

NILU OR: 1/89

NILU OR : 1/89  
REFERANSE: O-1351  
DATO : JANUAR 1989  
ISBN : 82-425-0000-2

# TILFØRSLER FRA ATMOSFÆREN I GLOMMAS NEDSLAGSFELT

A. Semb

## SAMMENDRAG

Tilførslene av sulfat og nitrat er beregnet for tre deler av Glommas nedbørfelt, Mjøsa og Vorma ovenfor Vormsund, Glomma ovenfor Vormsund, og Glomma mellom Vormsund og utløpet av Øyeren. Tilførselen av sulfat har størst betydning for surheten i de mindre tilførselsvassdragene, i såkalte forsuringsutsatte områder. Hovedvassdragene har relativt høy alkalinitet og er lite påvirket av forsuringen. Tilførselene av nitrat- og ammonium-nitrogen med nedbør og tørravsetning er betydelige, men avrenningen til vassdragene er bare 5-10% av det som tilføres.

Akkumuleringen av bundet nitrogen i jordsmonn og vegetasjon vil imidlertid kunne føre til økt avrenning i fremtiden. Mens reduksjoner av svoveldioksidutslippene i Europa fører til mindre sulfat-nedfall, vil utslippene av ammoniakk og nitrogenoksider ikke endres i nevneverdig grad før slutten av 1990-årene.

Tilførslene av tungmetaller og andre miljøgifter er også anslått. Innholdet av kadmium og bly i luft og nedbør er betydelig redusert de siste 10 årene. Kvikksølv i nedbør kan være årsak til høyt kvikksølvinnhold i ferskvannsfisk, særlig i sure skogssjøer.

## INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG .....	1
1 INNLEDNING .....	3
2 VÅTAVSETNING AV SVOVEL OG NITROGEN .....	3
3 TOTALAVSETNING AV SVOVEL OG NITROGEN .....	5
4 TILFØRSEL AV ANDRE KOMPONENTER .....	5
5 TIDSUTVIKLING .....	6
6 BETYDNINGEN AV ATMOSFÆRISKE TILFØRSLER FOR VANNKVALITETEN ..	7
7 REFERANSER .....	8

## TILFØRSLER FRA ATMOSFÆREN I GLOMMAS NEDSLAGSFELT

### 1 INNLEDNING

Formålet med denne rapporten er å tallfeste atmosfæriske tilførsler av betydning for vannkvaliteten i Glommavassdraget. NILU har hatt systematiske målinger av kjemisk sammensetning av luft og nedbør i landsmålestokk siden 1972, som etter 1980 utføres på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT). I tillegg utføres målinger for NILUs egen regning på Kise, Nes i Hedmark, Løken i Høland og Kjeller. I samarbeid med Norsk institutt for skogforskning (NISK) foretas det også målinger på Nordmoen i Eidsvoll og Prestebakke ved Halden. Resultatene rapporteres samlet gjennom SFTs "Statlig program for forurensningsovervåking" (SFT, 1988).

Som støtte for beregningene av arealnedbør er det også brukt resultater fra en landsomfattende prøvetaking og analyse av moseprøver med hensyn på tungmetaller, utført for SFT av Den Allmennvitenskapelige Høgskolen, Universitetet i Trondheim (Rühling et al., 1987). For at resultatene skal være mest mulig generelt anvendelige, er det beregnet totale tilførsler til tre separate felter, Mjøsas og Vormas nedslagsfelt ovenfor Vormsund, Glommas nedslagsfelt ovenfor Vormsund, og Glommas nedslagsfelt mellom Vormsund og utløpet av Øyeren. Det er brukt gjennomsnittsverdier for årlige tilførsler for 5-årsperioden 1983-1987. Historiske endringer i tilførslene, og mulige fremtidsutsikter er også kort behandlet.

### 2 VÅTAVSETNING AV SVOVEL OG NITROGEN

Analyseprogrammet for nedbør omfatter pH, sulfat, nitrat, klorid, ammonium, magnesium, natrium, kalium og kalsium. I tillegg bestemmes sporelementene bly, kadmium og sink på noen av stasjonene. Tabell 1 viser middelkonsentrasjoner og nedfall av sulfat, nitrat og ammonium for perioden 1983-1987.

Tabell 1: Gjennomsnittlig nedbør og kjemisk sammensetning. 1983-1987.

Stasjon	Nedbør mm	pH	Sulfat-S		Nitrat-N		Ammonium-N	
			mg/l	g/m <sup>2</sup> a	mg/l	g/m <sup>2</sup> a	mg/l	g/m <sup>2</sup> a
Prestebakke*	765	4.29	0.92	0.70	0.48	0.36	0.42	0.32
Lillestrøm*	784	4.29	0.91	0.71	0.49	0.38	0.46	0.36
Nordmoen**	1016	4.34	0.72	0.72	0.37	0.37	0.33	0.33
Løken i Høland	771	4.38	0.88	0.68	0.48	0.37	0.57	0.44
Gulsvik	803	4.40	0.83	0.67	0.40	0.32	0.56	0.45
Kise	576	4.51	0.74	0.43	0.38	0.22	0.51	0.29
Narbuvoll	657	4.74	0.40	0.26	0.18	0.12	0.26	0.17

Både konsentrasjonene og de årlige nedfallsmengdene avtar nordover, mens forholdet mellom de ulike komponentene er relativt konstant. Konsentrasjonene av ammonium i nedbøren kan være noe påvirket av lokale utslipp ved Løken, Gulsvik og Kise.

I figur 1 og 2 er verdiene for totalt nedfall av sulfat-S og summen av nitrat-N og ammonium-N ekstrapolert fra målingene. Ekstrapolasjonen er foretatt ut fra alminnelige vurderinger av topografiske forhold og nedbørmengdefordelinger (figur 3). Som støtte er også brukt konsentrasjonene av bly i bladmose, Rühling et al. (1987), som gir et mål på akkumulert tilførsel av bly i nedbøren. Bly i nedbøren er godt korrelert med sulfat og nitrat. Ut fra kartet er tilførselen av svovel og nitrogen til feltene anslått i tabell 2.

Tabell 2: Våtavsetning av svovel og nitrogen for de tre nedslagsfeltene.

	Svovel tonn/år	Nitrogen tonn/år
Mjøsa og Vormå (16 400 km <sup>2</sup> )	5 700	5 600
Glomma nord for Vormsund (20 700 km <sup>2</sup> )	7 800	8 400
Mellom Vormsund og Mørkfoss (2 900 km <sup>2</sup> )	2 000	2 100
Hele nedslagsfeltet	15 500	16 100

Hovedmengden av tilførselene kommer i de sørlige delene av nedslagsfeltene, sør for Lillehammer-Rena.

### 3 TOTALAVSETNING AV SVOVEL OG NITROGEN

Tilførsler fra atmosfæren ved andre prosesser enn nedbør omfatter opptak i vegetasjon av svoveldioksid, nitrogenoksider og andre nitrogenforbindelser og avsetning av aerosolpartikler ved sedimentasjon og andre fysiske prosesser på ulike overflater. Tørravsetningen beregnes oftest på grunnlag av målte konsentrasjoner i luft, og på grunnlag av resultater fra forsøk der forholdet mellom konsentrasjon og avsetning er undersøkt. I Sør-Norge utgjør tørravsetningen typisk ca. 20% av den totale avsetningen for både svovel og nitrogen. I tillegg kommer korreksjoner for svikt i nedbørmålerens oppsamlingsevne, fordampning, o.l. Dette kan settes til typisk 5-10%. Endelige tilførselstall blir derfor som følger:

Tabell 3:

	Svovel tonn/år	Nitrogen tonn/år
Mjøsa og Vorma (16 400 km <sup>2</sup> )	7 100	7 000
Glomma nord for Vormsund (20 700 km <sup>2</sup> )	9 800	10 500
Mellom Vormsund og Mørkfoss (2 900 km <sup>2</sup> )	2 500	2 750
Hele nedslagsfeltet	19 000	20 000

### 4 TILFØRSEL AV ANDRE KOMPONENTER

Konsentrasjonene av bly, kadmium og sink bestemmes ved enkelte bakgrunnsstasjoner. På grunnlag av disse målingene kan tilførslene anslås for hele nedslagsfeltet til:

Bly : 80 tonn/år  
 Kadmium: 2,5 tonn/år  
 Sink : 150 tonn/år

Målinger av kvikksølv i nedbøren er utført av Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, Göteborg (IVL) for et mindre antall nedbørstasjoner i de nordiske land. Typiske konsentrasjoner er 5-20 ng/l

(Iverfeldt og Rohde, 1988). Dette skulle gi en total tilførsel av størrelsesorden 0,3 tonn/år.

Det er sparsomt med data for tilførselen av organiske miljøgifter som skyldes langtransport, men klororganiske forbindelser som f.eks. polyklorerte bifenyler (PCB) spres også gjennom atmosfæren, og kan påvises i luft og nedbørprøver (Semb og Pacyna, 1988).

I nedbør og tørravsetning tilføres også mindre mengder med kalsium og kalium. Det er imidlertid vanskelig å anslå hvor stor del av de målte konsentrasjonene i nedbørprøvene som skriver seg fra lokale kilder og kontaminering. Innholdet av fosfat er imidlertid ubetydelig.

## 5 TIDSUTVIKLING

For sulfat, nitrat og ammonium viser nedbørsammensetningen knapt signifikante endringer i perioden 1972-1987 (figur 4). Beregninger av utslipp basert på forbruk av fossilt brensel i Europa er vist i figurene 5 og 6. Av disse fremgår det at utslippene av svoveldioksid særlig har økt i 2 perioder: fra begynnelsen av den industrielle revolusjon til ca. 1920, og fra 1955 til oljekrisen i 1973/74. For nitrogenoksidene har økningen vært dramatisk fra 1955 til slutten av 1970-årene, vesentlig på grunn av den store økningen i biltrafikken, og på grunn av den store økningen i elektrisitetsproduksjon basert på fossilt brensel. En viss økning har det utvilsomt også vært for ammoniakk, på grunn av mer intensive driftsformer i jord- og husdyrbruk.

Konsentrasjonen av tungmetaller som bly, kadmium, sink, arsen i luft er betydelig redusert siden 1970-tallet. Dette skyldes restriksjoner på blyinnholdet i bensin, og endret produksjonsteknologi i metallurgisk industri. I fremtiden ventes det at innholdet av sulfat i nedbøren skal bli redusert, idet de fleste europeiske land har forpliktet seg til innen 1993 å redusere  $\text{SO}_2$ -utslippene med minst 30% i forhold til utslippene i 1980. En del land har allerede gjennomført betydelige utslippsreduksjoner. For nitrogenoksidene er det mer problematisk å

gjennomføre utslippsreduksjoner. Selv om det i noen land er gjennomført vedtak om katalysator på personbiler, vil det neppe bli merkbare endringer i utslippene før i 1990-årene.

## 6 BETYDNINGEN AV ATMOSFÆRISKE TILFØRSLER FOR VANNKVALITETEN

Forurenset luft og "sur nedbør" har størst virkning på vannkvalitet og jordsmonn i områder med liten bufringsevne. Svært forenklet kan en si at hvis tilførselen av sterke syrer er større enn utvaskingen av basiske komponenter fra jordsmonnet, vil dette føre til vannforsuring og redusert biologisk produksjon. Slike områder finnes i dag i Romerikssåsene, området mellom Eidsvoll og Solør, og i enkelte deler av Østmaka som drenerer til Øyeren. Sterke syrer i denne forbindelse er synonymt med tilførsel av sulfat, fordi nitrat og ammonium tas opp i vegetasjonen og bindes i jordsmonnet. Avrenningsundersøkelser i små nedbørfelt viser som hovedregel at det er balanse mellom tilførsel og avrenning av sulfat. En reduksjon av sulfattilførselen med nedbøren vil derfor føre til en bedring av vannkvaliteten i disse områdene.

Glomma og de delene av tilførselsvassdragene som ligger i jordbruksområder, har relativt høy alkalinitet og er derfor lite påvirket av vannforsuringen.

Avrenningen av nitrat og ammonium er betydelig mindre enn tilførselene, høyst 5-10%. Større utvasking kan imidlertid skje etter lengre tørkeperioder, ved snaufloatehugster, eller andre påvirkninger som reduserer jordsmonnets og vegetasjonens evne til å holde på bundet nitrogen. Mengden av bundet nitrogen i jordsmonnet også i slike områder er betydelig, og tilsvarer ofte 50-100 års atmosfærisk nedfall på dagens nivå. Enkelte forskere mener derfor at fortsatt akkumulering av nitrat og ammonium på sikt vil måtte resultere i en drastisk økning av avrenningen av nitrat også fra utmarksområder. En forverring av skogens "sunnhetstilstand" vil aksellerere denne prosessen. En slik utvikling er allerede registrert i Tyskland (Harzgebirge). Også i Sør-Sverige og i det sørligste Norge er det registrert økende nitratinnhold i overflatevann. "1000-sjøers undersøkelsen" som NIVA nylig har gjennomført på oppdrag fra SFT, viser at innholdet av nitrat i små innsjøer i



Akershus og Hedmark tilsvarer ca. 5% av tilførselen av nitrat og ammonium med nedbøren (SFT, 1987).

Også tungmetaller holdes i stor utstrekning tilbake i jordsmonnet. Dette gjelder særlig for bly, mens kadmium er mer mobilt, særlig i sur jord. Undersøkelser i Sverige tyder på at avrenningen i sur skogsjord er større enn tilførselen av kadmium med nedbøren (Bergkvist, 1987). Kvikksølv bindes særlig sterkt til jordsmonnet, men det er mulig med en viss transport av kvikksølv bundet til humuskolloider (Iverfeldt og Johansson, 1987). Ved nedbrytingen av disse humuskolloidene i vann kan det så frigjøres giftige kvikksølvforbindelser. Det er registrert relativt høye konsentrasjoner av kvikksølv i gjedde og abbor i sure skogsjøer, som ikke kan forklares på annen måte enn at dette skyldes atmosfærisk nedfall.

## 7 REFERANSER

Berden, M., Nilsson, S.I., Rosen, K. og Tyler, G. (1987) Soil acidification, extent, causes and consequences. Statens naturvårdsverk (SNV Report 3292) Solna.

Bergkvist, B. (1987) Soil solution chemistry and metal budgets of spruce forest ecosystems in S. Sweden. Water, Air Soil Poll., 33, 131-154.

Iverfeldt, Å. og Johansson, K. (1987) Mercury in runoff from small watersheds. Verh. Internat. Verein. Limnol., Stuttgart.

Iverfeldt, Å. og Rodhe, H. (1988) Atmospheric transport and deposition of mercury in the Nordic countries. Framdriftsrapport til Nordisk Ministerråd.

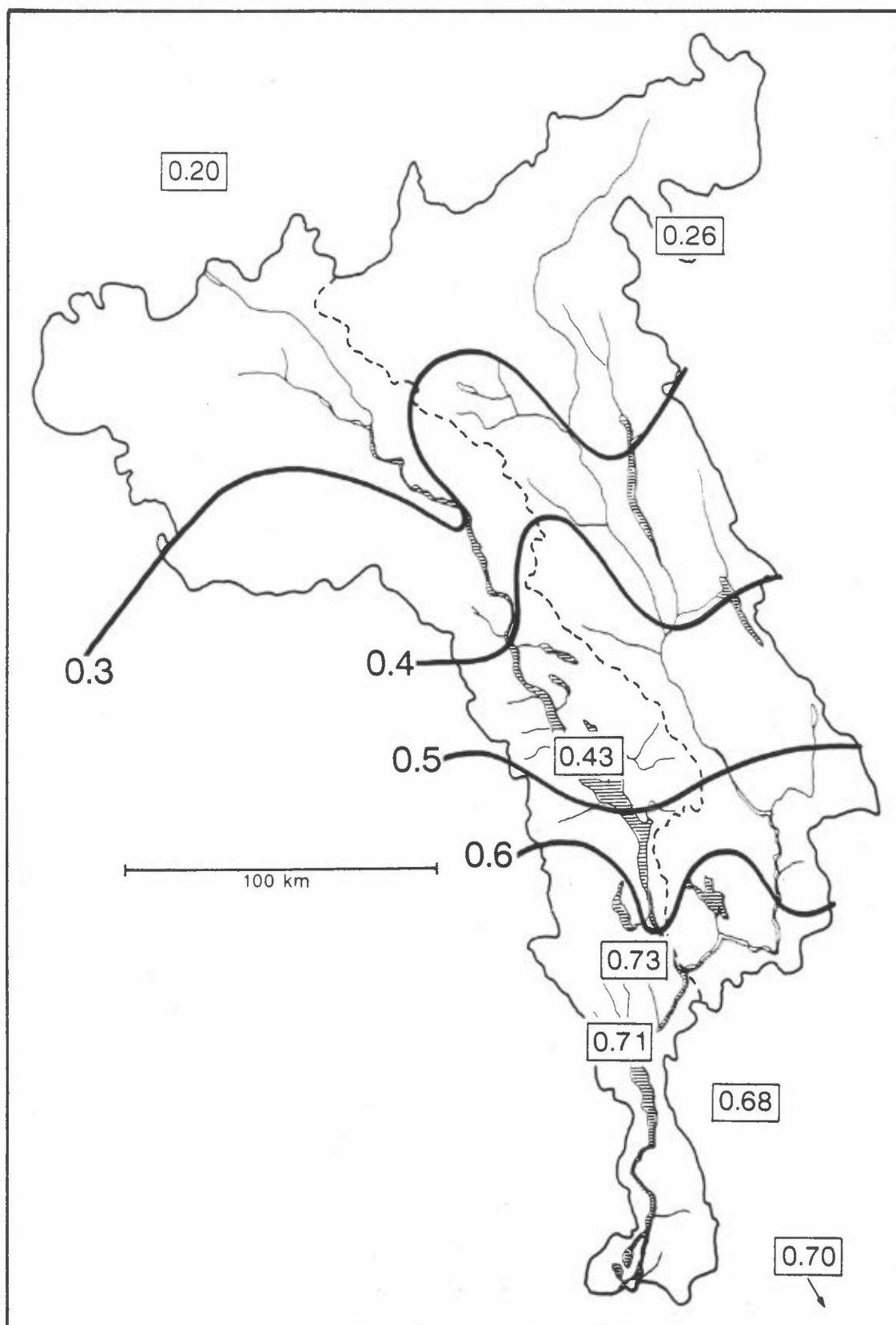
Nilsson, J. og Grennfelt, P. (1988) Critical loads for sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden. København, Nordisk Ministerråd.

Rühling, A., Rasmussen, L., Pilegaard, K. Mäkinen, A. og Steinnes, E. (1987) Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985 - monitored by moss analyses. København, Nordisk Ministerråd.

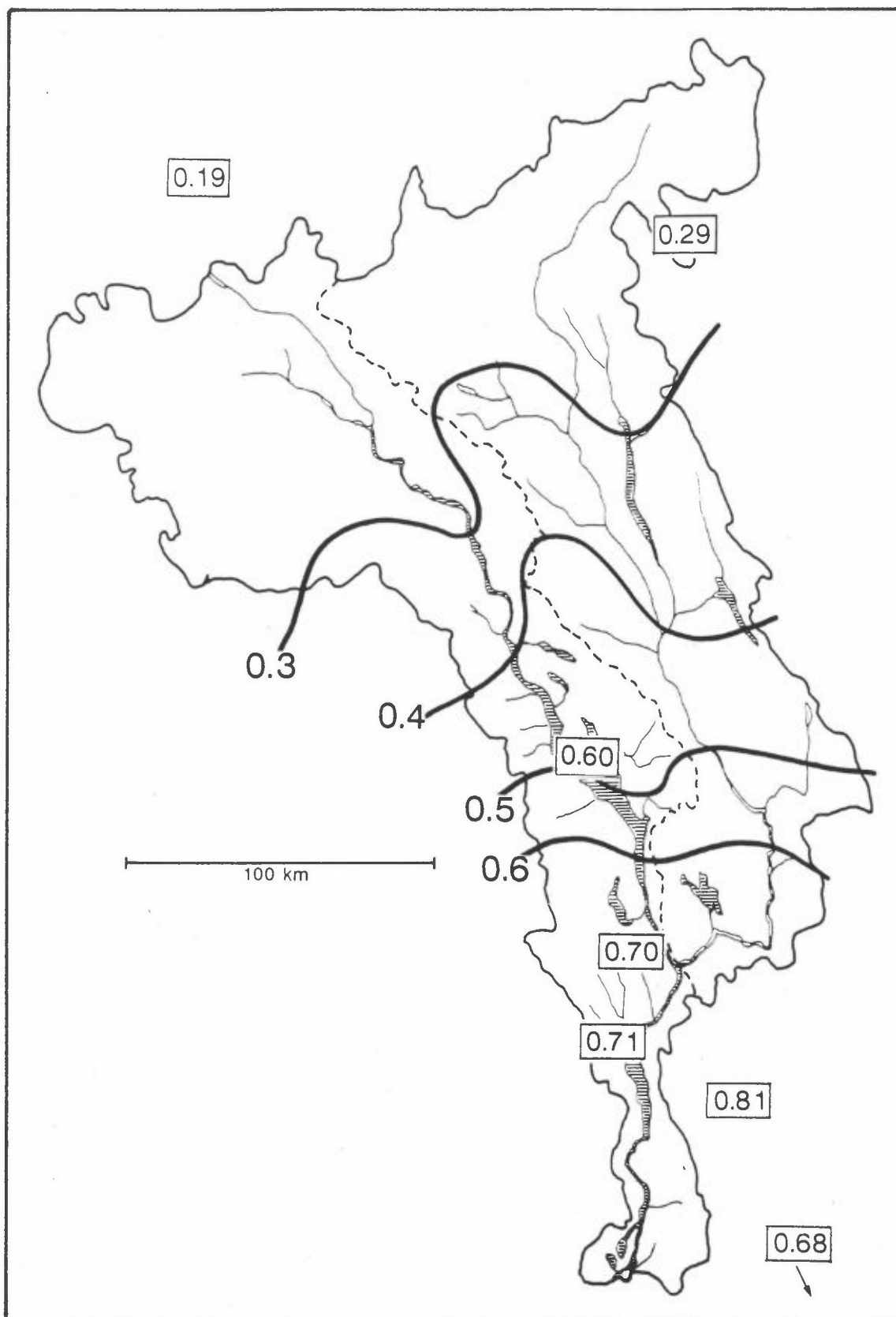
Semb, A. og Pacyna, J.M. (1988) Toxic trace elements and chlorinated hydrocarbons: emissions, atmospheric transport and deposition. København, Nordisk Ministerråd.

SFT (1987) 1000-sjøers undersøkelsen 1986. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 287/87).

SFT (1988) Overvåking av langtransportert luft og nedbør. Årsrapport 1987. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 333/88).

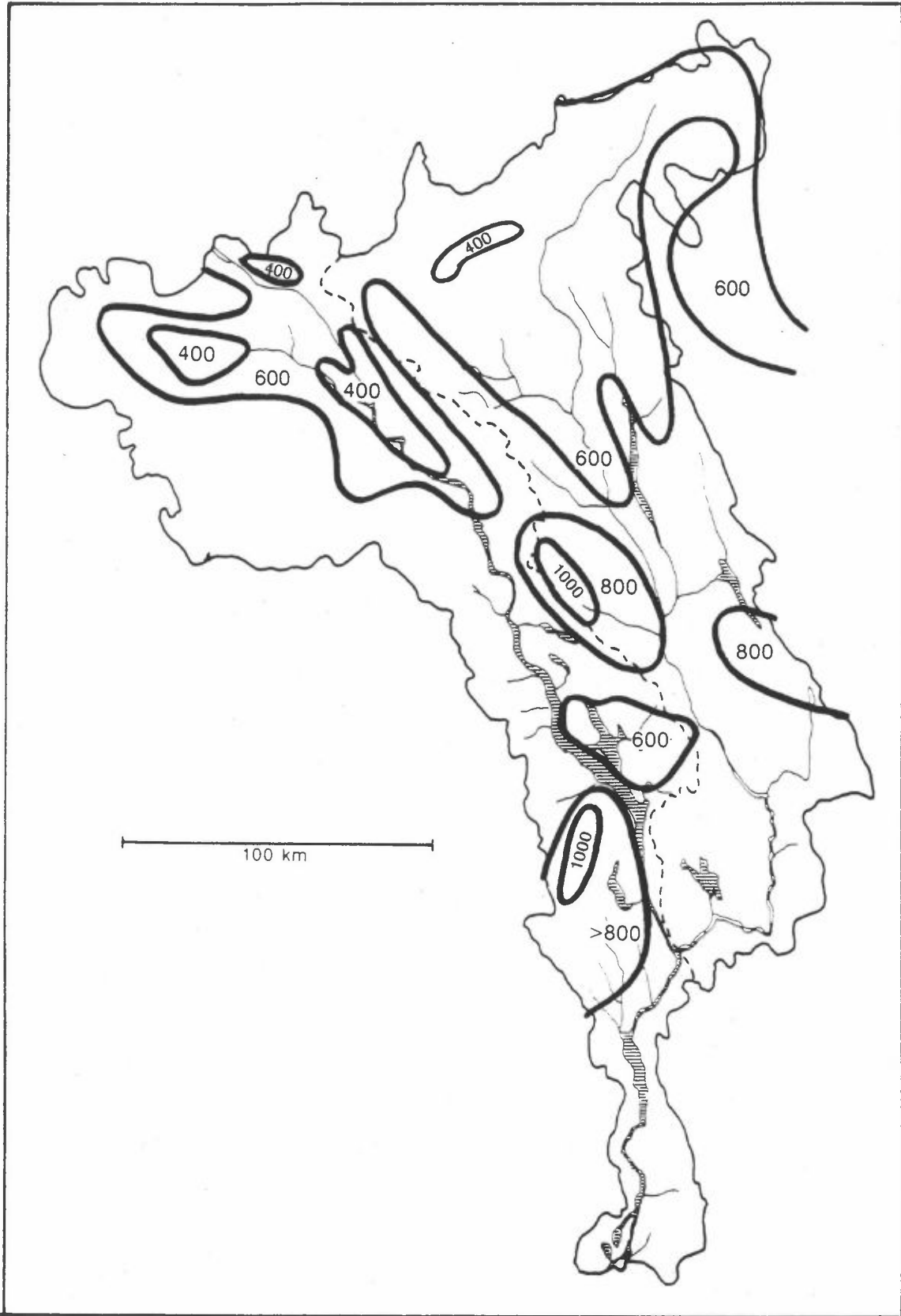


Figur 1: Årlig tilførsel av sulfat med nedbør, 1983-1987.  
Enhet g S/m<sup>2</sup> år.

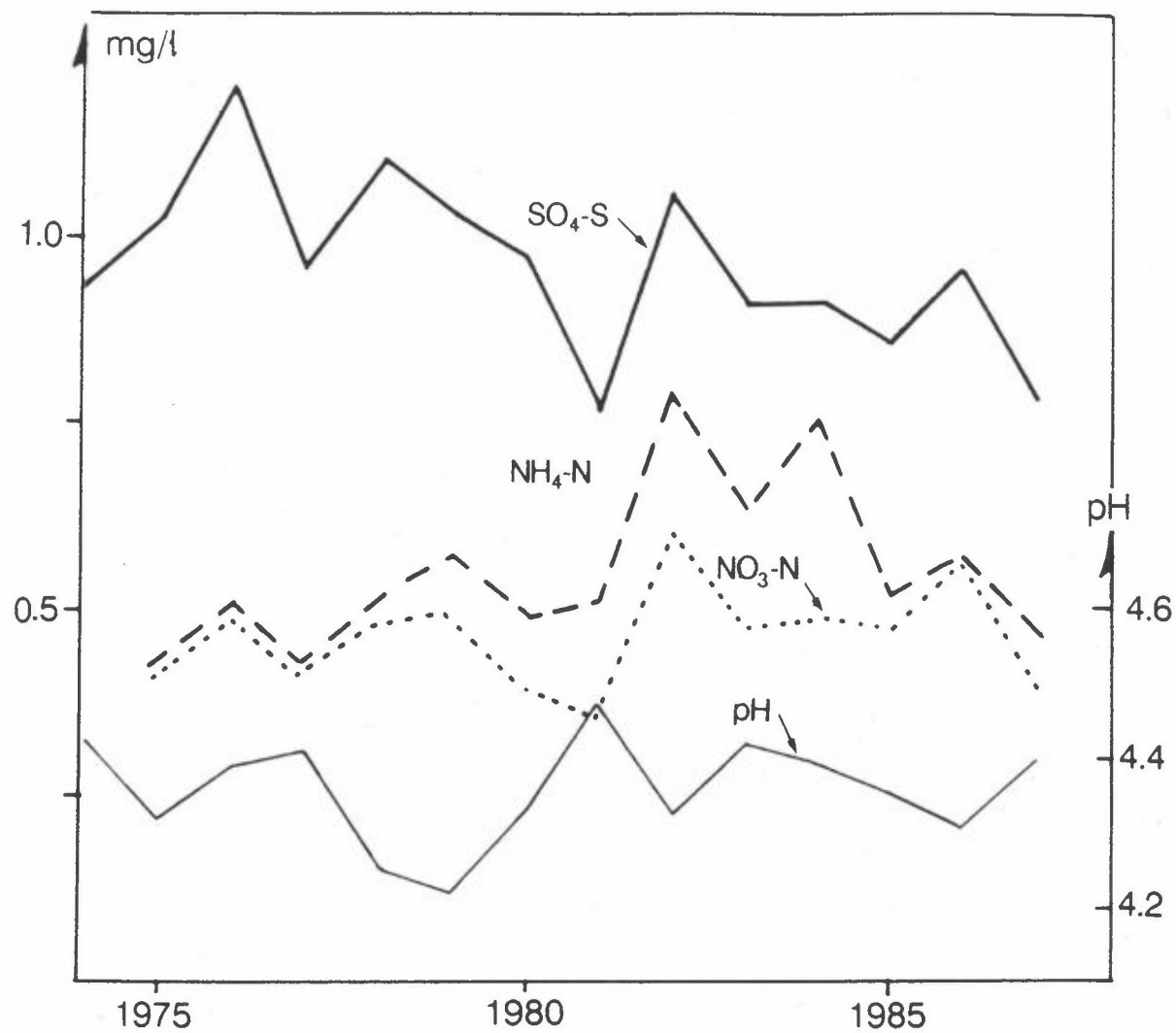


Figur 2: Årlig tilførsel av nitrogen ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{HN}_4\text{-N}$ ) med nedbør, 1983-1987.

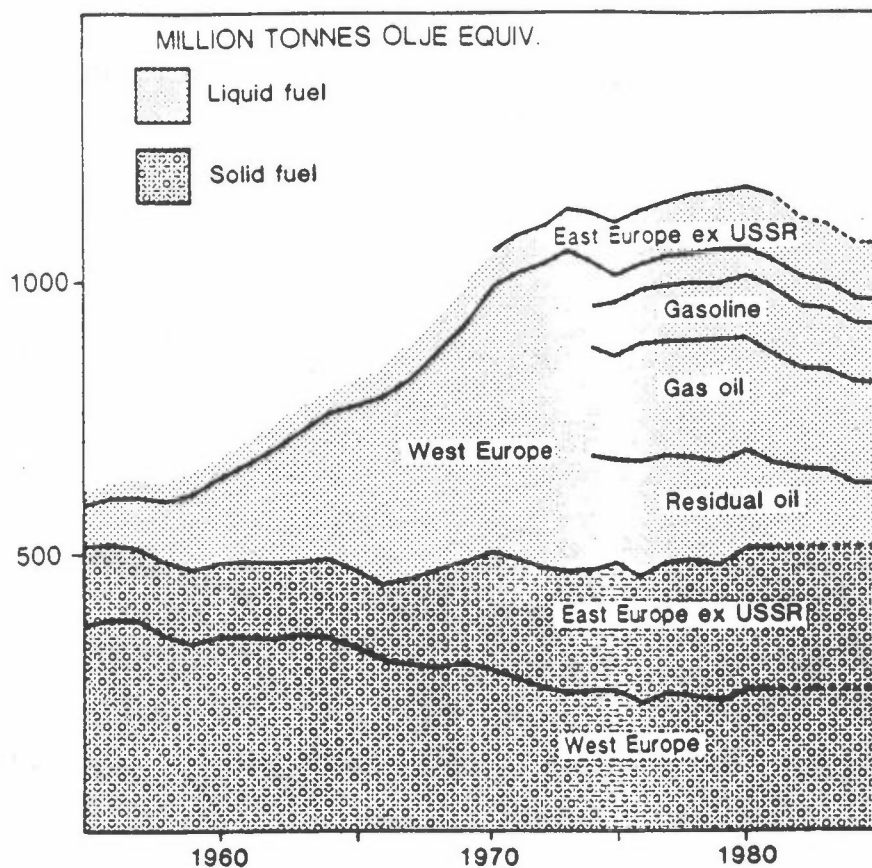
Enhet: g N/m<sup>2</sup> år.



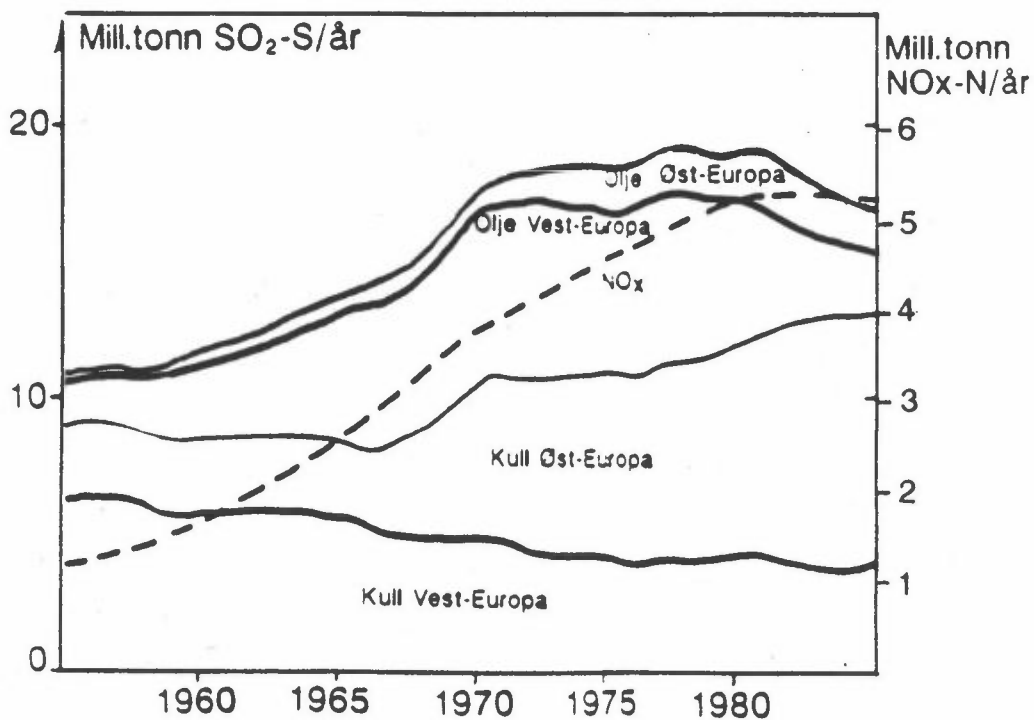
Figur 3: Årlig nedbørmengde 1931-1960. Etter Meteorologisk institutt.



Figur 4: Årsmiddelkonsentrasjon av sulfat, nitrat og ammonium 1974-1987. Løken i Høland.



Figur 5: Forbruk av kull og olje i Europa, 1955 til 1985.



Figur 6: Utslipp av svovel og  $\text{NO}_x$  i Europa fra forbrenning av kull og olje, 1955 til 1985.

