

ATMOSFÆRISK TILFØRSEL AV NÆRINGSSALTER TIL INDRE OSLOFJORD

**Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research**



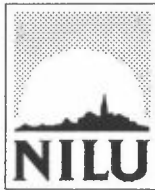
NILU: OR 55/99
REFERANSE: O-2038
DATO: SEPTEMBER 1999
ISBN: 82-425-1119-5

Atmosfærisk tilførsel av næringsalter til indre Oslofjord

Wenche Aas

Innhold

	Side
1 Innledning.....	3
2 Tilførsel av nitrogen	3
3 Tilførsel av fosfor.....	5
4 Referanser.....	6



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKSRAAPPORT	RAPPORT NR. OR 55/99	ISBN 82-425-1119-5 ISSN 0807-7207	
DATO 5.10.1999	ANSV. SIGN. 	ANT. SIDER 7	PRIS NOK 15,-
TITTEL Atmosfærisk tilførsel av næringsalter til indre Oslofjord		PROSJEKTLEDER Wenche Aas	
		NILU PROSJEKT NR. O-2038	
FORFATTER(E) Wenche Aas		TILGJENGELIGHET Åpen	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Arne Rosendahl	
OPPDRAKSGIVER Fagrådet for indre Oslofjord Postboks 4735 Sofienberg 0506 OSLO			
STIKKORD Indre Oslofjord	Nitrogen	Fosfor	
REFERAT På oppdrag fra Fagrådet har NILU beregnet hvor stort bidrag den atmosfæriske tilførselen av total nitrogen og fosfor har til indre Oslofjord. Man kan neglisjere det lokale bidraget av nitrogen og anta med stor sannsynlighet at tilførselen er på samme nivå som bakgrunnsnivået i området, dvs en deposisjon på 600-700 mg N/m ² år for perioden 1996-1998. For fosfor er estimatene mer usikre da man vet relativt lite om atmosfærisk fosfor. Visse undersøkelser indikerer at deposisjonsnivået ligger på ca 30 mg P/m ² år.			
TITLE Atmospheric contribution of nutrients to the inner Oslofjord			
ABSTRACT			

Innhold

	Side
1 Innledning.....	3
2 Tilførsel av nitrogen.....	3
3 Tilførsel av fosfor	6
4 Referanser.....	6

Atmosfærisk tilførsel av næringsalter til indre Oslofjord

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Fagrådet for indre Oslofjord kartlagt den atmosfæriske tilførselen av total nitrogen og fosfor til indre Oslofjord. Fagrådet ønsker å få en total oversikt av tilførselen av næringsalter til Oslofjorden og atmosfærisk tilførsel vil kunne utgjøre et vesentlig bidrag.

Forurensninger til atmosfæren kan enten avsettes i den form som de slippes ut, såkalte primære forurensninger eller de kan transformeres underveis. Etter utslippet vil forurensningene kunne omdannes til andre komponenter og danne såkalte sekundære forurensninger. Vanlige reaksjoner er oksidasjon og fotokjemiske reaksjoner, de kan løses i dråper eller adsorberes på partikler med etterfølgende reaksjoner. Forurensningen kan enten avsettes lokalt eller transporteres over større avstander og avsettes i form av gass, partikler eller via nedbør. Avstanden er avhengig av hvilken type forurensning vi snakker om (gass, partikler, dråper) og meteorologiske forhold som vindhastigheter, turbulens, nedbør etc. Generelt kan man si at store partikler vil avsettes relativt nære utslippskilden. Små partikler (0,1–1 μm) har derimot liten fallhastighet og luftstrømmene kan transportere dem meget langt. De avsettes noe lettere på røe overflater sammenlignet med glatte overflater og da vann har en glatt overflate vil små partikler i mindre grad avsettes der enn på vegetasjon. Avsetningshastigheter for gasser er avhengig av reaktiviteten til gassen og egenskaper til overflaten, dette vil diskuteres nærmere for de enkelte komponenter.

2 Tilførsel av nitrogen

Det finnes gode estimater for den regionale avsetningen av nitrogen, NILU har drevet regelmessig overvåkning av luft og nedbør siden 1971; overvåkning av nitrogen i nedbør startet i 1974. I Europa er ulike forbrenningsprosesser den største antropogene kilden av oksidert nitrogen (NO_x), hvor biltrafikken utgjør det største bidraget. I tillegg til oksiderte nitrogenforbindelsene, vil gårdsdrift med husdyrhold slippe ut betydelig mengder av redusert nitrogen (NH_3). Forbrenningsprosessene avgir nitrogenoksidene NO og NO_2 . NO oksideres lett av ozon til NO_2 som igjen oksideres til HNO_3 ; den sistnevnte reaksjonen er noe langsommere med en reaksjonstid på ca et døgn avhengig av omgivelsene. Salpetersyre er meget reaktivt og vil avsettes raskt eller reagere videre og danne nitratpartikler. Ammoniakk er også meget reaktivt og avsettes nære kilden, men NH_3 vil bl.a. kunne reagere med sulfat fra oksidert svoveldioksid og danne saltpartikler av $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Da disse partiklene er små og har liten fallhastighet, vil luftstrømmene kunne transportere dem langt.

I Norge skyldes den atmosfæriske forurensning hovedsakelig langtransportert forurensning fra Europa, Norges eget utslipp utgjør ca 20% av den totale nitrogenavsetningen. I tillegg til langtransporterte luftforurensninger kan man ha et bidrag

fra lokale forurensningskilder. Den lokale kilden av oksidert nitrogen i Oslo vil i all hovedsak være biltrafikk. Biltrafikken utgjør ca 80% av det totale NO_x utslippet i fastlands-Norge. I Oslo er den lokale NO_2 konsentrasjonen opp til 100 ganger høyere enn bakgrunnskonsentrasjon, avhengig av hvor i Oslo og hvilken årstid vi snakker om. Men nitrogenoksider er veldig lite vannløselige og avsettes hovedsakelig på vegetasjon. NO_2 vil derfor kun gi et forholdsvis lite bidrag til Oslofjorden. Da oksidasjon av NO_2 til HNO_3 er relativt langsom, kan man også neglisjere dannelsen av salpetersyre og dermed også nitratpartikler. Ammoniakk konsentrasjonen antas å være i størrelsesorden lik den som observeres på bakgrunnsstasjonene på østlandsområdet. Det antas derfor at lokale bidrag av både oksidert og redusert nitrogen vil være små slik at tilførselen vil kunne estimeres fra representative bakgrunnsstasjoner.

NILUs overvåkningsstasjoner for måling av langtransporterte luftforurensninger representerer ulike områder i Norge. Det finnes ingen stasjoner direkte i Oslofjorden, men målestasjoner i nær tilknytning vil kunne gi et representativt bilde av hele området. Hvis vi ser på målestasjoner lokalisert på Sør- og Østlandsområdet for perioden 1996-98 (Tørseth og Manø, 1997; Lükewille et al., 1998; Tørseth et al., 1999a), ser vi en sterk gradient i konsentrasjonene, fra Birkenes i Sør Norge til Prestebakke og Lardal og videre nord til Nordmoen/Hurdal og Løken i Høland, se tabell nedenfor. Nedfallet i Oslofjorden ligger sannsynligvis ved en middelvei på 0,40 mg/l for nitrat og 0,38 mg/l for ammonium-N. Nedbørmengden i Oslofjorden er på ca. 800 mm per år, noe som vil gi en total deposisjon på 600 -700 mg/m^2 år.

Tabell 1: Årlige middelkonsentrasjoner av nitrogenkomponenter i luft og nedbør på norske bakgrunnsstasjoner, 1996–1998.

		Nedbør	Middelkons. i nedbør,		Kons. i luft,	
			mg N/liter		$\mu\text{g N/m}^3$	
		mm	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	sum- NO_3	sum- NH_4
Nordmoen	1996	837	0,34	0,23	0,28	0,60
	1997	775	0,31	0,26		
	1998	817	0,28	0,21		
Hurdal	1997	689	0,33	0,24	0,23	0,53
	1998	853	0,29	0,28	0,18	0,42
Løken	1996	673	0,39	0,39		
	1997	549	0,41	0,41		
	1998	717	0,38	0,38		
Lardal	1996	940	0,36	0,29		
	1997	640	0,45	0,43		
	1998	975	0,42	0,36		
Prestebakke	1996	656	0,56	0,43	0,32	0,81
	1997	813	0,39	0,29	0,24	0,58
	1998	842	0,45	0,38	0,24	0,56
Birkenes	1996	1192	0,53	0,47	0,29	0,57
	1997	1244	0,50	0,45	0,24	0,54
	1998	1596	0,44	0,41	0,19	0,41

I NILUs overvåkningsprogram måles summen av $\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-$ partikler og summen av $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+$ partikler. Sum $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ består hovedsakelig av ammonium og for sum nitrat utgjør salpetersyre ca 25% (Tørseth et al., 1999b). Konsentrasjonene av sum nitrat-N og sum ammonium-N kan brukes til et forsiktig anslag over tørravsetningen. Tørravsetningshastigheter som vanligvis benyttes er for HNO_3 : 1,5-2,5 cm/s, NH_3 : 0,1-0,7 cm/s NO_3^- og NH_4^+ partikler: 0,2-0,6 cm/s. Disse hastighetene reflekterer avsetning på vegetasjon og vil ikke være representative for avsetning på vannoverflaten. En avsetningshastighet på 0,1 cm/s for små partikler vil gi et grovt overslag over øvre verdi for tørravsetning av nitrogen. For ammonium-N kan tørravsetningen estimeres til: $31,5 \cdot 10^6 \text{ s/år} \cdot 0,1 \text{ cm/s} \cdot 0,5 \mu\text{g/m}^3 = 15 \text{ mg N/m}^2 \text{ år}$. HNO_3 avsettes lett på alle overflater og for å beregne maksimum tørravsetning av nitrat partikler + HNO_3 kan en hastighet på 0,5 cm/s benyttes: $31,5 \cdot 10^6 \text{ s/år} \cdot 0,005 \text{ m/s} \cdot 0,2 \mu\text{g/m}^3 = 30 \text{ mg N/m}^2 \text{ år}$. Selv om kun et grovt overslag og sannsynligvis overestimerte avsetningshastigheter er benyttet, viser dette at tørravsetning bare vil gi et lite bidrag til den totale nitrogentilførselen.

De observerte måledataene kan utnyttes sammen med meteorologiske data til å beregne avsetningen i et større område enn akkurat rundt målestasjonen. Dette kan gjøres ved å benytte ulike statistiske metoder hvor de enkelte dataene fra målestasjonene blir interpolert ved hjelp av meteorologiske observasjoner for å beregne konsentrasjonen i områder der det ikke finnes målestasjoner. Dette har blitt gjort for perioden 1992-1996 (Tørseth og Semb, 1997). Den gjennomsnittlige årlige deposisjonen av total langtransportert oksidert og redusert nitrogen lå på henholdsvis 400–500 og 300-400, dvs totalt 700-900 $\text{mg N/m}^2 \text{ år}$. Disse verdiene inkluderer både våt- og tørravsetning i området rundt Oslofjorden. Ca 30 prosent av den totale nitrogendeposisjonen er som tørravsetning, dvs at våtavsetningen som tilføres Oslofjorden i denne perioden utgjorde i størrelsesorden 500-650 $\text{mg N/m}^2 \text{ år}$. Dette er verdier som også er representative for de observasjoner som ble gjort i perioden 1996-98 nevnt over.

En annen strategi vil være å utnytte utslippsdata og modellere hvor stor deposisjon dette vil resultere i. I EMEP programmet for 1996 (EMEP/MSC-W, 1998) ble det beregnet at i underkant av 300 $\text{mg N/m}^2 \text{ år}$ av total redusert nitrogen og ca 450 $\text{mg N/m}^2 \text{ år}$ av total oksidert nitrogen avsettes i dette området. Avsetningen vil være noe lavere med tanke på at tørravsetningen i Oslofjorden er mindre enn for området rundt.

Ved å utnytte tre ulike strategier for beregning av nitrogendeposisjon, som alle gir overensstemmende verdier, kan man med rimelig stor sikkerhet konkludere med at tilførselen til indre Oslofjord er mellom 600 og 700 $\text{mg N/m}^2 \text{ år}$. Et estimert overslag av arealoverflaten til indre Oslofjord på 110 km^2 vil gi en total tilførsel av atmosfærisk nitrogen på mellom 66 og 77 tonn. Dette utgjør ca 2% av den totale tilførselen av nitrogen i følge Fagrådets rapport om tilførsler til indre Oslofjord i 1996 (Nedland, 1997).

3 Tilførsel av fosfor

I motsetning til nitrogen er fosforforbindelser lite flyktige, dvs at i luft vil fosfor i hovedsak være bundet til partikler. Konsentrasjonsnivået kan være lavt noe som kan gjør analysene noe usikre. Kildene er også mer varierte og usikre enn for nitrogen. Fosfordeposisjonen kan variere betydelig avhengig av industri, gårdsdrift og annen menneskelig aktivitet. Kilden til fosforforbindelsene kan være uorganiske mineralpartikler fra forbrenning av kull (flyveaske), eller fra prosessindustrien bl.a. fra sementproduksjon og jern- og stålverk. Disse fraksjonene utgjør 5-10% av en samlet partikkel konsentrasjon og er omtrentlig det samme som jordskorpen gjennomsnittlige sammensetning. En annen viktig komponent er partikler av biologisk opprinnelse; pollen, sporer og fragmenter av planter og dyr. Undersøkelser viser at dette kan utgjøre 30% av den totale partikkel konsentrasjonen (Matthias-Maser og Jaenicke, 1993). Enkelte undersøkelser indikerer at fosfortilførselen er større i skogsområder enn i åpne terreng, ved innsjøer og ved kysten (Persson og Broberg, 1985).

Lite studier er gjort på luftforurensninger av fosforforbindelser, det er derfor stor usikkerhet over hvor stort bidrag dette vil gi. Årsaken til at dette ikke har vært prioritert er at den atmosfæriske tilførsel er mye mindre enn tilførsel via andre kilder og sjeldent vil ha noen innvirkning, men dette er selvsagt kun antagelser som ikke nødvendigvis er gjeldene i alle vassdrag og regioner. Enkelte studier viser at atmosfærisk fosfor kan gi stort bidrag. NILU i samarbeid med NIVA har et pågående studie for å kartlegge og vurdere atmosfærisk fosfordeposisjon i Norge.

I Sverige er det gjort noen undersøkelser som viser en fosfordeposisjon i intervallet 6-10 mg P/m² år (Löfgren og Olsson, 1990). Dette er ikke i overensstemmelse med en norsk undersøkelse i Telemarksområdet (Rognerud et al., 1979) der den atmosfæriske tilførsel av fosfor lå i områder 20-86 mg P/m² år med et gjennomsnitt på 34 mg P/m² år. En undersøkelse gjort ved Tyrifjorden viser en variasjon mellom 13-30 mg P/m² år (Berge, 1983). Danske undersøkelser (Hovmand et al., 1993) viser en årlig deposisjon av fosfor på fra 6 mg P/m² opp til 30 mg P/m². Disse store forskjellene kan tyde på systematiske/metodiske feil i prøvetaking- og/eller analyseprosedyrene. Det er derfor vanskelig å gi noen eksakte verdier på den atmosfæriske tilførsel av fosfor til Oslofjorden, kun et meget grovt estimat kan angis. Observasjoner ligger i området 6-100 mg P/m² år. Vanligvis opererer man med en et deposisjonsnivå på ca 10 mg P/m² år i Nord-Norge og 30 mg P/m² år på Sør- og Øst-Norge. Dvs at man kan anta en total deposisjon av atmosfærisk fosfor på ca 3 tonn som utgjør 3-4% av den totale tilførselen av fosfor til indre Oslofjord (Nedland, 1997).

4 Referanser

Berge, D. (1983) Tyrifjorden. Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981. Sammenfattende sluttrapport fra Tyrifjordutvalget.

EMEP/MS-C-W (1998) Transboundary acidifying air pollution in Europe. Part 2. Oslo, Norwegian Meteorological Institute (MS-C-W status report 1/98).

- Hovmand, M.F., Grundahl, L., Runge, E.R., Kemp, K. og Aistrup, W. (1993) Atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1992. Roskilde (DMU. Faglig rapport 91).
- Lükewille, A., Manø, S. og Tørseth, K. (1998) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1997. Kjeller (NILU OR 33/98). (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 736/98).
- Löfgren, S. og Olsson, H. (1990) Tilførsel av kväve och phosfor till vattendrag i Sveriges inland. Solna (Naturvårdsverket Rapport 3692).
- Matthias-Maser, S. og Jaenicke, R. (1994) Examination of atmospheric bioaerosol particles with radii $> 0.2 \mu\text{m}$. *J. Aerosol Sci.*, 25, 1605-1613.
- Nedland, K. T. (1997) Tilførsler til indre Oslofjord 1996. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord rapportnummer 65. Aquateam rapportnummer 97-126
- Persson, G. og Broberg, O. (1985) Nutrient concentrations in the acidified lake Gårdsjön: The role of transport and retention of phosphorus, nitrogen and DOC in watershed and lake. *Ecol. Bull Stockholm*, 37, 158-175.
- Rognerud, S., Berge, D. og Johannessen, M. (1979) Telemarkvassdraget. Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-1979. Oslo (NIVA rapport 1147).
- Tørseth, K., Berg, T., Hanssen, J.E. og Manø, S. (1999a) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1998. Kjeller (NILU OR 27/99). (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 768/99).
- Tørseth, K. og Manø, S. (1997) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1996. Kjeller (NILU OR 33/97). (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 703/97).
- Tørseth, K og Semb, A. (1997) Deposition of major inorganic compounds in Norway 1992-1996. Kjeller (NILU OR 67/97).
- Tørseth, K., Semb, A., Schaug, J., Hanssen, J.E. og Aamlid, D. (1999b) Processes affecting deposition of oxidised nitrogen and associated species in the coastal areas of Norway. *Atmos. Environ.*, in press.