



# Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport nr.: 430/90

---

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

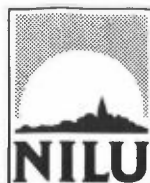
---

Deltakende institusjon: NILU

---

## Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990

Framdriftsrapport nr 3 pr 1.9.1990



---

Norsk institutt for luftforskning



## Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør  
grunnvann  
vassdrag og fjorder  
havområder  
skog**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

**gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.**

**registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.**

**påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.**

**over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.**

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo 1, tlf. 02 - 57 34 00.

NILU OR : 79/90  
REFERANSE: O-8842  
DATO : NOVEMBER 1990  
ISBN : 82-425-0211-0

**BASISUNDERSØKELSE AV LUFTFORURENSNINGER  
I SØR-VARANGER 1988-1990**

FRAMDRIFTSRAPPORT NR. 3 PR. 1.9.1990

L.O. Hagen, J.F. Henriksen,  
M.J. Aarnes og B. Sivertsen

Utført etter oppdrag fra  
Statens forurensningstilsyn

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 64, 2001 LILLESTRØM  
NORGE

## FORORD

I 1988 fikk Norsk institutt for luftforskning (NILU) i oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) å planlegge en større undersøkelse av forurensningssituasjonen i Sør-Varanger. Hensikten var å kartlegge forekomst og omfang av luftforurensninger og virkningene på det akvatiske og terrestriske miljøet. Planleggingen ble utført i samarbeid med følgende institusjoner, som hver utarbeidet forslag til egne del-undersøkelser: Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norsk institutt for skogforskning (NISK), Forskningsstiftelsen ved Universitetet i Tromsø (FORUT), Botanisk institutt og Kjemisk institutt ved Den allmennvitenskaplige høgsolen (AVH) og Norges veterinærhøgskole (NVH).

NILUs forslag til undersøkelser omfattet målinger av luftkvalitet, nedbørkvalitet, meteorologiske forhold og atmosfærisk korrosjon, feltundersøkelser av korrosjonsskader på reingjerder, organiske komponenter i luft, intensivstudie av transport av luftforurensninger over grensa fra Sovjetunionen til Norge, samt beregninger av konsentrasjoner og avsetning av luftforurensninger basert på informasjon om utslippsmengder og meteorologiske forhold.



## SAMMENDRAG

Målinger av luftforurensninger i Sør-Varanger har pågått siden 1974. For tiden måles Norges høyeste SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i dette området. Det er funnet høye konsentrasjoner av tungmetallene krom, kobolt, kopper, nikkel, arsen og selen i mose og lav i undersøkelser i 1976, 1977, 1978 og 1981. En rekke innsjøer har mistet motstandskraften mot forsurening. Det er i lengre tid observert sviskader av SO<sub>2</sub> på blad og barnåler. Lavforekomsten er sterkt redusert i områder med høy SO<sub>2</sub>-konsentrasjon.

Det er utført målinger av luft- og nedbørkvalitet, meteorologiske forhold og korrosjon. Luftkvalitetsmålingene omfatter svoveldioksid og svevestøv på sju stasjoner. Nedbørkvalitet måles på tre stasjoner og meteorologiske forhold på to stasjoner. I tillegg har Det norske meteorologiske institutt to stasjoner i området. Korrosjon måles på fem stasjoner.

De meteorologiske målingene i Sør-Varanger omfatter vindretning, vindstyrke, temperatur og relativ fuktighet i Svanvik og på Viksjøfjell, samt stabilitetsforhold og turbulens på Viksjøfjell. Vindmålingene i perioden oktober 1989-mars 1990 viste at vinder fra sørlig og sørvestlig kant dominerte. Vindstyrken var langt høyere på Viksjøfjell (400 m.o.h.) enn i Svanvik. Temperaturen i oktober 1989 avvek lite fra normalen. Det var varmere enn normalt i november, februar og mars, mens desember og januar var kaldere enn normalt.

SO<sub>2</sub> måles med kontinuerlig registrerende instrumenter på Viksjøfjell, Karpdalen og Svanvik og med døgnprøvetaker i Kirkenes, Karpdalen, Holmfoss, Svanvik, Kobbfoss og Noatun. Kontinuerlig registrerende instrumenter er nødvendige for å måle toppkonsentrasjoner i episoder, for å se hvor lenge episodene varer, og hvor ofte de forekommer. Knyttet til samtidige vindmålinger kan SO<sub>2</sub>-målingene også benyttes til å forklare forskjellige kilders betydning for SO<sub>2</sub>-belastningen.

På de målestasjonene som også tidligere har hatt SO<sub>2</sub>-målinger, Kirkenes, Karpdalen, Holmfoss og Svanvik, viste målingene i perioden oktober 1989-mars 1990 middelveier på samme nivå som tidligere vinterperioder og høyere enn vinteren 1988/89.

Også på Viksjøfjell og på Kobbfoss ble det målt høyere middelveier av SO<sub>2</sub> vinteren 1989/90 enn vinteren 1988/89. På alle stasjoner ble det målt korttidskonsentrasjoner (timesmidler og døgnmidler) til dels langt over norske og internasjonale forslag til grenseverdiene. På Viksjøfjell og i Karpdalen lå også halvårsmiddelveierne vinteren 1989/90 innenfor intervallet for det norske forslaget til grenseverdiene.

De fleste og største overskridelsene av grenseverdiene for SO<sub>2</sub> ble målt på Viksjøfjell. Vindforholdene i området er slik at områdene mellom Viksjøfjell og grensa antagelig er enda mer belastet. På Viksjøfjell var middelveien 59 µg/m<sup>3</sup>, høyeste døgnmiddelvei var 1063 µg/m<sup>3</sup>, og høyeste timesmiddelvei var 3121 µg/m<sup>3</sup> i vinterhalvåret 1989/90. Tilsvarende grenseverdiene er satt til henholdsvis 40-60 µg/m<sup>3</sup> (norsk forslag), 100-150 µg/m<sup>3</sup> (norsk forslag) og 350 µg/m<sup>3</sup> (Verdens helseorganisasjon) for virkninger på helse. For virkninger på vegetasjon er grenseverdiene noe lavere.

Målingene viste ellers at SO<sub>2</sub>-belastningen avtar sørover i Pasvik, og Noatun hadde kun et døgn med overskridelse av grenseverdien for døgnmiddel. De kontinuerlige registreringene av SO<sub>2</sub> sammenholdt med vindretning viser klart at de sovjetiske nikkilverkene i Nikel og Zapoljarnij er hovedkildene til SO<sub>2</sub> i Sør-Varanger. Lokalt har imidlertid også utslippene fra A/S Sydvaranger i Kirkenes betydning.

Målinger av svevestøv midlet over 2-3 døgn på Viksjøfjell viste konsentrasjoner godt under grenseverdien fra Verdens helseorganisasjon. Mer interessant enn svevestøvmengden er imidlertid mengden av tungmetaller. Tidligere undersøkelser av tungmetaller i mose og lav har vist til dels sterkt forhøyede verdiene langs grensa mot Sovjetunionen. Støvprøvene fra 1990 analyseres

for mengden av tungmetallene Cr, Co, Ni, Cu, As, Fe, Cd, Zn, V, Mn, Pb og Sb. Disse analysene vil bli gjennomført på prøver både fra norske og sovjetiske stasjoner.

Nedbørkvalitet måles på tre stasjoner, Dalelva ved Jarfjorden (NIVAs overvåkingsfelt), Svanvik (ledd i NISKs skogovervåkingsprogram) og Noatun. Prøvene tas over en uke med skifte hver mandag, samt den første dagen i hver måned.

Målingene vinteren 1989/90 viste at Dalelva hadde noe lavere pH i nedbøren enn de to andre stasjonene, men forskjellen var liten. Nedbøren i området hadde omtrent samme surhetsgrad som tidligere år i Svanvik. Heller ikke konsentrasjonene av  $SO_4$ ,  $NO_3$ ,  $NH_4$ , Ca og K i nedbøren varierte noe særlig mellom stasjonene, men Dalelva hadde noe høyere sulfatkonsentrasjoner enn de to andre stasjonene. Ingen av stasjonene viste høye verdier sett i forhold til tidligere målinger i Svanvik og på bakgrunnsstasjoner ellers i landet. De målte konsentrasjonene av Cl, Mg og Na skyldes sjøsalt.

Nedbørprøvene analyseres også for konsentrasjonen av tungmetallene Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, As, Co og Cr. I tillegg til avsetning med nedbør kan støvpartiklene sedimentere i prøvetakerne. Konsentrasjonene av Pb og Cd var på samme nivå som det en vanligvis finner på bakgrunnsstasjonene ellers i landet, mens Zn viste noe høyere verdier. Ni, Cu og As regnes som sporelementer fra nikkerverkene. Tungmetaller er analysert i nedbøren i Svanvik siden mars 1987. Prøvene fra vinterhalvåret 1989/90 viste en del variasjon mellom de tre stasjonene, der Dalelva hadde de høyeste kvartalsmiddel-konsentrasjonene og Noatun de laveste. I forhold til vinterhalvåret 1988/89 lå konsentrasjonene vinteren 1989/90 noe høyere eller på samme nivå, bortsett fra i 1. kvartal 1990 i Svanvik, der konsentrasjonen av Ni var lavere enn året før.

I april 1990 ble det på norsk side samlet inn snøprøver fra 20 lokaliteter for analyse av hovedkomponenter og tungmetaller. Resultatene viste at konsentrasjonene av tungmetallene Ni, Cu



og As fulgte samme mønster som  $\text{SO}_2$  i grenseområdene, mens det for  $\text{SO}_4$  og pH var vanskeligere å finne et systematisk mønster. Surheten var minst (høy pH) på stasjonene nærmest Nikel. Dette kan skyldes at støvutslippet fra verket er basisk og at utfellingsmekanismene for partikler og svovel i nedbør (snø) fungerer forskjellig og gir nedfall på ulike avstander. Det basiske nedfallet skjer nær kildene, det sure på større avstander.

Korrosjonsundersøkelsen har som formål å kartlegge korrosjonsforholdene i området, finne sammenhengen mellom korrosjon og miljøbelastning og å vurdere ulike materialer til bruk i reingjerder i området. Resultatene som er presentert i denne rapporten omfatter alle ikke tidligere rapporterte data fram til 1.4.1990. Alle metallene viste samme tendens med høyest korrosjon på Viksjøfjell og lavest i Pasvik ved Kobbfoss og Noatun. De ulike sinkkvalitetene hadde høyest korrosjon ved utsetting om våren, mens stål korroderte mest ved utsetting om høsten. Prøver fra januar 1990 avvek fra de andre stålprøvene med lavkorrosjon på alle stasjonene. Lavest korrosjon var det på Svanvik, mens Kobbfoss og Noatun bare hadde litt lavere korrosjon enn Viksjøfjell.

Det gjennomføres også et felles måleprogram av luftkvalitet og nedbørkvalitet på tre stasjoner både på sovjetisk og norsk side av grensa i 1990. Dette ble resultatet av drøftinger i 1989 i Arbeidsgruppen for luftforurensninger under Den blandete norsk-sovjetiske kommisjon for samarbeid på miljøvernområdet. En ekspertgruppe står for planleggingen og gjennomføringen av måleprogrammet. Måleprogrammet omfatter nedbørkvalitet og konsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  og tungmetaller (Ni, Cu, Co, Cr og As). Norge har stilt til disposisjon nødvendig måleutstyr til de sovjetiske stasjonene.  $\text{SO}_2$ -instrumentene er kontinuerlig registrerende og har utstyr for lagring av data. Svevestøvprøvene tas som døgnmiddelverdier, mens nedbørkvalitet måles på ukebasis. Målingene på sovjetisk side kom i gang i januar/februar 1990. NILU har mottatt måledataene for  $\text{SO}_2$  fra de tre sovjetiske stasjonene for perioden januar-juni 1990. Måledata for

SO<sub>2</sub> fra Viksjøfjell, Karpdalen og Svanvik for perioden januar-september 1990 er sendt til det sovjetiske sentret. På ekspertgruppens møte i Apatity i juni 1990 ble det foreslått å forlenge det felles måleprogrammet i sin nåværende form fram til 1.4.1991 for å få felles målinger gjennom en hel vinter-sesong.

Et ett-årig fellesprogram for korrosjon ble startet i juni 1990. Måleprogrammet, som er det samme på norsk og sovjetisk side av grensen, foregår på de samme tre sovjetiske målestasjonene som luft- og nedbørkvalitetsmålingene. På norsk side brukes de samme fem målestasjonene som i basisundersøkelsen.

Fellesprogrammet i grenseområdet omfatter også anvendelse av forskjellige typer modeller for lokal spredning av forurensninger over avstander inntil 100 km fra utslippskildene. Partene skal stille nødvendige utslippdata og meteorologiske data til rådighet. Meteorologiske data fra Viksjøfjell for perioden 1.12.1988-31.7.1990 er sendt til det sovjetiske sentret. NILU har mottatt data for vindretning og vindstyrke fra en stasjon i Nikel for 1989. Målingene i Nikel er utført hver tredje time.



## AIR POLLUTION EVALUATION IN SØR-VARANGER, FINNMARK 1988-1990

PROGRESS REPORT OCTOBER 1989-MARCH 1990

**SUMMARY**

The Norwegian Institute for Air Research (NILU) has been measuring air pollutants in the border areas between Norway and the Soviet Union since 1974. The Norwegian State Pollution Control Authority (SFT) asked NILU to plan and carry out a comprehensive investigation of air quality, precipitation chemistry, atmospheric corrosion and various environmental impacts starting from October 1988.

Air quality data are collected at 7 locations, precipitation chemistry at 3 locations, meteorological parameters at 2 locations and atmospheric corrosion data are observed at 5 locations. All these data are presented in this report, which is a third status report covering the period October 1989 to March 1990.

SO<sub>2</sub> is measured continuously at Viksjøfjell, Karpdalen and Svanvik while diurnal samples are collected at Kirkenes, Karpdalen, Holmfoss, Svanvik, Kobbfoss and Noatun. Continuous measurements of SO<sub>2</sub> are necessary to capture the high short term peak concentrations during episodes. A typical feature of SO<sub>2</sub> concentrations at the monitoring stations is represented by low long term average concentrations while the peak values (less or equal to 24 hour averages) are well above air quality guidelines.

During the winter season 1989-1990 (October to March) the general SO<sub>2</sub> concentrations at the monitoring stations were higher than measured during the winter season 1988-1989. The short term average concentrations were far above the Norwegian

and international guidelines and at Viksjøfjell and in Karpdalen even the 6 month averages were within the interval for the Norwegian guideline. At Viksjøfjell, where the highest values were most often measured, the average value during the monitoring period was  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , the highest 24-hour average was  $1\ 063 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , and the highest 1-hour average value was  $3\ 121 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . The guidelines for protection of human health are  $40\text{-}60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Norway),  $100\text{-}150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Norway) and  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (World Health Organization - WHO), respectively. The guidelines values for protection of vegetation are even lower.

The measurements also indicate that  $\text{SO}_2$ -concentrations increase from southwest towards northeast, from the southern part of Pasvik to Grense-Jakobselv.

Continuous measurements of nitrogen oxides were only performed during the winter season 1988-1989. These measurements showed low concentrations of  $\text{NO}_x$ .

Measurements of suspended particles at Viksjøfjell also show concentrations well below the guideline values suggested by WHO. Specific analysis of metals in the air collected on filters show in previous studies that some of the heavy metals are well above typical background values measured in the southern part of Norway. During 1990 the exposed filters from both the Norwegian and Soviet measuring sites will be analyzed for concentrations of Cr, Co, Ni, Cu, As, Fe, Cd, Zn, V, Mn, Pb and Sb.

Precipitation chemistry indicated that the pH-value in precipitation did not vary a lot between the monitoring stations. At Dalelva the pH values were slightly lower than at Noatun and in Svanvik. Also concentrations of  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , Ca and K in precipitation are homogeneously distributed over the area, but the  $\text{SO}_4$ -concentrations at Dalelva were a little higher than the concentrations at the two other sites. Concentrations of Pb and

Cd during the winter 1989/90 were on the same level as the concentrations usually found at background stations other places in Norway, while the concentrations of Zn were a little higher.

Snow samples from 20 locations were collected on the Norwegian side along the border in april 1990. The concentration patterns of Ni, Cu and As followed the pattern of SO<sub>2</sub>. The less acid samples were in the Svanvik/Holmfoss area which is closest to the nickel works in Nikel. This may be explained by the fact that the dust emissions are basic. The basic part of the dust-deposition is close to the sources, while the acid dust deposition is far away from the source areas.

Investigations are carried out to establish the relationship between atmospheric corrosion and air quality. One reason for this was to find better materials for use in reindeer fences in the area. The highest corrosion rates were found at Viksjøfjell, which is also the most polluted area.

During 1990 a common program for studying air quality and precipitation chemistry at three sites on each side of the Norwegian-Soviet border is carried out. The Norwegian measuring sites are chosen to be Viksjøfjell, Karpdalen and Svanvik. The measurements on the Soviet side of the border were started in January/February 1990 and SO<sub>2</sub>-data for the first six months have been exchanged.

A common study of atmospheric corrosion was also started. The study is an exposure study and the measurements, that were started in June 1990, will go on for one year. The measuring sites in the Soviet Union are the same three as in the common air quality study. In Norway the measuring sites are the same five as in the basic study.



## INNHOOLD

	Side
FORORD .....	1
SAMMENDRAG .....	3
SUMMARY .....	9
1 INNLEDNING .....	15
2 PROGRAM FOR UNDERSØKELSEN .....	16
2.1 Formål med undersøkelsen .....	17
2.2 NILUs forslag til program .....	17
2.3 Andre institusjoners forslag til program ...	22
3 MÅLERESULTATER OKTOBER 1989-MARS 1990 .....	24
3.1 Meteorologiske forhold .....	25
3.1.1 Vindmålinger .....	25
3.1.2 Temperatur .....	30
3.1.3 Luftens relative fuktighet .....	31
3.2 Luftkvalitet .....	32
3.2.1 Svoveldioksid (SO <sub>2</sub> ) .....	32
3.2.2 Svevestøv og tungmetaller .....	54
3.3 Nedbørkvalitet .....	55
3.4 Analyser av snøprøver .....	63
3.5 Undersøkelse av korrosjon .....	71
4 MILJØVERNSAMARBEIDET MED SOVJETUNIONEN I GRENSE- OMRÅDET .....	75
5 REFERANSER .....	77





# BASISUNDERSØKELSE AV LUFTFORURENSNINGER I SØR-VARANGER 1988-1990

FRAMDRIFTSRAPPORT NR. 3 PR. 1.9.1990

## 1 INNLEDNING

Luftforurensningene i Sør-Varanger har vært betydelige i flere 10-år. Utslippene av SO<sub>2</sub> og tungmetaller fra Sovjetunionen (og tidligere Finland) har foregått siden før 2. verdenskrig.

I 1974 opprettet Norsk institutt for luftforskning (NILU) en målestasjon i Svanvik for døgnmålinger av SO<sub>2</sub>. Samtidig ble det opprettet fem stasjoner i Kirkenes og en stasjon på Hesseng, ca. 5 km sør for Kirkenes. Stasjonene i Kirkenes og omegn ble valgt for å måle forurensningen fra A/S Sydvaranger i Kirkenes. En av disse stasjonene, Rådhuset i Kirkenes, er stadig i drift.

I 1978 ble to nye stasjoner, Holmfoss og Jarfjordbotn, satt i drift. I august 1986 ble Jarfjordbotn erstattet av Karpdalen. Etter at smeltehytta i Sulitjelma ble nedlagt, måles Norges høyeste SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i Sør-Varanger (se f.eks. Hagen, 1990). Avsetning av tungmetaller på mose og lav ble undersøkt i 1976 og 1977 (Rambæk og Steinnes, 1980) og i 1978 og 1981 (Schjoldager, 1979 og Schjoldager, 1983). Det er funnet høye konsentrasjoner av krom, kobolt, kopper, nikkel, arsen og selen. Maksimumskonsentrasjonen av nikkel i etasjehusmose, 200 ppm, er den høyeste som er målt i Norden.

Virkningen av luftforurensningene er bl.a. undersøkt av NIVA, NISK og Botanisk institutt, AVH. Forsuringen av innsjøer i Sør-Varanger har stadig økt fra 1966 til 1986. SFT/NIVAs 1000-sjøers-undersøkelse i 1986 konkluderer med at en rekke innsjøer nå har mistet motstandskraften mot forsuring, og det er sannsynlig at utviklingen ikke har stoppet. Innsjøsedimenter viser forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller (SFT, 1987).

NIVAs sedimentundersøkelser i Pasvikelva i 1989 viser høyere forurensningsgrad av tungmetaller i Bjørnevatn nedstrøms Nikelområdet enn i Vaggatemvatnet oppstrøms Nikel (Rognerud, 1990). NIVAs undersøkelser av forsuring og tungmetallforurensning i små vassdrag i Sør-Varanger i 1989 viser at mange små fjellvann øverst i vassdragene øst for Kirkenes er sterkt forsuret (Traaen et al., 1990).

NISK og andre har i lengre tid observert synlige skader (svi-skader av  $\text{SO}_2$ ) på blad og barnåler.

AVHs rapport om lavforekomst viser sterkt reduserte mengder i de områdene der tungmetallkonsentrasjonen har vært størst, og der det er grunn til å anta at  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen er høyest (Bruteig, 1984). Fra Reindriftsadministrasjonen i Finnmark blir det meddelt at lavdekningen i Sør-Varanger er sterkt redusert til tross for at færre dyr beiter nå enn før.

## 2 PROGRAM FOR UNDERSØKELSEN

I brev 1.7.1988 fra Statens forurensningstilsyn (SFT) fikk NILU i oppdrag å foreta en detaljert planlegging av undersøkelsen. Planleggingen har foregått i samarbeid med følgende institusjoner, som hver har utarbeidet forslag til egne delundersøkelser:

- Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
- Norsk institutt for skogforskning (NISK)
- Forskningsstiftelsen ved Universitetet i Tromsø (FORUT)
- Den allmennvitenskapelige høghskolen (AVH), Botanisk institutt
- Den allmennvitenskapelige høghskolen (AVH), Kjemisk institutt
- Norges veterinærhøghskole (NVH)

## 2.1 FORMÅL MED UNDERSØKELSEN

Formålet med de foreslåtte undersøkelsene er:

- 1 Kartlegge forekomst og omfang av luftforurensninger.
- 2 Kartlegge virkninger på det akvatiske miljøet.
- 3 Kartlegge virkninger på det terrestriske miljøet.

Punkt 1 ble foreslått gjennomført av NILU, punkt 2 av NIVA og punkt 3 av NISK, FORUT, AVH og NVH.

## 2.2 NILUs FORSLAG TIL PROGRAM

NILUs forslag til undersøkelser omfattet:

- Målinger av luftkvalitet.
- Målinger av nedbørkvalitet.
- Målinger av meteorologiske forhold.
- Målinger av korrosjon.
- Feltundersøkelser av korrosjonsskader på reingjerder.
- Organiske komponenter i luft.
- Intensivstudie av transport av luftforurensning over grensa.
- Beregninger av spredning av utslipp, transport og avsetning av forurensninger.

I perioden 13.-16.9.1988 ble det gjennomført en befaring i Sør-Varanger, hvor representanter fra NILU, SFT, Fylkesmannen i Finnmark, Sør-Varanger kommune, Forsvarets stasjon Kirkenes og Svanhovd Fagsenter deltok. Målesteder for luftkvalitet, nedbørkvalitet, meteorologiske forhold og korrosjon ble tatt ut. Deretter fulgte en intensiv periode med klargjøring av måleinstrumenter, etablering av stasjoner og igangsetting av alle målinger. De enkelte stasjonene ble satt i drift i perioden 4.-18.10.1988. På grunn av de lange avstandene og en del praktiske problemer på noen av stasjonene, tok arbeidet noe lengre tid enn antatt.

Figur 1 viser hvor de forskjellige målestasjonene er plassert og hvilke målinger som foregår på hver stasjon. Måleprogrammet for luftkvalitet er vist i tabell 1. I figur 1 er også vist plasseringen av tre stasjoner for luft- og nedbørkvalitet på sovjetisk side. Disse inngår i det felles norsk-sovjetiske måleprogrammet (se kapittel 4).

Tabell 1: Måleprogram for luftkvalitet i Sør-Varanger i perioden 1.10.1988-1.10.1990. På stasjonene i det felles norsk-sovjetiske måleprogrammet (Viksjøfjell, Karpdalen og Svanvik) vil målingene fortsette fram til 1.4.1991.

Stasjon	SO <sub>2</sub>		NO, NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub>	Svevestøv
	Døgn- verdier	Times- verdier	Timesverdier	Døgn- verdier
Viksjøfjell		x	x <sup>3</sup>	x <sup>4</sup>
Karpdalen	x	x <sup>1</sup>		x
Kirkenes	x			x
Holmfoss	x			x
Svanvik	x	x		x
Kobbfoss	x			x
Noatun	x	x <sup>2</sup>		x

1 Ikke perioden 1.4.-1.10.1989.

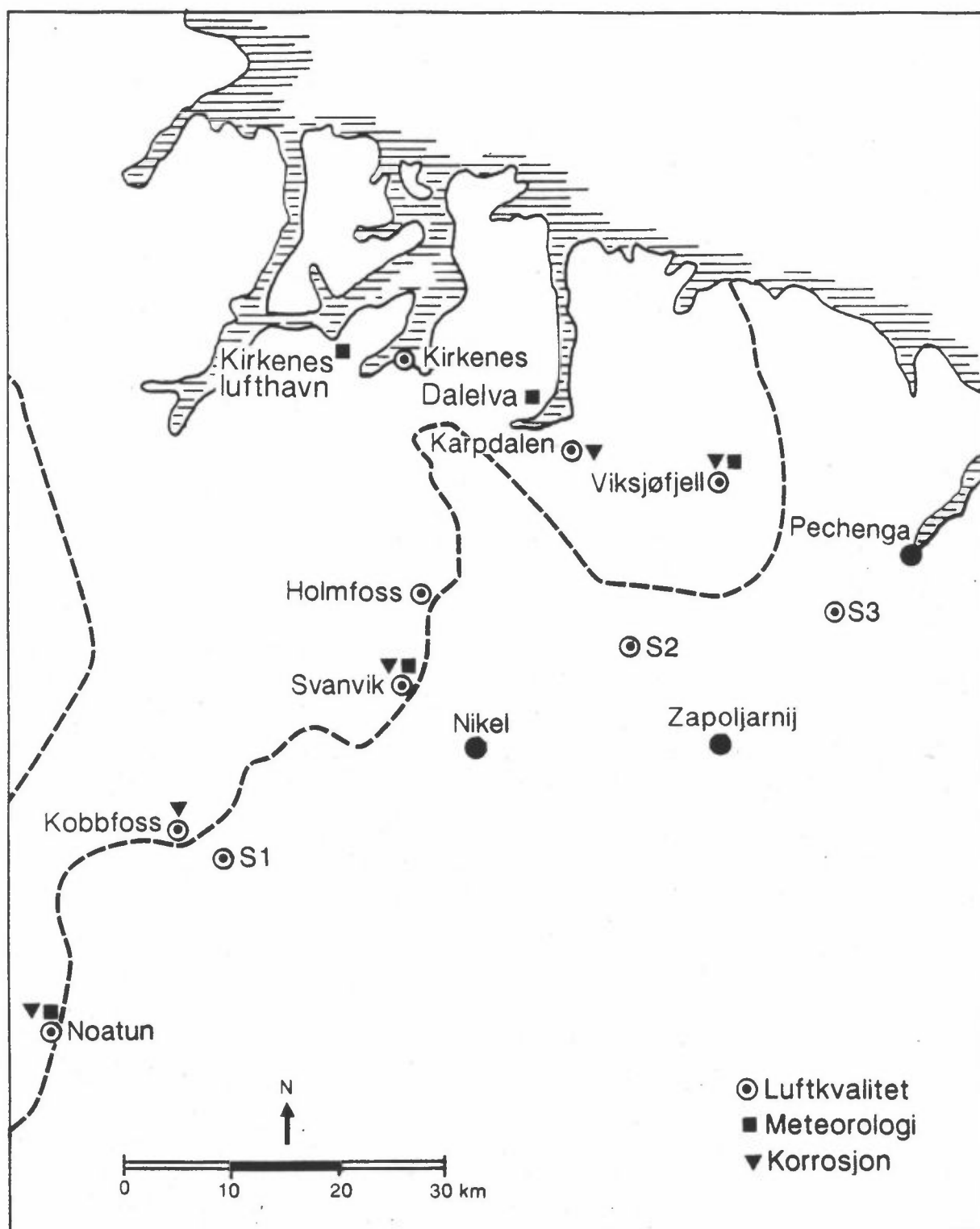
2 Bare perioden 1.4.-1.10.1989.

3 Bare perioden 1.10.1988-1.4.1989.

4 To-filter prøvetaker. Prøvene tas over 2+2+3 døgn (mandag-onsdag, onsdag-fredag, fredag-mandag).

På Viksjøfjell, Karpdalen og Svanvik måles SO<sub>2</sub> med kontinuerlig registrerende instrumenter. Stasjonene har oppringt samband, slik at stasjonene kan kontrolleres og data overføres til NILU til enhver tid. På seks av stasjonene er det også døgnprøvetakere av SO<sub>2</sub>. Stasjonen i Kirkenes drives og analyseres av A/S Sydvaranger. Prøver fra de øvrige stasjonene analyseres på NILU.

Målingene av nitrogenoksider (NO, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>) på Viksjøfjell ble avsluttet i begynnelsen av mars 1989 på grunn av meget lave verdier.



Figur 1: Målestasjoner for luftkvalitet, meteorologiske forhold (inkl. nedbørkvalitet) og korrosjon i Sør-Varanger og målestasjoner for luft- og nedbørkvalitet på sovjetisk side. Målingene på sovjetisk side startet i januar/februar 1990.

På Viksjøfjell tas det prøver av svevestøv med en to-filter prøvetaker, som deler støvet i grov- og finfraksjon. På disse prøvene bestemmes mengden av svevestøv gravimetrisk. På de øvrige stasjonene tas det også prøver av svevestøv, men luftvolumet er så lite at mengden ikke kan bestemmes. På alle sju stasjonene er det foreslått at svevestøvprøvene bør analyseres på mengden av tungmetallene Cr, Co, Ni, Cu, As, Fe, Cd, Zn, V, Mn, Pb og Sb. Disse analysene vil bli gjennomført på svevestøvprøver fra 1990. Svevestøvprøver fra de tre sovjetiske stasjonene fra 1990 vil bli analysert på mengden av tungmetallene Cr, Co, Ni, Cu og As. Prøvene fra de sovjetiske stasjonene vil bli analysert ved Kola Science Centre.

Programmet for målinger av meteorologi og nedbørkvalitet er vist i tabell 2.

Tabell 2: Måleprogram for nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i Sør-Varanger i perioden 1.10.1988-1.4.1991.

Stasjon	Nedbørkvalitet (ukesverdier)	Meteorologiske forhold (timesverdier)					
		Vind- retning	Vind- styrke	Temperatur	Relativ fuktighet	Stabilitet	Turbulens
Viksjøfjell		x	x	x	x	x	x
Dalelva	x						
Svanvik	x	x	x	x	x		
Noatun	x						

Av nedbøren tas det ukesprøver. Prøvene analyseres på nedbørmengde, ledningsevne, pH, SO<sub>4</sub>, Cl, Mg, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Ca, K og Na, samt tungmetallene Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, As, Co og Cr. Stasjonen på Svanvik inngår i det nasjonale skogovervåkingsprogrammet. Stasjonen ved Dalelva er opprettet i tilknytning til en feltforsøksstasjon for vannkvalitet, der NIVA måler kontinuerlig pH, konduktivitet, lufttemperatur og vannføring.

Målinger av vindretning og vindstyrke 10 m over bakken i Svanvik inngår som en del av den rutinemessige overvåkingen av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i luft. Temperatur og fuktighet er målt siden 1984 som en del av en landsomfattende overvåking av korrosjonsforhold.

På Viksjøfjell er det plassert en 25 m høy mast. I toppen måles vindretning, vindstyrke og turbulens. 10 m over bakken måles temperatur og vindstyrke, mens stabilitet måles som temperaturdifferensen mellom 25 m og 10 m. På nivået 2 m over bakken måles temperatur og relativ fuktighet.

I tillegg har Det norske meteorologiske institutt (DNMI) værstasjoner på Kirkenes lufthavn (Høybuktkoen) og i Pasvik (som ligger på Noatun). Her kan det fås data for vindretning, vindstyrke, temperatur, nedbør og luftfuktighet 3-4 ganger i døgnet. Data fra Høybuktkoen og Pasvik kan benyttes bl.a. til vurdering av data fra korrosjonsundersøkelsen.

I tabell 3 er vist måleprogrammet for korrosjon.

Tabell 3: Måleprogram for korrosjon i Sør-Varanger i perioden 1.10.1988-1.10.1990.

Stasjon	Platematerialer	Trådmaterialer (til reingjerder)	Aerosolfelle (kloridbelastning)
Viksjøfjell Karpdalen Svanvik Kobbfoss Noatun	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Årsprøver satt ut vår og høst av karbonstål, sink og galvanisert stål</li> <li>- Måned- og kvartalsprøver av karbonstål</li> <li>- 2-årsprøver av "Aluzink"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2-årsprøver (fra 1.10.1988) og 1 1/2-årsprøver (fra 1.4.1989) av: galvanisert tråd, plastbelagt galvanisert tråd, aluminiumtråd, "Galfan"-tråd og plastbelagt galvanisert tråd med skader i plastbelegget.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> <li>x</li> <li>x</li> </ul>

Korrosjonsprogrammet er felles på de fem stasjonene, bortsett fra aerosolfellene, og er utformet etter retningslinjer



foreslått av den internasjonale standardiseringsorganisasjonen ISO, med prøveplater på 10 x 15 cm eksponert i 45° vinkel mot sør og åpen helix (spiral) for trådmaterialene. Til hver prøveperiode benyttes tre parallelle prøver.

I tillegg til måleprogrammet for korrosjon som er beskrevet foran, er det fra 1.6.1990 satt igang ett felles norsk-sovjetisk måleprogram av ett års varighet på de tre sovjetiske målestasjonene for luftkvalitet og de fem norske stasjonene for korrosjon. Bortsett fra aerosolfeller er måleprogrammet det samme som er beskrevet i tabell 3.

Svanvik er en av seks stasjoner i et landsomfattende overvåkingsprogram for korrosjon og ble startet i august 1984 (Anda og Henriksen, 1988). Det totale eksponeringsprogrammet er noe mer omfattende enn fellesprogrammet for de fem stasjonene i basisundersøkelsen. Blant annet inngår også plater av kopper og aluminium i programmet.

Svanvik er med i et overvåkingsprogram for Norges skoger. Dette programmet ledes av NISK. Målingene i Svanvik startet i september 1986. Programmet omfatter foruten nedbørkvalitet, luftprøver over 2+2+3 døgn for bestemmelse av  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3 + \text{NHO}_3$ ,  $\text{NH}_4 + \text{NH}_3$ , samt timesverdier av ozon og døgnverdier av  $\text{NO}_2$ .

Svanvik er også en av 11 stasjoner som er med i et beredskapsprogram for radioaktivitet. Stasjonen ble satt i drift i 1986 og måler gammastråling. Stasjonen har oppringt samband, og det varsles automatisk hvis strålingen går over fastsatte grenser.

### 2.3 ANDRE INSTITUSJONERS FORSLAG TIL PROGRAM

NIVAs forslag omfatter undersøkelser av forekomst og virkninger av sure forbindelser og tungmetaller i elver, innsjøer, sedimenter og fisk. Disse undersøkelsene startet i 1989. Sommeren 1988 ble det opprettet en kontinuerlig målestasjon ved Dalelvas

utløp i Jarfjorden. I tilknytning til stasjonen måler NILU nedbørkvalitet.

NISK har en av sine skogovervåkingsstasjoner i Svanvik. Denne aktiviteten inngår i det nasjonale skogovervåkingsprogrammet. Som et ledd i en hovedfagsoppgave ved NISK/NLH ble det sommeren 1988 samlet inn bjørkeblader, furunåler, etasjemose og kvitkrull i et rutenett på 4 x 4 km i Sør-Varanger kommune og deler av Varangerhalvøya. Disse prøvene, ialt ca. 320, er analysert av NILU på hovedkomponenter og tungmetaller.

I forbindelse med samarbeidet om miljøproblemer i grenseområdene mellom Norge og Sovjetunionen, er det etablert en ekspertgruppe for studier av forurensningseffekter på det terrestriske miljø. I den norske delegasjonen deltar Statens forurensningstilsyn, Direktoratet for naturforvaltning, Forskningsstiftelsen for Universitetet i Tromsø (FORUT) og Norsk institutt for skogforskning (NISK). Ekspertgruppen har igangsatt ni prosjekter, hvorav åtte vil være ferdige rundt årsskiftet 1990/91. Det niende prosjektet, som omhandler fjernanalyse i Sovjet, er utsatt på ubestemt tid på grunn av manglende finansiering.

De ni prosjektene er:

- Overvåking av skogskader i de østlige deler av Finnmark. (NISK).
- Kartlegging og overvåking av naturmiljøet i Sør-Varanger ved hjelp av fjernanalyse. (FORUT).
- Effekt på epifyttisk lav i Sør-Varanger. (Botanisk institutt, Universitetet i Trondheim).
- Moser og luftforurensning. (Botanisk institutt ved Universitetet i Trondheim og Norsk institutt for naturforskning).

- Opptak av tungmetaller i vegetasjon og studier av jordforsuring i Sør-Varanger. (Kjemisk institutt ved Universitetet i Trondheim).
- Opptak av tungmetaller i dyr i Sør-Varanger. (Norges Veterinærhøgskole og Veterinærinstituttet).
- Vurdering av skogens økologiske system i grenseområdene mellom Norge og Sovjet. (Instituttet for problemer av industriell økologi i nord ved Det vitenskapelige senter på Kolahalvøya i Apatity, Institutt for anvendt geofysikk og Institutt for naturvern og verneområder i Moskva).
- Undersøkelse av luftforurensningers innflytelse på terrestriske dyr i grenseområdene Norge-Sovjet, og klarleggelse av egnede parametre for luftforurensningers innvirkning på dyr. (Lapland Statsverneområde, Statskomiteen for miljøvern, Det geografiske institutt ved Sovjets vitenskapsakademi og Institutt for naturens vern).
- Kartlegging av tilstanden av økosystemer i grenseområdene Norge/Sovjet ved hjelp av fjernanalyse. (Institutt for dyrenes evolusjon, morfologi og økologi i Moskva og Den sovjetiske komiteen for Man and Biosphere/UNESCO).

### **3 MÅLERESULTATER OKTOBER 1989-MARS 1990**

I dette kapittelet gis en kortfattet presentasjon av hovedresultatene av målingene av meteorologiske forhold, luftkvalitet, nedbørkvalitet, analyse av snøprøver og korrosjon.

### 3.1 METEOROLOGISKE FORHOLD

Den meteorologiske hovedstasjonen er plassert ved forswarets stasjon på Viksjøfjell, om lag 400 m over havet, se figur 1. Den automatiske værstasjonen foretar kontinuerlige registreringer av vindretning, vindstyrke, temperatur, luftfuktighet, stabilitet og turbulens. Måleresultatene lagres automatisk som timesmiddelverdier.

I Svanvik måles vindretning, vindstyrke, temperatur og luftas relative fuktighet. Registreringene avleses og lagres som timesmiddelverdier.

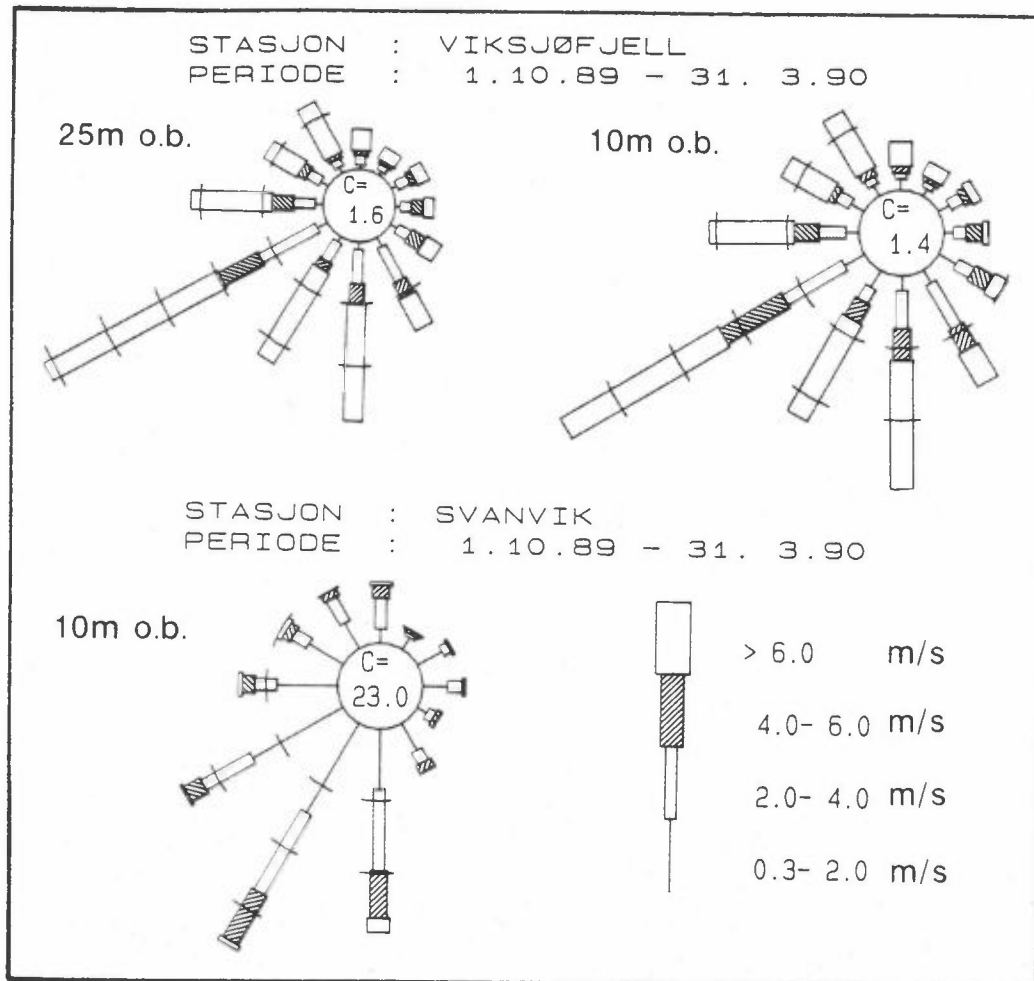
Målinger fra Meteorologisk institutts stasjoner Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun) er brukt for å vurdere representativiteten av temperatur- og fuktighetsmålingene.

Datatilgjengeligheten på Viksjøfjell i perioden har i gjennomsnitt vært ca. 95%. I Svanvik var datatilgjengeligheten 100% i hele perioden.

#### 3.1.1 Vindmålinger

Figur 2 viser vindroser for perioden oktober 1989-mars 1990 fra Viksjøfjell og Svanvik. Vindrosene viser frekvensen av vind i bestemte retninger, dvs. hvor ofte det blåser fra disse retningene. Frekvensene er gitt for følgende tolv 30<sup>0</sup>-sektorer: nord (360<sup>0</sup>, dvs. alle målinger i 10<sup>0</sup>-sektorene 350<sup>0</sup>, 360<sup>0</sup> og 10<sup>0</sup>), nord-nordøst (30<sup>0</sup>), øst-nordøst (60<sup>0</sup>), øst (90<sup>0</sup>), øst-sørøst (120<sup>0</sup>), sør-sørøst (150<sup>0</sup>), sør (180<sup>0</sup>), sør-sørvest (210<sup>0</sup>), vest-sørvest (240<sup>0</sup>), vest (270<sup>0</sup>), vest-nordvest (300<sup>0</sup>) og nord-nordvest (330<sup>0</sup>). Symbolet C i midten av vindrosene står for frekvensen av vindstille. Med vindstille menes her at timesmiddelvindstyrken er mindre enn 0,3 m/s.

Vindroser for Viksjøfjell er gitt for vindstyrker 10 m over bakken og for vindstyrker 25 m over bakken. Vindretningen er



Figur 2: Vindroser for perioden oktober 1989-mars 1990 fra Viksjøfjell og Svanvik.

målt 25 m over bakken. I Svanvik utføres vindmålingene 10 m over bakken.

Vindrosene fra Viksjøfjell viser at vind fra vest-sørvest forekom hyppigst i perioden oktober 1989-mars 1990, ialt vel 25% av tiden. Vind fra nordlig, nordøstlig og østlig kant hadde lavest hyppighet. Figuren viser også at vindstyrken i en bred sektor fra sør til nord-nordvest var over 6 m/s i mer enn halvparten av tiden.

Sammenliknet med vinterperioden oktober 1988-mars 1989 var det på Viksjøfjell i vinterperioden oktober 1989-mars 1990 noe lavere frekvens av vind fra nordlig og nord-nordøstlig kant og noe mer vind fra sør og sørøst.

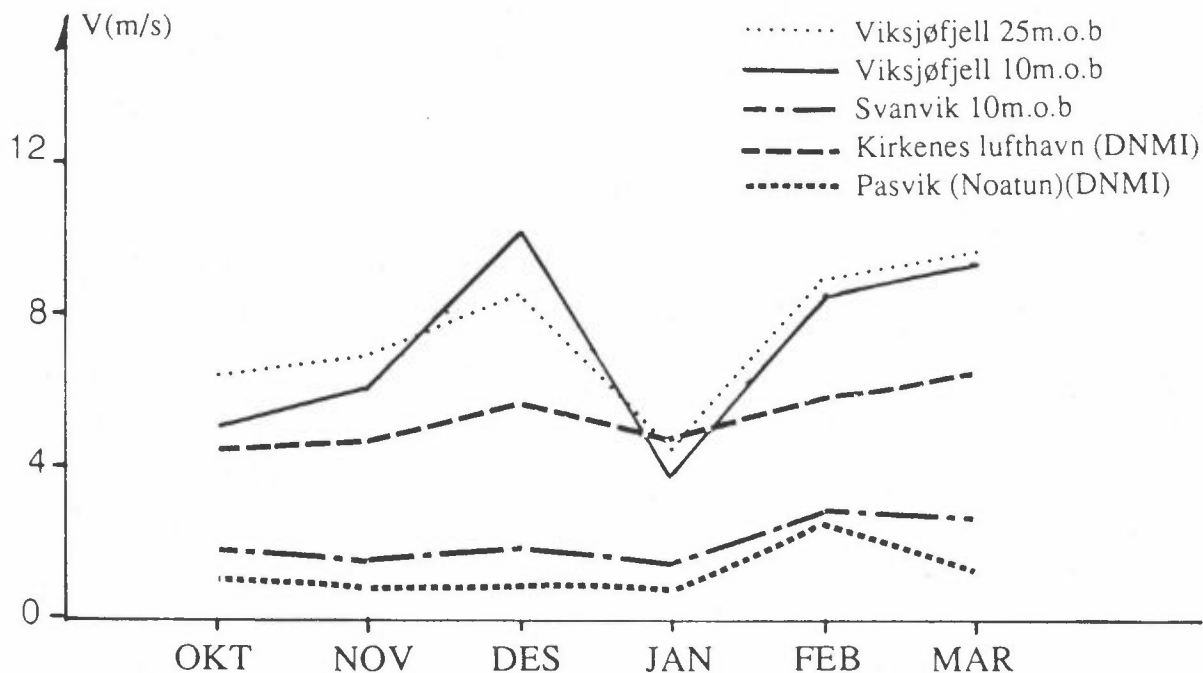
I Svanvik var hyppigste vindretning fra sør og sør-sørvest. Her er vinden noe kanalisert, og hovedvindretningene følger dalføret.

I den brede sektoren fra vest over nord og øst mot sør var det liten forskjell fra vindrosa på Viksjøfjell.

Frekvensen av sterk vind var imidlertid langt lavere i Svanvik, og frekvensen av vindstille var hele 23%, mot 1,4% 10 m over bakken på Viksjøfjell.

Vindretningsfordelingen i Svanvik vinteren 1989/90 skilte seg lite fra vindretningsfordelingen vinteren 1988/89.

Figur 3 viser midlere vindstyrke for hver måned i perioden oktober 1989-mars 1990 på Viksjøfjell (både 10 og 25 m o.b.), Svanvik og Meteorologisk institutts stasjoner Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun). Figuren viser at det blåste sterkest på Viksjøfjell og sterkere 25 m o.b. enn 10 m o.b. Årsaken til at middelvindstyrken 10 m over bakken på Viksjøfjell i desember var høyere enn middelvindstyrken 25 m over bakken er at vindmåleren i 10 m frøs fast i en periode med lave vindstyrker, slik at det mangler observasjoner for disse timene. Inne i Pasvik var vindstyrken vesentlig lavere. Pasvik (Noatun) ligger lengst fra kysten og hadde svakest vind alle månedene. På Viksjøfjell var det noe lavere middelvindstyrker vinteren 1989/90 enn vinteren 1988/89, mens det ved Kirkenes lufthavn,

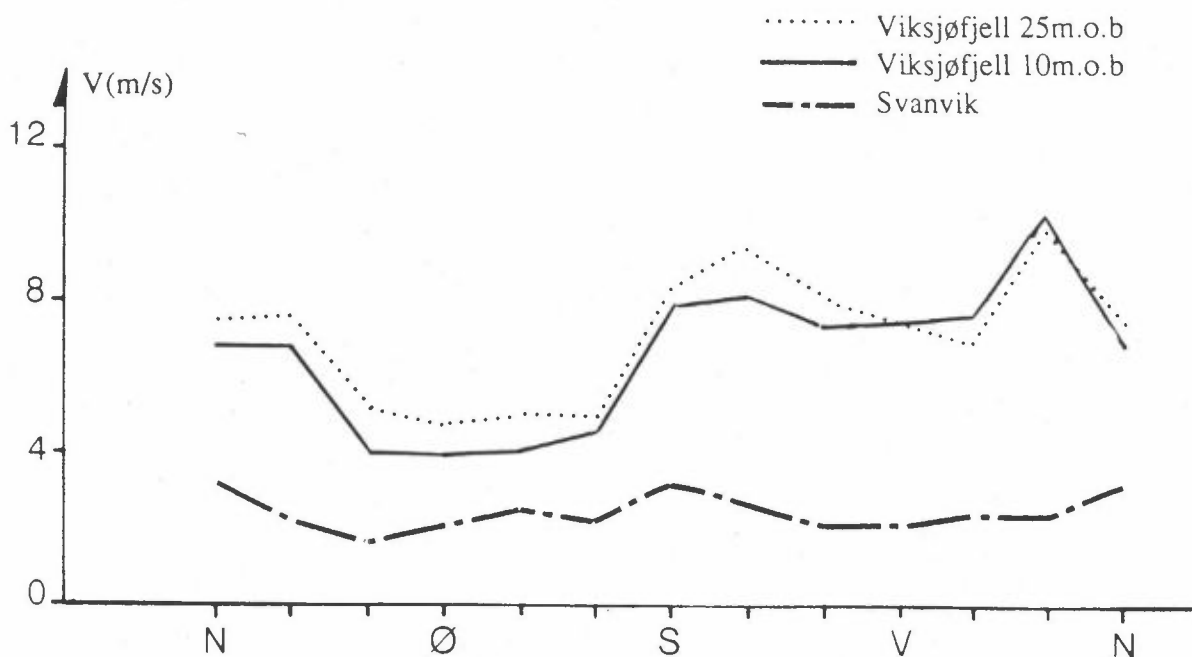


Figur 3: Midlere vindstyrke i hver måned i perioden oktober 1989-mars 1990 på Viksjøfjell, Kirkenes lufthavn, Svanvik og Pasvik (Noatun) (m/s).

Svanvik og Pasvik (Noatun) var liten forskjell. Middelvindstyrkene på Viksjøfjell varierte mer fra måned til måned vinteren 1989/90 enn vinteren 1988/89.

Figur 4 viser at vind fra sør-sørvest og nord-nordvest var sterkest på Viksjøfjell, mens det i Svanvik var liten forskjell i vindstyrken i de forskjellige retningene. På begge stasjonene var det svakest vind fra østlig kant.

Tabell 4 viser frekvensen av vind i forskjellige vindstyrkeklasser. På Viksjøfjell 25 m over bakken var timesmiddelvindstyrken over 6 m/s i 57% av tiden og under 2 m/s i bare 8,1% av tiden. 10 m over bakken på Viksjøfjell var middelvindstyrken over 6 m/s i 50,7% av tiden og under 2 m/s i 13% av tiden. I Svanvik blåste det over 6 m/s bare i 2,4% av tiden og under 2 m/s i 58,9% av tiden. Økende vindstyrke gir bedre spredning



Figur 4: Midlere vindstyrke i perioden oktober 1989-mars 1990 fordelt på 12 vindsektorer på Viksjøfjell og Svanvik (m/s).

av luftforurensende stoffer. Vinterhalvåret 1988/89 hadde Viksjøfjell vindstyrke over 6 m/s i 70% av tiden, men tilsvarende tall i Svanvik var 5% av tiden.

Tabell 4: Frekvens av vind i forskjellige vindstyrkeklasser på Viksjøfjell og Svanvik i perioden oktober 1989-mars 1990 (%).

	Stille	0,3-2,0 m/s	2,1-4,0 m/s	4,1-6,0 m/s	>6 m/s
Viksjøfjell (25 m o.b.)	1,6	6,5	20,8	13,7	57,3
Viksjøfjell (10 m o.b.)	1,4	11,6	19,2	17,1	50,7
Svanvik (10 m o.b.)	23,0	35,9	25,9	12,9	2,4



### 3.1.2 Temperatur

Tabell 5 gir en oversikt over temperaturmålingene på Viksjøfjell, Svanvik og Meteorologisk institutts stasjoner Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun). På DNMI's stasjoner er det sammenliknet med "normaltemperaturen", som er middelverdien for 30-årsperioden 1931-1960. Målingene viser at middeltemperaturen i november, februar og mars var høyere enn normalt, mens desember og januar var kaldere enn normalt både på Kirkenes lufthavn og i Pasvik (Noatun). I oktober var temperaturen omtrent som normalt på de to stasjonene.

Tabell 5: Oversikt over temperaturforholdene på Viksjøfjell, Svanvik, Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun) i perioden oktober 1989-mars 1990 ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Stasjon	Viksjøfjell			Svanvik			Kirkenes lufthavn				Pasvik (Noatun)			
	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Normal	Maks.	Min.	Middel	Normal	Maks.	Min.
Okt 1989	-2,2	2,5	-9,4	0,1	7,9	-7,1	0,2	0,8	5,4	-7,1	0,3	0,4	6,2	-8,6
Nov 1989	-4,6	2,1	-17,1	-5,8	3,4	-27,9	-2,9	-4,4	4,4	-21,2	-4,1	-5,3	5,0	-26,0
Des 1989	-9,8	1,4	-19,7	-14,1	1,3	-34,5	-9,8	-7,8	4,5	-30,0	-13,2	-9,6	5,1	-36,1
Jan 1990	-13,3	-3,6	-22,7	-18,7	-1,1	-35,0	-14,5	-10,3	0,4	-29,8	-17,4	-13,4	0,6	-39,5
Feb 1990	-5,4	2,1	-12,1	-4,2	4,6	-16,3	-3,0	-11,1	4,8	-13,5	-3,2	-13,1	5,0	-27,6
Mar 1990	-7,3	1,6	-15,3	-6,1	7,5	-23,6	-4,5	-7,6	4,4	-17,1	-6,2	-8,6	6,5	-28,6

Laveste målte temperatur var  $-39,5^{\circ}\text{C}$  i Pasvik (Noatun) i januar 1990, mens det i Svanvik ble målt  $-35^{\circ}\text{C}$ . På Viksjøfjell var laveste temperatur  $-22,7^{\circ}\text{C}$ . Høyden over havet (ca. 400 m) og mye vind gjør at det ikke måles så lave temperaturer her som inne i Pasvik. Den høyeste timesmiddeltemperaturen hadde Svanvik den 2. oktober kl. 11 med  $7,9^{\circ}\text{C}$ . På Viksjøfjell ble høyeste timemiddeltemperatur ( $2,5^{\circ}\text{C}$ ) målt den 10. oktober kl. 13.

Felles for alle stasjonene var det at middeltemperaturen for januar 1990 var betydelig lavere enn middeltemperaturen i

januar 1989, mens februar hadde høyere middeltemperatur i 1990 enn i 1989.

### 3.1.3 Luftens relative fuktighet

Tabell 6 viser månedsmiddelverdiene av luftens relative fuktighet for hver måned i perioden oktober 1989-mars 1990.

Tabell 6: Månedsmiddelverdier av relativ fuktighet i perioden oktober 1989-mars 1990 i Svanvik, Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun) (i prosent).

Stasjon Måned	Svanvik	Kirkenes lufthavn	Pasvik (Noatun)
Oktober 1989	87	89	88
November 1989	90	89	89
Desember 1989	88	85	84
Januar 1990	86	86	83
Februar 1990	85	89	84
Mars 1990	78	81	75

Pasvik (Noatun) hadde som ventet litt lavere relativ fuktighet de fleste månedene enn Kirkenes lufthavn. På Svanvik synes middelverdiene i enkelte måneder å være litt høyere enn en skulle forvente, særlig sett i forhold til Pasvik (Noatun). På Viksjøfjell har fuktighetsføleren i perioder ikke fungert tilfredsstillende, og data fra denne stasjonen er derfor ikke presentert.

## 3.2 LUFTKVALITET

### 3.2.1 Svoveldioksid (SO<sub>2</sub>)

SO<sub>2</sub>-målinger er utført på i alt 7 stasjoner, Viksjøfjell, Karpdalen, Rådhuset i Kirkenes, Holmfoss, Svanvik, Kobbfoss og Noatun. Tre av stasjonene, Viksjøfjell, Svanvik og Karpdalen har kontinuerlig registrerende instrumenter med oppringt samband. Dataene lagres som timesmiddelverdier. Alle stasjonene, unntatt Viksjøfjell, har døgnprøvetakere. Både i Svanvik og i Karpdalen måles derfor SO<sub>2</sub> på to uavhengige måter, og døgnmiddelverdier beregnet ut fra målte timesmiddelverdier kan sammenliknes med målte døgnmiddelverdier. Kontinuerlig registrerende instrumenter er nødvendige for å måle toppkonsentrasjoner i episoder, for å se hvor lenge episodene varer og hvor ofte de forekommer. Timesmiddelverdiene kan også knyttes direkte til målte vindretninger for å bestemme kilde(r) eller kildeområde(r).

De kontinuerlig registrerende instrumentene (monitorene) har en usikkerhet i timesmiddelkonsentrasjonene på ca.  $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved det måleområdet som er valgt (opp til vel  $3\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Et sammendrag av SO<sub>2</sub>-målingene i perioden oktober 1989-mars 1990 med monitorer og døgnprøvetakere er gitt i tabellene 7 og 8. Målingene viser at Viksjøfjell var mest belastet i perioden. I januar måned hadde imidlertid Karpdalen den høyeste månedsmiddelverdien av SO<sub>2</sub>. Vindrosen fra Viksjøfjell i figur 2 viser at vind fra 180<sup>0</sup> og 240<sup>0</sup> er mest hyppig når man ser på vinterperioden totalt. I januar 1990 blåste det hyppigst fra sør (180<sup>0</sup>), noe som kan forklare hvorfor Karpdalen fikk den største belastningen denne måneden.

Ved vindretning 240<sup>0</sup> vil røykskyen fra Nikel antagelig ofte gå sør og øst for stasjonen på Viksjøfjell. Det er derfor grunn til å tro at områdene sør og øst for Viksjøfjell er de mest belastede norske områdene og at konsentrasjonene på russisk område er enda høyere. Målinger på de sovjetiske stasjonene 2

Tabell 7: Sammendrag av målinger av SO<sub>2</sub> med kontinuerlig registrerende instrumenter på Viksjøfjell, Svanvik og Karpdalen i perioden oktober 1989-mars 1990 (µg/m<sup>3</sup>).

Stasjon	Måned	Måneds- middel	Høyeste døgn- middel	Ant. døgn- obs.	Ant. døgnmidler			Høyeste times- middel	Ant. times- obs.	Ant. timesmidler			
					>50	>100	>300			>100	>300	>500	>1 000
Viksjø- fjell	Okt 1989	55	373	31	7	5	2	1 455	682	82	32	22	3
	Nov	58	207	26	12	5	0	1 311	584	87	32	16	2
	Des	97	1 063	25	10	7	1	3 121	567	94	43	23	13
	Jan 1990	75	372	31	14	8	2	2 974	697	106	38	23	6
	Feb	52	177	28	10	5	0	962	631	97	19	10	0
	Mar	23	146	31	4	1	0	1 097	697	44	9	1	1
	Okt-mars	59	1 063	172	57	31	5	3 121	3 858	510	173	95	25
Karp- dalen	Okt 1989	15	72	31	2	0	0	354	689	38	1	0	0
	Nov	27	113	15	4	1	0	502	335	28	8	1	0
	Des	71	324	24	9	7	1	865	530	96	46	26	0
	Jan 1990	89	543	31	18	10	1	837	694	165	55	22	0
	Feb	32	101	28	8	1	0	633	626	58	9	3	0
	Mars	19	107	31	4	1	0	469	700	38	10	0	0
	Okt-mars	43	543	160	45	20	2	865	3 574	423	129	52	0
Svanvik	Okt 1989	4	52	31	1	0	0	296	692	10	0	0	0
	Nov	6	59	23	1	0	0	346	515	8	1	0	0
	Des	40	496	23	4	2	1	2 305	523	36	15	9	6
	Jan 1990	63	841	31	8	2	2	2 458	690	77	23	13	6
	Feb	14	74	28	3	0	0	431	615	20	2	0	0
	Mars	13	138	31	4	1	0	370	698	28	2	0	0
	Okt-mars	24	841	167	21	5	3	2 458	3 733	179	43	22	12

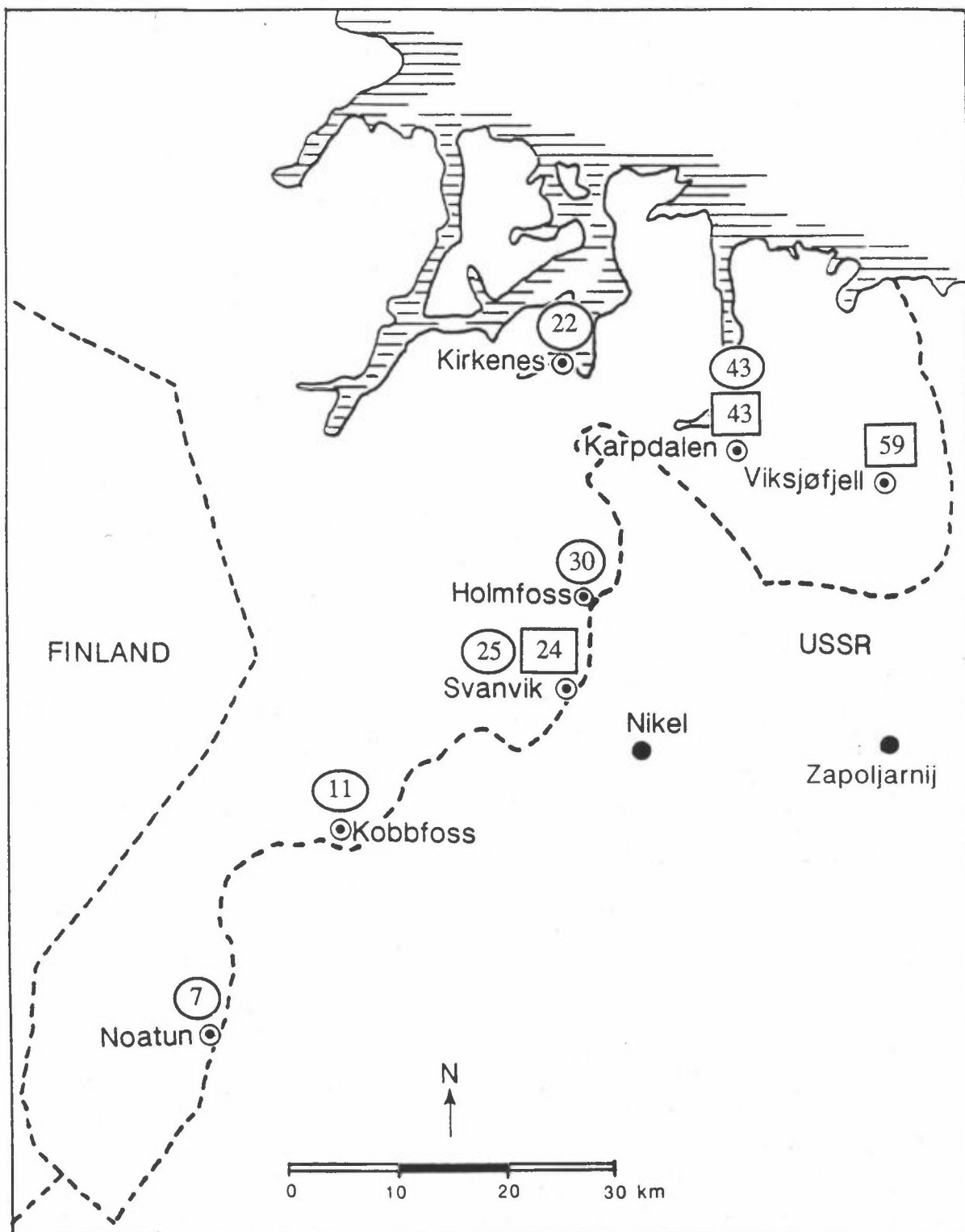
og 3 i perioden januar-juni 1990 bekrefter at konsentrasjonene i dette området er til dels betydelig høyere enn på de norske stasjonene.

SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene avtok sørover i Pasvik, og de laveste verdiene ble målt på Noatun. Selv om Svanvik ligger nærmest utslippet, var ikke middelveiden av SO<sub>2</sub> spesielt høy, fordi det sjelden blåste i denne retningen.

Gjennomsnittsverdiene av SO<sub>2</sub> i perioden oktober 1989-mars 1990 er vist i figur 5. De nordlige og østlige delene av Sør-Varanger var mest belastet. Alle stasjonene, bortsett fra

Tabell 8: Sammendrag av døgnmålinger av SO<sub>2</sub> i perioden oktober 1989-mars 1990 (µg/m<sup>3</sup>).

Stasjon og måned	Middel	Maks	Min.	Ant.obs.	>50	>100
<b>KIRKENES</b>						
Oktober 1989	15	91	2	31	1	
November	16	85	1	30	2	
Desember	20	108	1	31	3	1
Januar 1990	38	106	5	31	6	2
Februar	23	126	2	28	2	1
Mars	19	75	3	31	1	
Okt. 89-mars 90	22	126	1	182	15	4
<b>SVANVIK</b>						
Oktober 1989	5	52	1	31	1	
November	14	119	1	30	3	2
Desember	31	470	1	31	4	3
Januar 1990	78	945	1	29	10	3
Februar	13	70	1	28	3	
Mars	13	128	1	31	4	1
Okt. 89-mars 90	25	945	1	180	25	9
<b>KARPDALLEN</b>						
Oktober 1989	18	69	1	15	1	
November	30	198	1	30	6	3
Desember	52	284	1	31	9	7
Januar 1990	89	521	1	31	17	10
Februar	32	96	1	28	7	
Mars	20	112	1	31	4	2
Okt. 89-mars 90	43	521	1	166	44	22
<b>HOLMFOSS</b>						
Oktober 1989	21	322	1	31	3	1
November	20	278	1	30	2	2
Desember	31	212	1	31	6	4
Januar 1990	74	587	1	31	11	5
Februar	22	141	1	28	4	1
Mars	10	62	1	31	1	
Okt. 89-mars 90	30	587	1	182	27	13
<b>KOBBFOSS</b>						
Oktober 1989	3	26	1	31		
November	3	32	1	30		
Desember	10	63	1	31	3	
Januar 1990	29	145	1	31	5	3
Februar	11	71	1	28	3	
Mars	7	77	1	31	1	
Okt. 89-mars 90	11	145	1	182	12	3
<b>NOATUN</b>						
Oktober 1989	2	16	1	31		
November	3	38	1	29		
Desember	5	49	1	23		
Januar 1990	23	123	1	24	2	1
Februar	8	55	1	28	1	
Mars	6	53	1	31	1	
Okt. 89-mars 90	8	123	1	166	4	1



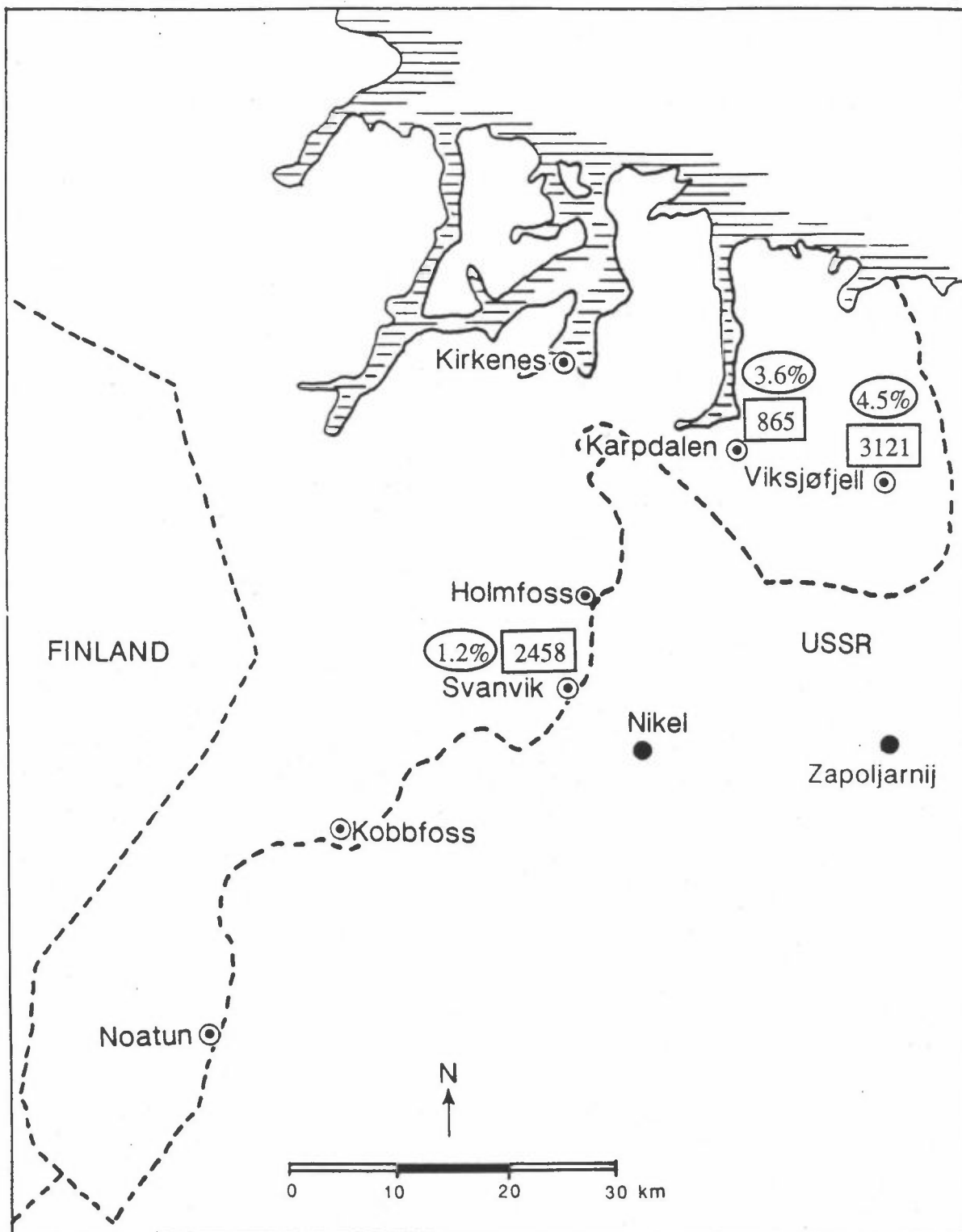
Figur 5: Middelerverdier av SO<sub>2</sub> i perioden oktober 1989-mars 1990 målt med kontinuerlig registrerende prøvetakere (□) og døgnprøvetakere (○) (µg/m<sup>3</sup>).

Noatun, viste høyere middelveidier vinteren 1989/90 enn vinteren 1988/89.

Figur 6 viser de maksimale timesmiddelverdiene av  $\text{SO}_2$  på Viksjøfjell, i Karpdalen og i Svanvik, og hvor stor del av tiden timesmiddelverdiene var over  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på de tre stasjonene. Viksjøfjell hadde både den høyeste timesmiddelverdien og den hyppigste forekomsten av høye konsentrasjoner. De maksimale timesmiddelverdiene og frekvensen av timesmiddelverdier over  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  var høyere vinteren 1989/90 enn vinteren 1988/89 både på Viksjøfjell og i Svanvik. Karpdalen hadde lavere maksimal timesverdi vinteren 1989/90, mens frekvensen av timesverdier over  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  var høyere enn vinteren 1988/89.

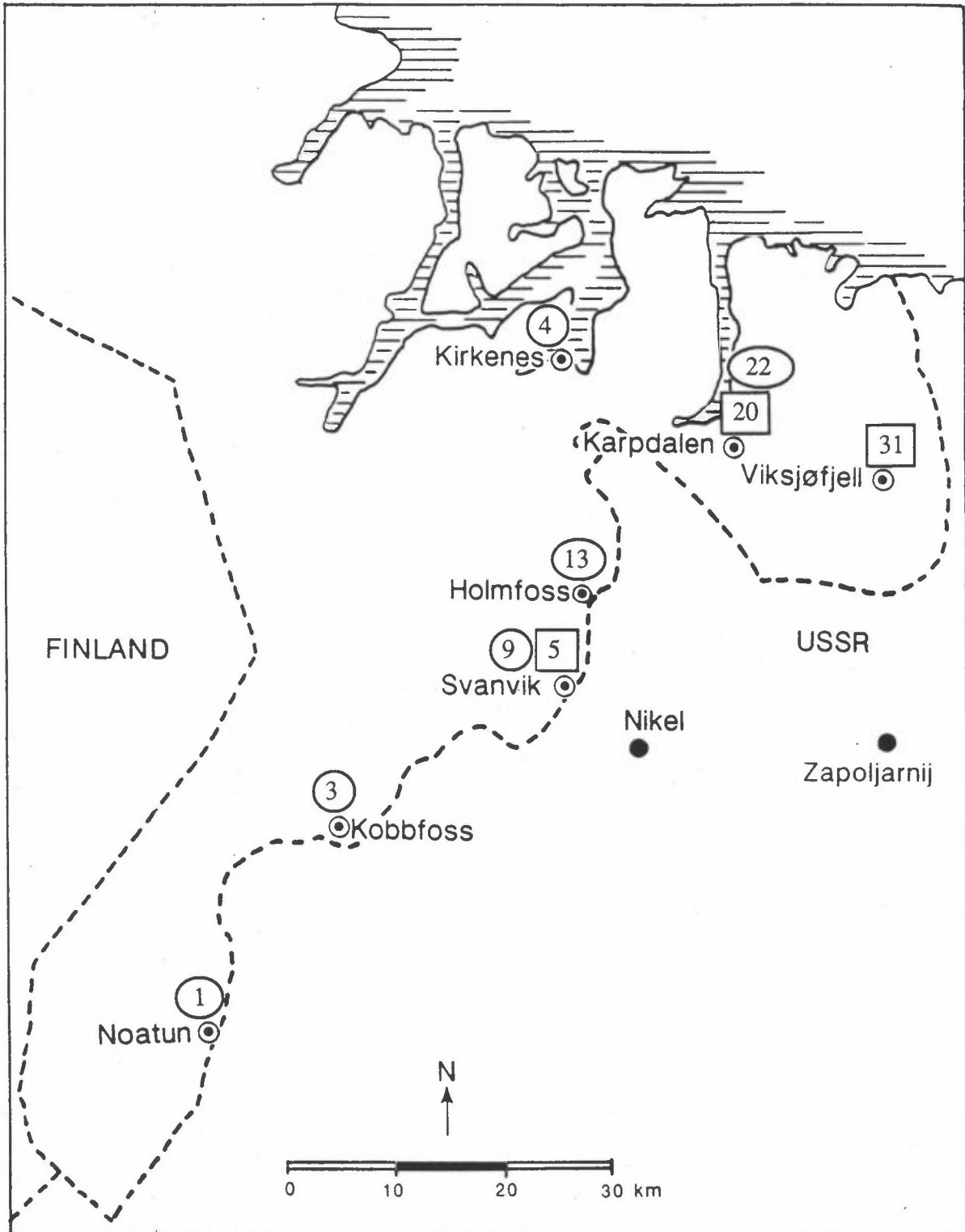
Den høyeste timesmiddelverdien av  $\text{SO}_2$  i perioden oktober 1989-mars 1990 ble målt på Viksjøfjell 11.12.1989 kl. 16 til  $3\ 121 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vindretningen var fra sørvest med styrke omkring 4 m/s, og det var stabil temperatursjiktning. I Svanvik var den høyeste timesmiddelverdien av  $\text{SO}_2$   $2\ 458 \mu\text{g}/\text{m}^3$  den 29.1.1990 kl. 21. Vindretningen var fra øst-sørøst, og vindstyrken var 1 m/s. I Karpdalen var den høyeste timesmiddelverdien  $865 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som ble målt 19.12.1989 kl. 05. På Viksjøfjell var det da sørøstlig vind. De meteorologiske målingene viser at utslippene i Nikel var hovedkilden til de maksimale timesmiddelverdiene av  $\text{SO}_2$  både på Viksjøfjell, i Svanvik og i Karpdalen vinteren 1989/90.

Det ble målt døgnmiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på alle stasjonene vinteren 1989/90. Viksjøfjell hadde både flest døgnmiddelverdier over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se figur 7, og den høyeste døgnmiddelverdien, se figur 8. Noatun hadde bare én døgnmiddelverdi over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De fire døgnene med døgnmiddelverdier over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i Kirkenes forekom på dager med sørøstlig vind på Viksjøfjell. Dette tyder på at utslippene på sovjetisk side er hovedkilden disse dagene.

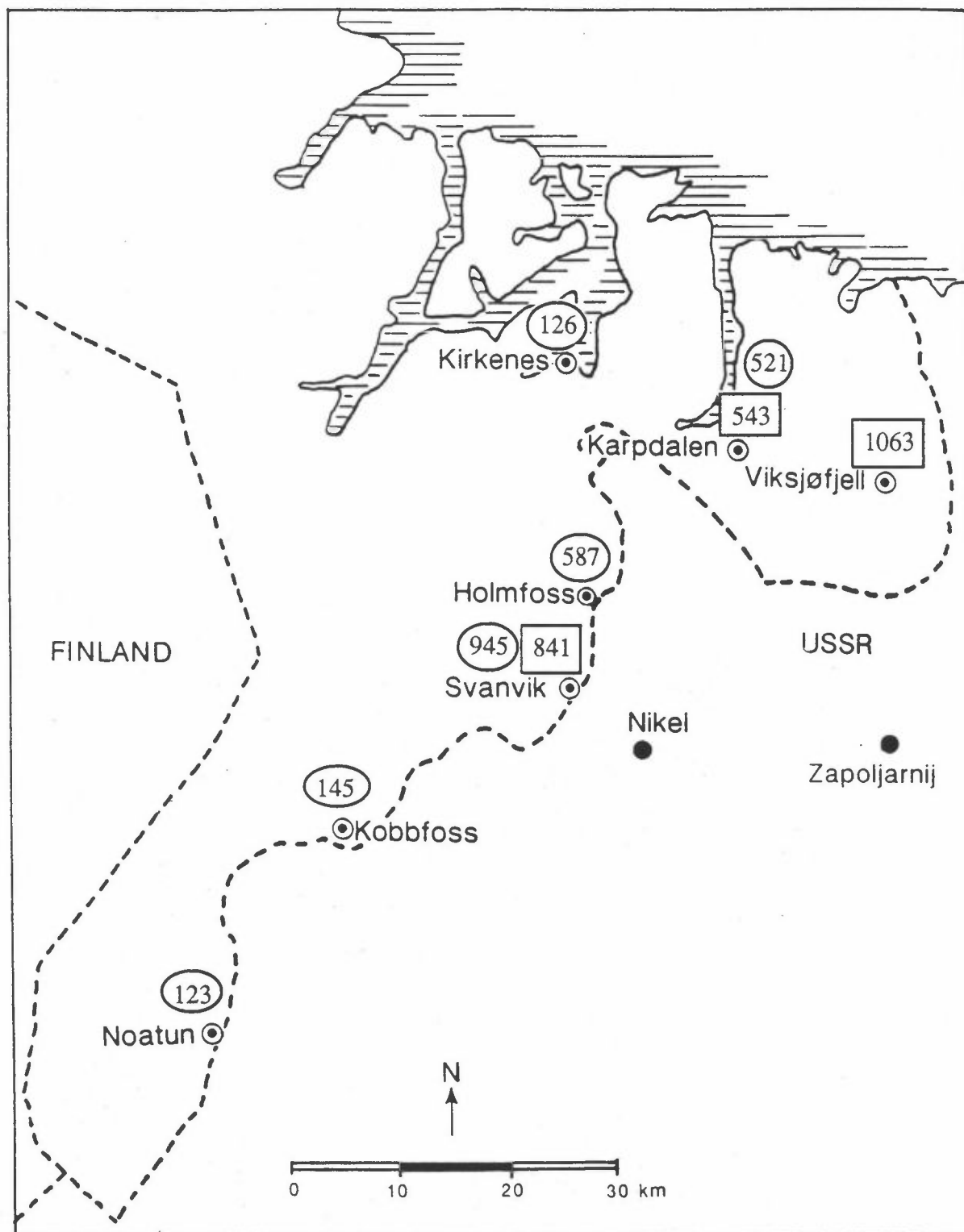


Figur 6: Maksimale timesmiddelverdier av SO<sub>2</sub> (□) (µg/m<sup>3</sup>) og prosent av tiden med timesmiddelverdier over 300 µg/m<sup>3</sup> (○).





Figur 7: Antall døgnmiddelverdier av SO<sub>2</sub> over 100 µg/m<sup>3</sup> i perioden oktober 1989-mars 1990 målt med kontinuerlig registrerende prøvetakere (□) og døgnprøvetakere (○).



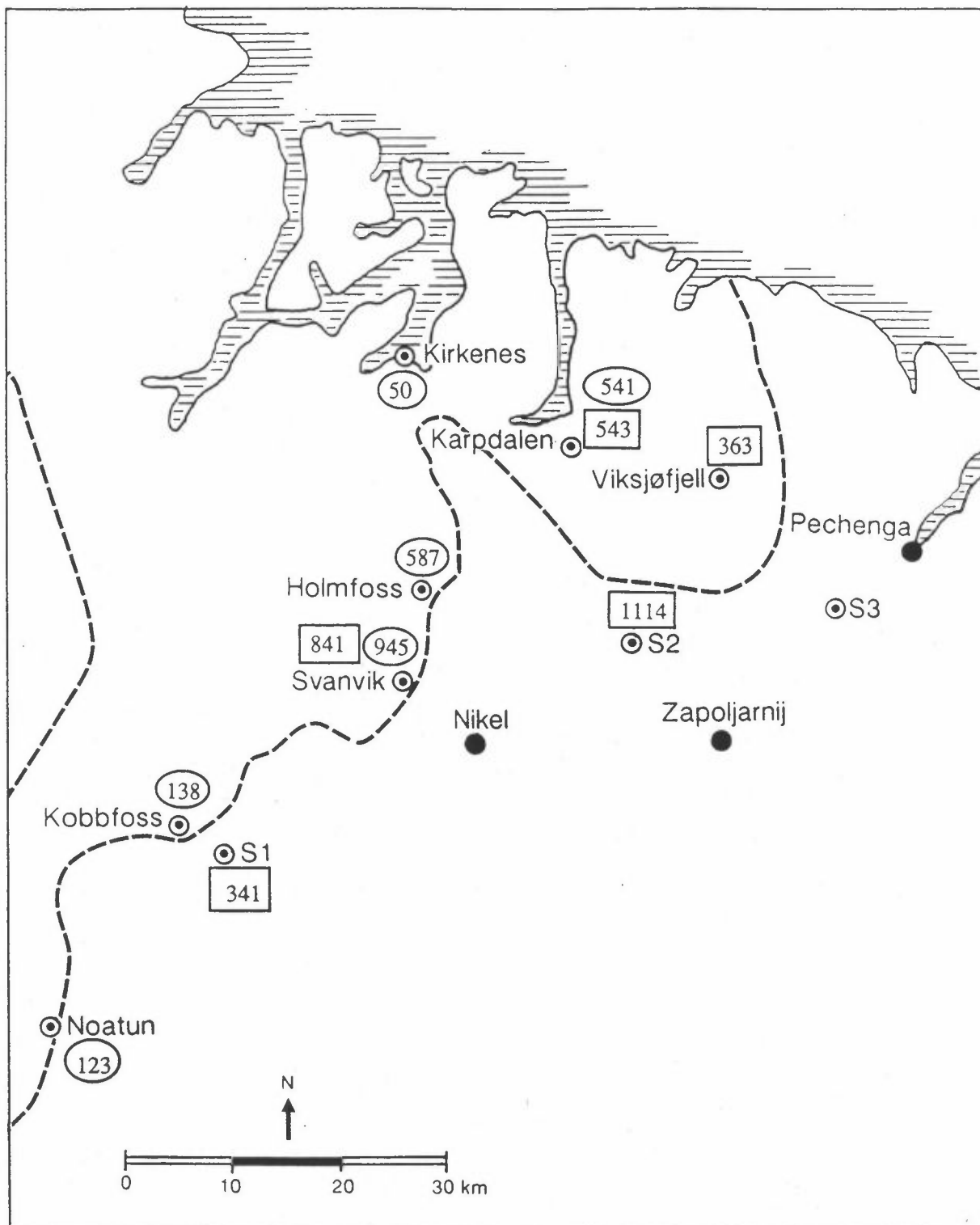
Figur 8: Maksimale døgnmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i perioden oktober 1989-mars 1990 målt med kontinuerlig registrerende prøvetakere (□) og døgnprøvetakere (○) (µg/m<sup>3</sup>).

SO<sub>2</sub>-belastningen i grenseområdene er karakterisert ved svært høye konsentrasjoner i enkelte situasjoner med spesielle værforhold (episoder). En episode med kraftig forhøyede SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner ble registrert i perioden 27.-31.1.1990. Perioden er karakterisert ved høytrykk over Kola og svak østlig og sørøstlig vind over grenseområdene. Det var også nedsynkende luft i høyden, noe som resulterte i svært stabil sjiktning og sterke inversjoner (sperresjikt) over røykfanene fra nikkerverkene i Nikel og Zapoljarnij.

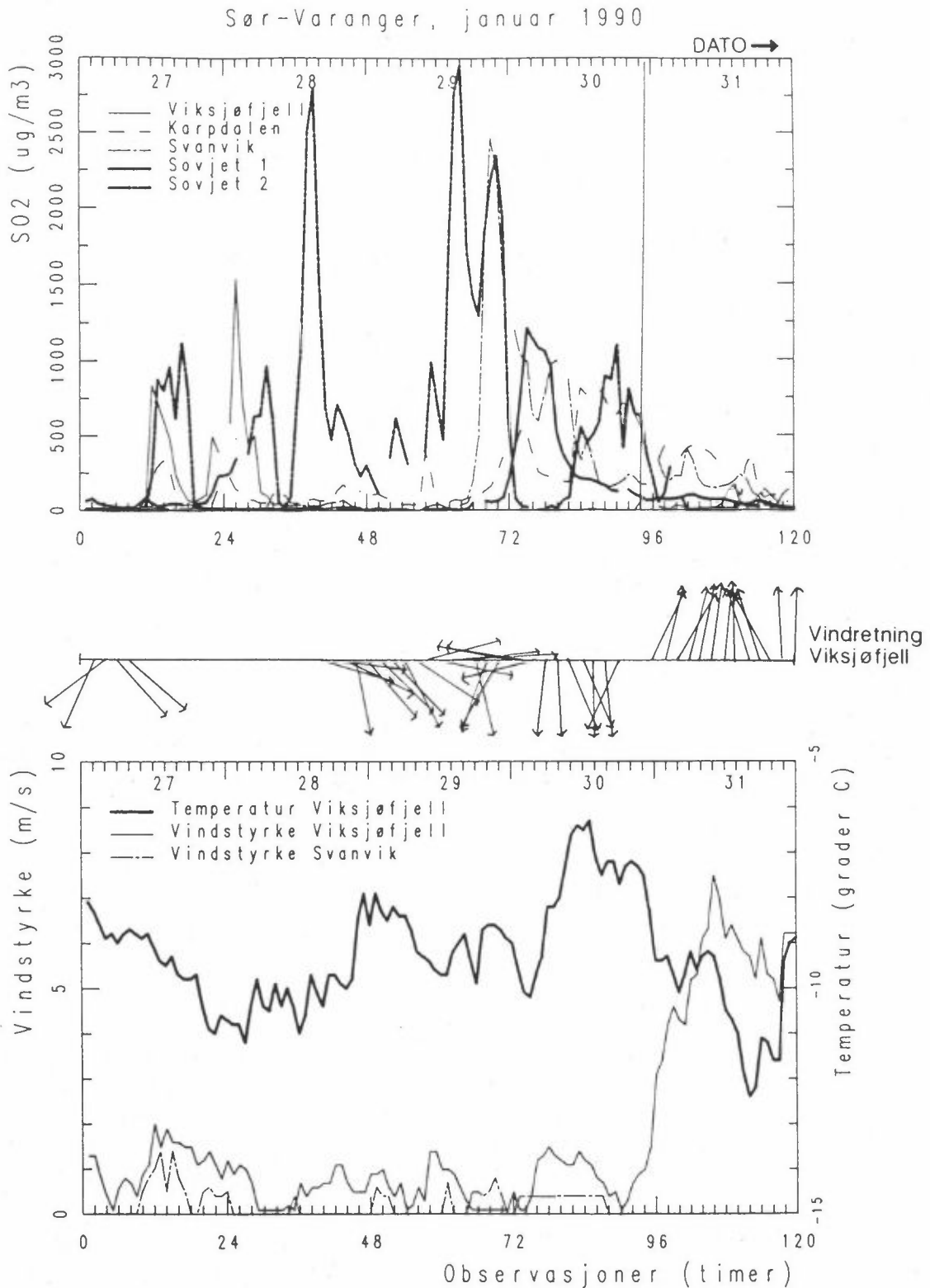
Figur 9 viser de maksimale døgnmiddelverdiene av SO<sub>2</sub> i løpet av de fem døgnene episoden varte. Alle stasjonene unntatt Kirkenes hadde verdier over 100 µg/m<sup>3</sup>. Verdien i Svanvik på rundt 900 µg/m<sup>3</sup> er den klart høyeste som er målt der siden målingene startet i 1974. På den sovjetiske målestasjonen Sovjet 2 ble det målt over 1 100 µg/m<sup>3</sup> som høyeste døgnmiddelverdi i perioden. Karpdalen og Viksjøfjell hadde verdier på 543 µg/m<sup>3</sup> og 363 µg/m<sup>3</sup>. På Viksjøfjell ble det i en episode i desember 1989 målt 1 063 µg/m<sup>3</sup> som døgnmiddelverdi.

I figur 10 er det vist hvordan timesmiddelkonsentrasjonene av SO<sub>2</sub> varierte gjennom episoden. Både den 28.1. og 29.1. var det maksimale timesmiddelverdier opp mot 3 000 µg/m<sup>3</sup> på Sovjet 2, mens Svanvik hadde nesten 2 500 µg/m<sup>3</sup> den 29.1. Innslaget på Svanvik om kvelden den 29.1.1990 forekom ved svak lokal vind fra øst. På alle stasjonene gikk konsentrasjonene kraftig ned den 31. januar som følge av at det satte inn en markert og forholdsvis kraftig sørlig vind.

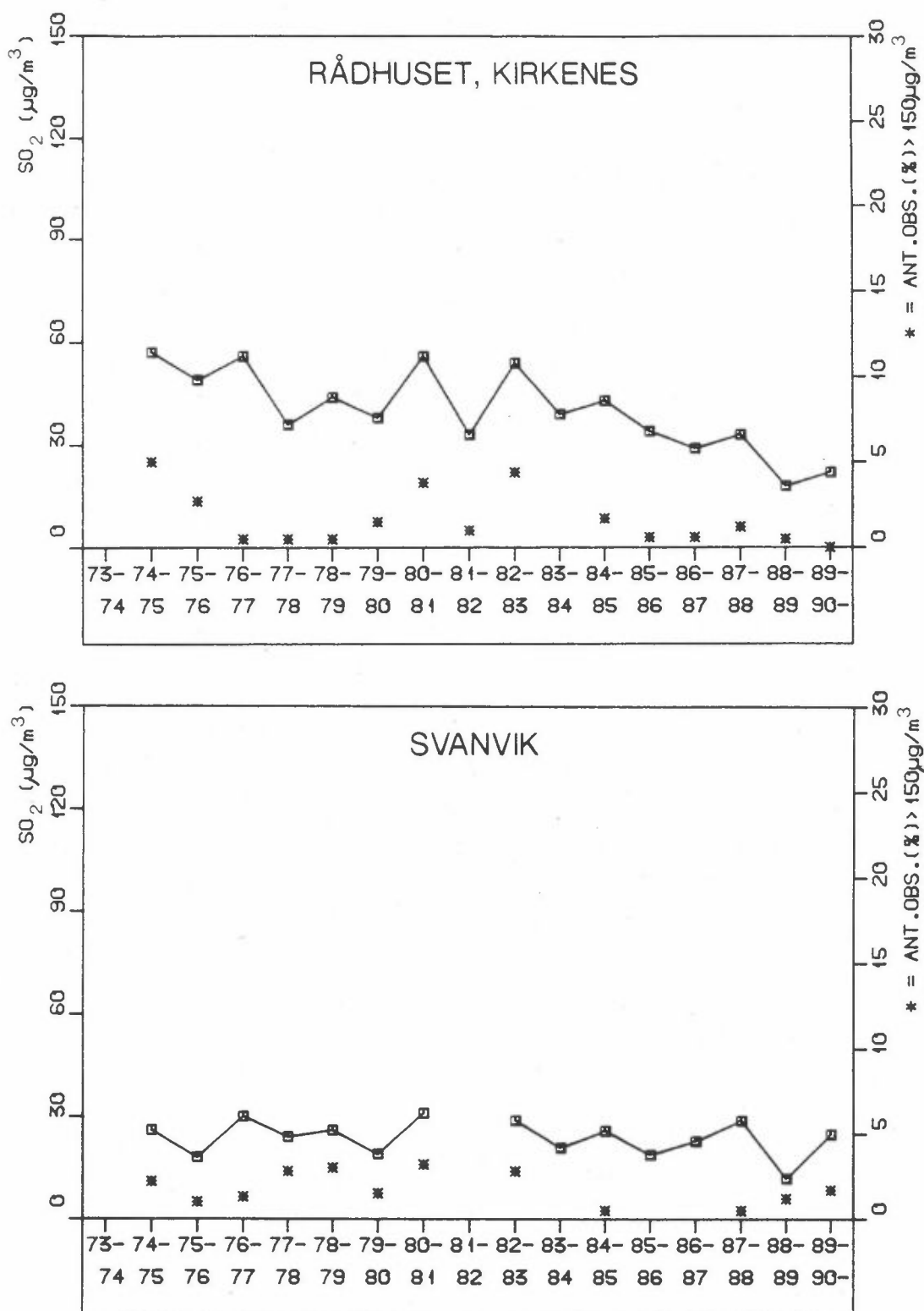
Døgnmålinger av SO<sub>2</sub> startet på Rådhuset i Kirkenes og i Svanvik allerede i 1974, mens Holmfoss har hatt målinger siden 1978 og Karpdalen siden 1986. Figur 11 og 12 viser hvordan middelverdiene i vinterhalvåret har variert fra år til år. Målingene vinteren 1989/90 viser høyere middelverdier enn vinteren 1988/89 på alle stasjonene. Ser vi bort fra vinteren 1988/89, synes det å ha vært et forholdsvis stabilt nivå både i Svanvik, Holmfoss og Karpdalen. Nivået i Kirkenes har variert en del, men har generelt gått ned på samme måte som i andre byer og



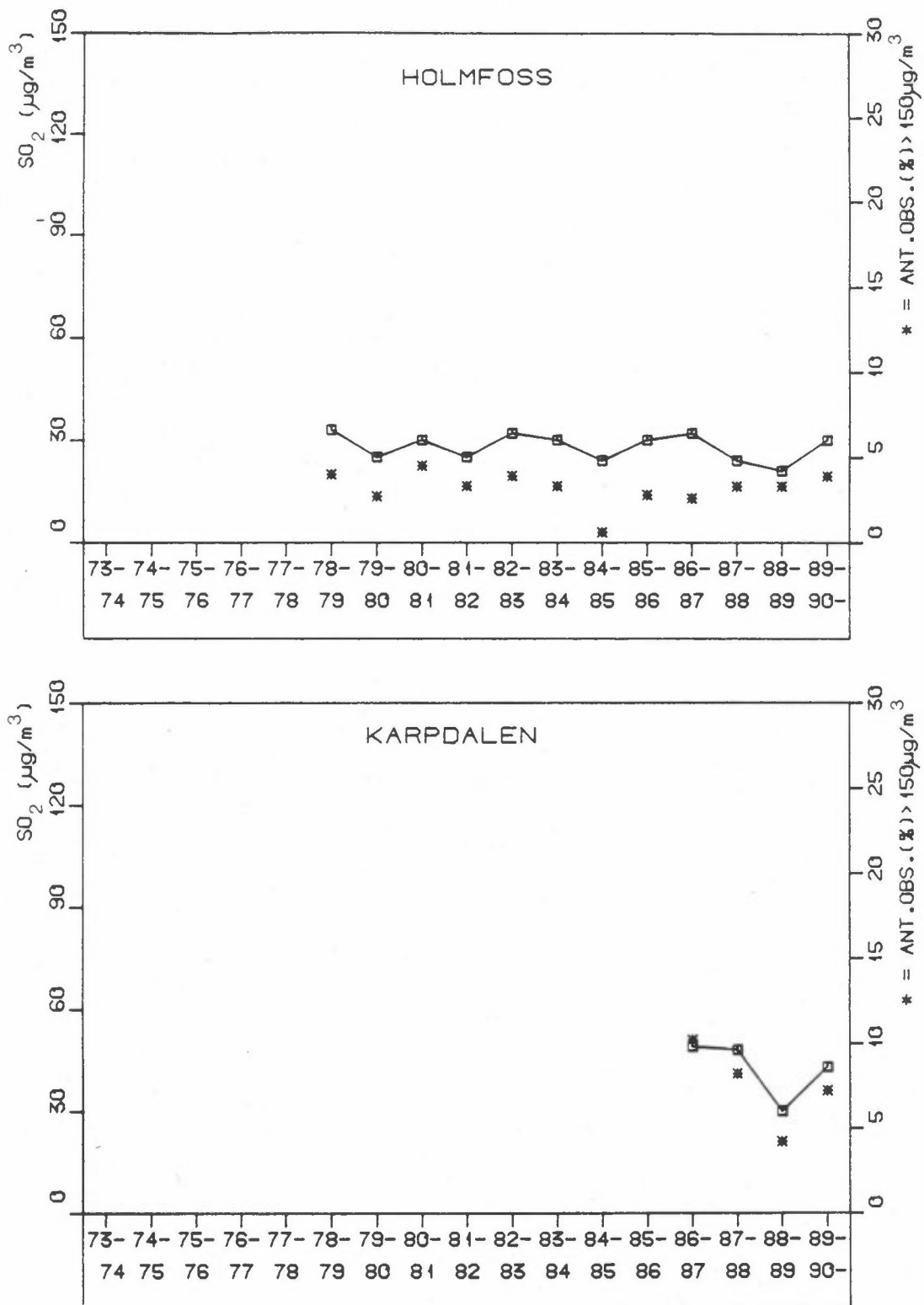
Figur 9: Høyeste døgnmiddelverdi av SO<sub>2</sub> i perioden 27.1.-1.2. 1990 (kl 08-08) målt med kontinuerlig registrerende prøvetakere (□) og døgnprøvetakere (○) (µg/m<sup>3</sup>).



Figur 10: Timesmiddelverdier av SO<sub>2</sub> (Viksjøfjell, Karpdalen, Svanvik, Sovjet 1, Sovjet 2) og meteorologiske forhold (Viksjøfjell, Svanvik) i perioden 27.1.1990 kl 01-31.1.1990 kl 24.



Figur 11: Vintermiddelkonsentrasjoner av  $SO_2$  ( $\mu g/m^3$ ) og frekvens av døgnmiddelverdier over  $150 \mu g/m^3$  på Rådhuset i Kirkenes og i Svanvik.



Figur 12: Vintermiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) og frekvens av døgnmiddelverdier over 150 µg/m<sup>3</sup> i Holmfoss og Karpdalen.

tettsteder. Nedgangen i Kirkenes må tilskrives reduserte lokale utslipp. Svanvik, Holmfoss og Karpdalen er belastet av de sovjetiske utslippene.

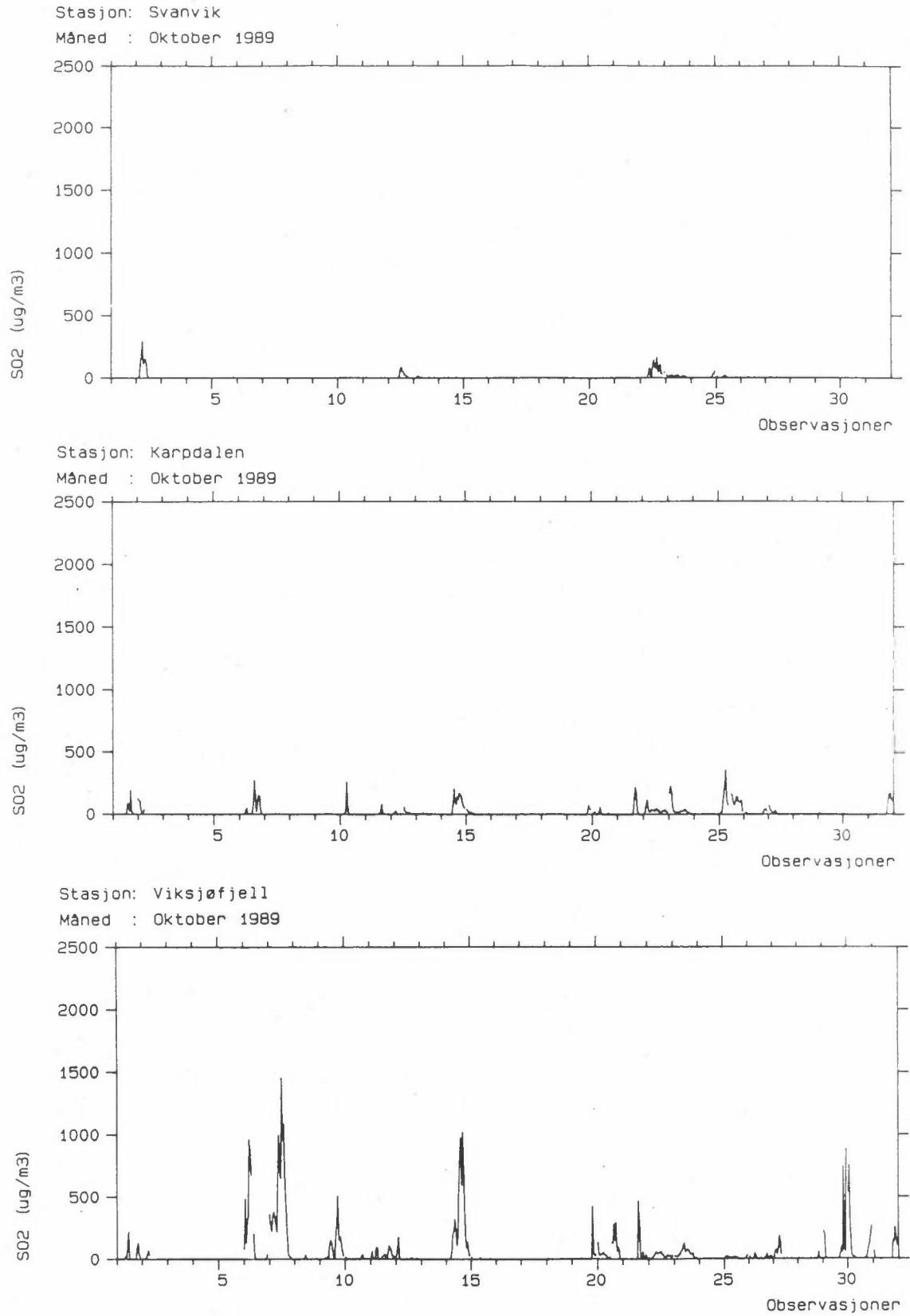
Tabell 7 og 8 foran viser at konsentrasjonene av  $\text{SO}_2$  i Sør-Varanger har variert fra null og til over  $3\ 100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  som timesmiddelverdi vinteren 1989/90. På midlingstid 5 minutter er det registrert enda høyere verdier. For å gi et inntrykk av variasjonen i dataene er det i figur 13-18 vist plot av timesmiddelverdiene fra Svanvik, Karpdalen og Viksjøfjell for hver måned i perioden oktober 1989-mars 1990. Episoder med høye konsentrasjoner forekom hyppigst på Viksjøfjell og minst hyppig i Svanvik. Episodene var som regel ganske kortvarige, fra noen få timer til ett døgn. Målinger av standardavviket i vindretningen på Viksjøfjell tyder på at røykfanene fra de høye pipene i Nikel og Zapoljarnij er ganske smale, som oftest bare noen kilometers utstrekning selv så langt fra utslippet som på Viksjøfjell. Konsentrasjonen blir derfor høy når målestasjonen ligger rett i røykfanen, mens bare noen graders endring i vindretningen kan føre til at stasjonen ikke er eksponert. I lange perioder er stasjonene ikke eksponert, eller verdiene er lavere enn deteksjonsgrensen på  $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Vinteren 1989/90 skilte seg noe fra de tidligere måleperiodene ved at  $\text{SO}_2$ -nivået, spesielt i januar 1990, var noe forhøyet også utenom de utpregede episodene.

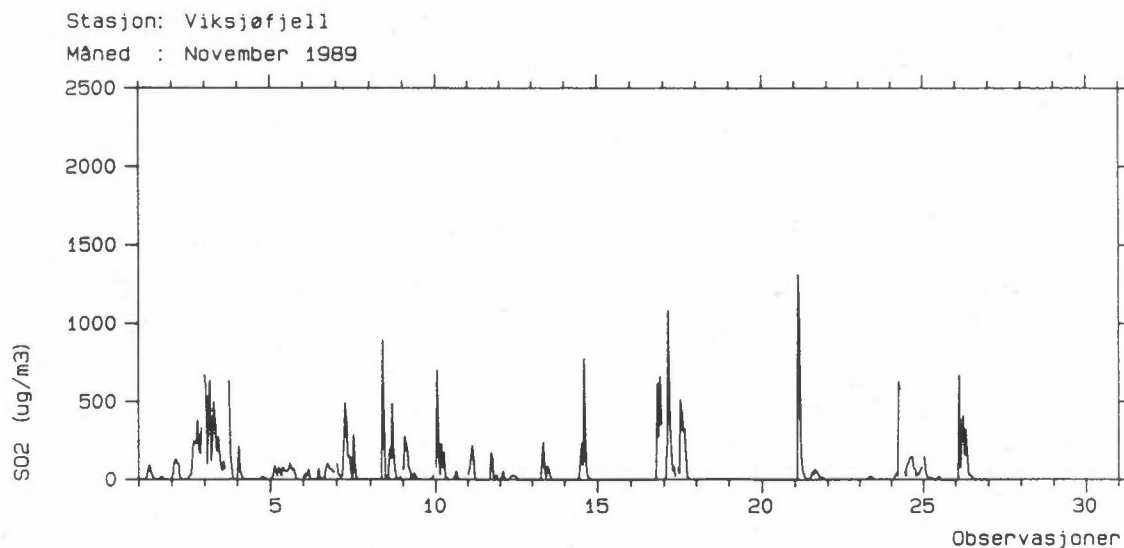
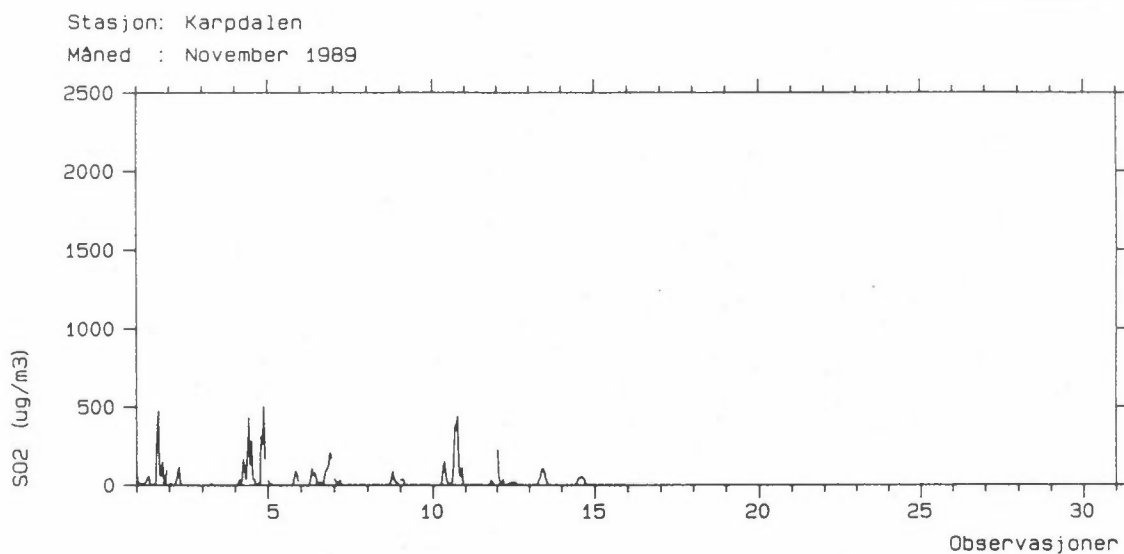
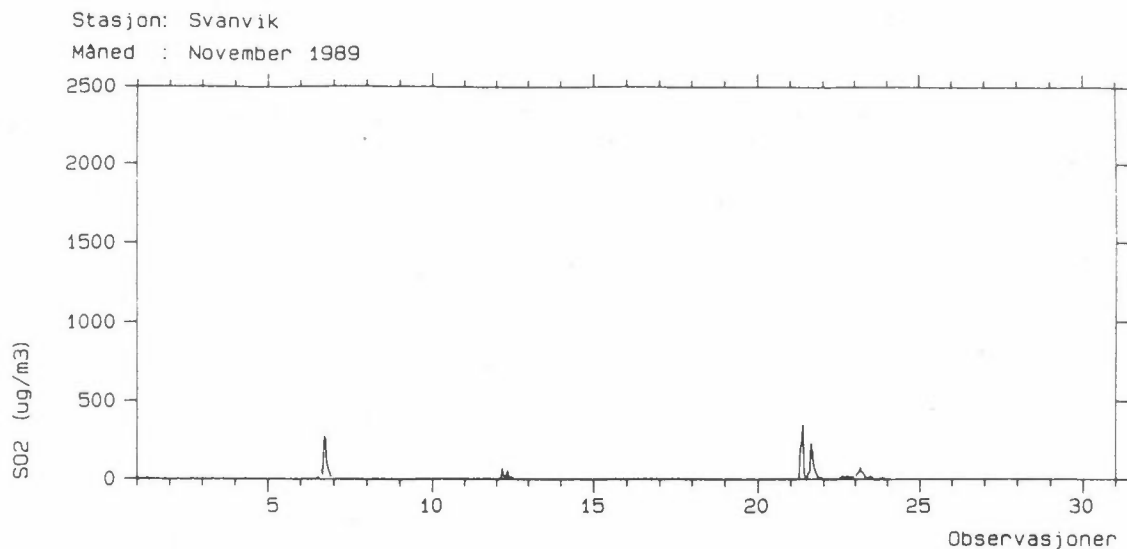
Timesmiddelverdiene av  $\text{SO}_2$  er sammenholdt med meteorologiske forhold, vindretning, vindstyrke og stabilitet. Ut fra dette er det beregnet forurensningsroser som vist i figur 19-21. Disse viser middelkonsentrasjone for hver av 12  $30^\circ$ -vindsektorer og for vindstille.

I Svanvik var middelverdien for perioden oktober 1989-mars 1990  $24\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ved vind fra øst-sørøstlig kant var middelkonsentrasjonen  $119\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se figur 19. Ved vind i en bred sektor fra sør over vest til nord var konsentrasjonene meget lave og på samme nivå som en ville vente på en bakgrunnsstasjon.

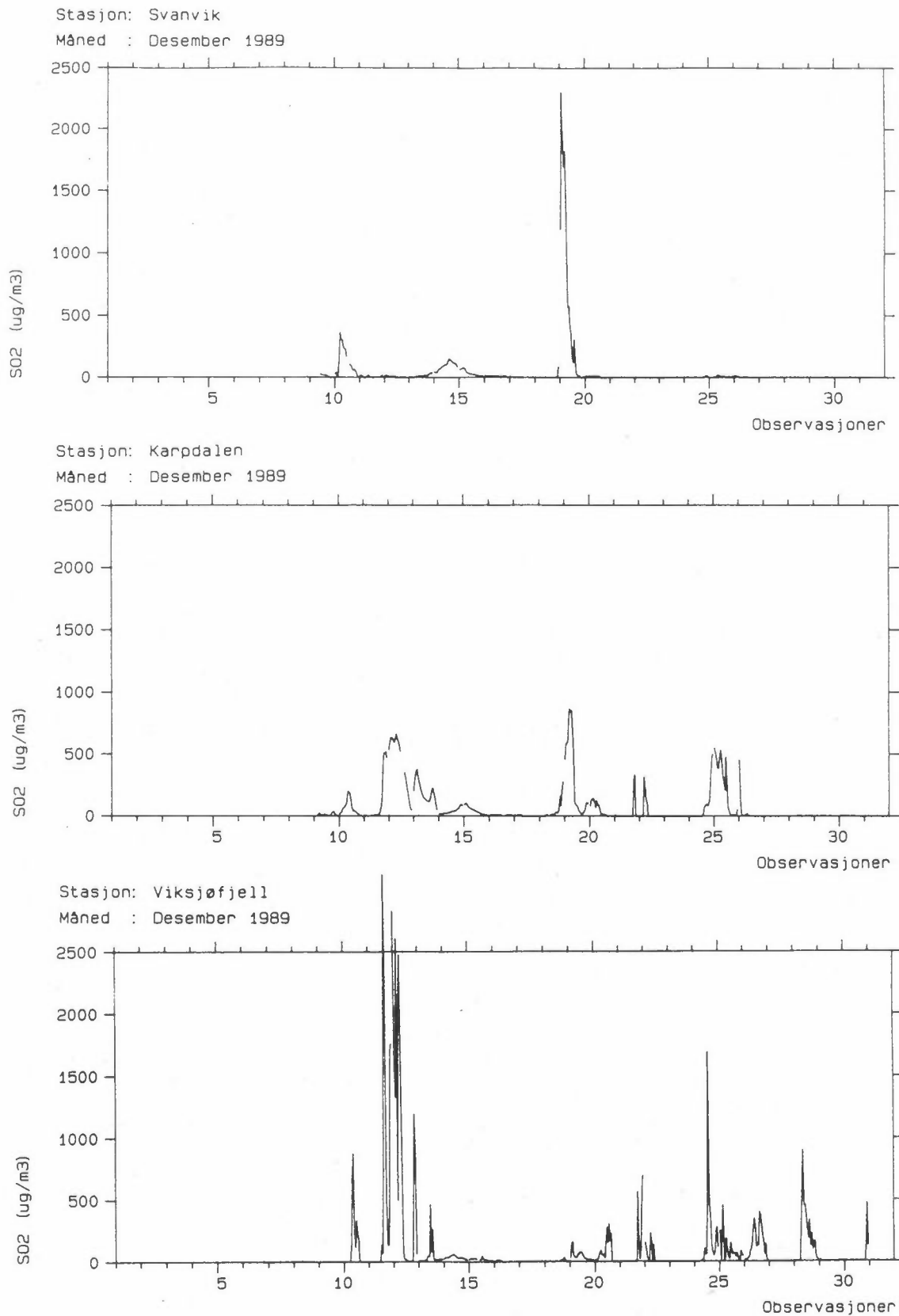




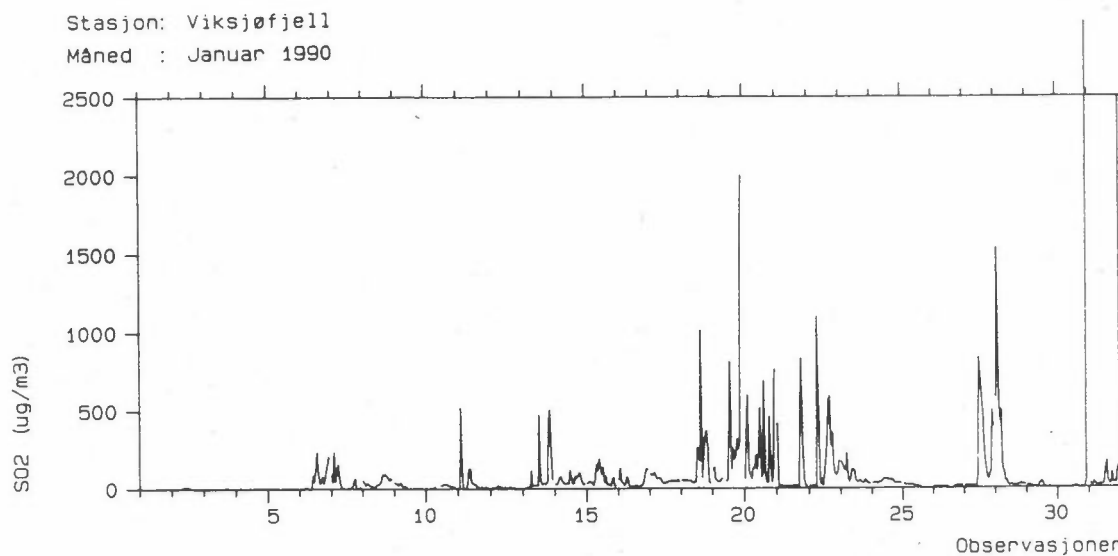
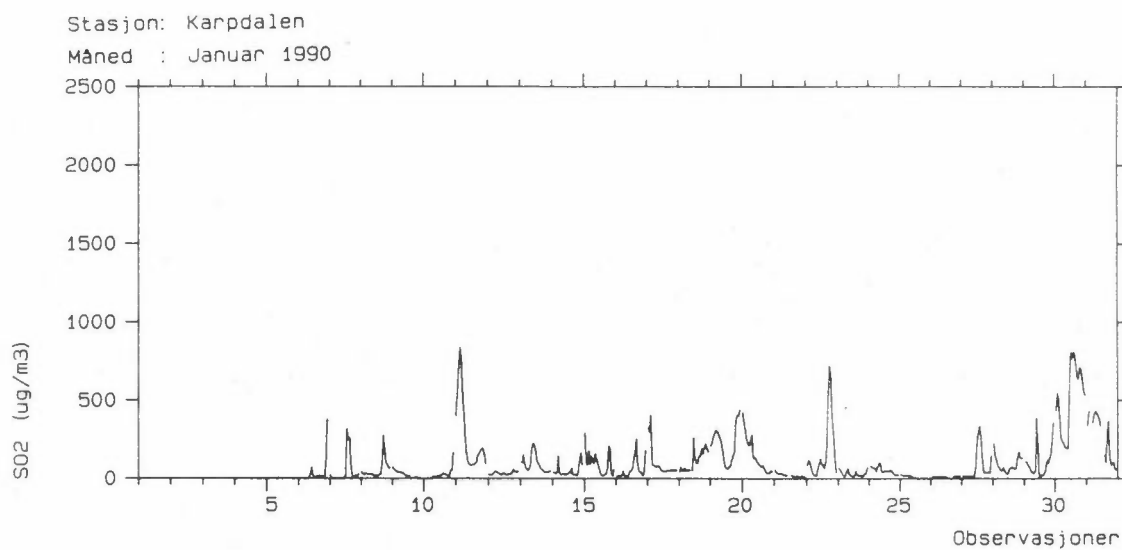
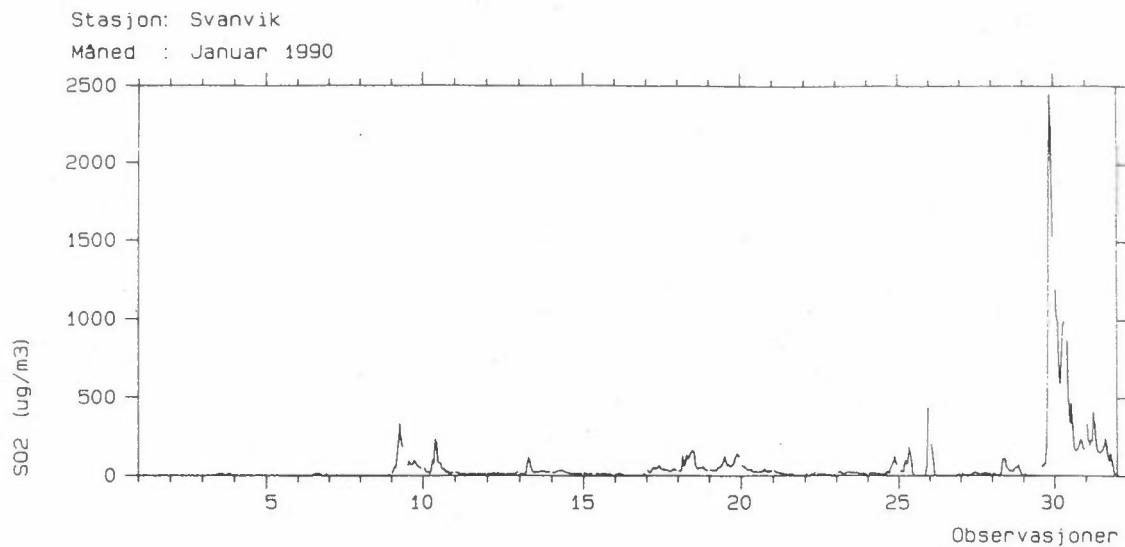
Figur 13: Timesmiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i oktober 1989 i Svanvik, Karpdalen og på Viksjøfjell ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



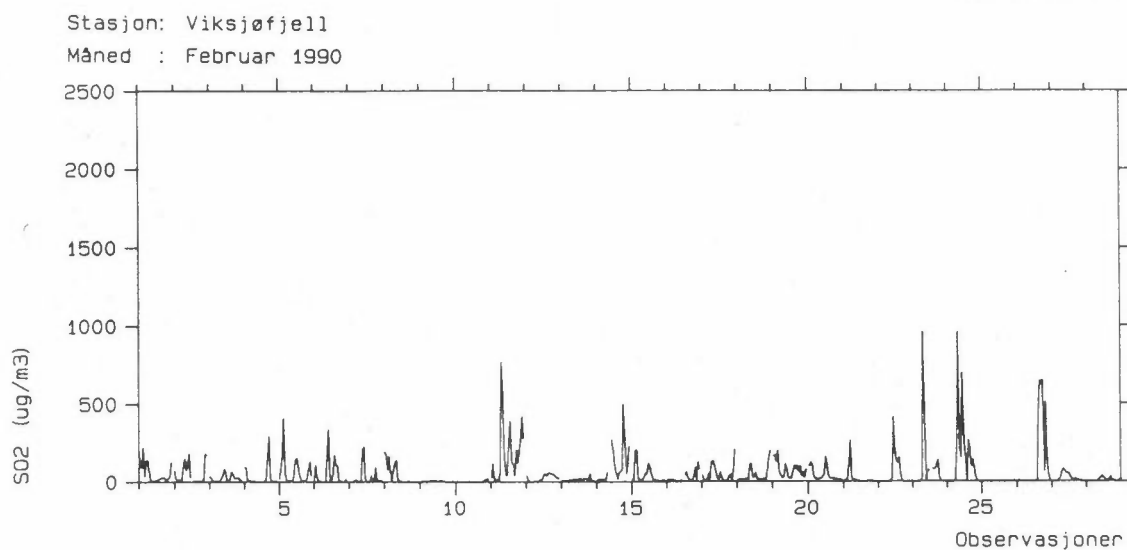
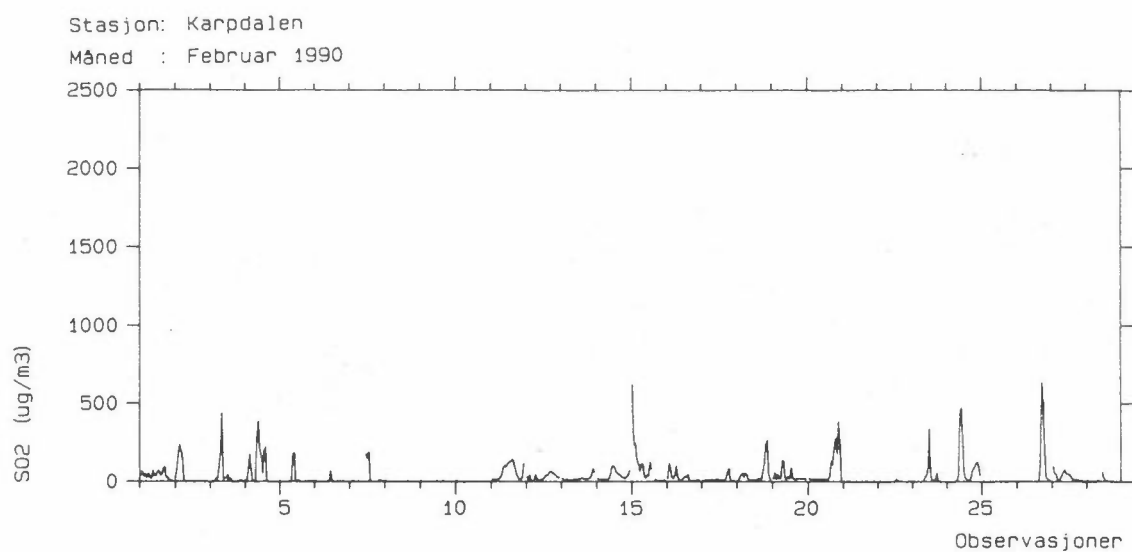
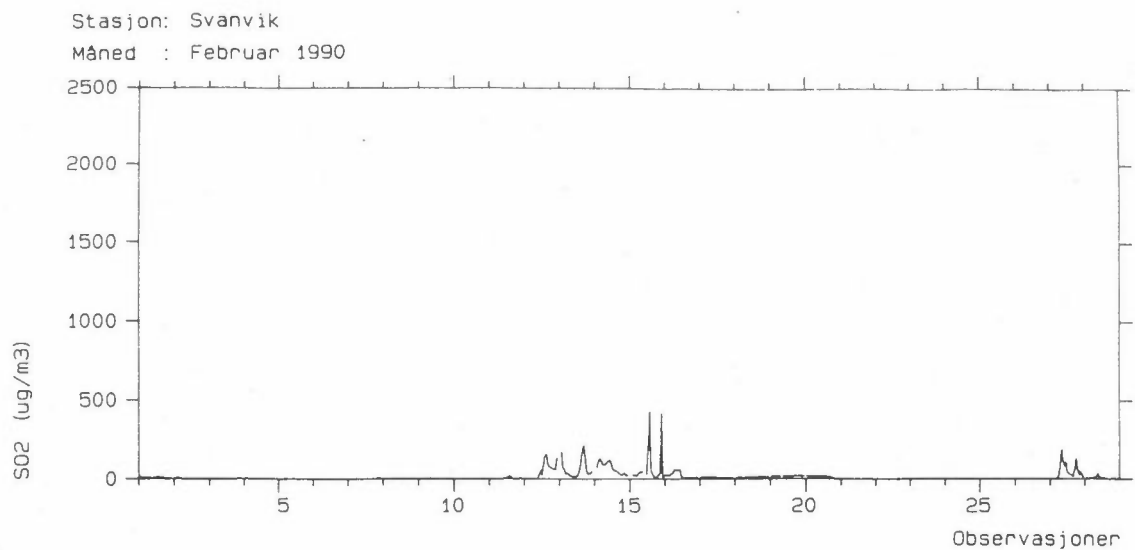
Figur 14: Timesmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i november 1989 i Svanvik, Karpdalen og på Viksjøfjell ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



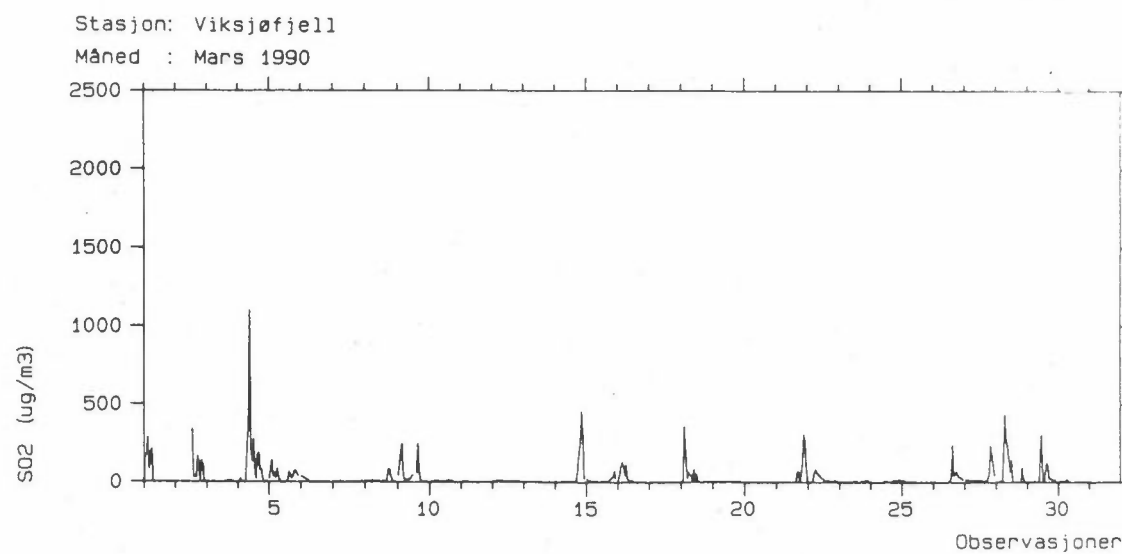
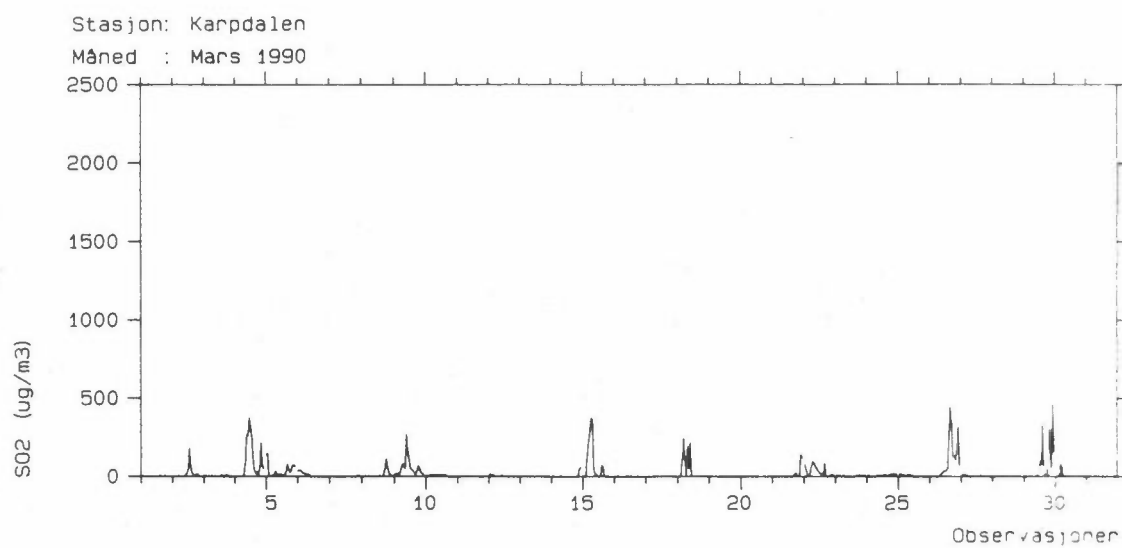
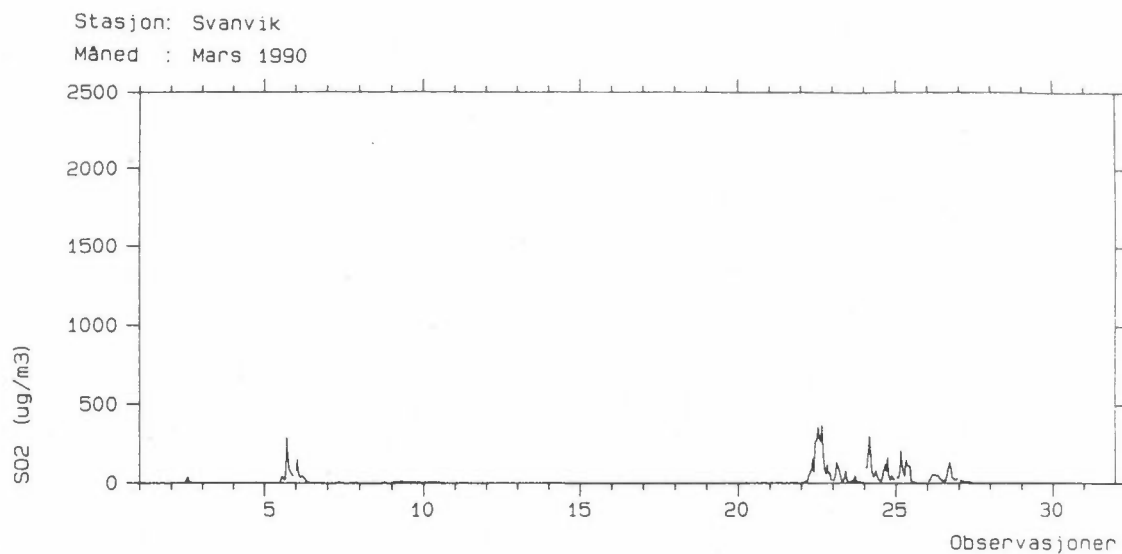
Figur 15: Timesmiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i desember 1989 i Svanvik, Karpdalen og på Viksjøfjell ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



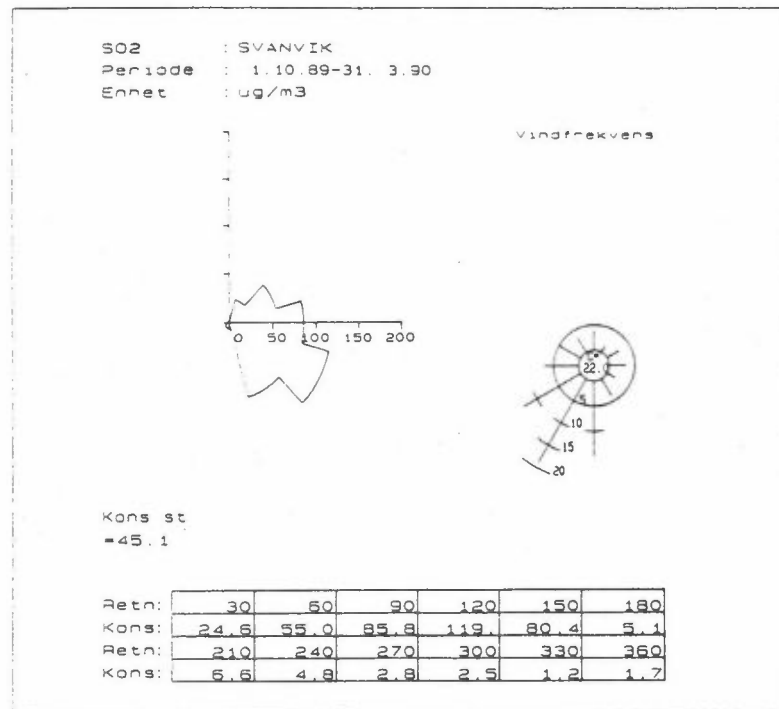
Figur 16: Timesmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i januar 1990 i Svanvik, Karpdalen og på Viksjøfjell (µg/m<sup>3</sup>).



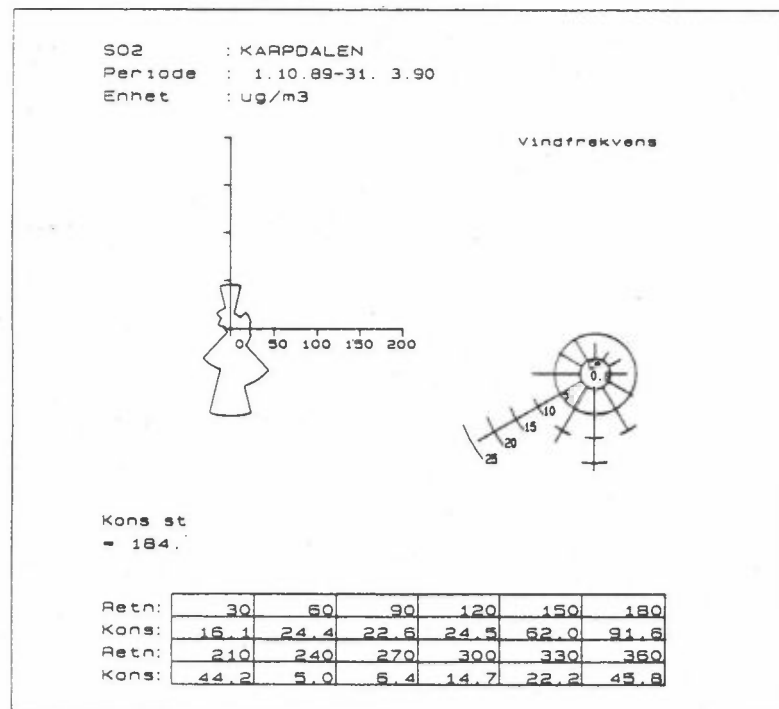
Figur 17: Timesmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i februar 1990 i Svanvik, Karpdalen og på Viksjøfjell (µg/m<sup>3</sup>).



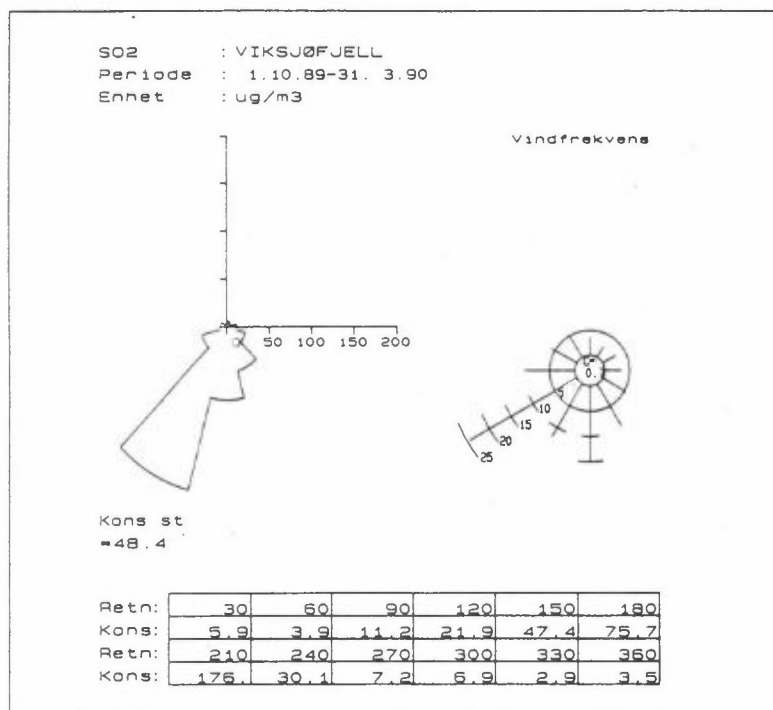
Figur 18: Timesmiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i mars 1990 i Svanvik, Karpdalen og på Viksjøfjell ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Figur 19: Middelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i Svanvik i 12  $30^\circ$ -vindsektorer i perioden oktober 1989-mars 1990 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Figur 20: Middelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i Karpdalen i 12  $30^\circ$ -vindsektorer i perioden oktober 1989-mars 1990 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). (Vindmålinger fra Viksjøfjell.)



Figur 21: Middelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> på Viksjøfjell i 12 30<sup>0</sup>-vindsektorer i perioden oktober 1989-mars 1990 (µg/m<sup>3</sup>).

Timesmiddelkonsentrasjonene av SO<sub>2</sub> i Karpdalen er sammenholdt med meteorologiske data fra Viksjøfjell i figur 20. Figuren viser at vind fra sørlige retninger, samt vindstille på Viksjøfjell gav de høyeste middelkonsentrasjonene i Karpdalen.

På Viksjøfjell var middelkonsentrasjonen 176 µg/m<sup>3</sup> ved vind fra 210<sup>0</sup> (Nikel), se figur 21. Ved vindstyrke 2-4 m/s og stabil sjiktning var middelkonsentrasjonen 483 µg/m<sup>3</sup> ved denne vindretningen. Også ved vind i en sektor fra sørøst til sør var det forhøyede konsentrasjoner på Viksjøfjell, som tyder på at Zapoljarnij og kanskje andre kilder også belaster stasjonen.



### 3.2.2 Svevestøv og tungmetaller

På Viksjøfjell er det tatt svevestøvprøver med en to-filter-prøvetaker som deler støvet i grov- og finfraksjon. Støvmengden bestemmes ved veiing. Prøvene tas over 2+2+3 døgn, mandag-onsdag, onsdag-fredag og fredag-mandag. Resultatene er gitt i tabell 9. Middelveiden vinteren 1989/90 var  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , og høyeste enkeltprøve viste  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Selv om verdiene vinteren 1989/90 var litt høyere enn de som ble målt vinteren 1988/89, viser målingene at støvbelastningen er lav i området og vesentlig lavere enn i byer og tettsteder. Verdens helseorganisasjon (WHO) har fastsatt en grenseverdi for ett døgn på  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for svevestøv med partikler med diameter under  $10 \mu\text{m}$  (WHO, 1987).

Tabell 9: Sammendrag av svevestøvmålinger med to-filter-prøvetaker på Viksjøfjell i perioden oktober 1989-mars 1990 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

VIKSJØFJELL	Finfraksjon (<2,5 $\mu\text{m}$ )			Grovfraksjon (2,5-10 $\mu\text{m}$ )			Sum (<10 $\mu\text{m}$ )			Antall døgn med målinger
	Måned	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	
Oktober 1989	3,5	13	1	2,1	5	0,4	5,6	18	2	31
November	2,3	6	1	1,6	4	0,1	3,9	8	2	30
Desember	5,5	24	1	2,1	5	1	7,6	29	3	31
Januar 1990	8,4	14	2	2,4	5	1	10,8	18	3	31
Februar	5,5	13	2	2,2	4	1	7,7	17	3	28
Mars	3,7	8	1	2,6	4	1	6,3	11	2,5	29
Okt. 89-mars 1990	4,8	24	1	2,2	5	0,1	7,0	29	2	180

På de øvrige stasjonene, Karpdalen, Kirkenes, Holmfoss, Svanvik, Kobbfoss og Noatun tas det døgnprøver av svevestøv. Her er imidlertid luftvolumet så lite at prøvene ikke kan veies. Mer interessant enn svevestøvmengden er imidlertid mengden av tungmetaller. Tidligere undersøkelser av tungmetaller i mose og lav har vist til dels sterkt forhøyede verdier langs grensa mot Sovjetunionen. Under det felles norsk-sovjetiske måleprogrammet er det derfor bestemt at støvfiltrene for 1990 fra alle stasjonene både på norsk og sovjetisk side

skal analyseres for mengden av tungmetallene Cr, Co, Ni, Cu og As. På de norske stasjonene vil analysene også omfatte Fe, Cd, Zn, V, Mn, Pb og Sb. Ved analysen vil støvfiltrene bli inndelt i to grupper ut fra samtidig døgnmiddelkonsentrasjon av  $\text{SO}_2$ . Filtre fra døgn med døgnmiddelkonsentrasjon av  $\text{SO}_2$  lavere enn  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vil bli analysert samlet for hver måned. Filtre fra døgn med døgnmiddelkonsentrasjon over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vil bli analysert hver for seg. Filtrene fra mai og juni 1990 vil bli delt i to, og de to landenes laboratorier skal analysere hver sin halvdel for å sammenligne resultatene.

### 3.3 NEDBØRKVALITET

Nedbørkvalitet måles på tre stasjoner, Dalelva ved Jarfjorden, Svanvik og Noatun. Prøvene tas over en uke med skifte hver mandag. Dessuten skiftes det den første i hver måned. Et sammendrag av resultatene på de tre stasjonene for 4. kvartal 1989 og 1. kvartal 1990 er vist i tabellene 10-15.

Tabellene viser mer nedbør ved Jarfjorden enn inne i Pasvik i begge kvartalene. Samtidig hadde nedbøren ved Dalelva lavest pH-verdi, men forskjellen var ikke stor. pH-verdiene var omtrent som tidligere målinger i Svanvik og ikke så lave som det som er vanlig på Sørlandet (SFT 1988, 1989). Dalelva hadde også noe høyere sulfatkonsentrasjoner ( $\text{SO}_4$ ) enn de andre to stasjonene.

I 1. kvartal 1990 viste både Cl, Mg og Na de klart høyeste konsentrasjonene ved Dalelva og avtakende konsentrasjoner sørover i Pasvik. I 4. kvartal 1989 var konsentrasjonene av disse komponentene svært like på de tre stasjonene. Forholdet mellom komponentene på de tre stasjonene var i begge kvartal slik en finner det i sjøsalt.

Tabell 10: Ukesverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 4. kvartal 1989 ved Dalelva.

Parameter	Nedbørmengde	Ledningsevne	pH	SO <sub>4</sub>	Cl	Mg	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ca	K	Na	Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	As	Co	Cr	
Uke	mm	µS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
1.- 2.10.																				
2.- 9.10.																				
9.- 16.10.																				
16.- 23.10.	11,6	35	4,42	3,2	4,0	0,32	0,6	0,2	0,3	0,5	2,3	7,2	0,2	16	20	15	2,8	0,6	1,2	
23.- 30.10.																				
30.10.- 1.11.																				
1.- 6.11.																				
6.- 13.11.	28,0	49	4,02	5,9	1,5	0,13	0,9	0,3	0,2	0,1	0,8	2,3	0,3	14	14	22	1,6	0,4	0,7	
13.- 20.11.	7,3	23	5,24	1,0	4,6	0,27	0,3	<0,1	0,2	0,4	2,2	1,6	0,4	13	9	5	0,6	0,3	0,9	
20.- 27.11.	5,7	19	4,93	1,4	2,6	0,18	0,4	0,3	0,1	0,2	1,3	0,5	0,5	6	11	3	1,9	0,7	6,3	
27.11.- 1.12.																				
1.- 4.12.																				
4.- 11.12.	18,0	28	5,50	1,1	5,8	0,40	0,4	0,2	0,2	0,6	3,2	0,7	<0,1	8	7	3	1,6	0,4	0,2	
11.- 18.12.	22,6	23	4,54	1,5	2,1	0,13	1,3	0,3	0,1	0,2	1,0	3,9	0,5	40	7	8	1,3	0,4	0,2	
18.- 25.12.																				
25.12.- 1.1.90																				
Middel/ sum*	93,2*	33	4,37	2,9	3,1	0,22	0,8	0,2	0,2	0,3	1,6	2,8	0,3	19	11	12	1,6	0,4	0,9	

Tabell 11: Ukesverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 4. kvartal 1989 i Svanvik.

Parameter	Nedbørmengde	Ledningsevne	PH	SO <sub>4</sub>	Cl	Mg	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ca	K	Na	Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	As	Co	Cr
Uke	mm	µS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1.- 2.10.																			
2.- 9.10.	2,2	33	4,95	1,9	6,3	0,38	0,2	0,2	0,2	0,2	3,3	0,2	0,1	5	6	6	0,7	0,1	0,7
9.- 16.10.	3,4	21	4,45	1,8	0,5	0,04	1,1	0,2	<0,1	<0,1	0,2	1,6	0,3	5	9	17	1,7	0,2	0,6
16.- 23.10.	1,1	53	4,04	6,2		0,14	2,3	0,3	0,4		0,7	3,9	0,2	9	11	18	1,9	0,3	0,8
23.- 30.10.	8,7	16	4,66	1,1	1,3	0,09	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,3	<0,1	5	4	4	0,3	0,1	0,5
30.10.- 1.11.																			
1.- 6.11.																			
6.- 13.11.	10,4	30	4,15	2,8	0,1	<0,01	1,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,1	<0,1	6	15	22	2,2	0,3	1,0
13.- 20.11.	6,2	14	4,81	0,5	1,9	0,10	0,4	<0,1	0,1	<0,1	0,8	0,2	<0,1	1	2	2	0,3	<0,1	0,6
20.- 27.11.	12,1	7	4,95	0,4	0,4	0,03	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,6	<0,1	3	4	7	0,8	0,1	0,9
27.11.- 1.12.	5,7	12	5,17	0,5	1,8	0,12	0,2	<0,1	0,1	<0,1	0,9	<0,1	<0,1	3	<1	1	0,2	<0,1	0,2
1.- 4.12.	2,7	63	4,47	3,6	12	0,86	0,8	0,1	0,4	0,2	6,4	2,1	0,2	5	4	7	6,0	0,1	<0,1
4.- 11.12.	12,0	56	4,69	2,7	11	0,77	0,5	0,1	0,3	0,2	5,9	1,1	0,2	2	<1	4	2,4	<0,1	<0,1
11.- 18.12.	6,1	20	4,60	1,2	1,2	0,10	1,5	0,1	0,1	0,1	0,5	3,4	0,1	6	10	31	2,4	0,4	0,4
18.- 25.12.	3,8	15	4,65	1,2	0,8	0,08	1,2	0,1	0,1	<0,1	0,4	1,6	<0,1	6	9	26	1,6	0,2	0,2
25.12- 1.1.90	0,6	78	4,70																
Middel/ sum*	75,0*	26	4,57	1,6	3,1	0,22	0,7	<0,1	0,1	<0,1	1,6	1,1	<0,1	4,0	5,6	11	1,5	0,1	0,5

Tabell 12: Ukesverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 4. kvartal 1989 på Noatun.

Parameter	Nedbørmengde	Ledningssevne	pH	SO <sub>4</sub>	Cl	Mg	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ca	K	Na	Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	As	Co	Cr
Uke	mm	µS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1.- 2.10.																			
2.- 9.10.	0,8	113	6,49																
9.- 16.10.	3,1	24	4,71	3,4	0,8	0,15	2,1	0,5	0,5	0,7	0,8								
16.- 23.10.	4,1	21	4,51	2,5	0,5	0,09	0,9	0,4	0,3	0,5	0,3	3,1	<0,1	4	5	3	0,3	0,4	1,7
23.- 30.10.	6,8	19	4,54	1,4	1,1	0,10	0,5	<0,1	0,1	0,2	0,7	0,9	<0,1	5	1	3	0,8	<0,1	0,2
30.10.- 1.11.	0,3	89	6,62																
1.- 6.11.																			
6.- 13.11.	9,9	23	4,29	1,7	0,2	<0,01	1,9	<0,1	0,1	<0,1	0,1	3,4	<0,1	14	3	6	0,7	0,1	1,0
13.- 20.11.																			
20.- 27.11.	8,6	7	5,15	0,3	0,7	0,05	0,4	<0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	<0,1	24	3	15	0,2	0,1	0,8
27.11.- 1.12.	8,6	6	5,01	0,3	0,4	0,03	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,8	0,3	9	3	4	0,4	0,1	0,9
1.- 4.12.	3,8	20	5,48	1,0	4,5	0,24	1,8	<0,1	0,2	0,5	2,4	1,3	<0,1	10	2	4	1,4	0,4	1,5
4.- 11.12.	13,7	39	4,80	1,7	8,7	0,58	0,2	<0,1	0,2	0,2	4,6	1,2	<0,1	11	3	4	1,6	0,3	1,0
11.- 18.12.	2,2	33	4,44	1,1	4,4	0,22	2,2	0,1	0,2	0,4	2,3	6,3	0,6	48	7	75	1,2	0,5	2,0
18.- 25.12.	4,1	20	4,44	1,0	1,2	0,09	1,4	0,1	0,1	0,2	0,6	1,9	0,4	15	4	7	0,7	0,3	1,3
25.12- 1.1.90	2,5	44	5,00	2,1	9,1	0,65	0,7	<0,1	0,3	0,3	5,1								
Middel/ sum*	68,5*	24	4,65	1,4	2,9	0,20	0,9	<0,1	0,2	0,2	1,6	1,7	0,1	13	3,1	8,4	0,8	0,2	1,0

Tabell 13: Ukesverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 1. kvartal 1990 ved Dalelva.

Parameter	Nedbørmengde	Ledningsevne	pH	SO <sub>4</sub>	Cl	Mg	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ca	K	Na	Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	As	Co	Cr
Uke	mm	µS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1.- 8.1.	21,7	43	4,53	2,5	6,8	0,5	1,2	0,1	0,3	0,2	4,2	3,0	0,3	10	8	10	1,6	0,2	0,8
8.- 15.1.	9,1	38	4,43	2,2	5,7	0,3	1,2	0,3	0,2	0,2	2,7	3,6	0,2	16	13	18	2,3	0,5	0,8
15.- 22.1.																			
22.- 29.1.																			
29.- 1.2.																			
1.- 5.2.	8,1	52	4,34	3,9	7,3	0,5	2,9	0,3	0,3	0,2	3,5	4,3	0,3	25	57	46	4,9	2,5	4,0
5.- 12.2.	8,3	45	4,02	3,9	0,9	0,1	2,9	0,4	0,1	0,1	0,4	9,0	0,3	16	22	29	3,9	0,6	1,3
12.- 19.2.																			
19.- 26.2.	6,7	27	4,61	2,2	3,0	0,3	1,8	0,3	0,2	0,1	1,7	8,8	<0,1	11	37	32	5,0	1,4	1,9
26.2.- 1.3.																			
1.- 5.3.																			
5.- 12.3.	23,1	50	4,52	2,7	11,0	0,7	0,6	0,1	0,2	0,2	7,3	2,7	0,2	13	10	10	2,0	0,3	1,0
12.- 19.3.																			
19.- 26.3.																			
26.3.- 1.4.	11,2	50	4,54	4,1	9,5	0,7	2,0	0,3	0,5	0,5	4,7	4,1	0,4	18	45	28	2,9	2,1	3,6
Middel/ sum*	88,2	45	4,42	3,0	7,3	0,50	1,5	0,2	0,3	0,2	4,3	4,2	0,3	14	22	20	2,7	0,8	1,6

Tabell 14: Ukesverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 1. kvartal 1990 i Svanvik.

Parameter	Nedbørmengde	Ledningsevne	pH	SO <sub>4</sub>	Cl	Mg	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ca	K	Na	Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	As	Co	Cr
Uke	mm	µS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1.- 8.1.	6,3	20	4,66	1,0	2,3	0,2	1,1	0,1	0,1	<0,1	1,2	0,9	0,3	3	2	5	0,8	<0,1	0,2
8.- 15.1.	6,5	21	4,57	1,4	2,1	0,1	1,3	0,1	0,1	<0,1	1,0	2,5	0,2	6	12	31	4,1	0,4	0,5
15.- 22.1.	0,5	49	4,07									5,4	0,5	13	22	48	3,5	0,7	0,8
22.- 29.1.	2,6	53	4,08	3,0	3,7	0,3	4,0	0,3	0,3	0,1	2,0	3,3	0,4	5	19	44		0,6	0,8
29.- 1.2.																			
1.- 5.2.	1,6	54	3,94	3,5		0,1	4,6	0,1	0,1		0,3	1,0	0,1	25	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1
5.- 12.2.	3,8	44	4,06	3,3	0,7	0,1	3,9	0,6	0,1	0,1	0,3	4,2		35	2	27	0,6	<0,1	0,2
12.- 19.2.	1,0	74	4,06	13,0		0,6	5,0	0,8	1,6		0,4								
19.- 26.2.	4,3	11	5,11	0,8	1,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,7	<0,1	0,2	2	<1	<1	<0,1	<0,1	0,1
26.2.- 1.3.	1,2	16	4,44	0,8		0,1	1,5	0,1	0,1		0,2	0,6	0,4	3	5	9	0,3	0,2	0,3
1.- 5.3.	1,9	13	5,09	1,1	3,3	0,2	0,3	0,1	0,1	<0,1	1,8	0,4	<0,1	3	2	3	0,4	<0,1	0,4
5.- 12.3.	11,8	27	4,70	1,5	5,0	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1	2,8	0,9	<0,1	2	4	7	0,7	0,3	0,4
12.- 19.3.	0,7	48	4,60									0,7	0,4	5	<1	<1	0,1	<0,1	0,3
19.- 26.3.																			
26.3.- 1.4.	0,3																		
Middel/ sum*	42,5*	28	4,44	1,9	3,0	0,20	1,5	0,2	0,2	<0,1	1,5	1,5	0,2	7,2	5,2	14	1,2	0,2	0,3

Tabell 15: Ukesverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 1. kvartal 1990 på Noatun.

Parameter	Nedbørmengde	Ledningsevne	PH	SO <sub>4</sub>	Cl	Mg	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ca	K	Na	Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	As	Co	Cr
Uke	mm	µS/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1.-8.1.	7,0	11	4,76	0,7	0,8	0,1	0,6	<0,1	0,1	0,1	0,4	0,6	0,2	8	1	2	0,1	<0,1	0,5
8.-15.1.	2,1	19	4,53	0,8	1,4	0,1	1,5	<0,1	0,1	0,1	0,8	1,8	0,3	14	10	9	0,9	0,4	0,7
15.-22.1.	1,0	35	4,04	2,8	1,3	0,1	5,3	0,3	0,5	0,7	0,6	6,8	1,7	135	21	38	0,7	1,0	3,7
22.-29.1.	4,0	52	4,10	3,4	2,6	0,2	4,1	0,3	0,3	0,2	1,5	4,1	0,6	36	6	19	1,3	1,2	0,5
29.-1.2.	1,9	44	4,17	3,5	1,4	0,2	4,4	0,4	0,6	0,6	0,8	5,1	0,7	54	7	19	1,1	1,6	0,5
1.-5.2.																			
5.-12.2.	4,1	29	4,66	3,1	1,5	0,2	3,6	<0,1	0,5	1,3	0,9	4,6	0,3	20	3	5	0,6	1,0	0,2
12.-19.2.	3,0	34	4,30	3,1	0,7	0,1	2,7	0,9	0,2	0,4	0,4	4,0	0,4	28	4	8	0,8	0,7	0,2
19.-26.2.	1,9	14	5,15	1,1	1,9	0,1	0,8	0,4	0,2	0,3	1,0								
26.2.-1.3.	0,3																		
1.-5.3.	1,1	17	5,10			0,2			0,3	0,5	1,5	1,9	0,2	24	3	5	0,4	0,2	0,6
5.-12.3.	9,6	17	4,90	1,0	2,7	0,2	0,5	<0,1	0,1	0,1	1,6	1,0	0,1	12	3	4	0,4	0,3	0,3
12.-19.3.	0,1																		
19.-26.3.																			
26.3.-1.4.																			
Middel/sum*	36,1*	24	4,51	1,8	1,8	0,16	1,9	0,2	0,2	0,3	1,0	2,5	0,3	23	4,2	8,0	0,6	0,6	0,5



Komponentene  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , Ca og K viste små forskjeller i konsentrasjoner i nedbøren mellom de tre stasjonene. Ingen av komponentene viste høye verdier sett i forhold til tidligere målinger på Svanvik og på bakgrunnsstasjoner ellers i landet (SFT, 1988, 1989).

Tungmetallene Pb, Cd og Zn analyseres rutinemessig på bakgrunnsstasjonene Birkenes, Nordmoen, Narbuvoll (Osen fra 1988), Kårvatn og Jergul, og i Svanvik fra 1987. Konsentrasjonene av Pb i området 1,1  $\mu\text{g/l}$  til 4,2  $\mu\text{g/l}$  i Sør-Varanger i 4. kvartal 1989 og 1. kvartal 1990 var noe lavere enn på Vestlandet (SFT, 1988, 1989) Konsentrasjonene av Cd var lave og ned mot det en finner ellers i landet. Konsentrasjonene av sink varierte en del, med de laveste verdiene i Svanvik. Konsentrasjonene synes å være høyere enn ellers i landet.

Ni, Cu og As regnes som sporelementer fra de sovjetiske nikkilverkene. I tillegg til utvasking med nedbør må en regne med at noe kommer ned i prøvetakeren ved tørrdeposisjon. Målingene viste en del variasjon i kvartalsmiddelkonsentrasjonene mellom de tre stasjonene. Nikkelkonsentrasjonene varierte fra 3,1-22  $\mu\text{g/l}$ , kopperkonsentrasjonene fra 8,0-20  $\mu\text{g/l}$  og arsenkonsentrasjonene fra 0,6-2,7  $\mu\text{g/l}$  i de to kvartalene. For alle tre komponentene hadde Dalelva de høyeste kvartalsmiddelkonsentrasjonene og Noatun de laveste. Sammenliknet med vinteren 1988/89 hadde Dalelva høyere konsentrasjoner av både Ni, Cu og As i begge kvartaler vinteren 1989/90. På Noatun var det noe høyere konsentrasjoner av Ni og Cu i 1989/90 enn i 1988/89, mens As-konsentrasjonene var omtrent de samme. I Svanvik var det høyere konsentrasjoner av alle tre komponenter i 4. kvartal 1989 enn i 4. kvartal 1988. I 1. kvartal 1990 var konsentrasjonen av Ni lavere og konsentrasjonene av Cu og As omtrent de samme i forhold til 1. kvartal 1989.

Det er også beregnet avsetning med nedbøren av de forskjellige elementene for de tre stasjonene i 4. kvartal 1989 og 1. kvartal 1990. Resultatene er vist i tabell 16. For de fleste elementene er belastningen størst ved Dalelva og minst i

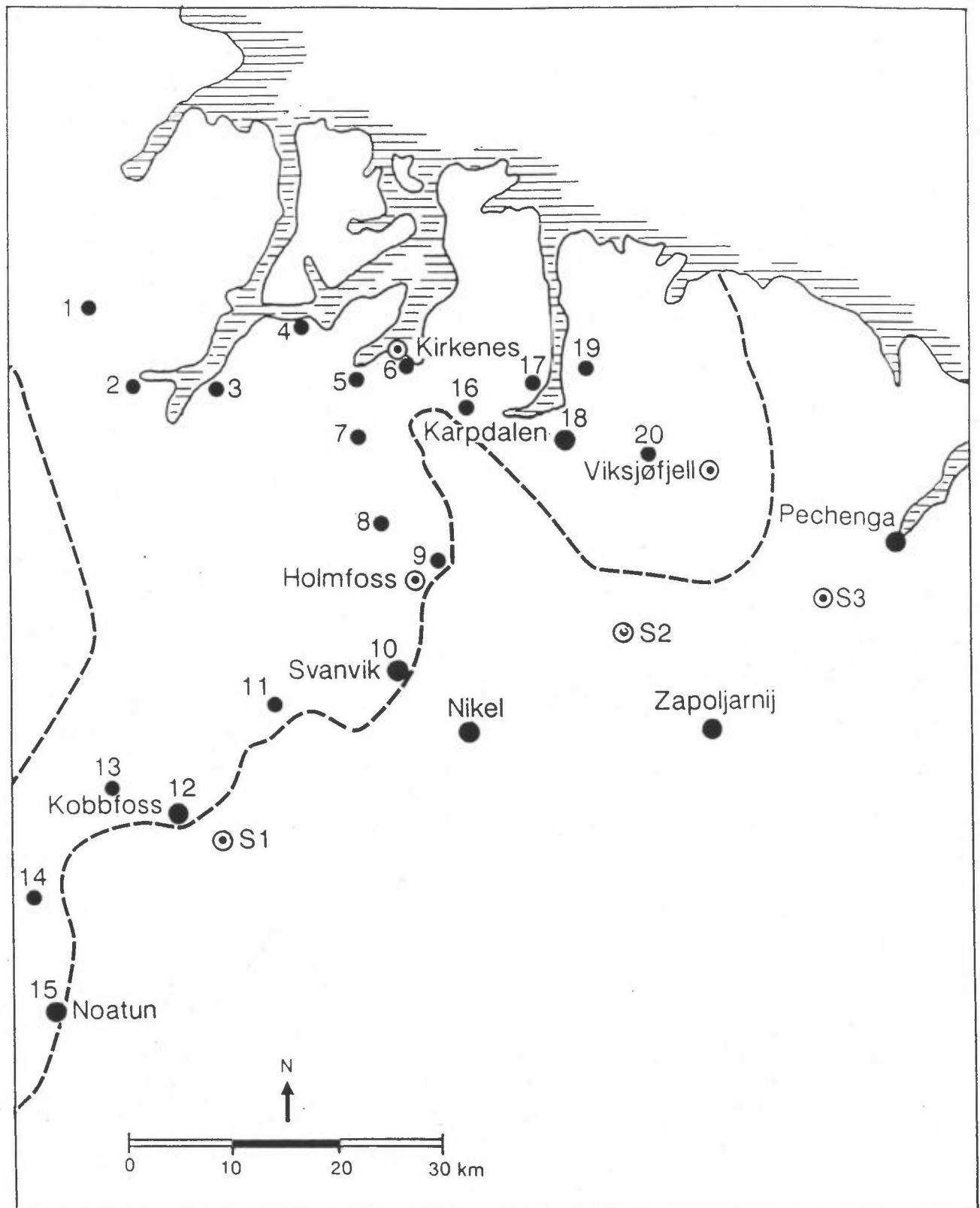
Noatun. For tungmetallene Ni, Cu og As, hvis hovedkilder antas å være de sovjetiske nikkerverkene, er bildet mer komplisert. Deler av nedfallet i nedbørprøvetakerne kan være deposisjon i oppholdsvær når vinden står fra verkene mot målestedene, og deler av nedfallet kan skyldes støv som vaskes ut av lufta med nedbøren. Regnet i konsentrasjon pr. mm nedbør var det en klar tendens til forhøyede verdier ved liten nedbør (<10-15 mm pr. uke) og lave konsentrasjoner ved høy nedbør.

Tabell 16: Avsetning av elementer med nedbør i 4. kvartal 1989 og 1. kvartal 1990 (mg/m<sup>2</sup>), samt totalt for vinterhalvårene 1988/89 og 1989/90.

Periode	4. kvartal 1989			1. kvartal 1990			1.10.1989-31.3.1990			1.10.1988-31.3.1989		
	Dalelva	Svanvik	Noatun	Dalelva	Svanvik	Noatun	Dalelva	Svanvik	Noatun	Dalelva	Svanvik	Noatun
SO <sub>4</sub>	270	120	96	260	81	65	530	201	161	410	168	126
Cl	290	230	200	640	130	65	930	360	265	1600	504	289
Mg	21	17	14	44	9	6	65	26	20	111	37	22
NO <sub>3</sub>	75	53	62	130	64	69	205	117	131	147	83	87
NH <sub>4</sub>	19	<8	<7	18	9	7	37	17	14	41	21	12
Ca	19	8	14	26	9	7	45	17	21	65	33	23
K	28	<8	14	18	<4	11	46	12	25	49	14	23
Na	149	120	110	380	64	36	529	156	146	880	294	164
Pb	0,26	0,08	0,12	0,37	0,06	0,09	0,63	0,14	0,21	0,61	0,38	0,22
Cd	0,03	<0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,06	~0,02	0,02	0,07	~0,02	0,03
Zn	1,77	0,30	0,89	1,23	0,31	0,83	3,00	0,61	1,72	3,70	1,05	1,82
Ni	1,03	0,42	0,21	1,94	0,22	0,15	2,97	0,64	0,36	1,62	1,13	0,21
Cu	1,12	0,83	0,58	1,76	0,60	0,29	2,88	1,43	0,87	1,50	1,32	0,68
As	0,15	0,11	0,05	0,24	0,05	0,02	0,39	0,16	0,07	0,18	0,14	0,10
Co	0,04	0,01	0,01	0,07	0,01	0,02	0,11	0,02	0,03	-	-	-
Cr	0,08	0,04	0,07	0,14	0,01	0,02	0,22	0,05	0,09	-	-	-

### 3.4 ANALYSER AV SNØPRØVER

3.-4. april 1990 ble det samlet inn tilsammen 20 snøprøver for analyse. Prøvene er tatt med snøprofilrør med diameter 80 mm og høyde 600 mm. Det er tatt 180 cm, tilsvarende 9 liter snø, på hvert prøvested, uavhengig av snødybden på stedet. Lokaliseringen av de 20 prøvestedene er vist på kartet i figur 22.



Figur 22: Lokalisering av prøvetakingsteder for snøprøver.

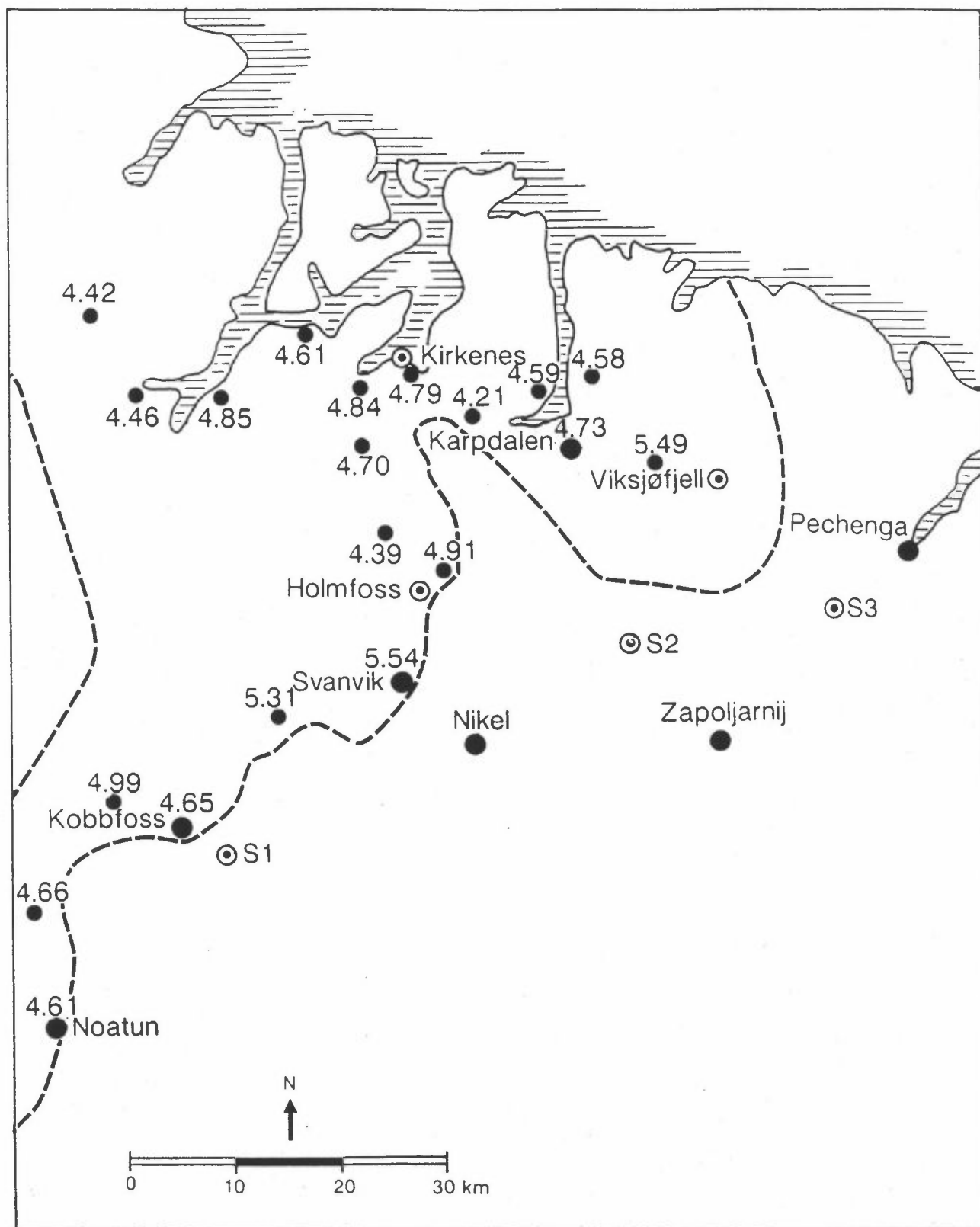
Resultater av de kjemiske analysene av de 20 snøprøvene er gitt i tabell 17. Konsentrasjonene er forholdsvis varierende, og det er lite samvariasjon mellom de forskjellige komponentene, bortsett fra Ni, As og Cu, og de tre sjøsaltkomponentene Cl, Na og Mg. Figur 23 viser pH-verdiene i snøprøvene på de forskjellige stedene. Laveste pH, 4,21, ble målt nær Storskog, og høyeste pH, 5,54, ble målt i Svanvik.

Konsentrasjonene av Ni, As og Cu er vist i figur 24-26. Figurene illustrerer at de tre komponentene varierer i takt. De høyeste verdiene ble målt i områdene omkring Svanvik og Holmfoss og i området mellom Kirkenes og Karpdalen og østover. Konsentrasjonene av Ni, As og Cu i snøprøvene følger omtrent det samme mønsteret som SO<sub>2</sub>-belastningen i grenseområdene.

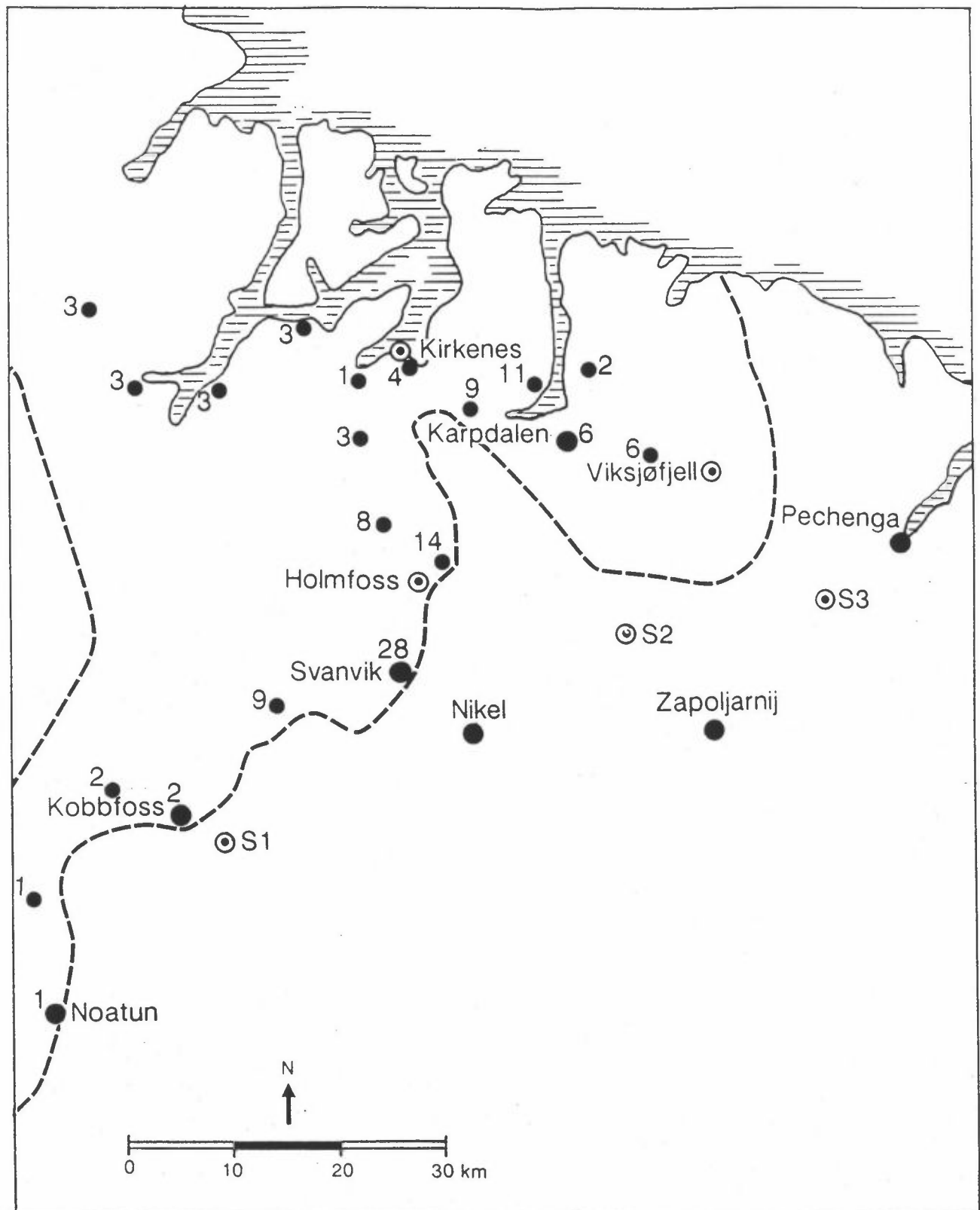
Konsentrasjonene av SO<sub>4</sub> og pH i snøprøvene er det derimot vanskeligere å finne et systematisk mønster for. Surheten er minst (høy pH) på de stasjonene nær grensen som ligger nærmest Nikel-verket. Dette kan ha sammenheng med at støvutslippet fra Nikel er basisk og at utfellingsmekanismene for partikler og svovel i nedbør (snø) fungerer forskjellig og gir nedfall på forskjellige avstander. Det basiske nedfallet skjer nært kildene, det sure lengre borte.

Tabell 17: Analyser av snøprøver fra Sør-Varanger, april 1990.

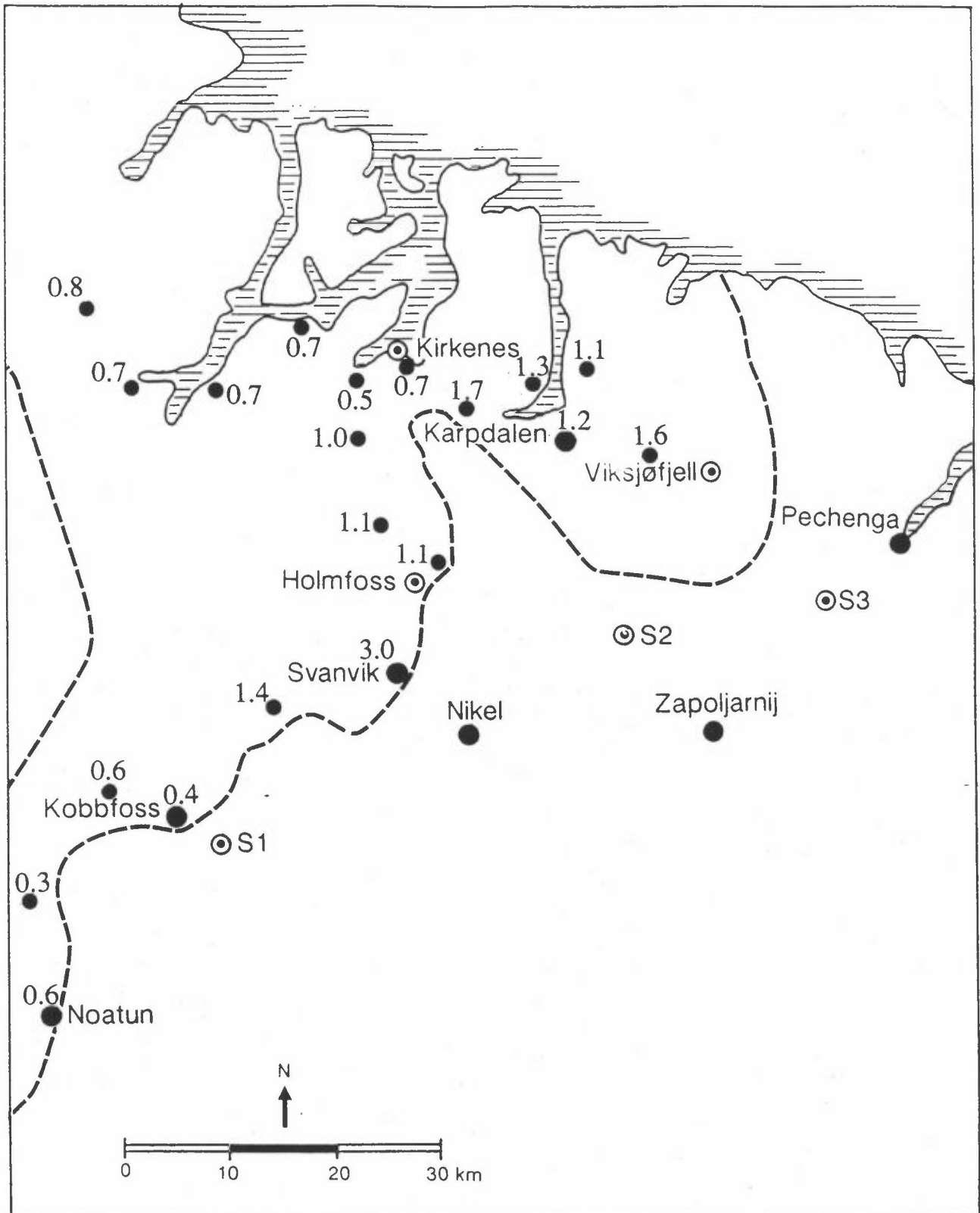
Prøve- sted	Snø- dybde	Merknad	Mengde som vann	pH	Ledn.- evne	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Pb	Cd	Zn	Ni	As	Cu	Co	Cr
	cm		l		µs	mg/l	mg N/l	mg S/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1	80	grovkornet		4,42	30,2	3,48	0,66	0,33	1,87	0,25	0,25	0,23	2,1	0,07	34	3	0,8	5	0,20	0,4
2	40	grovkornet	3,3	4,46	15,3	0,70	0,28	0,22	0,27	0,03	0,11	0,05	1,4	0,30	2	3	0,7	4	0,20	0,2
3	30	grovkornet	1,2	4,85	42,0	8,94	0,16	0,68	4,89	0,20	0,29	0,59	1,4	0,13	12	3	0,7	2	0,20	0,4
4	30	grovkornet	2,3	4,61	30,8	5,52	0,18	0,52	2,67	0,14	0,25	0,40	1,0	0,23	12	3	0,7	3	0,20	1,3
5	80	grovkornet	2,1	4,84	15,2	2,21	0,13	0,26	1,20	0,08	0,24	0,14	1,0	<0,07	13	1	0,5	2	0,09	0,5
6	50	grovkornet	3,1	4,79	18,2	2,75	0,15	0,28	1,44	0,14	0,23	0,15	2,3	<0,07	23	4	0,7	4	0,10	1,0
7	80	finkornet	2,3	4,70	25,5	3,78	0,21	0,42	1,99	0,13	0,25	0,24	1,0	<0,07	28	3	1,0	4	0,09	0,7
8	80	grovkornet	2,4	4,39	27,6	3,03	0,48	0,36	1,70	0,10	0,15	0,21	1,8	0,10	28	8	1,1	12	0,30	0,7
9	40	grovkornet	2,5	4,91	19,2	2,77	0,16	0,34	1,55	0,11	0,20	0,20	0,9	<0,07	14	14	1,1	21	0,50	0,7
10	50	grovkornet	2,4	5,54	13,7	2,33	0,16	0,28	1,66	0,28	0,15	0,16	1,4	0,24	14	28	3,0	50	0,70	1,1
11	40	grovkornet	2,4	5,31	18,9	3,23	0,02	0,37	2,01	0,24	0,26	0,31	1,1	<0,07	18	9	1,4	10	0,30	0,8
12	50	grovkornet	2,6	4,65	15,8	1,90	0,18	0,24	1,05	0,07	0,06	0,12	0,5	<0,07	16	2	0,4	2	0,07	0,6
13	70	grovkornet	2,6	4,99	20,6	3,14	0,18	0,32	1,77	0,10	0,10	0,20	0,7	<0,07	30	2	0,6	2	0,06	0,4
14	60	grovkornet	2,4	4,66	17,5	1,96	0,21	0,28	1,08	0,08	0,09	0,13	0,6	0,27	40	1	0,3	0,6	≤0,02	0,7
15	50	grovkornet	2,9	4,61	17,8	1,64	0,27	0,20	0,99	0,08	0,07	0,12	0,4	<0,07	17	1	0,6	0,6	≤0,02	0,8
16	80	grovkornet	2,6	4,21	39,4	4,86	0,66	0,57	2,51	0,20	0,25	0,33	1,4	<0,07	12	9	1,7	12	0,50	0,9
17	80	grovkornet	2,4	4,59	23,5	3,61	0,31	0,42	1,91	0,12	0,17	0,25	1,2	0,19	15	11	1,3	10	0,40	1,3
18	50	finkornet	2,1	4,73	34,3	7,05	0,12	0,55	3,76	0,19	0,22	0,43	1,0	<0,07	27	6	1,2	8	0,20	1,6
19	80	finkornet	2,5	4,58	24,6	4,31	0,15	0,47	2,16	0,11	0,11	0,26	0,8	<0,07	9	2	1,1	3	0,03	0,6
20	110	finkornet	2,9	5,49	33,9	7,04	0,13	0,69	4,60	0,21	0,24	0,48	0,9	0,17	15	6	1,6	7	0,30	1,0



Figur 23: pH-verdier i snøprøver fra Sør-Varanger, april 1990.

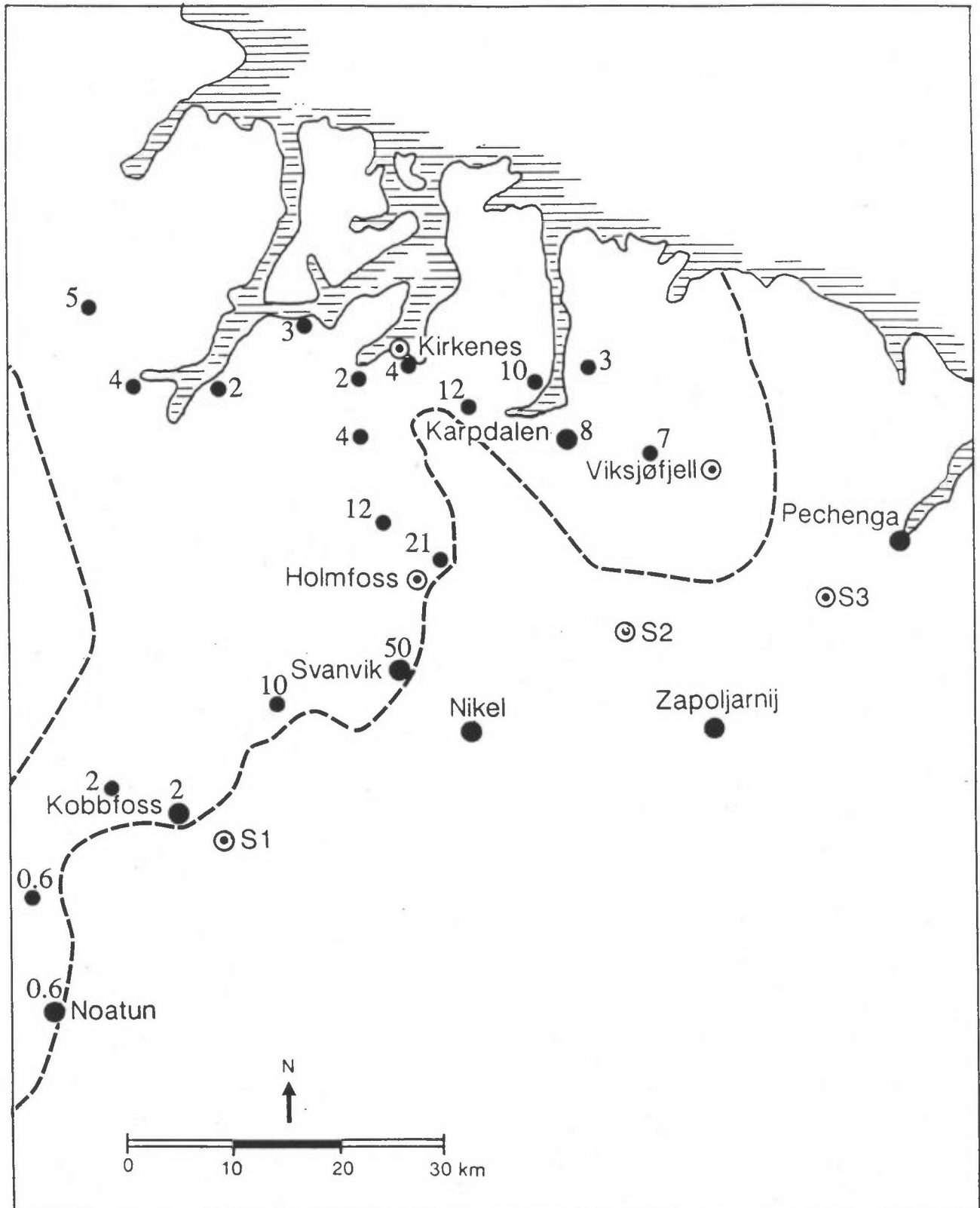


Figur 24: Konsentrasjoner av Ni i snøprøver fra Sør-Varanger, april 1990 ( $\mu\text{g/l}$ ).



Figur 25: Konsentrasjoner av As i snøprøver fra Sør-Varanger, april 1990 (µg/l).





Figur 26: Konsentrasjoner av Cu i snøprøver fra Sør-Varanger, april 1990 ( $\mu\text{g/l}$ ).

### 3.5 UNDERSØKELSE AV KORROSJON

Programmet for korrosjonsundersøkelser har følgende mål:

- kartlegge korrosjonsforholdene i måleområdet
- finne sammenhenger mellom korrosjon og lokal miljøbelastning
- vurdere ulike materialer for reingjerde i området.

I tillegg til det måleprogrammet som ble startet på norsk side i oktober 1988, ble det tatt et initiativ for å starte korrosjonsmålinger på sovjetisk side av grensen på de stasjonene hvor den norsk-sovjetiske kommisjonen for samarbeid på miljøvernområdet har bestemt å måle forurensningsnivåene. Måleprogrammet skulle være identisk på norsk og sovjetisk side. Kontakt ble tatt med Institutt for fysikalsk kjemi i Moskva, og et ett-årig eksponeringsprogram ble startet i juni 1990 på tre stasjoner på sovjetisk side og fem stasjoner på norsk side.

Til den opprinnelige studien og til det nye samarbeidsprogrammet ble det benyttet plater (10x15 cm) av karbonstål, sink, forsinket stål og aluzink. Aktuelle trådtyper til reingjerde som blir undersøkt er forsinket tråd, aluminiumstråd, plastbelagt forsinket tråd med og uten skader og "Galfan" tråd (sink med 5% aluminium). For å finne sammenhengen mellom korrosjon og miljøbelastning benyttes resultatene fra det øvrige måleprogrammet i basisundersøkelsen. I tillegg har en på Svanvik, Karpdalen og Viksjøfjell målinger av kloridavsetning ved hjelp av aerosolfeller for å undersøke i hvor stor grad sjøsalt kan påvirke korrosjonen i området. Eksponeringsprogrammet i basisundersøkelsen skal gå i 2 år fra 1.10.1988 til 1.10.1990. Eksponeringsprogrammet i det norsk-sovjetiske samarbeidet skal gå fra 1.6.1990 til 1.6.1991.

Resultatene i tabell 18-20 omfatter alle ikke tidligere rapporterte verdier fram til 1.4.1990. Tabell 18 viser resultatene av stålprøvene eksponert i perioden 1.7.1989 til 1.4.1990 både

Tabell 18: Resultatene av måneds- og kvartalseksponeringene av stål på målestasjonene i Sør-Varanger (vekttap i g/m<sup>2</sup>).

1 mnd. stål					
Periode	Viksjøfjell	Karpdalen	Svanvik	Kobbfoss	Noatun
7/89	67	29	18	15	2,4
8/89	49	20	26	17	8,2
9/89	87	26	11	9,3	5,2
10/89	43	21	6,1	3,0	2,0
11/89	65	21	3,9	1,8	1,9
12/89	31	19	7,4	2,0	5,5
1/90	9,8	5,8	2,4	7,0	7,7
2/90	42	22	8,8	5,9	4,9
3/90	37	18	7,6	5,7	3,4
3 mndr. stål					
Periode	Viksjøfjell	Karpdalen	Svanvik	Kobbfoss	Noatun
1.07.89- 1.10.89	154	82	65	53	38
1.10.89- 1.01.90	131	73	29	17	20
1.01.90- 1.04.90	116	69	40	31	26

for måneds- og kvartalseksponeringene. Tabell 19 viser resultatene for ett-årsprøvene for stål, sink og forsinket stål for prøvene startet både høsten 1988 og våren 1989 i tillegg til 1 1/2 års eksponering av plater belagt med Aluzink (ca. 55% Al og 45% Zn). Tabell 20 viser tykkelsesreduksjonen i µm/y for trådkvalitetene aluminium, forsinket stål og Galfan tråd eksponert i 1 1/2 år. De plastbelagte trådene skal vurderes som belegg og ikke som tykkelsesreduksjon og vil bli rapportert senere.

Tabell 19: Resultatene av 1 års prøver for prøveplater av stål, sink og forsinket stål, og 1 1/2 års prøver av Aluzink (vekttap i g/m<sup>2</sup>).

1 år stål					
Periode	Viksjøfjell	Karpdalen	Svanvik	Kobbfoss	Noatun
1.10.88- 1.10.89	516	234	138	118	96
1.04.89- 1.04.90	367	195	134	112	80
1 år sink					
1.10.88- 1.10.89	25	17	9,3	11	11
1.04.89- 1.04.90	34	18	15	15	11
1 år Zn/Fe forsinket stål (Dugal)					
Periode	Viksjøfjell	Karpdalen	Svanvik	Kobbfoss	Noatun
10.88- 10.89	17	6,8	4,2	3,6	2,8
4.89-4.90	19	7,7	4,1	3,8	2,7
1 1/2 år Aluzink					
Periode	Viksjøfjell	Karpdalen	Svanvik	Kobbfoss	Noatun
10.88- 4.90	11	5,5	3,0	1,9	1,9

Alle metallene viser samme tendens, med høyest korrosjon på Viksjøfjell og lavest inne i Pasvikdalen ved Kobbfoss og Noatun. De ulike sinkkvalitetene hadde høyest korrosjon ved utsetting om våren, mens stål korroderte mest ved utsettelse om høsten. Målingene for januar 1990 avviker fra de andre målingene. Den måneden var det lavest korrosjon på Svanvik, mens Kobbfoss og Noatun hadde korrosjon bare litt lavere enn Viksjøfjell.

Tabell 20: Tykkelsesreduksjonen for de ulike trådkvalitetene eksponert 1 1/2 år. Materialene er aluminium, forsinket stål, Galfan tråd (materialtap i  $\mu\text{m/y}$ ).

Helix aluminium					
Periode	Viksjøfjell	Karpdalen	Svanvik	Kobbfoss	Noatun
10.88-4.90	2,18	0,45	0,16	0,20	0,12
Helix forsinket tråd					
10.88-4.90	4,88	0,93	0,85	0,79	0,60
Helix "Galfan tråd"					
Periode	Viksjøfjell	Karpdalen	Svanvik	Kobbfoss	Noatun
10.88-4.90	4,6	1,0	0,64	0,52	0,38

Ved visuell betraktning kan en se rustbelegg i skadene på alle helix-prøvene, men selv med lupe kan en neppe se store angrep. "Rusten", som sannsynligvis er blandingsoksider, tiltar noe i følgende rekkefølge:

Noatun og Kobbfoss (liten forskjell på disse), Svanvik og Karpdalen (liten forskjell også på disse). Viksjøfjell hadde mest "rust" med en noe mørkere farge (mer jern?).

Generelt er det slik at oksidasjonen fortsetter noe under belegget i skadene. Dette gjør at belegget lett slipper her og sitter således særlig løst på Viksjøfjell. Et gjennomgående bilde var at oksidasjonen alltid var størst på samme side av skadene, sannsynligvis i nedre kant sett i forhold til montasjestillingen til heliksen.

For Svanvik og Karpdalen kunne en i lupe se en løsere oksidsone mellom belegget og "rustkaka".

Viksjøfjell-prøvene hadde ofte tydelig glippe (mellomrom) mellom belegg og "rustkake" (begynnende gropdannelse).

#### 4 MILJØVERNSAMARBEIDET MED SOVJETUNIONEN I GRENSEOMRÅDET

Arbeidsgruppen for luftforurensninger under Den blandete norsk-sovjetiske kommisjon for samarbeid på miljøvernområdet hadde sitt første møte i Moskva 14.-16.3.1989. Formålet med møtet var å utarbeide et felles forslag til arbeidsprogram på luftforurensningsområdet for 1989-1990. Dette forslaget ble så vedtatt på det neste møtet i kommisjonen i Moskva 10.-14.4.1989.

Det ble enighet mellom partene om å samordne gjennomføringen av et felles måleprogram for luftforurensning og meteorologiske forhold langs den norsk-sovjetiske grensen. Det ble videre opprettet en ekspertgruppe som skulle utarbeide de tekniske detaljene for måleprogrammet.

Fra norsk side består ekspertgruppen av fire medlemmer. Disse representerer NILU (2), SFT og Fylkesmannen i Finnmark. Ekspertgruppen hadde sitt første møte i Kirkenes i juni 1989. Det ble da enighet om å måle konsentrasjoner av  $SO_2$  og tungmetaller (Ni, Cu, Co, Cr og As) på tre steder på hver side av grensen med samme type måleutstyr. Måleutstyret stilles til disposisjon fra norsk side i den perioden samarbeidet pågår. Måleprogrammet skal også omfatte nedbørkvalitet. Hvert land skal ha ansvaret for analyse av luft- og nedbørprøver fra eget område.  $SO_2$ -instrumentene skal være kontinuerlig registrerende og ha utstyr for lagring av data.

Det felles program i det norsk-sovjetiske grenseområdet skal også omfatte anvendelse av forskjellige typer modeller for lokal spredning av forurensninger over avstander på inntil 100 km fra utslippskildene. Fra sovjetisk side vil det bli lagt særlig vekt på numeriske, tredimensjonale modeller. Fra norsk side vil det særlig bli arbeidet med gaussiske modeller for nærbelastning og mesoskala-modeller for belastning på større

avstander. Begge parter skal stille til rådighet data som brukes i modellberegningene, først og fremst utslippsdata og meteorologiske data. Utslippsdata skal gis både for enkeltkilder og diffuse kilder.

Den 13. desember 1989 ble det gjennomført en befaring av to av de tre sovjetiske målestedene for luft- og nedbørkvalitet. Med på befaringen var representanter fra NILU, The Kola Science Centre of the USSR Academy of Sciences (Kola-senteret) og Goskomgidrometas Murmanskavdeling (hydrometeorologisk institutt). Disse to stasjonene ble satt opp 14.-15. desember 1989 og satt i drift. Da NILU ikke fikk anledning til å besøke stasjon 3, ble det avtalt at Kola-senteret selv skulle sette denne stasjonen i drift.

De sovjetiske stasjonene ble stoppet etter få dagers drift og først satt i gang igjen 10. januar 1990. Stasjon 3 ble satt i drift 9. februar 1990. Ved NILUs inspeksjon på de tre stasjonene 12.-13. februar 1990 var alle stasjonene i normal drift. Måleresultatene vil bli sendt NILU en gang pr. måned. Foreløpig er data til og med juni 1990 mottatt fra de sovjetiske stasjonene.

Plasseringen av de tre målestasjonene på sovjetisk side, S1, S2 og S3 er vist i figur 1.

I juni 1990 ble det holdt et ekspertmøte på Kola-senteret i Apatity. På møtet var det en gjennomgåelse av måleresultatene så langt fra begge sider av grensen. Resultater fra innledende spredningsberegninger ble også gjennomgått og diskutert.

På møtet ble det enighet om å gjennomføre analyser av tungmetaller i svevestøv fra alle stasjonene på begge sider av grensen for 1990. Hvert land er ansvarlig for egne analyser, men prøver fra mai og juni 1990 er delt i to og utvekslet for sammenliknende analyser. Det ble også foreslått å forlenge det felles måleprogrammet fram til 1.4.1991, samtidig som det ble

antydnet et redusert program fram til planlagte ombygginger og rensetiltak er gjennomført ved nikkilverkene.

Fra 1.6.1990 er det også startet et felles norsk-sovjetisk måleprogram for korrosjon på fem norske og tre sovjetiske stasjoner. Dette skal pågå fram til 1.6.1991. Programmet er det samme som på norsk side i basisundersøkelsen.

I august 1990 ble det holdt et fagmøte i Svanvik om miljøvern-samarbeidet mellom Norge og Sovjetunionen. Blant møtedeltagerne var miljøvernministrene fra begge land. Både fra norsk og sovjetisk side presenterte representanter fra ekspertgruppen for luftforurensninger resultater fra det felles måleprogrammet.

## 5 REFERANSER

Anda, O. og Henriksen, J.F. (1988) Overvåking av korrosjon 1981-1986. Lillestrøm (NILU OR 32/88).

Bruteig, I.E. (1984) Epifyttisk lav som indikator på luftforureining i Aust-Finnmark. Hovudfagsoppgåve, Universitetet i Trondheim.

Hagen, L.O. (1990) Rutineovervåking av luftforurensning. April 1989-mars 1990. Lillestrøm (NILU OR 75/90).

Hagen, L.O., Henriksen, J.F. og Johnsrud, M. (1989) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 1 pr. 1.7.1989. Lillestrøm (NILU OR 46/89).

Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Johnsrud, M. og Sivertsen, B. (1990) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 2 pr. 1.3.1990. Lillestrøm (NILU OR 17/90).

Rambæk, J.P. og Steinnes, E. (1980) Kartlegging av tungmetallnedfall i Norge ved analyse av mose. Kjeller (Institutt for atomenergi. Work report A7).



- Rognerud, S. (1990) Sedimentundersøkelser i Pasvikelva høsten 1989. Oslo (NIVA-rapport O-89187) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 401/90).
- Schjoldager, J. (1979) Innhold av elementer i moltebær, mose og lav, Finnmark 1978. Lillestrøm (NILU OR 72/88).
- Schjoldager, J. (1983) Innhold av elementer i mose og lav, Øst-Finnmark 1981. Lillestrøm (NILU OR 55/83).
- Statens forurensningstilsyn (1982) Luftforurensning. Virkninger på helse og miljø. Oslo (SFT-rapport nr. 38).
- Statens forurensningstilsyn (1987) 1000 sjøers undersøkelsen 1986. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 282/87).
- Statens forurensningstilsyn (1988) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1987. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 333/88).
- Statens forurensningstilsyn (1989) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1988. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 375/89).
- Traaen, T.S. et al. (1990) Forsuring og tungmetallforurensning i små vassdrag i Sør-Varanger. Undersøkelser i 1989. Oslo (NIVA-rapport O-89076) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 402/90).
- World Health Organization (1987) Air quality guidelines for Europe. Copenhagen (WHO regional publications. European series; No. 23).



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)  
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH  
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 79/90	ISBN-82-425-0211-0	
DATO NOVEMBER 1990	ANSV. SIGN. <i>P. Berg</i>	ANT. SIDER 78	PRIS NOK 120,-
TITTEL Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 3 pr. 1.9.1990	PROSJEKTLEDER L.O. Hagen		
	NILU PROSJEKT NR. O-8842		
FORFATTER(E) L.O. Hagen, J.F. Henriksen, M.J. Aarnes og B. Sivertsen	TILGJENGELIGHET A		
	OPPDRAGSGIVERS REF. M. Steen, SFT		
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 Oslo 1			
3 STIKKORD Basisundersøkelse                      Luftkvalitet                      Sør-Varanger			
REFERAT En omfattende kartlegging av forekomst og omfang av luftforurensninger langs grensa mot Sovjetunionen i Sør-Varanger startet i oktober 1988. Måleprogrammet omfatter luftkvalitet, meteorologiske forhold, nedbørkvalitet og korrosjon. I området måles de høyeste SO <sub>2</sub> -konsentrasjonene i Norge. Utslippene kommer fra de sovjetiske nikkerverkene i Nikel og Zapoljarnij.			
TITLE Air Pollution Evaluation in Sør-Varanger, Finnmark 1988-1990. Progress Report April-September 1989.			
ABSTRACT A comprehensive study of occurrence and extent of air pollution along the Soviet border in Sør-Varanger started in 1988. The measurement programme includes air quality, meteorological conditions, precipitation chemistry and atmospheric corrosion. The highest SO <sub>2</sub> -concentrations in Norway are measured in this area. The Soviet nickel works in Nikel and Zapoljarnij are the principal sources of SO <sub>2</sub> in the area.			

- \* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU                      A  
                  Må bestilles gjennom oppdragsgiver                    B  
                  Kan ikke utleveres    C