

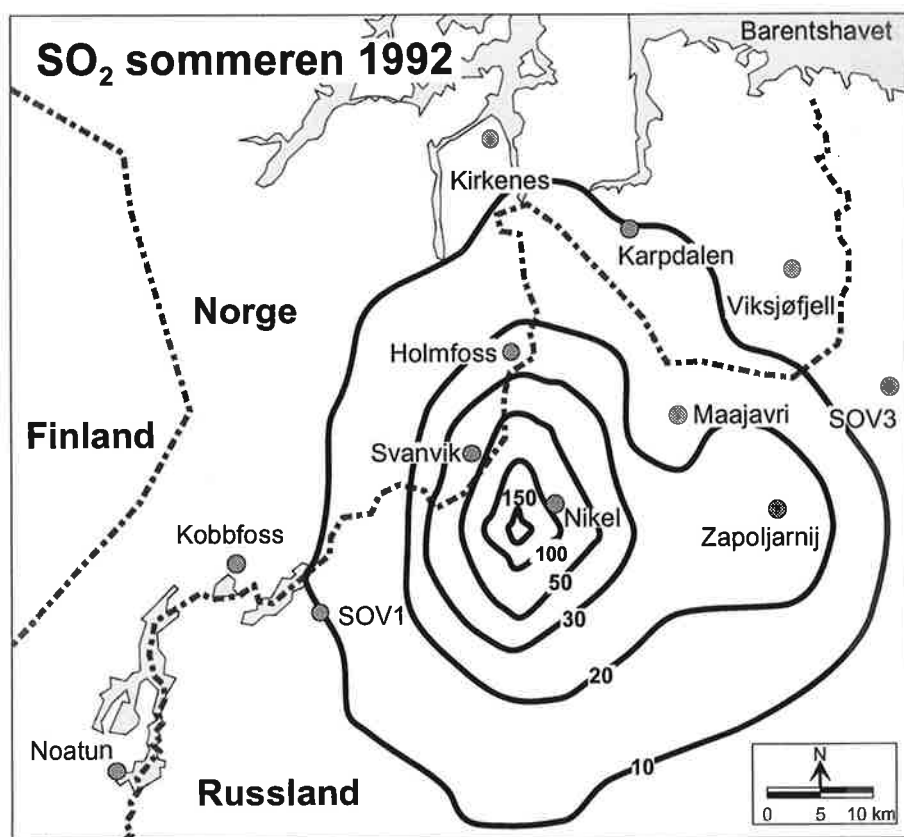


Rapport nr.: 605/95

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon: NILU

## Modellberegninger av SO<sub>2</sub> og metallavsetning i grenseområdene Norge-Russland



TA-1203/1995



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, tlf. 22 57 34 00.

NILU : OR 66/94  
REFERANSE : O-8976  
DATO : NOVEMBER 1994  
ISBN : 82-425-0622-1

# **Modellberegninger av SO<sub>2</sub> og metallavsetning i grenseområdene Norge-Russland**

**Tone Bekkestad, Svein Knudsen,  
Mona Johnsrud og Mona Larsen**

**Utført etter oppdrag  
fra Statens forurensningstilsyn**



Norsk institutt for luftforskning  
Postboks 100  
2007 Kjeller



# Innhold

	Side
<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Utslippsoversikt</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Beregninger av langtidskonsentrasjoner</b> .....	<b>9</b>
3.1 Beregninger av SO <sub>2</sub> -konsentrasjoner for vintrene 1974/75, 1978/79 og 1984/85 og somrene 1975, 1979 og 1985 .....	10
3.2 Svoveldioksid-utvikling i tid.....	12
3.3 Beregninger av konsentrasjoner for årene 1989, 1990, 1991 og 1992.....	12
<b>4. Tørravsetning av nikkel og kopper</b> .....	<b>15</b>
<b>5. Episodeberegninger</b> .....	<b>17</b>
5.1 Episoden 26.-27. juli 1991 .....	17
5.2 Episoden 1.-3. april 1992 .....	19
5.3 Episoden 27.- 28. juni 1992 .....	21
5.4 Beregninger av maksimumkonsentrasjoner i området for episodene .....	23
<b>6. Kommentarer</b> .....	<b>25</b>
<b>7. Referanser</b> .....	<b>25</b>
<b>Vedlegg A..27</b>	
Resultater fra beregningene av halvårsmiddelverdier av SO <sub>2</sub> for vintersesongene 1974/75, 1978/79 og 1984/85 og sommersesongene 1975, 1979 og 1985 .....	27
<b>Vedlegg B..39</b>	
Resultater fra beregningene av årsmiddelverdier av SO <sub>2</sub> for årene 1989, 1990, 1991 og 1992. ....	39
<b>Vedlegg C..47</b>	
Beskrivelse av modellene CONDEP og EPISODE .....	47



## Sammendrag

**Det er gjort beregninger av langtidsmiddelkonsentrasjoner av svoveldioksid og avsetning av nikkel og kopper. Det er beregnet SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i valgte målepunkter for episoder hvor det har vært målt høye konsentrasjoner som resultat av utslipp av svovel fra nikkel-smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij kombinert med spesielle typer vær-situasjoner. Disse er normalt karakterisert ved høytrykk-senter øst for utslippsområdene og svake vinder, kombinert med høye inversjoner.**

Det er beregnet langtidsmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> for vintersesongene (1. desember - 28. februar) i årene 1974/75, 1978/79 og 1984/85, og for sommersesongene (1. juni - 31. august) i årene 1975, 1979 og 1985. Det er også beregnet år- og sesongmiddelkonsentrasjoner i årene 1989-1992. Årskonsentrasjonene er beregnet for å vurdere endringer i konsentrasjonene over tid. Ved å se på sommersesongene separat, som sammenfaller med vekstsesongen for planter, kan eventuelle effekter lettere identifiseres. Utslippsdata er estimert ut fra kjennskap til årsmiddelutslipp og typiske årsvariasjoner av utslippene.

Konsentrasjonsfordelingene er relativt like for de tre sommersesongene (1974, 1979 og 1985). Den høyeste middelkonsentrasjonen på 200 µg/m<sup>3</sup> ligger litt vest-sørvest for Nikel. Konsentrasjonene avtar relativt raskt inn i Norge, og den største konsentrasjonen på norsk side registreres i Svanvik (50-75 µg/m<sup>3</sup>).

Konsentrasjonene i vintersesongen variere noe mer, og er karakterisert ved en sterk avtagende gradient vestover fra Nikel. De høyeste middelkonsentrasjonene ligger nord for Nikel (200 µg/m<sup>3</sup>). Arealet med konsentrasjoner over 100 µg/m<sup>3</sup> har avtatt noe fra 1974/75 til 1978/79.

Grenseområdet sør for Karpdalen og Viksjøfjell er mer belastet i vintersesongen enn i sommersesongen.

Beregning av midlere konsentrasjonsfordeling over året er presentert for årene 1989, 1990, 1991 og 1992. På norsk side er det områdene ved Svanvik/Holmfoss og Karpdalen/Viksjøfjell som er mest belastet.

Det er også gjort beregninger for avsetning av nikkel og kopper for somrene 1990, 1991 og 1992. Her er utslippene for 1989 benyttet, samt meteorologiske data for de respektive årene. Den største avsetningen kommer nær utslippene og er på ca. 25 mg/m<sup>2</sup> for sommersesongen 1992, for både nikkel og kopper. Avsetningene nær grensen på norsk side er beregnet til mer enn 5 mg/m<sup>2</sup> for nikkel, mens den er noe mindre for kopper.

For å kunne vurdere akutte skader på vegetasjon er det gjort beregninger av maksimum SO<sub>2</sub>-konsentrasjon midlet over 1 time. Det er her ikke tatt hensyn til når i episoden dette forekommer. Tre episoder ble valgt; to sommer og en vårsituasjon. Estimerte konsentrasjoner på mer enn 2000 µg/m<sup>3</sup> ble beregnet for

området mellom Nikel og norskegrensen for juli-episoden 1991. For de tre utvalgte episodene lå de mest belastede områdene i Norge vest og nordvest for Svanvik, med konsentrasjoner på over 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



# Modellberegninger av SO<sub>2</sub> og metallavsetning i grenseområdene Norge-Russland

## 1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) er bedt av Terrestrisk gruppe i samarbeidsprosjektet Norge-Russland om å foreta beregninger av langtidsmiddelkonsentrasjoner av svoveldioksid, og avsetning av nikkel og kopper. Det er også gjort beregninger av høyeste time-konsentrasjoner som følge av utslipp fra nikkelverkene i Nikel og Zapoljarnij i løpet av såkalte episoder.

Innholdet i rapporten er beregnet brukt til kartlegging av vegetasjonsskader for om mulig å etablere verdier for tålegrenser ("critical levels") for området.

Rapporten bygger på tidligere arbeider som er rapportert bl.a. av Hellevik og Sivertsen (1991) og Sivertsen et al (1991). Disse rapporter beskriver modellverktøyet og meteorologien i området slik at den diskusjonen i stor grad er utelatt fra denne rapporten. Rapporten er bygd opp slik at alle figurene og inngangsdata som er benyttet i beregningene er gjengitt i vedleggene. Typiske konsentrasjonsfordelinger er gjengitt i hoved-rapporten.

## 2. Utslippsoversikt

Utslippene fra smelteverket i Nikel ble presentert av Artobolewski i 1989. På ekspertmøtet i Apatity i mars 1993 mottok NILU oppdaterte data for årlige utslipp av svoveldioksid for perioden 1980-1992 (Ryaboshapko, 1993). Tabell 1 oppsummerer utslippene av svoveldioksid i 1989 fra Nikel, Zapoljarnij og Kirkenes.

I de senere årene har utslippene fra Nikel avtatt. Figur 1 viser totalutslippene fra Nikel, Zapoljarnij og Kirkenes fra 1974 til 1992. Figuren viser også variasjonen over året for Nikel og Zapoljarnij i 1990. For å fremskaffe data fra 1974, 1975, 1978, 1979, og 1982 til 1992 er utslippene i tabell 1 skalert med totalutslippene fra figur 1.

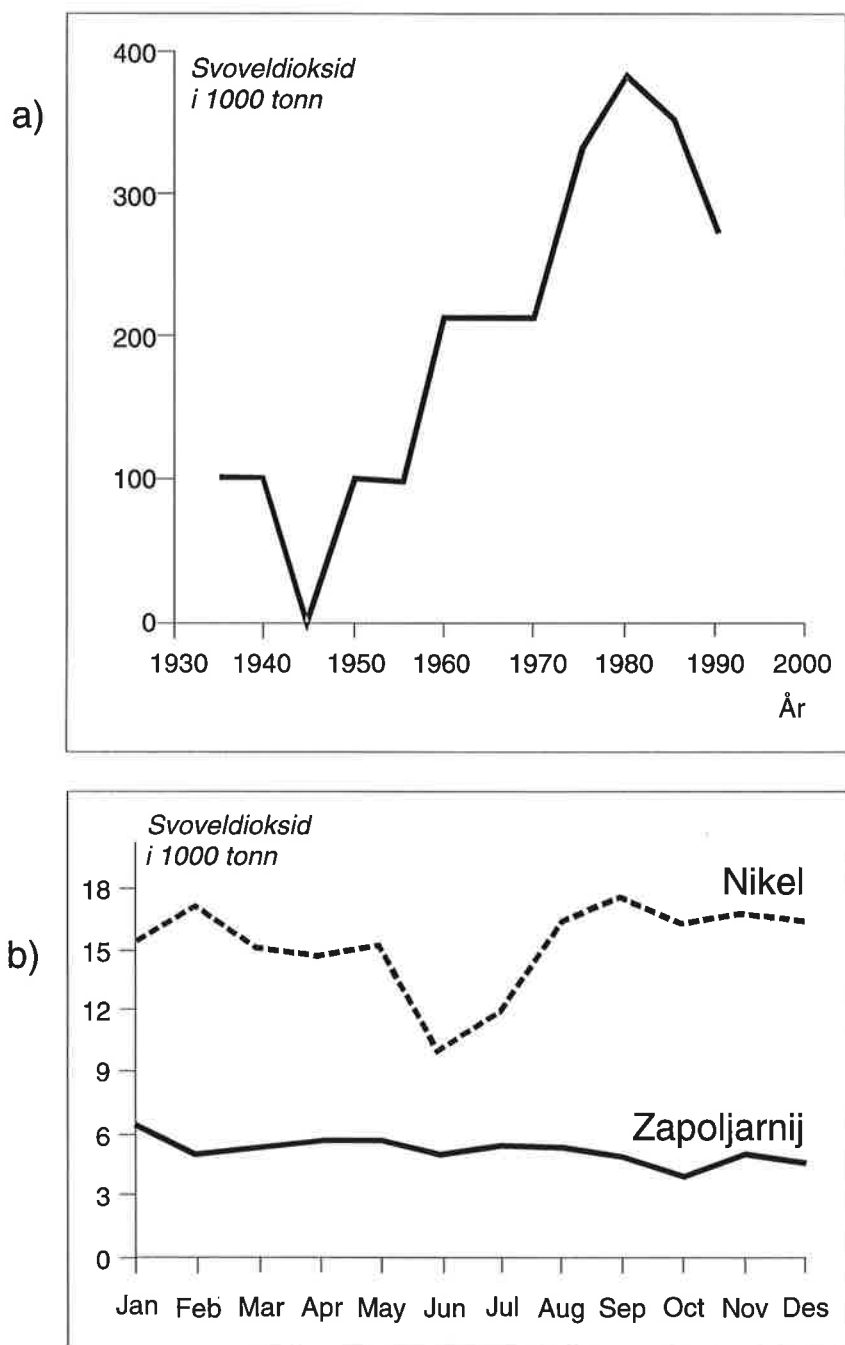
Utslippene for episodene er skalert ut fra månedlige utslipp i 1990, og utslippene for det året det ønskes å beregne for. Det er tildels store usikkerheter i utslippsmaterialet. Dette vil påvirke estimatene for beregnings-periodene og kan føre til feil i de beregnete konsentrasjonene. Betydningen av usikkerheten i utslippene er større for episode-beregningene enn for beregningene av halvår- og årsmiddelkonsentrasjonene, fordi utslippene for episodene er mer avhengig av kortvarige produksjonsvariasjoner.

Tabell 1: Maksimale utslipp av SO<sub>2</sub> fra industrielle kilder i Nikel, Zapoljarnij og Kirkenes i 1989.

Kilde nr.	Utslipp av SO <sub>2</sub> (g/s)	Skorsteins-høyde (m)	Tempera-tur (K)	Utslipps-hastighet (m/s)	Skorsteins-diameter (m)	Sted
1	364	35	292	3,0	6,5	Nikel
2	11	32	292	3,4	3,2	Nikel
3	69	30	292	6,9	1,4	Nikel
4	27	35	292	2,9	4,2	Nikel
5	71	30	292	3,6	1,8	Nikel
6	107	35	292	3,6	4,2	Nikel
7	71	35	292	2,2	11,4	Nikel
8	14	10	292	23,4	0,8	Nikel
9	27	35	292	2,3	3,0	Nikel
10	34	35	292	6,6	2,0	Nikel
11	7	30	292	7,9	1,2	Nikel
12	17	30	292	7,5	1,0	Nikel
13	5	30	292	8,9	0,6	Nikel
14	5	30	292	8,9	0,6	Nikel
15	5	40	292	1,0	3,8	Nikel
16	7	20	342	12,0	0,8	Nikel
17	7	20	292	0,4	4,0	Nikel
18	23	15	372	10,5	1,3	Nikel
19	21	15	372	10,5	1,3	Nikel
20	14	20	292	11,1	0,8	Nikel
21	11	20	292	18,7	0,9	Nikel
22	34	15	292	18,8	1,5	Nikel
23	139	10	292	1,7	1,8	Nikel
24	20	30	292	8,4	0,8	Nikel
25	243	32	292	10,6	2,6	Nikel
26	27	35	292	8,9	2,0	Nikel
27	17	30	292	9,8	1,2	Nikel
28	34	30	292	6,2	2,0	Nikel
29	30	23	292	12,1	1,7	Nikel
30	7	30	292	7,9	1,2	Nikel
31	3	30	292	11,7	0,8	Nikel
32	47	30	292	16,3	1,6	Nikel
33	1286	150	392	8,8	5,0	Nikel
34	3549	160	372	10,2	6,0	Nikel
35	1202	160	392	6,6	6,0	Nikel
36	14	40	292	13,8	0,6	Nikel
37	5	40	292	9,9	1,2	Nikel
38	7	40	292	23,1	0,8	Nikel
39	32	90	373	3,0	4,0	Nikel
40	5260	100	390	14,1	4,0	Zapoljarnij
41	171	80	453	14,2	3,1	Zapoljarnij
42	83	90	433	6,0	3,5	Zapoljarnij
43	27	30	390	10,0	4,0	Kirkenes

Utslippene av tungmetaller (nikkel og kopper) er estimert ut fra opplysninger gitt for de enkelte anleggene. Utslippene er gitt som middelutslipp over året. Det er

regnet på 15 punktutslipp for kopper og 26 kilder for nikkel i fabrikkannleggene. De fleste kildene er fra smelteverket i Nikel.



Figur 1: a) Samlet årsutslipp av svoveldioksid fra Nikel og Zapoljarnij for beregningsårene (Traaen et al., 1992).

b) Utslipp fordelt på måneder for Nikel og Zapoljarnij for 1990 (Ryaboshapko, 1993).

Tabell 2 viser beliggenhet, utslipp og kilde karakteristikk for kildene med utslipp av nikkel for 1989.

Tabell 2: Utslipp av nikkel fra kilder i Nikel og Zapoljarnij fordelt på kilder for 1989.

$Q$  = utslippsrate (g/s);  
 $HS$  = skorsteinshøyde (m);  
 $TS$  = avgasstemperatur (K);  
 $w$  = gassutslippets hastighet (m/s);  
 $D$  = pipediameter (m);  
 $BH$  = bygningshøyde (m);  
 $BB$  = bredde (m).

Oversikt over utslipp av Ni brukt i langtidsmiddelberegninger									
Navn	X	Y	Q Ni (g/s)	HS (m)	TG (K)	W (m/s)	D (m)	BH (m)	BB (m)
Nikel-1	391100	702400	2,370	150	392	8,8	5,0	0	0
Nikel-2	391230	702460	4,140	160	372	10,2	6,0	0	0
Nikel-3	391030	702580	1,003	160	392	6,6	6,0	0	0
Nikel-7	391080	702310	0,130	40	292	23,1	0,8	25	50
Nikel-8	391080	702310	0,193	40	291	9,9	0,6	25	50
Zapol-2	413000	703000	15,960	100	390	14,1	4,0	0	0
Zapol-1	413000	703000	0,073	40	363	12,2	1,2	25	50
Zapol-2	413000	703000	1,102	40	363	10,4	1,2	25	50
Zapol-2	413000	703000	0,104	60	303	11,1	1,2	25	50
Zapol-2	413000	703000	0,115	60	303	13,9	1,2	25	50
Zapol-2	413000	703000	0,910	30	285	4,9	2,7	25	50
Zapol-2	413000	703000	0,168	22	295	1,1	6,4	22	50
Zapol-2	413000	703000	0,108	22	295	1,2	6,4	22	50
Nikel-4	391030	702580	0,161	28	293	0,5	4,0	25	50
Nikel-6	391030	702580	0,035	28	293	0,5	2,2	25	50
Nikel-8	391155	702370	0,106	32	292	10,6	2,6	25	50
Nikel-9	391155	702380	0,159	35	292	3,0	6,5	25	50
Nikel-1	391160	702410	0,033	32	292	3,4	3,2	25	50
Nikel-1	391140	702520	0,099	30	292	6,9	1,4	25	50
Nikel-2	391140	702530	0,033	35	292	2,9	4,2	25	50
Nikel-2	391115	702500	0,363	30	292	3,6	1,8	25	50
Nikel-4	391125	702480	0,078	35	292	3,6	4,2	25	50
Nikel-5	391125	702575	0,045	35	292	2,2	11,4	25	50
Nikel-9	391200	702245	0,032	20	343	10,5	0,9	20	50
Nikel-9	391200	702245	0,043	15	291	13,2	1,7	15	50
Nikel-2	391175	702540	0,030	30	303	16,4	1,6	25	50

Ved å anta at utslippene er konstant i tid over året, er utslippene av nikkel estimert til ca. 870 tonn pr.år og utslippene av kopper ca. 550 tonn pr. år.

Det er foretatt spredningsberegninger for episoder med høye SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner på norsk side av grensen. Episodene det her er beregnet for er 26.-27. juli 1991, 1.-3. april 1992, og 27.-28. juni 1992. Utslippene er skalert etter utslippene for det

aktuelle året og for fordelingen på måneder som gitt for 1989 og antas å være de beste estimatene av utslipp som er tilgjengelige. Utslippene er holdt konstante innenfor hver beregningsperiode. Tabell 3 gir det totale SO<sub>2</sub> utslippet for de forskjellige kildene for vinteren og sommeren 1992.

Tabell 3: Utslipp av SO<sub>2</sub> fra de forskjellige kildene i Nikel og Zapoljarnij for vinteren og sommeren 1992.

Skorstein	Utslipp sommer 92 (g/s)	Utslipp vinter 92 (g/s)	Skorsteins-høyde (m)	Temperatur gass (K)	Skorsteins-diameter (m)
Nikel-1	830,3	1162,4	150	392	5,0
Nikel-2	2348,7	3285,4	160	372	6,0
Nikel-3	802,7	1123,8	160	392	6,0
Nikel-277	30,9	43,3	90	372	4,0
Nikel 75-79,87-89	13,9	19,5	40	372	2,0
Zapol-1	2208,9	3092,5	100	390	4,0
Zapol-2	131,3	183,8	80	453	4,0
Kirkenes	18,3	25,6	30	400	4,0
Nikel-9	197,5	276,5	35	292	6,5
Sum Nikel 1	318,8	446,3	35	292	3,6
Sum Nikel-2	99,5	139,3	10	292	2,2
Nikel-8	135,8	190,1	32	292	2,6

### 3. Beregninger av langtidskonsentrasjoner

NILUs spredningsmodell CONDEP, som er en multippel-kilde gaussisk-modell, er brukt til å beregne konsentrasjonsfordelinger av SO<sub>2</sub> midlet over sesonger og år. Modellen bruker middelutslipp for henholdsvis sesong og år, og kopler dette sammen med statistikk av spredningsparametre for å fremskaffe konsentrasjonsfordelinger.

Modellen er beskrevet av Bøhler (1987). En kort beskrivelse finnes i vedlegg D.

Beregningene av langtidsmiddelkonsentrasjoner er delt inn i to deler. Den første delen inneholder sesongmiddelkonsentrasjoner og den andre inneholder middelkonsentrasjoner for ett år. Sesong middelkonsentrasjonene er delt opp i sommer- og vintersesong, og tar for seg de 2 tre-måneders periodene juni-august og desember-februar. Dette er for å kunne skille ut vekstsesongen for planter. Årskonsentrasjonene er beregnet for å se på utviklingen av konsentrasjonen i området generelt over tid. Utslippene som inngår i beregningene er beskrevet i tabell 1. Resultatene er presentert som iso-linjekart for SO<sub>2</sub> konsentrasjoner, og som en sammenligning av beregnede og observerte konsentrasjoner. Denne sammenligningen er for å gi et mål på hvor gode modellberegningene er.

Med de usikkerhetene som ligger i utslippdataene, og representativiteten i de meteorologiske dataene målt ved to stasjoner i hele området, viser de beregnede langtidsmiddelkonsentrasjonene et godt bilde av den generelle fordelingen av SO<sub>2</sub> i området. De største usikkerhetene i konkrete reseptorpunkter ligger vestover fra

Nikkel, der gradientene er store. Her (ved Svanvik/Holmfoss) er det også størst avvik mellom beregnede og observerte konsentrasjoner.

### 3.1 Beregninger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for vintrene 1974/75, 1978/79 og 1984/85 og somrene 1975, 1979 og 1985

Beregningene av sesongmiddel-konsentrasjoner bygger på data for årene 1974, 1975, 1978, 1979 og 1985. De meteorologiske dataene som er tilgjengelig for perioden inneholder ikke alle parametrene som er nødvendig for å foreta spredningsberegningene. Dette gjelder i første rekke atmosfærisk stabilitet. Det har derfor vært nødvendig å konstruere frekvensmatriser for meteorologi ut fra den kunnskap som eksisterer om spredningsforholdene i området. Utslippene fra de to verkene Nikel og Zapoljarnij kan i hovedsak deles inn i høye og lave kilder. Skillet mellom høye og lave kilder er satt til 40 meter.

Spredningen fra de lave kildene er best representert ved meteorologiske forhold målt ved Svanvik, og data fra denne stasjonen ble benyttet ved spredningsberegninger for de lave kildene. Det ble imidlertid ikke gjort meteorologiske målinger i Svanvik i 1974/75, og det ble her benyttet middelverdier for målinger fra Svanvik i perioden 1989-1992.

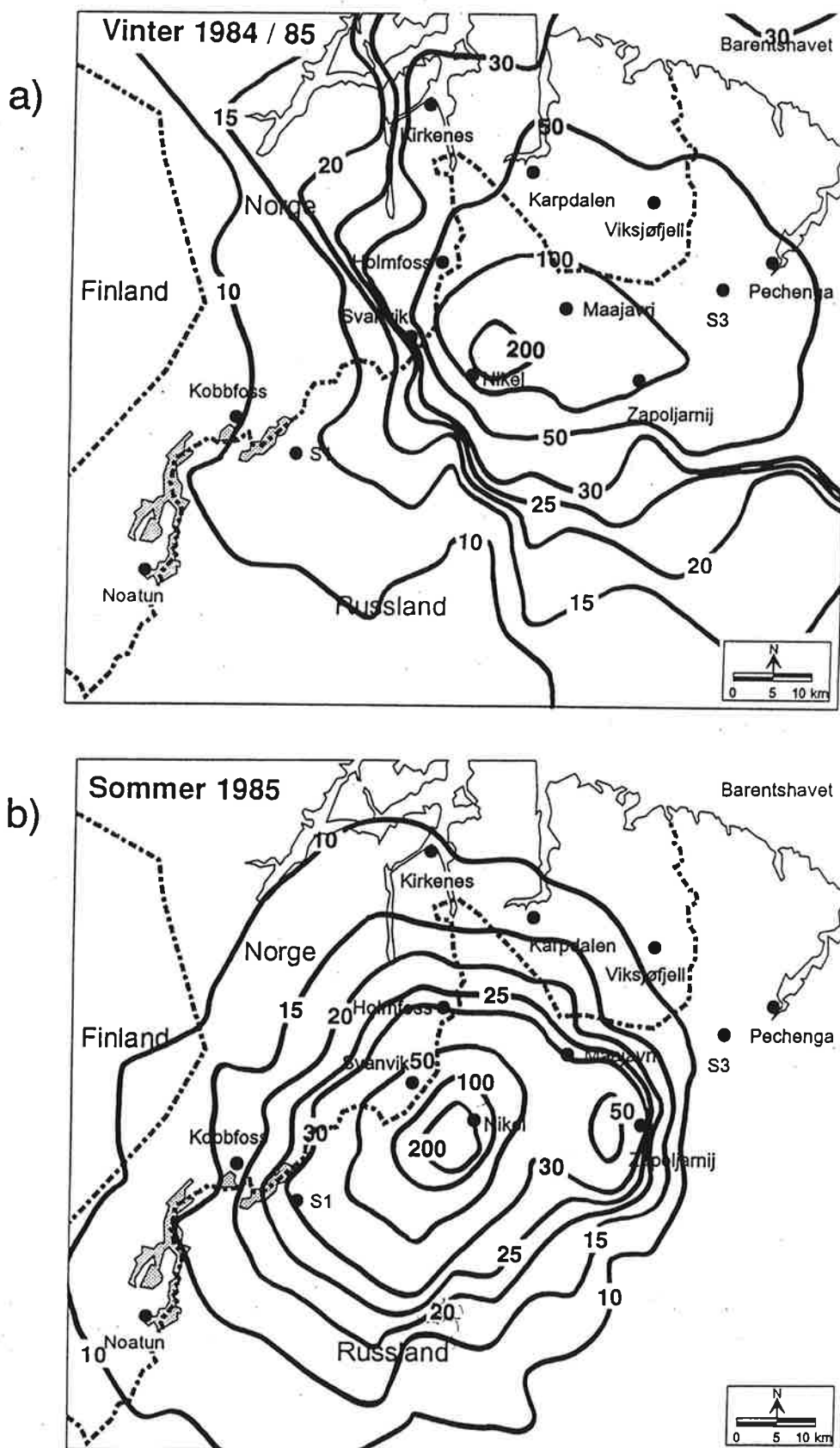
Røyk fra de høye kildene transporteres høyere opp i atmosfæren. Tidligere beregninger viser at de mest representative vindforholdene blir målt ved Viksjøfjell. Målingene på Viksjøfjell startet i 1989. For å estimere fordelingen av vind og stabilitet for 1975, 1979 og 1985 er det brukt klimadata fra Det norske meteorologiske institutts (DNMI) værstasjon ved Høybuktmoen (Kirkenes lufthavn). De bearbejdede frekvensmatrisene er gjengitt i vedlegg A.

Figur 2 viser konsentrasjonsfordelingen av SO<sub>2</sub> for sommeren 1985 og vinteren 1984/85. Beregningene viser at de høyeste konsentrasjonene (>100 µg/m<sup>3</sup>) forekommer innenfor 10-20 km fra smelteverkene inne på russisk område. Arealet, som overskrider 100 µg/m<sup>3</sup>, er større om vinteren enn om sommeren.

Konsentrasjonsfordelingen i sommersesongen for de tre somrene det er beregnet for (1975, 1979 og 1985) er relativt like (se vedlegg A; figur A2, A4 og A6). Det er et maksimum litt vest sør-vest for Nikel med en konsentrasjon på 200 µg/m<sup>3</sup>. Beregningene viser at den største konsentrasjonen i Norge kommer ved Svanvik og er av størrelsesorden 50-75 µg/m<sup>3</sup>. Konsentrasjonene avtar relativt raskt inn i Norge.

Beregningene av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for vintersesongen viser en sterk gradient vestover fra Nikel. De maksimale konsentrasjonene er nordøst for Nikel og er på 200 µg/m<sup>3</sup>. Den høyeste konsentrasjonen i Norge er i nærheten av Svanvik og er mellom 50 og 100 µg/m<sup>3</sup>.

Grenseområdet sør for Karpdalen og Viksjøfjell er generelt mye mer belastet i vintersesongen enn i sommersesongen. (Se figur A1-A6). Resultatene fra alle beregningene ligger i vedlegg A.



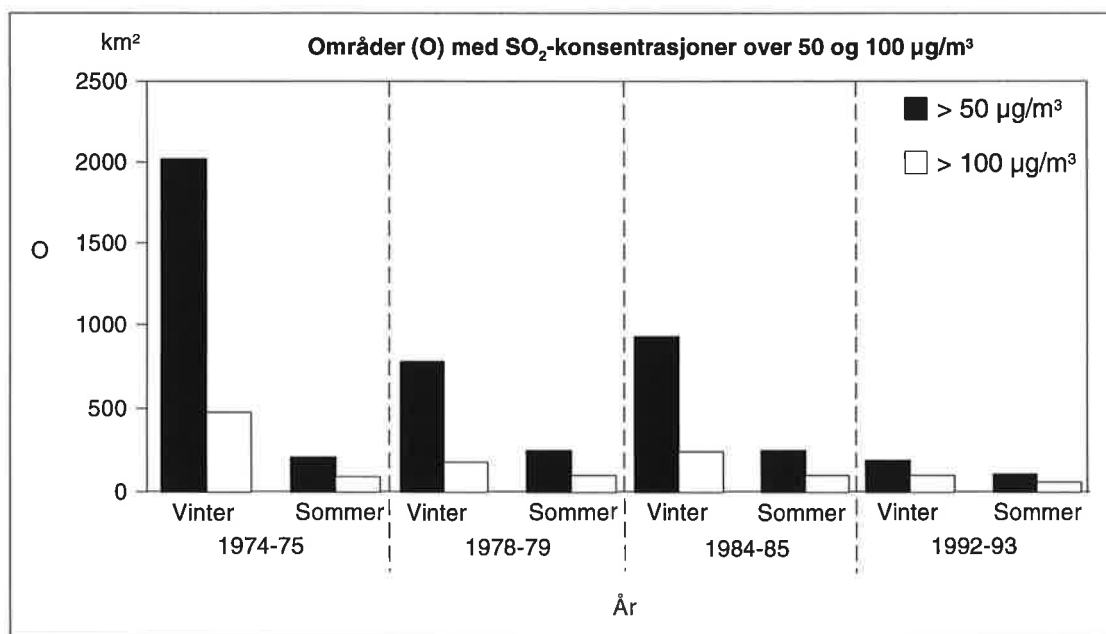
Figur 2: Beregninger av sesong-middelskonsentrasjoner av  $SO_2$  ( $\mu g/m^3$ ) for  
 a) vintersesongen 1984/85.  
 b) sommersesongen 1985.

### 3.2 Svoveldioksid-utvikling i tid

For å kunne se på utviklingen i tid av  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonsfordelingen, har fire år blitt valgt ut for en slik analyse i perioden 1974-1993. Arealene som belastes av konsentrasjoner over gitte grenser er analysert for de fire årene 1975, 1979, 1985 og 1993. De er alle delt inn i sommer- og vintersesonger.

Figur 3 viser arealutbredelse i  $\text{km}^2$  av  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner større enn  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og større enn  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for de forskjellige sesongene. Området som er utsatt for  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  har fra 1974 til 1993 blitt redusert med 59% for sommeren og 90% for vinteren. Det største området med  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ble registrert i 1975. I løpet av vinteren 1974/75 ble et totalt areal på mer enn  $2000 \text{ km}^2$  påvirket av  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dette området har blitt redusert til kun  $173 \text{ km}^2$  i 1992/93. Området innlemmer nå stasjonene Nikel, Maajavri, Svanvik og Holmfoss.

En nesten like stor areal-reduksjon av  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner over  $50$  og  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er registrert også for sommersesongen. Områdene med  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  var i 1992 redusert til en avstand mindre enn  $10 \text{ km}$  fra smelteverkene.



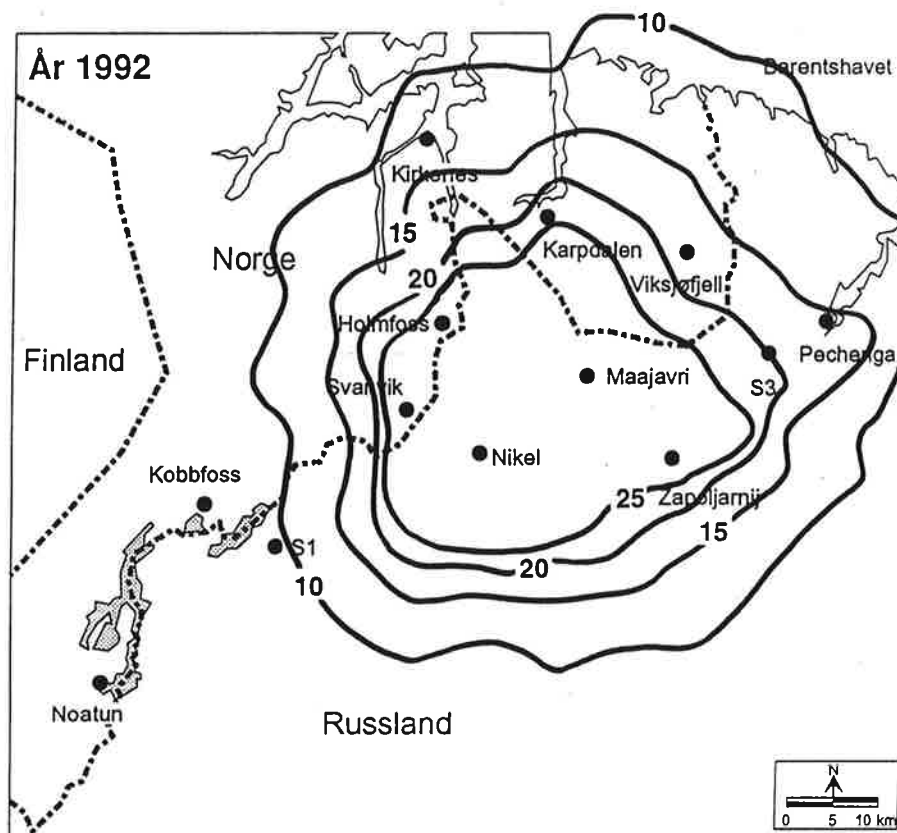
Figur 3: Områder med  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for vinter- og sommersesongene i årene 1975, 1979, 1985 og 1993.

### 3.3 Beregninger av konsentrasjoner for årene 1989, 1990, 1991 og 1992.

Det er gjort spredningsberegninger for  $\text{SO}_2$  for årene 1989, 1990, 1991 og 1992. Disse spredningsberegningene bygger på utslipp slik det er beskrevet i kapittel 2, og på meteorologiske målinger foretatt på Viksjøfjell og Svanvik. (For høye kilder er det brukt vind fra Viksjøfjell og for lave kilder er det brukt vind fra Svanvik. Skillet mellom høye og lave kilder går ved  $40 \text{ meter}$  skorstein). De meteorologiske frekvensfordelings-matrisene er i sin helhet gjengitt i vedlegg B. Vedlegget inneholder også alle beregningene.



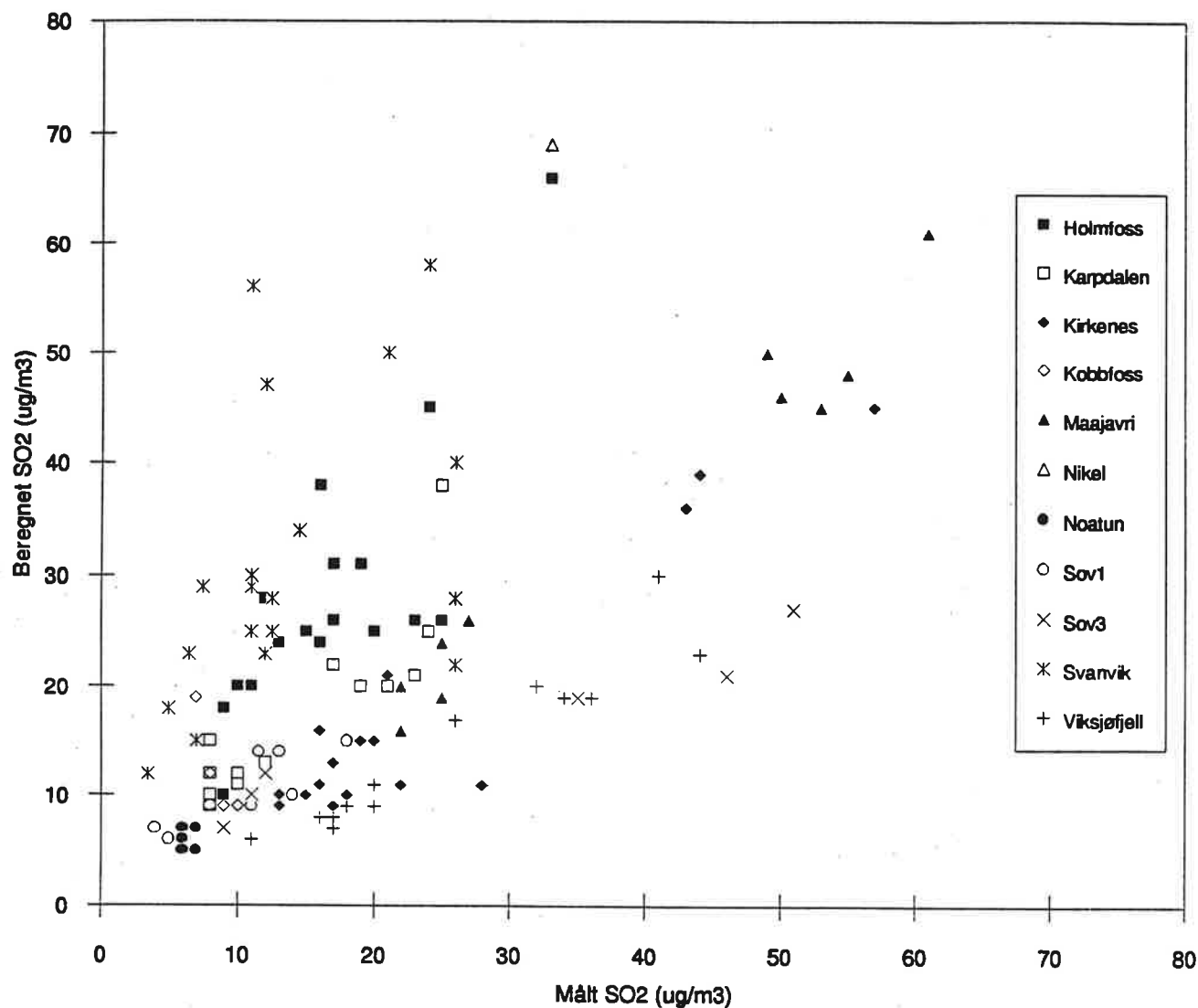
Figur 4 viser konsentrasjonsfordelingen av  $\text{SO}_2$  midlet over året for 1992. Konsentrasjonsfordelingen viser at de største konsentrasjonene kommer på russisk side av grensen. De mest belastede områdene i Norge er beregnet å forekomme mellom Svanvik og Holmfoss, og mellom Karpdalen og Viksjøfjell. Konsentrasjonsfordelingen varierer lite fra år til år for de årene det er gjort beregninger for. (Se figur B1-B4.)



Figur 4: Figuren viser konsentrasjonsfordelingen av  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) midlet over året 1992.

Beregningsresultatene er også sammenlignet med målingene. Dette er gjort ved å plote observerte mot beregnede verdier i målepunktene. Figur 5 viser resultatene av sammenligningen. Beregningsgrunnlaget er 125 par med beregnede og observerte konsentrasjoner. Korrelasjonen mellom beregnede og målte verdier er for alle dataene 0.6. Det er forskjell i korrelasjonen på de forskjellige stasjonene.

Stasjonene Maajavri og Kirkenes har godt samsvar mellom målte og beregnede verdier. Ved Svanvik er de beregnede konsentrasjonene høyere enn de målte. Dette skyldes at det i dette området er sterkere gradienter. Den modellen som er brukt blir da ikke følsom nok for små endringer i vindretningen. Viksjøfjell og Sov3 har høyere målte verdier enn beregnete.



Figur 5: Sammenligning av observerte og beregnede årsmiddelkonsentrasjoner ved de 11 målestasjonene i 4 utvalgte år.

Slike forskjeller vil alltid oppstå fordi modellen ikke tar hensyn til terreffeffer, og fordi det ikke er antatt inhomogene meteorologiske forhold i modellen. Stasjonen Viksjøfjell ligger på toppen av et ca. 400 m høyt fjell. Dette fører til at stasjonen der er mer eksponert enn om den hadde ligget i samme nivå som utslippene. Svanvik ligger i et område med sterke gradienter. Modellen beregner konsentrasjoner ut fra klassifisering av meteorologi i 30 graders sektorer. Dette kan lett føre til at gradientene i konsentrasjonsfordelingene blir forskjøvet noe. En slik forskyvning vil få stor innvirkning på den beregnete verdien for Svanvik. Beregningene tyder på at den estimerte gradienten i konsentrasjonskartet ligger for langt mot vest. Dette gjenspeiler seg i målingene på Holmfoss hvor det også blir høyere beregnete enn målte verdier.

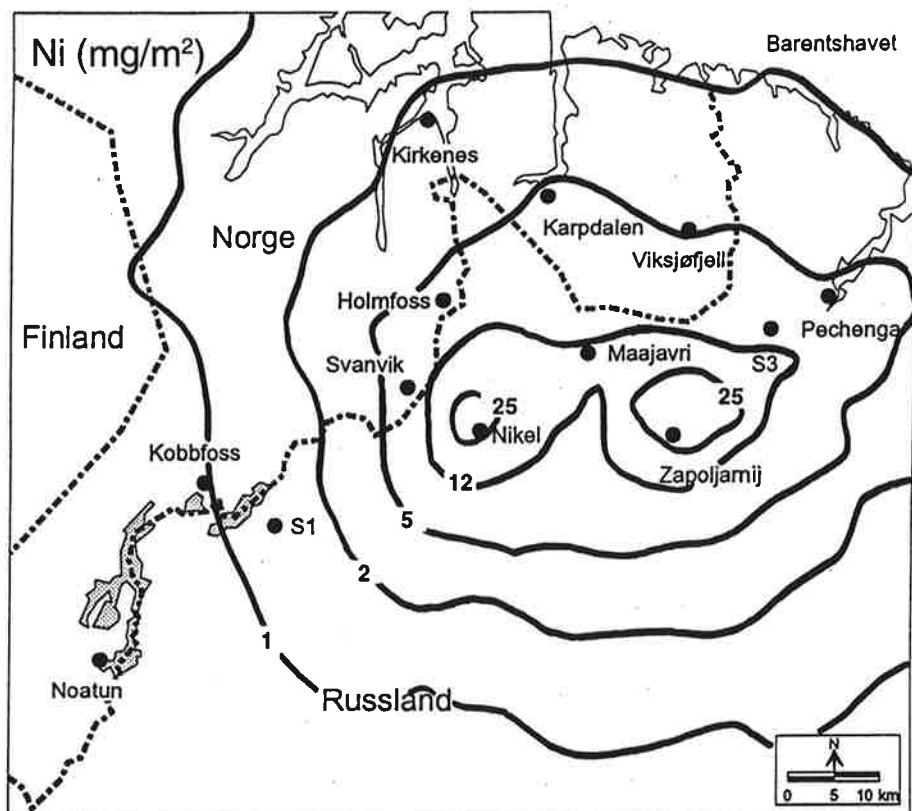
Resultatene fra beregningene må betraktes som gode når en tar i betraktning den enkle beskrivelsen av transport av forurensning, som vi vet påvirkes av terrenget og de relativt store avstandene til målestasjonene.

#### 4. Tørravsetning av nikkel og kopper

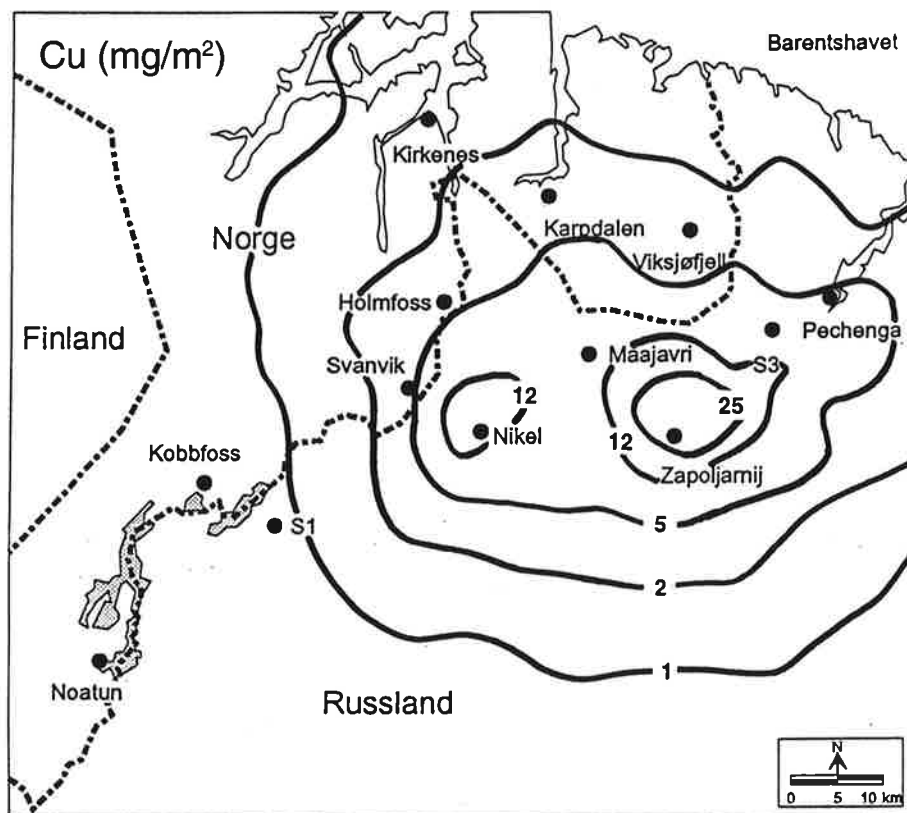
Det er utført beregninger for avsetning av kopper og nikkel for somrene 1990, 1991 og 1992. Utslippene er hentet fra tabell 2, og er representative for 1989. I beregningene er utslippene for 1989 antatt like store som utslippene i 1990, 1991 og 1992. Meteorologiske data for de aktuelle årene er benyttet. Frekvensmatrisene for spredningsparametrene er gjennnitt i vedlegg A. Tabell 4 viser den antatte partikkelfordelingen som er brukt i beregningene. Denne ble først presentert av Sivertsen et al. (1991).

Tabell 4: Størrelsesfordeling (ekvivalent partikkeldiameter  $x$ ) av kopper- og nikkelpartikler brukt i depositionsregningene.

Partikkelstørrelse	Avsetningshastighet	Andel masse av støvet
$x < 2 \mu\text{m}$	0.05 cm/s	15%
$2\mu\text{m} < x < 5 \mu\text{m}$	0.7 cm/s	35%
$5\mu\text{m} < x < 10 \mu\text{m}$	1.0 cm/s	35%
$10\mu\text{m} < x < 20 \mu\text{m}$	2.0 cm/s	10%
$20 \mu\text{m} < x$	2.5 cm/s	5%



Figur 6: Beregnet tørr-avsetning av nikkel for sommeren 1992. ( $\text{mg}/\text{m}^2$  pr. 3 mnd.).



Figur 7: Beregnet tørr-avsetning av kopper for sommeren 1992. ( $\text{mg}/\text{m}^2$  pr. 3 mnd.).

Figur 6 viser beregnet avsetning av nikkel for sommeren 1992. Beregningene viser at den største avsetningen kommer nær utslippene. Innenfor 5-8 km fra verkene i Nikel og Zapoljarnij er avsetningen beregnet til 25 mg/m<sup>2</sup> pr. sommer. Avsetninger større enn 5 mg/m<sup>2</sup> pr. 3 mnd. over norsk område er beregnet å forekomme i området rundt Svanvik/Holmfoss og ved Viksjøfjell/Karpdalen. Kirkenes og hele området vest og sørvest for Kirkenes mot den russiske grensen er beregnet å ligge i et område hvor de estimerte avsetningene av Ni er høyere enn 2 mg/m<sup>2</sup> pr. sommer.

Figur 7 viser estimert avsetning av kopper for sommeren 1992. Beregningene viser at den største avsetningen kommer nær Zapoljarnij, hvor det er størst utslipp. Avsetningen rundt Zapoljarnij er beregnet til 25 mg/m<sup>2</sup> pr. sommer og avsetningen rundt Nikel er beregnet til 12 mg/m<sup>2</sup> pr. sommer. Avsetningen av kopper over norsk område er mindre enn for nikkel. På norsk side er det bare små områder rundt Svanvik og grenseområdet til Russland, sør for Karpdalen og Viksjøfjell, som har beregnete verdier over 2 mg/m<sup>2</sup> pr. sommer. Avsetningen i sommersesongen ved Kirkenes er estimert til mellom 1 og 2 mg/m<sup>2</sup> pr. 3 måneder.

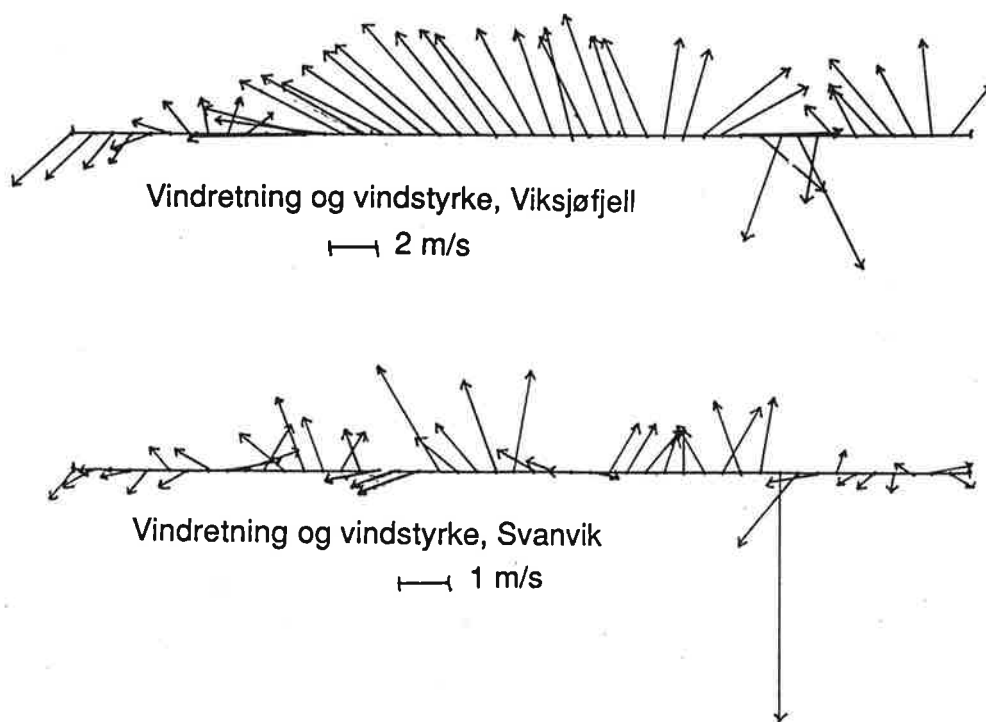
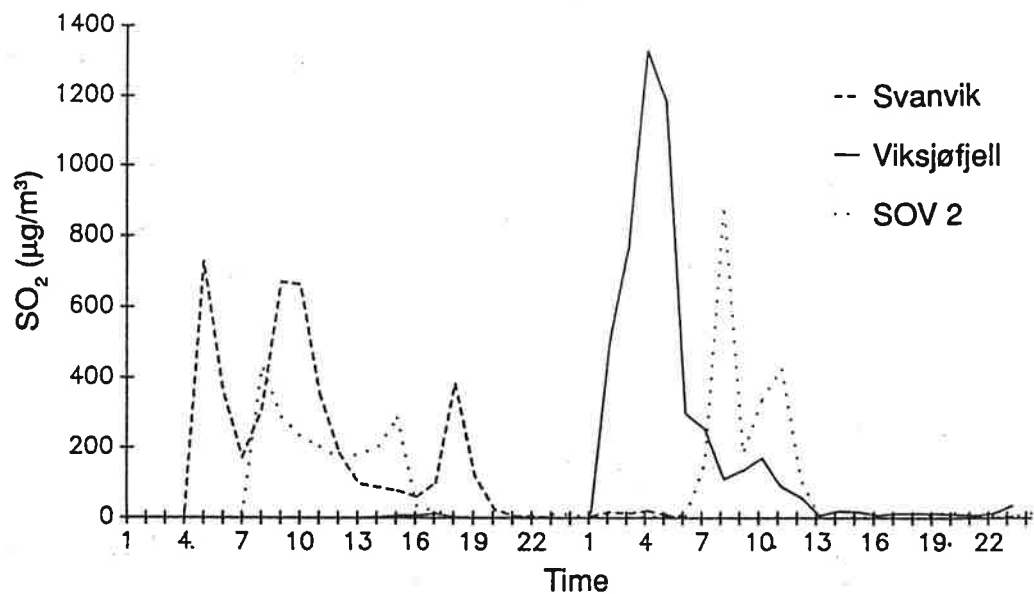
## 5. Episodeberegninger

Det er utført spredningsberegninger av SO<sub>2</sub> for episoder hvor det er målt høye konsentrasjoner. For 1991-92 er det valgt ut tre episoder; en vårsituasjon og to sommersituasjoner. Det foreligger ikke utslippsmålinger i området for de aktuelle tidsperiodene. Derfor er disse estimert slik det er beskrevet i kapittel 2. Utslippene er holdt konstante i periodene det er beregnet for. Kildene er delt opp i høye og lave kilder. For lave kilder er det benyttet vind fra Svanvik og for høye kilder er vind fra Viksjøfjell benyttet. På grunn av at røykgassene transporteres i et vindfelt og ikke ved to homogene felt er det beregnet konsentrasjoner langs en travers vinkelrett på transportretningen.

### 5.1 Episoden 26.-27. juli 1991

Figur 8 viser de meteorologiske forholdene slik de ble målt for perioden på Svanvik og Viksjøfjell. Figuren viser også timemidlete konsentrasjoner for perioden på Svanvik, Viksjøfjell og Maajavri.

På Viksjøfjell ble den høyeste timemiddelverdien målt 27.juli kl 04.00. De høye verdiene på Svanvik 26.juli forekom ved vind fra østlig og sørøstlig retning og må skyldes utslipp fra Nikel. Samtidige høye konsentrasjoner på Maajavri skyldes utslipp fra Zapoljarnij. De høye konsentrasjonene på Viksjøfjell 27.juli, med en maksimum timemiddelverdi kl 0400, forekom ved sør-sørøstlig vind og må skyldes utslippene i Zapoljarnij. Forhøyete konsentrasjoner på Maajavri senere på dagen skyldes utslipp fra Nikel, da vinden dreide mot sørvest. Måleresultatene den 26. og 27.juli demonstrerer tydelig at utslippene i både Nikel og Zapoljarnij medfører sterkt forhøyete konsentrasjoner på målestasjonene i episoder.



**Figur 8:** Målte timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> (Viksjøfjell, Svanvik, Maajavri og Nikel), vindretning og vindstyrke (Viksjøfjell og Svanvik) 26.-27.juli 1991.

De målte verdiene på Maajavri viser at konsentrasjonene kommer i topper. Det er fem konsentrasjonstopper i alt i perioden på Maajavri. De to første toppene har lengst varighet og starter kl 0700 om morgenen og varer til kl 1600 og kl 1300, henholdsvis den 26. og den 27.juli. I disse episodene viser målingene av stabilitet at atmosfæren er nøytralt og ustabilisert. Dette fører til at røykfanene lett blandes ned til bakken. Dette i kombinasjon med en transport mot målestasjonen fører til de høye konsentrasjonene som er målt. Vindretningen ved de to første konsentrasjonstopperne er skiftende. Vindretningen målt på Viksjøfjell varierer fra sør/sørvest som dreier til sørøst. Dette fører til at beskrivelsen av vindfeltet i denne perioden er dårlig definert. Den første konsentrasjonstoppen kommer i et vindskifte der vinden før toppen er øst-nordøst og etter toppen sør-sørvest. Dette fører til at røykfanene sveiper over stasjonen flere ganger.

De høyeste konsentrasjonene på Viksjøfjell ble målt natten mellom den 26. og 27.juli. Den målte konsentrasjonen på Viksjøfjell var den høyeste konsentrasjonen som ble målt i episoden og var på 1328  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

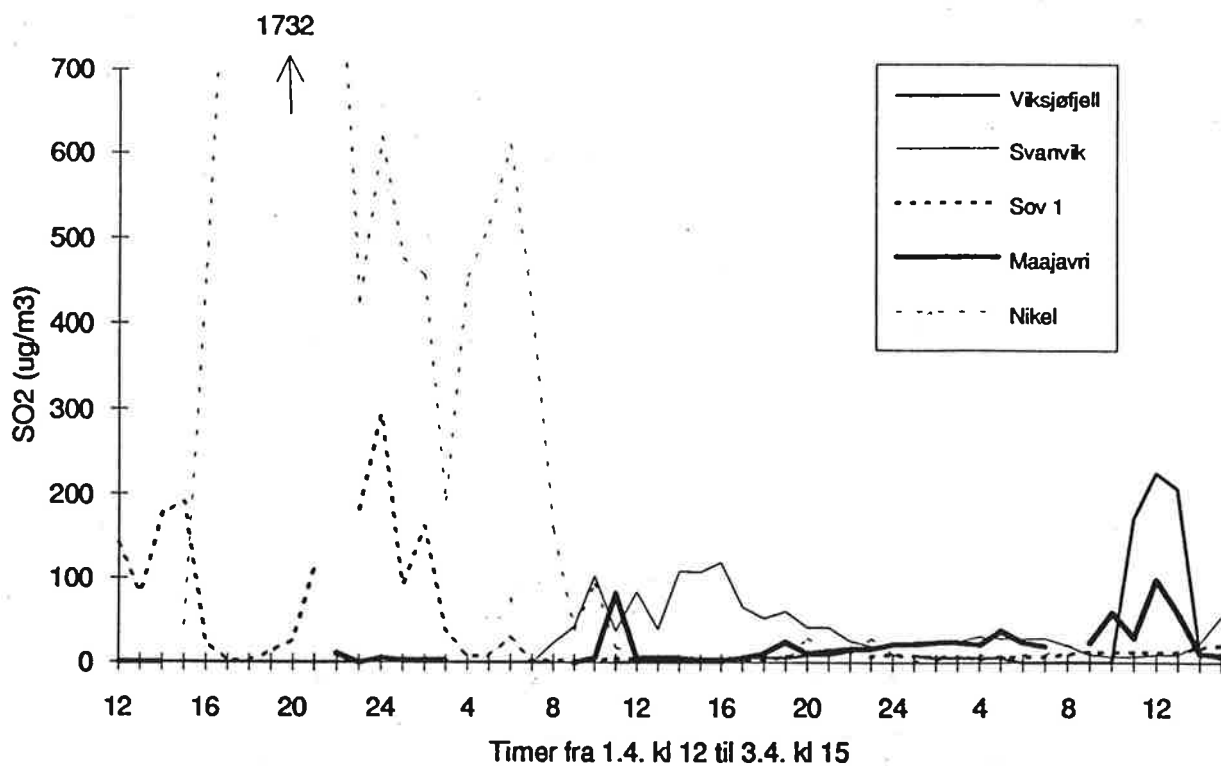
## 5.2 Episoden 1.-3. april 1992

Siste halvdel av 1.april og første halvdel av 2.april var det sterk øst-nordøstlig vind både på Viksjøfjell og Svanvik (figur 9). Dette medførte meget høye  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner lokalt i Nikel og også klart forhøyete verdier på Sov1. Moderat forhøyete verdier ble registrert i Svanvik midt på dagen den 2.april ved øst-sørøstlig vind. Forhøyete konsentrasjoner på Viksjøfjell (og i mindre grad på Maajavri) den 3.april ved sørøstlig vind skyldes antakelig utslippene i Zapoljarnij.

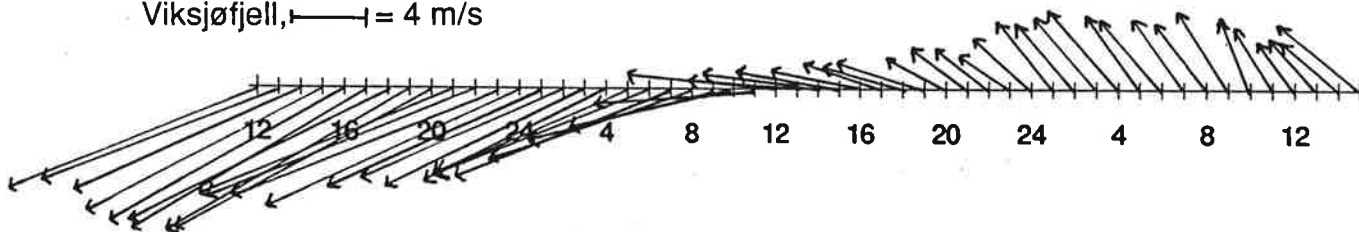
Meteorologien i denne perioden er preget av vind fra omkring øst på Viksjøfjell. Vindretningen i begynnelsen av perioden er øst-nordøst. På formiddagen den 2. avtar vinden noe på Viksjøfjell og dreier over på sørøst. Vinden på Svanvik er sterk og fra nordøstlig retning i begynnelsen av perioden. Fra kl 0800 den 2.april skjer det en vinddreining mot øst-sørøst, med påfølgende svake vinder fra varierende retninger.

$\text{SO}_2$ -konsentrasjonen på Viksjøfjell, Svanvik og Maajavri er lav og nær null til vinden snur mot sørøst på formiddagen den 2.april. Kl 0800 den 2.april har utslippene fra Nikel blitt transportert til Svanvik og konsentrasjonene holder seg på et moderat nivå på Svanvik ut perioden, med et maksimum på 119  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kl 1600 den 2.april. Disse er imidlertid noe redusert mot slutten av episoden.

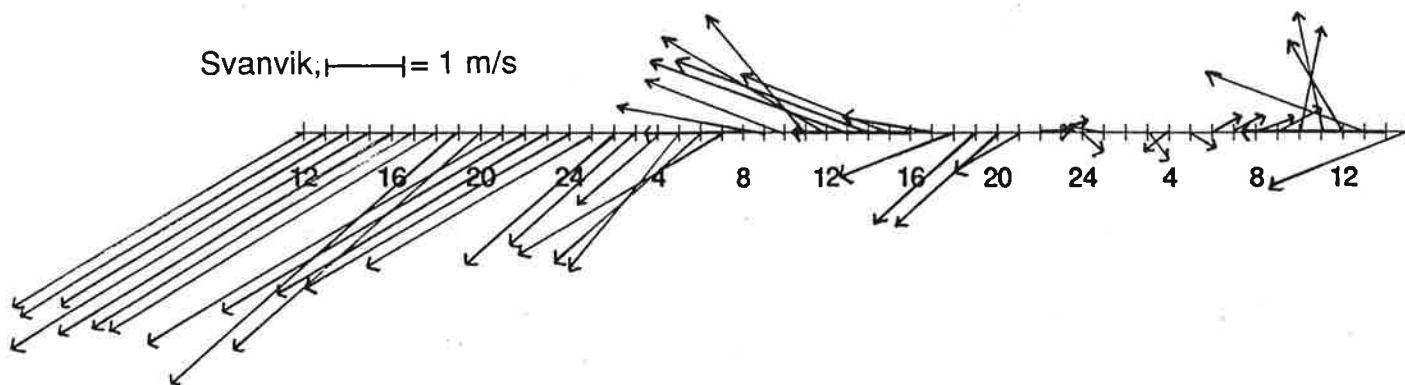
Konsentrasjonene på Maajavri er lavere enn på Svanvik og det er kun registrert tre konsentrasjonstopper på ca. 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvorav en ca. kl 1100 den 2.april og to helt i slutten av perioden. Den maksimale konsentrasjonen ble målt til 114  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kl 2000 den 3.april.



Viksjøfjell,  $\rightarrow$  = 4 m/s



Svanvik,  $\rightarrow$  = 1 m/s



Figur 9: Målte timemiddelverdier av SO<sub>2</sub> (Viksjøfjell, Svanvik, Sov 1, Maajavri og Nikel), vindretning og vindstyrke (Viksjøfjell og Svanvik) 1.-3.april 1992.

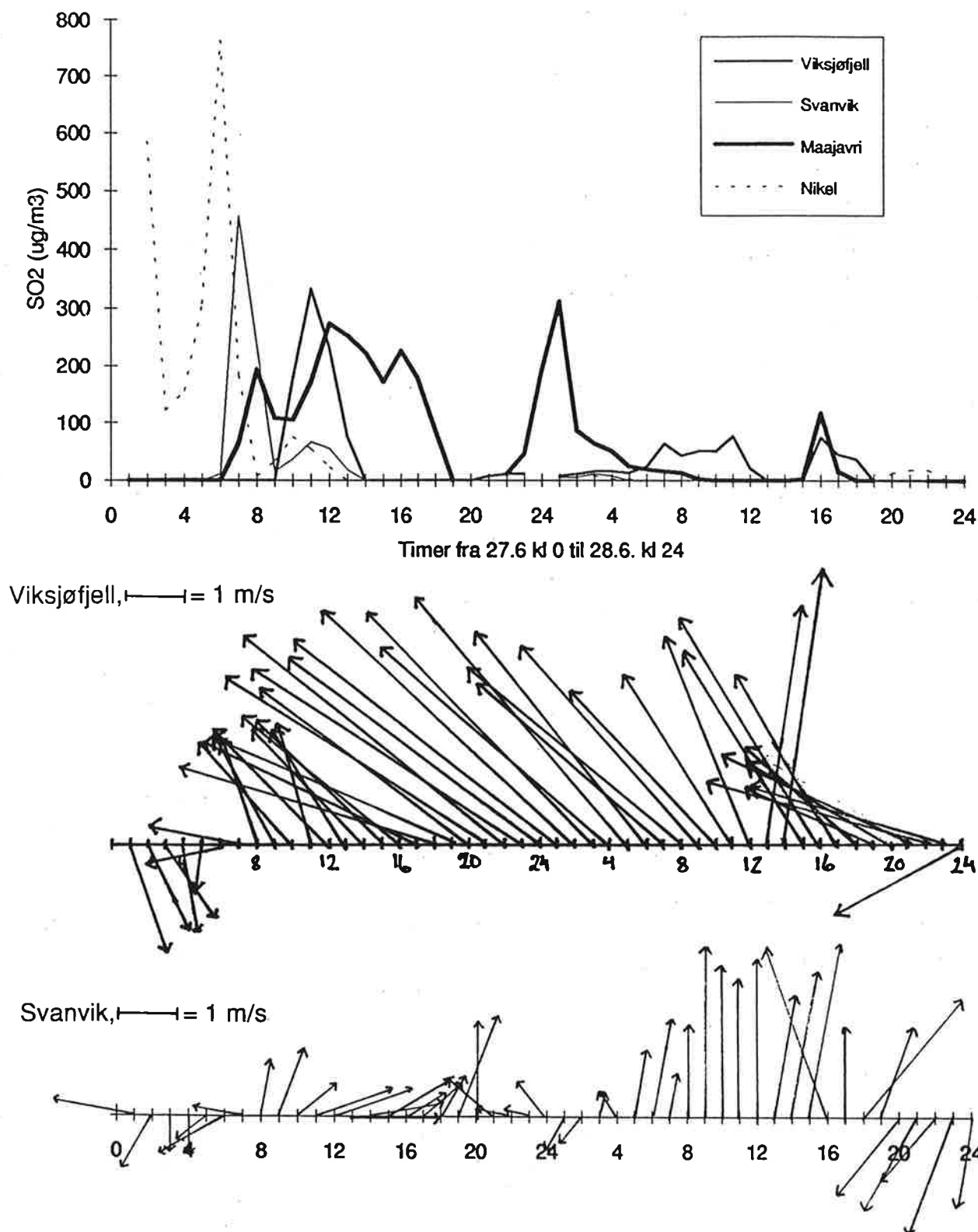


### 5.3 Episoden 27.- 28. juni 1992

Figur 10 beskriver vindretning og vindstyrke på Viksjøfjell og Svanvik i episoden, samt målte verdier av timemidlete konsentrasjoner av SO<sub>2</sub> på Viksjøfjell, Svanvik, Maajavri og Nikel.

I Svanvik ble det registrert timemidlete konsentrasjoner av SO<sub>2</sub> opp til ca. 450 µg/m<sup>3</sup> om morgenen den 27.juni, mens Viksjøfjell hadde litt over 300 µg/m<sup>3</sup> senere på dagen. Maajavri hadde også periodevis konsentrasjoner på rundt 300 µg/m<sup>3</sup>. Ut fra vinddata på Viksjøfjell er det sannsynlig at utslippene i Zapoljarnij er kilden i denne episoden. Her ble det målt vind på opp mot 6 m/s fra sørøstlig og sør-sørøstlig retning i nesten hele perioden.

Lokalt i Nikel ble det målt høyere SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner enn ved de andre stasjonene, opp mot 800 µg/m<sup>3</sup> om morgenen den 27.juni. For resten av episoden er det kun registrert en og annen svak konsentrasjonstopp i Nikel. Det er rapportert skader på vegetasjon på norsk område i slutten av juni 1992 av Ekspertgruppen for terrestriske økosystemer.



Figur 10: Målte timemiddelerverdier av SO<sub>2</sub> (Viksjøfjell, Svanvik, Maajavri og Nikel), vindretning og vindstyrke (Viksjøfjell og Svanvik) 27.-28.juni 1992.

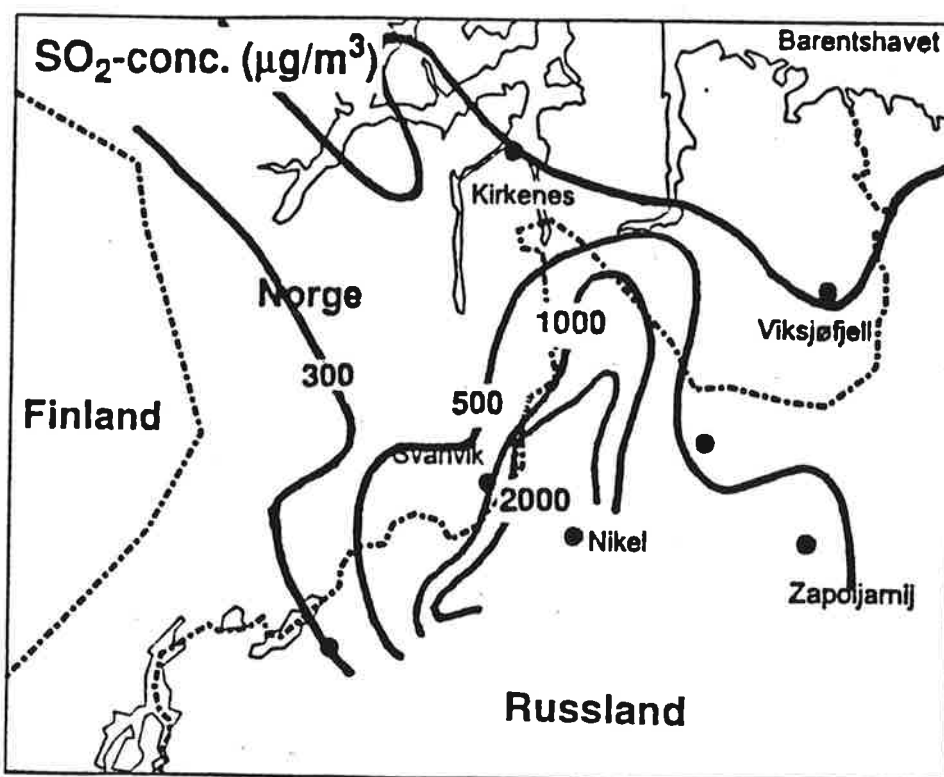
#### 5.4 Beregninger av maksimumkonsentrasjoner i området for episodene

For å kunne vurdere skader på vegetasjon er det foretatt beregninger av maksimale  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner på forskjellige posisjoner i beregningsområdet, uten å ta hensyn til når i episoden dette forekommer. Beregningene er utført ved hjelp av en numerisk modell "EPISODE" utviklet ved NILU. En kort beskrivelse av modellen er presentert i Vedlegg D.

Resultatet av beregningene er vist i figurene 11, 12 og 13.

##### *Episode 26. -27. juli 1991.*

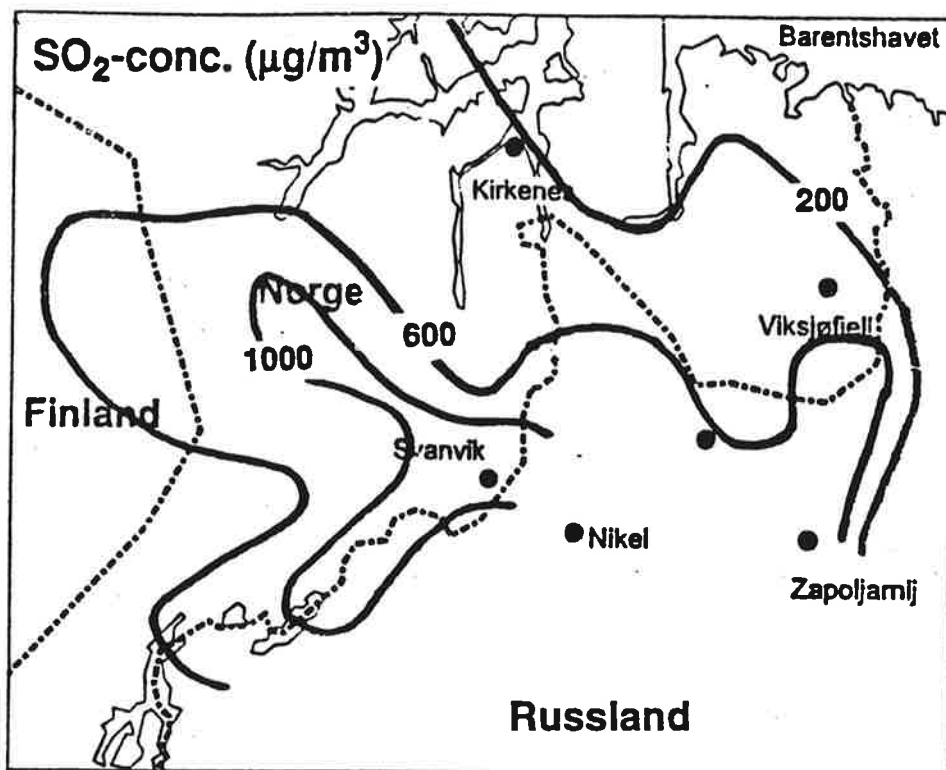
De høyeste timemiddelkonsentrasjonene er beregnet i denne episoden. De maksimale timemiddelkonsentrasjonene er på mer enn  $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (figur 11). Dette området ligger i sin helhet inne på russisk territorium. På norsk område er det ikke beregnet konsentrasjoner over  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Iso-linjen for  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  følger grensen mellom Norge og Russland fra sør for Svanvik til Maajavri. Det er en sterk gradient langs grensen.



Figur 11: Maksimale timemiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) beregnet for den timen som gir høyest konsentrasjon i hvert av et antall valgte reseptorpunkter i området for episoden 26.-27. juli 1991.

### *Episode 1.-3. april 1992*

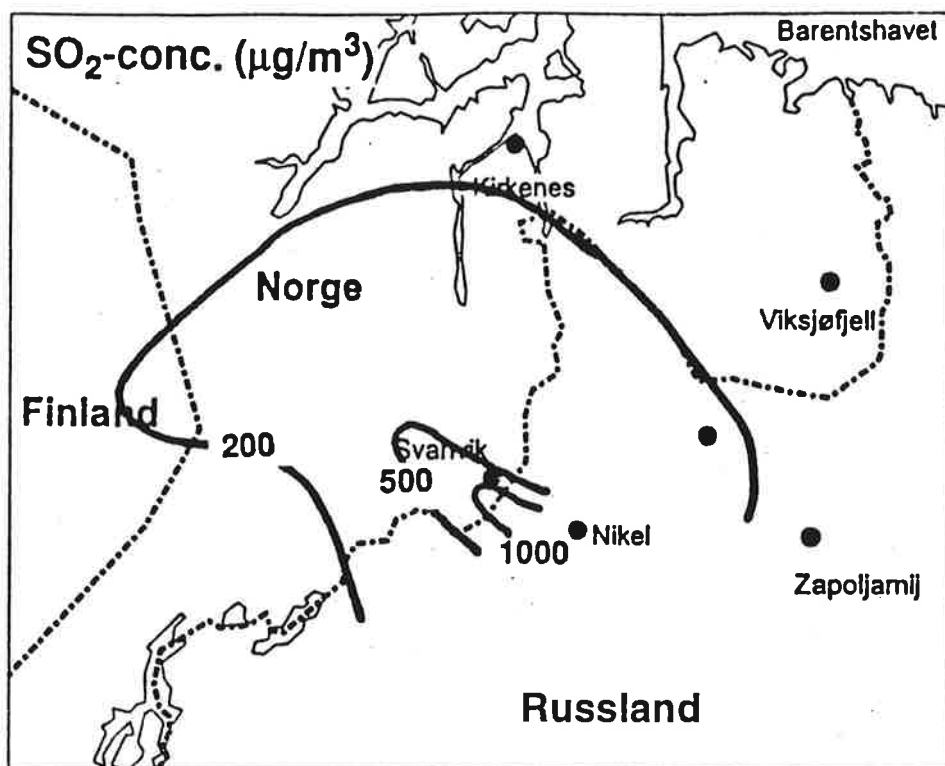
Beregningene viser at estimerte konsentrasjoner over  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  forekommer langt inn på norsk område for episoden 1.-5.april 1992 (figur 12). Det mest belastete området er vest for Nikelverkene og strekker seg nordvestover fra Svanvik, og sørvest fra Svanvik parallelt med grensen mot Kobbfoss. Beregningene viser en maksimumkonsentrasjon nær Nikel på  $1400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som passer med de observerte konsentrasjonene i Nikel. Grunnen til at målingene i Svanvik ikke gjenspeiler de forventete (beregnete) høye konsentrasjonene av  $\text{SO}_2$  er vanskelig å forklare. En mulig forklaring kan være at røykfanen passerer over Svanvik uten å slå ned til bakken her. Konsentrasjonsnivået er lavere i nærheten av Zapoljarnij.



Figur 12: Maksimale timemiddelkonsentrasjoner av  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) beregnet for den timen som gir høyest konsentrasjon i hvert av et antall valgte reseptorpunkter i området for episoden 1.-3. april 1992.

### *Episode 27. -28. juni 1992*

Denne episoden har den laveste beregnede belastningen av de tre episodene. Den høyeste konsentrasjonen kommer i nærheten av Svanvik (figur 13), og den maksimale timemiddel-konsentrasjonen i løpet av episoden er beregnet til mellom 500 og  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sør for Svanvik er de beregnede konsentrasjonene over  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det er sterke gradieter i området. I Zapoljarnij er de beregnede konsentrasjonene lave og kun opp mot  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De beregnede maksimalkonsentrasjonene i Maajavri og ved Viksjøfjell er i samsvar med de nivåene som ble observert i episoden.



Figur 13: Maksimale timemiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) beregnet for den timen som gir høyest konsentrasjon i hvert av et antall valgte reseptorpunkter i området for episoden 27.-28.juni 1992

## 6. Kommentarer

Modellberegninger har vist utviklingen av langtidsmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub> i perioden fra 1973 til 1992. Årsavsetningen av Ni og Cu er også presentert. Dessuten er maksimale timemiddelkonsentrasjoner beregnet for utvalgte episoder i 1991/92.

Resultatene danner grunnlaget for vurdering av sammenheng mellom utslipp, konsentrasjonsnivåer, effekter på terrestrisk miljø og for eventuelle definisjoner av tålegrenser (critical levels) for området.

## 7. Referanser

Bøhler, T. (1987) User's Guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87)

Hellevik, O., Sivertsen, B. (1991) Air quality in the border areas between Norway and USSR. Model description and preliminary modelling results. Lillestrøm (NILU OR 23/91)

Ryaboshapko, (1993) Personlig kommunikasjon ved ekspertgruppemøte i Apatity i mars 1993. Ikke publisert.

Sivertsen, B., Hagen, L.O., Hellevik, O., Henriksen, J.F. (1991) Luftforurensninger i grenseområdene Norge/Sovjetunionen januar 1990 - mars 1991. Lillestrøm (NILU OR 69/91)

Wright, R.F., Traaen, T.S. (1992) Dalelva, Finnmark, northernmost Norway: Prediction of Future Acidification using the MAGIC Model. Oslo (NIVA-rapport 2728).

## **Vedlegg A**

**Resultater fra beregningene av halvårsmiddelverdier av SO<sub>2</sub> for  
vintersesongene 1974/75, 1978/79 og 1984/85 og sommersesongene  
1975, 1979 og 1985**





## Resultater av beregningene av halvårsmiddeler av SO<sub>2</sub> for vintersesongene 1974/75, 1978/79 og 1984/85 og sommersesongene 1975, 1979 og 1985

Dette vedlegget inneholder det meteorologiske grunnlaget for å foreta beregninger av sesong-middelkonsentrasjoner for de aktuelle sesongene og resultater av beregningene.

Tabell A1 til A6 inneholder frekvensmatrisene av meteorologi som er brukt i beregningene. Disse er fremkommet ved at tilgjengelige meteorologiske målinger, kunnskap om meteorologien i området og om fordelingen av stabilitet fra andre år, er brukt til å konstruere frekvensmatriser for de forskjellige sesongene og årene. Figur A1 til A6 viser beregningsresultatene for SO<sub>2</sub> for de respektive sesongene.

Tabell A1: Tabellen viser frekvensmatrisen av meteorologi og spredningsparametere for sommersesongen 1975.

Frekvensfordelinger som funksjon av vindretning, vindstyrke og stabilitet										
Brukt i CONDEP-beregninger i Sør-Varanger										
Stabilitetsklasser:										
				Klasse I:	Ustabil			DT <	-0.5	grader C
				Klasse II:	Nøytral	-0.5 <	DT <		0.0	grader C
				Klasse III:	Lett stabil	0.0 <	DT <		0.5	grader C
				Klasse IV:	Stabil	0.5 <	DT			grader C

VIKSJØFJELL, SOMMER75																
Vindretning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.2	0.1	0.0	0.3	1.5	0.3	0.1	0.4	3.0	0.8	0.1	0.3	3.7	0.6	0.1
60	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	1.5	0.3	0.1	0.4	3.0	0.8	0.1	0.3	3.7	0.6	0.1
90	0.1	0.5	0.1	0.0	0.3	1.6	0.4	0.1	0.3	2.6	0.7	0.1	0.3	3.7	0.6	0.1
120	0.1	0.5	0.1	0.0	0.3	1.4	0.3	0.0	0.3	2.3	0.6	0.1	0.3	3.3	0.5	0.1
150	0.0	0.4	0.1	0.0	0.3	1.3	0.3	0.0	0.2	2.0	0.5	0.1	0.2	2.6	0.4	0.1
180	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.7	0.2	0.0	0.1	1.1	0.3	0.0	0.1	1.2	0.2	0.0
210	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.1	0.0	0.2	1.4	0.4	0.1	0.2	1.9	0.3	0.0
240	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.2	1.6	0.4	0.1	0.2	2.2	0.4	0.1
270	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	1.1	0.3	0.0	0.2	2.6	0.4	0.1
300	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0	0.2	1.6	0.4	0.1	0.5	5.5	0.9	0.2
330	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.7	0.2	0.0	0.1	1.0	0.3	0.0	0.4	4.5	0.7	0.1
360	0.0	0.3	0.1	0.0	0.2	1.1	0.3	0.0	0.2	1.5	0.4	0.1	0.2	2.3	0.4	0.1

SVANVIK, SOMMER 1975																
Vindretning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.1	2.4	1.3	0.3	0.6	5.5	0.8	0.2	0.4	1.9	0.1	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0
60	0.1	2.0	1.1	0.3	0.7	6.2	0.9	0.2	0.3	1.8	0.1	0.0	0.1	0.6	0.1	0.0
90	0.1	1.4	0.8	0.2	0.4	3.3	0.5	0.1	0.2	0.9	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
120	0.0	0.9	0.5	0.1	0.1	1.2	0.2	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
150	0.1	1.4	0.8	0.2	0.3	2.3	0.3	0.1	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0
180	0.1	1.0	0.6	0.1	0.4	3.7	0.5	0.1	0.4	2.0	0.2	0.0	0.2	0.9	0.1	0.0
210	0.1	1.0	0.6	0.1	0.5	3.3	0.5	0.1	0.4	2.1	0.2	0.0	0.3	1.2	0.2	0.0
240	0.0	0.9	0.5	0.1	0.2	1.9	0.3	0.1	0.3	1.4	0.2	0.0	0.2	0.9	0.1	0.0
270	0.0	0.7	0.4	0.1	0.1	1.2	0.2	0.0	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1	0.0
300	0.0	0.9	0.5	0.1	0.1	1.1	0.2	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0
330	0.1	1.3	0.7	0.1	0.2	1.6	0.2	0.0	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1	0.0
360	0.1	1.1	0.6	0.1	0.4	3.6	0.5	0.1	0.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.6	0.1	0.0

Tabell A2: Tabellen viser frekvensmatrisen av meteorologi og spredningsparametere for vintersesongen 1974/75.

VIKSJØFJELL, VINTER 74/75																	
Vindretning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	1.1	0.5	0.2
60	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1
90	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	
120	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.3	0.0	0.3	0.3	0.2	0.0	1.0	0.5	0.2	
150	0.0	0.3	0.4	0.3	0.0	1.0	0.9	0.7	0.0	0.7	0.6	0.4	0.0	1.8	0.9	0.4	
180	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.4	0.4	0.3	0.0	0.3	0.3	0.2	0.0	1.8	0.9	0.4	
210	0.0	0.3	0.5	0.3	0.0	0.9	0.9	0.7	0.0	1.0	0.8	0.6	0.0	7.7	3.8	1.6	
240	0.0	0.4	0.7	0.4	0.0	1.3	1.3	1.0	0.0	1.4	1.1	0.8	0.0	10.4	5.2	2.2	
270	0.0	0.3	0.4	0.3	0.0	0.8	0.8	0.6	0.0	0.7	0.5	0.4	0.0	4.6	2.3	1.0	
300	0.0	0.2	0.4	0.2	0.0	0.4	0.4	0.3	0.0	0.4	0.3	0.2	0.0	2.9	1.5	0.6	
330	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.2	0.2	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0	3.4	1.7	0.7	
360	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	1.8	0.9	0.4	

SVANVIK, VINTER 74/75																
Vindretning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.3	0.5	0.5	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
60	0.0	0.3	0.6	0.6	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	0.0	0.3	0.5	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
120	0.0	0.4	0.7	0.6	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150	0.0	0.8	1.5	1.3	0.0	0.7	0.4	0.2	0.0	0.5	0.3	0.1	0.0	1.0	0.3	0.2
180	0.0	1.3	2.6	2.3	0.0	2.5	1.5	0.6	0.0	2.5	1.3	0.3	0.0	4.0	1.3	0.3
210	0.0	1.5	3.1	2.7	0.0	3.7	2.3	0.9	0.0	2.9	1.6	0.4	0.0	4.1	1.3	0.3
240	0.0	1.4	2.9	2.5	0.0	2.1	1.3	0.5	0.0	1.6	0.8	0.2	0.0	2.1	0.7	0.1
270	0.0	1.0	2.1	1.8	0.0	0.7	0.4	0.2	0.0	0.6	0.3	0.1	0.0	1.2	0.4	0.1
300	0.0	0.7	1.3	1.2	0.0	0.7	0.4	0.2	0.0	0.4	0.2	0.1	0.0	0.8	0.3	0.0
330	0.0	0.5	1.0	0.8	0.0	0.6	0.4	0.2	0.0	0.6	0.3	0.1	0.0	0.5	0.2	0.0
360	0.0	0.2	0.3	0.3	0.0	0.4	0.2	0.1	0.0	0.5	0.3	0.1	0.0	0.7	0.2	0.0

Tabell A3: Tabellen viser frekvensmatrisen av meteorologi og spredningsparametere for sommersesongen 1979.

VIKSJØFJELL, SOMMER79																
Vindretning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.3	0.1	0.0	0.3	1.5	0.3	0.1	0.4	3.5	0.9	0.2	0.5	5.5	0.9	0.2
60	0.0	0.3	0.1	0.0	0.3	1.6	0.4	0.1	0.4	3.4	0.9	0.2	0.5	5.0	0.8	0.1
90	0.1	0.5	0.1	0.0	0.4	1.8	0.4	0.1	0.4	3.2	0.8	0.2	0.5	5.2	0.9	0.1
120	0.1	0.4	0.1	0.0	0.3	1.5	0.4	0.1	0.3	2.8	0.7	0.1	0.4	4.5	0.7	0.1
150	0.1	0.3	0.1	0.0	0.3	1.4	0.3	0.0	0.3	2.3	0.6	0.1	0.4	4.2	0.7	0.1
180	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.7	0.2	0.0	0.2	1.3	0.3	0.1	0.3	2.9	0.5	0.1
210	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0	0.1	1.1	0.3	0.1	0.2	2.1	0.3	0.1
240	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.6	0.1	0.0	0.1	0.9	0.1	0.0
270	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0
300	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.6	0.2	0.1	0.1	1.2	0.2	0.0
330	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0	0.1	0.6	0.2	0.1	0.1	1.6	0.3	0.0
360	0.1	0.3	0.1	0.0	0.2	1.2	0.3	0.0	0.3	2.5	0.6	0.1	0.3	3.7	0.6	0.1

SVANVIK, SOMMER 1979																
Vindretning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.1	1.9	1.0	0.3	1.3	7.1	1.6	0.3	0.8	3.4	0.2	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
60	0.1	1.4	0.8	0.2	1.1	7.2	1.2	0.2	0.2	1.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
90	0.1	1.2	0.7	0.1	0.5	3.0	0.5	0.1	0.3	1.4	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
120	0.0	1.1	0.5	0.1	0.2	1.7	0.3	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
150	0.1	1.2	0.6	0.1	0.4	2.5	0.4	0.1	0.2	1.1	0.1	0.0	0.1	0.7	0.1	0.0
180	0.1	0.9	0.5	0.1	0.4	2.7	0.5	0.1	0.3	1.6	0.1	0.0	0.1	0.8	0.2	0.0
210	0.1	1.0	0.5	0.1	0.4	2.9	0.5	0.1	0.2	1.3	0.1	0.0	0.1	0.8	0.2	0.0
240	0.0	0.9	0.4	0.1	0.2	1.5	0.3	0.0	0.1	0.8	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
270	0.0	1.0	0.5	0.1	0.1	0.9	0.1	0.0	0.1	0.6	0.0	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0
300	0.0	1.0	0.5	0.1	0.2	1.2	0.2	0.0	0.2	1.0	0.0	0.0	0.1	0.8	0.1	0.0
330	0.2	2.3	1.5	0.3	0.2	1.8	0.3	0.1	0.2	1.3	0.1	0.0	0.2	0.8	0.2	0.0
360	0.0	1.4	0.4	0.1	0.1	2.9	0.1	0.1	0.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0

Tabell A4: Tabellen viser frekvensmatrisen av meteorologi og spredningsparametere for vintersesongen 1978/79.

VIKSJØFJELL, VINTER 78/79																
Vindretning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	1.0	0.5	0.2
60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.7	0.3	0.1
90	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0	1.4	0.7	0.3
120	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.5	0.5	0.3	0.0	0.5	0.4	0.3	0.0	2.4	1.2	0.5
150	0.0	0.4	0.7	0.4	0.0	0.9	0.9	0.8	0.0	0.8	0.6	0.5	0.0	3.6	1.8	0.8
180	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.5	0.5	0.3	0.0	0.4	0.3	0.2	0.0	1.2	0.6	0.3
210	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.4	0.4	0.3	0.0	0.5	0.4	0.3	0.0	3.7	1.9	0.8
240	0.0	0.5	0.8	0.5	0.0	1.4	1.3	1.0	0.0	1.3	1.0	0.8	0.0	8.7	4.3	1.8
270	0.0	0.4	0.6	0.4	0.0	1.1	1.1	0.8	0.0	0.8	0.6	0.5	0.0	5.6	2.8	1.2
300	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.5	0.5	0.4	0.0	0.4	0.3	0.2	0.0	3.8	1.9	0.8
330	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	3.4	1.7	0.7
360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	1.7	0.8	0.4

SVANVIK, VINTER 1978/79																
Vindretning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.6	0.9	0.7	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	0.0	0.5	0.7	0.6	0.0	0.7	0.4	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
90	0.0	0.5	0.7	0.7	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.9	0.4	0.1	0.0	0.9	0.5	0.2
120	0.0	0.7	1.0	0.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0
150	0.0	1.4	1.9	1.7	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0
180	0.0	2.0	2.8	2.4	0.0	1.6	0.9	0.3	0.0	1.4	0.5	0.1	0.0	1.4	0.7	0.2
210	0.0	3.3	4.8	4.1	0.0	3.2	1.9	0.5	0.0	3.4	1.3	0.3	0.0	1.5	0.6	0.2
240	0.0	2.4	3.5	3.0	0.0	1.6	0.9	0.3	0.0	1.7	0.6	0.2	0.0	0.6	0.2	0.1
270	0.0	1.4	2.1	1.8	0.0	1.0	0.6	0.2	0.0	1.2	0.4	0.1	0.0	0.7	0.3	0.1
300	0.0	0.7	1.0	0.8	0.0	1.4	0.8	0.2	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1
330	0.0	0.5	0.7	0.6	0.0	1.2	0.7	0.2	0.0	0.7	0.3	0.1	0.0	0.9	0.4	0.1
360	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabell A5: Tabellen viser frekvensmatrisen av meteorologi og spredningsparametere for sommersesongen 1985.

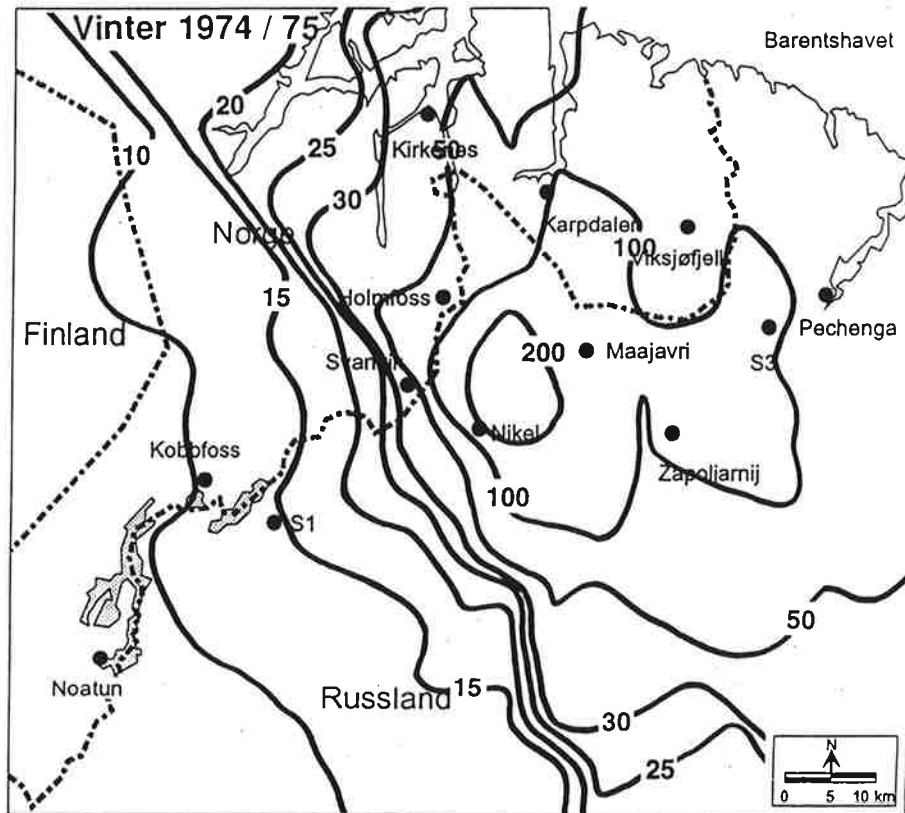
VIKSJØFJELL, SOMMER 85																
Vind- retning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.3	0.1	0.0	0.4	1.8	0.4	0.1	0.5	4.0	1.0	0.2	0.5	5.3	0.9	0.2
60	0.1	0.4	0.1	0.0	0.3	1.7	0.4	0.1	0.5	4.3	1.1	0.2	0.6	6.3	1.0	0.2
90	0.1	0.4	0.1	0.0	0.4	1.8	0.4	0.1	0.4	3.2	0.8	0.2	0.4	4.7	0.8	0.1
120	0.1	0.5	0.1	0.0	0.4	1.9	0.5	0.1	0.4	3.1	0.8	0.2	0.5	5.0	0.8	0.1
150	0.1	0.4	0.1	0.0	0.3	1.5	0.4	0.0	0.3	2.5	0.6	0.1	0.4	4.1	0.7	0.1
180	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.8	0.2	0.0	0.1	1.2	0.3	0.1	0.2	2.4	0.4	0.1
210	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0	0.1	0.9	0.2	0.0	0.2	2.3	0.4	0.1
240	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.8	0.1	0.0
270	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0
300	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	1.4	0.2	0.0
330	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.2	2.1	0.4	0.1
360	0.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.9	0.2	0.0	0.2	2.0	0.5	0.1	0.2	2.6	0.4	0.1

SVANVIK, SOMMER 1985																
Vind- retning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	2.2	0.9	0.1	1.1	6.0	0.9	0.2	0.7	2.8	0.2	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0
60	0.1	2.2	1.1	0.2	1.4	8.2	1.1	0.1	0.6	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	0.1	1.3	0.7	0.1	0.9	4.6	0.7	0.1	0.5	1.7	0.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0
120	0.1	0.4	0.2	0.0	0.3	2.1	0.2	0.0	0.2	0.8	0.1	0.0	0.1	0.9	0.1	0.0
150	0.1	0.9	0.4	0.1	0.4	2.7	0.4	0.1	0.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0
180	0.2	0.6	0.4	0.1	0.5	2.9	0.4	0.1	0.6	2.2	0.1	0.0	0.1	0.7	0.1	0.0
210	0.2	0.9	0.5	0.1	0.4	2.6	0.4	0.2	0.4	1.5	0.1	0.0	0.1	0.6	0.1	0.0
240	0.1	0.6	0.3	0.0	0.3	1.8	0.2	0.1	0.2	1.1	0.1	0.0	0.2	0.7	0.0	0.0
270	0.0	0.7	0.3	0.0	0.1	0.8	0.1	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
300	0.0	0.5	0.2	0.0	0.2	1.0	0.1	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
330	0.0	1.0	0.5	0.1	0.2	1.2	0.2	0.0	0.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
360	0.0	1.2	0.5	0.1	0.4	3.3	0.3	0.1	0.5	1.7	0.0	0.0	0.1	1.0	0.0	0.0

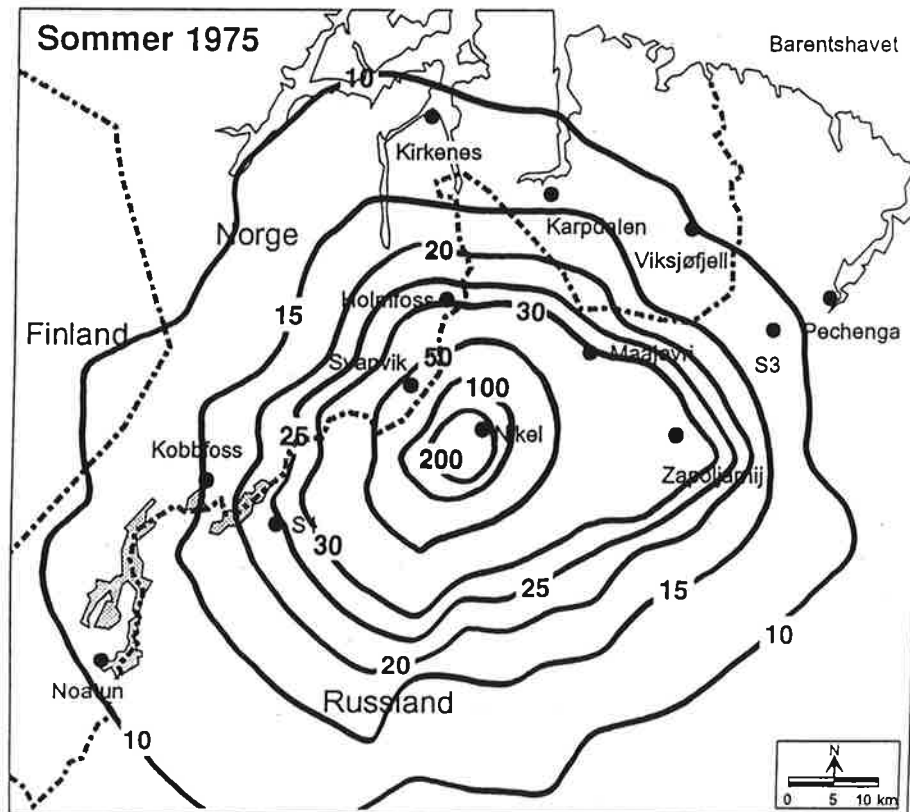
Tabell A6: Tabellen viser frekvensmatrisen av meteorologi og spredningsparametere for vintersesongen 1984/85.

VIKSJØFJELL, VINTER 84/85																
Vindretning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.4	0.1
60	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.8	0.5	0.2
90	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.7	0.4	0.1
120	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.4	0.4	0.3	0.0	0.3	0.2	0.2	0.0	1.2	0.6	0.3
150	0.0	0.4	0.6	0.4	0.0	1.4	1.3	1.0	0.0	1.0	0.8	0.6	0.0	4.4	2.2	0.9
180	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.8	0.8	0.6	0.0	0.8	0.6	0.5	0.0	4.9	2.5	1.0
210	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.7	0.7	0.5	0.0	0.8	0.6	0.4	0.0	6.3	3.2	1.4
240	0.0	0.3	0.5	0.3	0.0	1.3	1.3	1.0	0.0	1.3	1.0	0.8	0.0	9.0	4.5	1.9
270	0.0	0.3	0.4	0.2	0.0	0.7	0.7	0.5	0.0	0.7	0.5	0.4	0.0	4.3	2.1	0.9
300	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	1.6	0.8	0.3
330	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	2.2	1.1	0.5
360	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	0.4	0.2

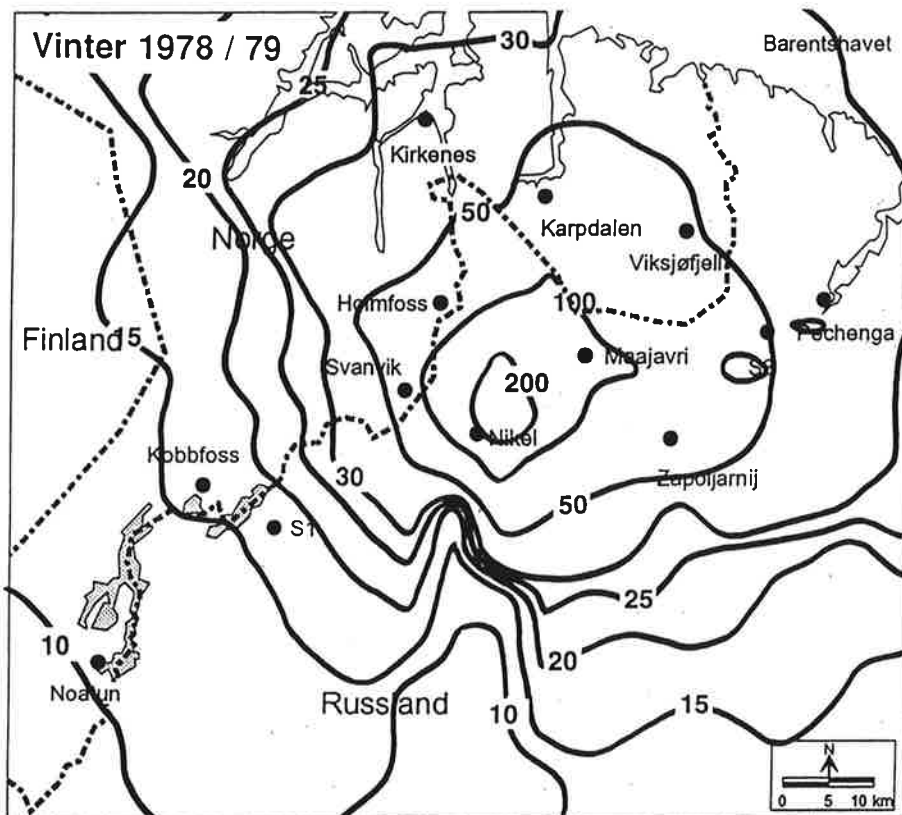
SVANVIK, VINTER 1985																
Vindretning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.3	0.4	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
60	0.0	0.4	0.5	0.5	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
90	0.0	0.4	0.3	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.2	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
150	0.0	0.5	0.6	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	1.1	0.5	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0
180	0.0	1.7	1.9	1.8	0.0	1.3	0.6	0.1	0.0	2.7	1.6	0.4	0.0	2.9	1.3	0.4
210	0.0	3.2	3.9	3.4	0.0	2.8	1.2	0.3	0.0	2.1	1.4	0.3	0.0	2.1	1.0	0.3
240	0.0	4.2	4.9	4.4	0.0	2.3	1.0	0.3	0.0	1.4	0.5	0.1	0.0	1.5	0.2	0.1
270	0.0	4.8	5.6	5.1	0.0	0.6	0.2	0.1	0.0	0.5	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
300	0.0	1.4	1.7	1.5	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0
330	0.0	0.6	0.6	0.7	0.0	0.9	0.4	0.1	0.0	0.9	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
360	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.8	0.3	0.1



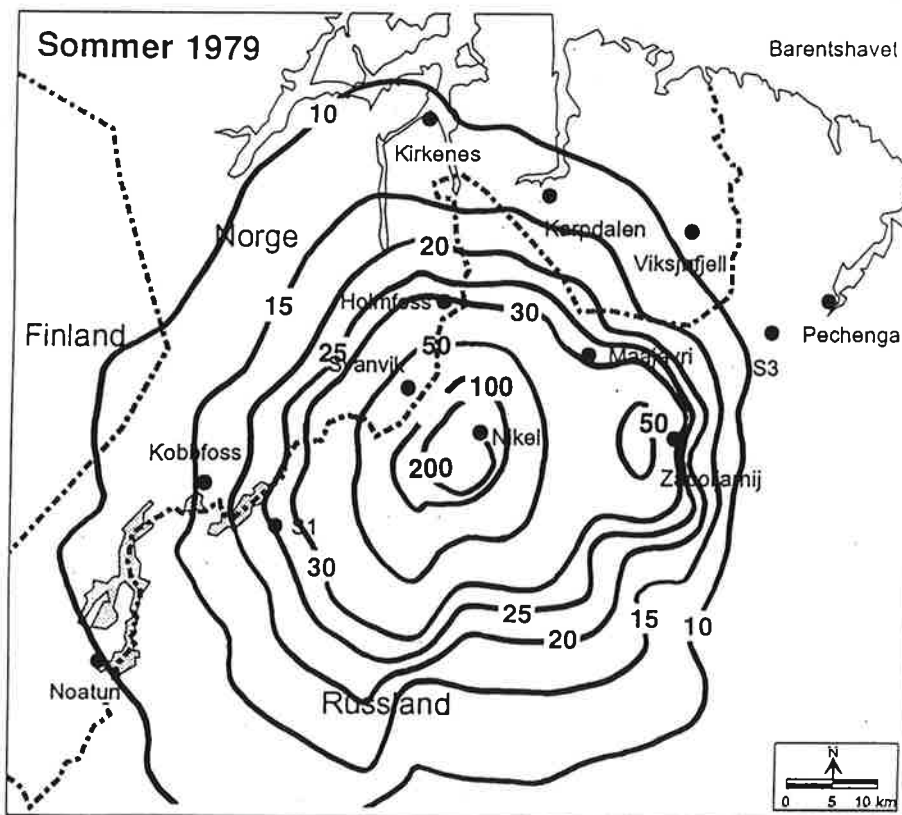
Figur A1: Beregninger av SO<sub>2</sub> konsentrasjoner for vintersesongen 1974/75. Enhet (µg/m<sup>3</sup>).



Figur A2: Beregninger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for sommersesongen 1975. Enhet (µg/m<sup>3</sup>).

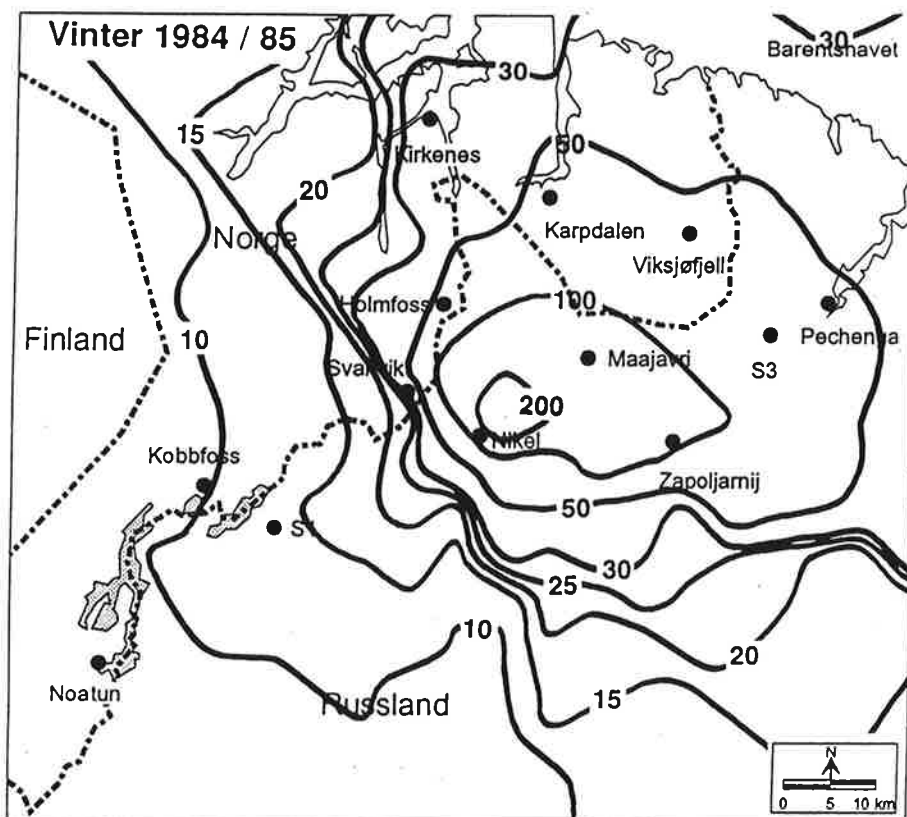


Figur A3: Beregninger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for vintersesongen 1978/79. Enhet (µg/m<sup>3</sup>).

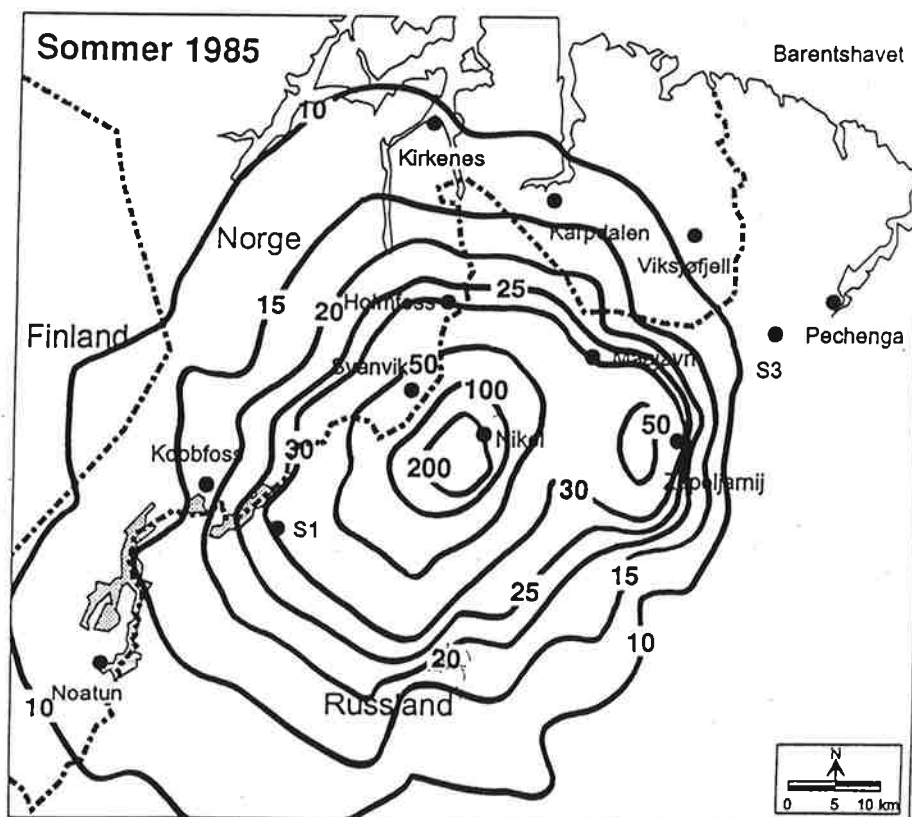


Figur A4: Beregninger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for sommersesongen 1979. Enhet (µg/m<sup>3</sup>).

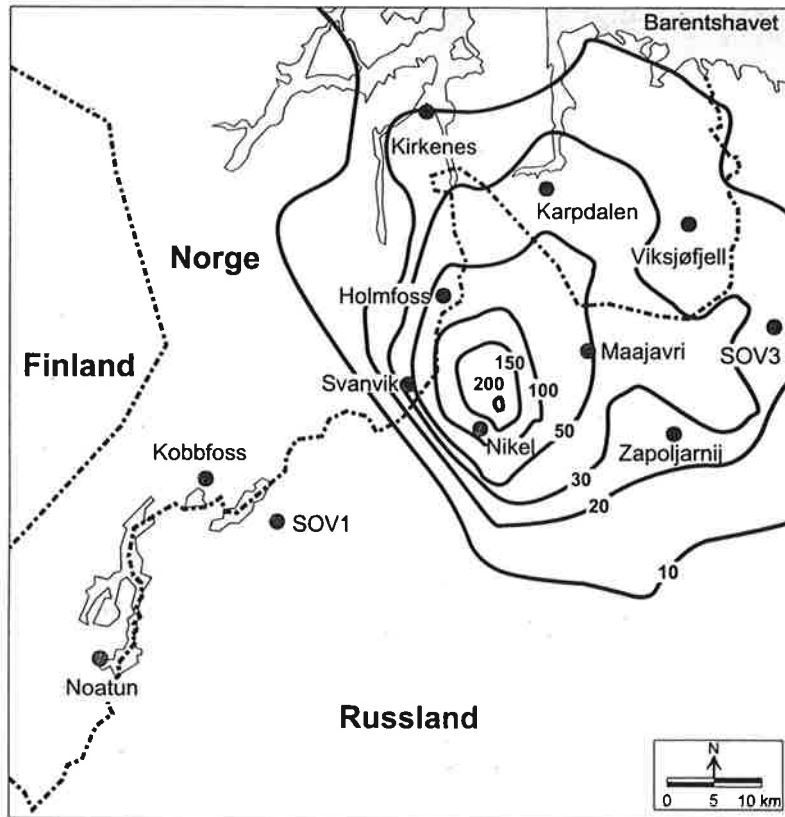




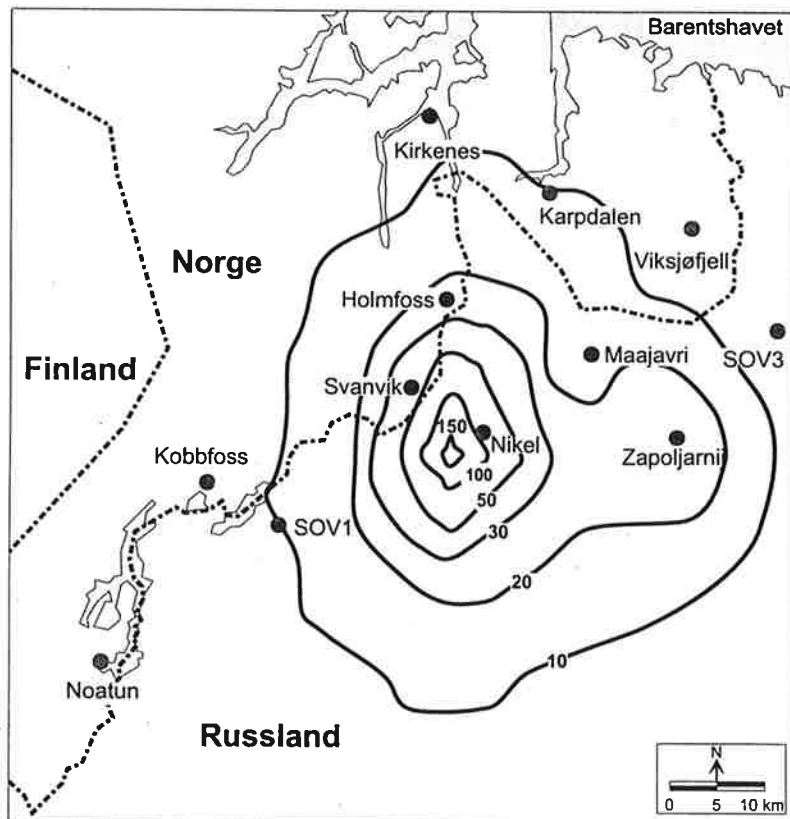
Figur A5: Beregninger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for vintersesongen 1984/85. Enhet (µg/m<sup>3</sup>).



Figur A6: Beregninger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for sommersesongen 1985. Enhet (µg/m<sup>3</sup>).



Figur A7: Beregninger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for vintersesongen 1992/93  
Enhet (µg/m<sup>3</sup>).



Figur A8: Beregninger av SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for sommersesongen 1992.  
Enhet (µg/m<sup>3</sup>).

## **Vedlegg B**

**Resultater fra beregningene av årsmiddelverdier av SO<sub>2</sub> for årene  
1989, 1990, 1991 og 1992.**



## Resultater fra beregningene av årsmiddelverdier av SO<sub>2</sub> for årene 1989, 1990, 1991 og 1992.

Dette vedlegget inneholder frekvensfordelingsmatriser for årene 1989, 1990, 1991 og 1992. Matrisene er gjenngitt i tabell B1 til B4. Vedlegget inneholder også figurer av de beregnede konsentrasjonsfordelingene av SO<sub>2</sub> for de respektive årene. Konsentrasjonsfordelingen er vist i figur B1 til B4.

Tabell B1: Tabellen viser frekvensfordelingsmatrisen for 1989

Frekvensfordelinger som funksjon av vindretning, vindstyrke og stabilitet										
Brukt i CONDEP-beregninger i Sør-Varanger										
Stabilitetsklasser:										
				Klasse I:	Ustabil			DT <	-0.5	grader C
				Klasse II:	Nøytral	-0.5 <		DT <	0.0	grader C
				Klasse III:	Lett stabil	0.0 <		DT <	0.5	grader C
				Klasse IV:	Stabil	0.5 <		DT		grader C

VIKSJØFJELL, 1.1.-31.12.1989																
Vindretning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	1.3	0.2	0.0	0.0	2.2	0.1	0.0
60	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0
90	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.6	0.2	0.1	0.0	0.5	0.1	0.0
120	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0	1.3	0.6	0.2	0.0	0.7	0.5	0.0
150	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0	1.4	0.8	0.3	0.0	2.3	1.2	0.3
180	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.1	0.0	0.6	0.9	0.2	0.0	5.8	2.2	0.6
210	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.5	0.2	0.0	0.5	0.5	0.1	0.0	6.9	4.0	1.2
240	0.0	0.2	0.4	0.1	0.0	1.9	1.1	0.9	0.0	1.7	1.7	1.0	0.0	7.7	4.5	1.3
270	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.7	0.6	0.5	0.0	0.8	0.8	0.3	0.0	3.7	1.2	0.4
300	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.5	0.5	0.2	0.0	0.8	0.5	0.1	0.0	3.3	0.5	0.0
330	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0	3.8	0.4	0.0
360	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	1.2	0.2	0.1	0.0	1.5	0.2	0.0	0.0	3.6	0.2	0.0

SVANVIK, 1.1.-31.12.1989																
Vindretning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	1.7	0.9	0.3	0.0	2.0	0.5	0.1	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0
60	0.0	1.4	1.6	0.3	0.0	1.6	0.7	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	0.0	0.9	0.7	0.3	0.0	1.3	0.5	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.3	0.4	0.3	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
150	0.0	0.9	0.9	0.8	0.0	1.0	0.7	0.1	0.0	0.7	0.4	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0
180	0.0	0.9	1.8	1.4	0.0	2.4	2.4	0.4	0.0	2.9	1.6	0.1	0.0	2.3	0.8	0.0
210	0.0	1.5	2.3	1.7	0.0	2.9	2.6	0.5	0.0	2.4	1.6	0.2	0.0	2.4	0.6	0.0
240	0.0	1.3	2.3	1.4	0.0	2.5	1.5	0.3	0.0	1.9	0.7	0.0	0.0	1.2	0.3	0.0
270	0.0	1.0	1.6	0.8	0.0	1.5	0.7	0.1	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0	1.2	0.1	0.0
300	0.0	1.0	1.2	0.6	0.0	1.3	0.4	0.1	0.0	0.7	0.2	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0
330	0.0	1.0	0.7	0.0	0.0	1.9	0.2	0.0	0.0	1.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0	0.0
360	0.0	0.7	0.5	0.0	0.0	1.6	0.3	0.1	0.0	1.1	0.1	0.1	0.0	0.8	0.0	0.1

Tabell B2: Tabellen viser frekvensfordelingsmatrisen for 1990.

VIKSJØFJELL, 1.1.-31.12.1990																
Vind- retning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.9	0.3	0.0	0.0	1.4	0.1	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0
60	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.9	0.6	0.0	0.0	1.1	0.2	0.0	0.1	1.9	0.0	0.0
90	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	1.0	0.4	0.0	0.0	1.4	0.3	0.1	0.1	1.3	0.1	0.0
120	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	1.0	0.4	0.1	0.0	1.8	0.4	0.1	0.0	1.4	0.5	0.0
150	0.0	0.2	0.4	0.2	0.0	1.1	0.9	0.4	0.0	1.4	1.0	0.5	0.0	1.7	1.3	0.3
180	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.7	0.7	0.4	0.0	1.1	0.8	0.3	0.0	4.9	2.8	0.6
210	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.9	0.6	0.1	0.0	4.6	4.0	1.7
240	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.6	0.6	0.4	0.0	1.4	0.9	0.6	0.0	5.2	4.9	1.3
270	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	0.3	0.1	0.0	0.3	0.4	0.4	0.0	3.0	1.7	0.4
300	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.2	0.1	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0	3.9	0.6	0.0
330	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0	4.4	0.2	0.0
360	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0	1.3	0.2	0.0	0.0	3.9	0.1	0.0

SVANVIK, 1.1.-31.12.1990																
Vind- retning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	1.5	1.2	0.2	0.0	3.8	0.2	0.1	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
60	0.0	1.5	1.1	0.2	0.0	3.5	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
90	0.0	1.1	0.9	0.2	0.1	3.0	0.3	0.0	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
120	0.0	0.4	0.6	0.2	0.0	0.9	0.3	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0
150	0.0	0.7	1.5	0.8	0.0	1.0	0.5	0.2	0.0	0.6	0.2	0.1	0.0	0.4	0.0	0.0
180	0.0	0.9	1.7	0.8	0.0	1.8	1.5	0.4	0.0	2.3	1.4	0.2	0.0	2.2	0.6	0.1
210	0.0	0.5	1.5	1.1	0.0	2.4	2.1	0.6	0.0	2.2	1.5	0.1	0.0	2.7	1.4	0.1
240	0.0	1.0	1.9	1.4	0.0	2.0	1.4	0.5	0.0	1.5	0.7	0.1	0.0	1.1	0.6	0.0
270	0.0	1.0	1.1	0.8	0.0	1.5	0.5	0.1	0.0	1.1	0.3	0.1	0.0	0.9	0.1	0.0
300	0.0	1.0	0.8	0.4	0.0	1.4	0.2	0.1	0.0	1.4	0.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0
330	0.0	0.9	0.9	0.2	0.0	1.2	0.2	0.0	0.0	1.9	0.1	0.0	0.0	1.4	0.1	0.0
360	0.0	0.3	0.5	0.2	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0

Tabell B3: Tabellen viser frekvensfordelingsmatrisen for 1991.

VIKSJØFJELL, 1.1.-31.12.1991																
Vind- retning	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.6	0.1	0.0	0.0	2.1	0.1	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0
60	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.3	1.3	0.3	0.0	0.2	1.7	0.0	0.0
90	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.6	0.2	0.1	0.1	1.0	0.3	0.0	0.2	1.9	0.2	0.0
120	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1	1.0	0.4	0.0	0.0	1.5	0.4	0.1	0.1	1.3	0.4	0.0
150	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.9	0.3	0.1	0.1	0.9	0.6	0.2	0.1	1.7	0.8	0.4
180	0.0	0.3	0.3	0.1	0.1	0.7	0.5	0.2	0.1	1.0	0.6	0.4	0.4	3.4	2.4	0.4
210	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	1.1	0.6	0.2	0.1	1.0	0.7	0.1	0.3	4.6	3.6	1.7
240	0.0	0.5	0.1	0.1	0.1	1.0	0.9	0.5	0.1	1.9	1.2	0.6	0.2	6.0	6.1	2.4
270	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.7	0.1	0.1	0.0	0.7	0.4	0.1	0.0	3.2	0.9	0.4
300	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.1	2.8	0.4	0.1
330	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	3.2	0.2	0.0
360	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	1.3	0.1	0.0	0.0	3.2	0.1	0.0

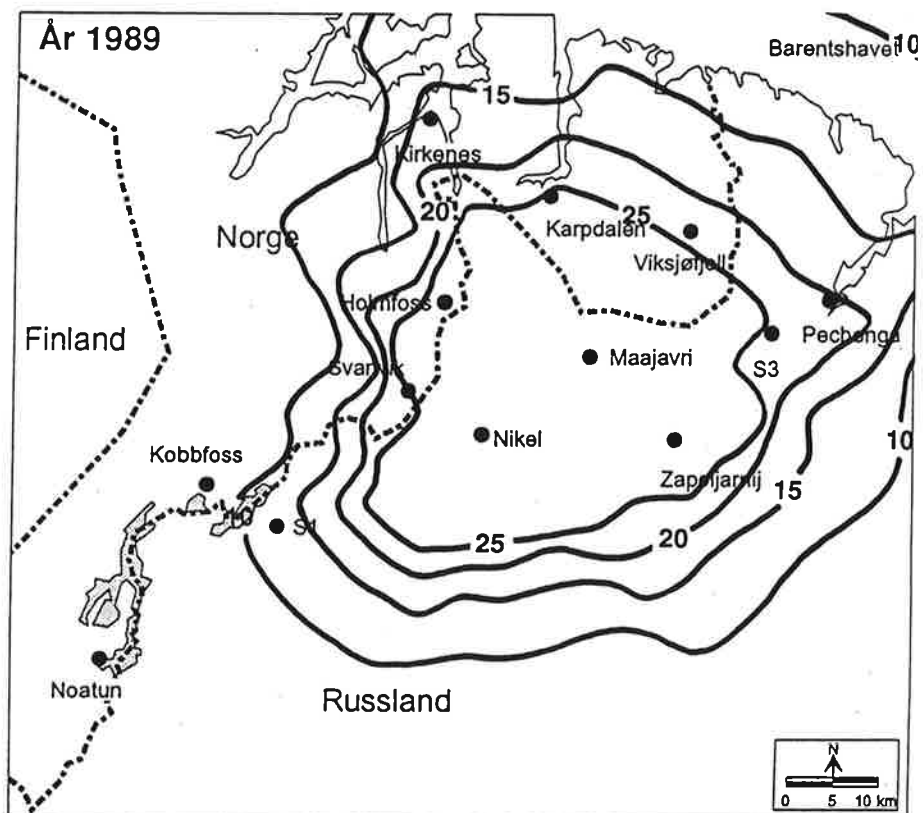
SVANVIK, 1.1.-31.12.1991																
Vind- retning	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	1.3	0.7	0.1	0.0	2.7	0.2	0.1	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
60	0.0	1.3	0.5	0.2	0.3	4.0	0.5	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
90	0.0	0.6	0.7	0.1	0.4	1.2	0.1	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.7	0.9	0.5	0.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150	0.0	1.1	1.1	0.7	0.1	1.6	0.6	0.1	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0
180	0.1	1.3	1.3	1.1	0.3	2.9	2.4	0.4	0.2	2.2	1.3	0.2	0.1	1.9	0.8	0.2
210	0.1	1.9	1.7	0.7	0.2	3.6	2.3	0.6	0.1	3.2	0.9	0.1	0.1	1.4	0.6	0.0
240	0.0	1.4	1.5	1.0	0.0	2.2	1.4	0.5	0.2	1.2	0.6	0.1	0.1	0.7	0.3	0.1
270	0.0	1.1	1.1	0.9	0.0	1.3	0.3	0.0	0.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.6	0.1	0.0
300	0.0	0.9	0.9	0.6	0.0	1.5	0.2	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
330	0.0	0.7	0.7	0.5	0.0	1.5	0.1	0.0	0.0	1.1	0.1	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0
360	0.0	1.2	0.5	0.2	0.1	3.2	0.1	0.0	0.1	2.1	0.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0

Tabell B4: Tabellen viser frekvensfordelingsmatrisen for 1992.

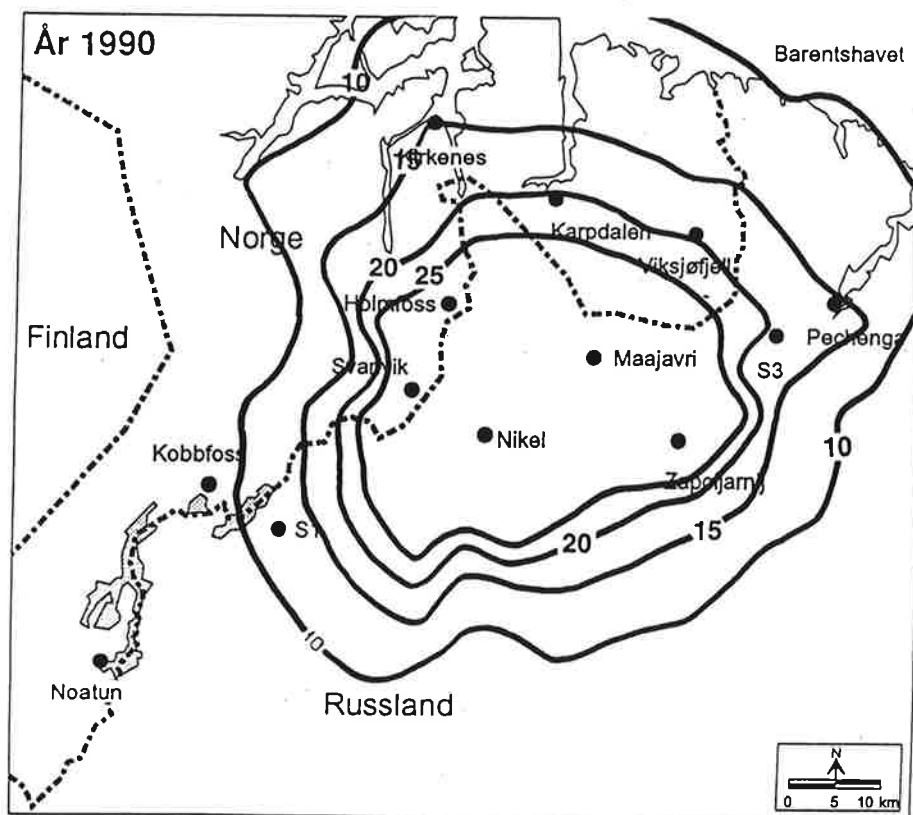
VIKSJØFJELL, 1.1.-31.12.1992																
	0.0 - 2.0 m/s				2.0 - 4.0 m/s				4.0 - 6.0 m/s				over 6.0 m/s			
Vind-retning	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	0.3	0.2	0.0	0.2	1.2	0.1	0.0	0.1	0.7	0.1	0.0	0.1	1.5	0.1	0.0
60	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.8	0.5	0.1	0.1	1.0	0.1	0.0	0.0	2.4	0.5	0.0
90	0.1	0.3	0.4	0.0	0.1	0.8	0.4	0.0	0.2	1.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0
120	0.1	0.4	0.5	0.2	0.4	1.5	0.3	0.1	0.2	1.3	0.2	0.1	0.0	1.2	0.3	0.0
150	0.1	0.3	0.1	0.1	0.7	1.3	0.6	0.8	0.5	2.1	0.6	0.3	0.5	2.0	0.8	0.3
180	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.7	0.3	0.1	0.3	1.5	0.5	0.1	0.6	3.1	1.7	0.4
210	0.0	0.5	0.2	0.1	0.1	1.0	0.7	0.3	0.3	1.3	0.9	0.2	0.7	3.2	2.5	0.6
240	0.0	0.8	1.0	0.5	0.3	1.3	1.8	0.8	0.2	1.0	1.2	0.2	0.5	4.1	3.5	0.4
270	0.0	0.2	0.6	0.2	0.2	0.7	0.7	0.4	0.1	0.8	0.6	0.2	0.1	3.2	1.2	0.1
300	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0	0.6	0.3	0.0	0.1	0.9	0.3	0.0	0.0	2.9	0.6	0.1
330	0.0	0.4	0.2	0.1	0.2	0.8	0.1	0.0	0.3	1.0	0.1	0.0	0.1	1.9	0.3	0.0
360	0.0	0.3	0.1	0.0	0.3	0.7	0.1	0.0	0.2	1.1	0.0	0.0	0.4	2.3	0.1	0.0

SVANVIK, 1.1.-31.12.1992																
	0.0 - 1.0 m/s				1.0 - 2.5 m/s				2.5 - 4.0 m/s				over 4.0 m/s			
Vind-retning	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30	0.0	1.3	0.5	0.4	0.2	1.9	0.3	0.0	0.2	0.9	0.1	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0
60	0.1	0.8	0.4	0.1	0.3	2.2	0.5	0.1	0.2	1.2	0.2	0.0	0.3	1.0	0.1	0.0
90	0.1	0.7	0.4	0.4	0.2	0.6	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
120	0.1	0.7	0.8	0.5	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150	0.2	1.2	1.0	0.5	0.3	1.2	0.6	0.1	0.2	0.9	0.2	0.0	0.1	0.6	0.2	0.0
180	0.2	1.9	1.4	0.6	0.7	3.7	1.6	0.3	0.6	3.0	0.5	0.1	0.2	2.0	0.5	0.0
210	0.3	1.9	2.7	1.0	0.7	3.2	2.6	0.4	0.8	2.1	1.4	0.1	0.4	1.4	0.9	0.1
240	0.1	1.0	1.3	0.7	0.3	1.5	0.7	0.1	0.2	1.2	0.7	0.0	0.4	0.6	0.5	0.2
270	0.0	0.8	1.0	0.5	0.2	0.8	0.5	0.1	0.1	0.5	0.4	0.0	0.0	0.6	0.3	0.0
300	0.0	0.9	1.2	0.7	0.1	1.2	0.3	0.0	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0	1.7	0.4	0.1
330	0.0	1.1	0.7	0.5	0.1	0.9	0.2	0.0	0.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0
360	0.0	0.8	0.2	0.1	0.3	2.3	0.2	0.0	0.2	1.9	0.1	0.1	0.0	0.6	0.1	0.0

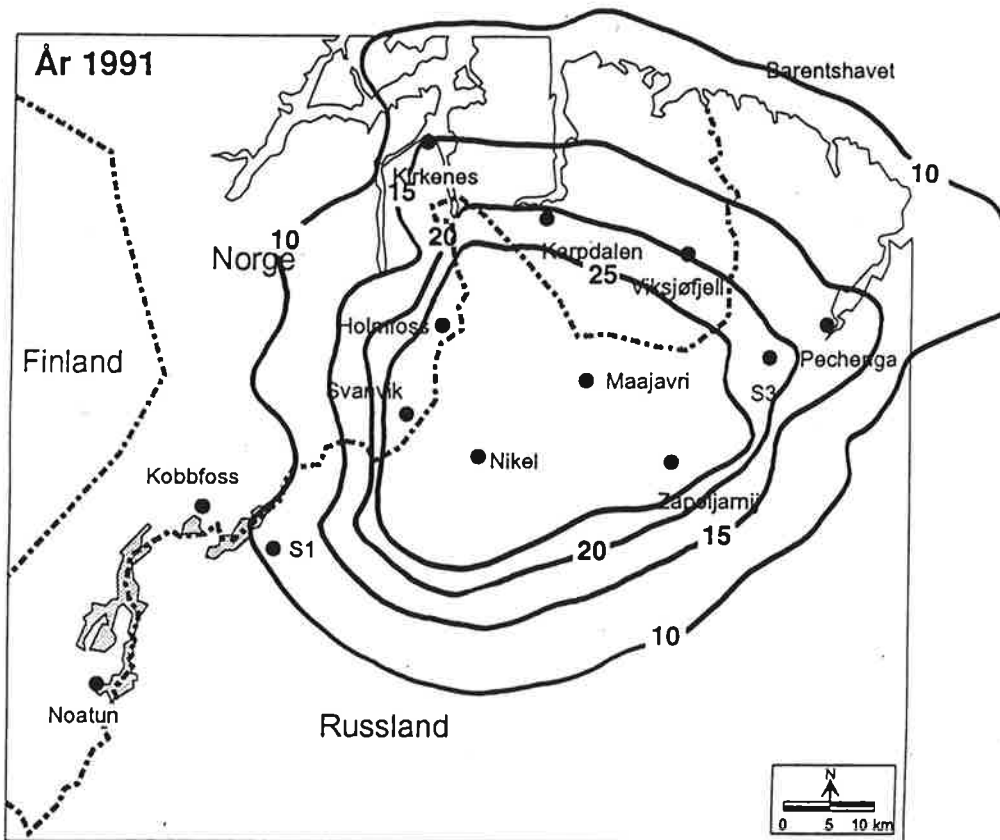




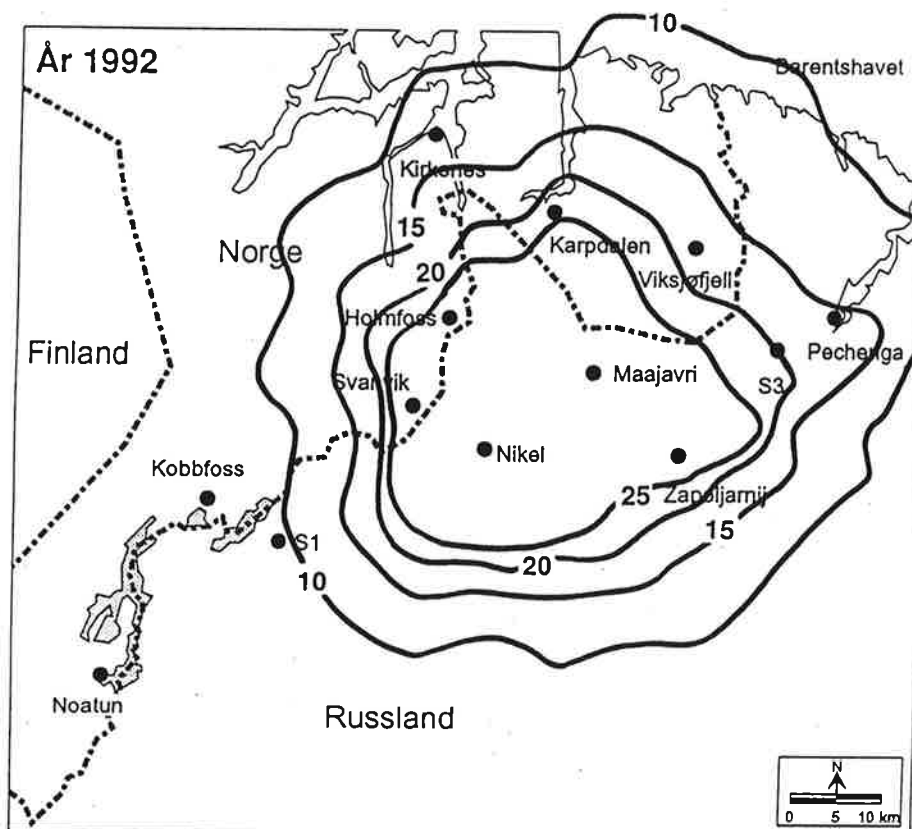
Figur B1: Figuren viser konsentrasjonsfordelingen av  $SO_2$  midlet over året 1989. Enhet ( $\mu g/m^3$ ).



Figur B2: Figuren viser konsentrasjonsfordelingen av  $SO_2$  midlet over året 1990. Enhet ( $\mu g/m^3$ ).



Figur B3: Figuren viser konsentrasjonsfordelingen av  $SO_2$  midlet over året 1991. Enhet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Figur B4: Figuren viser konsentrasjonsfordelingen av  $SO_2$  midlet over året 1992. Enhet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## **Vedlegg C**

### **Beskrivelse av modellene CONDEP og EPISODE**



## Beskrivelse av CONDEP

Modellen CONDEP er utviklet ved Norsk institutt for luftforskning (NILU) og brukes til å beregne langtidsmiddelkonsentrasjoner av SO<sub>2</sub>. Modellen er beskrevet av Bøhler (1987).

CONDEP beregner langtidskonsentrasjoner i 12 30-graders sektorer i gitte reseptorpunkter eller i et gitt rutenett. Inngangsdata til modellen består av kildedata for opptil 50 punktkilder og injekilder, samt en frekvensmatrise for meteorologi. Frekvensmatrisen angir fire vindstyrkeklasser, fire stabilitetsklasser og 12 vindretningssektorer. Modellen gir middelkonsentrasjoner og tørravsetning i gitte reseptorpunkter eller i et gitt rutenett.

Den atmosfæriske stabiliteten er delt inn i fire stabilitetsklasser, definert som vist i tabell C1.

*Tabell C1: Stabilitetsklassene definert i CONDEP basert på målinger av temperaturdifferanser mellom 25m og 10m.*

Stabilitetsklasser	Temp. gradient dt (25-10) (°C)	Tilsvarende	
		Pasquill	Brookhaven
Ustabil	dt < -0.5	A+B+C	A <sub>1</sub> +B <sub>2</sub>
Nøytral	-0.5 ≤ dt < 0	D	C
Lett stabil	0 ≤ -dt < 0.5	E	-
Stabil	0.5 ≤ -dt	F	D

Vindens høydeavhengighet er gitt ved

$$\bar{u}(z) = \bar{u}(z_0) \left( \frac{z}{z_0} \right)^m$$

- hvor  $z$  = høyden over bakken  
 $z_0$  = referansehøyde over bakken  
 $\bar{u}$  = tidsmidlet vind  
 $m$  = vindprofilekspONENT

VindprofilekspONENTEN kan gis av brukeren. NILU bruker vanligvis verdiene gitt i tabell C2.

*Tabell C2: VindprofilekspONENTEN gitt som funksjon av stabilitetsklasser.*

Stabilitetsklasse	m
Ustabil	0.20
Nøytral	0.28
Lett stabil	0.36
Stabil	0.42

I modellen er det antatt at vinden er homogen og stasjonær, og at vi har turbulens som gir en gaussisk fordeling av konsentrasjonen både vertikalt og horisontalt på vindretningen.

Diffusjonsparametrene  $\sigma_y$  og  $\sigma_z$  er definert som standardavviket av konsentrasjonen i horisontal og vertikal retning.

Dersom turbulensmålinger ikke er tilgjengelige, blir følgende form for diffusjonsparametre brukt:

$$\sigma_y(x) = ax^p, \sigma_z(x) = bx^q.$$

hvor a, b, p og q er empiriske konstanter gitt for de fire stabilitetsklassene som er brukt (definert i tabell C1).

En røyksky fra en skorstein kan stige på grunn av sin vertikale hastighet og temperatur, eller den kan bli brakt nedover i hvirvlingen bak skorsteinen. Dette er avhengig av forholdet mellom røykens vertikalhastighet og vindens horisontale hastighet. Denne effekten er det tatt hensyn til i CONDEP.

Røykløftet som skyldes vertikalhastighet og temperatur er beregnet ved hjelp av Briggs algoritme (Briggs, 1969, 1971 og 1975).

Topografiens innvirkning på bakkekonsentrasjonen er det tatt hensyn til ved å redusere det effektive røykløftet  $h_m$ , idet man antar

$$H = h_m - \Delta H_t \quad \Delta H_t = k \cdot h_t$$

hvor  $h_t$  er høydeforskjellen mellom målested og utslippssted. I CONDEP gis  $\Delta H_t$  av brukeren. Topografiens effekt kan også estimeres som en funksjon av avstanden fra kilden som vist i tabell C3.

Tabell C3: Topografifaktor, k, brukt til å beregne påvirkninger av topografien på konsentrasjonen fra en kilde med høyde  $h_s$ .

Avstand (x)	k
$0 h_s < x \leq 5 h_s$	0,7
$5 h_s < x \leq 10 h_s$	0,5
$10 h_s < x \leq 20 h_s$	0,3
$20 h_s < x \leq 30 h_s$	0,1
$30 h_s < x$	0,0

Bygningseffekter er også tatt med i CONDEP (Briggs, 1974).

Tørravsetning fra et røykutslipp beregnes i tillegg til luftkonsentrasjonen (Overcamp, 1976).

## Beskrivelse av EPISODE

EPISODE er en kombinert puff-trajektorie- og boks-type-modell basert på numerisk løsning av en adveksjons-diffusjons-ligning ved hjelp av et endelig-differanse-skjema.

I EPISODE genereres det for hvert tidsskritt et puff fra hver punktkilde. Puffene blir transportert med vinden i den høyden de befinner seg i. Høyden bestemmes av pipehøyden samt eventuell overhøyde på grunn av høyere gasstemperatur. I overhøydeberegningene brukes standard Briggs overhøydeformler (Briggs 1969, 1971, 1974, 1975). Konsentrasjonen fra hvert puff regnes å være vanlig gaussisk fordelt.

Økningen av puffenes  $\sigma_y$  som funksjon av  $\sigma_v$  følger formuleringen til Irwin (1983). Økningen av  $\sigma_z$  som funksjon av  $\sigma_w$  følger skjema utledet av Venkatram et al. (1984).

Puffene transporteres inntil  $\sigma_y$  eller  $\sigma_z$  blir større enn  $\frac{1}{4}$  av rutestørrelsen. Deretter skjer en overgang til boks-modell ved at massen assosiert med puffet blir midlet over ruten (boksen) der puffet befinner seg og tilført ruten som utslipp. Deretter er metoden basert på løsning av en adveksjons-diffusjonsligning ved hjelp av en endelig-differanse-metode. Skjemaet som benyttes, innebærer at metoden er massekonsistent.

En nærmere beskrivelse av EPISODE er gitt i Grønseth et al. (1990), App. A s. 119-136.

EPISODE kan også benyttes som ren puff-modell. For EPISODE som puff-modell skjer ingen overgang til boks-modell (puffene blir hele tiden bevart i beregningsområdet), og det blir beregnet konsentrasjoner fra puffene direkte i reseptor-punkter.

EPISODE er blitt benyttet både som ren puff-modell og på vanlig måte som en kombinert puff-trajektorie/bok-modell.

I puff-modellen er beregningsområdet dekket av  $200 \times 180$  reseptorpunkter med innbyrdes avstand 500 m. I boks-modellen er området delt inn i et  $100 \times 90$  rutenett med rutestørrelse  $1 \times 1$  km<sup>2</sup>. Beregningsområdet er for øvrig identisk med det som er brukt i INPUFF.

Vertikalt er området delt i tre separate lag på henholdsvis 70 m, 70 m og 460 m. Det er ikke tatt hensyn til topografi i beregningene.

Det er benyttet samme utslippsdata som i INPUFF.

EPISODE opererer med følgende meteorologiske inngangsdata:

- ♦ Vindfelt (u, v) i de tre lagene.
- ♦ Felter med  $\sigma_v$  og  $\sigma_w$  i de tre lagene.

- ♦ Temperatur ved bakken samt temperaturgradienten  $\Delta T$ .

Det er brukt homogen vind i alle tre lagene. I det nederste laget er det brukt vind fra Svanvik. I det midterste og øverste laget er det brukt vind fra Viksjøfjell.

Horisontal turbulens  $\sigma_v$  er beregnet på grunnlag av målt  $\sigma_\theta$  på Viksjøfjell. Homogene felter med denne verdien av  $\sigma_v$  er brukt i alle tre lagene. Vertikal turbulens  $\sigma_w$  er beregnet på grunnlag av  $\sigma_\theta$  på Viksjøfjell. På samme måte som for  $\sigma_v$  er det brukt homogene felter med denne verdien av  $\sigma_w$  i alle tre lagene.

Temperaturen i bakkenivå i modellen er satt lik temperaturen på Svanvik. Temperaturen i andre høyder er bestemt på grunnlag av denne temperaturen og temperaturgradienten. Målinger av  $\Delta T$  på Viksjøfjell er generelt brukt for å definere temperaturgradienten, bortsett fra når vindstyrken på Viksjøfjell er større enn 8 m/s, hvor  $\Delta T$  er satt lik temperatordifferansen mellom Viksjøfjell og Svanvik.





**Norsk institutt for luftforskning (NILU)**  
Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 66/94	ISBN-82-425-0622-1	
DATO 29.5.95	ANSV. SIGN. Svein Knudsen	ANT. SIDER 52	PRIS NOK 90,-
TITTEL Modellberegninger av SO <sub>2</sub> og metallavsetning i grenseområdene Norge-Russland		PROSJEKTLEDER Tone Bekkestad	
		NILU PROSJEKT NR. O-8976	
FORFATTER(E) Tone Bekkestad, Svein Knudsen, Mona Johnsrud og Mona Larsen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep. 0032 OSLO			
STIKKORD Modellberegninger	SO <sub>2</sub>	Sør-Varanger	
REFERAT Det er gjort beregninger av langtidsmiddelkonsentrasjoner av svoveldioksid og avsetning av nikkel og kopper i grenseområdet mellom Norge og Russland, og beregning av maksimum timekonsentrasjoner av SO <sub>2</sub> i episoder. SO <sub>2</sub> -konsentrasjoner over 2000 µg/m <sup>3</sup> ble beregnet for området mellom Nikel og norskegrensen for juli-episoden 1991. I Norge er det mest belastede området vest og nordvest for Svanvik (>200 µg/m <sup>3</sup> )			
TITLE Model estimates of SO <sub>2</sub> and heavy metal depositions in the border areas of Norway and Russia			
ABSTRACT Measurements of long term mean concentrations of sulphur dioxide and deposition of nickel and copper in the border areas of Norway and Russia, and estimates of maximum 1 hour concentrations of SO <sub>2</sub> in episodes. SO <sub>2</sub> -concentrations over 2000 µg/m <sup>3</sup> were estimated for the areas between Nikel and the Norwegian border for the July episode 1991. In Norway, the most impacted areas are west and north-west of Svanvik (>200 µg/m <sup>3</sup> ).			

\* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU  
B Begrenset distribusjon  
C Kan ikke utleveres