



# Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport nr.: 505/92

---

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

---

Deltakende institusjon: NILU

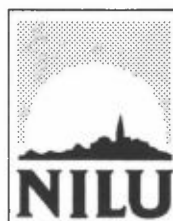
---

## Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland

Oktober 1991 - mars 1992



TA 897/1992



---

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 : 82/92  
REFERANSE: O-8976  
DATO : DESEMBER 1992  
ISBN : 82-425-0432-6

**OVERVÅKING AV LUFT- OG NEDBØRKVALITET  
I GRENSEOMRÅDENE I NORGE OG RUSSLAND**

OKTOBER 1991-MARS 1992

L.O. Hagen 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 virkninger på det akvatiske og terrestriske miljøet.

I perioden 1.10.1988-31.3.1991 gjennomførte NILU en omfattende undersøkelse av luftkvalitet, nedbørkvalitet, meteorologiske forhold og korrosjon i området (basisundersøkelse). Fra 1.4.1991 er omfanget av måleprogrammet på norsk side noe redusert og har karakter av et mer langsiktig overvåkingsprogram som bør pågå fram til utslippene fra nikkelsmelteverkene på russisk side er vesentlig redusert.



## INNHOOLD

	Side
FORORD .....	1
SAMMENDRAG .....	5
SUMMARY .....	11
1 INNLEDNING .....	15
2 BASISUNDERSØKELSEN 1988-1991 .....	16
3 MÅLEPROGRAM 1.10.1991-31.3.1992 .....	19
4 MÅLERESULTATER OKTOBER 1991-MARS 1992 .....	23
4.1 Meteorologiske forhold .....	23
4.1.1 Vindmålinger .....	23
4.1.2 Temperatur .....	28
4.1.3 Luftens relative fuktighet .....	29
4.2 Luftkvalitet .....	30
4.2.1 Svoveldioksid (SO <sub>2</sub> ) .....	30
4.2.2 Svevestøv og tungmetaller .....	58
4.3 Nedbørkvalitet .....	68
4.4 Analyser av snøprøver .....	77
5 MILJØVERN SAMARBEIDET MED RUSSLAND I GRENSEOMRÅDET .	86
6 REFERANSER .....	89



## 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, 1981 og 1990. 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.

Målingene inngår i Statlig program for forurensningsovervåking og har i vinterhalvåret 1991/92 omfattet luft- og nedbørkvalitet og meteorologiske forhold. Luftkvalitetsmålingene på norsk side av grensa omfattet svoveldioksid på fem stasjoner, samt svevestøv på to stasjoner (Viksjøfjell og Svanvik). Nedbørkvalitet ble målt på tre stasjoner og meteorologiske forhold på to stasjoner. I tillegg har Det norske meteorologiske institutt to stasjoner i området. På russisk side er det målt konsentrasjoner av svoveldioksid på fire stasjoner, nedbørkvalitet på tre stasjoner, samt svevestøv og vind på én stasjon (SOV 2). Hydro-meteorologisk institutt i Murmansk har dessuten målinger av meteorologiske forhold i Nikel og Janiskoski.

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 1991-mars 1992 viste at vinder fra sørvestlig kant dominerte på Viksjøfjell, mens de hyppigste vindretningene i Svanvik var fra sør og sør-sørvest. Vindstyrken var langt høyere på Viksjøfjell (400 m o.h.) enn i Svanvik. Vindmålingene på SOV 2 viste at de hyppigste vindretningene var dreid mer mot vest. Månedsmiddeltemperaturene i oktober, november og desember 1991 avvek lite fra normal temperatur, mens det i januar, februar og mars var betydelig mildere enn normalt.



SO<sub>2</sub> måles med kontinuerlig registrerende instrumenter på Viksjøfjell, Svanvik og fire russiske stasjoner (Nikel startet i september 1991), og med NILUs døgnprøvetaker i Kirkenes, Karpdalen, Holmfoss og Svanvik. Kontinuerlig registrerende instrumenter er nødvendige for å måle kortvarige konsentrasjoner 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 har hatt SO<sub>2</sub>-målinger i mange år, Kirkenes, Karpdalen, Holmfoss og Svanvik, viste målingene i perioden oktober 1991-mars 1992 de laveste middelverdiene siden målingene startet i 1970-årene. Også Viksjøfjell hadde den laveste middelverdien i vinterhalvåret siden målingene startet i 1988.

Det ble målt korttidskonsentrasjoner (timemidler og døgnmidler) til dels langt over norske og internasjonale grenseverdier for luftkvalitet.

De fleste overskridelsene av grenseverdiene for SO<sub>2</sub> på norsk side ble målt på Viksjøfjell, som også hadde den høyeste time-middelverdien. På Viksjøfjell var middelverdien i vinterhalvåret 1991/92 36 µg/m<sup>3</sup>, mens høyeste døgnmiddelverdi var 259 µg/m<sup>3</sup>, og høyeste timemiddelverdi var 2 065 µg/m<sup>3</sup>. Tilsvarende grenseverdier for luftkvalitet er 40-60 µg/m<sup>3</sup> som middelverdi for seks måneder (norsk forslag), 100-150 µg/m<sup>3</sup> som døgnmiddelverdi (norsk forslag) og 350 µg/m<sup>3</sup> som timemiddelverdi (Verdens helseorganisasjon) for virkninger på helse. For virkninger på vegetasjon er grenseverdiene noe lavere. Det er nylig lagt fram nye anbefalte grenseverdier for SO<sub>2</sub>, men de nye verdiene er bare litt lavere enn de tidligere grenseverdiene (SFT, 1992).

På russisk side hadde både SOV 2, SOV 3 og Nikel høyere middelverdi, høyere maksimal timemiddelverdi og høyere frekvens av timemiddelverdier over 350 µg/m<sup>3</sup> enn de norske stasjonene. På

SOV 2 var 7,6% av timemiddelverdiene over  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mens det på Viksjøfjell var så høye konsentrasjoner i 2,0% av tiden.

Kirkenes, Svanvik og SOV 1 hadde ingen døgn med overskridelser av grenseverdien for døgnmiddel vinteren 1991/92. De kontinuerlige registreringene av  $\text{SO}_2$  sammenholdt med vindretning viser klart at nikkerverkene i Nikel og Zapoljarnij er hovedkildene til  $\text{SO}_2$  i grenseområdene. Lokalt på norsk side har imidlertid også utslippene fra A/S Sydvaranger i Kirkenes betydning. På russisk side var SOV 1 og SOV 2 mest belastet av utslippene i Nikel, mens SOV 3 synes å ha vært omtrent like mye belastet av utslippene i Nikel og Zapoljarnij vinteren 1991/92. Lokalt i Nikel var middelkonsentrasjonen av  $\text{SO}_2$  opp mot  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved vind fra  $20^\circ$ , dvs. fra nikkerverket.

Målinger av svevestøv midlet over 2-3 døgn på Viksjøfjell, Svanvik og SOV 2 viste konsentrasjoner godt under grenseverdien fra Verdens helseorganisasjon på  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som døgnmiddel. Middelveidien vinteren 1991/92 var  $8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på SOV 2,  $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i Svanvik og  $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på Viksjøfjell. Høyeste enkeltverdi var  $28,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på SOV 2. På Viksjøfjell var konsentrasjonen av svevestøv lavere vinteren 1991/92 enn vinteren 1990/91.

Et utvalg av svevestøvprøvene (hvor  $\text{SO}_2$  samtidig var forhøyet) er analysert for mengden av tungmetallene V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd og Pb. Konsentrasjonene av Cr og Mn var under analysemetodens deteksjonsgrense for samtlige prøver, unntatt noen få fra SOV 2.

I forhold til konsentrasjoner på bakgrunnsstasjonen Birkenes på Sørlandet ble de høyeste konsentrasjonene målt for Ni, Cu, As og Co, som regnes som sporelementer fra de russiske nikkerverkene. Beregnete vinterhalvårsmiddelkonsentrasjoner av Ni, Cu, As og Co var 2-4 ganger høyere på SOV 2 enn på Viksjøfjell og i Svanvik. På SOV 2 var de beregnete middelkonsentrasjonene av disse elementene 7-15 ganger høyere enn tidligere målinger på Birkenes. Sammenliknet med perioden 1.1.1990-31.3.1991 var middelkonsentrasjonene av tungmetaller i vinterhalvåret 1991/92 omtrent halvert på Viksjøfjell og i Svanvik.

Nedbørkvalitet ble målt på tre stasjoner på norsk side i vinterhalvåret 1991/92, Karpdalen, Svanvik (ledd i NISKs skogovervåkingsprogram) og Noatun. Prøvene ble tatt over en uke med skifte hver mandag, samt den første dagen i hver måned.

Målingene viste de laveste pH-verdiene i Karpdalen i 4. kvartal 1991 og på Noatun i 1. kvartal 1992. I forhold til 4. kvartal 1990 var det omtrent samme pH-verdi både i Svanvik og på Noatun i 4. kvartal 1991. Karpdalen hadde høyere pH-verdi i 1. kvartal 1992 enn i 1. kvartal 1991, mens Noatun hadde lavere pH-verdi i 1. kvartal 1992.

Konsentrasjonene av  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , Ca og K i nedbøren varierte lite mellom 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 prøvetanker i perioder uten nedbør. Konsentrasjonene av Pb, Cd og Zn var omtrent på samme nivå som det en vanligvis finner på bakgrunnsstasjonene på Østlandet og Sørlandet, men noe høyere enn ellers i landet. Tungmetallene Ni, Cu og As slippes ut fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij og er analysert i nedbøren i Svanvik siden mars 1987. I forhold til vinterhalvåret 1990/91 var konsentrasjonene ved de tre norske stasjonene redusert til omtrent en tredel, dvs. vel så stor reduksjon som av luftkonsentrasjonene. På grunn av store nedbørmengder var imidlertid våtavsetningen av tungmetaller omtrent den samme som vinteren 1990/91.

I mars/april ble det samlet inn snøprøver fra 25 steder i Sør-Varanger, 13 steder på Ifjordfjellet og 5 steder på Varangerhalvøya for analyse av hovedkomponenter og tungmetaller. Resultatene viste at prøvene fra Sør-Varanger i gjennomsnitt hadde lavest pH og høyest konsentrasjoner på Pb, Ni og Co, mens

prøvene fra Varangerhalvøya hadde høyest konsentrasjoner av Zn, As, Cu og Cr. Konsentrasjonen av Cd var under deteksjonsgrensen for de fleste prøvene. Prøvene fra 1991/92 hadde høyere pH og lavere middelkonsentrasjoner av alle tungmetallene enn prøvene fra 1990/91 både i Sør-Varanger og på Ifjordfjellet, mens noen av tungmetallene forekom i samme konsentrasjoner de to vintrene på Varangerhalvøya. For de øvrige komponentene, ledningsevne, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Na, K, Ca og Mg var det ingen vesentlige forskjeller i middelkonsentrasjonene de to vintrene 1990/91 og 1991/92 verken i Sør-Varanger, på Varangerhalvøya eller på Ifjordfjellet.

Det felles norsk-russiske måleprogrammet i grenseområdene startet i januar 1990 etter drøftinger i 1989 i Arbeidsgruppen for luftforurensninger under Den blandete norsk-russiske kommisjon for samarbeid på miljøvernområdet. En ekspertgruppe står for planleggingen og gjennomføringen av måleprogrammet. Måleprogrammet omfatter nedbørkvalitet og konsentrasjoner av SO<sub>2</sub> og tungmetaller (Ni, Cu, Co, Cr og As). Norge stiller til disposisjon nødvendig måleutstyr til de russiske stasjonene. SO<sub>2</sub>-instrumentene er kontinuerlig registrerende og har utstyr for lagring av data. Svevestøvprøvene blir nå tatt som middelverdier over 2-3 døgn, mens nedbørkvalitet ble målt på ukebasis. Ved møter i ekspertgruppen og i den norsk-russiske miljøvernkommisjonen i januar 1991 ble det vedtatt at måleprogrammet på de tre russiske stasjonene skulle fortsette uforandret ut 1992, mens antall stasjoner på norsk side ble redusert fra tre til to fra 1.4.1991. På den tredje norske målestasjonen (Karpdalen) er det imidlertid fortsatt døgnprøvetaking av SO<sub>2</sub>. Innstallasjon av en ny kontinuerlig registrerende SO<sub>2</sub>-monitor i byen Nikel ble gjennomført i september 1991, samtidig som det ble satt opp en vindmåler og en svevestøvprøvetaker på en av de andre russiske stasjonene.

Fellesprogrammet i grenseområdet omfatter også anvendelse av forskjellige typer modeller for lokal spredning av forurensninger over avstander inntil 100 km fra utslippskildene. Partene stiller nødvendige utslippsdata og meteorologiske data til rådighet.

## AIR QUALITY MONITORING IN THE BORDER AREAS OF NORWAY AND RUSSIA

PROGRESS REPORT OCTOBER 1991-MARCH 1992

### SUMMARY

The Norwegian Institute for Air Research (NILU) has been measuring air pollutants close to the border between Norway and Russia 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.

During the winter half year 1991/92 air quality data were collected at 5 locations, precipitation chemistry at 3 locations and meteorological parameters at 4 locations on the Norwegian side of the border. On the Russian side air quality was measured at 4 locations, precipitation chemistry at 3 stations and meteorological parameters also at 3 locations.

SO<sub>2</sub> has been measured continuously at Viksjøfjell, Svanvik, SOV 1, SOV 2, SOV 3 and Nikel, while diurnal samples are collected at Kirkenes, Karpdalen, Holmfoss and Svanvik. Continuous measurements of SO<sub>2</sub> are necessary to register 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 whereas the peak values or equal to (24 hour averages or shorter) are well above air quality guidelines.

During the winter season 1991/92 (October-March) the general SO<sub>2</sub> concentrations at the Norwegian monitoring stations were the lowest measured compared to earlier winter seasons. The

short term average concentrations were nevertheless far above the Norwegian and international guidelines. At Viksjøfjell, where the highest values were most often measured at the Norwegian side, the average value during the monitoring period was  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , the highest 24-hour average was  $259 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , and the highest 1-hour average value was  $2\ 065 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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 for protection of vegetation are even lower. At SOV 2, SOV 3 and Nikel the average value during the winter half year, the highest daily average value and the frequency of 1-hour average values above  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  were higher than at the Norwegian stations.

The measurements show that  $\text{SO}_2$  concentrations increase from southwest towards northeast in Sør-Varanger and that they are even higher on the Russian side of the border.

Measurements of suspended particles at Viksjøfjell, Svanvik and SOV 2 show concentrations well below the guideline values suggested by WHO. Analyses of metals in the air collected on filters from the period October 1991-March 1992 showed that the concentrations of most of the metals followed the same pattern as  $\text{SO}_2$  in the area. The concentrations, however, were considerably higher than at background stations in the southern part of Norway. The concentrations of Ni, Cu, As and Co were 2-4 times higher at SOV 2 compared to Viksjøfjell and Svanvik. The mean values at the Norwegian stations were about 50% lower in the winter half year 1991/92 than in the period January 1990-March 1991.

Measurements of precipitation chemistry indicated that the pH-value in precipitation were lower in Karpdalen than in Svanvik and Noatun except for Noatun during the first quarter in 1992. The concentrations of  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , Ca and K in precipitation were uniformly distributed over the area. Concentrations of Pb, Cd and Zn during the winter 1991/92 were at the same level as the

concentrations usually found at background stations in the south-eastern part of Norway, but higher than in the western and northern part of the country.

Snow samples were collected at 43 locations in March/April 1992 to be analyzed for the main components and heavy metals. 25 samples were collected in Sør-Varanger, 13 samples were collected at Ifjordfjellet and 4 samples were collected at the peninsula Varangerhalvøya. The results showed that the samples had higher pH and lower concentrations of heavy metals than the samples on the same locations from March/April 1990 and 1991. For the main components there were only minor differences from 1991 to 1992.

From 1990 a joint programme for studying air quality and precipitation chemistry was carried out at three sites on each side of the Norwegian-Russian border. The Norwegian measuring sites were Viksjøfjell, Karpdalen and Svanvik. The measurements on the Russian side of the border were started in January/February 1990, and SO<sub>2</sub> data for the whole period have been exchanged between the two countries.

In January 1991 it was decided that the continuous SO<sub>2</sub> measurements on the Russian side of the border should continue unchanged during 1991 and 1992, while one of the three Norwegian sites (Karpdalen) only should collect 24 hour samples of SO<sub>2</sub> from 1. April 1991.

After discussions with the Pechenganikel combine and the Murmansk hydromet a new SO<sub>2</sub> monitoring station was established inside the town of Nikel in September 1991. Also in September 1991 measurements of wind and suspended particles were started at SOV 2.





# OVERVÅKING AV LUFT- OG NEDBØRKVALITET I GRENSEOMRÅDENE I NORGE OG RUSSLAND

OKTOBER 1991- MARS 1992

## 1 INNLEDNING

Luftforurensningene i Sør-Varanger har vært betydelige i flere 10-år. Store utslipp av SO<sub>2</sub> og tungmetaller fra smelteverk i daværende 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 forurensningene 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 stasjonen i 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, 1992). Avsetning av tungmetaller på mose og lav ble undersøkt i 1976 og 1977 (Rambæk og Steinnes, 1980), i 1978 og 1981 (Schjoldager, 1979; Schjoldager et al., 1983) og i 1990. Det er funnet høye konsentrasjoner av krom, kobolt, kopper, nikkel, arsen og selen. Maksimumskonsentrasjonen av nikkel i etasjemose i 1981, 200 ppm, er den høyeste som er målt i Norden.

Virkninger 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).

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 SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er høyest (Bruteig, 1984). FORUT har rapportert at reinbeitekapasiteten om vinteren har blitt redusert fra ca. 1 800 til ca. 200 rein siden 1973 på grunn av forurensningen (Tømmervik et al., 1989).

## 2 BASISUNDERSØKELSEN 1988-1991

I juli 1988 fikk NILU i oppdrag fra Statens forurensningstilsyn å foreta en detaljert planlegging av en omfattende undersøkelse (basisundersøkelse) i grenseområdene mot Russland. Planleggingen ble gjennomført i samarbeid med følgende institusjoner, som hver utarbeidet forslag til egne delundersøkelser:

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

Formålet med basisundersøkelsen var:

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

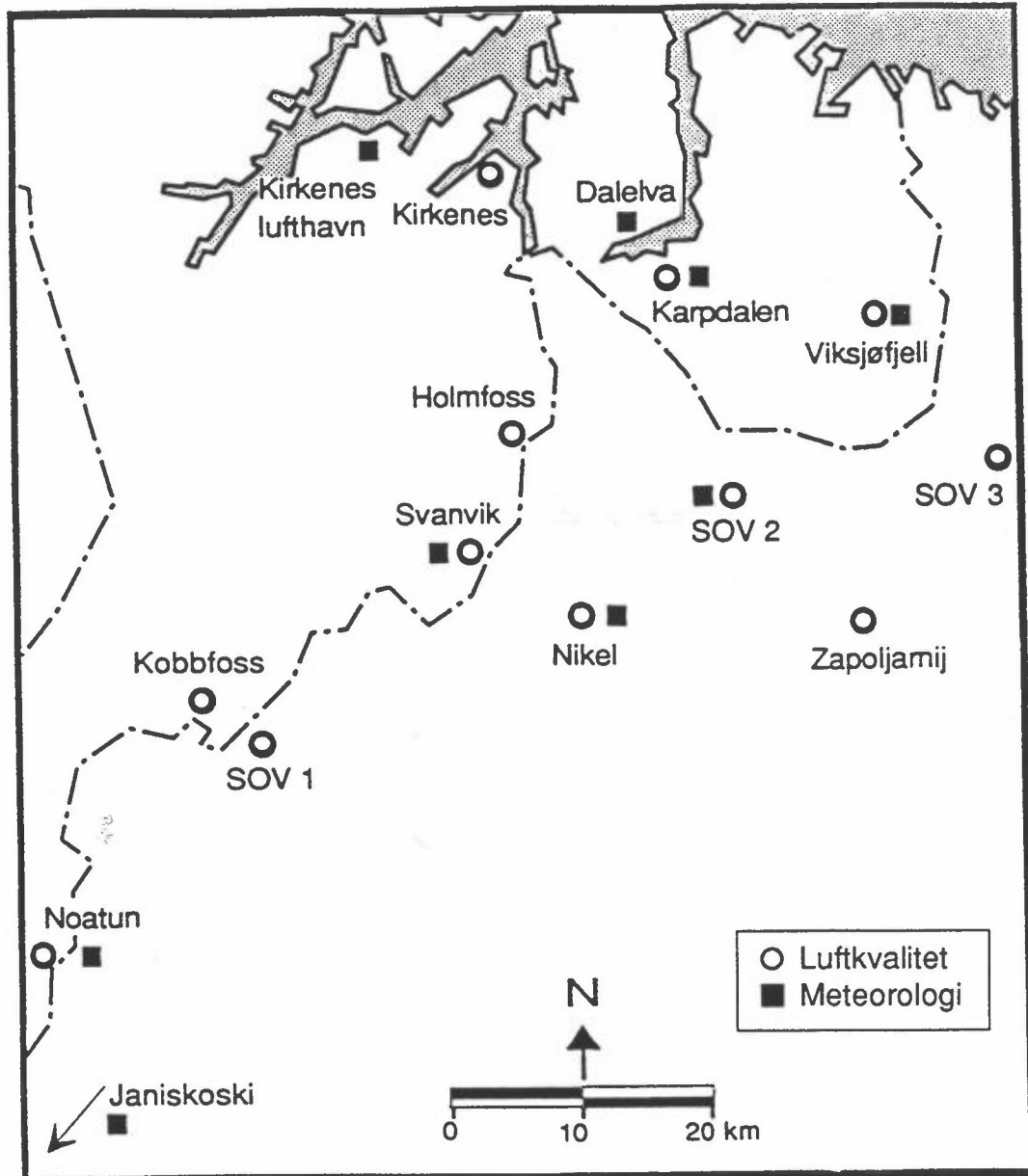
Punkt 1 ble foreslått gjennomført av NILU, punkt 2 av NIVA og punkt 3 av NISK, FORUT, AVH og NVH.

NILUs aktiviteter i basisundersøkelsen omfattet:

- Målinger av luftkvalitet.
- Målinger av nedbørkvalitet.
- Målinger av meteorologiske forhold.
- Målinger av korrosjon.
- Beregninger av spredning av utslipp, transport og avsetning av luftforurensninger.

Figur 1 viser en oversikt over målestasjoner for luft- og nedbørkvalitet og meteorologiske forhold under basisundersøkelsen 1988-1991. Som følge av miljøvernavtalen mellom Norge og den daværende Sovjetunionen ble det i januar/februar 1990 satt igang målinger av luft- og nedbørkvalitet på tre stasjoner på russisk side. Måleutstyret ble stilt til disposisjon fra norsk side.

Resultatene fra basisundersøkelsen på norsk side i perioden 1.10.1988-31.3.1991 er presentert i fem halvårlige framdriftsrapporter (Hagen et al., 1989, 1990a, 1990b, 1991a, 1991b). Resultatene fra det felles norsk-russiske programmet i perioden 1.1.1990-31.3.1991 er presentert i en felles rapport på engelsk (Sivertsen et al., 1992) og en norsk vedleggsrapport (Sivertsen et al., 1991).



Figur 1: Målestasjoner for luftkvalitet og meteorologiske forhold (inkl. nedbørkvalitet) i Sør-Varanger og målestasjoner for luft- og nedbørkvalitet på russisk side. Målingene på SOV 1, SOV 2 og SOV 3 startet i januar/februar 1990, mens målingene i Nickel startet i september 1991.

I rapportene konkluderes det med at luftforurensningene i området hovedsakelig skyldes utslippene fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij og at det største problemet er knyttet til svært høye konsentrasjoner av svoveldioksid ( $\text{SO}_2$ ) i korte perioder ("episoder") under spesielle meteorologiske forhold. Analyser av tungmetaller i svevestøv viser konsentrasjoner av nikkel, kopper, arsen og kobolt som er 5-20 ganger høyere enn ved målesteder i Sør-Norge utsatt for langtransporterte luftforurensninger. Både  $\text{SO}_2$ - og tungmetallbelastningen og korrosjonshastigheten var størst på Jarfjordfjellet i nordøst og avtok sørover i Pasvik.

Dersom Verdens helseorganisasjons grenseverdi for  $\text{SO}_2$  skal overholdes i episoder i verkenes nærområder, der de diffuse utslippene i lav høyde dominerer, må utslippene reduseres til mindre enn 8% av dagens nivå og til 10-15% på større avstander, der utslippene fra høye skorsteiner dominerer. Med strengere krav til luftkvalitet, knyttet til skogskader, blir kravet til reduksjon av utslippene ytterligere skjerpet.

### 3 MÅLEPROGRAM 1.10.1991-31.3.1992

Måleprogrammet i grenseområdene i Norge og Russland diskuteres jevnlig i Ekspertgruppen for studier av lokale luftforurensningsproblemer under Den blandete norsk-russiske kommisjon for samarbeid på miljøvernområdet. På norsk side er måleprogrammet for luftkvalitet noe redusert siden basisundersøkelsen, og korrosjonsprogrammet er avsluttet. På russisk side fortsetter målingene av luft- og nedbørkvalitet uforandret ut 1992 på de tre opprinnelige stedene. I tillegg er det startet  $\text{SO}_2$ -målinger i byen Nikel og vind- og svevestøvmålinger på SOV 2.

Måleprogrammet for luft- og nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i vinterhalvåret 1991/92 er vist i tabell 1 og 2.

Tabell 1: Måleprogram for luftkvalitet i grenseområdene i perioden 1.10.1991-31.3.1992.

Stasjon	SO <sub>2</sub>		Svevestøv
	Døgn- verdier	Time- verdier	2+2+3 <sup>1</sup> døgn
Viksjøfjell		x	x
Karpdalen	x		
Kirkenes	x		
Holmfoss	x		
Svanvik	x	x	x
SOV 1		x	
SOV 2		x	x
SOV 3		x	
Nikel		x	

<sup>1</sup> To-filter-prøvetaker. Prøvene tas over 2+2+3 døgn (mandag-onsdag, onsdag-fredag, fredag-mandag).

Tabell 2: Måleprogram for nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i perioden 1.10.1991-31.3.1992.

Stasjon	Nedbørkvalitet (ukeverdier)	Meteorologiske forhold (timeverdier)					
		Vind- retning	Vind- styrke	Temperatur	Relativ fuktighet	Stabilitet	Turbulens
Viksjøfjell		x	x	x	x	x	x
Karpdalen	x						
Svanvik	x	x	x	x	x		
Noatun	x						
SOV 1	x						
SOV 2	x	x	x				
SOV 3	x						

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

fra de øvrige stasjonene analyseres på NILU. SO<sub>2</sub>-målingene på Noatun ble avsluttet i august 1991.

På Viksjøfjell, i Svanvik og på SOV 2 tas det prøver av svevestøv med en to-filterprøvetaker, som deler støvet i grov- og finfraksjon. Utvalgte prøver fra de tre stasjonene analyseres på mengden av en del tungmetaller. Også prøvene fra den russiske stasjonen analyseres på NILU.

Av nedbøren tas det ukeprøver. Prøvene fra de norske stasjonene 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 i Svanvik inngår i det nasjonale skogovervåkingsprogrammet.

Målinger av vindretning og vindstyrke 10 m over bakken i Svanvik har siden 1978 inngått 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. Fra slutten av mai 1991 har Statens forskningsstasjoner i landbruk (SFL) i Svanvik opprettet en kontinuerlig registrerende værstasjon med oppringt samband som bl.a. gir timeverdier av temperatur, relativ fuktighet vindstyrke og nedbør.

På Viksjøfjell var det inntil 20.8.1991 plassert en 25 m høy mast. I toppen ble det målt vindretning, vindstyrke og turbulens. 10 m over bakken ble det målt temperatur og vindstyrke, mens stabilitet ble målt som temperaturdifferensen mellom 25 m og 10 m. På nivået 2 m over bakken ble det målt temperatur og relativ fuktighet. I august 1991 ble det i stedet satt opp en 10 m høy mast, hvor det i toppen er kontinuerlig registrering av vindstyrke, vindretning, temperatur og relativ fuktighet. I tillegg måles temperaturdifferansen mellom 10 m og 2 m over bakken som et mål for stabilitet. Stasjonen har oppringt samband.



Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har værstasjoner på Kirkenes lufthavn (Høybuktknoen) og i Pasvik (som ligger på Noatun). Her fås data for vindretning, vindstyrke, temperatur, nedbør og luftfuktighet 3-4 ganger i døgnet.

I september 1991 ble det startet målinger av vindretning og vindstyrke med norsk måleutstyr også på SOV 2.

Svanvik har en av seks stasjoner i et landsomfattende overvåkingsprogram for korrosjon, og stasjonen ble startet i august 1984 (Anda og Henriksen, 1988). Det totale eksponeringsprogrammet er noe mer omfattende enn det fellesprogrammet som ble gjennomført på fem stasjoner i Sør-Varanger i basisundersøkelsen. Blant annet inngår også plater av kopper og aluminium i programmet.

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

Svanvik har også én av 20 stasjoner som er med i et beredskapsprogram mot 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. (Berg, 1991).

## 4 MÅLERESULTATER OKTOBER 1991-MARS 1992

I dette kapitlet gis en kortfattet presentasjon av hovedresultatene av målingene av meteorologiske forhold, luftkvalitet og nedbørkvalitet.

### 4.1 METEOROLOGISKE FORHOLD

Den meteorologiske hovedstasjonen er plassert på Viksjøfjell, om lag 400 m over havet, se figur 1. Ved den automatiske værstasjonen foretas kontinuerlige registreringer av vindretning, vindstyrke, temperatur, luftfuktighet og stabilitet. Måleresultatene lagres som timemiddelverdier. I tillegg lagres høyeste verdi av vindstyrke midlet over 2 sekunder for hver time.

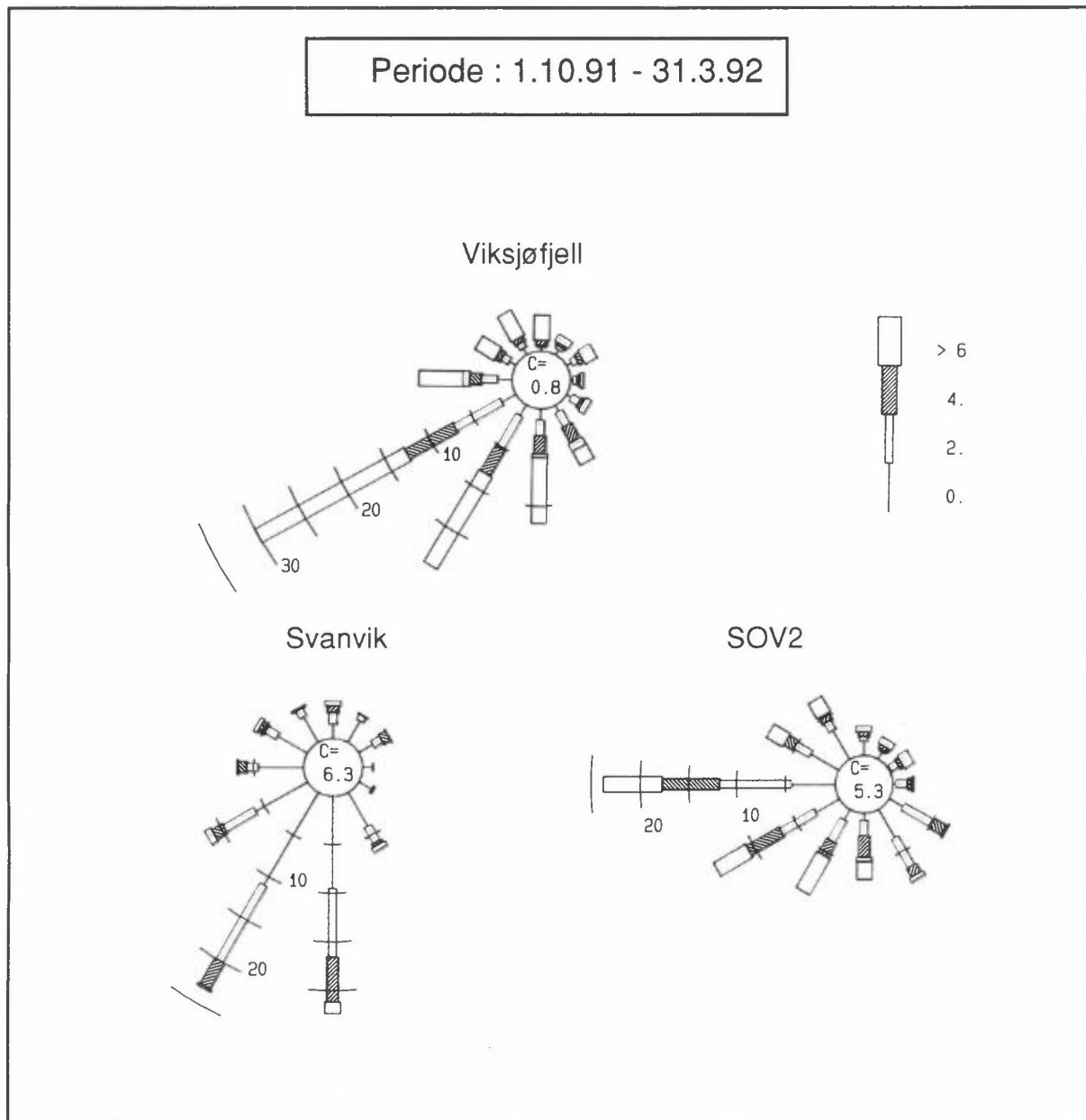
I Svanvik måles vindretning, vindstyrke, temperatur, relativ fuktighet og nedbør. Registreringene avleses og lagres som timemiddelverdier.

Målinger fra DNMI's stasjoner Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun) benyttes for å vurdere representativiteten av temperatur- og fuktighetsmålingene.

#### 4.1.1 Vindmålinger

Figur 2 viser vindroser for perioden oktober 1991-mars 1992 fra Viksjøfjell, Svanvik og SOV 2. Vindrosene viser frekvensen av vind i tolv 30 graders sektorer, dvs. hvor ofte det blåser fra disse retningene. Frekvensene er gitt for følgende tolv 30°-sektorer: nord (360°, dvs. alle målinger i 10°-sektorene 350°, 360° og 10°), nord-nordøst (30°), øst-nordøst (60°), øst (90°), øst-sørøst (120°), sør-sørøst (150°), sør (180°), sør-sørvest (210°), vest-sørvest (240°), vest (270°), vest-nordvest (300°) og nord-nordvest (330°). Symbolet C i midten av vindrosene står

for frekvensen av vindstille. Med vindstille menes her at time-  
 middelvindstyrken har vært mindre enn 0,3 m/s. Vindmålingene  
 utføres 10 m over bakken på alle tre stasjonene.



Figur 2: Vindroser for perioden april-september 1991 fra Viksjøfjell, Svanvik og SOV 2.

Vindrosa fra Viksjøfjell viser at vind fra sør-sørvest og vest-sørvest forekom hyppigst i perioden oktober 1991-mars 1992, ialt ca. 50% av tiden. Vind fra nord-nordøstlig og østlig kant hadde lavest hyppighet. Figuren viser også at frekvensen av vindstyrker over 6 m/s var størst ved vind fra sørlige og sør-vestlige retninger og lavest ved vind fra østlige retninger.

Sammenliknet med vinterhalvåret 1990/91 var det på Viksjøfjell vinteren 1991/92 lavere frekvens av vind fra vest-sørvest og høyere frekvens av vind fra sør og sør-sørvest.

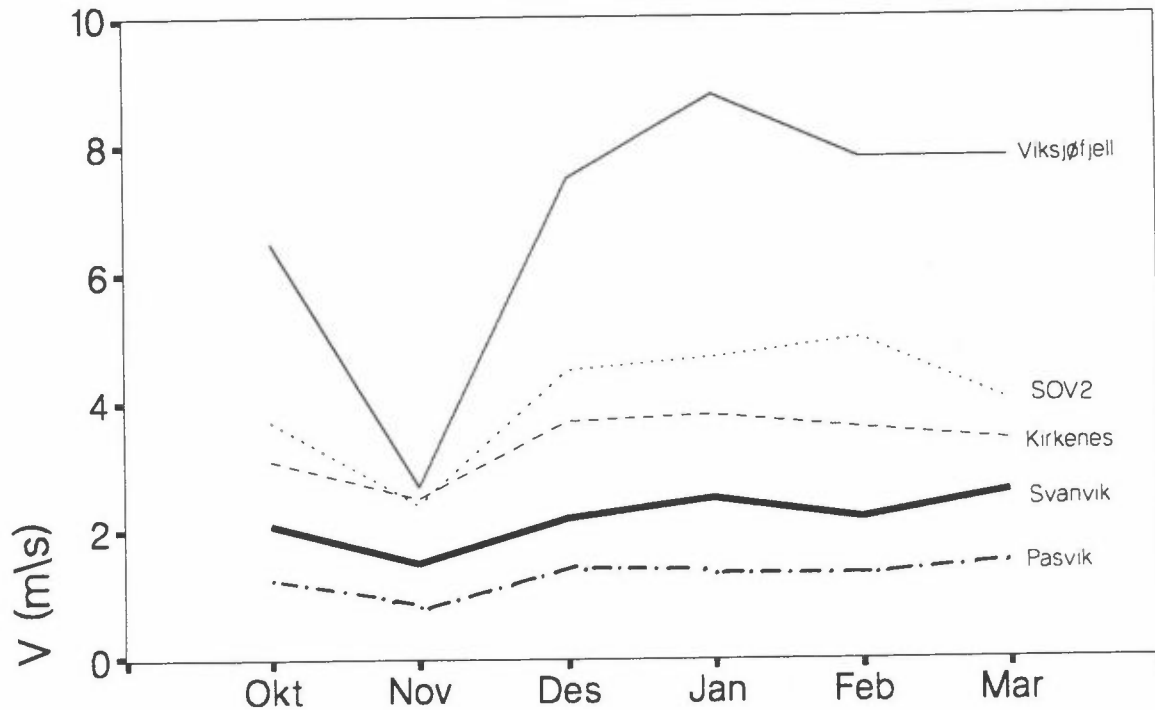
I Svanvik var de hyppigste vindretningene fra sør og sør-sørvest vinteren 1991/92. Hovedvindretningen følger dalføret. I forhold til Viksjøfjell var det i Svanvik høyere vindfrekvens fra sør og sør-sørvest og lavere frekvens fra vest-sørvest. For de andre retningene var det små forskjeller i vindfrekvens. Både på Viksjøfjell og i Svanvik var det liten forekomst av vind fra nordlige og østlige retninger. Vindretningsfordelingen i Svanvik vinteren 1991/92 avvek lite fra vindretningsfordelingen vinteren 1990/91.

Vindrosa fra SOV 2 likner på vindrosa fra Viksjøfjell, men er dreidd 30° med urviseren. Nord-retningen på vindmåleren er sjekket, og forskjellen fra Viksjøfjell må skyldes lokale forhold på SOV 2.

Frekvensen av sterk vind (over 6 m/s) var langt høyere på Viksjøfjell enn i Svanvik og forekom oftest ved vind fra sør, sør-sørvest og vest-sørvest. Vindstille var det bare i 0,8% av tiden på Viksjøfjell vinteren 1991/92, mens Svanvik hadde 6,3% vindstille.

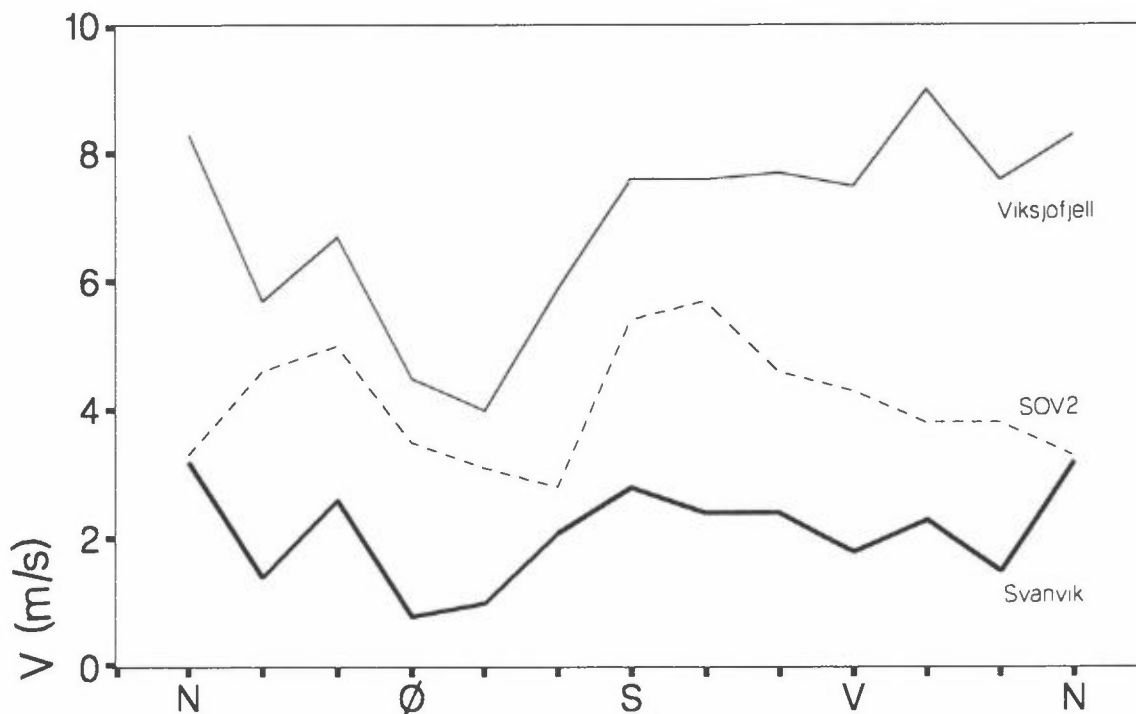
Figur 3 viser midlere vindstyrke for hver måned i perioden oktober 1991-mars 1992 på Viksjøfjell, Svanvik, SOV 2 og DNMI's stasjoner Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun). Figuren viser at det blåste sterkest på Viksjøfjell. I Svanvik og i Pasvik var vindstyrken vesentlig lavere. Pasvik (Noatun) ligger lengst

fra kysten og hadde svakest vind hele perioden. I forhold til vinteren 1990/91 var det vinteren 1991/92 noe lavere vindstyrker i oktober, november og desember på Viksjøfjell og Kirkenes lufthavn, mens det i de øvrige månedene var liten forskjell. Svanvik og Pasvik (Noatun) hadde omtrent samme vindstyrke de to vintrene. På SOV 2 var vindstyrken klart lavere enn på Viksjøfjell, men samtidig litt høyere enn i Svanvik.



Figur 3: Midlere vindstyrke for hver måned i perioden oktober 1991-mars 1992 på Viksjøfjell, Kirkenes lufthavn, Svanvik, Pasvik (Noatun) og SOV 2 (m/s).

Figur 4 viser at vind fra vest-nordvest var sterkest på Viksjøfjell, mens vind fra øst-sørøst var svakest. I Svanvik var det liten forskjell i vindstyrken i de forskjellige retningene, men vind fra øst og øst-sørøst var noe svakere enn vind fra de øvrige retningene. Sterkest vind var det fra nord.



Figur 4: Midlere vindstyrke i perioden oktober 1991-mars 1992 fordelt på 12 vindsektorer på Viksjøfjell, Svanvik og SOV 2 (m/s).

Tabell 4 viser frekvensen av vind i forskjellige vindstyrkeklasser. På Viksjøfjell var timemiddelvindstyrken over 6 m/s i 54,2% av tiden og under 2 m/s i bare 10,7% av tiden. I Svanvik blåste det over 6 m/s bare i 3,8% av tiden og under 2 m/s i 55,8% av tiden. Økende vindstyrke gir bedre spredning av luftforurensende stoffer. Vinterhalvåret 1990/91 hadde Viksjøfjell vindstyrke over 6 m/s i 63,0% av tiden, mens tilsvarende tall i Svanvik var 3,2% av tiden.

På SOV 2 var timemiddelvindstyrken over 6 m/s i 23,2% av tiden og under 2 m/s i 28,9% av tiden. I gjennomsnitt for vinterhalvåret 1991/92 var middelvindstyrken 7,4 m/s på Viksjøfjell, 4,0 m/s på SOV 2 og 2,2 m/s i Svanvik.

Tabell 4: Frekvens av vind i forskjellige vindstyrkeklasser på Viksjøfjell, Svanvik og SOV 2 i perioden oktober 1991-mars 1992 (%).

	Stille	0,3-2,0 m/s	2,1-4,0 m/s	4,1-6,0 m/s	>6 m/s
Viksjøfjell (10 m o.b.)	0,7	10,0	18,2	16,9	54,2
Svanvik (10 m o.b.)	6,3	49,5	27,7	12,7	3,8
SOV 2 (10 m o.b.)	5,3	23,6	27,7	20,1	23,2

#### 4.1.2 Temperatur

Tabell 5 gir en oversikt over temperaturmålingene på Viksjøfjell, Svanvik og DNMI's stasjoner Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun). På DNMI's stasjoner er det sammenliknet med normaltemperaturen, som er middelveien for 30-årsperioden 1931-1960. Målingene viser at månedsmiddeltemperaturene i oktober, november og desember var omtrent som normalt eller litt høyere. I januar, februar og mars var månedsmiddeltemperaturene betydelig høyere enn normalt (4-6°C) på alle stasjonene.

Tabell 5: Oversikt over temperaturforholdene på Viksjøfjell, Svanvik, Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun) i perioden oktober 1991-mars 1992 (°C).

Stasjon	Viksjøfjell			Svanvik			Kirkenes lufthavn				Pasvik (Noatun)			
	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Normal	Maks.	Min.	Middel	Normal	Maks.	Min.
Okt 1991	-0,9	5,3	-10,4	-0,5	6,3	-11,3	1,4	0,8	7,9	-8,0	1,1	0,4	8,0	-10,9
Nov 1991	-5,1	-0,4	-14,7	-5,9	0,1	-22,2	-4,1	-4,4	2,0	-17,6	-4,4	-5,3	2,0	-20,0
Des 1991	-6,9	0,3	-18,6	-9,3	1,4	-30,2	-6,0	-7,8	2,7	-22,2	-8,5	-9,6	2,6	-33,2
Jan 1992	-6,9	2,7	-17,4	-9,6	4,2	-32,7	-6,0	-10,3	5,3	-20,9	-8,8	-13,4	6,6	-34,0
Feb 1992	-6,3	0,6	-14,6	-8,0	1,9	-34,2	-5,3	-11,1	3,9	-22,6	-7,0	-13,1	4,0	-31,5
Mar 1992	-4,6	1,0	-14,1	-4,4	3,3	-25,1	-2,7	-7,6	3,8	-19,4	-3,2	-8,6	4,8	-26,0

Laveste målte temperatur var  $-34,2^{\circ}\text{C}$  i Svanvik i februar 1992. På Viksjøfjell var laveste temperatur  $-18,6^{\circ}\text{C}$ . Høyden over havet (ca. 400 m) og mye vind gjør at det ikke måles så lave temperaturer her som i Pasvik. Den høyeste temperaturen,  $8,0^{\circ}\text{C}$ , ble målt i Pasvik i oktober. På Viksjøfjell ble høyeste time-middeltemperatur ( $5,3^{\circ}\text{C}$ ) målt den 18. oktober kl 05. Den høyeste timemiddeltemperaturen i Svanvik ( $6,3^{\circ}\text{C}$ ) ble målt den 12. oktober kl 12.

Unntatt i desember var månedsmiddeltemperaturene høyere vinteren 1991/92 enn vinteren 1990/91.

#### 4.1.3 Luftens relative fuktighet

Tabell 6 viser månedsmiddelverdiene av luftens relative fuktighet for hver måned i perioden oktober 1991-mars 1992.

Tabell 6: Månedsmiddelverdier av relativ fuktighet i perioden oktober 1991-mars 1992 på Viksjøfjell, Svanvik, Kirkenes lufthavn og Pasvik (Noatun) (i prosent).

Stasjon Måned	Viksjø- fjell	Svanvik	Kirkenes lufthavn	Pasvik (Noatun)
Oktober 1991	92	85	86	90
November 1991	95	88	91	93
Desember 1991	92	83	84	89
Januar 1992	90	80	86	85
Februar 1992	93	82	89	87
Mars 1992	90	78	86	82

Pasvik (Noatun) hadde litt lavere relativ fuktighet enn Kirkenes lufthavn i januar, februar og mars. I Svanvik var middelverdiene lavest i hele perioden. Viksjøfjell hadde de høyeste middelverdiene i hele perioden.



## 4.2 LUFTKVALITET

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

SO<sub>2</sub>-målinger er utført på i alt fem stasjoner, Viksjøfjell, Karpdalen, Rådhuset i Kirkenes, Holmfoss og Svanvik. To av stasjonene, Viksjøfjell og Svanvik, har kontinuerlig registrerende instrumenter med oppringt samband. Dataene lagres som timemiddelverdier. Alle stasjonene unntatt Viksjøfjell har døgnprøvetakere. I Svanvik måles derfor SO<sub>2</sub> på to uavhengige måter, og døgnmiddelverdier beregnet ut fra målte timemiddelverdier 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. Timemiddelverdiene kan også knyttes direkte til målte vindretninger for å bestemme kilde(r) eller kildeområde(r). De russiske stasjonene har også kontinuerlig registrerende instrumenter, men ikke oppringt samband.

De kontinuerlig registrerende instrumentene (monitorene) har en usikkerhet i timemiddelkonsentrasjonene 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 1991-mars 1992 med monitører og døgnprøvetakere er gitt i tabell 7 og 8. Målingene viser at Viksjøfjell var mest belastet i perioden på norsk side, men både SOV 2, SOV 3 og Nikel hadde høyere konsentrasjoner enn på de norske målestedene.

SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene avtok sørøver i Pasvik, og de laveste verdiene ble målt i Svanvik og på SOV 1. Selv om Svanvik ligger nærmest utslippet, var middelveirdien av SO<sub>2</sub> lav, fordi det ikke blåste så ofte i denne retningen.

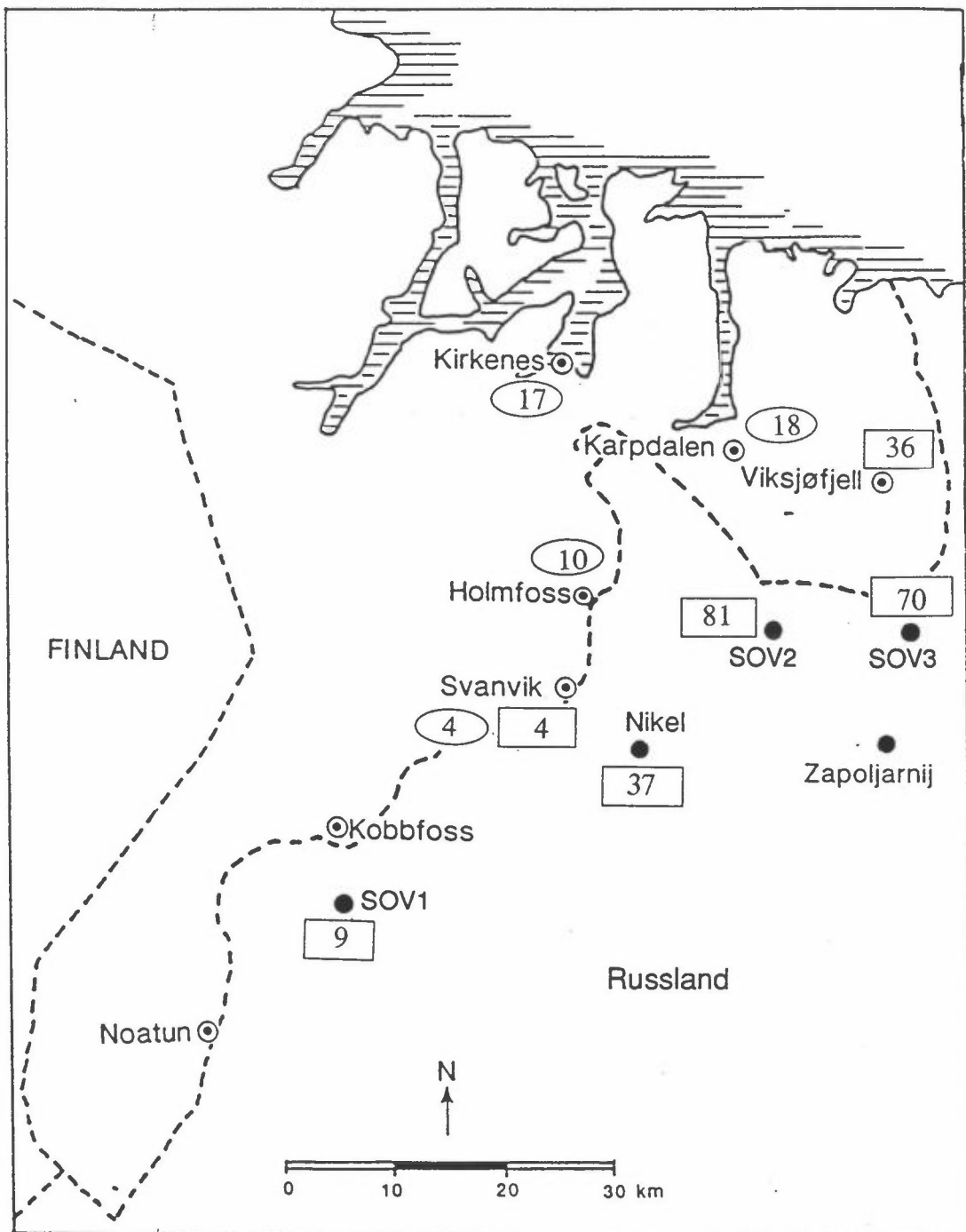
Tabell 7: Sammendrag av målinger av SO<sub>2</sub> med kontinuerlig registrerende instrumenter på Viksjøfjell, Svanvik, SOV 1, SOV 2, SOV 3 og Nikel i perioden oktober 1991- mars 1992 (µg/m<sup>3</sup>).

Stasjon	Måned	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Ant. døgns-obs.	Ant. døgnmidler			Høyeste time-middel	Ant. time-obs.	Ant. timemidler			
					>50	>100	>300			>100	>350	>700	>1 000
Viksjøfjell	Okt 1991	25	88	31	5	0	0	563	705	58	6	0	0
	Nov	49	185	30	11	4	0	2 065	681	87	16	4	3
	Des	41	195	31	9	5	0	1 658	703	62	23	7	3
	Jan 1992	27	259	31	5	2	0	1 464	708	37	16	4	2
	Feb	32	92	29	9	0	0	669	662	64	6	0	0
	Mars	41	164	31	10	4	0	1 286	704	95	18	2	2
	Okt-mars	36	259	183	49	15	0	2 065	4 163	403	85	17	10
Svanvik	Okt 1991	3	37	31	0	0	0	211	671	4	0	0	0
	Nov	7	38	30	0	0	0	304	653	3	0	0	0
	Des	6	62	31	2	0	0	161	694	12	0	0	0
	Jan 1992	4	33	31	0	0	0	125	697	2	0	0	0
	Feb	2	30	29	0	0	0	79	659	0	0	0	0
	Mars	4	70	31	1	0	0	461	696	3	1	0	0
	Okt-mars	4	70	183	3	0	0	461	4 070	24	1	0	0
SOV1	Okt 1991	7	84	30	2	0	0	274	655	14	0	0	0
	Nov	10	58	30	1	0	0	411	685	18	2	0	0
	Des	5	43	31	0	0	0	103	683	2	0	0	0
	Jan 1992	13	55	28	1	0	0	152	601	9	0	0	0
	Feb	6	24	29	0	0	0	144	632	2	0	0	0
	Mars	14	91	31	3	0	0	271	697	21	0	0	0
	Okt-mars	9	91	179	7	0	0	411	3 953	66	2	0	0
SOV2	Okt 1991	95	329	31	16	13	2	2 016	703	155	67	15	4
	Nov	76	280	30	17	7	0	1 480	658	124	46	15	3
	Des	102	406	31	19	12	2	1 994	672	161	67	24	10
	Jan 1992	79	387	29	15	8	1	1 519	650	123	49	15	4
	Feb	82	361	27	12	11	2	1 087	605	133	53	9	1
	Mars	49	209	31	11	6	0	1 252	689	98	22	6	2
	Okt-mars	81	406	179	90	57	7	2 016	3 977	794	304	84	24
SOV3	Okt 1991	77	428	31	14	9	1	1 322	688	146	38	11	3
	Nov	63	280	30	14	5	0	690	672	140	28	0	0
	Des	68	266	31	15	7	0	695	702	164	22	0	0
	Jan 1992	91	265	28	20	10	0	1 023	640	185	37	5	1
	Feb	69	299	29	14	9	0	678	634	150	29	0	0
	Mars	51	151	31	14	4	0	572	706	126	21	0	0
	Okt-mars	70	428	180	91	44	1	1 322	4 042	911	175	16	4
Nikel	Okt 1991	54	486	31	6	4	2	2 362	689	69	29	16	10
	Nov	58	485	30	8	6	1	2 669	668	72	29	13	7
	Des	24	130	17	3	1	0	791	400	31	4	1	0
	Jan 1992	13	132	18	2	1	0	327	388	20	0	0	0
	Feb	26	350	29	4	3	1	788	638	38	19	3	0
	Mars	33	393	30	4	2	2	1 313	687	48	15	12	3
	Okt-mars	37	486	155	27	17	6	2 669	3 470	278	96	45	20

Tabell 8: Sammendrag av døgnmålinger av SO<sub>2</sub> i perioden oktober 1991-mars 1992 (µg/m<sup>3</sup>).

Stasjon og måned	Middel	Maks	Min.	Ant.obs.	>50	>100
<b>KIRKENES</b>						
Oktober 1991	12	43	2	31	0	0
November	25	76	4	29	4	0
Desember	16	51	3	31	1	0
Januar 1992	16	45	3	31	0	0
Februar	12	41	6	28	0	0
Mars	21	68	2	31	2	0
Okt. 91-mars 92	17	76	2	181	7	0
<b>SVANVIK</b>						
Oktober 1991	4	35	0	31	0	0
November	7	40	0	30	0	0
Desember	3	51	0	29	1	0
Januar 1992	4	42	0	31	0	0
Februar	2	27	0	28	0	0
Mars	6	60	0	31	1	0
Okt. 91-mars 92	4	60	0	180	2	0
<b>HOLMFOSS</b>						
Oktober 1991	5	30	0	31	0	0
November	13	82	0	30	3	0
Desember	11	121	0	31	3	1
Januar 1992	9	70	0	31	1	0
Februar	4	30	0	29	0	0
Mars	16	164	0	31	3	1
Okt. 91-mars 92	10	164	0	183	10	2
<b>KARPDALLEN</b>						
Oktober 1991	13	124	0	31	3	1
November	18	85	0	30	2	0
Desember	22	140	0	31	4	1
Januar 1992	11	90	0	30	1	0
Februar	19	108	0	27	5	1
Mars	25	133	0	31	5	1
Okt. 91-mars 92	18	140	0	180	20	4

Gjennomsnittsverdiene av SO<sub>2</sub> i perioden oktober 1991-mars 1992 er vist i figur 5. De nordlige og østlige delene av Sør-Varanger var mest belastet på norsk side. Sammenliknet med gjennomsnittsverdiene fra vinteren 1990/91 var verdiene lavere vinteren 1991/92.



Figur 5: Middelerdier av SO<sub>2</sub> i perioden oktober 1991-mars 1992 målt med kontinuerlig registrerende prøvetakere  og døgnsprøvetakere  (µg/m<sup>3</sup>).

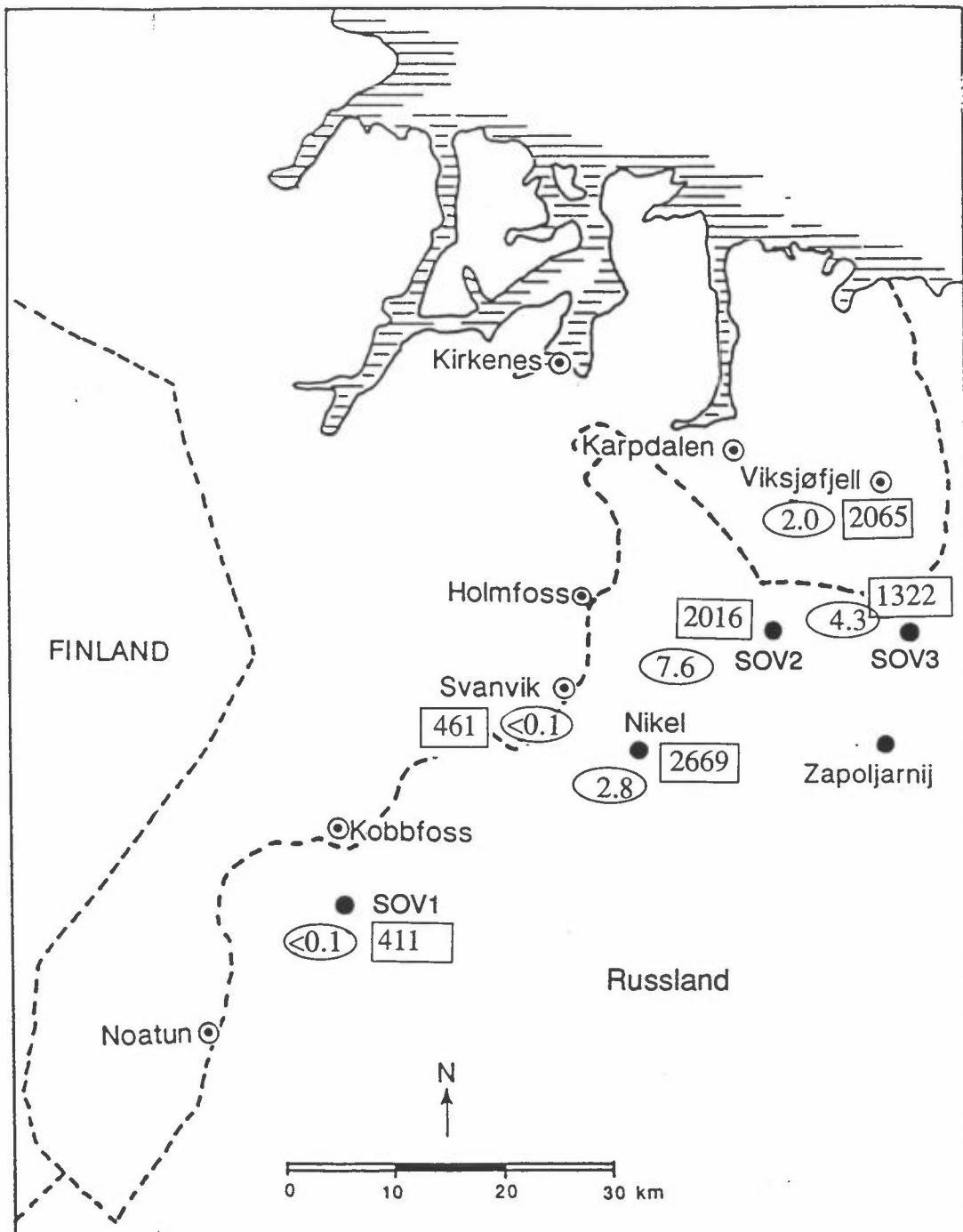
Figur 6 viser maksimale timemiddelverdier av  $\text{SO}_2$  på Viksjøfjell, Svanvik, SOV 1, SOV 2, SOV 3 og Nikel og hvor stor del av tiden timemiddelverdiene var over  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på de seks stasjonene.  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er den grenseverdien Verdens helseorganisasjon har foreslått (WHO, 1987). På norsk side hadde Viksjøfjell både den høyeste timemiddelverdien og den hyppigste forekomsten av høye konsentrasjoner. Både på Viksjøfjell og i Svanvik var frekvensen av timemiddelverdier over  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lavere vinteren 1991/92 enn vinteren 1990/91.

De tre russiske stasjonene SOV 2, SOV 3 og Nikel hadde høyere frekvens av timemiddelverdier over  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  enn Viksjøfjell. På SOV 2 var 7,6% av timeverdiene over  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mens det på Viksjøfjell var 2,0%.

Den høyeste timemiddelverdien av  $\text{SO}_2$  i perioden oktober 1991-mars 1992 på norsk side ble målt på Viksjøfjell 18.11 kl 06 til  $2\ 065 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Viksjøfjell mangler vinddata i denne episoden, men data fra SOV 2 viste svak vind fra sørlig og sørøstlig kant, dvs. antagelig fra Zapoljarnij.

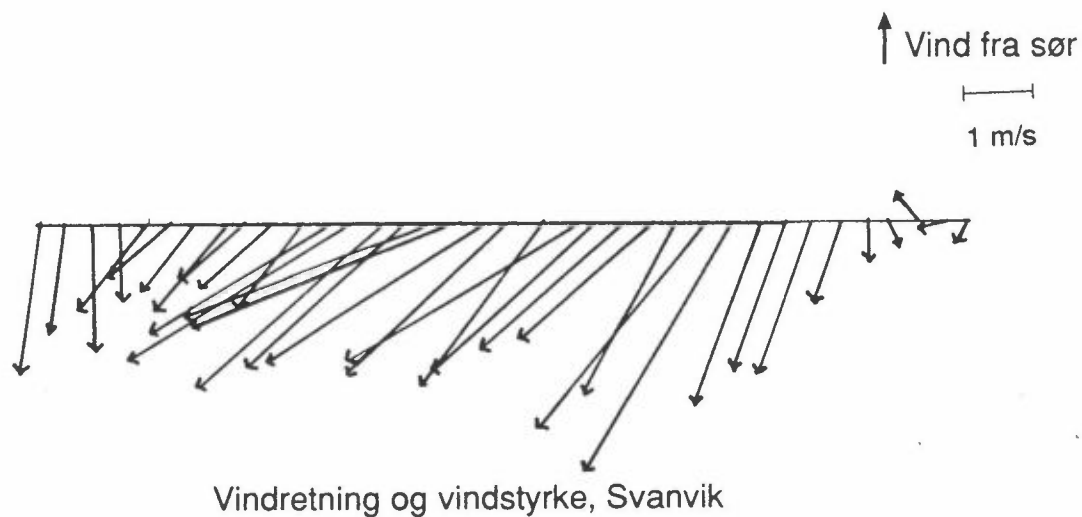
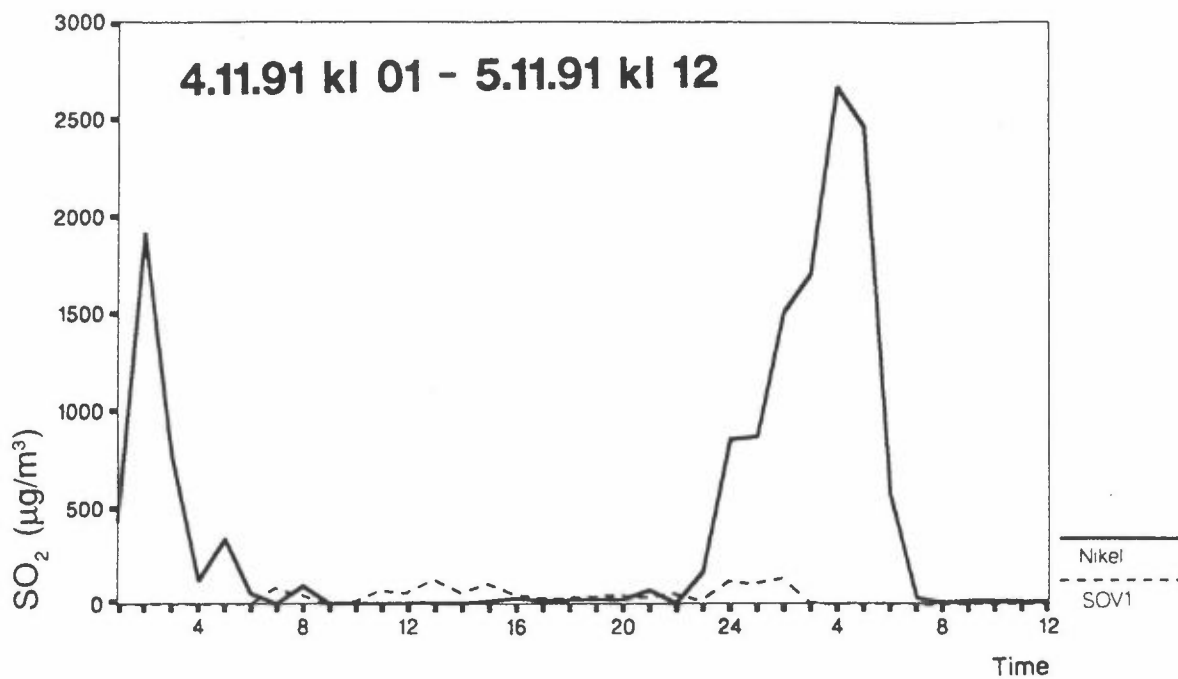
På russisk side ble den høyeste timemiddelverdien på  $2\ 669 \mu\text{g}/\text{m}^3$  målt 15.11. kl. 04 (norsk tid). Figur 7 viser time-middelkonsentrasjonene av  $\text{SO}_2$  fra Nikel og SOV 1 i perioden 4.11. kl 01-05.11. kl 12, samt vindobservasjoner fra Svanvik i den samme perioden. De høye verdiene den 4.11. og 5.11. er målt i perioder med nordlig og nord-nordøstlig vind på Svanvik. Hovedkilden må antas å være utslippene fra lave skorsteiner ved nikkerverket i byen. I perioden mellom de to forurensningstoppene, da vinden på Svanvik var dreid mer mot nordøst og øst-nordøst, passerte forurensningsskyen antagelig til side for målestasjonen.

På SOV 2 ble den høyeste timemiddelverdien målt den 13.10. kl 12 (norsk tid) til  $2\ 016 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dette var en kortvarig episode (1-2 timer), som forekom ved sørvestlig vind, dvs. fra Nikel.



Figur 6: Maksimale timesmiddelverdier av SO<sub>2</sub>  (µg/m<sup>3</sup>) og prosent av tiden med timesmiddelverdier over 350 µg/m<sup>3</sup>.





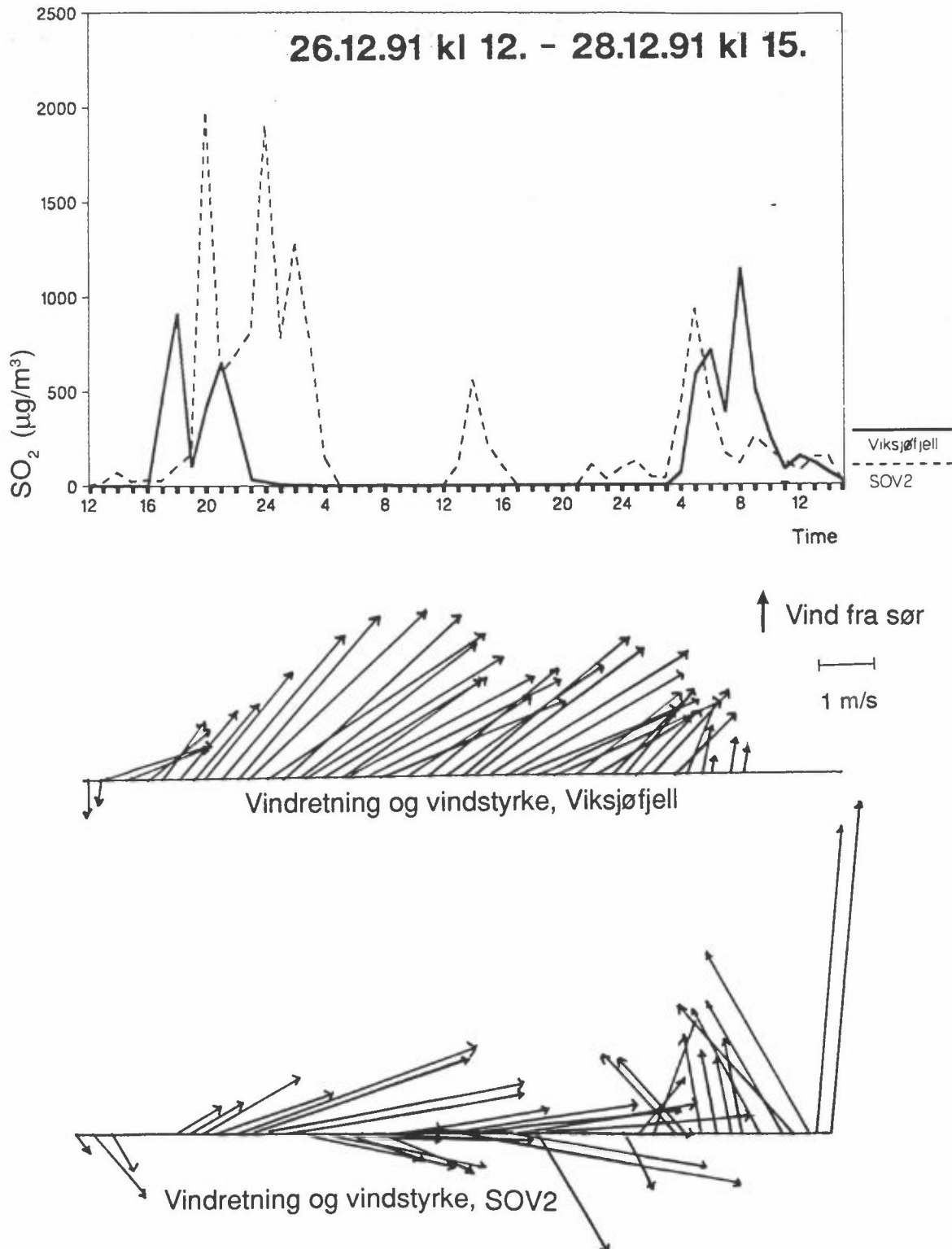
Figur 7: Timemiddelerverdier av SO<sub>2</sub> (Nikkel og SOV 1), vindretning og vindstyrke (Svanvik) 4.-5.11.1991.

En episode med nesten like høye verdier på SOV 2 ble registrert 26.-28.12. I denne perioden var det også relativt høye verdier på Viksjøfjell, slik figur 8 viser. Vindmålingene fra SOV 2 og Viksjøfjell tyder på at de høye konsentrasjonene om kvelden den 26.12. og natt til den 27.12. skyldes utslippene i Nikel. Den 28.12. viser vindmålingene vind mer fra sør og sørøst, og de høye SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene skyldes derfor utslippene i Zapoljarnij.

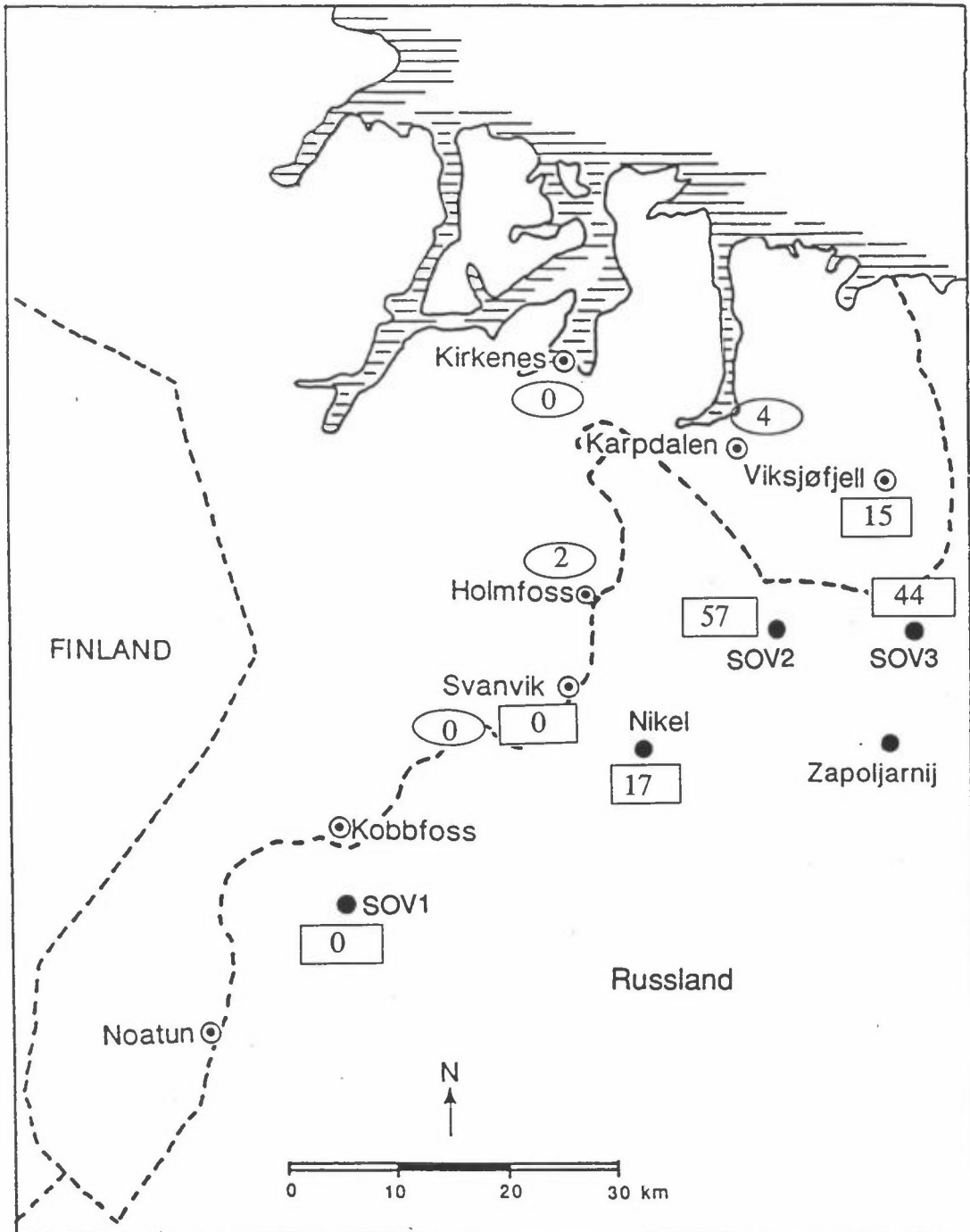
Figur 9 viser antall døgnmiddelverdier av SO<sub>2</sub> over 100 µg/m<sup>3</sup> i perioden oktober 1991-mars 1992. Av de norske stasjonene hadde Viksjøfjell flest døgnmiddelverdier over 100 µg/m<sup>3</sup>. Denne stasjonene hadde også den høyeste døgnmiddelverdien med 259 µg/m<sup>3</sup> på norsk side, se figur 10. Verken Kirkenes, Svanvik eller SOV 1 hadde døgnmiddelverdier over 100 µg/m<sup>3</sup> vinteren 1991/92. Både SOV 2, SOV 3 og Nikel hadde flere døgnmiddelverdier over 100 µg/m<sup>3</sup> enn Viksjøfjell, og de maksimale døgnmiddelverdiene var også høyere enn på Viksjøfjell.

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 1991/92 viste de laveste middelverdiene til nå siden målingene startet på alle de fire stasjonene. Også Viksjøfjell hadde den laveste middelverdien i vinterhalvåret siden målingene startet i 1988. Nedgangen i Kirkenes har foregått over mange år og må tilskrives reduserte lokale utslipp. Nedgangen på de andre norske stasjonene er først og fremst registrert de siste årene og skyldes antagelig reduserte utslipp fra de russiske nikkelsmelteverkene.

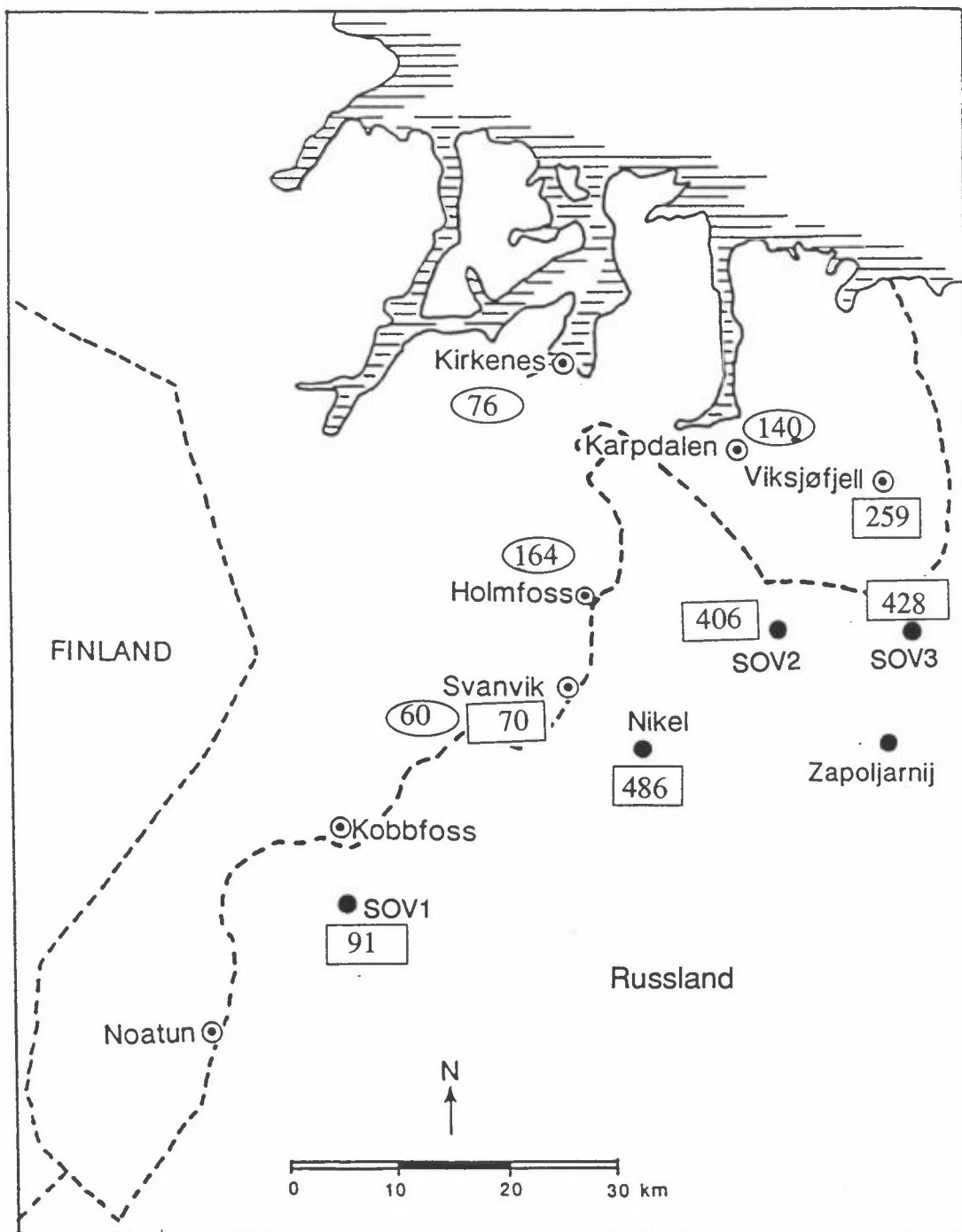




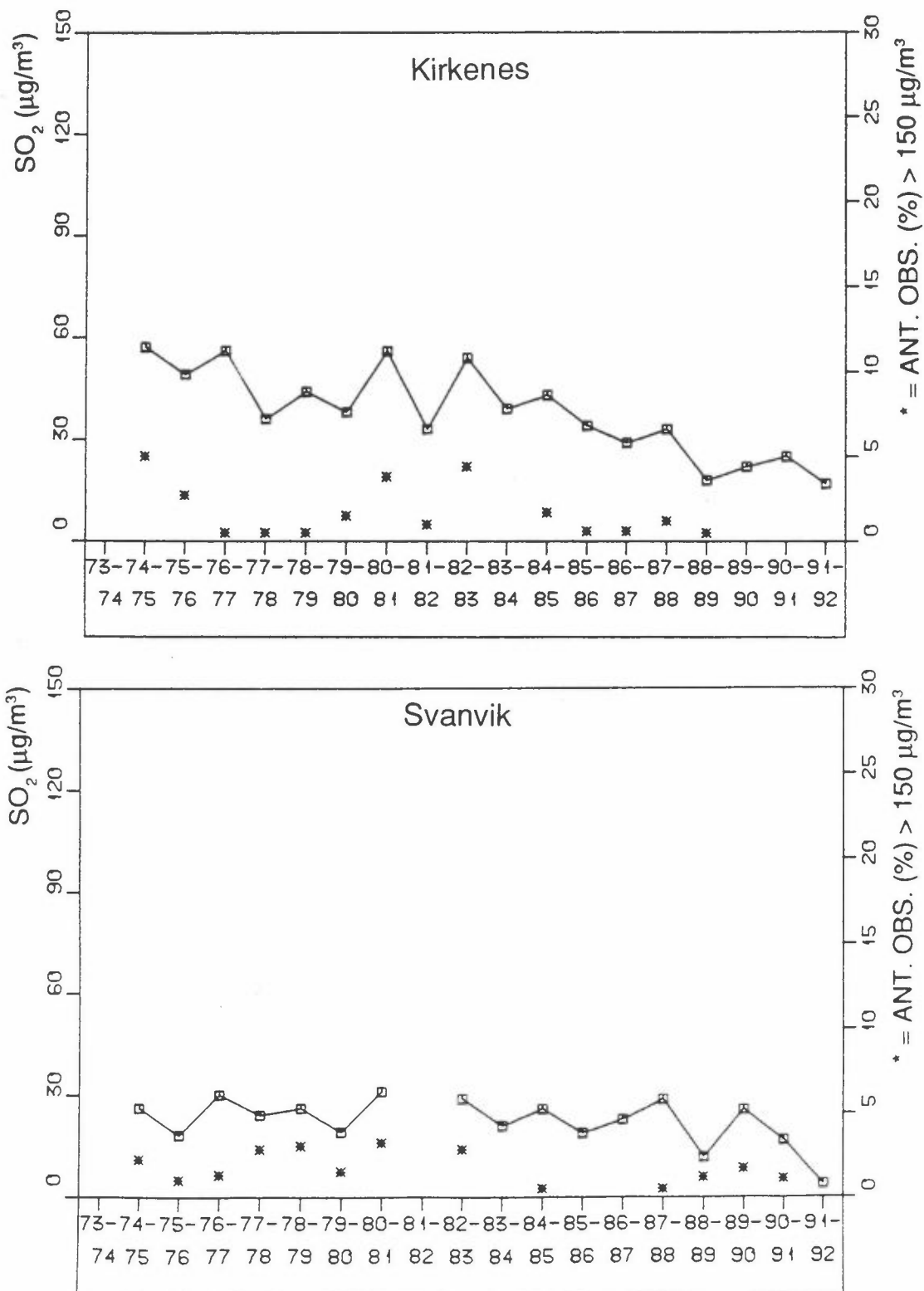
Figur 8: Timemiddelverdier av SO<sub>2</sub>, vindretning og vindstyrke på Viksjøfjell og SOV 2 26.-28.12.1991.



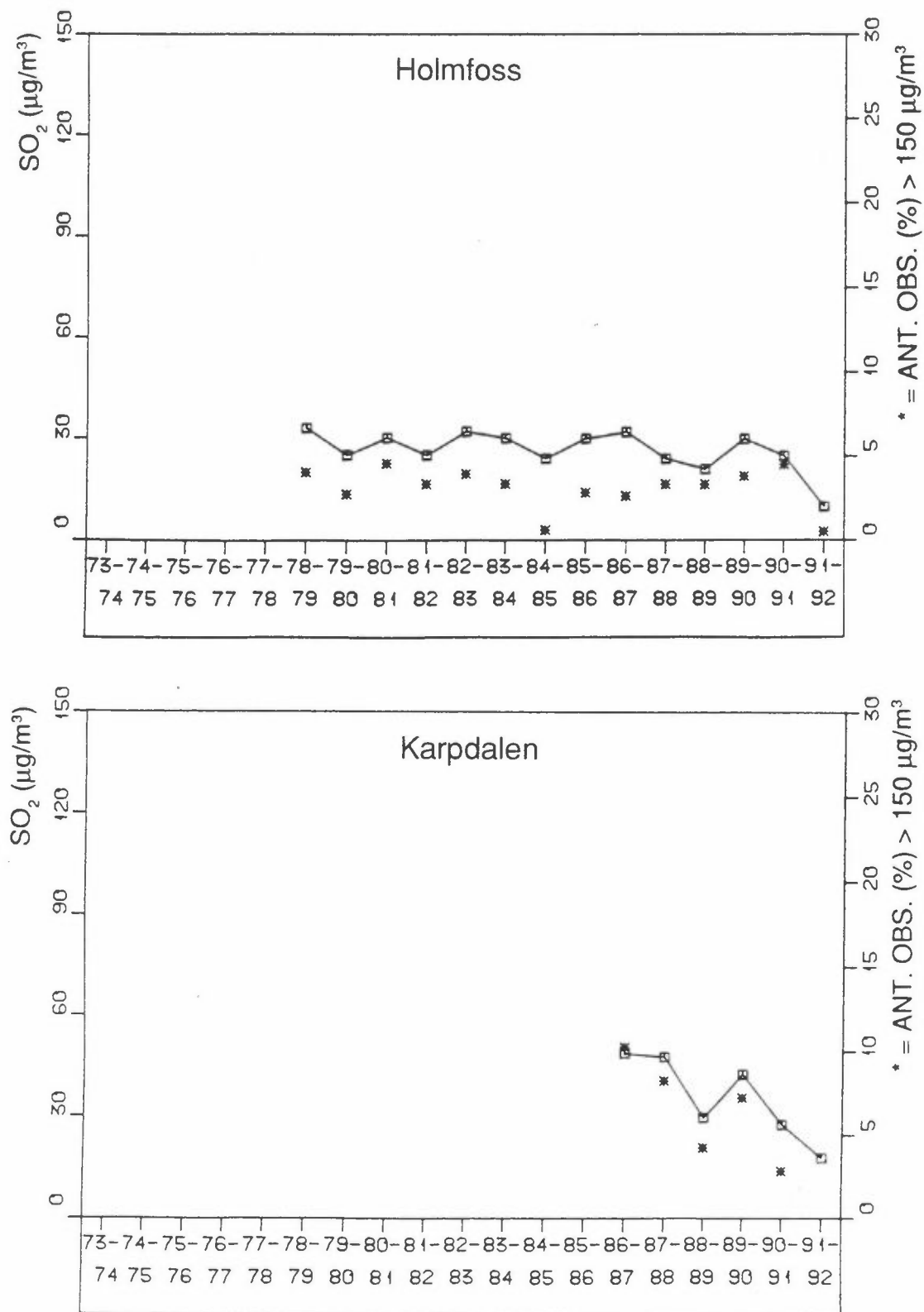
Figur 9: Antall døgnmiddelverdier av  $\text{SO}_2$  over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i perioden oktober 1991-mars 1992 målt med kontinuerlig registrerende prøvetakere  og døgnprøvetakere .



Figur 10: Maksimale døgnmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i perioden oktober 1991-mars 1992 målt med kontinuerlig registrerende prøvetakere  og døgnprøvetakere . (µg/m<sup>3</sup>).



Figur 11: Vintermiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) og frekvens av døgnmiddelverdier over 150 µg/m<sup>3</sup> 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.

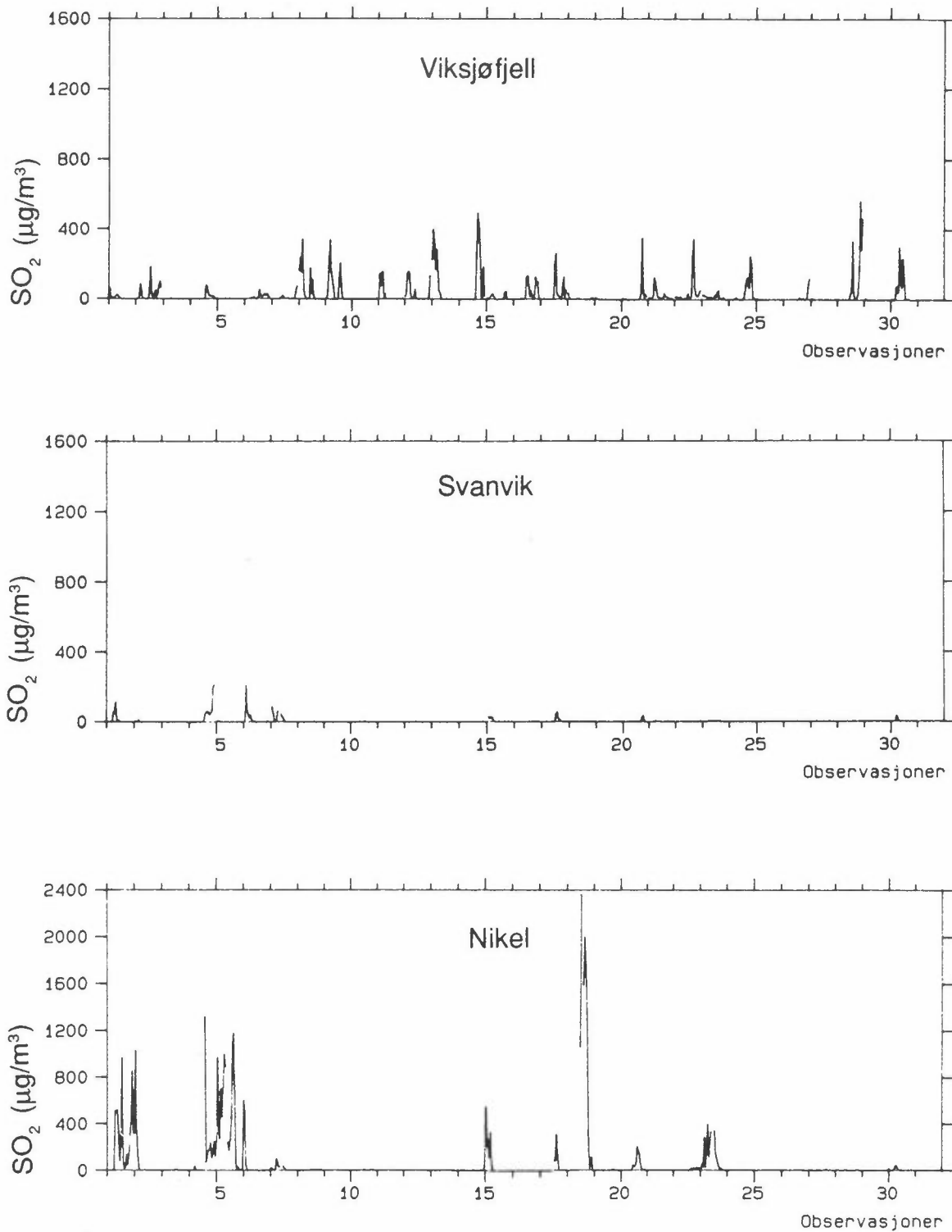
Tabell 7 og 8 foran viser at konsentrasjonene av  $\text{SO}_2$  i grenseområdene har variert fra nær null og til over  $2\ 600\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  som timemiddelverdi vinteren 1991/92. På midlingstid 5 minutter er det registrert enda høyere verdier. For å gi et inntrykk av variasjonen i dataene er det i figur 13-24 vist plot av timemiddelverdiene fra Viksjøfjell, Svanvik, Nikel, SOV 1, SOV 2 og SOV 3 for hver måned i perioden oktober 1991-mars 1992. Episoder med høye konsentrasjoner forekom hyppigst på Viksjøfjell, SOV 2, SOV 3 og Nikel og minst hyppig i Svanvik og på SOV 1. Episodene var som regel ganske kortvarige, fra noen få timer til ca. 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 med bare noen få kilometers utstrekning selv så langt fra utslippet som på Viksjøfjell. Konsentrasjonen blir derfor høy når målestasjonene ligger i røykfanen, mens bare noen graders endring i vindretningen kan føre til at de ikke blir eksponert. I lange perioder er stasjonene ikke eksponert, eller verdiene er lavere enn deteksjonsgrensen på  $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Timemiddelverdiene av  $\text{SO}_2$  er sammenholdt med vindretning, vindstyrke og stabilitet. Ut fra dette er det beregnet forurensningsroser som vist i figur 25-26. Disse viser middelkonsentrasjonene for hver av  $36\ 10^\circ$ -vindsektorer og for vindstille. Ved beregning av forurensningsrosene for de russiske stasjonene er det brukt vind fra Svanvik for SOV 1 og Nikel og vind fra Viksjøfjell for SOV 2 og SOV 3.

I Svanvik var middelverdien for perioden oktober 1991-mars 1992  $4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ved vind fra  $100^\circ$  (øst) var middelkonsentrasjonen  $59\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se figur 25. Ved vind i en bred sektor fra sør over vest til nordøst var konsentrasjonene betydelig lavere enn ved vind fra østlig og sørøstlig kant.

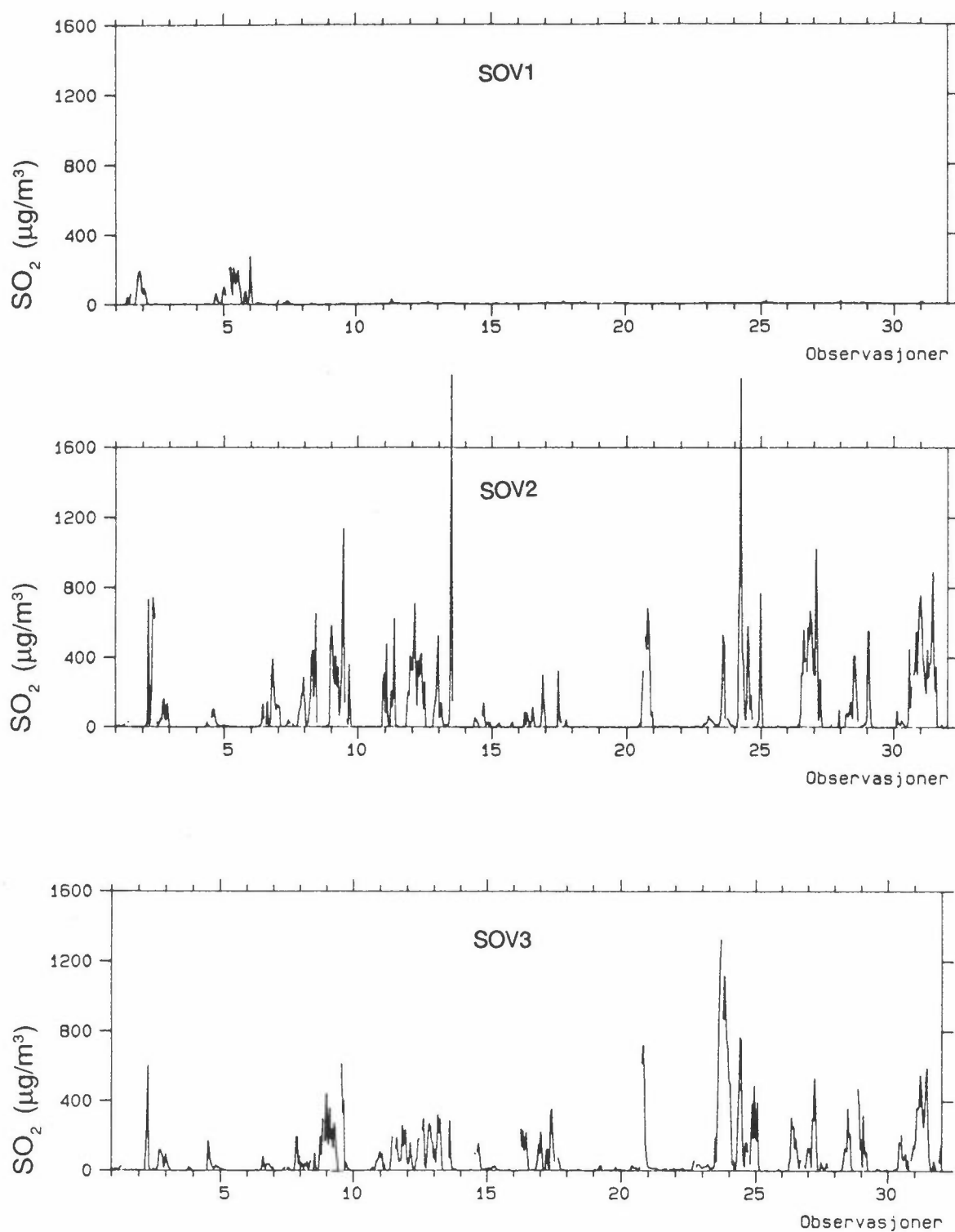
På Viksjøfjell var middelkonsentrasjonen  $124\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved vind fra omkring  $210^\circ$  (Nikel) (se figur 25). Også ved vind fra omkring  $160^\circ$  var det noe forhøyede konsentrasjoner på Viksjøfjell, som tyder på at også Zapoljarnij belaster stasjonen.

Oktober 1991



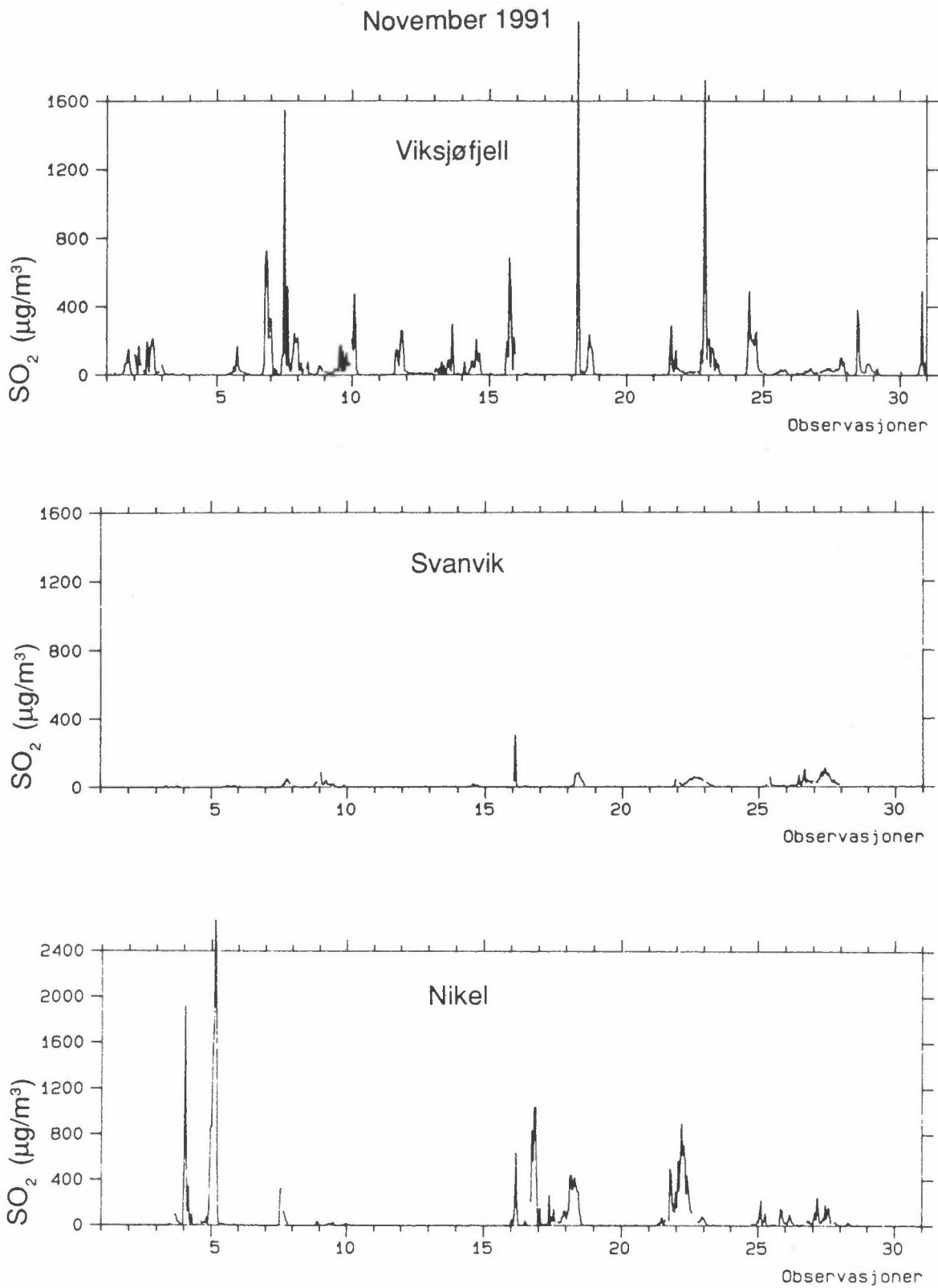
Figur 13: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i oktober 1991 på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel (µg/m<sup>3</sup>).

Oktober 1991



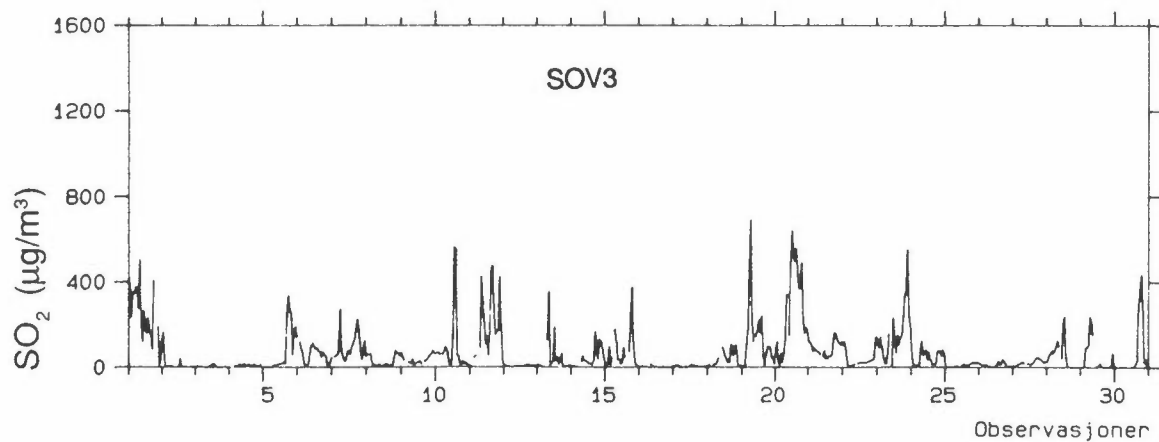
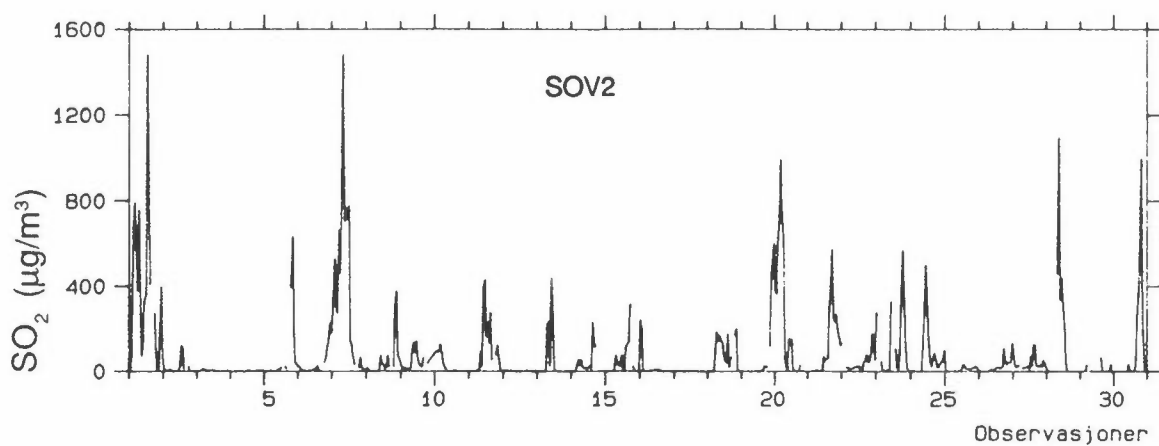
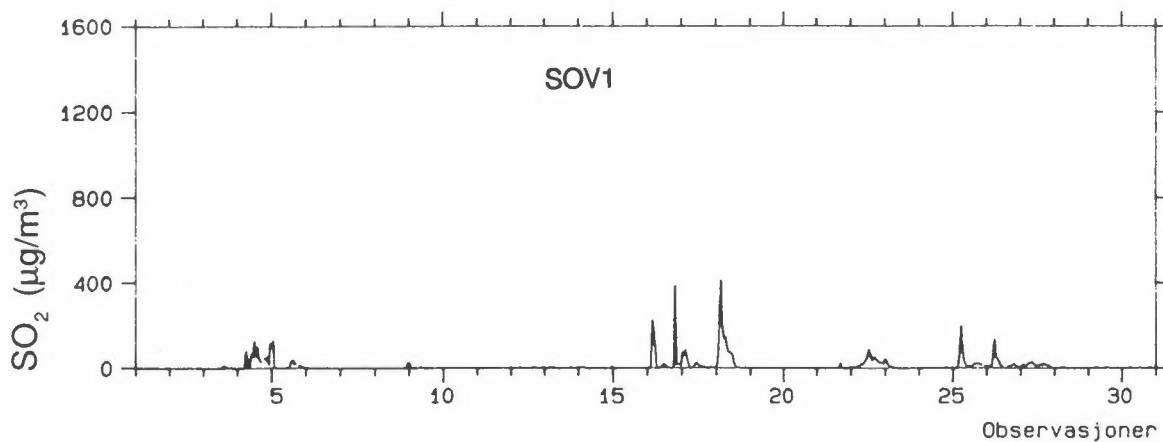
Figur 14: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i oktober 1991 på SOV 1, SOV 2 og SOV 3 (µg/m<sup>3</sup>).





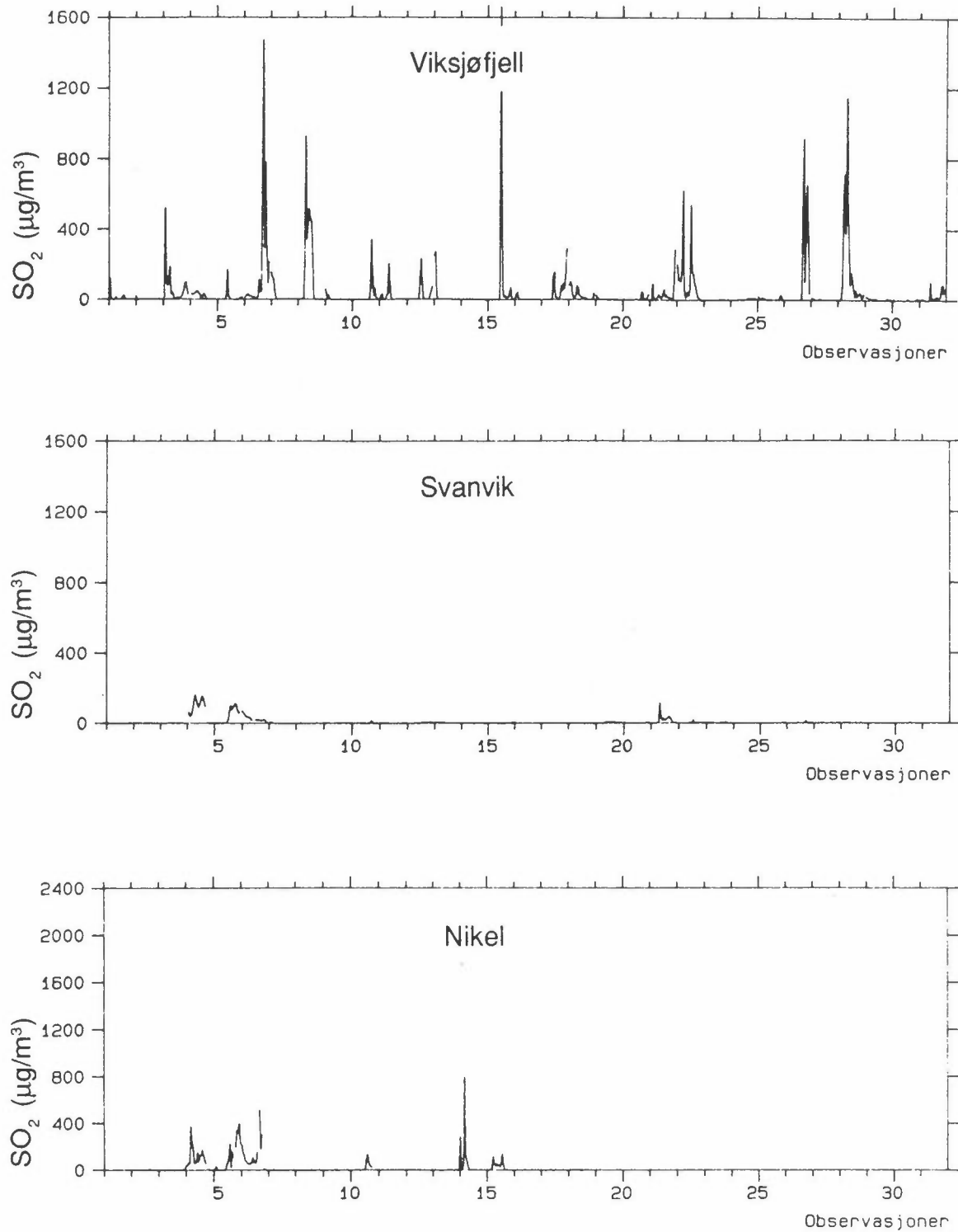
Figur 15: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i november 1991 på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel (µg/m<sup>3</sup>).

November 1991



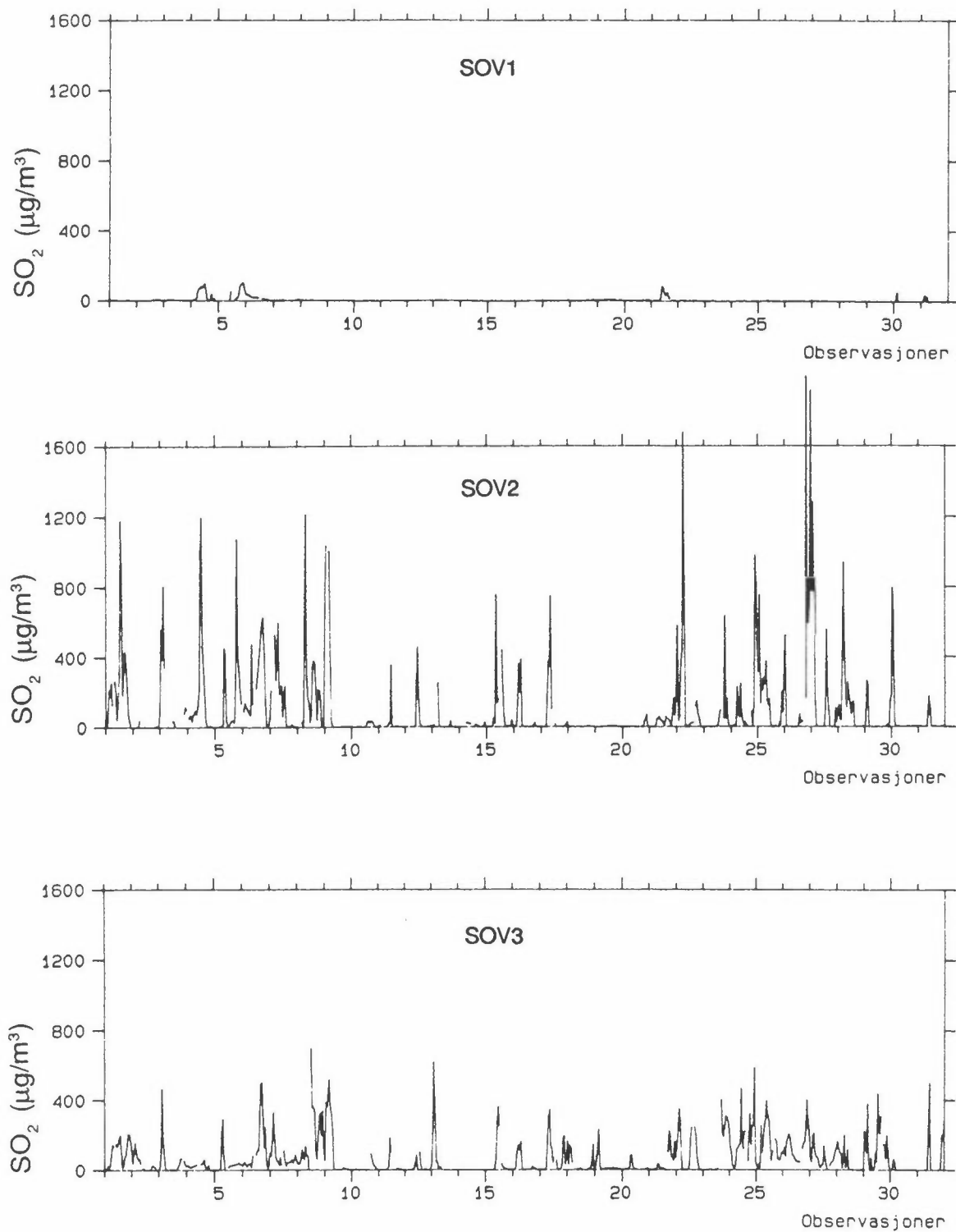
Figur 16: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i november 1991 på SOV 1, SOV 2 og SOV 3 (µg/m<sup>3</sup>).

Desember 1991



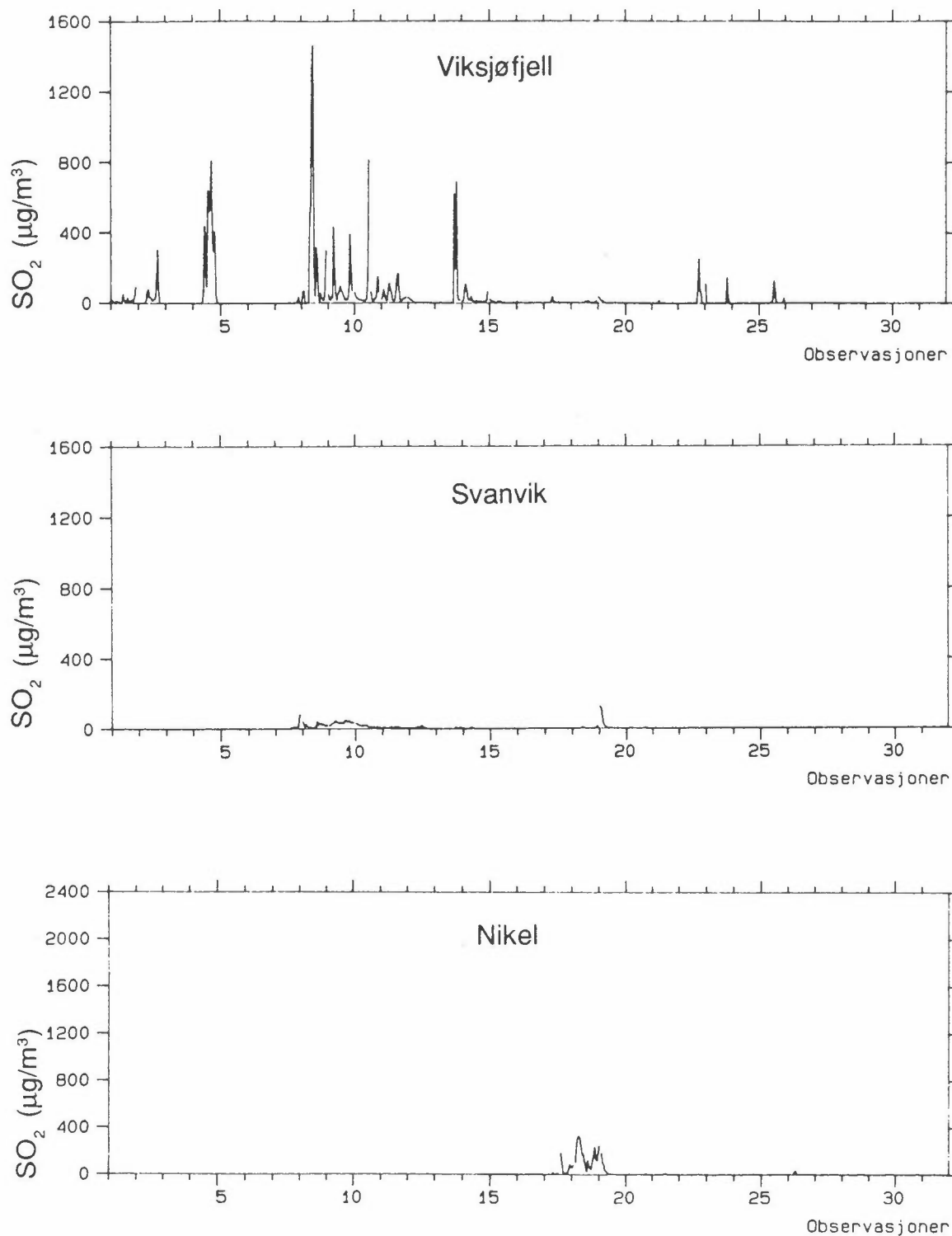
Figur 17: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i desember 1991 på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel (µg/m<sup>3</sup>).

Desember 1991



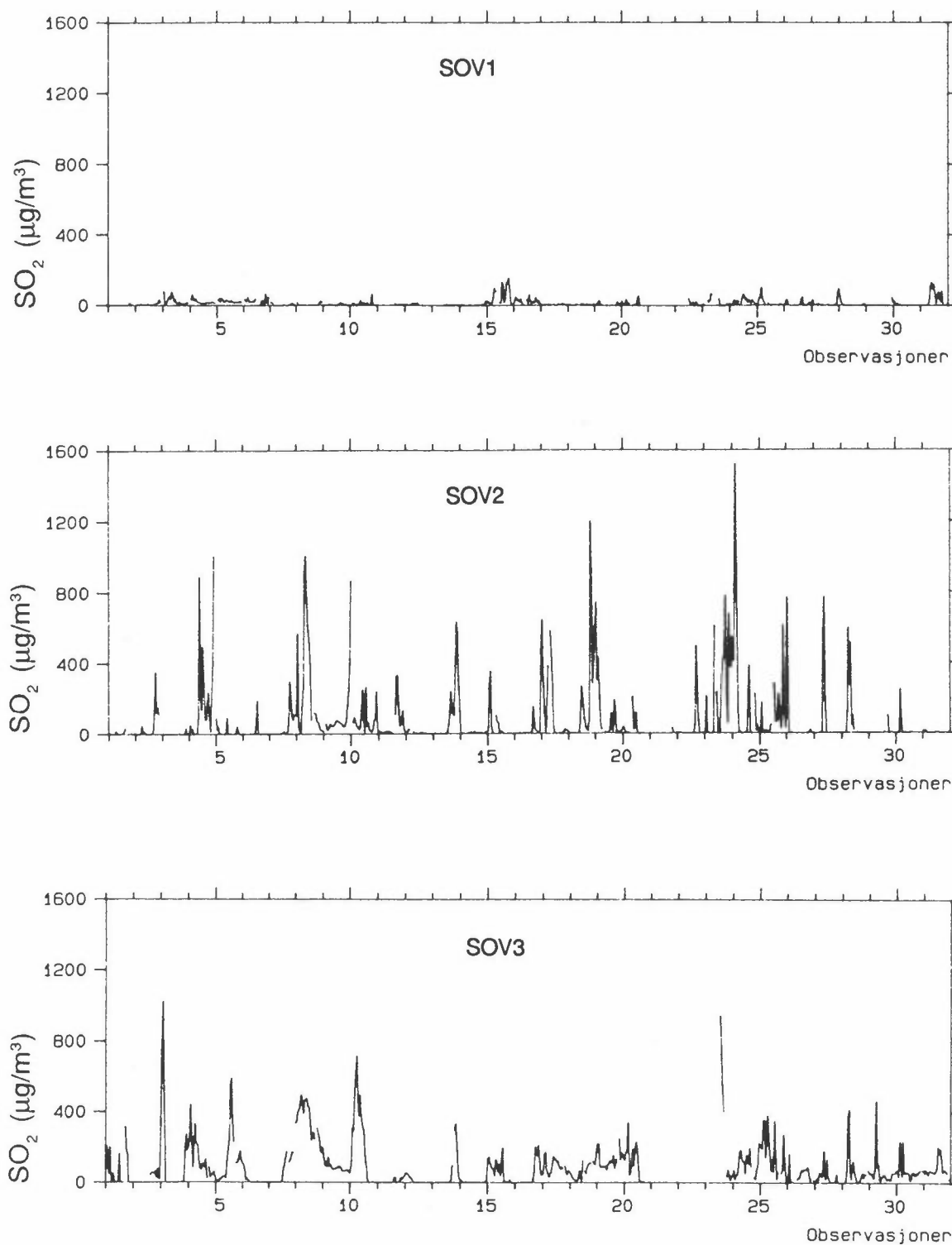
Figur 18: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i desember 1991 på SOV 1, SOV 2 og SOV 3 (µg/m<sup>3</sup>).

Januar 1992



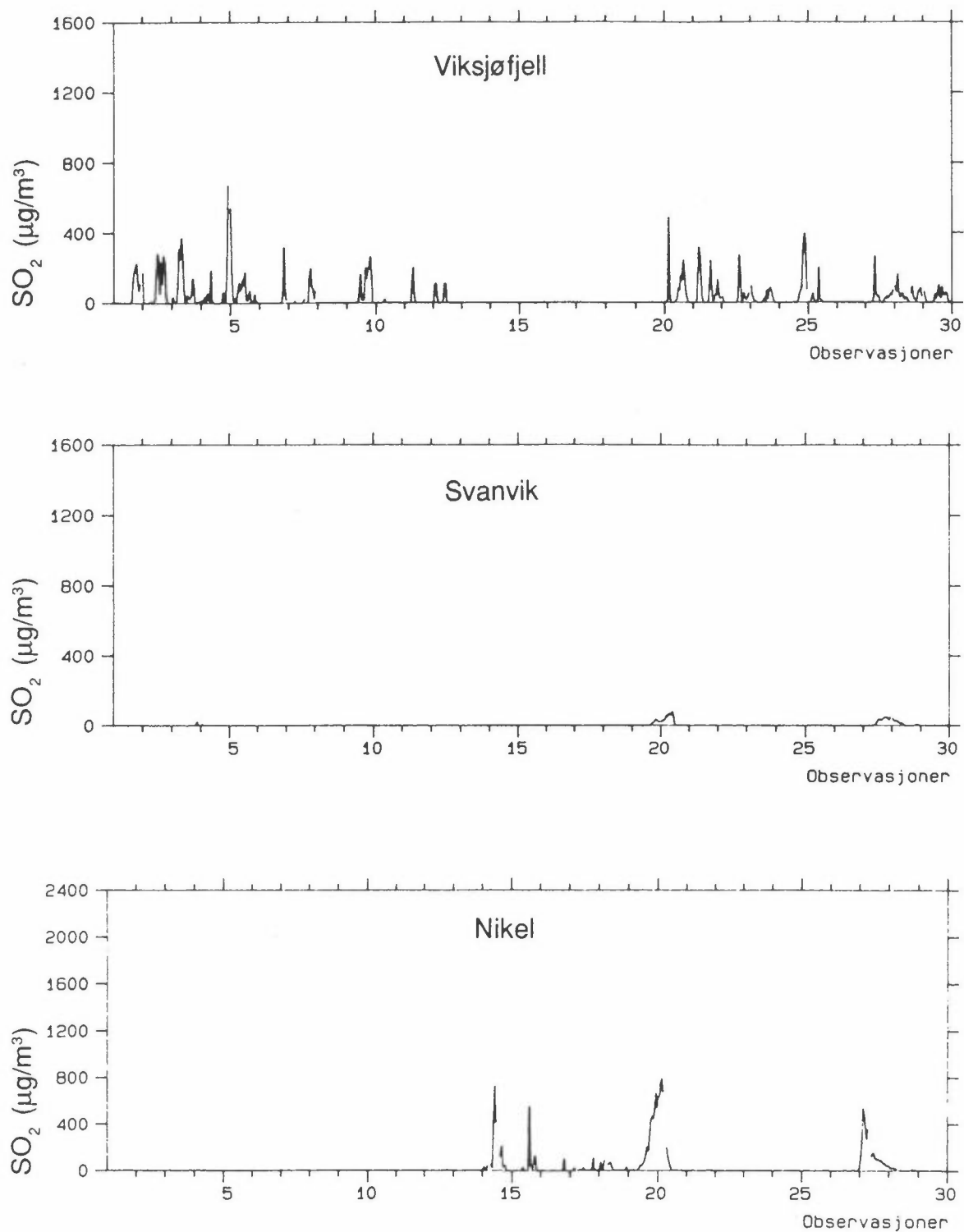
Figur 19: Timemiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i januar 1992 på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Januar 1992



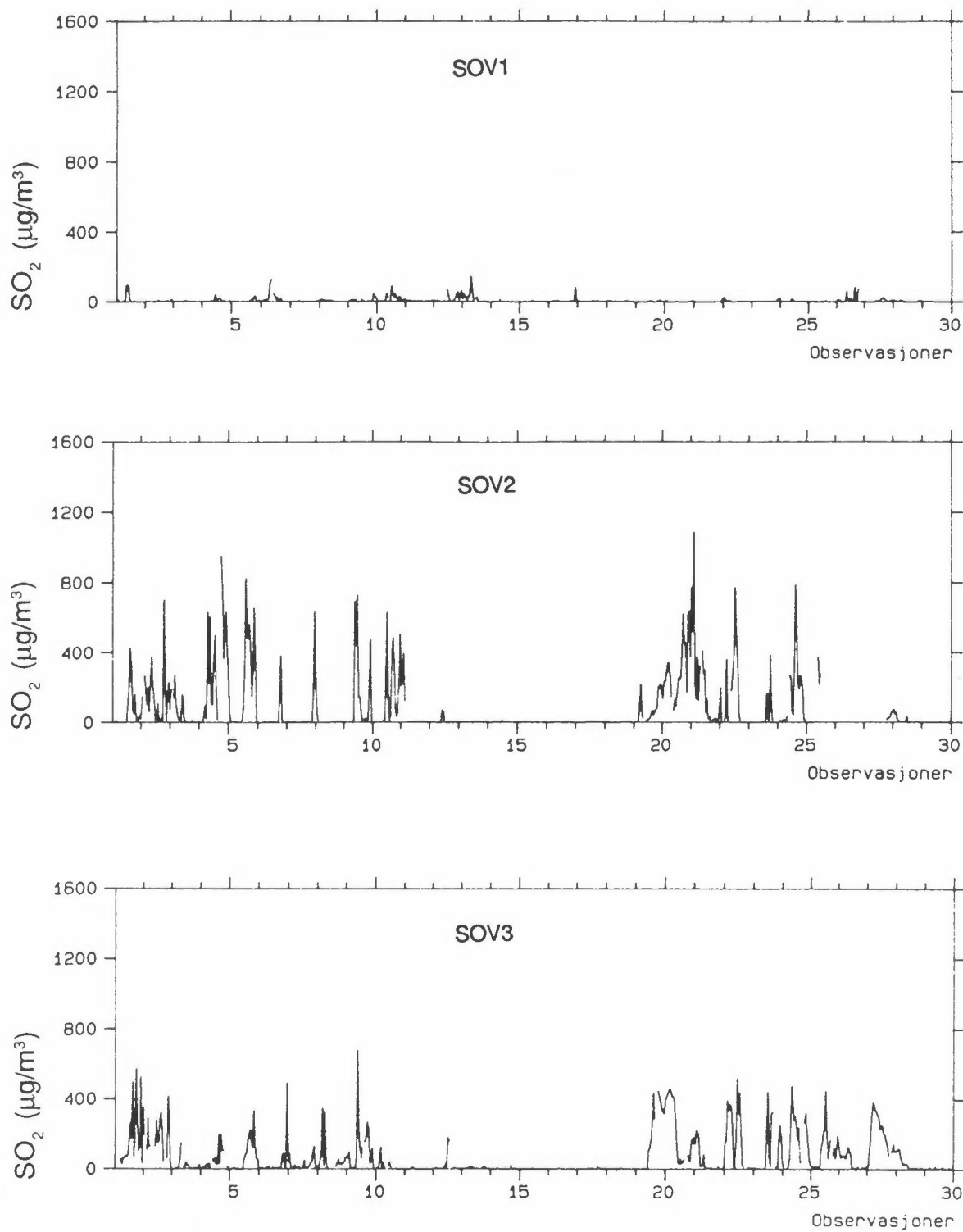
Figur 20: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i januar 1992 på SOV 1, SOV 2 og SOV 3 (µg/m<sup>3</sup>).

Februar 1992



Figur 21: Timemiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i februar 1992 på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

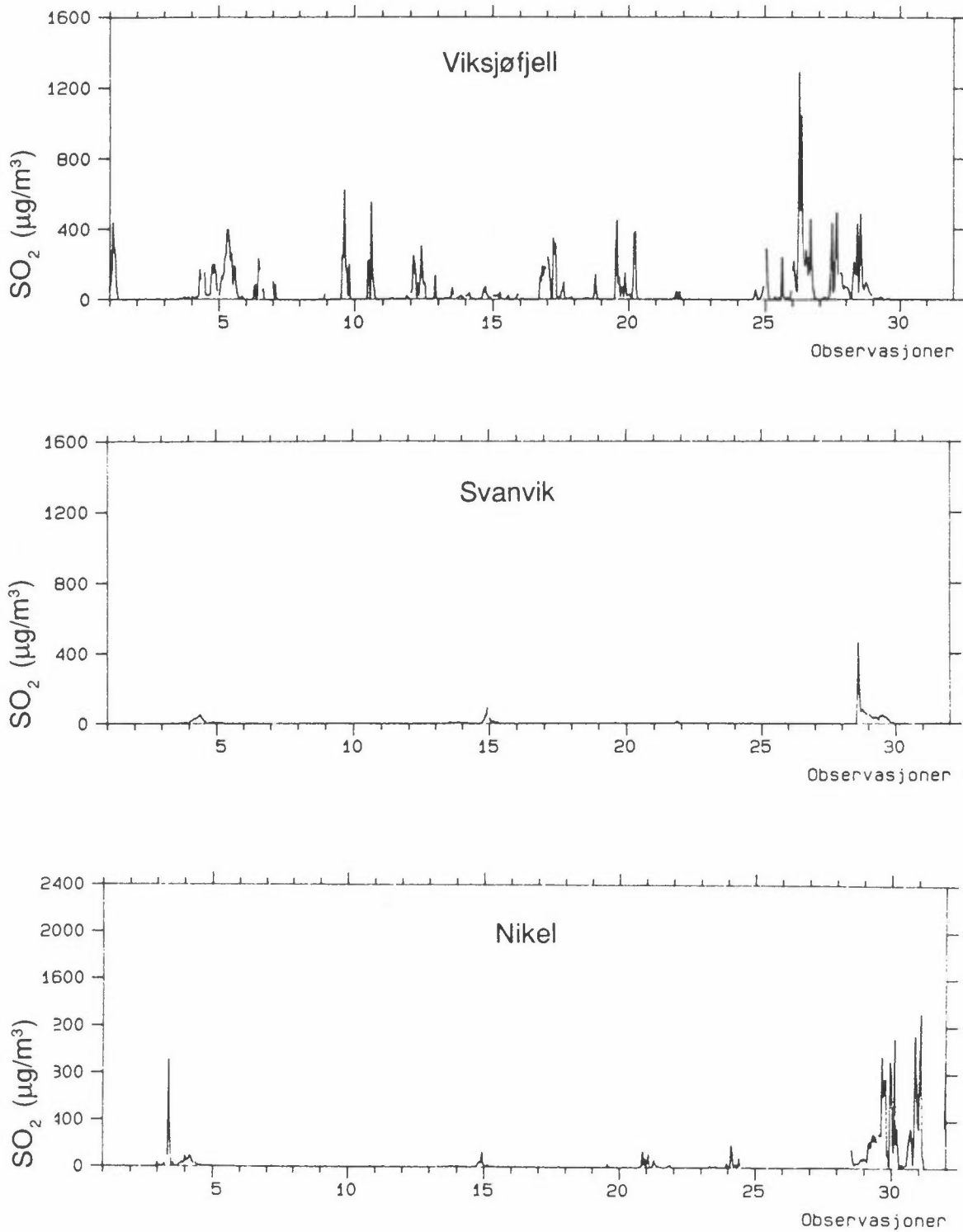
Februar 1992



Figur 22: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i februar 1992 på SOV 1, SOV 2 og SOV 3 (µg/m<sup>3</sup>).

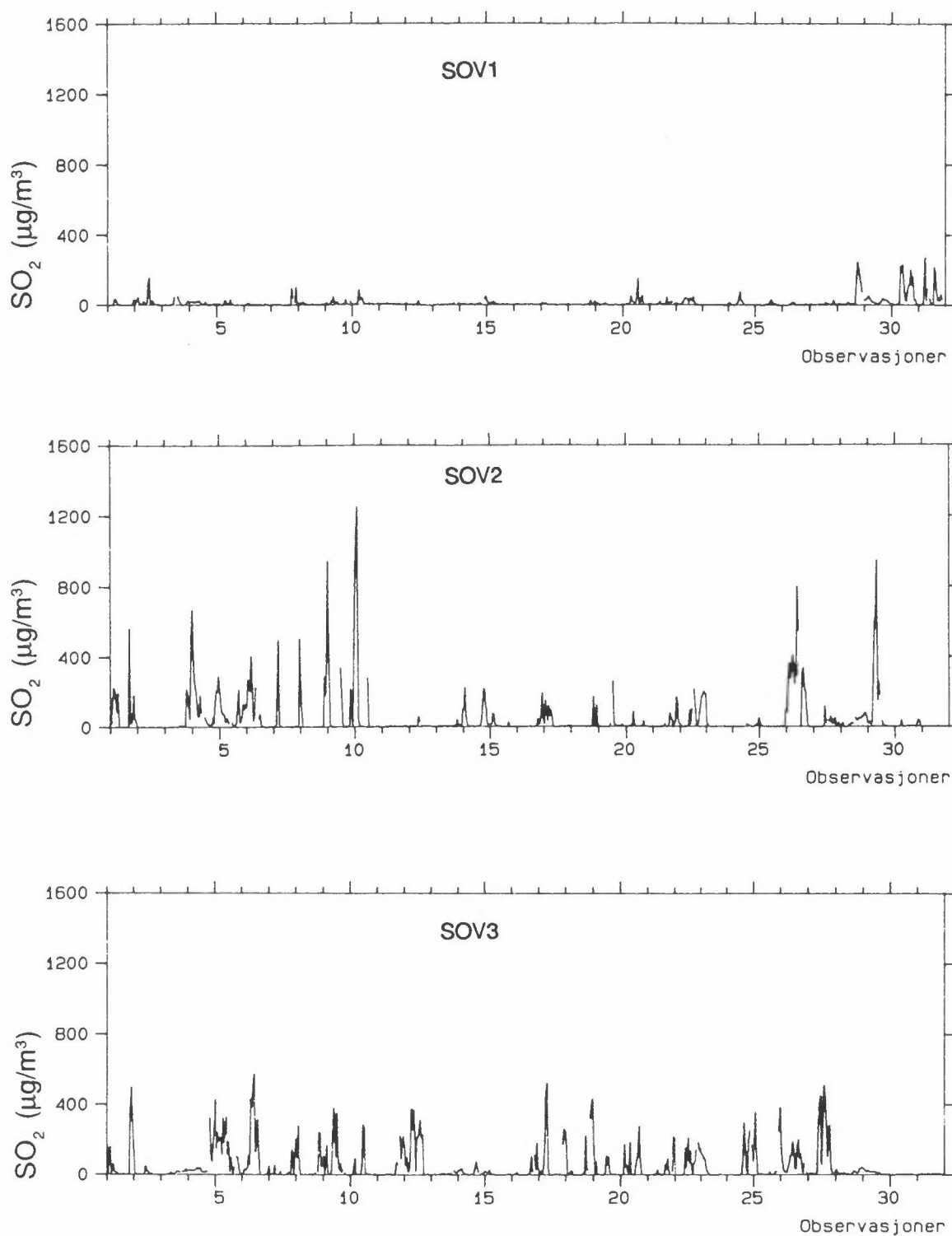


Mars 1992

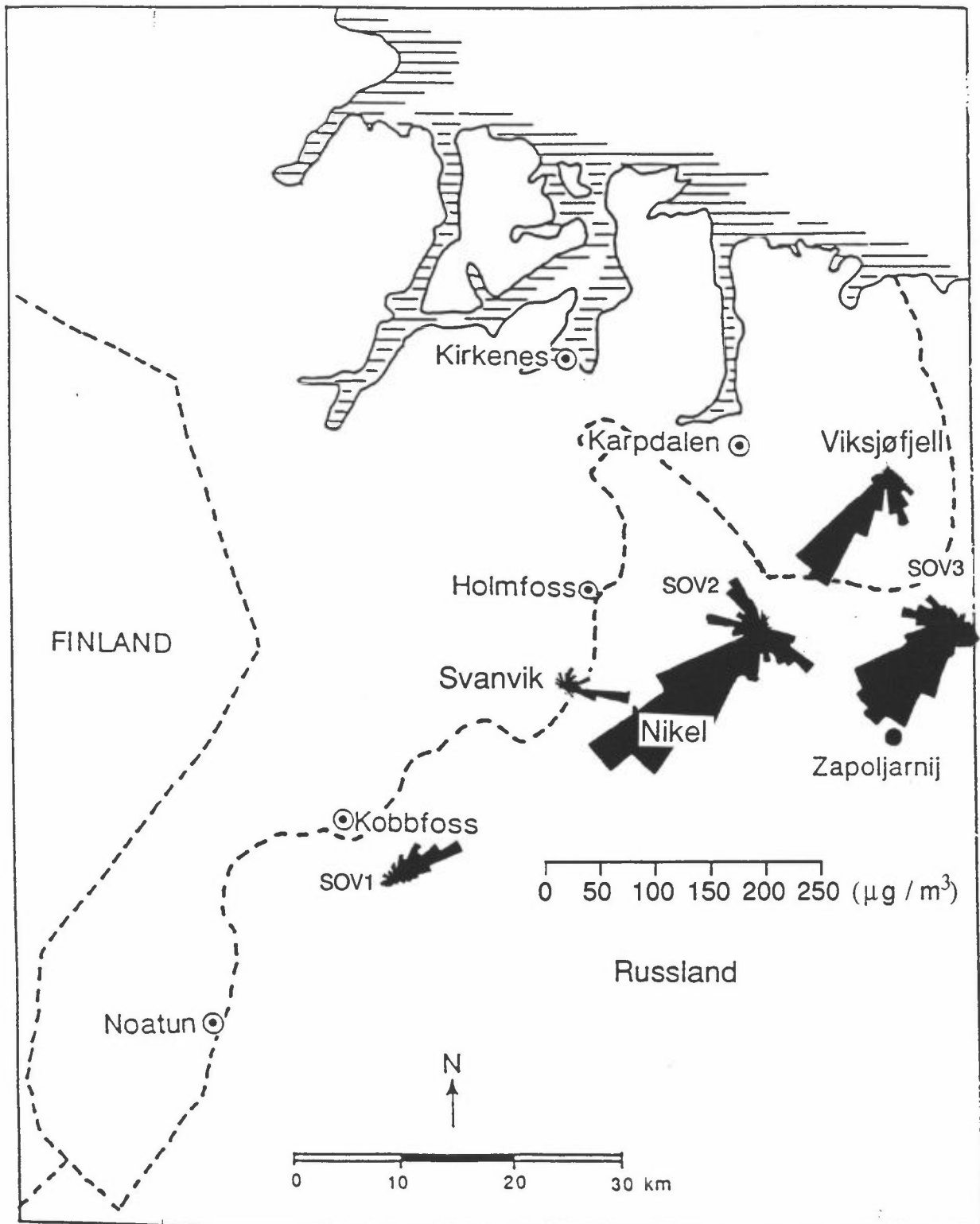


Figur 23: Timemiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  i mars 1992 på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

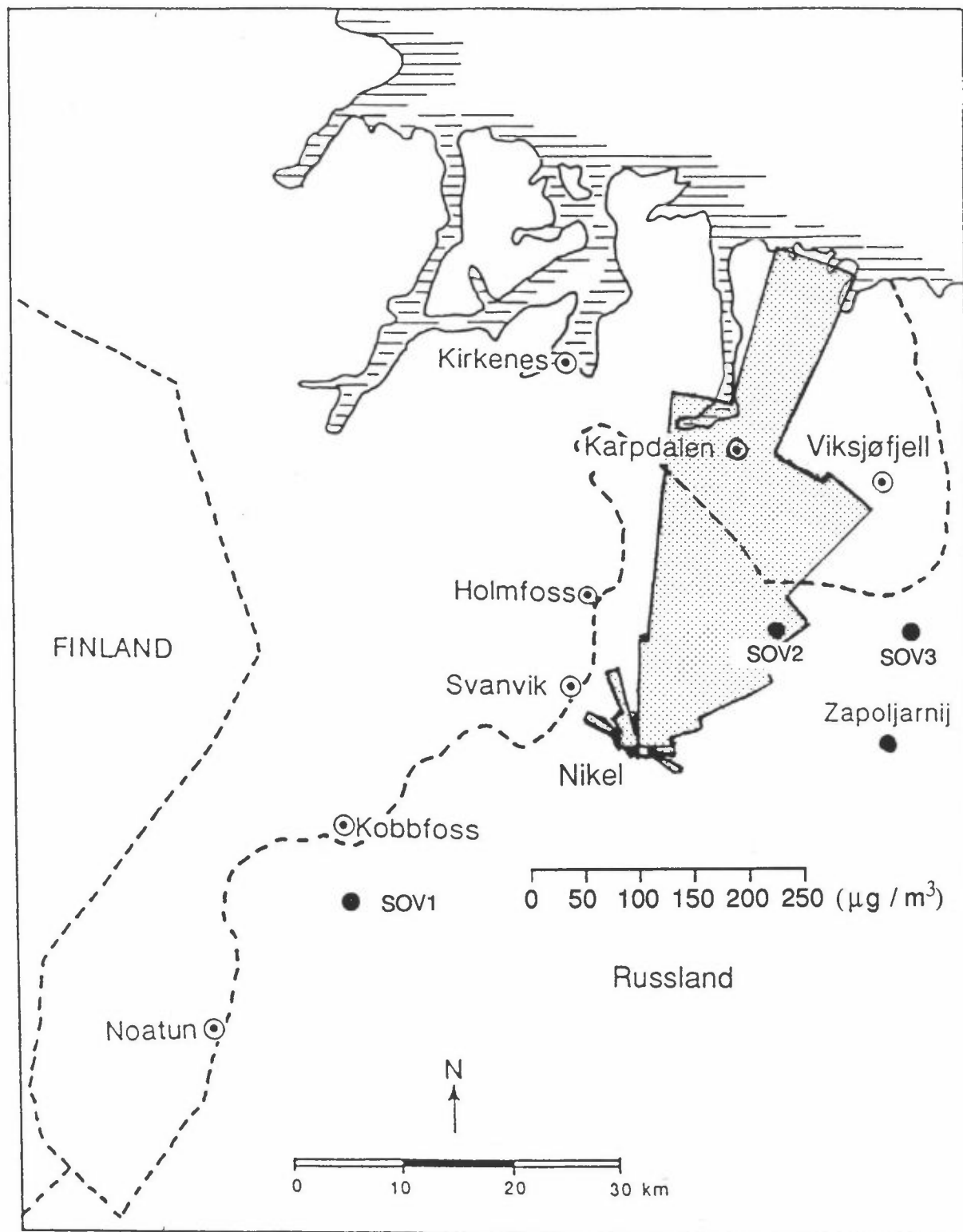
Mars 1992



Figur 24: Timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i mars 1992 på SOV 1, SOV 2 og SOV 3 (µg/m<sup>3</sup>).



Figur 25: Middelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  for Viksjøfjell, Svanvik, SOV 1, SOV 2 og SOV 3 i 36 vindsektorer i perioden oktober 1991-mars 1992 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Figur 26: Middelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> for Nickel (samme skala som i figur 25) i 36 vindsektorer i perioden oktober 1991-mars 1992 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

SOV 1 hadde de høyeste konsentrasjonene ved øst-nordøstlig vind på Svanvik ( $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved  $60^\circ$ ).

SOV 2 hadde en middelkonsentrasjon på  $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved vind fra  $230^\circ$  (målt på Viksjøfjell) og  $178 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved vind fra  $220^\circ$ . Ved disse retningene belastes stasjonen av utslippene fra Nikel.

SOV 3 viste middelkonsentrasjoner på  $109$ - $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved vind fra  $210^\circ$ - $240^\circ$ . Utslippene både fra Nikel og Zapoljarnij ser ut til å belaste stasjonen i denne sektoren.

Stasjonen i Nikel var sterkt belastet i en sektor fra nord til øst-nordøst (vind målt i Svanvik) med den høyeste middelkonsentrasjonen ved  $20^\circ$  ( $488 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Konsentrasjonene i den mest belastete sektoren var mye høyere i Nikel enn på de andre stasjonene. De høye konsentrasjonene i Nikel skyldes høyst sannsynlig de mange og store utslippene fra de lave skorsteinene. Utslippene fra de tre høyeste skorsteinene ( $150$ - $160$  m) vil sjelden eller aldri slå ned ved målestasjonen, som bare ligger  $1$  km fra bedriften.

#### 4.2.2 Svevestøv og tungmetaller

På Viksjøfjell, i Svanvik og på SOV 2 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. Middelerverdien vinteren  $1991/92$  var  $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på Viksjøfjell,  $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i Svanvik og  $8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på SOV 2, mens den norske anbefalte grenseverdien for  $6$  måneder er  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (SFT, 1992). På Viksjøfjell var middelerverdien noe lavere enn vinteren  $1990/91$ . I Svanvik og på SOV 2 er det tidligere ikke gjennomført svevestøvmålinger. De målte svevestøvverdiene var betydelig lavere enn den nye norske anbefalte grenseverdien og Verdens helseorganisasjons grenseverdi for døgnmiddelerverdi som begge er på  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for partikler med diameter under  $10 \mu\text{m}$  (SFT, 1992; WHO, 1987).

Tabell 9: Sammendrag av svevestøvmålinger med to-filter-prøvetaker på Viksjøfjell, i Svanvik og på SOV 2 i perioden oktober 1991-mars 1992 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Stasjon og måned	Finfraksjon (<2,5 $\mu\text{m}$ )			Grovfraksjon (2,5-10 $\mu\text{m}$ )			Sum (<10 $\mu\text{m}$ )			Antall døgn med målinger
	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	
<b>VIKSJØFJELL</b>										
Oktober 1991	1,3	4,8	<0,1	1,3	4,7	0,4	2,6	9,5	0,7	31
November	2,0	4,7	0,8	1,1	3,0	0,4	3,1	5,6	1,3	30
Desember	2,2	3,8	0,3	1,3	2,4	0,8	3,5	5,0	1,6	29
Januar 1992	2,6	6,3	0,8	2,0	7,4	0,2	4,6	12,8	1,0	31
Februar	2,7	5,2	0,7	1,8	2,7	1,1	4,5	6,7	2,5	29
Mars	4,6	8,0	1,2	2,1	4,1	0,5	6,7	11,5	3,2	31
Okt.91-mars 92	2,6	8,0	<0,1	1,6	7,4	0,4	4,2	12,8	0,7	181
<b>SVANVIK</b>										
Oktober 1991	(1,8)	2,5	0,9	(2,8)	7,5	1,2	(4,6)	9,7	2,8	11
November	2,6	4,6	1,3	1,5	5,1	0,6	4,1	9,7	2,2	30
Desember	2,8	5,9	0,9	2,0	3,2	0,9	4,8	9,1	2,5	31
Januar 1992	3,0	5,7	1,2	3,4	11,8	<0,1	6,4	16,1	1,5	26
Februar	2,9	6,4	1,7	2,1	3,6	0,5	5,0	8,5	2,8	29
Mars	5,5	19,0	1,5	2,0	6,6	1,0	7,5	20,1	3,3	31
Okt.91-mars 92	3,1	19,0	0,9	2,3	11,8	<0,1	5,4	20,1	1,5	158
<b>SOV 2</b>										
Oktober 1991	5,8	12,9	2,4	3,6	7,6	1,3	9,3	16,9	4,0	31
November	4,6	7,0	2,9	3,2	9,8	1,1	7,8	16,1	4,3	30
Desember	5,8	11,7	1,6	3,0	4,5	1,6	8,8	15,6	4,7	31
Januar 1992	6,5	23,8	1,9	3,2	5,7	0,7	9,8	28,4	4,7	31
Februar	4,7	12,1	0,6	3,0	3,9	0,9	7,7	15,5	3,6	29
Mars	6,4	18,1	2,6	2,9	7,0	1,0	9,2	22,4	3,6	31
Okt.91-mars 92	5,6	23,8	0,6	3,2	9,8	0,7	8,8	28,4	3,6	183

For partikler med diameter under 2,5  $\mu\text{m}$  (finfraksjon) er det i Norge nå anbefalt en grenseverdi på 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som middel over 6 måneder (SFT, 1992). Målingene i grenseområdene viste langt lavere verdier enn dette.

Tidligere er mengden av utvalgte tungmetaller bestemt i svevestøvprøver for perioden 1.1.1990-31.3.1991 på alle norske stasjoner. Bortsett fra Viksjøfjell, som hele tiden har hatt to-filter-prøvetaker, var luftvolumet i disse prøvene så lite at svevestøvmengden ikke kunne bestemmes ved veiing. Fra høsten 1991 er to-filter-prøvetaker også benyttet i Svanvik og på SOV 2.

I perioden 1.1.1990-31.3.1991 ble alle døgnprøver (2- eller 3-døgnsprøver på Viksjøfjell) hvor SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen var under 50 µg/m<sup>3</sup> analysert samlet. Analysene viste at konsentrasjonene i samleprøvene var langt lavere enn både de maksimale konsentrasjonene og middelveidene i enkeltprøvene.

For å redusere analysekostnadene og fordi de høyeste konsentrasjonene av tungmetaller er av størst interesse, er bare et utvalg av svevestøvprøvene fra Viksjøfjell, Svanvik og SOV 2 i perioden 1.10.1991-31.3.1992 (Viksjøfjell også 1.4.-30.9.1991) analysert for mengden av tungmetaller. Fra SOV 2 er alle to- eller tredøgnsprøver hvor SO<sub>2</sub> var over 60 µg/m<sup>3</sup> analysert. For Viksjøfjell er tilsvarende SO<sub>2</sub>-konsentrasjon satt til 40 µg/m<sup>3</sup> og for Svanvik til 20 µg/m<sup>3</sup>. Grunnen for å velge forskjellige SO<sub>2</sub>-grenser på stasjonene var å få et noenlunde likt antall prøver fra hver stasjon til analyse. Vanligvis er SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene høyest på SOV 2 og lavest i Svanvik. Til tross for ulik SO<sub>2</sub>-grense var det likevel langt flere prøver fra SOV 2 (41 prøver, 97 døgn) enn fra Viksjøfjell (23 prøver, 54 døgn) og Svanvik (4 prøver, 9 døgn) som ble analysert i vinterperioden 1.10.1991-31.3.1992.

Analysene omfattet tungmetallene V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd og Pb. Et sammendrag av analysene er gitt i tabell 10 (sommerhalvåret 1991) og tabell 11 (vinterhalvåret 1991/92). Tabellene viser også middel- og maksimumsverdier for Birkenes for perioden februar 1985-januar 1986. Birkenes er en bakgrunnsstasjon for Sørlandet.

Tabell 10: Konsentrasjoner av tungmetaller i svevestøv i perioden april-september 1991 (ng/m<sup>3</sup>). Konsentrasjonene av SO<sub>2</sub> og svevestøv er gitt i µg/m<sup>3</sup>. Målingene på Birkenes gjelder februar 1985-januar 1986.

Stasjon	Antall prøver/ døgn	Svevestøv	SO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
Viksjøfjell, finfraksjon	10/22	Middel	5,8	0,5	-	-	-	0,07	2,9	3,1	4,5	2,2	0,15	3,1
		Maks.	10,1	0,9	-	-	-	0,13	4,6	4,4	18,8	4,8	0,38	10,3
Viksjøfjell, grovfraksjon	10/22	Middel	3,2	0,5	-	126	0,63	16,7	12,8	12,8	3,6	1,5	0,08	1,5
		Maks.	5,1	1,4	-	210	1,27	36,1	27,8	27,8	6,1	2,0	0,16	3,5
Viksjøfjell, sum	10/22	Middel	9,0	1,0	-	~140	0,70	19,6	15,9	15,9	8,1	3,7	0,23	4,7
		Maks.	12,2	2,3	-	~230	~1,30	~39	30,2	30,2	24,9	6,8	0,49	13,8
Birkenes 1985/86	År	Middel		1,9	0,68	61	0,10	1,1	1,6	1,6	15	0,63	0,14	11
		Maks.		13	5,2	618	0,61	7,4	10	10	114	4,6	1,2	106



Tabell 11: Konsentrasjoner av tungmetaller i svevestøv i perioden oktober 1991-mars 1992 ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ). Konsentrasjonene av  $\text{SO}_2$  og svevestøv er gitt i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Målingene på Birkenes gjelder februar 1985-januar 1986.

Stasjon	Antall prøver/ døgn	Sveve- støv	$\text{SO}_2$	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
Viksjøfjell, finfraksjon	23/54	Middel Maks.	3,5	0,9	-	49	0,10	2,5	3,5	4,7	2,8	0,26	3,7	
			8,0	3,2	-	98	0,27	6,1	9,2	11,3	11,2	1,80	23,2	
Viksjøfjell, grovfraksjon	23/54	Middel Maks.	1,5	0,3	-	74	0,29	9,5	5,4	2,6	1,1	0,07	0,8	
			6,5	1,0	-	251	0,93	38,6	15,5	5,5	6,4	0,21	3,0	
Viksjøfjell, sum	23/54	Middel Maks.	5,0	1,2	-	123	0,39	12,0	8,9	7,3	3,9	0,33	4,5	
			12,8	3,6	-	298	0,98	~41	16,9	13,7	12,7	1,94	26,2	
Svanvik, finfraksjon	4/9	Middel Maks.	5,9	1,4	-	52	0,08	3,7	3,6	2,6	1,1	0,09	2,4	
			7,0	3,1	-	78	0,22	~7,8	9,6	6,6	2,3	0,24	6,3	
Svanvik, grovfraksjon	4/9	Middel Maks.	4,2	0,6	-	124	0,42	9,5	8,2	1,9	0,4	0,04	1,5	
			7,1	0,9	-	142	0,55	10,5	10,4	3,5	0,7	~0,05	2,1	
Svanvik, sum	4/9	Middel Maks.	10,1	2,0	-	176	0,50	13,2	11,8	4,5	1,5	0,13	3,9	
			12,8	3,9	-	208	0,69	18,3	20,0	10,1	~2,6	~0,29	8,4	
SOV 2, finfraksjon	41/97	Middel Maks.	6,5	2,3	-	42	0,17	3,7	6,1	7,9	5,6	0,79	6,3	
			18,1	6,9	-	133	0,56	5,9	15,0	24,1	14,6	11,2	30,5	
SOV 2, grovfraksjon	41/97	Middel Maks.	3,5	1,1	-	202	1,04	24,7	21,3	5,1	5,3	1,02	2,5	
			9,8	3,0	31,4	674	4,05	84,9	68,8	12,5	9,2	6,83	9,5	
SOV 2, sum	41/97	Middel Maks.	10,0	3,4	-	244	1,21	28,4	27,4	13,0	10,9	1,81	8,8	
			22,4	9,0	~36	738	~4,1	~88	71,3	35,3	19,7	15,1	40,0	
Birkenes 1985/86	År	Middel Maks.	1,2	1,9	0,68	61	0,10	1,1	1,6	15	0,63	0,14	11	
			27,6	13	5,2	618	0,61	7,4	10	114	4,6	1,2	106	

Bortsett fra noen få prøver på SOV 2 var konsentrasjonen av Cr og Mn under deteksjonsgrensene på henholdsvis 5-8 ng/m<sup>3</sup> og 2-3 ng/m<sup>3</sup> (de laveste deteksjonsgrensene gjelder for tre-døgnsprøver og de høyeste for to-døgnsprøver).

Tabell 10 og 11 viser at for de analyserte prøvene hadde SOV 2 både de høyeste middelveidene og de høyeste to- eller tredøgns middelveidene, mens det ikke var noen vesentlig forskjell mellom Svanvik og Viksjøfjell. De stoffene som viste de høyeste middel- og maksimumskonsentrasjonene i forhold til konsentrasjonene i bakgrunnsområder, var Co, Ni, Cu og As, som alle regnes som sporelementer fra de russiske nikkelverkene.

For å beregne middelveidier av tungmetaller for hele vinterhalvåret 1991/92, trengs det informasjon om konsentrasjonene for de prøvene som ikke er analysert. På SOV 2 er 47% av prøvene ikke analysert, mens tilsvarende for Viksjøfjell og Svanvik er henholdsvis 70% og 95%. I perioden 1.1.1990-31.3.1991 ble svevestøvprøver fra blant annet Viksjøfjell og Svanvik også analysert for dager med SO<sub>2</sub> under 50 µg/m<sup>3</sup> (enkelte måneder under 20 µg/m<sup>3</sup> på Viksjøfjell). Det antas at disse målingene gir representative verdier også for de prøvene som ikke er analysert i vinterhalvåret 1991/92. For SOV 2 finnes ikke "bakgrunnskonsentrasjoner" fra tidligere, og det er derfor valgt å bruke tidligere resultater fra Viksjøfjell også her, dog multiplisert med en faktor 1,5. Grunnen til denne justeringen er at alle prøver med SO<sub>2</sub> under 60 µg/m<sup>3</sup> på SOV 2 ikke er analysert, mens bare prøver under 40 µg/m<sup>3</sup> fra Viksjøfjell ikke er analysert. Det er derfor trolig at de ikke-analyserte prøvene fra SOV 2 har litt høyere konsentrasjoner enn de ikke-analyserte prøvene fra Viksjøfjell. Denne måten å beregne halvårsmiddelkonsentrasjonen på gir selvfølgelig litt usikre resultater, men usikkerheten er neppe mer enn 10-20%.

De beregnede halvårsmiddelveidene av tungmetallene V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd og Pb er gitt i tabell 12 sammen med måleresultater for SO<sub>2</sub> og svevestøv. Til sammenligning er det også gitt årsmiddelveidier for bakgrunnsstasjonen Birkenes fra

1985/86. Tabellen viser at SOV 2 hadde de høyeste konsentrasjonene av alle tungmetallene, men konsentrasjonene av V, Zn og Pb var lavere eller sammenliknbare med Birkenes. Konsentrasjonene av Ni, Cu, As og Co var mest forhøyet i forhold til Birkenes. Av de norske stasjonene var Viksjøfjell mest belastet, men middelkonsentrasjonene av de viktigste tungmetallene var bare 25-50% av konsentrasjonene på SOV 2.

Tabell 12: Beregnete middelkonsentrasjoner av tungmetaller i svevestøv for perioden oktober 1991-mars 1992 ( $\text{ng/m}^3$ ). Målte konsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  og svevestøv er i  $\mu\text{g/m}^3$ . Målingene på Birkenes gjelder februar 1985-januar 1986.

Stoff	Enhet	SOV 2	Viksjøfjell	Svanvik	Birkenes 1985/1986
$\text{SO}_2$	$\mu\text{g/m}^3$	81	36	4	1,2
Svevestøv	$\mu\text{g/m}^3$	8,8	4,2	5,4	-
V	$\text{ng/m}^3$	2,2	0,7	0,5	1,9
Fe	$\text{ng/m}^3$	170	70	30	61
Co	$\text{ng/m}^3$	0,7	0,2	0,1	0,10
Ni	$\text{ng/m}^3$	18	6	2	1,1
Cu	$\text{ng/m}^3$	17	5	2	1,6
Zn	$\text{ng/m}^3$	10	5	7	15
As	$\text{ng/m}^3$	6	1,4	0,3	0,63
Cd	$\text{ng/m}^3$	1,0	0,16	0,12	0,14
Pb	$\text{ng/m}^3$	5,5	2,2	1,4	11

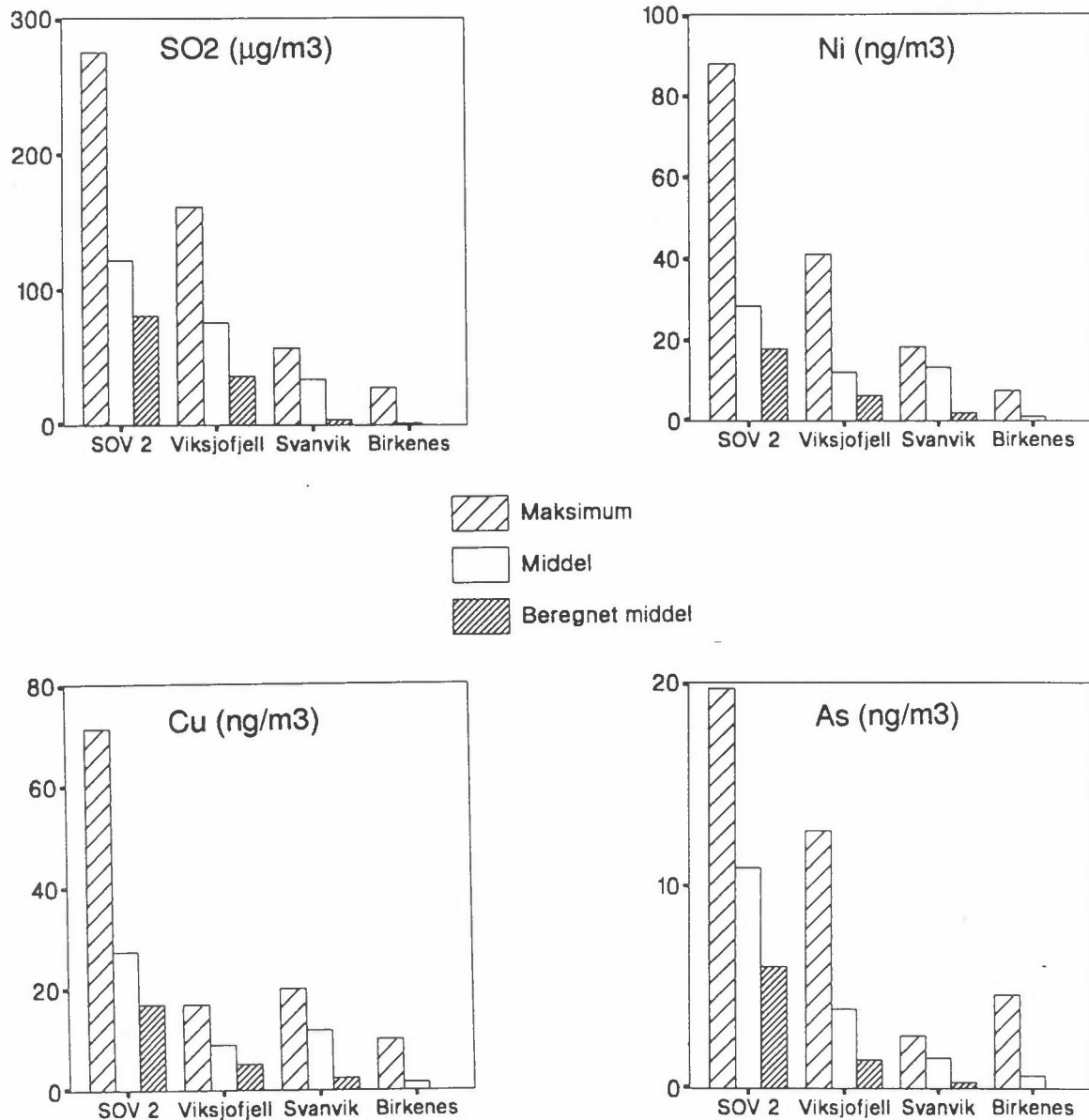
Sammenliknet med perioden 1.1.1990-31.3.1991 var middelkonsentrasjonene i vinterhalvåret 1991/92 omtrent halvert på Viksjøfjell og i Svanvik for de fleste tungmetallene. For  $\text{SO}_2$  var forskjellen mindre på Viksjøfjell og større i Svanvik.

I figur 27 er det vist et visuelt bilde av konsentrasjoner av  $\text{SO}_2$ , Ni, Cu og As på SOV 2, Viksjøfjell og i Svanvik i vinterhalvåret 1991/92. Figuren viser maksimalkonsentrasjoner (2 eller 3 døgn), middelverdier for de analyserte prøvene og beregnede halvårsmiddelverdier. For disse stoffene var konsentrasjonene langt høyere enn på bakgrunnsstasjonen Birkenes og høyere på SOV 2 enn på Viksjøfjell og i Svanvik.

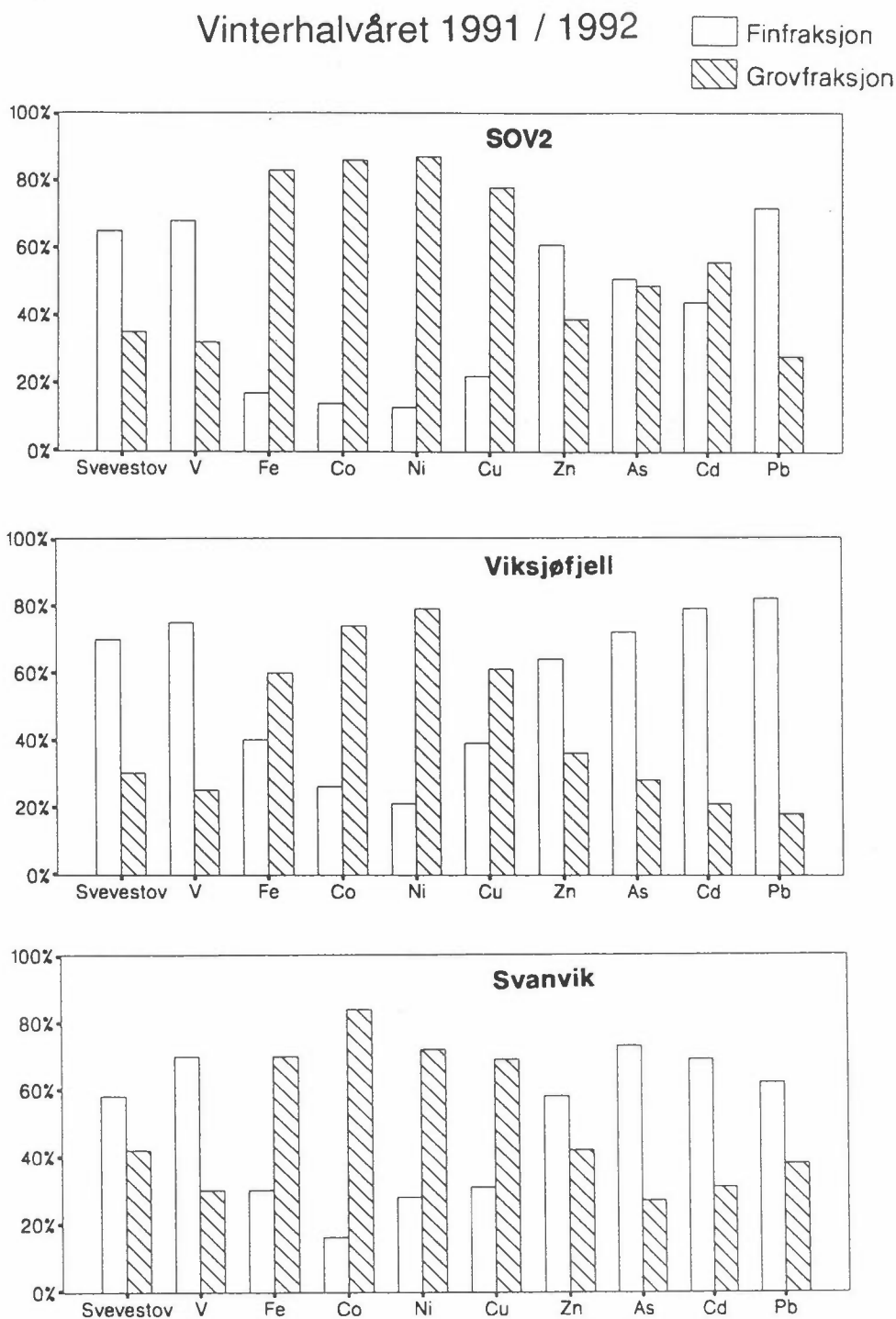
Figur 28 viser hvordan de ulike tungmetallene fordelte seg i de to størrelsesfraksjonene av støvpartikler på SOV 2, Viksjøfjell og i Svanvik. Verdiene representerer prosentandel i hver fraksjon ut fra middelkonsentrasjonen i de prøvene som faktisk er analysert, dvs. de mest belastede prøvene.

Av den totale svevestøvmengden var det på alle stasjonene mest støv i finfraksjonen ( $<2,5 \mu\text{m}$ ) og mindre i grovfraksjonen ( $2,5-10 \mu\text{m}$ ). De forskjellige tungmetallene fordelte seg ulikt mellom de to fraksjonene. Det var mest av V, Zn, As, Cd (unntatt SOV 2) og Pb i finfraksjonen, mens den største andelen av Fe, Co, Ni og Cu var i grovfraksjonen. Den samme fordelingen var det i prøvene fra Viksjøfjell i perioden januar 1990-mars 1991.

## Vinterhalvåret 1991 / 1992



Figur 27: Maksimumsverdier og middelværdier av analyserte svevestøvprøver og beregnede halvårsmiddelværdier av SO<sub>2</sub>, Ni, Cu og As for perioden oktober 1991-mars 1992. Verdiene er gitt i ng/m<sup>3</sup>, bortsett fra SO<sub>2</sub> som er i µg/m<sup>3</sup>.



Figur 28: Andel av konsentrasjoner av svevestøv og tungmetaller i to størrelsesfraksjoner av svevestøvparkler på SOV 2, Viksjøfjell og i Svanvik i perioden oktober 1991-mars 1992.

#### 4.3 NEDBØRKVALITET

Nedbørkvalitet er målt på tre stasjoner på norsk side i vinterhalvåret 1991/92, Karpdalen, Svanvik og Noatun. Prøvene tas over en uke med skifte hver mandag. Dessuten skiftes det på den første i hver måned. Et sammendrag av resultatene fra Karpdalen, Svanvik og Noatun for 4. kvartal 1991 og 1. kvartal 1992 er vist i tabellene 13-18. I Svanvik og på Noatun har nedbørmålingene pågått siden starten på måleprogrammet høsten 1988. Stasjonen i Karpdalen erstattet Dalelva ved Jarfjorden fra 1.1.1991.

Både i 4. kvartal 1991 og i 1. kvartal 1992 var det mest nedbør i Karpdalen og minst nedbør på Noatun. pH-verdiene var lavest i Karpdalen i 4. kvartal 1991 og lavest på Noatun i 1. kvartal 1992. I forhold til 4. kvartal 1990 var det omtrent samme pH-verdi både i Svanvik og på Noatun i 4. kvartal 1991. Karpdalen hadde høyere pH-verdi i 1. kvartal 1992 enn 1. kvartal 1991, mens Noatun hadde lavere pH-verdi i 1. kvartal 1992.

Konsentrasjonene av Cl, Mg og Na var betydelig høyere i Karpdalen enn i Svanvik og på Noatun. Karpdalen er tydelig mest påvirket av sjøsalt. Forholdet mellom komponentene var imidlertid omtrent slik en finner det i sjøsalt også i Svanvik og på Noatun.

Komponentene  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , Ca og K viste små forskjeller i konsentrasjoner mellom stasjonene. Ingen av komponentene viste høye verdier i forhold til tidligere målinger.

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 0,8-2,7  $\mu\text{g/l}$  i Sør-Varanger i 4. kvartal 1991 og 1. kvartal 1992 var noe lavere enn det en vanligvis finner på Østlandet og Sørlandet (SFT, 1991). Konsentrasjonene av Cd var lave og ned mot det en finner ellers i landet. Konsentrasjonene av sink var mellom 2,0  $\mu\text{g/l}$  i Svanvik i 1. kvartal 1992 og

Tabell 13: Ukeverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 4. kvartal 1991 i Karpdalen.

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
01.-07.10.	15,7	32	4,30	3,4	2,4	0,14	0,6	0,1	<0,1	0,2	1,4	0,3	<0,1	7	1	1	<0,1	<0,1	<0,5
07.-14.10.	6,8	28	4,42	4,1	0,7	0,06	1,5	0,3	0,7	0,1	0,5	9,5	0,2	10	1	5	<0,1	<0,1	1,9
14-21.10.	26,9	42	4,23	4,6	4,8	0,30	0,7	0,2	0,3	0,1	2,6	5,1	0,1	3	2	5	1,3	<0,1	<0,5
21.-28.10.	2,5	23	4,89	2,5	3,0	0,21	0,9	0,1	0,6	0,4	1,7	5,7	0,1	3	3	5	0,8	<0,1	0,7
28.10.-01.11.	0,0																		
01.-04.11.	13,2	10	4,97	0,6	1,1	0,06	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	3,3	<0,1	5	3	4	0,3	<0,1	<0,5
04.-11.11.	15,9	11	4,75	1,1	0,7	0,05	0,6	<0,1	<0,1	0,1	0,3	1,0	<0,1	2	3	4	0,3	<0,1	<0,5
11.-18.11.	4,3	47	4,43	3,3	7,9	0,49	1,7	0,1	0,3	0,7	4,7	0,5	<0,1	1	<1	2	<0,1	<0,1	<0,5
18.-25.11.	13,9	13	4,97	0,7	2,3	0,13	0,3	<0,1	<0,1	0,1	1,2	0,4	<0,1	2	1	2	<0,1	<0,1	<0,5
25.11.-01.12.	6,1	20	4,56	1,3	2,0	0,12	1,7	0,2	<0,1	0,2	1,1	0,8	<0,1	1	4	7	0,5	<0,1	<0,5
01.-02.12.	0,5	31	6,47									1,3	<0,1	11	4	6	<0,1	<0,1	0,9
02.-09.12.	12,4	18	4,61	1,1	1,9	0,12	0,8	<0,1	<0,1	0,1	1,0	1,4	<0,1	2	2	3	0,3	<0,1	<0,5
09.-16.12.	5,9	50	4,90	3,0	9,9	0,70	1,6	0,6	0,3	0,4	5,9	2,7	0,1	15	2	8	<0,1	<0,1	0,9
16.-23.12.	3,8	31	4,51	1,5	4,9	0,32	2,1	0,1	0,1	0,2	2,7	5,8	0,2	11	4	10	1,3	<0,1	1,3
23.-30.12.	4,0	66	5,30	3,4	16,2	1,08	0,6	0,3	0,5	0,9	9,5	2,1	0,1	18	5	13	0,8	<0,1	0,8
30.12-01.01.	0,6	55	6,21																
Middel/sum*	132,5*	27	4,51	2,4	3,4	0,22	0,8	0,1	0,2	0,2	1,9	2,7	<0,1	4,2	2,1	4,3	0,5	<0,1	<0,5



Tabell 14: Ukeverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 4. kvartal 1991 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
01.- 07.10.	12,4	12	4,77	1,2	0,5	0,05	0,8	0,3	<0,1	<0,1	0,2	0,4	<0,1	7	5	8	0,6	<0,1	<0,5
07.- 14.10.	8,3	15	4,68	2,2	0,5	0,04	0,8	0,4	0,1	<0,1	0,3	1,2	<0,1	3	2	3	0,4	<0,1	<0,5
14.- 21.10.	30,4	24	4,53	2,1	1,3	0,09	0,7	0,2	<0,1	<0,1	0,6	1,4	<0,1	1	3	4	0,7	<0,1	<0,5
21.- 28.10.	0,6	16	6,45																
28.10.- 01.11.	0,0																		
01.- 04.11.	12,5	18	4,52	1,1	0,5	0,03	1,5	0,2	<0,1	<0,1	0,3	0,9	<0,1	1	2	4	0,7	<0,1	<0,5
04.- 11.11.	6,4	17	4,65	1,8	1,4	0,09	1,1	0,3	<0,1	<0,1	0,7	2,1	0,1	3	7	16	2,6	0,1	<0,5
11.- 18.11.	1,9	31	4,65	2,3	4,8	0,26	2,3	0,6	0,2	0,2	2,4	1,9	<0,1	3	6	14	1,2	0,1	<0,5
18.- 25.11.	3,1	11	5,12	1,0	1,6	0,11	0,4	0,3	0,1	<0,1	0,8	0,6	<0,1	1	5	10	0,8	<0,1	<0,5
25.11.- 01.12.	8,6	13	4,66	0,8	0,6	0,05	1,4	0,2	<0,1	<0,1	0,3	0,5	<0,1	1	2	6	0,4	<0,1	<0,5
01.- 02.12.	0,0																		
02.- 09.12.	11,1	18	4,81	1,2	2,2	0,14	0,9	0,2	0,1	0,6	1,0	1,3	0,2	2	10	21	1,7	0,2	<0,5
09.- 16.12.	3,8	38	4,60	2,0	6,3	0,46	2,4	0,6	0,2	0,1	3,7	1,1	<0,1	2	3	4	0,8	<0,1	<0,5
16.- 23.12.	7,5	17	4,66	0,8	1,6	0,12	1,6	0,1	<0,1	<0,1	0,9	0,5	<0,1	1	2	2	0,7	<0,1	<0,5
23.- 30.12.	1,3	38	4,90	2,9	7,4	0,54	1,6	0,8	0,3	0,2	4,4								
30.12- 01.01.	1,9	89	4,86	4,2	23,3	1,53	0,7	0,4	0,6	0,5	13,4	0,7	<0,1	1	2	2	0,7	<0,1	<0,5
Middel/ sum*	109,8*	20	4,67	1,6	1,8	0,12	1,1	0,3	<0,1	<0,1	1,0	1,1	<0,1	2,1	3,9	7,2	0,9	<0,1	<0,5

Tabell 15: Ukeverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 4. kvartal 1991 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
01.-07.10.	9,6	10	4,71	0,9	0,1	0,03	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	<1	3	3	<0,1	<0,1	<0,5
07.-14.10.	9,6	13	5,71	2,0	0,6	0,14	0,4	<0,1	0,5	2,1	0,4	1,2	<0,1	9	3	3	0,2	0,1	0,5
14-21.10.	27,1	13	4,77	1,7	0,5	0,06	0,6	0,3	0,2	0,3	0,3	1,5	<0,1	5	<1	14	0,3	<0,1	<0,5
21.-28.10.	1,9	20	5,83	1,3	3,0	0,21	0,8	0,3	0,4	2,2	1,5								
28.10.-01.11.	0,0																		
01.-04.11.	9,9	14	4,83	1,7	0,8	0,07	1,2	0,3	0,2	0,7	0,4	1,1	<0,1	5	<1	4	<0,1	<0,1	<0,5
04.-11.11.	8,8	19	4,42	1,7	0,5	0,03	1,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,8	<0,1	3	<1	3	0,3	<0,1	0,6
11.-18.11.	2,2	22	5,15	2,3	2,7		2,1					0,9	0,1	7	2	5	0,6	<0,1	0,6
18.-25.11.	3,5	18	5,89	1,1	2,6	0,12	0,4	0,7	0,1	1,4	1,4	0,4	<0,1	5	<1	3	<0,1	<0,1	<0,5
25.11.-01.12.	9,9	14	4,67	0,8	0,5	0,07	1,4	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	<0,1	3	<1	1	<0,1	<0,1	<0,5
01.-02.12.	2,2	36	6,25	2,1	4,2	0,31	1,5	2,5	0,4	2,7	2,3	1,0	0,2	28	2	16	0,1	<0,1	<0,5
02.-09.12.	7,0	13	5,21	1,0	1,6	0,19	1,0	0,2	0,3	0,4	0,9	1,2	<0,1	7	<1	4	0,5	<0,1	<0,5
09.-16.12.	3,4	29	4,50	1,4	3,9	0,24	3,0	0,2	0,2	1,0	1,8	0,9	0,2	17	<1	5	0,3	<0,1	<0,5
16.-23.12.	6,7	12	4,61	0,3	0,3	0,03	2,0	<0,1	<0,1	0,1	0,2								
23.-30.12.	0,0																		
30.12-01.01.	1,3	60	5,40									2,0	0,2	120	5	9	0,2	<0,1	0,6
Middel/sum*	103,1*	15	4,78	1,4	0,9	0,09	1,0	0,2	0,2	0,6	0,5	1,0	<0,1	7,2	0,8	6,6	0,2	<0,1	<0,5

Tabell 16: Ukeverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 1. kvartal 1992 i Karpdalen.

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
01.-06.01.	8,4	14	4,91	1,3	1,8	0,11	0,5	0,1	0,2	0,3	1,0	1,2	0,4	2	2	<1	0,5	<0,1	<0,5
06.-13.01.	4,8	32	5,48	2,3	6,8	0,40	0,8	0,5	0,3	0,6	3,9	1,7	<0,1	5	2	5	0,3	<0,1	5,4
13-20.01.	7,9	27	4,83	2,3	4,8	0,29	0,6	0,5	0,2	0,2	2,5	1,7	<0,1	3	1	<1	1,6	<0,1	1,8
20.-27.01.	4,8	60	4,65	2,8	14,9	0,86	0,9	0,1	0,4	0,4	7,3	2,7	0,3	5	8	5	<0,1	<0,1	5,5
27.01.-01.02.	10,4	55	5,54	2,7	14,2	0,89	0,4	0,2	0,5	0,7	7,5	0,6	0,3	3	3	<1	0,6	<0,1	1,8
01.-03.02.	3,8	6	5,41	0,5	0,6	0,04	0,4	<0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	2	2	1	2,0	<0,1	<0,5
03.-10.02.	0,3	134																	
10.-17.02.	22,3	31	4,57	2,3	5,2	0,36	0,4	0,5	0,2	0,2	2,6	2,0	0,1	4	1	1	0,4	<0,1	4,7
17.-24.02.	4,8	74	4,41	5,6	15,0	0,93	0,6	0,3	0,6	0,5	8,4								
24.02.-01.03.	1,2	30	5,67	3,5	4,0	0,35	1,3	0,9	0,6	0,7	2,2								
01.-02.03.	0,2	99																	
02.-09.03.	1,7	110	3,95	12,8	10,7	0,81	5,0	1,5	1,3	1,2	5,7	7,1	0,8	9	7	10	2,8	0,1	7,8
09.-16.03.	0,0																		
16.-23.03.	3,6	49	4,19	5,2	2,8	0,22	2,7	0,4	0,5	0,5	1,5	3,2	0,8	8	4	5	1,7	<0,1	<0,5
23.-30.03.	1,6	41	4,46	2,1	4,4	0,37	2,1	0,6	0,6	0,6	2,6	8,9	<0,1	12	7	19	0,5	0,3	3,9
30.03-01.04.	0,9	175	4,51																
Middel/sum*	76,7*	40	4,66	2,8	7,1	0,46	0,8	0,4	0,3	0,4	3,7	1,9	0,2	4,0	2,5	2,0	0,8	<0,1	3,0

Tabell 17: Ukeverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 1. kvartal 1992 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
01.-06.01.	2,2	10	5,33	0,7	1,1	0,07	0,8	0,3	<0,1	<0,1	0,6	0,3	<0,1	2	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,5
06.-13.01.	12,4	11	4,83	0,7	1,1	0,07	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	0,5	0,1	2	1	<1	0,4	<0,1	<0,5
13-20.01.	3,7	20	4,74	1,4	3,2	0,18	0,5	0,3	<0,1	<0,1	1,6	1,2	0,4	3	<1	1	0,2	<0,1	0,6
20.-27.01.	2,6	49	4,97	2,3	12,7	0,73	1,0	0,6	0,3	0,2	5,8	0,4	0,2	2	2	1	<0,1	<0,1	2,9
27.01.-01.02.	5,2	31	5,26	1,7	7,1	0,47	0,7	0,5	0,2	0,2	3,8	0,2	0,5	2	<1	<1	0,8	<0,1	<0,5
01.-03.02.	0,0																		
03.-10.02.	3,7	17	5,05	1,3	2,5	0,19	0,7	0,4	0,1	<0,1	1,3	0,5	0,6	2	1	1	<0,1	<0,1	1,2
10.-17.02.	23,9	18	4,70	1,3	2,5	0,18	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	1,3	0,4	0,2	1	<1	<1	<0,1	<0,1	1,8
17.-24.02.	5,0	32	4,66	2,3	5,7	0,42	0,4	0,2	0,2	0,1	3,0	1,4	0,4	2	1	1	1,9	<0,1	1,2
24.02.-01.03.	2,3	14	4,93	1,1	1,3	0,10	0,8	0,4	<0,1	<0,1	0,7	0,7	<0,1	2	1	1	<0,1	0,1	<0,5
01.-02.03.	0,1																		
02.-09.03.	1,3	111	4,08									2,3	<0,1	7	22	25	1,2	0,6	1,2
09.-16.03.	1,0	32	4,36									13,6	0,4	12	15	23	2,4	0,2	<0,5
16.-23.03.	1,9	29	4,48	2,7	1,4	0,11	2,9	1,1	0,1	0,1	0,7	1,3	0,3	5	6	8	<0,1	0,2	<0,5
23.-30.03.	0,3	40																	
30.03-01.04.	0,0																		
Middel/sum*	65,6*	22	4,74	1,4	3,2	0,22	0,5	0,2	<0,1	<0,1	1,6	0,8	0,2	2,0	1,3	1,3	0,4	<0,1	1,0

Tabell 18: Ukeverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i 1. kvartal 1992 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
01. - 06.01.	3,2	17	4,53	1,5	0,8	0,08	1,2	<0,1	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	5	1	<1	<0,1	<0,1	1,0
06. - 13.01.	6,4	25	4,30	2,4	0,7	0,04	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	0,8	0,6	10	1	4	1,4	<0,1	<0,5
13. - 20.01.	1,3	15	5,14	1,0	2,6	0,20	0,8	<0,1	0,2	0,3	1,5	0,6	0,3	11	1	5	<0,1	<0,1	2,5
20. - 27.01.	0,5	125	4,12									2,8	0,1	16		4	0,2	0,1	1,8
27.01. - 01.02.	4,0	29	4,79	2,0	6,3	0,36	1,2	0,2	0,3	0,6	2,9	0,6	<0,1	8	2	2	1,6	<0,1	<0,5
01. - 03.02.	0,0																		
03. - 10.02.	2,5	20	4,61	2,0	2,0	0,15	0,7	<0,1	0,2	0,2	1,1	0,6	0,5	8	1	2	<0,1	0,3	0,6
10. - 17.02.	3,2	25	4,55	1,7	3,1	0,23	0,9	<0,1	0,2	0,1	1,6	1,1	0,5	5	1	2	<0,1	<0,1	2,8
17. - 24.02.	1,6	34	4,65	3,7	4,9	0,37	0,8	0,4	0,3	0,5	2,7								
24.02. - 01.03.	2,9	15	4,69	0,7	1,4	0,10	0,7	<0,1	0,1	0,1	0,7	0,9	0,2	9	2	5	<0,1	<0,1	<0,5
01. - 02.03.	0,0																		
02. - 09.03.	2,0	82	4,04	9,5	4,9	0,51	4,3	0,9	0,8	0,6	3,0	2,5	<0,1	11	1	10	<0,1	<0,1	1,8
09. - 16.03.	2,9	33	4,28	2,8	0,8	0,07	3,2	0,6	0,1	0,2	0,6	1,6	0,4	15	1	7	<0,1	<0,1	0,6
16. - 23.03.	6,4	44	4,02	5,2	0,3	0,04	1,2	0,2	<0,1	<0,1	0,2	0,9	0,2	7	<1	4	<0,1	<0,1	<0,5
23. - 30.03.	0,2	53	4,35																
30.03. - 01.04.	0,3	53	4,35																
Middel/sum *	37,4*	32	4,33	3,0	2,1	0,16	1,3	0,2	0,2	0,2	1,1	0,9	0,3	8,7	1,0	3,8	0,4	<0,1	0,7

8,7 µg/l på Noatun også i 1. kvartal 1992. Konsentrasjonene er omtrent som på Østlandet og Sørlandet, men høyere enn ellers i landet.

Ni, Cu og As regnes som sporelementer fra de russiske nikkelverkene. I tillegg til utvasking med nedbør må en regne med at noe kommer ned i prøvetakerne ved tørravsetning. Målingene viste at de høyeste kvartalsmiddelkonsentrasjonene av både Ni, Cu og As ble målt i Svanvik i 4. kvartal 1991. For alle tre stasjonene og begge kvartalene varierte nikkelkonsentrasjonene fra 0,8 µg/l til 3,9 µg/l, kopperkonsentrasjonene fra 1,3 µg/l til 7,2 µg/l og arsenkonsentrasjonene fra 0,2 µg/l til 0,9 µg/l i de to kvartalene. Sammenliknet med vinterhalvåret 1990/91 hadde alle de tre stasjonene lavere konsentrasjoner av både Ni, Cu og As i vinterhalvåret 1991/92. Det ser ut til at konsentrasjonene var redusert om lag med en faktor tre fra foregående vinter, dvs. omtrent eller vel så mye som tungmetallkonsentrasjonene i luft.

Det er også beregnet avsetning med nedbøren av de forskjellige elementene for de to stasjonene i 4. kvartal 1991 og 1. kvartal 1992. Resultatene er vist i tabell 19. For sjøsaltkomponentene var våtavsetningen større i Karpdalen enn i Svanvik og på Noatun. For tungmetallene Ni, Cu og As, hvis hovedkilder antas å være de russiske nikkelverkene, kan deler av nedfallet i nedbørprøvetakerne 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 tendens til forhøyede verdier ved lite nedbør (<10-15 mm pr. uke) og lave konsentrasjoner ved mye nedbør. Selv om konsentrasjonen av hovedkomponenter og tungmetaller i nedbøren var lavere vinteren 1991/92 enn vinteren 1990/91, var våtavsetningen av hovedkomponenter høyere og våtavsetningen av tungmetaller omtrent den samme fordi nedbørmengden var vesentlig høyere vinteren 1991/92 enn vinteren 1990/91.

Tabell 19: Avsetning av elementer med nedbør i 4. kvartal 1991 og 1. kvartal 1992 (mg/m<sup>2</sup>), samt totalt for vinterhalvårene 1988/89, 1989/90, 1990/91 og 1991/92 (mg/m<sup>2</sup>).

Periode	4. kvartal 1991			1. kvartal 1992			1.10.1991-31.3.1992		
	Karp-dalen	Svan-vik	Noa-tun	Karp-dalen	Svan-vik	Noa-tun	Karp-dalen	Svan-vik	Noa-tun
SO <sub>4</sub>	310	170	140	210	92	110	520	262	250
Cl	450	200	92	540	210	79	990	410	171
Mg	29	13	9	35	14	6	64	27	15
NO <sub>3</sub>	100	120	100	61	33	49	161	153	149
NH <sub>4</sub>	13	33	20	30	13	7	43	46	27
Ca	26	<11	20	23	<6	7	49	<17	27
K	26	<11	61	30	<6	7	56	<17	68
Na	250	110	51	280	100	41	530	210	92
Pb	0,36	0,12	0,10	0,15	0,05	0,03	0,51	0,17	0,13
Cd	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	0,01	~0,02	~0,01	~0,01
Zn	0,56	0,23	0,74	0,31	0,13	0,33	0,87	0,36	1,07
Ni	0,28	0,43	0,08	0,19	0,09	0,04	0,47	0,52	0,12
Cu	0,57	0,79	0,68	0,15	0,09	0,14	0,72	0,88	0,82
As	0,07	0,10	0,02	0,06	0,03	0,01	0,13	0,36	0,03
Co	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	~0,01	~0,01	~0,01
Cr	<0,07	<0,05	<0,05	0,23	0,06	0,03	~0,27	~0,09	~0,06

Periode	1.10.1990-31.3.1991		1.10.1989-31.3.1990			1.10.1988-31.3.1989		
	Svanvik	Noatun	Dal-elva	Svan-vik	Noa-tun	Dal-elva	Svan-vik	Noa-tun
SO <sub>4</sub>	116	114	530	201	161	410	168	126
Cl	205	153	930	360	265	1600	504	289
Mg	16	13	65	26	20	111	37	22
NO <sub>3</sub>	79	96	205	117	131	147	83	87
NH <sub>4</sub>	14	13	37	17	14	41	21	12
Ca	9	35	45	17	21	65	33	23
K	<9	36	46	12	25	49	14	23
Na	113	86	529	156	146	880	294	164
Pb	0,18	0,23	0,63	0,14	0,21	0,61	0,38	0,22
Cd	~0,02	0,02	0,06	~0,02	0,02	0,07	~0,02	0,03
Zn	0,62	2,12	3,00	0,61	1,72	3,70	1,05	1,82
Ni	1,02	0,31	2,97	0,64	0,36	1,62	1,13	0,21
Cu	1,67	0,66	2,88	1,43	0,87	1,50	1,32	0,68
As	0,18	0,05	0,39	0,16	0,07	0,18	0,14	0,10
Co	0,04	<0,02	0,11	0,02	0,03	-	-	-
Cr	~0,02	0,05	0,22	0,05	0,09	-	-	-

#### 4.4 ANALYSER AV SNØPRØVER

I mars/april 1991 ble det samlet inn til sammen 43 snøprøver for analyse. Prøvene er tatt med snøprofilrør med diameter 80 mm og høyde 600 mm. På hvert prøvested er det tatt 180 cm, tilsvarende 9 liter snø, uavhengig av snødybden på stedet. Lokaliseringen av de 43 prøvestedene er vist på kartet i figur 29. Prøvene 1-20 fra Sør-Varanger er tatt på de samme stedene som i april 1990 og mars/april 1991. Det ble i tillegg tatt 13 prøver på Ifjordfjellet og 5 prøver på Varangerhalvøya, på samme steder som i mars/april 1991. Resultater av de kjemiske analysene av de 25 snøprøvene fra Sør-Varanger er gitt i tabell 20, og resultatene av de kjemiske analysene av prøvene fra Ifjordfjellet og Varangerhalvøya er gitt i tabell 21.

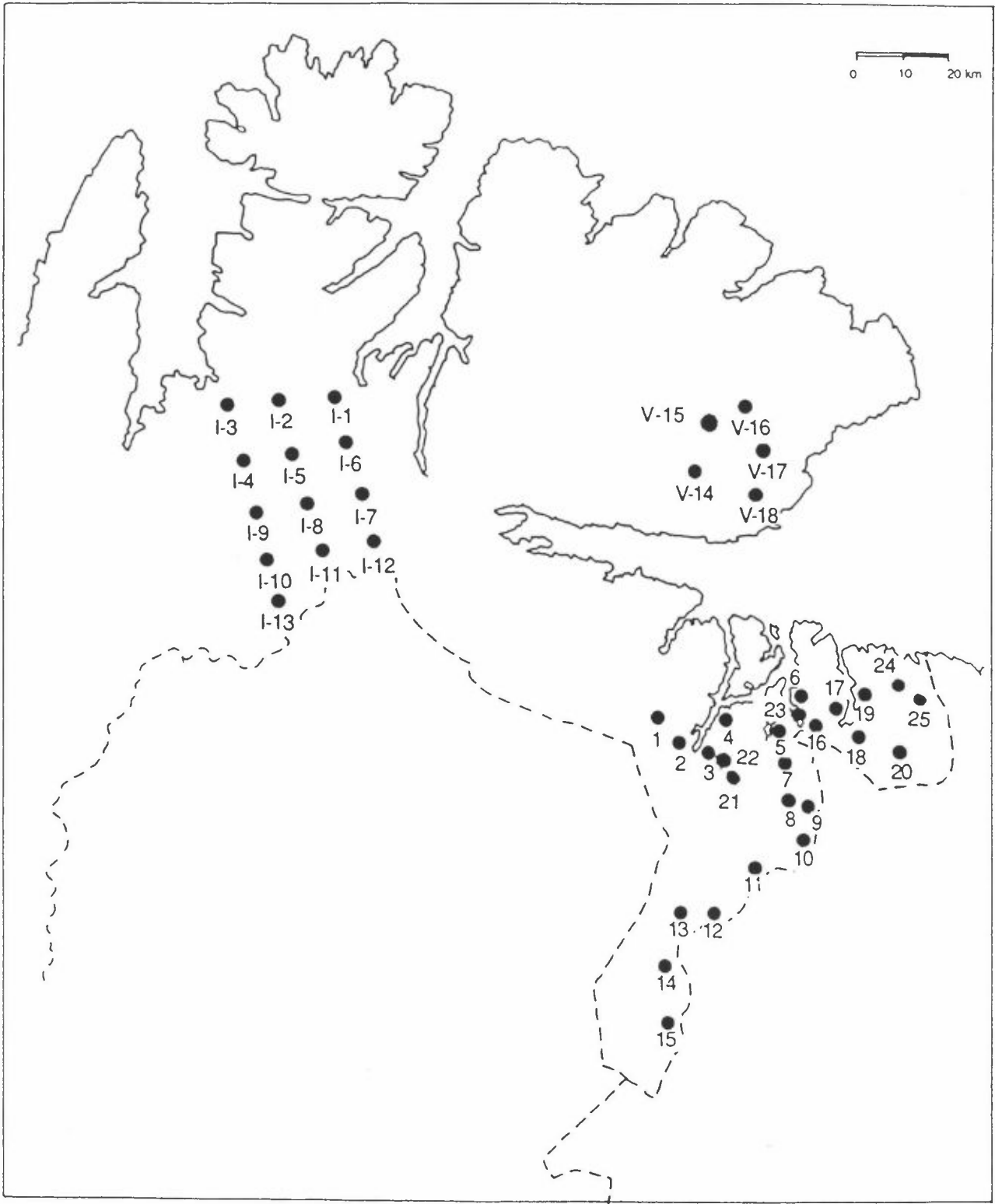
De høyeste konsentrasjonene av sjøsaltkomponentene, Cl, Na og Mg, og av  $SO_4$ , som også finnes i sjøsalt, ble målt i prøvene fra Varangerhalvøya. Som middelerdi hadde prøvene fra Ifjordfjellet og Sør-Varanger omtrent de samme konsentrasjonene av sjøsaltkomponentene. Av de enkelte prøvene var det minst sjøsalt i prøvene lengst sør i Pasvik.

pH-verdiene var lavest i prøvene fra Sør-Varanger og høyest i prøvene fra Ifjordfjellet. pH-verdiene i snøen på de forskjellige stedene er vist i figur 30. Laveste pH, 4,64, ble målt mellom Jarfjorden og Grense Jakobselv, og høyeste pH, 5,25, ble målt i Svanvik.

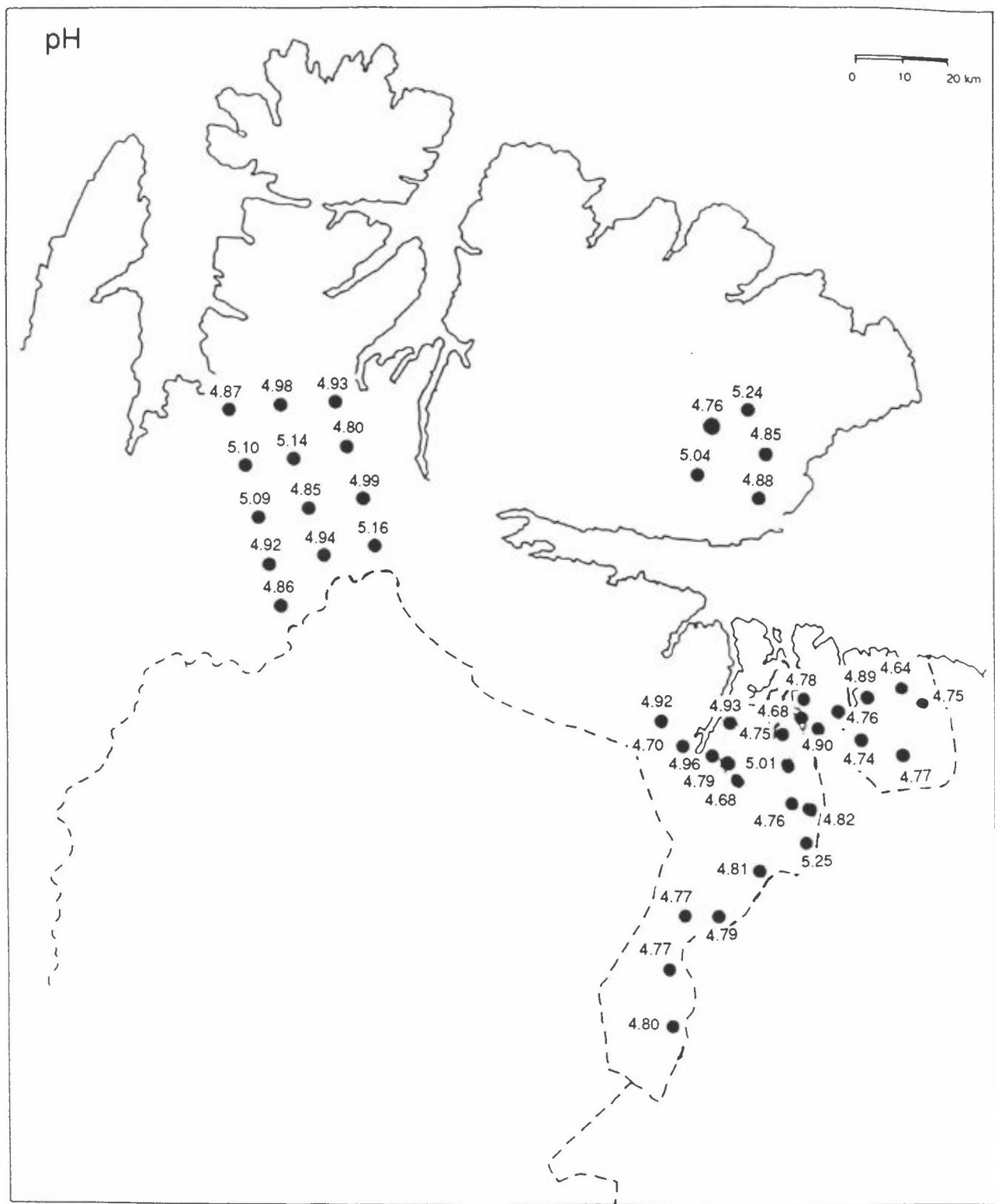
Varangerhalvøya hadde både den høyeste middelerdien og den høyeste enkeltverdien av bly. De laveste blykonsentrasjonene ble målt sør i Pasvik.

Konsentrasjonene av Cd lå under deteksjonsgrensen for måleinstrumentet for de fleste prøvene. Den høyeste enkeltverdien ble målt på Ifjordfjellet.





Figur 29: Lokalisering av prøvetakingssteder for snøprøver i Øst-Finnmark i mars/april 1992.



Figur 30: pH-verdier i snøprøver fra Øst-Finnmark i mars/april 1992.

Tabell 20: Analyser av snøprøver fra Sør-Varanger, mars/april 1992.

Prøve- sted	Snø- dybde	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	mgN/l	mgS/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	60	2,9	4,92	12,2	1,89	0,08	0,16	1,06	0,06	0,07	0,12	0,21	<0,01	7	<1	<0,5	<0,5	<0,01	<0,5
2	70	3,0	4,70	19,3	2,68	0,16	0,40	1,48	0,10	0,10	0,19	0,67	<0,01	3	<1	<0,5	<0,5	0,02	<0,5
3	60	2,6	4,96	13,2	1,83	0,07	0,22	1,02	0,07	0,08	0,13	0,57	0,13	2	2	<0,5	0,9	0,01	<0,5
4	55	3,1	4,93	13,1	1,97	0,10	0,18	1,09	0,07	0,10	0,14	0,41	0,30	<1	7	0,6	0,6	0,05	<0,5
5	50	2,5	4,75	20,8	3,50	0,09	0,34	1,86	0,07	0,12	0,22	0,84	<0,01	2	4	<0,5	2,0	0,04	<0,5
6	60	2,3	4,78	25,8	4,72	0,09	0,47	2,45	0,12	0,24	0,33	1,39	<0,01	2	5	<0,5	5,5	0,11	0,7
7	60	3,1	5,01	22,2	4,75	0,06	0,37	2,51	0,14	0,26	0,31	0,59	<0,01	2	2	<0,5	0,9	0,04	<0,5
8	80	3,1	4,76	23,8	4,56	0,06	0,42	2,43	0,11	0,14	0,31	0,51	<0,01	<1	3	<0,5	3,3	0,02	<0,5
9	70	2,8	4,82	15,2	1,80	0,09	0,29	0,98	0,06	0,07	0,13	0,26	0,17	<1	10	1,3	10,1	0,27	<0,5
10	45	3,6	5,25	7,9	1,10	0,06	0,14	0,55	0,03	0,05	0,06	0,85	<0,01	2	2	<0,5	1,5	0,10	<0,5
11	60	2,8	4,81	14,0	1,81	0,10	0,22	0,97	0,05	0,07	0,13	0,37	<0,01	<1	1	<0,5	1,0	0,05	<0,5
12	50	2,9	4,79	12,8	1,12	0,13	0,19	0,59	0,03	0,05	0,08	0,46	<0,01	<1	1	0,7	<0,5	0,05	<0,5
13	70	2,7	4,77	15,3	1,69	0,10	0,20	0,91	0,04	0,06	0,11	0,13	<0,01	<1	2	<0,5	<0,5	0,06	<0,5
14	60	2,7	4,77	9,9	0,77	0,12	0,14	0,40	0,02	0,05	0,05	0,42	<0,01	<1	1	<0,5	1,1	0,03	<0,5
15	70	2,9	4,80	9,7	0,71	0,13	0,14	0,38	0,05	0,05	0,06	0,13	<0,01	<1	1	0,8	<0,5	<0,01	<0,5
16	80	2,9	4,90	22,5	4,27	0,07	0,41	2,27	0,19	0,19	0,31	0,74	<0,01	7	6	1,8	7,2	0,44	0,7
17	100	3,0	4,76	29,6	5,76	0,08	0,54	3,20	0,15	0,18	0,42	0,55	<0,01	<1	3	1,3	3,1	0,05	<0,5
18	55	2,7	4,74	21,9	3,96	0,05	0,38	2,09	0,08	0,10	0,24	0,27	<0,01	<1	5	<0,5	5,7	0,14	<0,5
19	100	3,0	4,89	25,7	5,10	0,08	0,54	2,75	0,16	0,19	0,38	0,72	<0,01	4	5	1,3	3,1	0,15	<0,5
20	110	3,7	4,77	21,7	4,10	0,07	0,39	2,15	0,08	0,10	0,27	0,22	<0,01	<1	4	1,2	3,5	<0,01	<0,5
21	100	3,5	4,68	16,6	2,24	0,10	0,26	1,22	0,04	0,06	0,15	0,27	<0,01	<1	1	<0,5	0,6	0,02	<0,5
22	55	3,3	4,79	18,7	2,97	0,10	0,33	1,65	0,07	0,09	0,20	0,37	<0,01	<1	1	<0,5	<0,5	<0,01	<0,5
23	40	3,0	4,68	19,7	2,96	0,07	0,37	1,54	0,07	0,12	0,20	0,79	<0,01	2	3	<0,5	2,7	0,06	<0,5
24	90	3,6	4,64	23,7	3,91	0,07	0,47	2,11	0,10	0,12	0,27	0,48	0,24	7	1	1,4	0,9	0,02	<0,5
25	120	3,2	4,75	28,9	5,53	0,08	0,58	2,97	0,12	0,17	0,40	0,57	0,52	<1	2	<0,5	2,2	0,10	<0,5
Middel 1992			4,78 <sup>1</sup>	18,6	3,03	0,09	0,33	1,63	0,08	0,11	0,21	0,51	0,06	1,9	2,9	0,6	2,3	0,07	<0,5
Middel for sted 1-20		1992	4,80 <sup>1</sup>	17,8	2,90	0,09	0,31	1,56	0,08	0,11	0,20	0,52	0,03	1,8	3,3	0,6	2,5	0,08	<0,5
		1991	4,65 <sup>1</sup>	17,9	2,06	0,18	0,35	1,17	0,09	0,12	0,14	4,0	<0,5	13,1	7,5	1,0	9,8	0,43	2,8
		1990	4,68 <sup>1</sup>	24,2	3,71	0,24	0,39	2,53	0,14	0,18	0,25	1,1	0,10	18,9	6,0	1,0	8,1	0,22	0,8

Tabell 21: Analyser av snøprøver fra Ifjordfjellet (prøvested I1-I13) og Varangerhalvøya (prøvested V14-V18) i Finnmark, mars/april 1992.

Prøvested	Snødybde	Mengde som vann	pH	Lednevne	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	mgN/l	mgS/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
I 1	50	3,7	4,93 <sup>2</sup>	96,7 <sup>2</sup>	25,1 <sup>2</sup>	0,12 <sup>2</sup>	1,33 <sup>2</sup>	13,5 <sup>2</sup>	0,51 <sup>2</sup>	0,59 <sup>2</sup>	1,75 <sup>2</sup>	0,55	<0,01	3	<1	<0,5	<0,5	0,06	<0,5
I 2	50	2,8	4,98	12,9	2,25	0,06	0,18	1,24	0,05	0,08	0,17	0,29	<0,01	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,01	<0,5
I 3	30	3,3	4,87	16,1	2,62	0,07	0,31	1,44	0,07	0,12	0,19	0,73	<0,01	2	<1	0,7	0,7	0,03	<0,5
I 4	100	3,8	5,10	14,6	3,06	0,03	0,22	1,65	0,08	0,09	0,21	0,54	<0,01	<1	<1	0,6	<0,5	<0,01	<0,5
I 5	70	3,4	5,14	15,2	3,23	0,05	0,23	1,78	0,06	0,09	0,20	0,16	<0,01	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,01	<0,5
I 6	30	2,5	4,80	24,5	4,74	0,08	0,42	2,52	0,10	0,20	0,33	0,33	0,79	<1	<1	<0,5	<0,5	0,02	<0,5
I 7	58	3,8	4,99	17,2	3,31	0,08	0,28	1,81	0,09	0,15	0,24	2,64	<0,01	6	<1	0,7	1,6	<0,01	<0,5
I 8	50	2,7	4,85	16,9	2,98	0,08	0,24	1,62	0,06	0,10	0,20	0,08	<0,01	<1	<1	0,7	<0,5	<0,01	<0,5
I 9	25	3,4	5,09	17,1	3,69	0,05	0,22	1,95	0,07	0,10	0,24	0,31	<0,01	2	<1	<0,5	0,6	0,02	<0,5
I10	70	3,0	4,92	12,6	1,94	0,07	0,18	1,05	0,04	0,08	0,14	1,15	<0,01	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,01	<0,5
I11	55	2,6	4,94	13,2	2,23	0,07	0,20	1,21	0,05	0,08	0,16	0,18	<0,01	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,01	<0,5
I12	65	3,3	5,16	16,8	3,71	0,05	0,23	2,02	0,08	0,05	0,25	0,30	<0,01	<1	<1	<0,5	1,4	<0,01	<0,5
I13	80	4,2	4,86	13,4	2,06	0,07	0,22	1,09	0,05	0,08	0,15	0,75	0,32	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,01	<0,5
V14	130	4,5	5,04	22,2	4,66	0,06	0,40	2,53	0,17	0,19	0,28	2,46	<0,01	22	<1	1,8	10,3	<0,01	1,0
V15	60	3,3	4,76	24,4	4,80	0,04	0,46	2,55	0,10	0,14	0,30	0,51	<0,01	<1	<1	<0,5	1,5	0,03	<0,5
V16	50	2,9	5,24	26,6	5,50	0,06	0,53	3,01	0,20	0,17	0,36	1,03	<0,01	3	<1	0,7	0,7	0,03	<0,5
V17	60	3,6	4,85	25,3	5,17	0,07	0,41	2,74	0,12	0,13	0,32	0,65	<0,01	6	<1	1,1	2,5	0,04	<0,5
V18	50	2,7	4,88	14,5	2,52	0,05	0,20	1,32	0,05	0,06	0,14	0,22	<0,01	<1	<1	1,0	<0,5	0,02	<0,5
Middel 1992	Ifjordfjellet		5,02 <sup>1</sup>	15,9	2,99	0,06	0,24	1,62	0,07	0,10	0,21	0,62	0,09	1,3	<1	<0,5	0,5	0,01	<0,5
Middel 1991	Ifjordfjellet		4,98 <sup>1</sup>	11,9	1,70	0,08	0,20	0,90	0,05	0,13	0,12	1,8	<0,5	6,3	0,9	<0,5	4,3	<0,10	0,5
Middel 1992	Varangerhalvøya		4,88 <sup>1</sup>	22,6	4,53	0,06	0,40	2,43	0,13	0,14	0,28	0,97	<0,01	6,4	<1	1,0	3,1	0,03	0,6
Middel 1991	Varangerhalvøya		4,86 <sup>1</sup>	29,5	5,69	0,08	0,50	3,09	0,10	0,19	0,39	5,4	<0,5	4,0	1,0	1,0	2,1	<0,10	<0,5
Middel 1992	20 steder Sør-Varanger		4,80 <sup>1</sup>	17,8	2,90	0,09	0,31	1,56	0,08	0,11	0,20	0,52	0,03	1,8	3,3	0,6	2,5	0,08	<0,5
Middel 1991	20 steder Sør-Varanger		4,65 <sup>1</sup>	17,9	2,06	0,18	0,35	1,17	0,09	0,12	0,14	4,0	<0,5	13,1	7,5	1,0	9,8	0,43	2,8

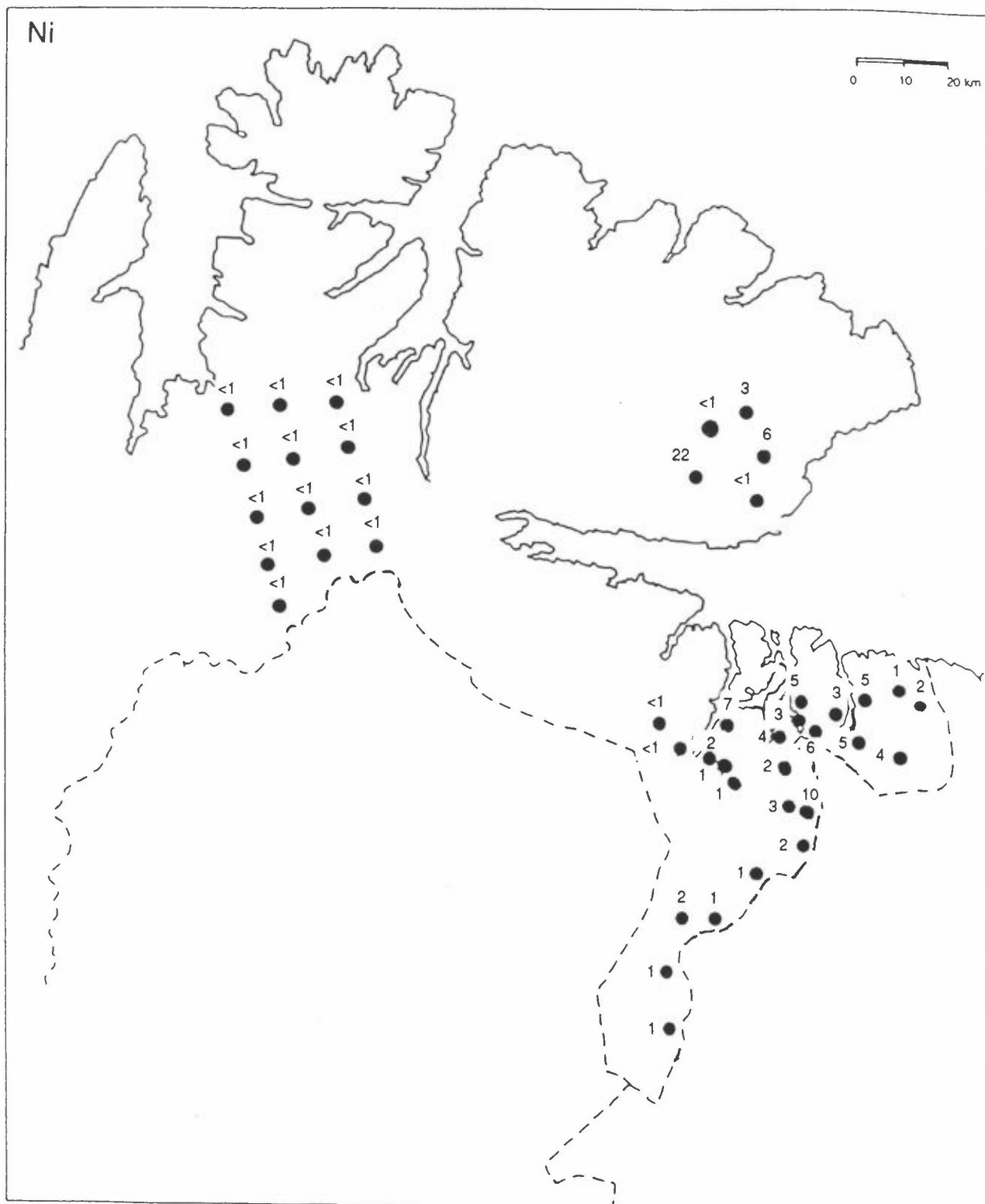
1 Median

2 Ikke med i beregning av middelverdier. Prøven kan være kontaminert.

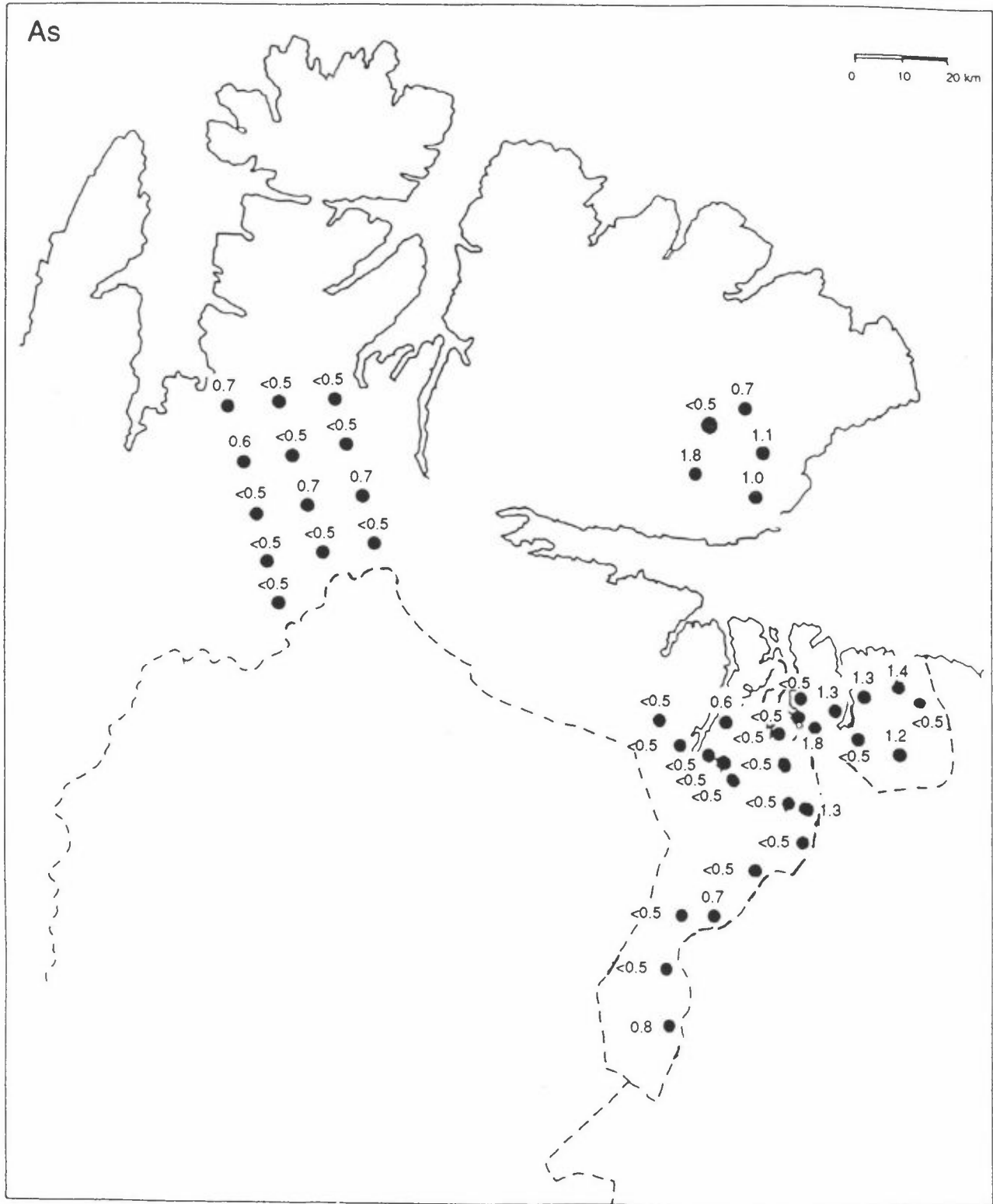
De høyeste middelkonsentrasjonene av tungmetallene Zn, As, Cu og Cr ble målt i prøvene fra Varangerhalvøya, mens Sør-Varanger hadde de høyeste middelkonsentrasjonene av Ni og Co. De laveste middelkonsentrasjonene ble målt i prøvene fra Ifjordfjellet.

Konsentrasjonene av Ni, As og Cu er vist i figur 31-33. Figurene illustrerer at de tre komponentene stort sett varierer i takt. De høyeste verdiene ble stort sett målt i områdene omkring Svanvik/Holmfoss og i området mellom Kirkenes og Karpdalen og østover. Enkelte av prøvene fra Ifjordfjellet og Varangerhalvøya hadde imidlertid forhøyede konsentrasjoner, spesielt av Cu i en av prøvene fra Varangerhalvøya. I grenseområdene følger konsentrasjonene av Ni, As og Cu i snøprøvene omtrent det samme mønsteret som SO<sub>2</sub>-belastningen.

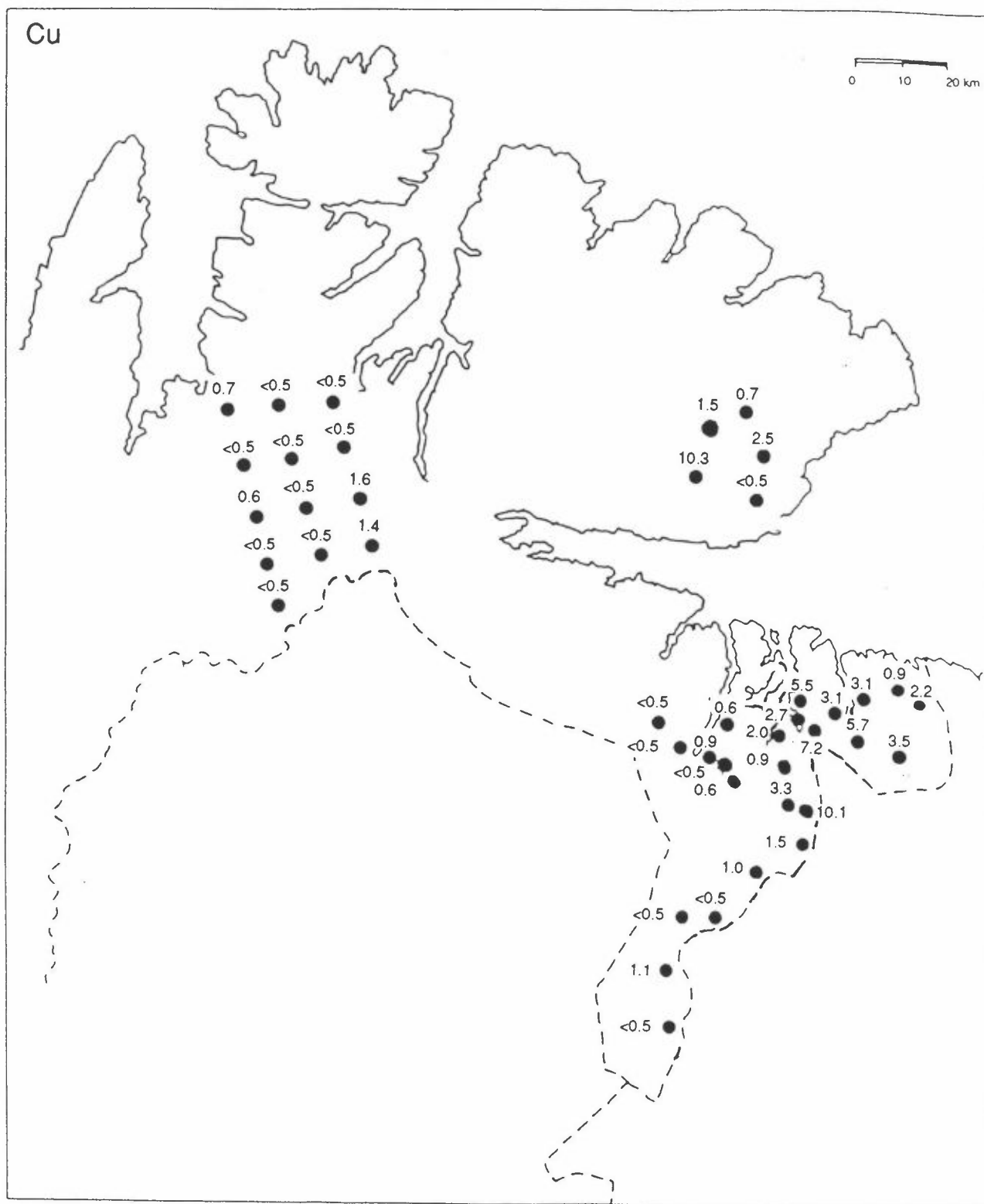
I forhold til snøprøvene fra mars/april 1991 var det i mars/april 1992 litt høyere pH og lavere middelkonsentrasjoner av alle tungmetallene i Sør-Varanger og på Ifjordfjellet, mens noen av tungmetallene forekom i samme konsentrasjoner de to vintrene på Varangerhalvøya. For de øvrige komponentene, ledningsevne, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Na, K, Ca og Mg var det ingen vesentlige forskjeller i middelkonsentrasjoner de to vintrene 1990/91 og 1991/92 verken i Sør-Varanger, på Varangerhalvøya eller på Ifjordfjellet.



Figur 31: Konsentrasjoner av nikkell (Ni) i snøprøver fra Øst-Finnmark, mars/april 1992 ( $\mu\text{g/l}$ ).



Figur 32: Konsentrasjoner av arsen (As) i snøprøver fra Øst-Finnmark, mars/april 1992 ( $\mu\text{g/l}$ ).



Figur 33: Konsentrasjoner av kopper (Cu) i snøprøver fra Øst-Finnmark, mars/april 1992 ( $\mu\text{g/l}$ ).



## 5 MILJØVERNSAMARBEIDET MED RUSSLAND I GRENSEOMRÅDET

Arbeidsgruppen for luftforurensninger under Den blandete norsk-russiske 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 vedtatt på det neste møtet i kommisjonen i Moskva 10.-14.4.1989.

Det var enighet mellom partene om å samordne gjennomføringen av et felles måleprogram for luftforurensning og meteorologiske forhold langs den norsk-russiske grensa. 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 var da enighet om å måle konsentrasjoner av  $SO_2$  og tungmetaller (Ni, Cu, Co, Cr og As) på tre steder på hver side av grensa 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.

Fellesprogrammet i det norsk-russiske grenseområdet omfatter også anvendelse av forskjellige typer modeller for lokal spredning av forurensninger over avstander på inntil 100 km fra utslippskildene. På russisk side legges det særlig vekt på numeriske, tredimensjonale modeller. På norsk side arbeides det særlig med gaussiske modeller for nærbelastning og mesoskala-modeller for belastning på større avstander. Begge parter stiller til rådighet data som brukes i modellberegningene, først og fremst utslippsdata og meteorologiske data. Utslippsdata gis både for enkeltkilder og diffuse kilder.

Den 13. desember 1989 ble det gjennomført en befaring på to av de tre russiske målestedene for luft- og nedbørkvalitet. Med på befaringen var representanter fra NILU, The Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences (Kola-sentret) og Hydro-meteorologisk institutt i Murmansk. De to målestasjonene ble satt i drift 14.-15. desember 1989. Da NILU ikke fikk anledning til å besøke stasjon 3, ble det avtalt at Kola-sentret selv skulle sette denne stasjonen i drift.

De russiske 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 besøk på de tre stasjonene 12.-13. februar 1990 var alle stasjonene i normal drift. Måleresultatene blir sendt NILU en gang pr. måned. Foreløpig er data til og med juni 1992 mottatt fra de russiske stasjonene.

Plasseringen av de fire målestasjonene på russisk side er vist i figur 1.

I juni 1990 ble det andre ekspertmøtet holdt på Kola-sentret i Apatity. På møtet var det en gjennomgang av måleresultatene så langt fra begge sider av grensa. Resultater fra innledende spredningsberegninger ble også gjennomgått og diskutert.

På møtet var det enighet om å gjennomføre analyser av tungmetaller i svevestøv fra alle stasjonene for 1990 på begge sider av grensa. Hvert land er ansvarlig for egne analyser. Prøver fra mai og juni 1990 ble 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 til planlagte ombygginger og rensetiltak er gjennomført ved nikkerverkene.

1.6.1990 ble det også startet et felles norsk-russisk måleprogram for korrosjon på fem norske og tre russiske stasjoner. Dette ble avsluttet 1.6.1991. Programmet var det samme som på norsk side i basisundersøkelsen.

I august 1990 ble det holdt et fagmøte i Svanvik om miljøvern-samarbeidet mellom Norge og Russland. Blant møtedeltagerne var miljøvernministrene fra begge land. Både fra norsk og russisk side ble det presentert resultater fra det felles måleprogrammet.

I januar 1990 ble det tredje møtet i ekspertgruppen gjennomført på NILU, mens det tredje møtet i den norsk-russiske miljøvern-kommisjonen ble gjennomført uken etter i Oslo. Kommisjonen vedtok at måleprogrammet på de tre russiske stasjonene skulle fortsette uforandret i 1991 og 1992. På norsk side ble antall stasjoner redusert fra tre til to fra 1.4.1991. Videre anbefalte kommisjonen at det startes et samarbeid mellom NILU og bedriften Pechenganikel. Hensikten er å skaffe bedre data om utslippene fra bedriften og å etablere en målestasjon for luftkvalitet i byen Nikel. Den norske parten vil stille det nødvendige måleutstyret til disposisjon.

I mai 1991 ble det holdt møter i Nikel og Zapoljarnij mellom representanter fra NILU, Fylkesmannen i Finnmark, bedriften Pechenganikel, Hydrometeorologisk institutt i Murmansk (Murmanskhydromet) og Murmansk fylkeskomité for naturvern. På møtet ble det organisert befaring på Murmanskhydromets og Pechenganikels målestasjoner for luftkvalitet i Nikel og Zapoljarnij. Det ble bestemt å sette opp en kontinuerlig registrerende SO<sub>2</sub>-monitor av samme type som på de tre andre målestasjonene på Hydromets laboratorium i byen Nikel. Det ble også diskutert mulighetene av å starte kontinuerlig måling av SO<sub>2</sub> i hovedutslippskilden i Nikel.

Den nye målestasjonen for luftkvalitet i Nikel ble satt i drift i september 1991. På målestasjonen SOV 2 ble det også satt opp en vindmåler av typen Woelfle og en svevestøvmåler av samme type som på Viksjøfjell og i Svanvik.

Det fjerde møtet i ekspertgruppen ble holdt i St. Petersburg i månedsskiftet september/oktober 1991. Ekspertgruppen ble enig om innholdet i en kortversjon av sluttrapporten på engelsk for perioden 1.1.1990-31.3.1991. Til rapporten hører også en norsk

og en russisk vedleggsrapport utarbeidet henholdsvis av NILU og Kola-sentret. Rapporten inneholder bl.a. en del premisser for reduksjoner av utslippene fra smelteverket i Nikel.

Det femte møtet i ekspertgruppen ble holdt i Vadsø i mai 1992. Gruppens nye russiske medlemmer fra Murmansk Hydromet og Murmansk fylkes miljøkomité var dessverre forhindret i å delta. Heller ikke inviterte representanter fra Pechenganikel kunne delta.

Det ble lagt fram forslag for arbeidsprogram for 1993-94. Dette vil redusere det felles måleprogrammet til to stasjoner på hver side av grensa. Fra russisk side ble det ytret ønske om norsk utstyr til ytterligere en del målesteder andre steder på Kola-halvøya.

Den norsk-russiske miljøvernkommisjonen vil i sitt neste møte i månedsskiftet november/desember 1992 vedta arbeidsprogrammet for 1993 og 1994.

Ekspertgruppen planlegger å gjennomføre et internasjonalt seminar i Svanvik om luftforurensningsproblemer i nordområdene i Norge, Sverige og Finland, samt på Kolahalvøya.

## 6 REFERANSER

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

Berg, T. C. (1991) Måling av radioaktivitet i Norge. Årsrapport 1990. Lillestrøm (NILU OR 62/91).

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

Hagen, L.O. (1992) Rutineovervåking av luftforurensning. April 1991-mars 1992. Lillestrøm (NILU OR 66/92).

- 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. (1990a) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 2 pr. 1.3.1990. Lillestrøm (NILU OR 17/90).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Aarnes, M.J. og Sivertsen, B. (1990b) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 3 pr. 1.9.1990. Lillestrøm (NILU OR 79/90).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Aarnes, M.J. og Sivertsen, B. (1991a) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 4 pr. 1.3.1991. Lillestrøm (NILU OR 32/91).
- Hagen, L.O. og Sivertsen, B. (1992) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1991. Lillestrøm (NILU OR 25/92).
- Hagen, L.O., Aarnes, M.J., Henriksen, J.F. og Sivertsen, B. (1991b) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1991. Framdriftsrapport nr. 5 pr. 1.9.1991. Lillestrøm (NILU OR 67/91).
- Henriksen, J.F., Mikhailov, A.A. and Mikhailovski, Y.N. (1992) Atmospheric Corrosion Tests Along the Norwegian-Russian Border. Lillestrøm (NILU OR 54/92).
- Norton, S.A., Henriksen, A., Appelby, P.G., Ludwig, L.L, Vereault, D.V. og Traaen, T.S. (1992) Trace metal pollution in Eastern Finnmark, Norway, as evidenced by studies of lake sediments. Oslo, NIVA (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 487/92).
- 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 39/79).

- Schjoldager, J., Semb, A., Hanssen, J.E., Bruteig, I.E. og Rambæk, J.P. (1983) Innhold av elementer i mose og lav, Øst-Finnmark 1981. Lillestrøm (NILU OR 55/83).
- Sivertsen, B. og Hagen, L.O. (1992) Critical Level Used to Estimate Emission Requirements. Air Pollution in the Border Area of Norway and Russia. Presented at the 9th World Clean Air Congress and Exhibition. Montreal, Canada, August 30-September 4, 1992. Lillestrøm (NILU F 4/92).
- Sivertsen, B., Hagen, L.O., Hellevik, O. og Henriksen, J.F. (1991) Luftforurensninger i grenseområdene Norge/Sovjetunionen januar 1990-mars 1991. Lillestrøm (NILU OR 69/91).
- Sivertsen, B., Makarova, T., Hagen, L.O. and Baklanov, A.A. (1992) Air Pollution in the border areas of Norway and Russia. Summary report 1990-1991. Lillestrøm (NILU OR 8/92).
- Sivertsen, B. og Schjoldager, J. (1991) Luftforurensninger i Finnmark fylke. Lillestrøm (NILU OR 75/91).
- Sivertsen, T. (1991) Opptak av tungmetaller i dyr i Sør-Varanger. Trondheim (Direktoratet for naturforvaltning. Naturens tålegrenser. Fagrapport 22. DN-notat 1991-15).
- 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 (1991) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1990. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 466/91).
- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensning på helse og miljø. Anbefalte grenseverdier. Oslo (SFT-rapport 92:16).
- 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).

Taaen, T.S. (1991) Forsuring og tungmetallforurensning i Sør-Varanger. Fremdriftsrapport for 1990. Oslo, NIVA (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 481/92).

Tømmervik, H., Johansen, B. og Eira, A.N. (1989) Kartlegging av forurensningsskader på lavbeitene i østre Sør-Varanger reinbeitedistrikt ved hjelp av satelittbilder. Tromsø (FORUT Rapport R 0037).

World Health Organization (1987) Air quality guidelines for Europe. Copenhagen (WHO regional publications. European series; No. 23).

Wright, R.F. og Traaen, T.S. (1992) Dalelva, Finnmark, northernmost Norway: prediction of future acidification using the MAGIC model. Oslo, NIVA (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 486/92).



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

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 82/92	ISBN-82-425-0432-6	
DATO 4.12.1992	ANSV. SIGN. <i>Storland</i>	ANT. SIDER 92	PRIS NOK 150,-
TITTEL Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grense- områdene i Norge og Russland. Oktober 1991-mars 1992		PROSJEKTLEDER B. Sivertsen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8976	
FORFATTER(E) L.O. Hagen og B. Sivertsen		TILGJENGELIGHET A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. T. Johannessen, SFT	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 Oslo 1			
3 STIKKORD Luftkvalitet                      Nedbørkvalitet                      Sør-Varanger			
REFERAT En omfattende kartlegging av forekomst og omfang av luftforurensninger langs grensa mot Russland i Sør-Varanger startet i oktober 1988. Fra april 1991 omfatter programmet luftkvalitet, meteorologiske forhold og nedbørkvalitet. I området måles de høyeste SO <sub>2</sub> -konsentrasjonene i Norge. Utslippene kommer fra de russiske nikkelverkene i Nikel og Zapoljarnij.			

TITLE Air Quality Monitoring in the Border Areas of Norway and Russia. Progress Report October 1991-March 1992.
ABSTRACT A comprehensive study of occurrence and extent of air pollution along the Russian border in Sør-Varanger started in 1988. From april 1991 the mea- surement programme includes air quality, meteorological conditions and precipitation chemistry. The highest SO <sub>2</sub> -concentrations in Norway are measured in this area. The 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