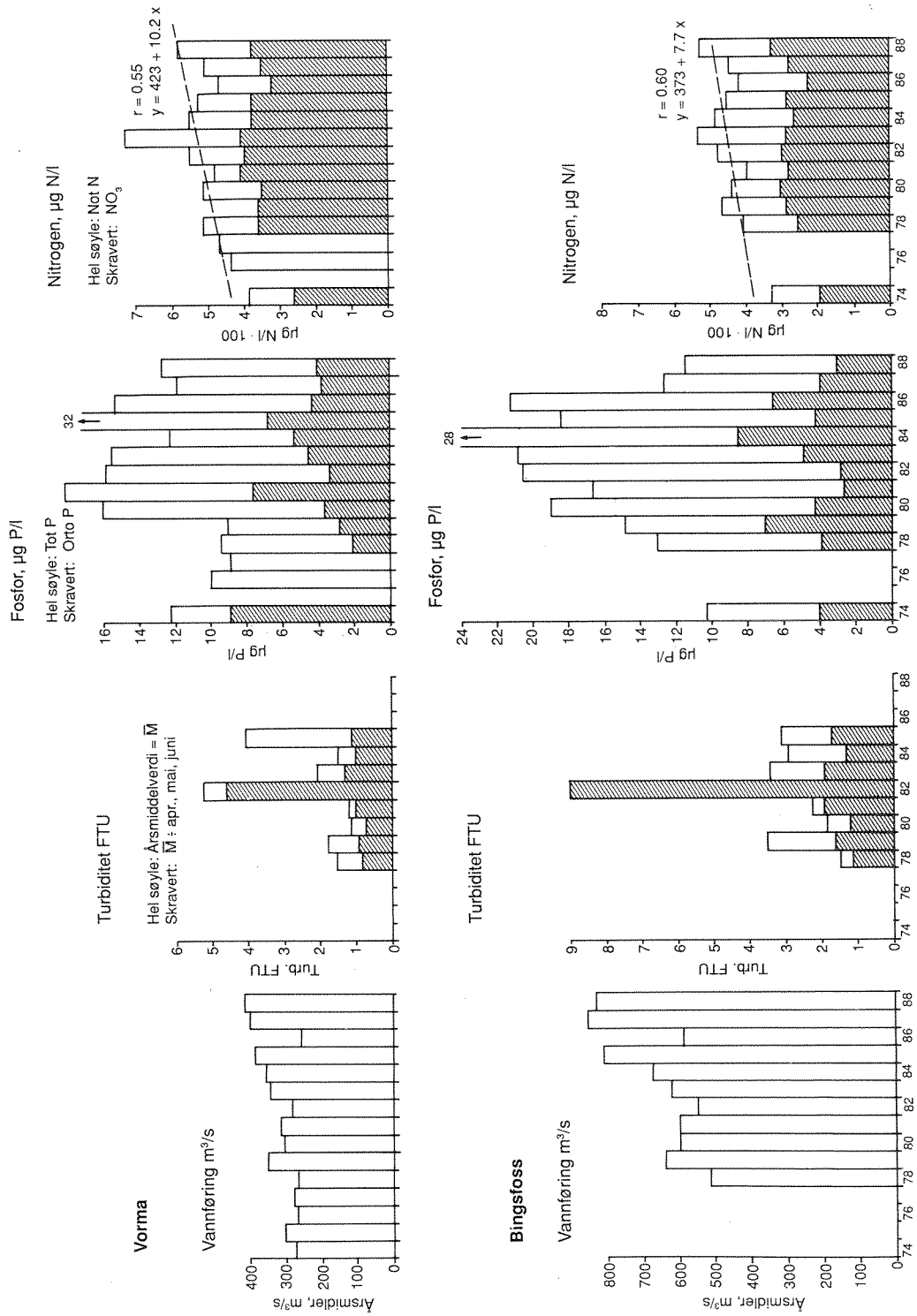


Fig. 8.3,b Årsverdier for vannføring, turbiditet, fosfor og nitrogen i Vormo og Glomma ved Bingsfoss.

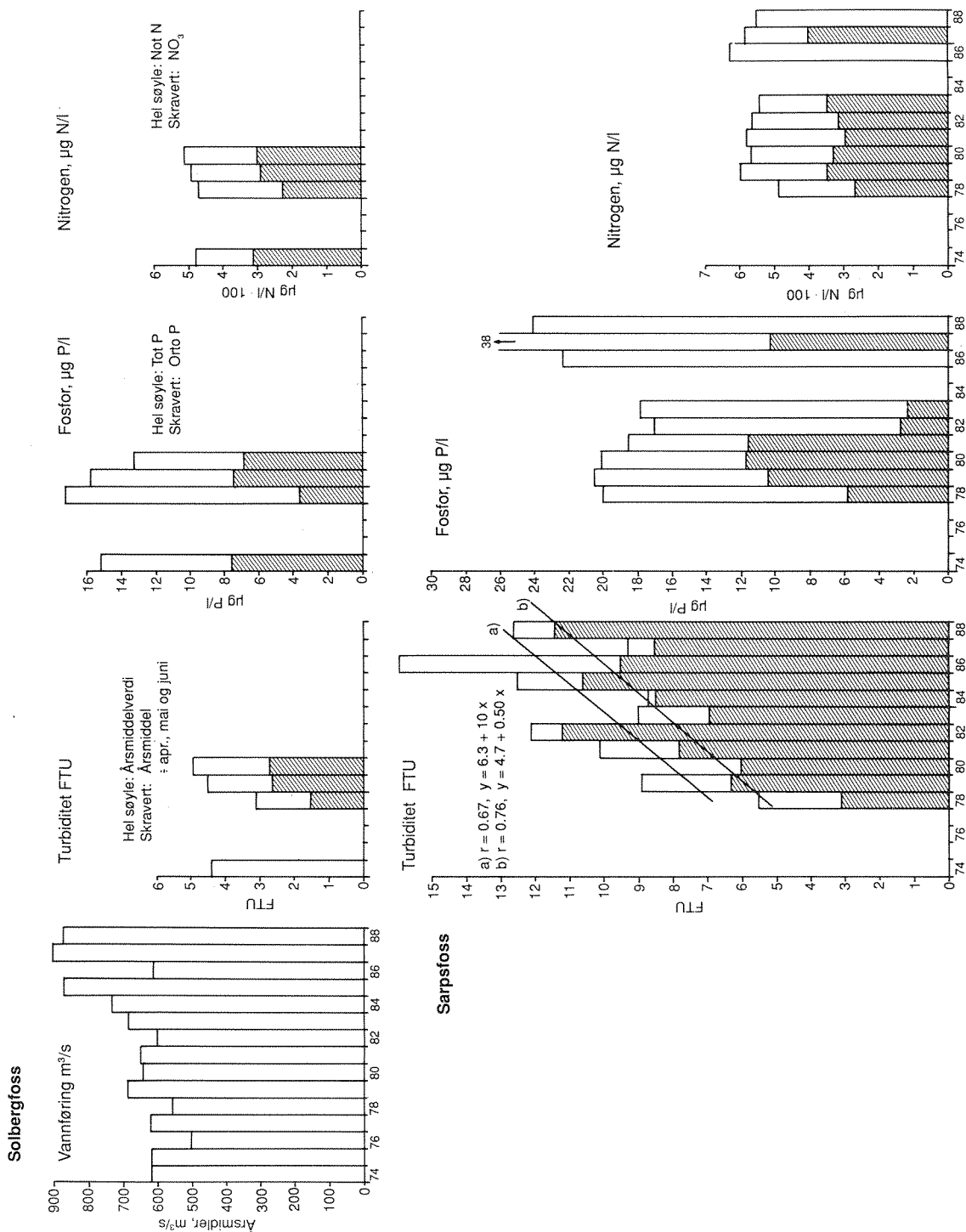


Fig. 8.3,c Årsverdier for vannføring, turbiditet, fosfor og nitrogen i Glomma ved Solbergfoss og Sarpfoss.

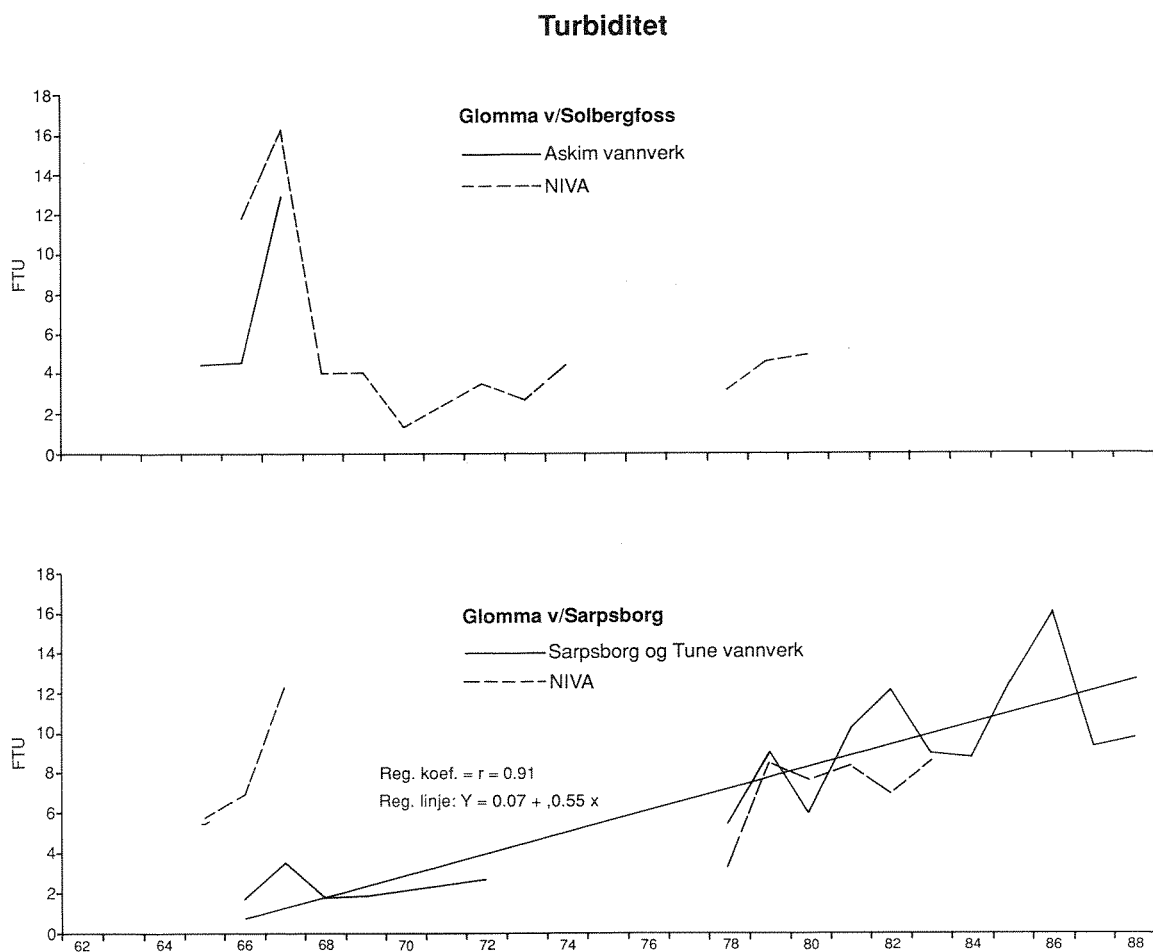


Fig. 8.4 Turbiditet ved Solbergfoss og Sarpsborg (Sarpsborg/Tune vannverk). Årsverdier og tidstrend.

8.2.3 Suspendert materiale

Ved Funnefoss er vannets innhold av suspendert materiale blitt målt siden 1987. Transportverdiene var i 1987 og 1988 henholdsvis ca. 96000 og ca. 40000 tonn.

Transportverdiene (Nicholls 1989) i henholdsvis Vormå (Svanfoss) og Glomma v/Bingsfoss i 80-årene er vist i Fig. 8.5.

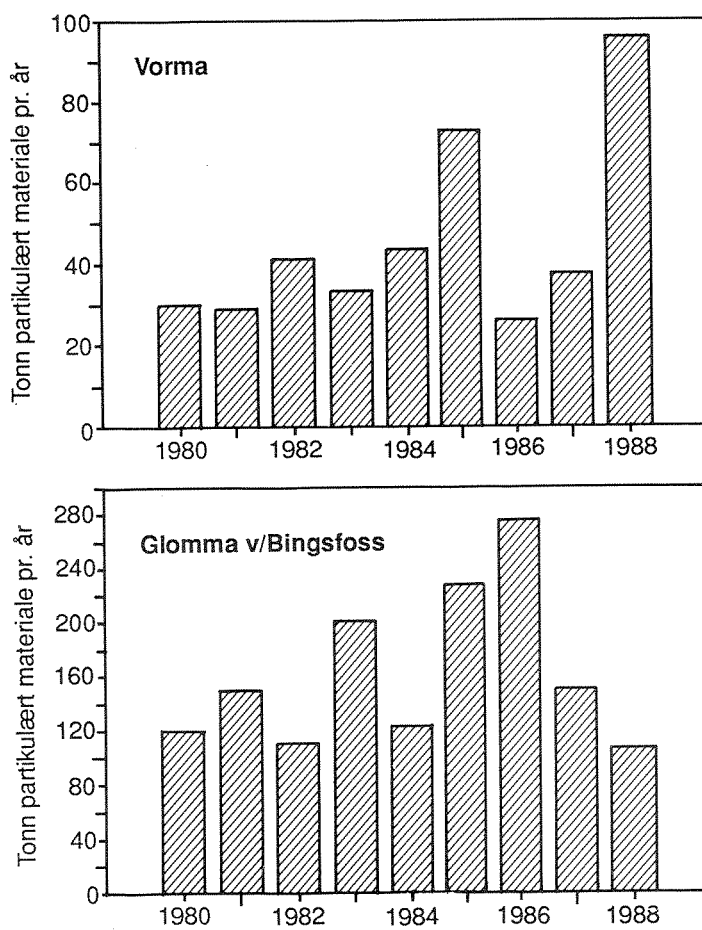


Fig. 8.5 Transportverdier for suspendert materiale i Vormo (Svanfoss) og Glomma, Bingsfoss (etter Nicholls 1989).

Observasjonsmaterialet viser at det er meget store variasjoner i partikkeltransporten fra år til år, men det er tydeligvis ingen trend i materialet. I de 3 årene 1986, 1987, 1988 økte transporten kraftig i Vorma, mens et tilsvarende avtak gjorde seg gjeldende ved Bingsfoss. Summen av transportverdiene ved Funnefoss og Vorma var av samme størrelsesorden eller noe mindre enn ved Bingsfoss (ca. 140000 tonn i 1987 og ca. 113000 tonn i 1988). Dette viser at en viss sedimentasjon gjør seg gjeldende. Under flom vil antakelig det sedimenterte materiale resuspendere og igjen bli fraktet videre.

Årstransporten av suspendert stoff i Glomma ved Sarpsborg var i 1988 ca. 360000 tonn. I 1986 ble det utført færre målinger. Legges disse målingene til grunn var transportverdiene også dette året ca. 360000 tonn. Ifølge dette er transporten av suspendert stoff omtrent 3 ganger større ved Sarpsfoss enn ved Bingsfoss. Dette skyldes til dels Leira (transport på ca. 100000 tonn i 1988) og andre vassdrag og tilførsler på Romerike og til dels tilførsler fra Trøgstad og arealene nedstrøms Øyeren. I 1988 var middelverdien for suspendert materiale i Øyeren (midt i innsjøen) 5,2 mg/l. Multipliserer vi denne verdi med årsvannføringen ved Solbergfoss, fremkommer en transportverdi på ca. 150000 tonn. Dette betyr at over halvparten av den partikulære materialtransport ved Sarpsfossen skyldes erosjonsprodukter fra Trøgstad og områdene nedstrøms Øyeren.

8.3 Fosforkonsentrasjon og fosfortransport

Variasjonsmønsteret for vannets innhold av total fosfor i løpet av året og fra år til år er fremstilt i figurene 8.6 og 8.3 a,b,c.

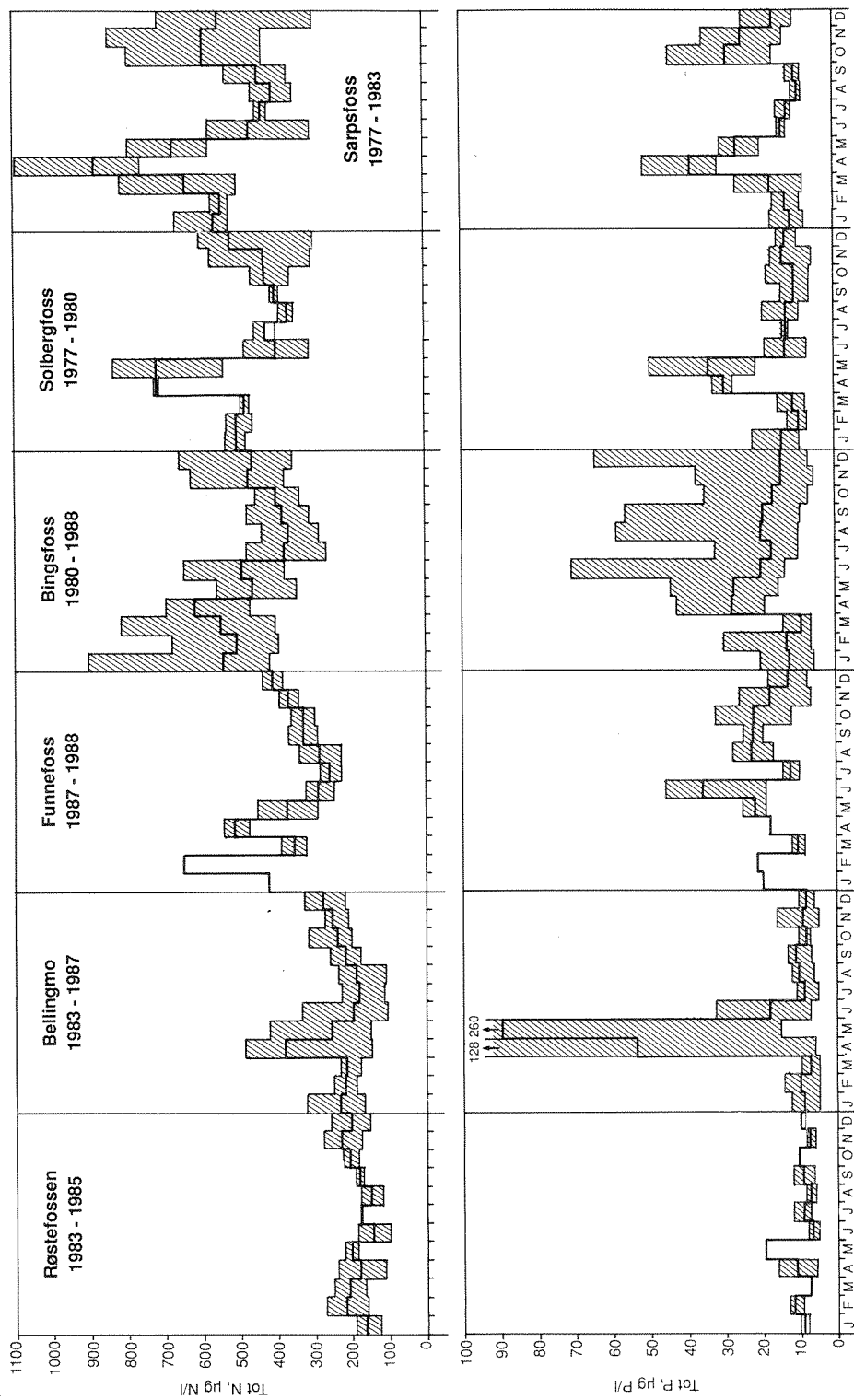


Fig. 8.6 Variasjon i konsentrasjoner av total nitrogen og total fosfor i løpet av året. Maks., min. og middel for månedsværdiene er tegnet inn.

Tilførsel av erosjons- og partikulært materiale under flomsituasjoner innvirker i høy grad på fosforkonsentrasjonen på alle stasjoner i Glomma. I hvilken grad den prosentvise algetilgjengelig fosforandel er av samme størrelsesorden, er ikke undersøkt. Det er mulig analyseverdiene for ortofosfat (tabell 8.1) er høye på grunn av bl.a. frigjørelse av adsorbent fosfor i dette sterkt turbide vannet.

Tabell 8.1 Ortofosfat som prosent av totalfosfor.

Sted	Røstefossen	Bellingmo	Funnefoss	Vorma	Bingsfoss	Solbergfoss	Sarpsfoss
% orto-P	52	40	38	29	26	52	46

I det følgende blir de ulike vassdragsavsnitt beskrevet hver for seg.

8.3.1 Øvre Glomma (Røstefossen-Bellingmo)

Av Fig. 8.3,a ser vi at årsmiddelverdiene for fosfor ved Røstefossen er relativt stabile og langt lavere enn ved Bellingmo. Ved siden av økt tilførsel fra bebyggelse og jordbruk, har dette i vesentlig grad sammenheng med at det under flomvannssituasjon på forsommeren er stor utvasking av fosfor fra de lavtliggende elvesletter i Tynset-/Alvdalområdet. Under slike situasjoner er det målt opp til hele 260 $\mu\text{g P/l}$ - den vanlige verdien er ca. 10 $\mu\text{g P/l}$. I Fig. 8.7 er årsmiddelverdien av total fosfor med unntak av vårmånedene april, mai og juni tegnet opp. Disse verdier varierer også noe fra år til år, men vi unngår de store utslagene som vårverdiene gir. Selv om korrelasjonen er meget usikker ($r = 0,36$), er det mulig at det i tidsrommet 1978 til 1988 har vært en avtakende trend (fra ca. 10 til ca. 8 $\mu\text{g P/l}$). I dette tidsrom er bl.a. et kloakkrensaneanlegg i Alvdal tatt i bruk.

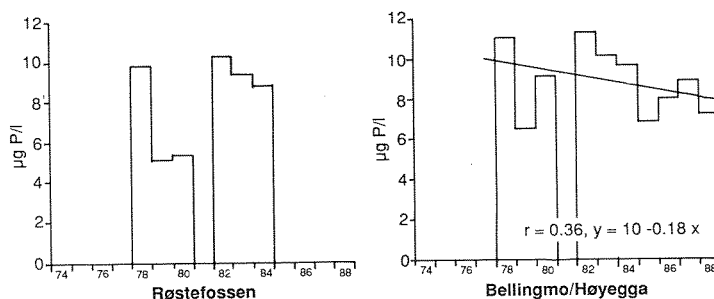


Fig. 8.7 Årsmiddelverdier for konsentrasjon av total fosfor ved Røstefossen og Bellingmo/Høyegga med unntak av vårmånedene april, mai og juni.

På årsbasis har ifølge dette fosfortransporten ved en midlere årsvannføring på ca. 100 m³/s avtatt med ca. 6-7 tonn i angjeldende tidsrom. Her er det altså ikke tatt hensyn til de store mengder erosjonsfosfor som tilføres om våren og som vi antar varierer likedan nå som før - avhengig av flomvannføringen.

Ved Røstefossen er datamaterialet for lite til en statistisk regresjonsbetraktning.

8.3.2 Midtre Glomma (Funnefoss/Ulleren kirke - Vormå - Bingsfoss/Rånåsfoss)

I de midtre deler av vassdraget, nedenfor den marine grense, er forholdene kompliserte og uoversiktlige. Det er åpenbart ingen korrelasjon mellom fosforkonsentrasjon og vannføring (Fig. 8.8). Stor vannføring medfører økt erosjon, men samtidig stor fortynning. Imidlertid øker ofte fosforkonsentrasjon sterkt i den begynnende flomfase. Dette skyldes utvaskingsprosesser spesielt under begynnende snøsmelting og ved stor avrenning i lavlandet.

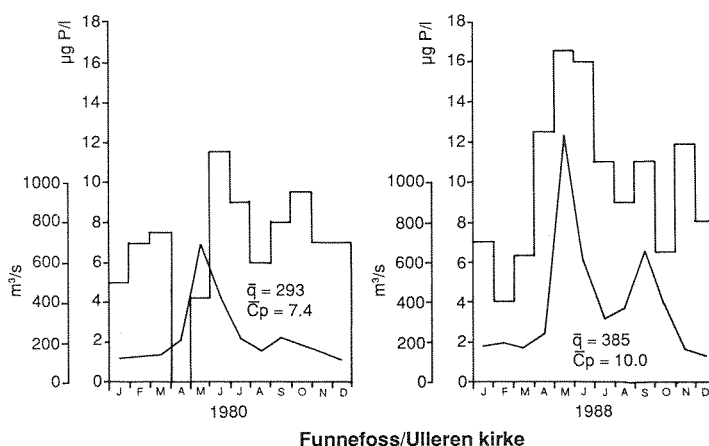


Fig. 8.8 Månedsverdier for vannføring og fosforkonsentrasjon ved Funnefoss/Ulleren kirke i 1980 og 1988. (q i m^3/s og $C_p = \mu\text{g P/l}$.)

Materialet fra Funnefoss/Ulleren kirke er for lite for en statistisk bearbeidelse, men bedømt ut fra konsentrasjonsverdier, har disse i perioden 1978-1988 avtatt med ca. $2 \mu\text{g P/l}$ som middel over året (Fig. 8.3,a) Med en midlere årsvannføring på $300 \text{ m}^3/\text{s}$ tilsvarer dette en transportreduksjon på 15-20 tonn total fosfor/år, dvs. fra størrelsesorden 115 til mindre enn 100 tonn total fosfor/år. I år med stor vannføring som f.eks. 1987, var transporten ca. 160 tonn tot. P/år.

På bakgrunn av de foreliggende data, økte fosforkonsentrasjonene (årsmidler) i Vorma ved Svanfoss og i Glomma ved Bingsfoss fra 70-årene til midten av 80-årene. Deretter har konsentrasjonen avtatt (Fig. 8.3,b). I hvilken grad dette skyldes realiteter eller variasjoner i nedbør/avrenning og utvasking fra landområder er uklart. Verdiene varierer betydelig fra måned til måned og fra år til år (Fig. 8.9). Konsentrasjonsforskjellene i Vorma kan skyldes at i perioden frem til 1983, ble prøvene tatt ved Minnesund, senere ved Svanfoss.

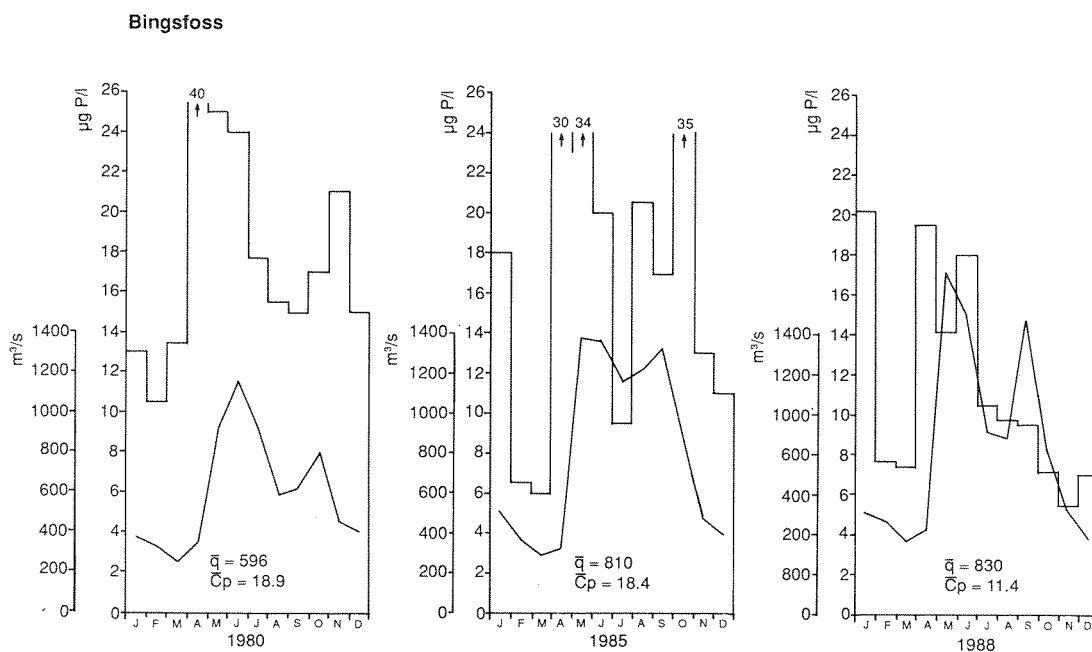


Fig. 8.9 Månedsverdier for vannføring og fosforkonsentrasjon ved Bingsfoss, 1980, 1985 og 1988.

Ser vi bort fra visse ekstremverdier, er det mulig årsmiddelkonsentrasjonen for fosfor ved Bingsfoss har avtatt med 5–6 $\mu\text{g P/l}$. Dette vil i så fall ved en midlere årsvannføring på ca. 600 m^3/s tilsvare en reduksjon i årstransporten av total fosfor på mellom 100 og 120 tonn. Anvendes de observerte verdier for vannføring og fosforkonsentrasjon, har årstransporten avtatt fra 678 tonn i 1984 til 316 tonn i 1988 (Fig. 8.10).

På årsbasis er ortofosfatverdiene som andel av total fosfor i middel ca. 30 % i Vormå med vanligvis lavere andeler om sommeren og betydelig høyere (40–60 %) om vinteren. Ved Bingsfoss er tilsvarende årsmiddelandel ca. 25 %.

8.3.3 Nedre Glomma (Solbergfoss – Sarpsfoss)

Fra Glomma ved Solbergfoss/Askim vannverk (vannverket ligger noe nedstrøms Solbergfoss), foreligger det månedlige fosforanalyser for periodene fra 1966 til 1974 og fra 1978 til 1980 (Fig. 8.11). Tilsvarende analyser fra Sarpsfossen foreligger for 1966/1967 og for mesteparten av perioden 1978–1988 (Fig. 8.3,c og tabell 8.2).

Tabell 8.2 Fosforanalyse ($\mu\text{g P/l}$) fra Solbergfoss og Sarpsfossen i årssmiddelverdier.

År	66	67	68	69	70	71	72	73	74	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
Sted																				
Solbergfoss	31	25	19	15	14	13	24	16	15	17	16	13								
Sarpsfoss		27								20	21	20	19	17	18			38	22	24
Diff.		2								3	5	7								

Ved vurdering av resultatene må det bl.a. taes spesiell hensyn til analytiske usikkerheter.

Selv om det er en viss variasjon fra år til år, er årsmiddelverdiene forbausende stabile. Dette kan ha sammenheng med at Øyeren har en utjevneende effekt. Resultatene tenderer til å være noe høyere ved Sarpsfoss enn ved Solbergfoss - med en midlere årsvannføring på $700 \text{ m}^3/\text{s}$ synes årstransporten ved Sarpsfossen å være 50 til over 100 tonn høyere enn ved Solbergfossen.

Det synes som om konsentrasjonsverdiene ved Sarpsfossen har vært noe høyere i de senere år enn tidligere, men når man tar i betraktning variasjon i vannføring og utvasking av erosjonsmateriale (se variasjoner i turbiditet), er dette sannsynligvis ikke reelt - i hvertfall ikke statistisk holdbart.

Antar vi en midlere fosforkonsentrasjon på $20 \mu\text{g P/l}$, er den midlere fosfortransporten (tot. P) i Glomma ved Sarpsfossen (årlig middelvannføring = $700 \text{ m}^3/\text{s}$) ca. 440 tonn/år, mens i vannrike år som f.eks. 1987, er transporten over 700 tonn total fosfor/år (Fig. 8.9). Av dette synes knapt halvparten å være ortofosfat (løst fosfor). Ut fra de foreliggende analyseresultatene varierer den løste andelen fra 14 til over 60 %.

Transport av fosfor og nitrogen

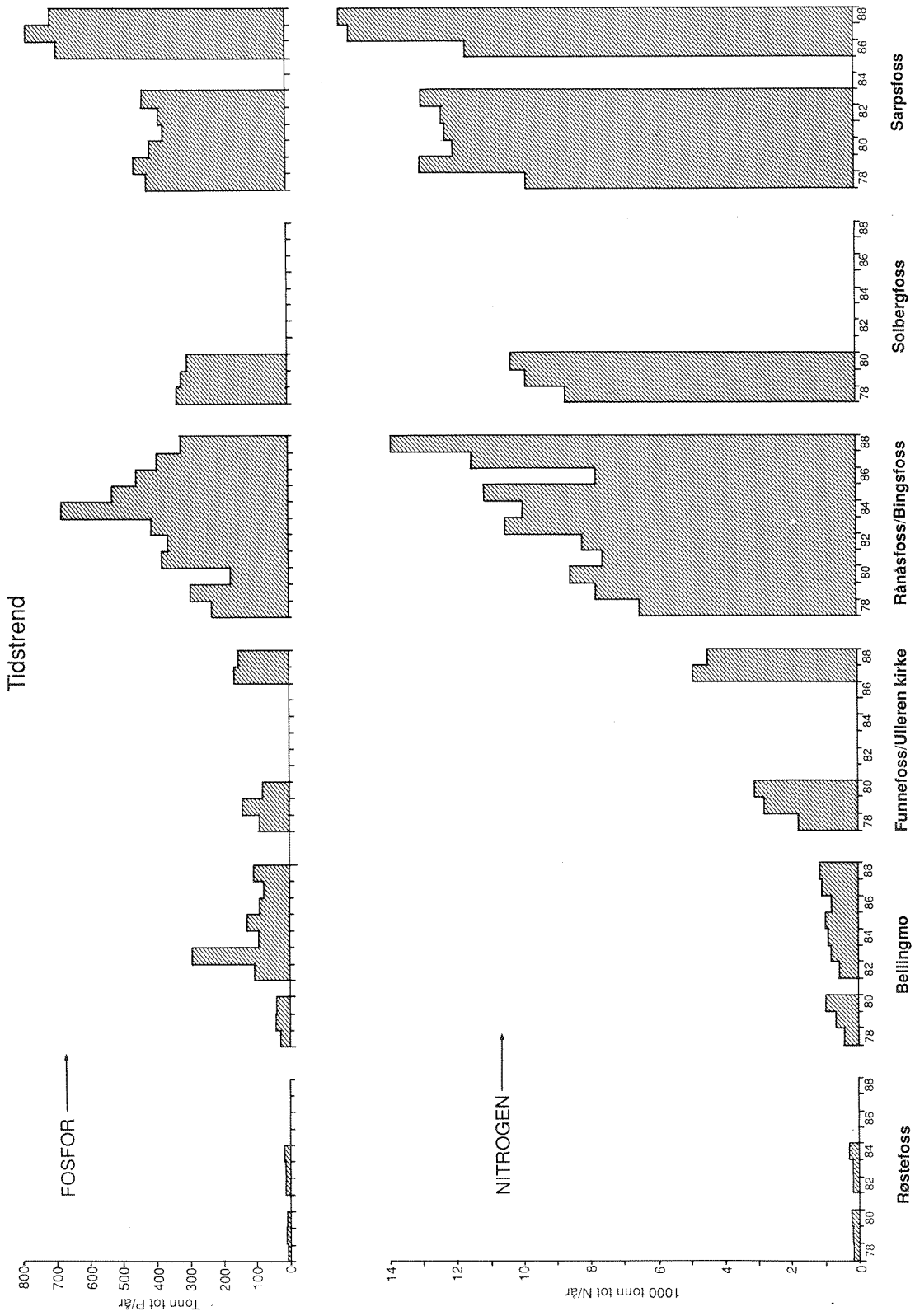


Fig. 8.10 Transportverdier for total fosfor og total nitrogen på forskjellige steder i Glomma.

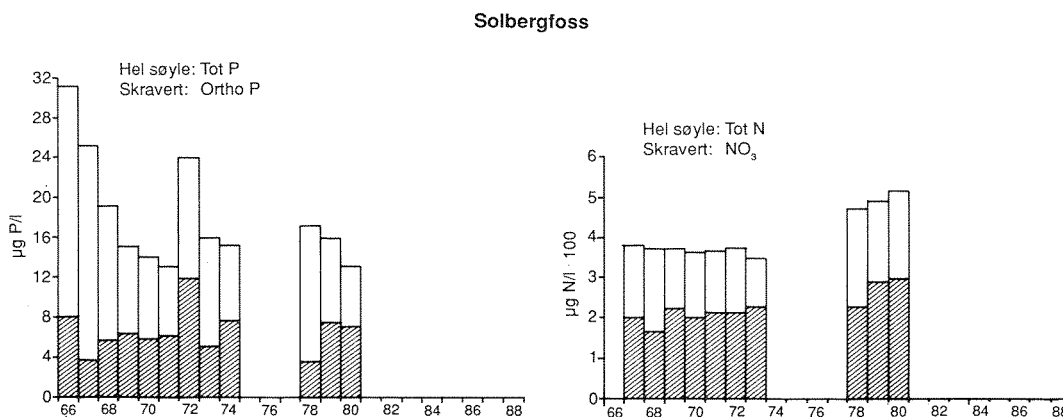


Fig. 8.11 Midlere årskonsentrasjon for fosfor og nitrogen ved Solbergfoss.
Skravert: ortofosfat og nitrat.

8.4 Nitrogenkonsentrasjoner og nitrogentransport

Konsentrasjon og transportverdiene for nitrogen er vist i figurene 8.3,a,b,c og 8.9.

Som årsmiddel øker nitrogenkonsentrasjoner (årsmidler) nedover vassdraget fra ca. 200 µg N/l ved Røstefossen til henimot 600 µg N/l ved Sarpsfossen. Nitrat-andelen av tot-N øker på samme strekning fra ca. 20 % til ca. 70 %. Det er mulig dette har sammenheng med økt tilførsel fra bl.a. jordbruksarealer.

8.4.1 Øvre Glomma (Røstefossen - Bellingmo)

Det er ingen klar tidstrend i årsmiddelverdiene for total nitrogen ved Røstefossen. Med en årsmiddelverdi i vannføringen på 30 m³/s er nitrogentransporten her ca. 190 tonn tot. N/år.

Ved Bellingmo har årsmiddelverdiene for tot.N økt fra vel 200 µg N/l i 1978 til ca. 300 µg N/l i 1988. Med årsmiddelvannføring på 100 m³/s tilsvarer dette en transportøkning på ca. 300 tonn/år fra 600 til 900 tonn N/år. Spesielt har økningen vært stor utover i 1980-årene. På årsbasis foreligger henimot 40 % av tot. N som nitrater - variasjon fra 15-20 % om sommeren til ca. 60 % om vinteren.

8.4.2 Midtre Glomma (Funnefoss/Ulleren kirke - Vorma - Bingsfoss/Rånåsfoss)

Selv om materialet er lite, synes det å tyde på at nitrogeninnholdet i Glomma ved Funnefoss/Ulleren kirke, har økt i løpet av de siste 10-15 år - i henhold til regresjonsanalysen fra ca. 270 µg N/l i 1974 til over 360 µg N/l i 1988. Dette tilsvarer en transportøkning (årsmiddelvannføring = 300 m³/s) på ca. 850 tonn N/år fra ca. 2550 tonn N/år i 1974 til ca. 3400 tonn N/år i 1988. Nitratandelen av tot. N var i 1974 ca. 35 % og i 1988 ca. 40 %.

Nylig er det naturlige nitrogenbidrag til Glomma fra skog- og fjellområder beregnet (Holtan 1990). Ved Funnefoss utgjorde dette bidrag ca. 2500 tonn N/år. Med bakgrunn i de nedbørkjemiske forhold, har vi kommet frem til at det tilsvarende bidrag i 1955 var ca. 1300 tonn N/år. Dvs. at nitrogentilførselen fra fjell- og skogområder er blitt omtrent fordoblet i angjeldende tidsrom. Dette skyldes langtransporterte forurensninger.

Årsmiddelkonsentrasjonen for total nitrogen i Vorma har i tidsperioden 1974-1988 økt fra ca. 430 til ca. 570 µg N/l. Dette tilsvarer en økning i årstransportverdier (årsmiddelvei for vannføring = 320 m³/s) på ca. 1400 tonn/år i samme tidsrom, dvs. fra ca. 4300 til over 5700 tonn tot. N/år. Nitratandelen har hele tiden vært av samme størrelsesorden, nemlig ca. 65-70 %.

Regresjonsanalysen av årsverdiene for tot. N-konsentrasjonene ved Rånåsfoss/Bingsfoss viser en økning fra ca. 380 µg N/l i 1974 til ca. 490 µg N/l i 1988. Ved en årsmiddel vannføring på 670 m³/s tilsvarer dette en transportøkning på vel 2300 tonn tot. N/år fra vel 8000 tonn til over 10300 tonn tot. N/år. Tilførselene fra området mellom Funnefoss/Svanfoss og Bingsfoss (lokal tilførsel) har i henhold til dette økt fra 1150 til 1200 tonn tot. N/år.

Ved Bingsfoss var nitratandelen av tot. N ca. 60 % i hele perioden.

8.4.3 Nedre Glomma (Solbergfoss - Sarpsfoss)

I perioden 1967 til 1973 var det liten endring i årsmiddelveidene for nitrogen ved Solbergfoss/Askim vannverk (Fig. 8.10). Frem til slutten av 70-årene hadde konsentrasjonsverdiene økt med ca. 150 µg tot. N/l. Nitratets andel av total nitrogen varierte hele tiden stort sett

mellom 50-60 %. Årstransportverdiene for tot. N i slutten av 60-årene/begynnelsen av 70-årene var med en årsmiddelvannføring på 700 m³/s ca. 8200 tonn og i slutten av 70-årene vel 11000 tonn tot. N/år, dvs. en økning på henimot 3000 tonn/år.

Ved Sarpsfossen var det i 10-års-perioden fra 1978 til 1988 ingen klar trend med hensyn til endringer av vannets innhold av nitrogen. Verdiene for tot. N varierte mellom 500 og 600 µg N/l og for nitrat mellom 300 og 400 µg N/l - det er mulig nitratverdiene økte noe i det angjeldende tidsrom.

Med en midlere årsvannføring på 750 m³/s er den midlere årstransport av total N ved Sarpsborg ca. 13500 tonn - med den høye årsvannføring (952 m³/s) i 1987 var årstransporten hele 15308 tonn/år. Nitratandelen var dette året neste 70 %.

LITTERATUR

- Alsaker-Nøstdahl, B. 1981: Undersøkelse av Glomma i Hedmark. Delrapport om forurensningstilførsler. NIVA-rapport - løpenr. 1299, 75 sider.
- Goffeng, G., 1971: Hydrological Data Norden IHD stations. Basic Data 1965-1969. National Committees for IHD.
- Goffeng, G., 1973: Hydrological Data Norden IHD stations. Basic Data 1970-1971. National Committees for IHD.
- Goffeng, G., 1977: Hydrological Data Norden IHD stations. Basic Data 1972-1974. National Committees for IHD.
- Hessen, D. et al. 1990. Tiltaksorientert overvåking i Glåma på strekningen Høyegga-Gjølstadfossen.
- Holtan, H., 1973: Glåma i Hedmark. Undersøkelser i tidsrommet 1966-1972. NIVA-rapport 0-138/70. 83 sider.
- Holtan, H., 1990: Glomma i Hedmark. Beregning av tilført fosfor og nitrogen fra skog- og fjellområder. NIVA-rapport 0-90018. Løpenr. 2374, 19 sider.
- Holtan, H., G. Kjellberg, P. Brettum og T. Tjomsland, 1980: Gudbrandsdalslågen og Mjøsa. Resipientvurderinger i forbindelse med reguleringsinngrep i Jotunheimen. NIVA-rapport - løpenr. 1200. 212 sider + vedlegg.
- Holtan, H., P. Brettum, B. Hals og G. Holtan, 1982: Glåma i Hedmark. Delrapport om innsjøer. Undersøkelse i tidsrommet 1978-80. NIVA-rapport - løpenr. 1397. 96 sider.
- Kjellberg, G. og S. Rognerud, 1983: Rutineundersøkelse i Glåma oppstrøms Vorma 1982. NIVA-rapport - løpenr. 1503. 22 sider.
- Kjellberg, G. og S. Rognerud, 1984: Basisundersøkelse av Storsjøen i Rendalen 1983-1985. Årsrapport 1983. NIVA-rapport - løpenr. 1650. 44 sider.
- Lingsten, L., 1982: Undersøkelse av Glåma i Hedmark. Datarapport 1978-1980. Vannkjemi og planteplankton. NIVA-rapport - løpenr. 1436. 150 sider.

- Lingsten, L. og H. Holtan, 1981: Glåma i Hedmark. Undersøkelser i tidsrommet 1978-1980. NIVA-rapport - løpenr. 1304. 115 sider.
- Nicholls, M. 1989: Romeriksvassdragene 1988. ANØ-rapport nr. 43/89. 45 sider + vedlegg.
- NVE, 1987: Avrenningskart.
- Rognerud, S. 1986: Overvåking av Øvre Glåma 1985. NIVA-rapport - løpenr. 1859. 20 sider.
- Rognerud, S. 1989: Glåma i Kongsvinger-regionen og Storsjøen i Odal. Sluttrapport for undersøkelsene i 1987 og 1988. NIVA-rapport - løpenr. 2255. 21 sider + bilag.
- Rognerud, S. og G. Kjellberg, 1984: Rutineundersøkelse i Glåma oppstrøms Vorma 1983. NIVA-rapport - løpenr. 1622. 23 sider.
- Rognerud, S. og G. Kjellberg, 1985. Overvåking i Glåma oppstrøms Vorma 1984. NIVA-rapport - løpenr. 1740. 32 sider.
- Rognerud, S., D. Berge og M. Johannessen, 1979: Telemarkvassdraget. Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-1979, 82 sider.
- Rognerud, S., P. Brettum og R. Romstad, 1988: Resipientundersøkelse av Savalen. NIVA-rapport - løpenr. 2083. 22 sider.
- SFT, 1988: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1987. SFT-rapport TA-643.
- SFT, 1989: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1988. SFT-rapport TA-676/1989.
- Skulberg, O. 1967: Utredning for Østlandskomiteen 1967. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 2 - Glåma. NIVA-rapport 102 sider.