

Rapport nr.: 480/92



Statlig program for
forurensningsovervåking

Luftforurensninger i grenseområdene Norge/Sovjetunionen

januar 1990 - mars 1991

TA 815/1992



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 : 69/91
REFERANSE: O-8976
DATO : NOVEMBER 1991
ISBN : 82-425-0308-7

**LUFTFORURENSNINGER I GRENSEOMRÅDENE
NORGE/SOVJETUNIONEN
JANUAR 1990-MARS 1991**

B. Sivertsen, L.O. Hagen, O. Hellevik
og J.F. Henriksen

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM
NORGE

INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	5
2 MÅLEPROGRAM	6
2.1 Stasjonsplassering	6
2.2 Målingenes omfang	8
2.3 Datatilgjengelighet	11
3 METEOROLOGISKE FORHOLD	12
3.1 Vindforhold	12
3.2 Temperatur	17
3.3 Atmosfærisk stabilitet og turbulens	18
3.4 Måleperiodens representativitet	20
4 LUFTKVALITET	23
4.1 Utslipp til luft	23
4.2 SO ₂ -konsentrasjoner	25
4.3 Forurensningsepisoder av SO ₂	29
4.3.1 Episoden 27.-31.1.1990	31
4.3.2 Episoden 8.4.1990	32
4.3.3 Episoden 6.-7.3.1991	32
4.4 Svevestøvmålinger	32
4.5 Tungmetaller i luft	34
4.6 Nedbørens innhold av forurensninger	43
4.7 Snøprøver	44
4.8 Atmosfærisk korrosjon	48
5 MODELLBEREGNINGER	52
5.1 Utslippsdata	53
5.2 Meteorologiske data	56
5.3 Beregningsresultater	57
5.3.1 Langtidsmiddelkonsentrasjoner av SO ₂	57
5.3.2 Tørravsetning av SO ₂	61
5.3.3 Våtavsetning av sulfat	63
5.3.4 Total svovelavsetning i grenseområdene	64
5.3.5 Tørravsetning av nikkel	65
5.3.6 Modellberegninger i forurensningsepisoder	67
6 KRAV TIL RENSING AV UTSLIPP	72
6.1 Tålegrenser	72
6.2 Langtidsmiddelkonsentrasjoner	73
6.3 Timemidlete konsentrasjoner	75

	Side
7 DISKUSJON	78
7.1 Halvårsmiddel-belastning	79
7.2 Episoder	79
8 REFERANSER	80
VEDLEGG A: Vinndata	81
VEDLEGG B: Vinndata fra Svanvik 1.10.1978-31.3.1990 .	89
VEDLEGG C: Eksempler på forurensningsepisoder	93
VEDLEGG D: Modellbeskrivelser	99
VEDLEGG E: Evaluering av EPISODE	109
VEDLEGG F: Frekvensfordeling av vind (styrke og ret- ning) og stabilitet (4 klasser)	119
VEDLEGG G: Referanser til vedleggene	125

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) målt luftforurensninger i Sør-Varanger siden 1974. I 1988 ble målingene utvidet da det ble satt i gang en basisundersøkelse på norsk side av grensen mot Sovjetunionen. Samme år ble avtalen om et bilateralt miljøvernssamarbeid mellom Norge og Sovjetunionen undertegnet. Luftkvalitetsmålinger ble startet i januar 1990 på sovjetisk side av grensen med samme type utstyr som i Norge. I perioden januar 1990-mars 1991 har det vært i drift tre kontinuerlige SO₂-monitører på hver side av grensen. Data fra seks meteorologiske stasjoner er bearbeidet. Dessuten er det målt svevestøv ved 10 og nedbør ved seks målesteder. En spesiell undersøkelse av atmosfærisk korrosjon er også inkludert i programmet.

De meteorologiske målingene har vist at perioden januar 1990-mars 1991 har vært "normal". Avviket fra vindforholdene i tiårs-perioden 1979-89 og fra temperaturforholdene i 30-års-perioden 1931-60 var lite.

Luftforurensningene i området skyldes hovedsakelig utslippene fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij. Lokalt i Kirkenes er det også registrert påvirkning fra utslippene ved A/S Sydvaranger. Det største luftforurensningsproblemet i området er knyttet til svært høye konsentrasjoner av svoveldioksid (SO₂) i korte perioder ("episoder"), som resultat av utslippene fra de sovjetiske smelteverkene under spesielle meteorologiske forhold.

På sovjetisk side av grensen og i enkelte områder helt øst i Pasvik og på Jarfjordfjellet er det også målt høye månedsmiddel- og halvårsmiddelkonsentrasjoner av SO₂. Konsentrasjonene kan da overskride norske forslag til retningslinjer for luftkvalitet. Ved alle målestedene er det registrert høyere konsentrasjoner om vinteren enn om sommeren. Dette skyldes bedre spredningsforhold og også noe lavere utslipp om sommeren.

I forhold til foreliggende forslag til retningslinjer gitt av SFT og av Verdens Helseorganisasjon (WHO) er overskridelsene

langt større for de høyeste timemiddelverdiene ("episodene") enn for halvårsmiddelverdiene.

Det ble identifisert ca. 20 forurensningsepisoder i måleperioden, da SO₂-konsentrasjonene midlet over én time var høyere enn 350 µg/m³ ved flere målesteder samtidig. De fleste episodene forekom i vinterhalvåret under situasjoner med svake variable vindforhold og høytrykk øst for grenseområdet.

Analyser av tungmetaller i svevestøv viser konsentrasjoner av nikkel, kopper, arsen og kobolt som er 5 til 20 ganger høyere enn ved målesteder i Sør-Norge utsatt for langtransporterte luftforurensninger. Tungmetallbelastningen var størst i nord-øst, på Jarfjordfjell, og avtok sørover i Pasvik. Også for avsetning av de nevnte tungmetallene i regn og snø viser målingene sterke gradienter i området, noe som tyder på at smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij er hovedkilden.

Modellberegninger sammenholdt med målinger i området har gjort det mulig å vurdere den romlige fordelingen av konsentrasjoner i luft og avsetning på bakken av svovel og tungmetaller. Disse beregningene er også brukt til å sammenligne dagens forurensningsnivå med forslag til retningslinjer for luftkvalitet, kritiske nivåer, eller det man i dag vet om naturens tålegrenser for området.

Beregningene viser at for de mest belastete sektorene er kritiske grenser overskredet ut til 30-40 km fra smelteverket i Nikel. For å komme ned på akseptable halvårsmiddel-konsentrasjoner på alle avstander (fra 3 km fra verket) må utslippene reduseres med en faktor på 6. Under episoder må utslippene reduseres til mindre enn 8% av dagens nivå i nærområdene, der de lave diffuse utslippene dominerer, 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 skjerpet. Detaljerte beregninger må gjennomføres på et senere tidspunkt, når informasjon om tålegrenser og reduksjonstiltak foreligger.

LUFTFORURENSNINGER I GRENSEOMRÅDENE NORGE/SOVJETUNIONEN

JANUAR 1990-MARS 1991

1 INNLEDNING

Målinger av luftforurensninger i grenseområdene i Norge og Sovjetunionen har pågått siden 1974 i Sør-Varanger kommune og siden 1985 i Murmansk fylke. En mer omfattende kartlegging i form av en såkalt basisundersøkelse startet på norsk side i 1988. Målet med denne var å bestemme forekomst og omfang av luftforurensninger langs grensa mot Sovjetunionen. Måleprogrammet omfattet luftkvalitet, meteorologiske forhold, nedbørkvalitet og atmosfærisk korrosjon.

Det bilaterale miljøvernssamarbeidet mellom Sovjetunionens ministerium for naturvern og Miljøverndepartementet i Norge kom i gang høsten 1988. Etter diskusjoner i en ekspertgruppe for luftforurensninger under Den blandede norsk-sovjetiske kommisjon om samarbeid på miljøvernområdet i juni 1989, startet et felles måleprogram på begge sider av grensa i januar 1990.

Ekspertgruppen står for planleggingen og gjennomføringen av måleprogrammet. Måleprogrammet omfatter nedbørkvalitet og konsentrasjoner av SO₂ og tungmetaller (Ni, Cu, Co, Cr og As). Norge har stilt til disposisjon nødvendig måleutstyr til de sovjetiske stasjonene. SO₂-instrumentene er kontinuerlig registrerende og har utstyr for lagring av data.

Målingene på sovjetisk side kom i gang i januar/februar 1990. Det har hele tiden under samarbeidet vært utvekslet data for luftkvalitet og meteorologi. Interkalibrering av kjemiske analyser har vært gjennomført, og måleresultater har vært utvekslet og diskutert i fire møter i ekspertgruppen.

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

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

Det er utarbeidet flere framdriftsrapporter og statusrapporter underveis (se referanseliste). Denne rapporten oppsummerer resultatene fra undersøkelsene i perioden januar 1990 til mars 1991 og gir en vurdering av utslippene fra smelteverkene i forhold til kritiske belastninger på naturmiljøet i området.

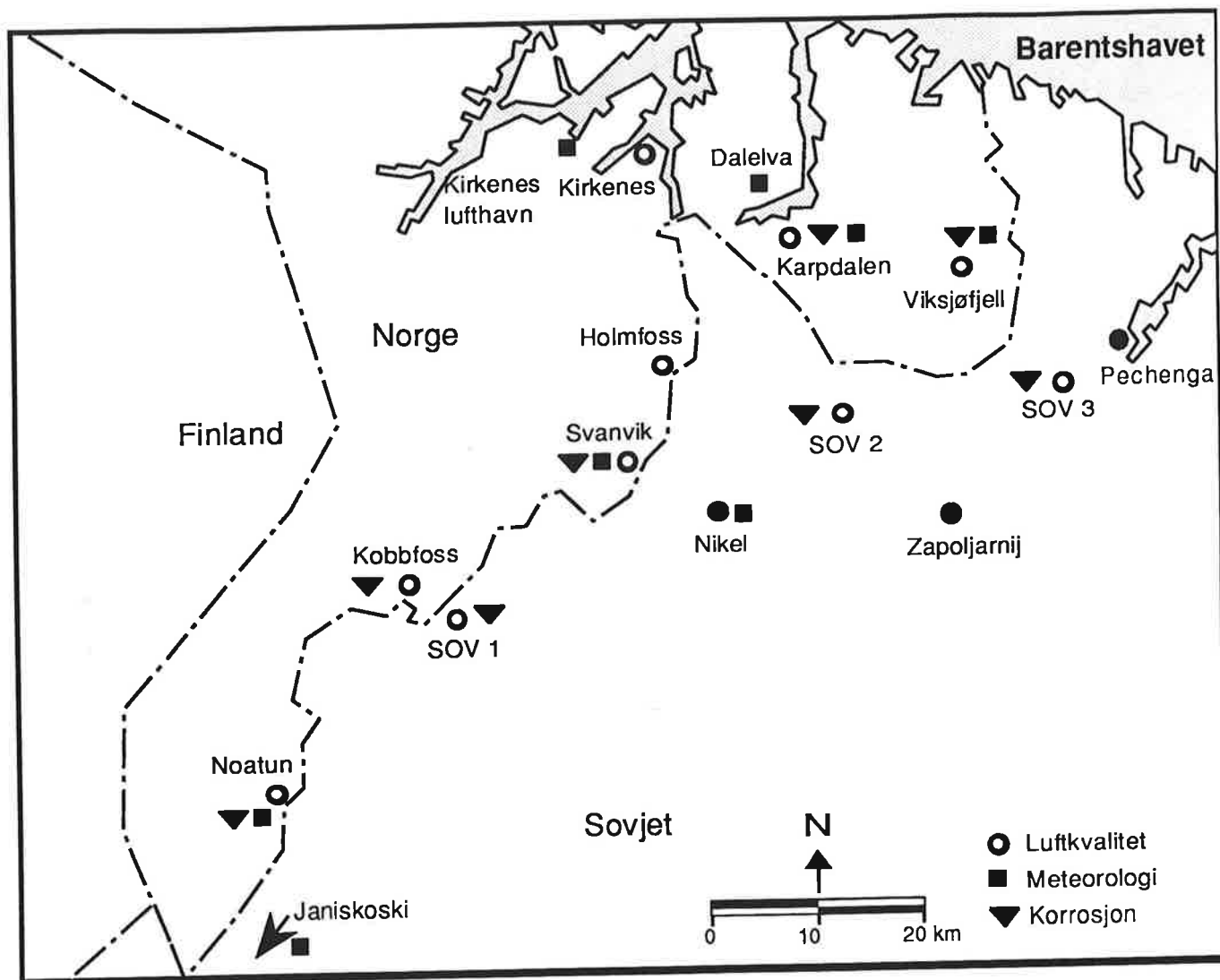
2 MÅLEPROGRAM

2.1 STASJONSPASSERING

Undersøkelsene i grenseområdene har omfattet målinger av:

- luftkvalitet
- nedbørkvalitet
- meteorologiske forhold
- korrosjon

Figur 1 viser hvor de forskjellige stasjonene er plassert og hvilke målinger som gjennomføres på hver enkelt stasjon.



Figur 1: Målestasjoner for luftkvalitet, meteorologiske forhold (inkl. nedbørkvalitet) og korrosjon i grenseområdene i Norge og Sovjetunionen i 1990-1991.

2.2 MÅLINGENES OMFANG

Måleprogrammet for luftkvalitet er vist i tabell 1.

Tabell 1: Måleprogram for luftkvalitet i grenseområdene i Norge og Sovjetunionen i 1990-1991.

Stasjon	SO ₂		Svevestøv og tungmetaller
	Døgnverdier	Timeverdier	Døgnverdier
Viksjøfjell		X	X ¹⁾
Karpdalen	X	X	X
Kirkenes	X		X
Holmfoss	X		X
Svanvik	X	X	X
Kobbfoss	X		X
Noatun	X		X
SOV 1	X	X	X
SOV 2	X	X	X
SOV 3	X	X	X

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

På Viksjøfjell, Karpdalen, Svanvik og de tre sovjetiske stasjonene måles SO₂ med kontinuerlig registrerende instrumenter, som gir middelerverdier over én time. De norske stasjonene har oppringt samband, slik at stasjonene kan kontrolleres og data overføres til NILU. Rutinemessig overføres data automatisk hver formiddag. Samtlige stasjoner bortsett fra Viksjøfjell har også døgnprøvetakere for SO₂. Døgnprøvene analyseres ved laboratoriene til henholdsvis Kola Vitenskapssenter og NILU.

På Viksjøfjell tas det prøver av svevestøv med en to-filter-prøvetaker, som deler støvet i fin- og grovfraksjon. Finfraksjonen inneholder partikler med diameter under 2,5 µm, mens partiklene i grovfraksjonen har diameter mellom 2,5 µm og 10 µm. På disse prøvene bestemmes mengden av svevestøv gravimetrisk.

På de øvrige stasjonene tas det prøver av svevestøv med NILUs automatiske døgnprøvetakere (de samme som for SO₂). Luftvolumet er imidlertid for lite til å bestemme den totale svevestøvmengden. På samtlige stasjoner er mengden av tungmetallene Cr, Co, Ni, Cu og As bestemt. I prøvene fra de norske stasjonene er også mengden av Fe, Cd, Zn, V, Mn og Pb bestemt. For å få stor nok prøvemengde på dager med liten forurensning, er prøvene for dager med midlere SO₂-konsentrasjon under 50 µg/m³ (Viksjøfjell under 20 µg/m³) slått sammen for hver måned. De øvrige prøvene er analysert som enkeltprøver. Prøvene fra de norske og sovjetiske stasjonene er analysert ved de respektive laboratoriene.

Programmet for målinger av meteorologiske forhold og nedbørkvalitet er vist i tabell 2. Hovedstasjonen for meteorologiske målinger er Viksjøfjell, der det er plassert en 25 m høy mast. I toppen måles vindretning, vindstyrke og turbulens. 10 m over bakken måles temperatur og vindstyrke, mens stabilitet måles som temperaturdifferansen mellom 25 m og 10 m. På nivået 2 m over bakken måles temperatur og relativ fuktighet.

NILUs nedbørstasjon ved Dalelva ble flyttet til Karpdalen 1.1.1991 fordi det var en del usikkerhet med prøveinnsamlingen etter 1.4.1990. Stasjonen ved Dalelva ble opprettet der etter ønske fra Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i tilknytning til deres feltforsøksstasjon for vannkvalitet.

Ved Det norske meteorologiske institutts (DNMIs) stasjoner Kirkenes lufthavn og Noatun (Pasvik) og ved Hydrometeorologisk institutts stasjoner i Nikel og Janiskoski måles det en rekke meteorologiske parametre ut over det som er angitt i tabell 2. Tabellen inneholder bare de parametrene som benyttes i denne undersøkelsen.

På norsk side er det gjennomført et program over to år for korrosjon som ble avsluttet 1.10.1990. Dette måleprogrammet er vist i tabell 3, og er utformet etter retningslinjer foreslått

Tabell 2: Måleprogram for meteorologiske forhold og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Sovjetunionen i 1990-1991.

Stasjon	Nedbørkvalitet (ukesverdier)	Meteorologiske forhold (timeverdier)					
		Vindretning	Vindstyrke	Temperatur	Relativ fuktighet	Stabilitet	Turbulens
Viksjøfjell		X	X	X	X	X	X
Karpdalen	X						
Dalelva ¹⁾	X						
Kirkenes lufthavn ²⁾		X	X	X	X		
Svanvik	X	X	X	X	X		
Noatun ²⁾	X	X	X	X	X		
SOV 1	X						
SOV 2	X						
SOV 3	X						
Nikel ³⁾		X	X	X	X		
Janiskoski ³⁾		X	X	X	X		

1 Flyttet til Karpdalen 1.1.1991.

2 Det norske meteorologiske institutts stasjon, 10 minutters middelveidier 3-4 ganger i døgnet.

3 Hydrometeorologisk institutts stasjon, øyeblikksverdier hver tredje time.

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

Stasjon	Platematerialer	Trådmaterialer (til reingjerder)	Aerosolfelle (kloridbelastning)
Viksjøfjell	- Årsprøver satt ut vår og høst av karbonstål, sink og galvanisert stål - Måned- og kvartalsprøver av karbonstål - 2-årsprøver av "Aluzink"	- 2-års prøver (fra 1.10.1988) og 1 ½-års prøver (fra 1.4.1989) av: galvanisert tråd, plastbelagt galvanisert tråd, aluminiumtråd, "Galfan"-tråd og plastbelagt galvanisert tråd med skader i plastbelegget.	X
Karpdalen			X
Svanvik			X
Kobbfoss			
Noatun			

av den internasjonale standardiseringsorganisasjonen ISO, med prøveplater på 10 x 15 cm eksponert i 45° vinkel mot sør og åpen spiral (helix) for trådmaterialene.

I tillegg til det norske måleprogrammet for korrosjon som er beskrevet foran, ble det fra 1.6.1990 gjennomført et felles

norsk-sovjetisk måleprogram av ett års varighet på de tre sovjetiske målestasjonene for luftkvalitet og de fem norske stasjonene for korrosjon. Bortsett fra aerosolfeller er måleprogrammet det samme som beskrevet i tabell 3. I dette korrosjonsprogrammet har NILU samarbeidet med "The Institute of Physical Chemistry of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow". Alle bestemmelser av korrosjonshastighet både på norske og sovjetiske stasjoner er utført ved NILUs laboratorium.

2.3 DATATILGJENGELIGHET

I figur 2 er datatilgjengeligheten for meteorologiske data og luftkvalitet presentert. Viksjøfjell mangler meteorologiske data fra slutten av november 1990 til midt i januar 1991 på grunn av feil med dataloggeren. Fra Nikel og Janiskoski har NILU mottatt data for perioden februar-desember 1990.

SO₂-målingene startet i begynnelsen av januar 1990 på SOV 1 og SOV 2 og i begynnelsen av februar 1990 på SOV 3. Monitoren på SOV 1 har vært ute av drift ca. 6 uker sommeren 1990, mens SOV 2 har vært ute av drift i vel 10 uker vinteren 1990/91. Dette skyldes mekaniske feil som det har tatt tid å få rettet, fordi tilbakemeldingen og formaliteter for besøk på sovjetisk side har tatt lang tid.

For de norske SO₂-døgnprøvetakerne er datatilgjengeligheten rimelig god. Et lengre avbrudd på stasjonen i Kirkenes skyldes ferieavvikling ved A/S Sydvaranger, som er ansvarlig for driften av denne stasjonen. Stasjonen på Kobbfoss ble nedlagt 1.10.1990.

Datatilgjengeligheten for svevestøv og tungmetaller på Viksjøfjell har vært god. For de øvrige stasjonene er datatilgjengeligheten for tungmetaller den samme som for døgnprøver av SO₂.

Data tilgjengelighet

	1990												1991			
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	
Meteorologiske data																
Viksjøfjell																
Temp. 10 m.																
Temp. 2 m.																
Temp. diff.																
Vindretn. 25 m.																
Vindstyrke 25 m.																
Vindstyrke 10 m.																
Sigma K																
Sigma K+L																
Svanvik																
Temp.																
Rel. fukt.																
Vindstyrke																
Vindretn.																
Nikkel																
Vindstyrke																
Vindretn.																
Janiskoski																
Vindstyrke																
Vindretn.																
SO ₂ timevise data																
Viksjøfjell																
Karpdalen																
Svanvik																
Sovjet 1																
Sovjet 2																
Sovjet 3																
SO ₂ døgndata																
Karpdalen																
Kirkenes																
Holmfoss																
Svanvik																
Kobbloss																
Noatun																
Svevestøv																
Viksjøfjell																

Manglende data i perioder kortere enn 48 timer er ikke vist.

Figur 2: Datatilgjengelighet for luftkvalitet og meteorologiske forhold i 1990-1991.

3 METEOROLOGISKE FORHOLD

3.1 VINDFORHOLD

Den meteorologiske hovedstasjonen er plassert på Viksjøfjell, om lag 400 m over havet, se figur 1. Den automatiske værstasjonen foretar kontinuerlige registreringer, og måleresultatene lagres som timemiddelverdier.

I Svanvik registreres målingene kontinuerlig på en skriver. Registreringene avleses og lagres som timemiddelverdier.

Figur 3 og 4 viser vindroser for vinter- og sommerhalvår; oktober 1989-mars 1990, april-september 1990 og oktober 1990--mars 1991 for Viksjøfjell og Svanvik. Vindrosene viser

frekvensen av vind i tolv 30°-sektorer, dvs. hvor ofte det blåser fra disse retningene. Frekvensen er gitt for følgende sektorer: nord (360°) (dvs. $360^\circ \pm 15^\circ$), 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 timemiddelvindstyrken har vært mindre enn 0,3 m/s på Viksjøfjell og mindre enn 0,5 m/s på Svanvik.

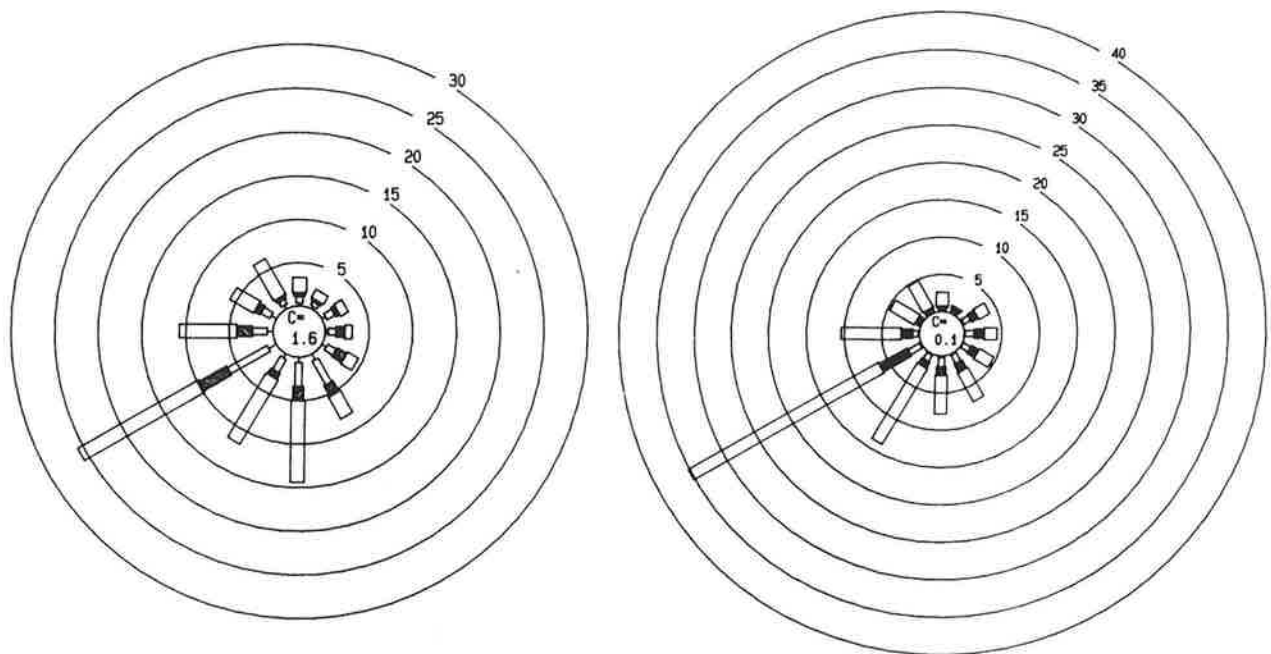
På Viksjøfjell er målingene utført 25 m o.b. og på Svanvik 10 m o.b. Vindrosene fra Viksjøfjell viser at vind fra vest-sørvest og sør-sørvest forekom hyppigst både i vinterhalvåret og sommerhalvåret. Vinteren 1990/91 hadde noe lavere frekvens av vind fra sør og noe høyere frekvens av vind fra vest-sørvest enn vinteren 1989/90. Sommeren 1990 var det lavere frekvens av vind fra sørlige og sørvestlige retninger og høyere frekvens av vind fra nordlige og nordøstlige retninger enn i de to vinterhalvårene. Midlere vindstyrke var 7,5 m/s i vinterhalvåret 1989/90, 7,2 m/s i sommerhalvåret 1990 og 8,9 m/s i vinterhalvåret 1990/91. De høyeste middelvindstyrkene ble målt ved vind fra sørvestlig og nordlig retning, mens nordøstlig og østlig vind hadde lavest middelvindstyrke.

På Svanvik forekom vind fra sørlig og sørvestlig kant hyppigst om vinteren. Om sommeren var vind fra nordøstlig kant langt mer framherskende enn om vinteren. Frekvensen av vindstille var 26-30% vinterstid og 12% om sommeren, dvs. langt høyere enn på Viksjøfjell. Middelvindstyrken var 1,9 m/s-2,1 m/s de tre halvårene, og det var liten forskjell mellom vinter og sommer. Om sommeren var vindstyrken høyere om dagen enn om natta på grunn av solgangsbriseeffekten.

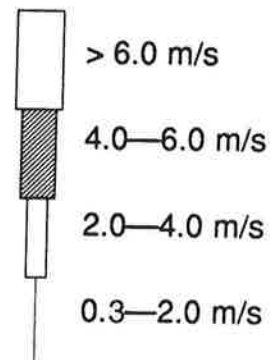
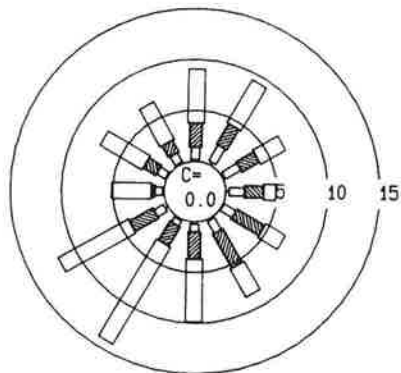
Vedlegg A viser utskrifter av bearbeidelsen av vindmålingene på Viksjøfjell og i Svanvik for vinterhalvårene 1989/90, 1990/91 og sommerhalvåret 1990.

STASJON : VIKSJØFJELL
 PERIODE : 1.10.89 - 31. 3.90

STASJON : VIKSJØFJELL
 PERIODE : 1.10.90 - 31. 3.91

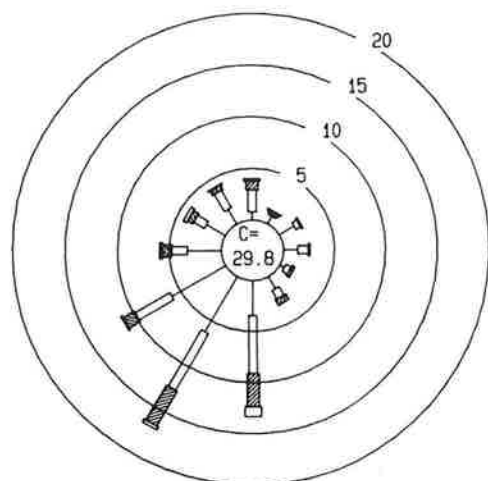


STASJON : VIKSJØFJELL
 PERIODE : 1. 4.90 - 30. 9.90

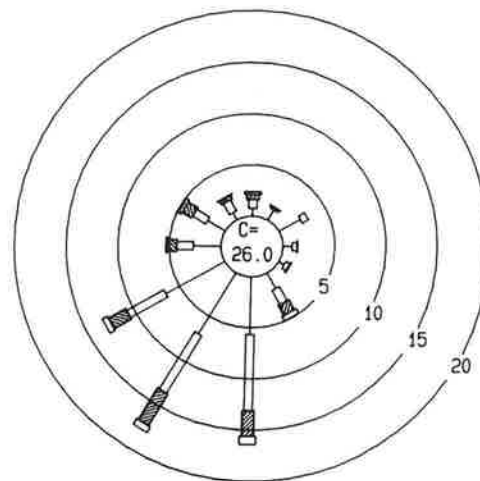


Figur 3: Vindrosen for Viksjøfjell (25 m o.b.) for perioden 1.10.1989-31.3.1990, 1.4.-30.9.1990 og 1.10.1990-31.3.1991.

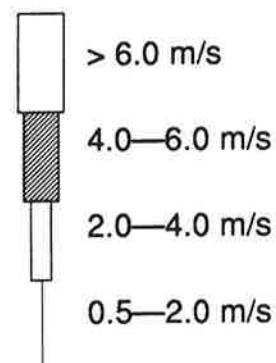
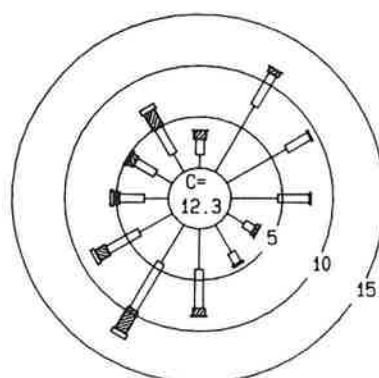
STASJON : SVANVIK
PERIODE : 1.10.89 - 31. 3.90



STASJON : SVANVIK
PERIODE : 1.10.90 - 31. 3.91

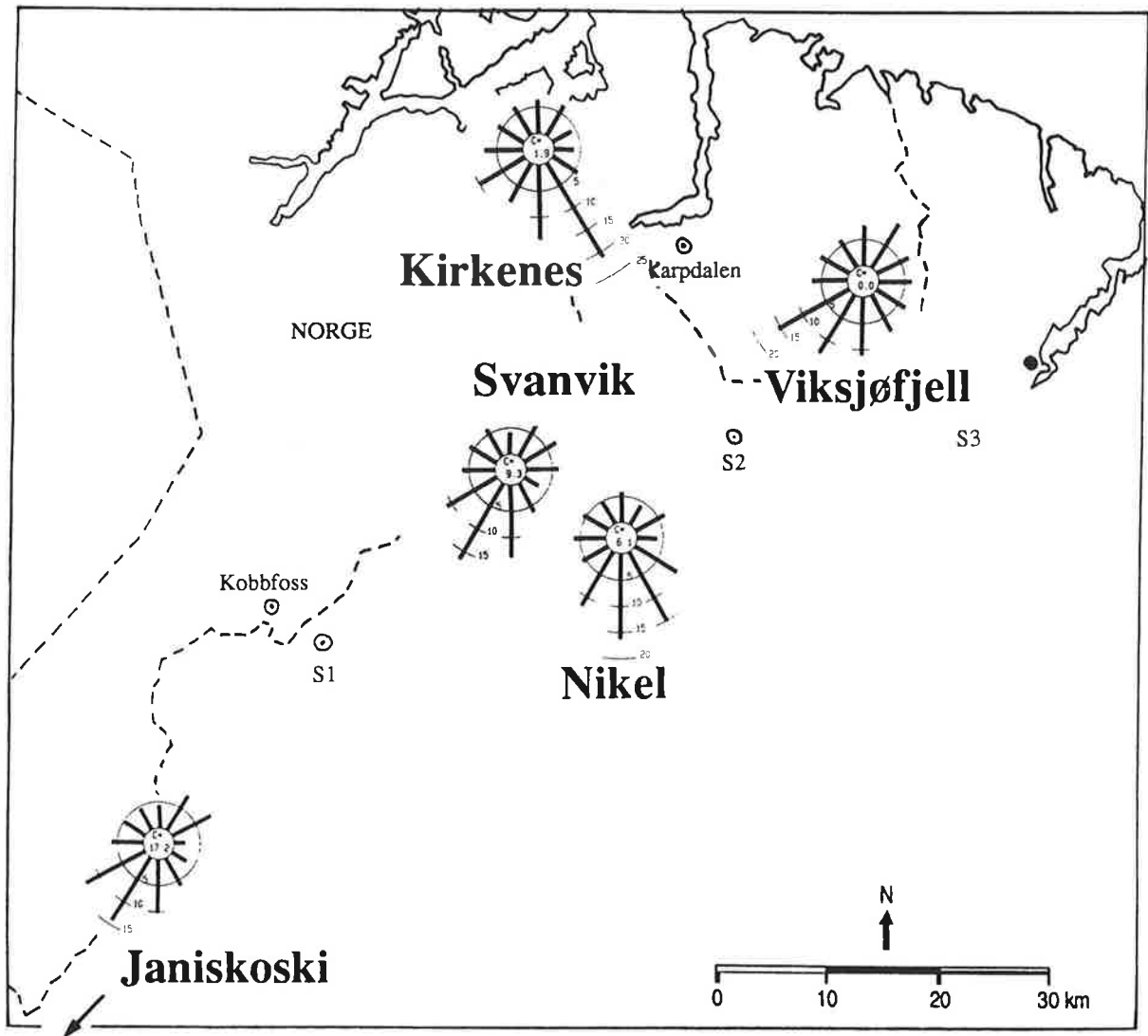


STASJON : SVANVIK
PERIODE : 1. 4.90 - 30. 9.90



Figur 4: Vindroser for Svanvik (10 m o.b.) for perioden 1.10.1989-31.3.1990, 1.4.-30.9.1990 og 1.10.1990-31.3.1991.

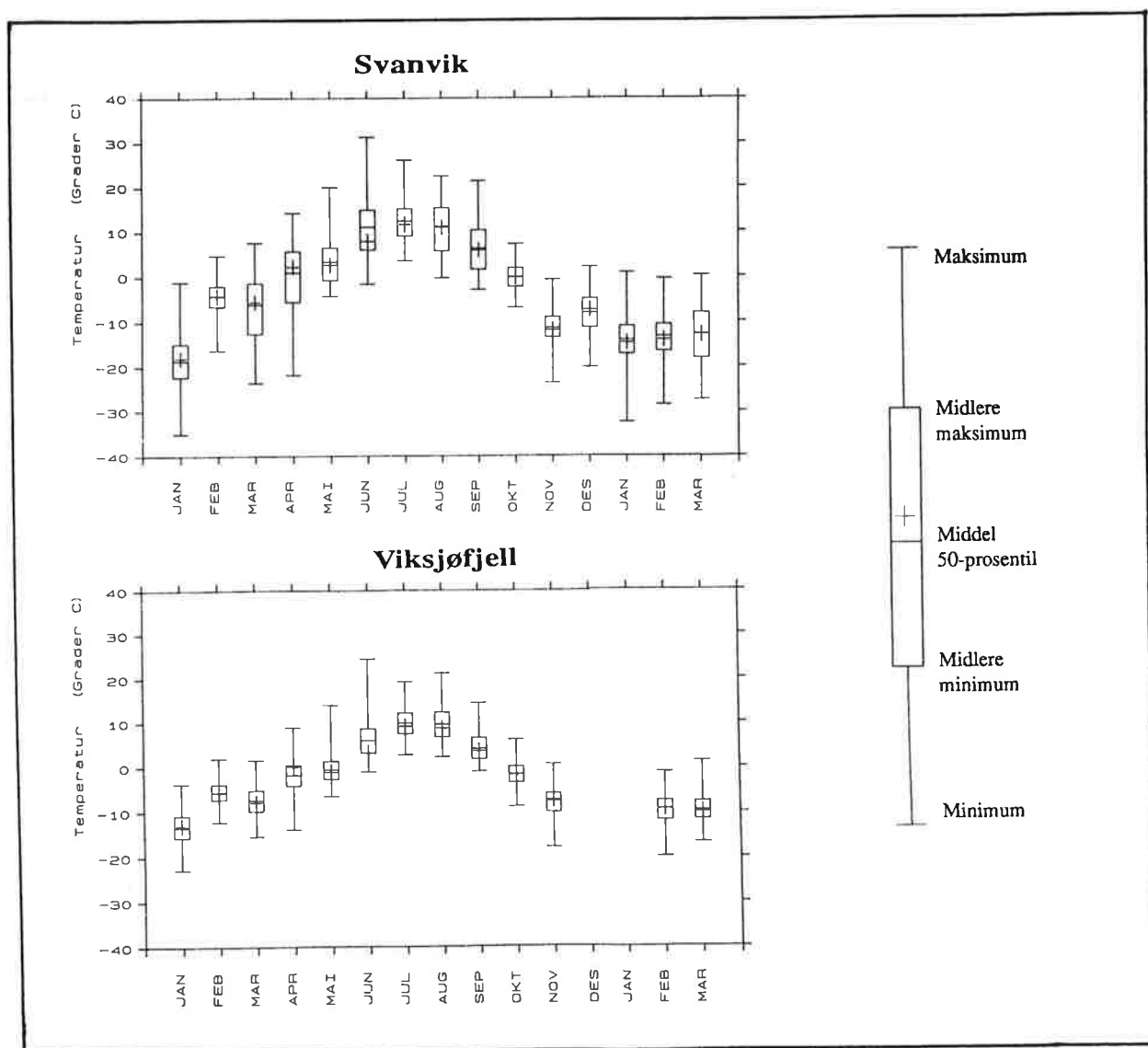
I figur 5 er det vist vindroser for 1990 fra Kirkenes lufthavn, Viksjøfjell, Svanvik, Nikel og Janiskoski. På Viksjøfjell, i Svanvik og i Janiskoski var det størst frekvens av vind fra sør og sørvestlig kant. På Kirkenes lufthavn og i Nikel var det størst frekvens av vind fra sør og sørøstlig kant.



Figur 5: Vindroser for Kirkenes lufthavn, Viksjøfjell, Svanvik, Nikel og Janiskoski for 1990.

3.2 TEMPERATUR

Figur 6 viser fordelingen av timemiddelverdiene av luftas temperatur på Viksjøfjell og Svanvik for hver måned i perioden 1.1.1990-31.3.1991. På figuren er det for hver måned angitt maksimumstemperatur (høyeste timemiddel), midlere maksimumstemperatur, månedsmiddeltemperatur, 50-prosentilverdien (halvparten av timemiddelverdiene er høyere og lavere enn denne verdien), midlere minimumstemperatur og minimumstemperatur (laveste timemiddel).



Figur 6: Temperaturstatistikk fra Viksjøfjell og Svanvik for hver måned i perioden 1.1.1990-31.3.1991 ($^{\circ}\text{C}$).

Figuren viser at forskjellen mellom sommer og vinter var større i Svanvik enn på Viksjøfjell. Høyden over havet og høyere vindstyrke på Viksjøfjell gjør at temperaturen på Viksjøfjell varierer mindre.

Som vist i figur 10 senere i rapporten var januar og november 1990 kaldere enn normalt, mens februar, mars, april og desember 1990, samt januar 1991 var varmere enn normalt. For de øvrige månedene var det små avvik fra det normale.

Den høyeste timemiddelverdien av lufttemperatur ble målt 24. juni 1990 med henholdsvis 31,3 °C og 24,5 °C i Svanvik og på Viksjøfjell.

De laveste timemiddeltemperaturene ble målt i januar 1990 med -35,0 °C i Svanvik den 13.1 og -22,7 °C på Viksjøfjell den 17.1.

På Viksjøfjell mangler data fra slutten av november 1990 til midt i januar 1991 på grunn av feil med dataloggeren.

3.3 ATMOSFÆRISK STABILITET OG TURBULENS

Atmosfærens termiske stabilitet er viktig for vertikal spredning av luftforurensninger, mens fluktuasjonene i vindretningen (turbulens) gir et mål for spredning i horisontal retning.

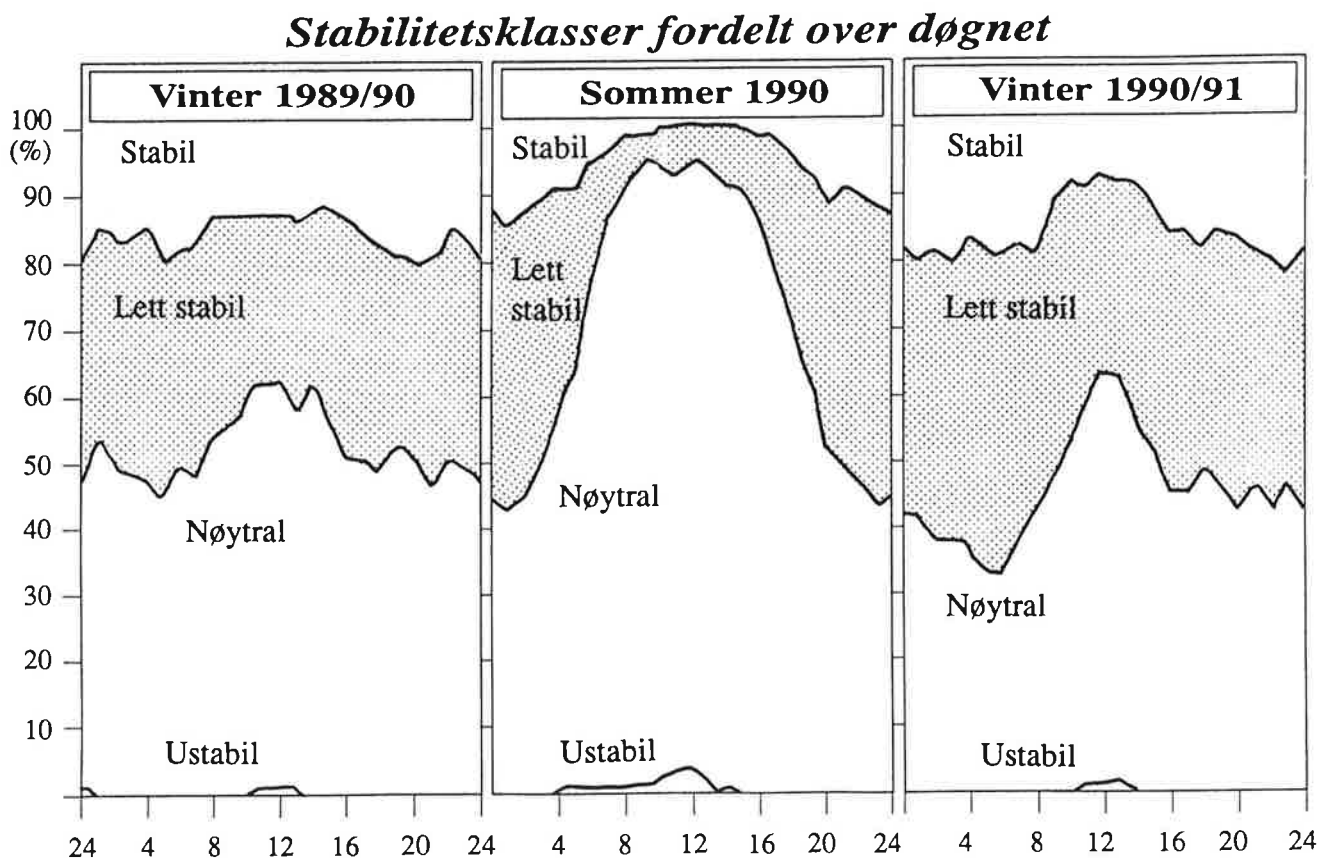
Atmosfærens termiske stabilitet er målt på Viksjøfjell som temperaturforskjellen (ΔT) mellom 25 m o.b. og 10 m o.b. På grunnlag av målingene er stabilitetsforholdene delt inn i fire klasser:

Ustabil	$\Delta T \leq -0,5 \text{ °C}$
Nøytral	$-0,5 \text{ °C} < \Delta T \leq 0,0 \text{ °C}$
Lett stabil	$0,0 \text{ °C} < \Delta T \leq 0,5 \text{ °C}$
Stabil	$0,5 \text{ °C} < \Delta T$

Nøytral atmosfære (sterk vind) og ustabile forhold gir vanligvis god spredning av luftforurensende utslipp. Ved sterk

utstråling (vanligvis om natta og om vinteren) avkjøles bakken sterkt, og temperaturen øker med høyden (lett stabilt/stabilt eller inversjon). Ved slike forhold undertrykkes spredningen av forurensning. Det dannes et inversjonssjikt som forurensende utslipp ikke unnslipper.

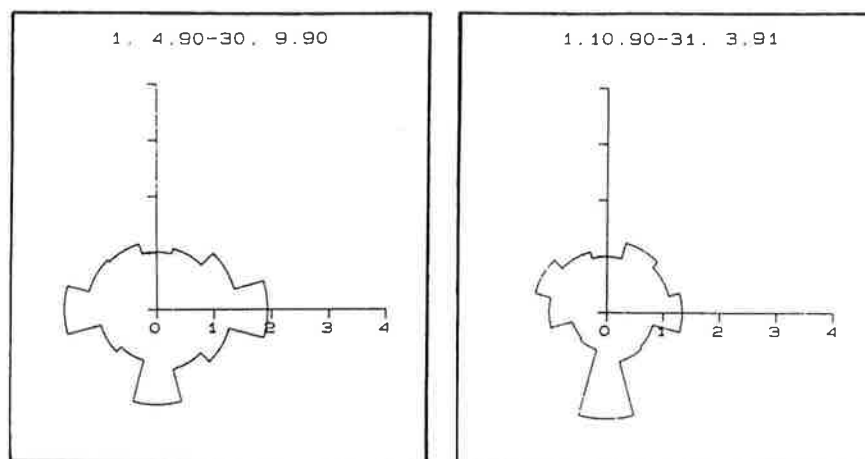
Figur 7 viser frekvensen av de fire stabilitetsklassene på Viksjøfjell for vinterhalvårene 1989/90 og 1990/91 og for sommerhalvåret 1990. Ustabil sjiktning hadde meget lav frekvens, mest midt på dagen om sommeren. Inversjon forekom rundt halvparten av tiden vinterstid, litt oftere om natta enn om dagen. Midt på natta om sommeren var det også inversjon i rundt 50% av tiden. Nøytral sjiktning forekom oftest om sommeren og særlig midt på dagen (rundt 90% av tiden).



Figur 7: Frekvens av fire stabilitetsklasser på Viksjøfjell midlet over døgnet for periodene 1.10.1989-31.3.1990, 1.4.-30.9.1990 og 1.10.1990-31.3.1991.

Figuren viser at den vertikale spredningen er bedre om sommeren enn om vinteren, særlig på dagtid.

I figur 8 er vist standardavviket av horisontale fluktuasjoner i vindretningen på Viksjøfjell for sommerhalvåret 1990 og vinterhalvåret 1990/91. Vinteren 1989/90 liknet svært mye vinteren 1990/91. For alle vindretninger var standardavviket i vindrettingsfluktuasjonen under 20° , som er mindre enn det som vanligvis måles andre steder i Norge. Vind fra sør synes å være litt mindre retningsstabil enn vind fra andre retninger. Den viktigste forskjellen mellom sommer og vinter er at vind fra øst og vest er mindre retningsstabil om sommeren enn om vinteren. Jo mer vindretningen fluktuerer jo bedre er spredningen av luftforurensende utslipp i horisontal retning.

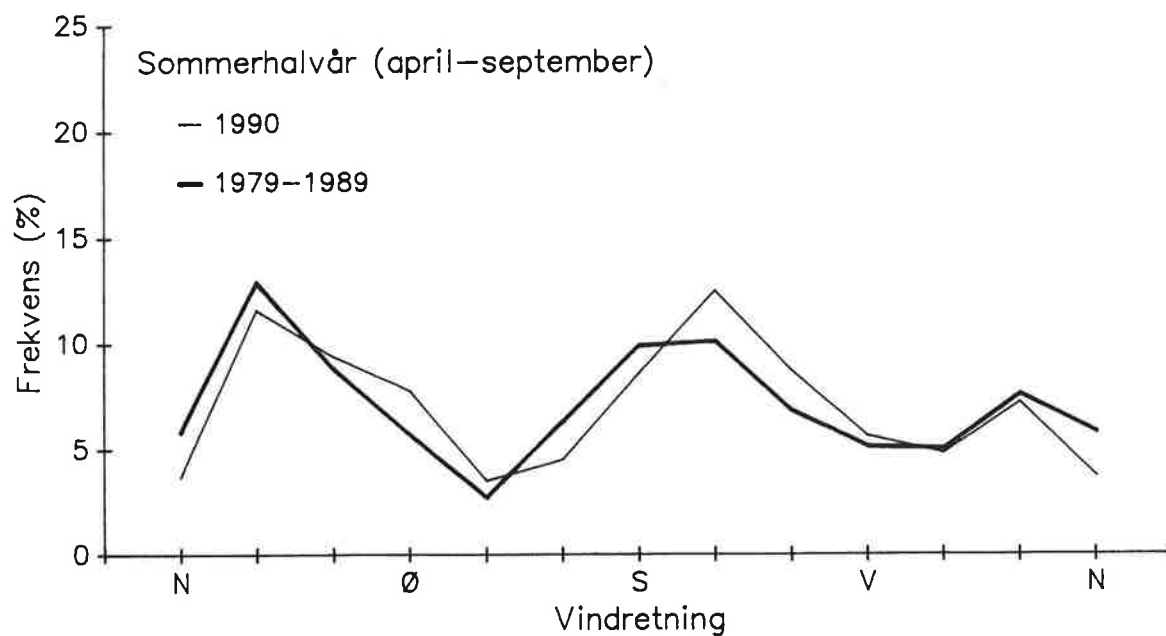
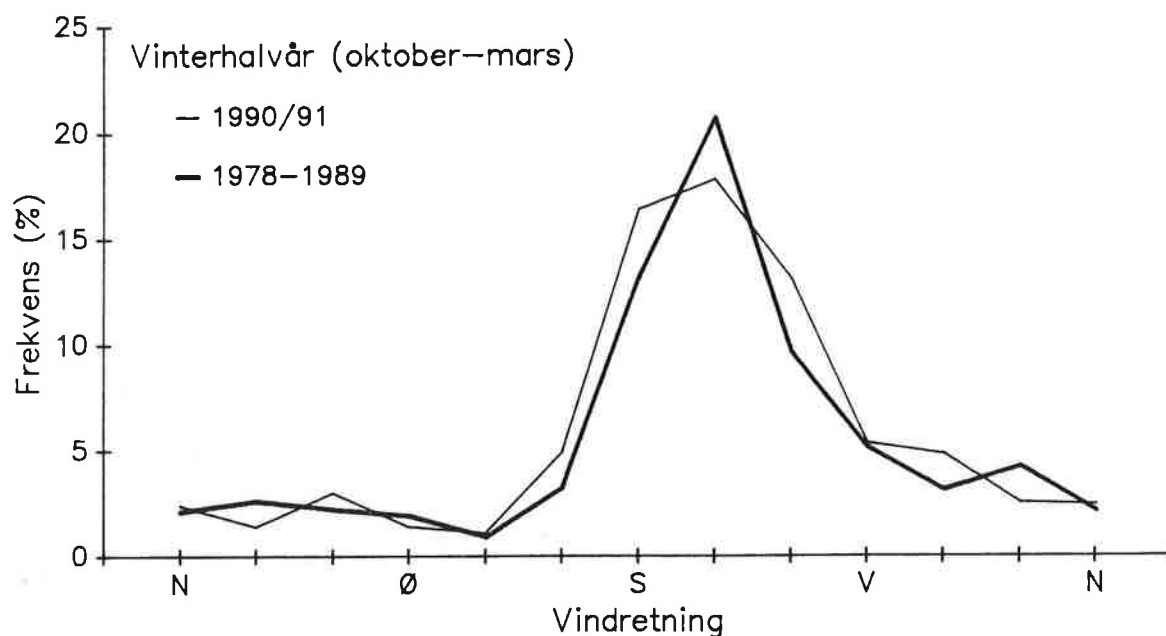


Figur 8: Midlere standardavvik i summen av kort- (5 minutter) og langperiodiske (1 time) horisontale fluktuasjoner i vindretningen for 12 30° -sektorer på Viksjøfjell for periodene 1.4.-30.9.1990 og 1.10.1990-31.3.1991 (deka-grader).

3.4 MÅLEPERIODENS REPRESENTATIVITET

Siden høsten 1978 har NILU gjennomført vindmålinger i Svanvik. I figur 9 er det vist vindfrekvensfordelinger for 12 30° -sektorer for vinterhalvåret 1990/91 og sommerhalvåret 1990 sammenliknet med gjennomsnittet ("normalen") for tilsvarende perioder

Vindretningsfordeling, Svanvik

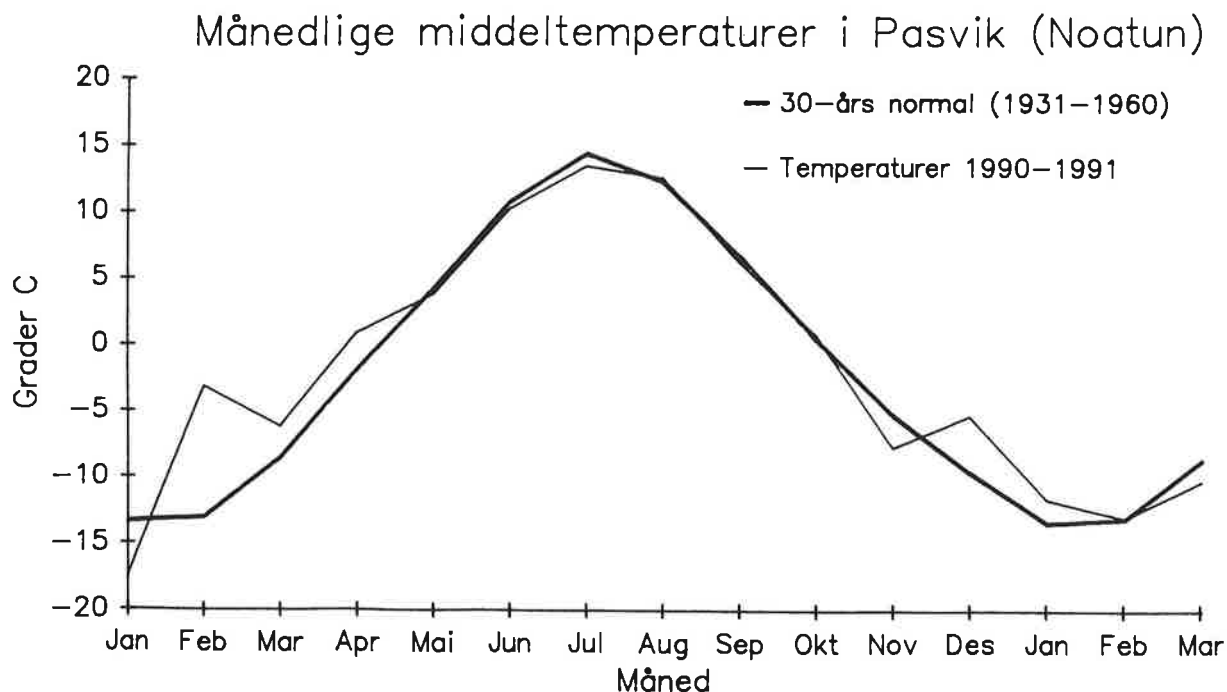


Figur 9: Sammenlikning av vindretningsfordelingen på Svanvik i 12 30⁰-sektorer i periodene 1.4-30.9.1990 og 1.10.1990-31.3.1991 med gjennomsnittet for tilsvarende perioder i årene 1978-1989.

i årene 1978-1989. Vedlegg B viser utskrifter av bearbeidelsen av vindmålingene i Svanvik for vinter- og sommerhalvåret for perioden 1978-1989.

Hovedinntrykket er at vindfrekvensfordelingene i 1990-1991 samsvarte bra med gjennomsnittet for årene 1978-1989, selv om det var små avvik for enkelte sektorer. Sørlig og sørvestlig vind dominerte i vinterhalvåret. Om sommeren forekom vind fra nordøst og sørvest omtrent like ofte. Vind fra øst-sørøst hadde lavest hyppighet både vinter og sommer.

Representativiteten av temperaturmålingene er illustrert i figur 10, som viser månedsmiddeltemperaturene i Pasvik (Noatun) sammenliknet med normalperioden 1931-1960. Avviket fra normalen var størst i februar 1990, som var hele 10 °C mildere enn normalt. Ved Kirkenes lufthavn var avviket 8 °C denne måneden. Størst avvik i negativ retning var det i januar 1990, som var om lag 4 °C kaldere enn normalt både på Noatun og ved Kirkenes lufthavn. Sommeren 1990 var det nær normal temperatur de fleste månedene.



Figur 10: Sammenlikning av månedsmiddeltemperaturene i Pasvik (Noatun) i perioden 1.1.1990-31.3.1991 med 30-års normalen 1931-1960 (°C).

4 LUFTKVALITET

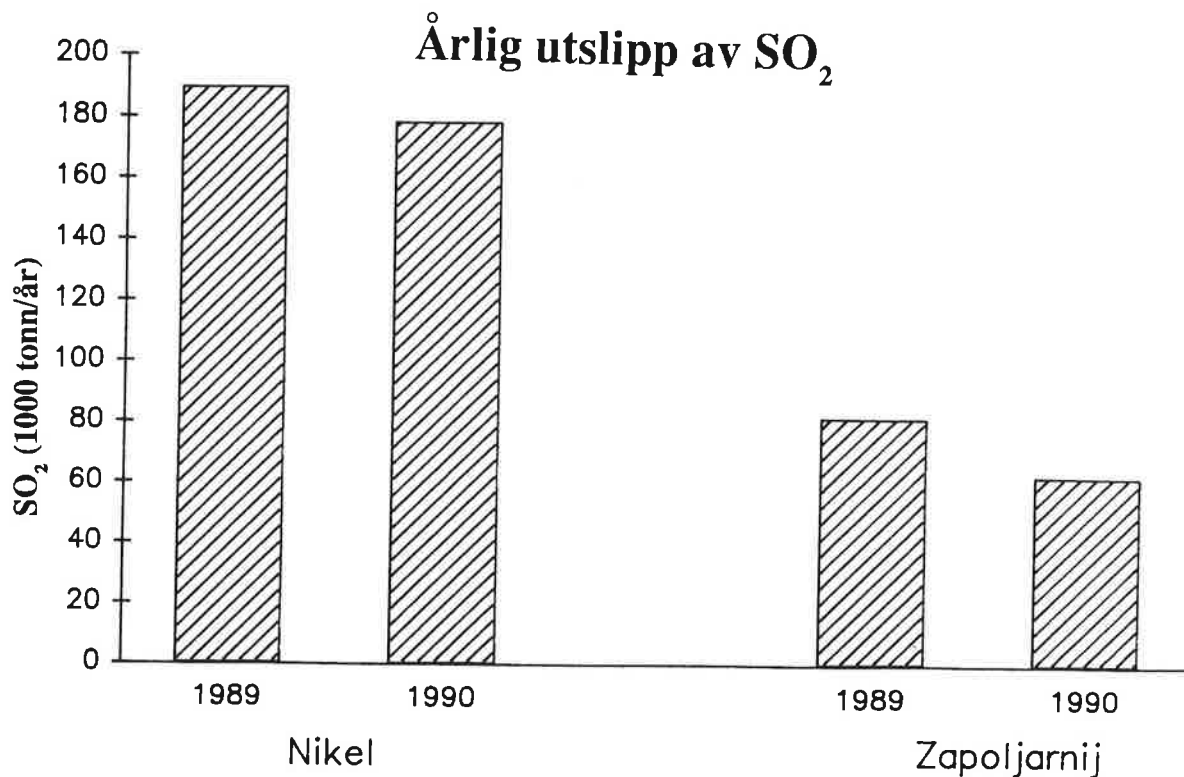
4.1 UTSLIPP TIL LUFT

De totale SO₂-utslippene fra nikkerverkene i Nikel og Zapoljarnij for 1989 og 1990 er vist i figur 11. Utslippene er beregnet av verkene på grunnlag av massebalanser. Det totale utslippet fra de to verkene var henholdsvis 190 000 tonn og 82 000 tonn SO₂ i 1989. Dette tilsvarer om lag tre ganger det totale utslippet i Norge. A/S Sydvaranger i Kirkenes hadde til sammenlikning et utslipp på 780 tonn i 1989. I 1990 hadde smelteverket i Nikel et utslipp på 179 000 tonn, mens verket i Zapoljarnij hadde 63 000 tonn. Samlet for de to verkene var dette 11% lavere enn i 1989. Fordelingen av utslippet på månedsbasis er vist i figur 12. Utslippene i Nikel var betydelig lavere i sommermånedene enn i de mest belastede vintermånedene. Dette skyldes hovedsakelig to forhold. Tilgangen av Norilsk-malm, som er svært svovelrik, er mindre om sommeren enn om vinteren. Dessuten skal produksjonen reduseres når det blåser mot byen Nikel og mot norske områder, forhold som forekommer hyppigere om sommeren enn om vinteren.

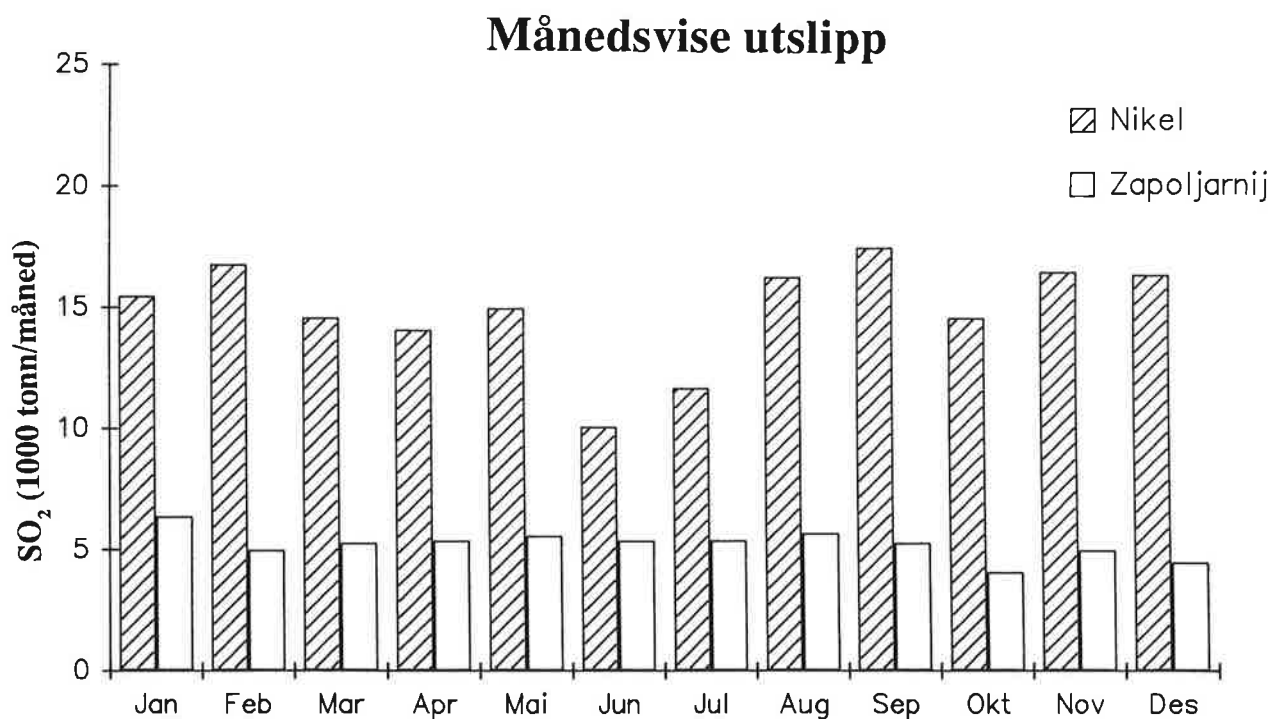
Utslippene av støv er oppgitt til 4 600 tonn i Nikel og 5 900 tonn i Zapoljarnij i 1989. For noen av de mest betydningsfulle tungmetallene var utslippene i 1989:

- Nikkel: 235 tonn i Nikel og 269 tonn i Zapoljarnij
- Kopper: 148 tonn i Nikel og 152 tonn i Zapoljarnij
- Kobolt: 6,9 tonn i Nikel og 11,2 tonn i Zapoljarnij

Til sammenlikning var støvutslippet fra A/S Sydvaranger i Kirkenes 980 tonn i 1989, mens innholdet av tungmetallene Ni, Cu, Co, Cr og As i støvet var ubetydelig.



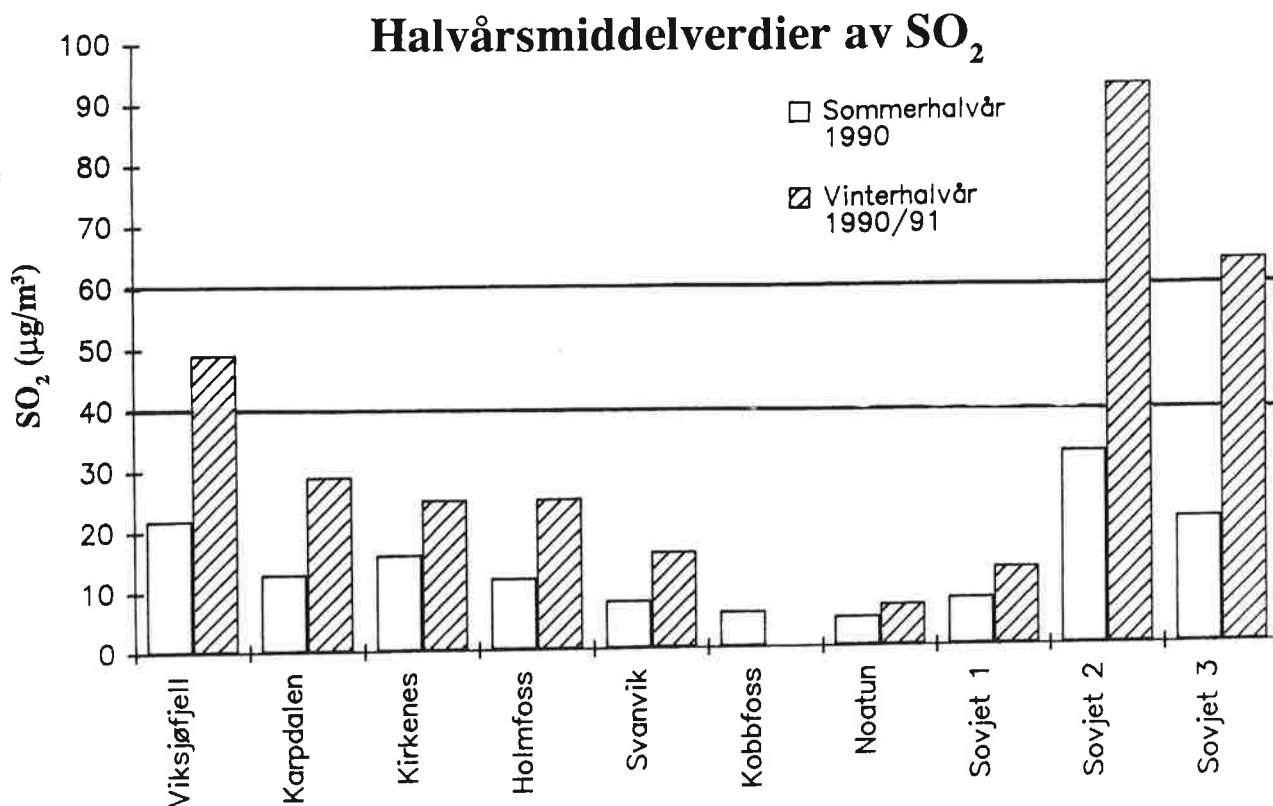
Figur 11: Utslipp av SO₂ fra verkene i Nikel og Zapoljarnij i 1989 og 1990 (1 000 tonn pr. år).



Figur 12: Månedlige utslipp av SO₂ fra verkene i Nikel og Zapoljarnij i 1990 (1 000 tonn pr. måned).

4.2 SO₂-KONSENTRASJONER

Halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO₂ i sommerhalvåret 1990 og vinterhalvåret 1990/91 ved norske og sovjetiske målestasjoner er vist i figur 13. På figuren er det norske forslaget til grenseverdi for halvår (40-60 µg/m³) markert med vannrette linjer.



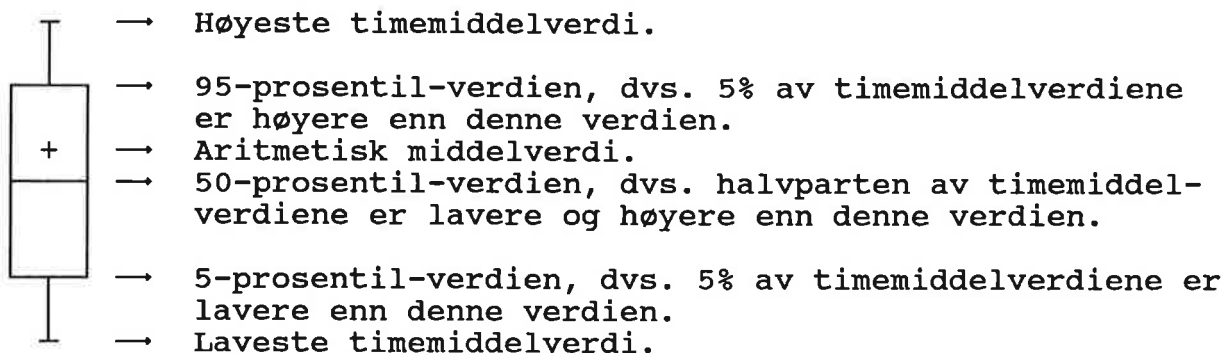
Figur 13: Halvårsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ i sommerhalvåret 1990 (april-september) og vinterhalvåret 1990/91 (oktober-mars) ved norske og sovjetiske stasjoner (µg/m³).

Alle stasjonene hadde høyere konsentrasjoner i vinterhalvåret enn i sommerhalvåret. Forskjellen var størst på de mest belastede stasjonene. I gjennomsnitt var stasjonene SOV 2, SOV 3 og Viksjøfjell mest belastet, mens Noatun, Kobbfoss og SOV 1 var minst belastet både sommer og vinter.

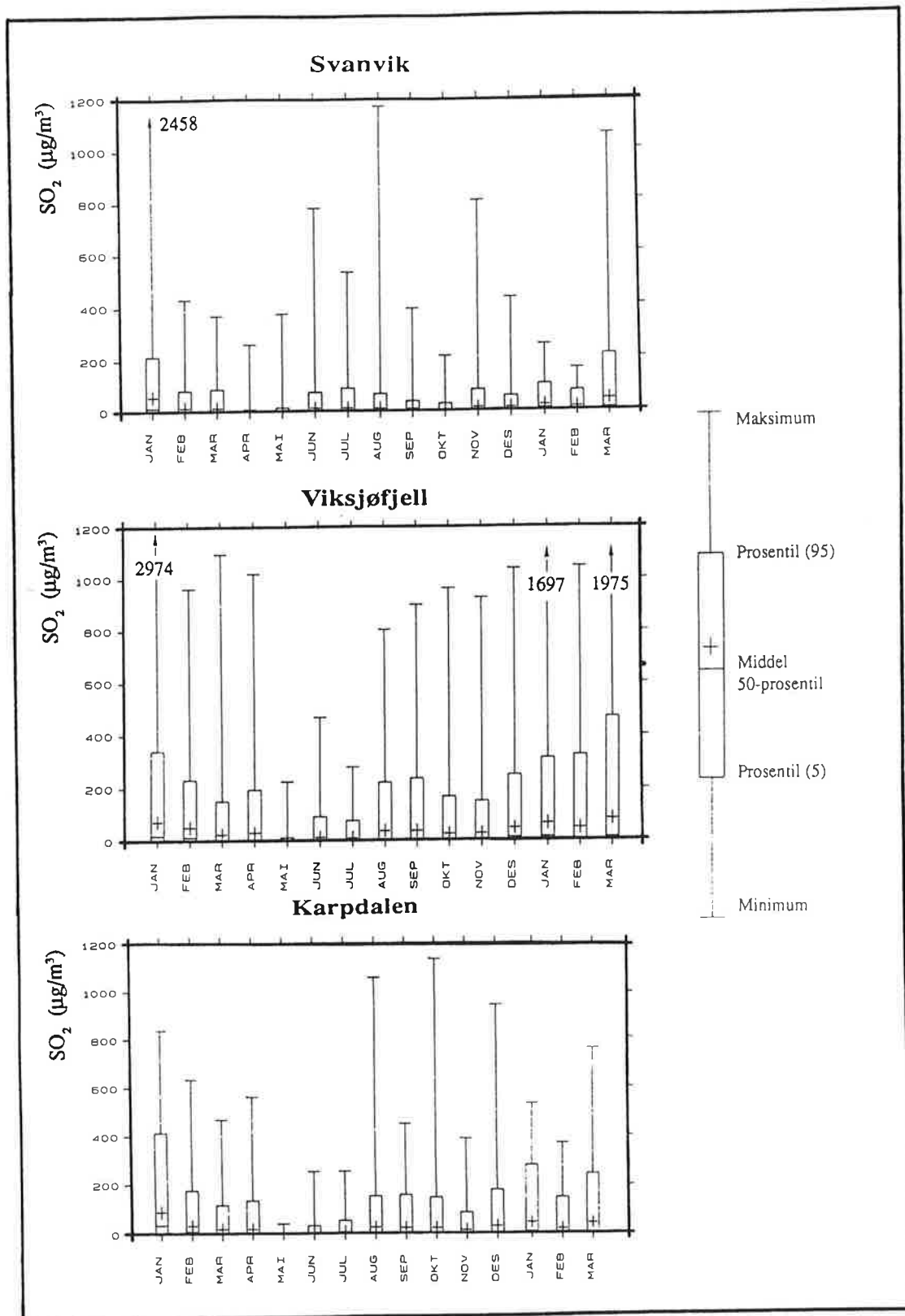
Lavere konsentrasjoner om sommeren skyldes både mindre utslipp om sommeren og bedre spredningsforhold. Den relative forskjellen mellom sommer og vinter var minst på de sørligste stasjonene. Dette har sammenheng med høyere frekvens av vind fra utslippene mot disse stasjonene om sommeren enn om vinteren. Reduserte utslipp og bedre spredningsforhold sommerstid gir likevel lavere konsentrasjoner på de sørligste stasjonene om sommeren enn om vinteren.

Sammenliknet med det norske forslaget til grenseverdi for SO_2 på 40-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som halvårsmiddelverdi, var det overskridelser av laveste grense på Viksjøfjell, SOV 2 og SOV 3, og overskridelser av høyeste grense på SOV 2 og SOV 3.

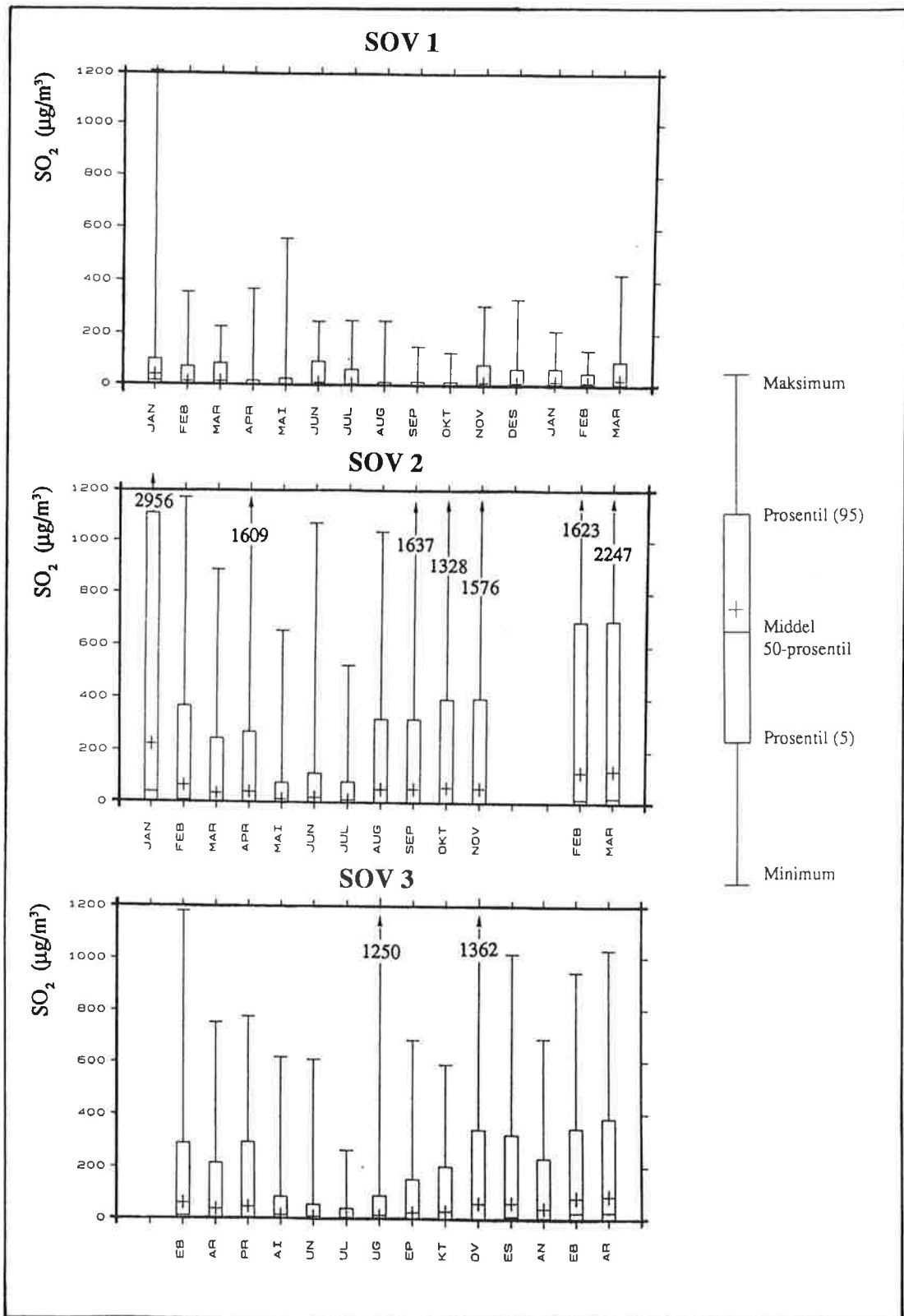
I figur 14 og 15 er det gitt frekvensfordelinger av timemiddelverdiene av SO_2 for hver måned for de norske stasjonene Viksjøfjell, Karpdalen og Svanvik og de sovjetiske stasjonene SOV 1, SOV 2 og SOV 3. Figurene gir følgende verdier:



Figurene viser at de høyeste timemiddelverdiene gjennomgående var betydelig høyere enn grenseverdien på 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som Verdens helseorganisasjon har foreslått som maksimal timemiddelverdi. Både på Viksjøfjell og SOV 2 var den høyeste timemiddelverdien nesten 3 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i en forurensningsepisode i slutten av januar 1990. Svanvik hadde en maksimalverdi på nesten 2 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i den samme perioden.



Figur 14: Fordeling av timemiddelverdier av SO₂ fra Viksjøfjell, Karpdalen og Svanvik for hver måned i perioden 1.1.1990-31.3.1991 (µg/m³)



Figur 15: Fordeling av timemiddelverdier av SO₂ fra SOV 1, SOV 2 og SOV 3 for hver måned i perioden 1.1.1990-31.3.1991 (µg/m³)

Både Viksjøfjell, Karpdalen, SOV 2 og SOV 3 hadde én eller flere måneder der mer enn 5% av timemiddelverdiene var over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De laveste maksimalverdiene ble som oftest målt på SOV 1, men også her var det flere måneder med maksimalverdier over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og helt opp til vel $1\,200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3 FORURENSNINGSEPIDODER AV SO_2

Målingene har vist at luftforurensningsproblemene i grenseområdene mellom Norge og Sovjetunionen er karakterisert ved svært høye SO_2 -konsentrasjoner i perioder. Disse episodene har sammenheng med spesielle værforhold i området. Selv om utslippene av SO_2 fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij er relativt konstante i tid, kan SO_2 -konsentrasjonene ved målestedene variere betydelig som resultat av variasjoner i vind- og stabilitetsforhold (transport og spredning).

I løpet av vintrene 1990 og 1991 ble det observert flere episoder med høye SO_2 -konsentrasjoner i grenseområdene. I tabell 4 er det presentert data for 19 utvalgte episoder der SO_2 -konsentrasjonen har overskredet $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timemiddel på flere av målestasjonene i området.

Verdens helseorganisasjons grenseverdi på $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for time-midlet SO_2 -konsentrasjon er satt slik at det skal være en god sikkerhetsmargin for å beskytte helsen hos alle mennesker (også spesielt følsomme). Midlet over 10 minutter er det gitt en anbefalt takverdi på $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Da er det bygget inn en sikkerhetsfaktor på 2 for beskyttelse av befolkningens helse.

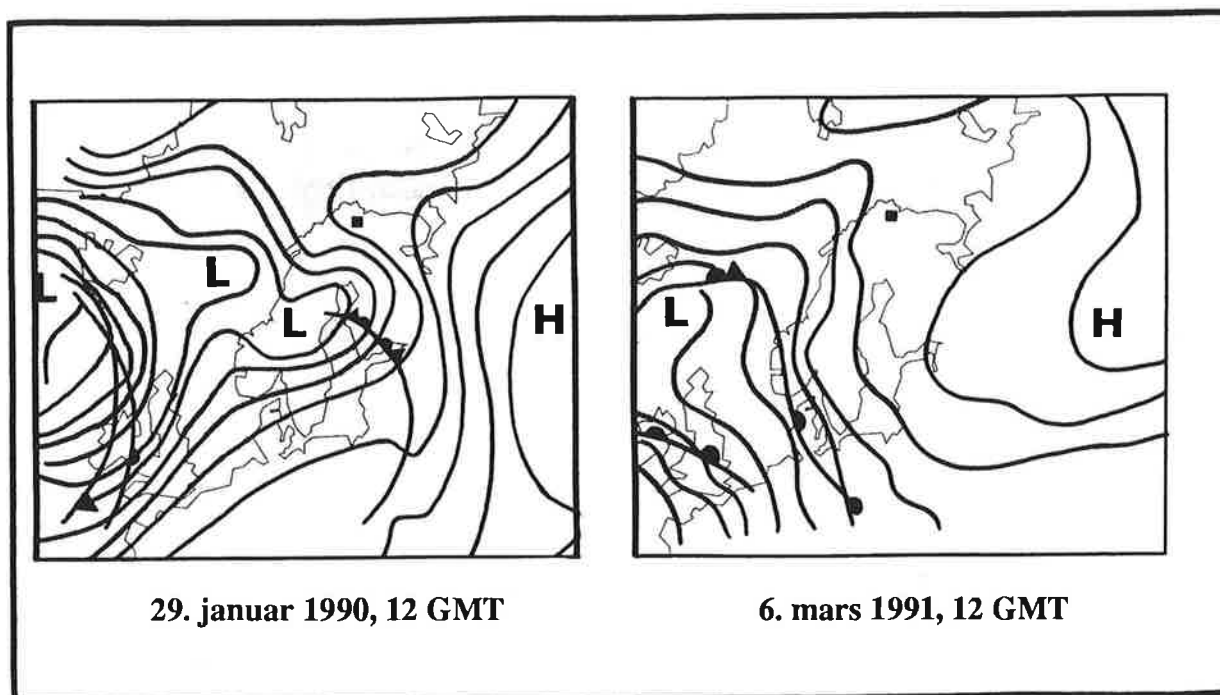
De fleste episodene forekom i situasjoner med svake variable vindforhold. Av de 19 utvalgte episodene forekom 16 i vinterhalvåret. De høyeste konsentrasjonene ble også målt om vinteren.

Tabell 4: Forurensningsepisoder i grenseområdene i perioden 1.1.1990-31.3.1991, valgt ut fra tilfeller der SO₂-konsentrasjonen overskrider 350 µg/m³ (timemiddel) på flere stasjoner i samme periode.

Periode	Viksjøfjell		Karpdalen		Svanvik		SOV 1		SOV 2		SOV 3	
	V h	M µg/m ³	V h	M µg/m ³	V h	M µg/m ³	V h	M µg/m ³	V h	M µg/m ³	V h	M µg/m ³
18.01.-23.01.90	18	1997	10	723	0	163	0	63	32	2608	-	-
27.01.-31.01.90	12	2974	27	837	17	2458	9	1208	49	2956	-	-
23.02.-24.02.90	4	962	2	471	0	0	0	53	7	502	0	346
04.03.90	2	1096	1	373	0	0	0	16	7	558	3	477
08.04.90	1	1020	1	364	0	16	0	10	9	1609	0	129
08.08.90	3	572	0	11	0	0	0	13	4	1027	0	18
09.09.90	6	770	0	130	0	0	-	-	6	1039	0	115
13.10.90	2	553	0	284	0	0	0	2	3	482	3	400
16.11.90	4	720	0	0	0	0	0	3	5	1576	0	214
02.12.-03.12.90	9	1038	1	388	0	10	0	23	-	-	0	117
22.12.-23.12.90	1	468	4	939	1	434	0	130	-	-	1	653
01.01.-02.01.91	4	1488	2	459	0	205	0	103	-	-	0	256
09.01.91	12	1697	15	532	0	159	0	69	-	-	0	124
26.01.-27.01.91	3	1248	0	336	0	85	0	85	-	-	6	473
14.02.-15.02.91	22	1047	0	8	0	8	0	83	18	1398	7	640
21.02.91	2	640	1	360	0	159	0	27	0	212	0	58
06.03.-07.03.91	11	1975	12	756	23	1060	0	279	15	1325	13	624
24.03.91	17	123	-	-	0	13	0	19	9	1339	4	1032
27.03.-28.03.91	7	920	-	-	0	0	0	33	18	1427	7	516

V = Varighet i timer av SO₂-konsentrasjoner over 350 µg/m³.
M = Maksimal timemiddelkonsentrasjon i perioden.

De fleste episodene er karakterisert ved høytrykk øst for grenseområdene og lavtrykk i vest eller nordvest (se eksempler i figur 16). Denne situasjonen setter opp et svakt vindfelt fra omkring sør eller sørøst og transporterer luftforurensninger inn over norsk område. Etter hvert som lavtrykket nærmer seg fra vest, øker vinden fra sør og til slutt til sørvest etter frontpassasjen. Dette betyr vanligvis at episoden er over.



Figur 16: Eksempler på værstsituasjoner under karakteristiske luftforurensningsepisoder i grenseområdene i Norge og Sovjetunionen.

Nedenfor er tre representative episoder kort beskrevet (se data i vedlegg C).

4.3.1 Episoden 27.-31.1.1990

Situasjonen var karakterisert ved en lavtrykksutvikling ved Island, mens en høytrykksrygg fra Sovjetunionen innover Kola ga svake variable vinder over Sør-Varanger. Etter hvert som lavtrykket nærmet seg langsomt, ble det satt opp vind fra sør, og konsentrasjonene ble redusert.

SO₂-konsentrasjonene ble målt til nesten 3 000 µg/m³ både ved Viksjøfjell og SOV 2, mens Svanvik fikk et kortvarig innslag på 2 458 µg/m³ ved vind fra øst om kvelden den 29.1.1990. Episoden var den verste og mest langvarige i hele måleperioden.

4.3.2 Episoden 8.4.1990

Et svakt høytrykk lå over Kola, mens et lavtrykk nordvest for Tromsø satte opp et sterkt vindfelt fra omkring sør. Episoden er et eksempel på at svake variable vinder omkring vest (på Viksjøfjell) gir høy belastning på sovjetisk område. Forurensningsskyen ble transportert innover mot Viksjøfjell og Karpdalen etter hvert som fronten nærmet seg og satte opp vind fra sør og sørøst.

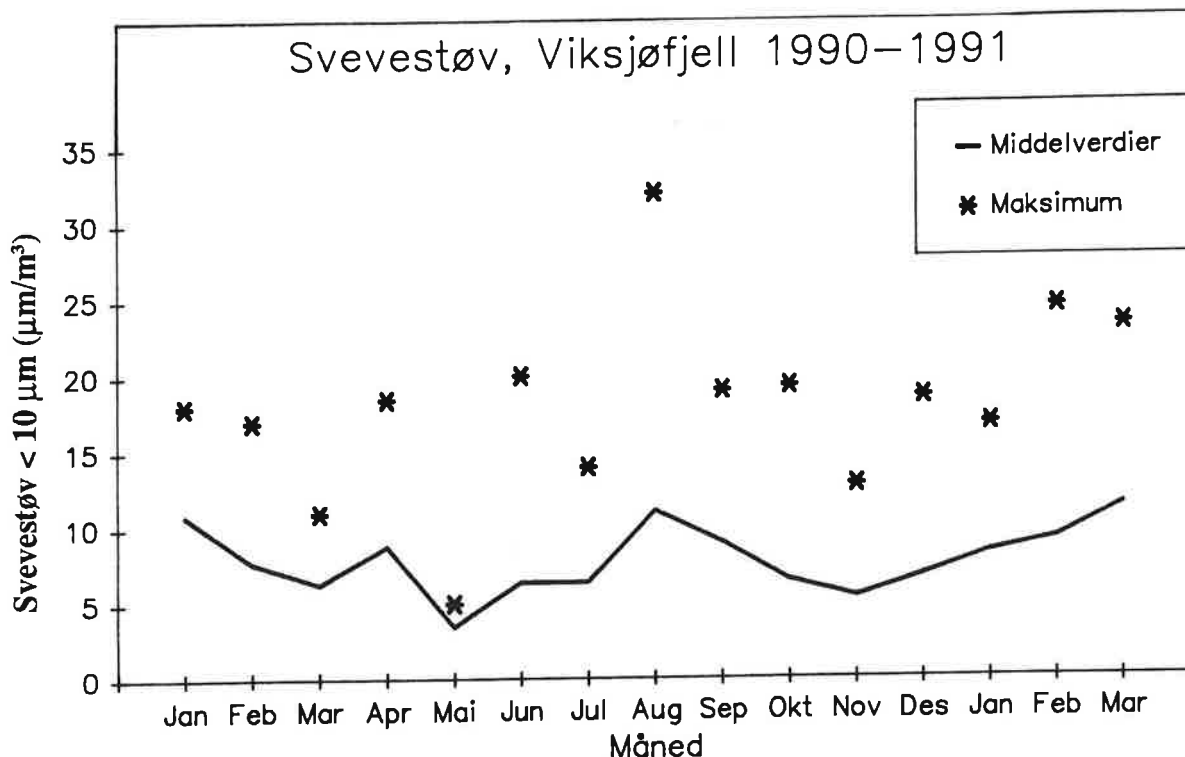
4.3.3 Episoden 6.-7.3.1991

Et høytrykk lå over Karelen med en svak rygg opp mot Kola og svært svake variable vinder i grenseområdene. Omfattende lavtrykksområder i Atlanterhavet og mot Island satte opp et sørlig til sørøstlig vindfelt over grenseområdene. Både Viksjøfjell, Svanvik, Karpdalen, SOV 2 og SOV 3 målte i mer enn ti timer SO_2 -konsentrasjoner over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På Viksjøfjell ble det målt $1\,975 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kl 04 den 7.3.1991, fem timer etter at konsentrasjonen var $1\,060 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved Svanvik og $756 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved Karpdalen. Ved SOV 2 og SOV 3 ble også de høyeste konsentrasjonene målt natt til 7.3.1991. Situasjonen er et eksempel på en episode med svært svake og variable vinder ved bakken, som kan gi belastning over store deler av grenseområdene.

4.4 SVEVESTØVMÅLINGER

På Viksjøfjell er det tatt svevestøvprøver med en to-filterprøvetaler, 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 vist i figur 17. Månedsmiddelerverdiene varierte fra $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i mai 1990 til $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i mars 1991. Den



Figur 17: Månedsmiddelkonsentrasjoner og maksimale to- eller tre-døgnsmiddelkonsentrasjoner av svevestøv (med diameter under $10 \mu\text{m}$) på Viksjøfjell i perioden januar 1990-mars 1991 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

høyeste to-døgns-middelverdien var $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Verdens helseorganisasjon har foreslått en grenseverdi på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som døgnmiddel for partikler med diameter under $10 \mu\text{m}$. Svevestøvnivået på Viksjøfjell var godt under denne grenseverdien i hele måleperioden.

På de øvrige norske og sovjetiske stasjonene er det tatt døgnprøver av svevestøv. Her er luftvolumet så lite at støvmengdene ikke kan bestemmes gravimetrisk. Det er imidlertid gjort analyser av mengden av utvalgte tungmetaller i svevestøvet.

4.5 TUNGMETALLER I LUFT

Alle svevestøvprøver fra norske og sovjetiske stasjoner er analysert for mengden av tungmetallene Cr, Co, Ni, Cu og As. På de norske stasjonene har analysene også omfattet V, Mn, Fe, Zn, Cd og Pb.

Ved analysen ble svevestøvfiltrene inndelt i to grupper ut fra samtidig døgnmiddelkonsentrasjon av SO₂. Filtre fra døgn med døgnmiddelkonsentrasjon av SO₂ lavere enn 50 µg/m³ (på Viksjøfjell lavere enn 20 µg/m³, unntatt mai og juni 1990) er analysert samlet for hver måned på hver stasjon, mens filtre fra døgn med døgnmiddelkonsentrasjon over 50 µg/m³ er analysert hver for seg. Fra Kirkenes er det bare analysert filtre for dager med SO₂-konsentrasjon over 50 µg/m³.

Filtre fra mai og juni 1990 fra Viksjøfjell, Karpdalen, Svanvik, SOV 1, SOV 2 og SOV 3 er delt i to, og laboratoriene ved NILU og Kola Vitenskapssenter har analysert hver sin halvdel for å sammenlikne resultatene.

Et sammendrag av tungmetallanalysene for de norske stasjonene er gitt i tabell 5 og 6, som gir middelveidier for hele perioden (15 måneder) og den høyeste døgnmiddelverdien (to- eller tre-døgnsmiddelverdi på Viksjøfjell). Det er sammenliknet med tilsvarende data fra Birkenes for perioden februar 1985-januar 1986. Birkenes ligger sør i Aust-Agder. Det er ingen lokale kilder ved stasjonen, som er opprettet for å registrere transport av forurensninger fra andre land til Sør-Norge.

Tabellene viser at for Ni og Cu var både middelveidierne og de høyeste døgnmiddelverdiene høyere enn på Birkenes på alle stasjonene. For Co og As var de høyeste døgnmiddelverdiene høyere enn på Birkenes på alle stasjonene. For V, Mn og Pb var middelveidierne på samtlige stasjoner lavere enn på Birkenes. For bly er det imidlertid trolig at Birkenes-tallene for 1985/86 ikke

Tabell 5: Tungmetaller i svevestøv, middelveidier (ng/m³) januar 1990-mars 1991.

	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
Noatun	0,53	0,93	-	39,14	0,06	1,59	2,55	6,93	0,33	-	1,20
Kobbfoss	0,62	1,04	-	36,62	0,08	2,08	3,24	10,39	0,43	-	2,03
Svanvik	1,01	1,80	-	39,49	0,11	3,26	4,20	8,81	0,90	-	2,65
Holmfoss	1,40	3,16	-	52,18	0,15	4,47	5,24	17,65	1,35	-	3,75
Karpdalen	1,50	3,58	-	55,91	0,21	4,95	6,06	12,70	1,24	-	3,47
<hr/>											
Viksjøfjell finfraksjon	1,12	0,46	0,39	21,55	0,10	2,19	3,15	5,02	2,06	0,19	4,75
grovfraksjon	0,49	3,42	0,75	91,55	0,42	11,15	8,78	3,61	0,85	0,09	1,49
sum	1,61	3,88	1,15	113,10	0,51	13,34	11,93	8,64	2,91	0,28	6,24
Birkenes 1985/86	1,9	0,68	4,6	61	0,10	1,1	1,6	15	0,63	0,14	11

Tabell 6: Tungmetaller i svevestøv, maksimumsverdier (ng/m³), januar 1990-mars 1991.

	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
Noatun	8,60	<16	1,60	275,7	3,87	35,80	53,20	101,4	16,90	<6	14,50
Kobbfoss	11,00	1,90	1,80	339,5	2,47	27,70	62,50	113,9	15,50	<7	13,80
Svanvik	23,40	40,00	17,80	552,0	3,63	64,40	90,20	117,9	88,00	8,52	220,8
Holmfoss	30,70	146,8	12,40	934,6	3,36	58,90	79,90	386,7	91,90	5,76	269,9
Kirkenes*)	26,40	<18	37,60	2658	3,82	74,00	119,8	159,9	9,50	16,70	220,7
Karpdalen	26,00	104,5	10,70	823,4	4,05	77,80	103,4	206,7	44,10	6,87	153,4
<hr/>											
Viksjøfjell finfraksjon	12,30	3,40	4,30	188,5	0,88	23,20	29,90	34,20	26,10	2,74	96,90
grovfraksjon	2,50	7,40	5,90	775,5	3,43	98,40	70,90	25,30	6,20	0,60	22,70
sum	13,50	7,90	6,20	800,2	4,05	102,3	75,60	48,40	31,00	3,13	119,6
Birkenes 1985/86	13	5,2	24	618	0,61	7,4	10	114	4,6	1,2	106

* Filtrene fra Kirkenes er kun analysert for døgn med SO₂-konsentrasjoner >50 µg/m³.

er representative for dagens forhold, idet blytilsetningen i bensinen i en rekke land i Europa er redusert de siste årene.

For samtlige elementer bortsett fra Zn ble de høyeste middelveidierne målt på Viksjøfjell, mens de maksimale døgnmiddelkonsentrasjonene ble målt i Holmfoss eller Kirkenes for de fleste metallene. Hvis det imidlertid hadde vært tatt døgnmiddelprøver

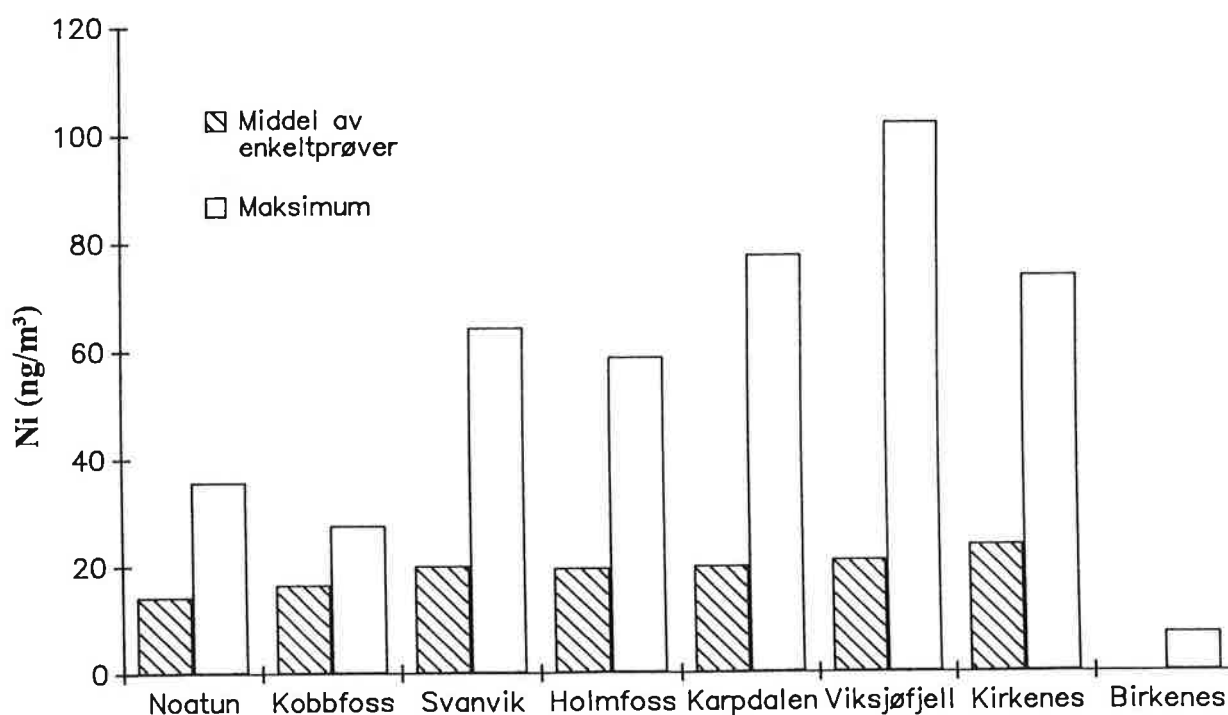
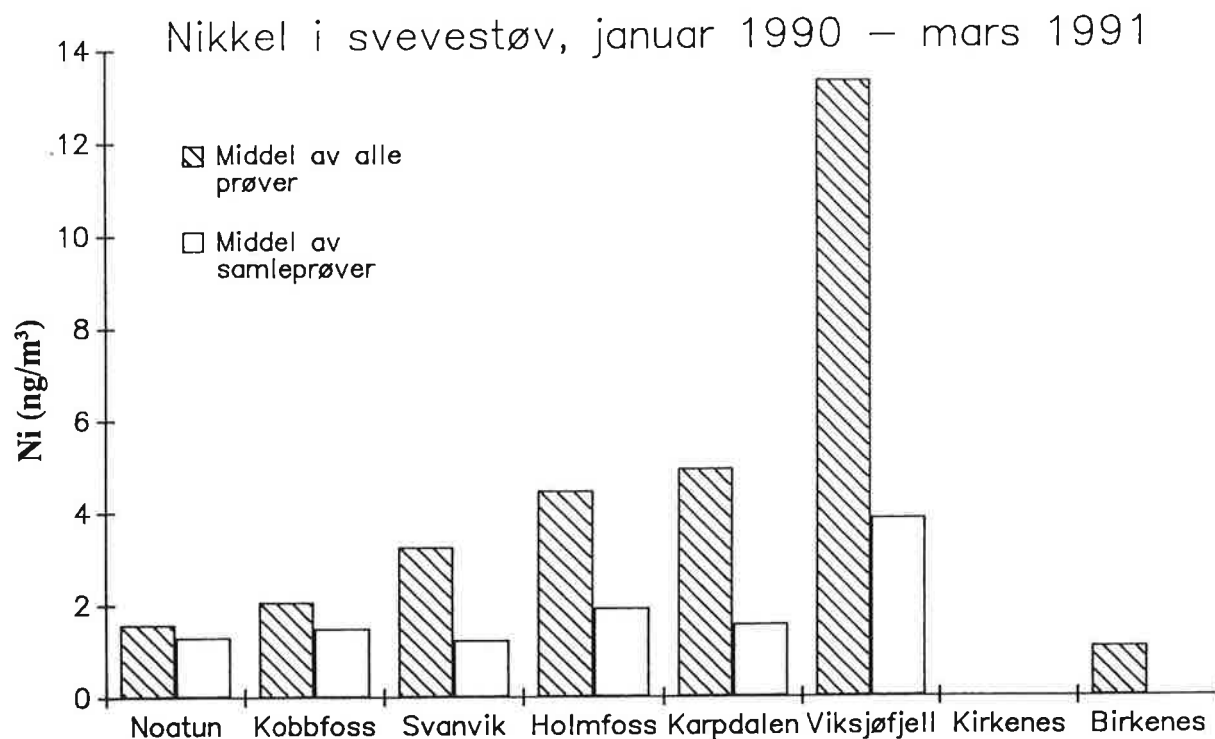
på Viksjøfjell i stedet for to- eller tre-døgnsmidler, ville de høyeste verdiene på Viksjøfjell vært høyere enn de målte, men antagelig likevel lavere enn de høyeste verdiene i Kirkenes og Holmfoss for de fleste metallene.

Selv om utslippene fra pelletsverket A/S Sydvaranger i Kirkenes er rapportert å være ubetydelige, gir de likevel utslag på målingene fordi målestasjonen ligger så nær utslippene. Særlig ble det målt høye døgnmiddelkonsentrasjoner av Fe i Kirkenes. Dette må skyldes lokale utslipp. Også enkelte andre elementer hadde relativt høye maksimalverdier i Kirkenes.

Figur 18, 19 og 20 viser konsentrasjoner av henholdsvis nikkell, kopper og arsen ved de norske stasjonene. Det er gitt middelverdier for samtlige prøver (15 måneders middelfverdi), middel av samleprøvene ($SO_2 < 50 \mu g/m^3$), middel av alle enkeltprøvene ($SO_2 > 50 \mu g/m^3$) og maksimal døgnmiddelfverdi, og det er sammenliknet med Birkenes. Figur 21 gir tilsvarende informasjon for SO_2 .

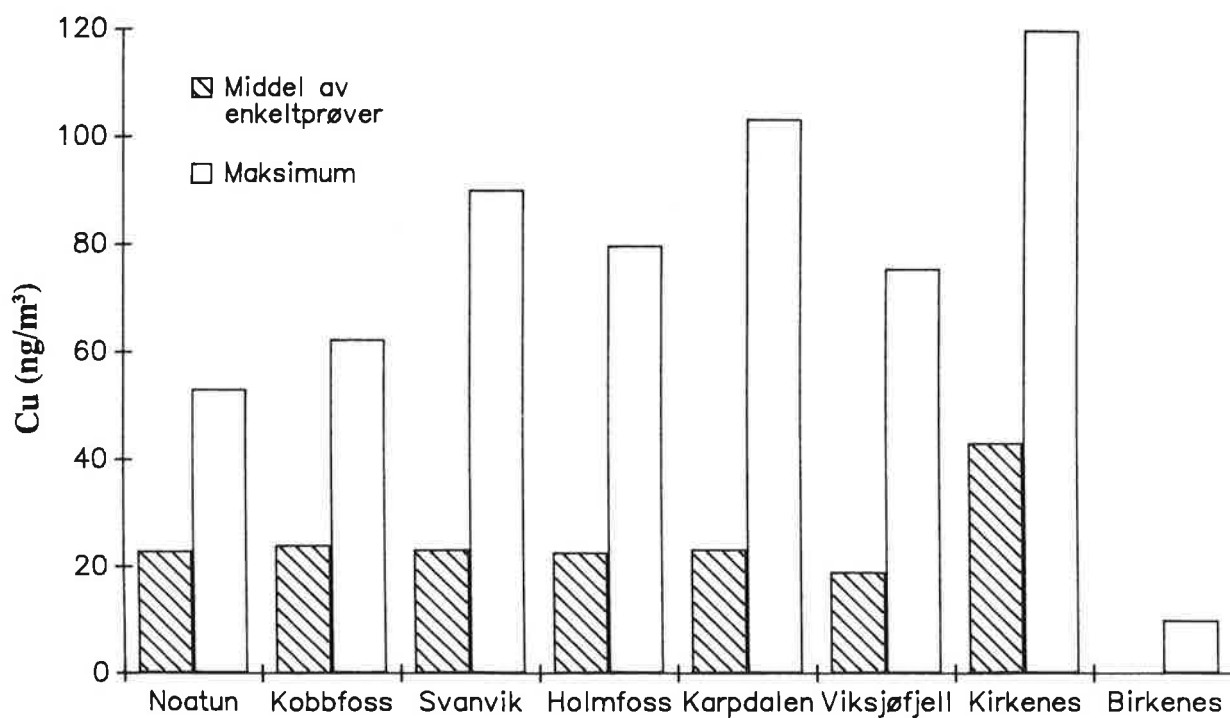
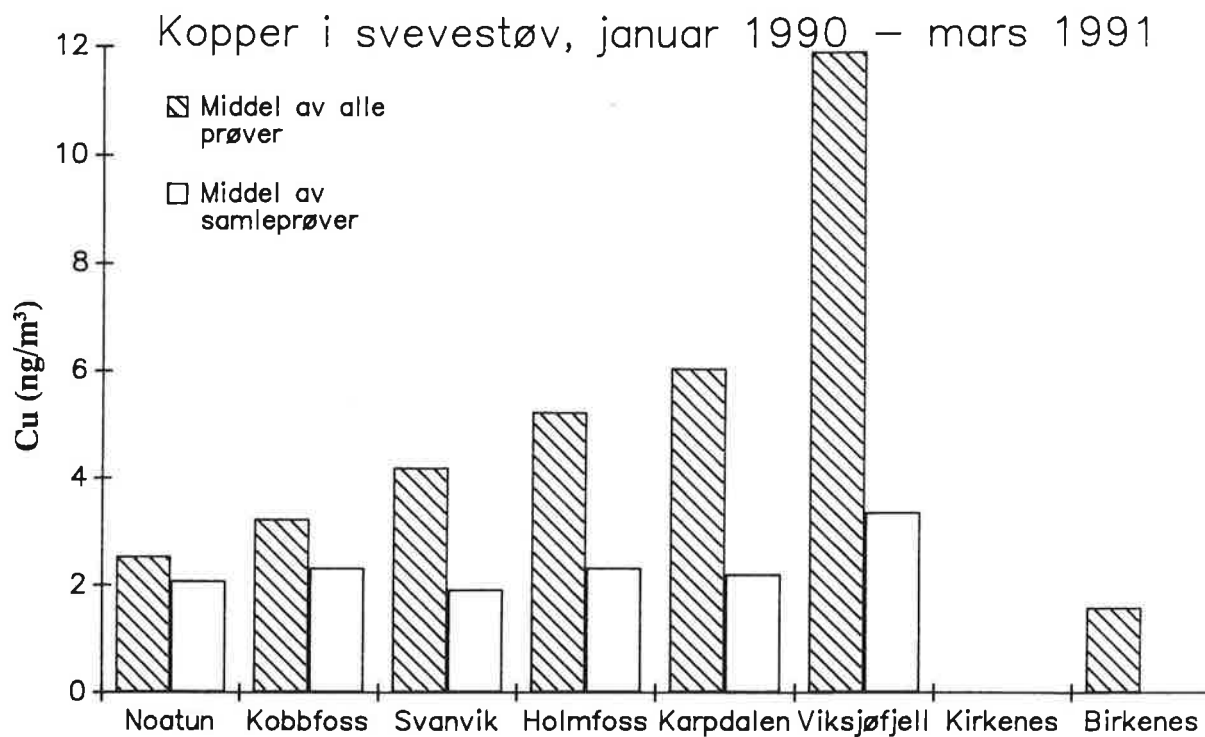
Figurene viser at middelverdiene av alle prøvene både av Ni, Cu og As var høyest på Viksjøfjell. Deretter følger Karpdalen (Holmfoss for As), Holmfoss, Svanvik, Kobboss og Noatun i avtagende konsentrasjon. Dette er samme geografiske fordeling som for SO_2 . Samleprøvene varierte forholdsvis lite fra stasjon til stasjon og avvek heller ikke så mye fra Birkenes. Middelfverdiene av enkeltprøvene (dager med SO_2 over $50 \mu g/m^3$) viste langt høyere konsentrasjoner enn middelverdiene av samleprøvene både for Ni, Cu og As. De maksimale døgnmiddelfverdiene var ytterligere vesentlig høyere enn middelverdiene av enkeltprøver.

Stasjonen i Kirkenes viste høye middelverdier av enkeltprøvene og høye maksimale verdier av Ni og Cu, men ikke av As. Dette tyder på at det også er noe Ni og Cu i utslippet fra A/S Sydvaranger.



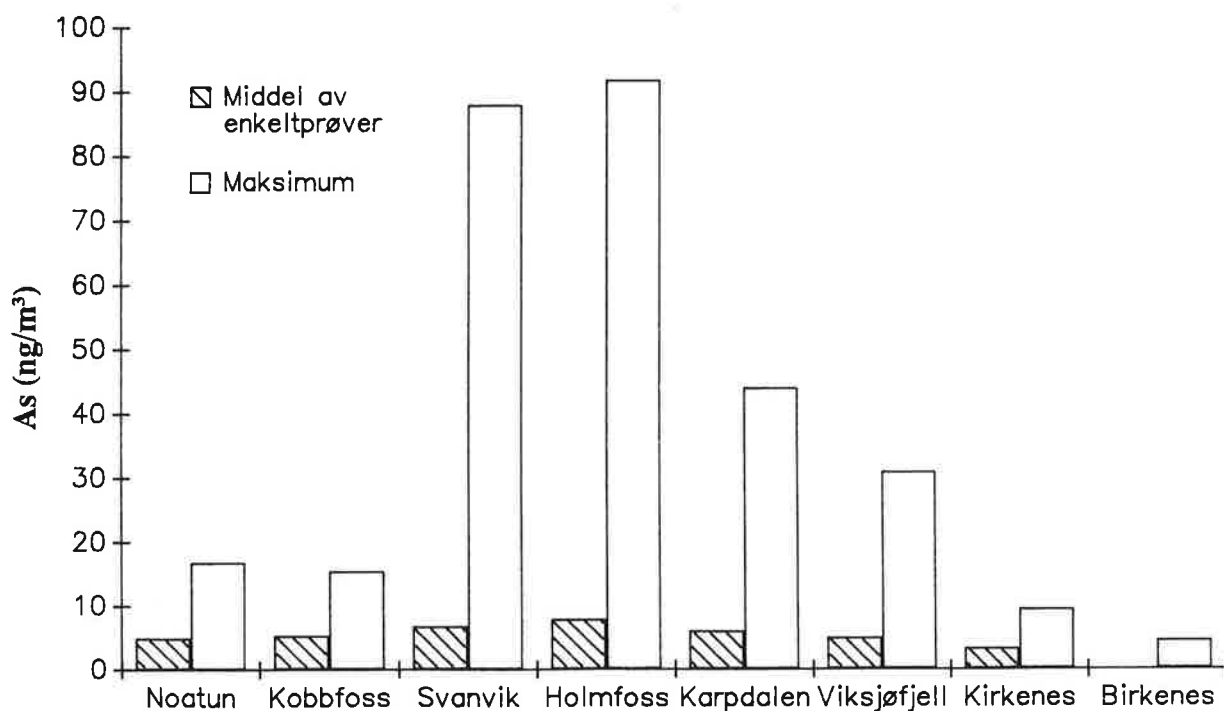
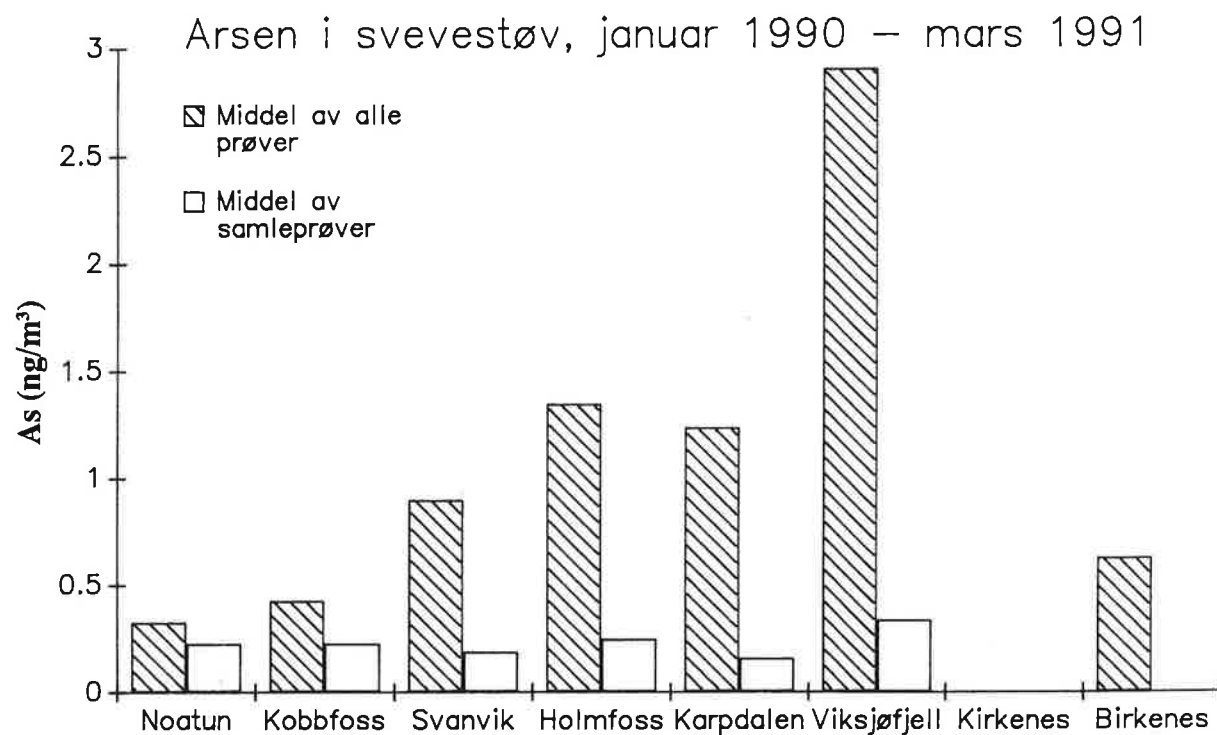
Figur 18: Konsentrasjoner av nikkel i luft i perioden januar 1990-mars 1991 (ng/m^3).

- middell av alle prøver
- middell av samleprøver ($\text{SO}_2 < 50 \mu\text{g/m}^3$)
- middell av enkeltprøver ($\text{SO}_2 > 50 \mu\text{g/m}^3$)
- maksimal døgnmiddelverdi.



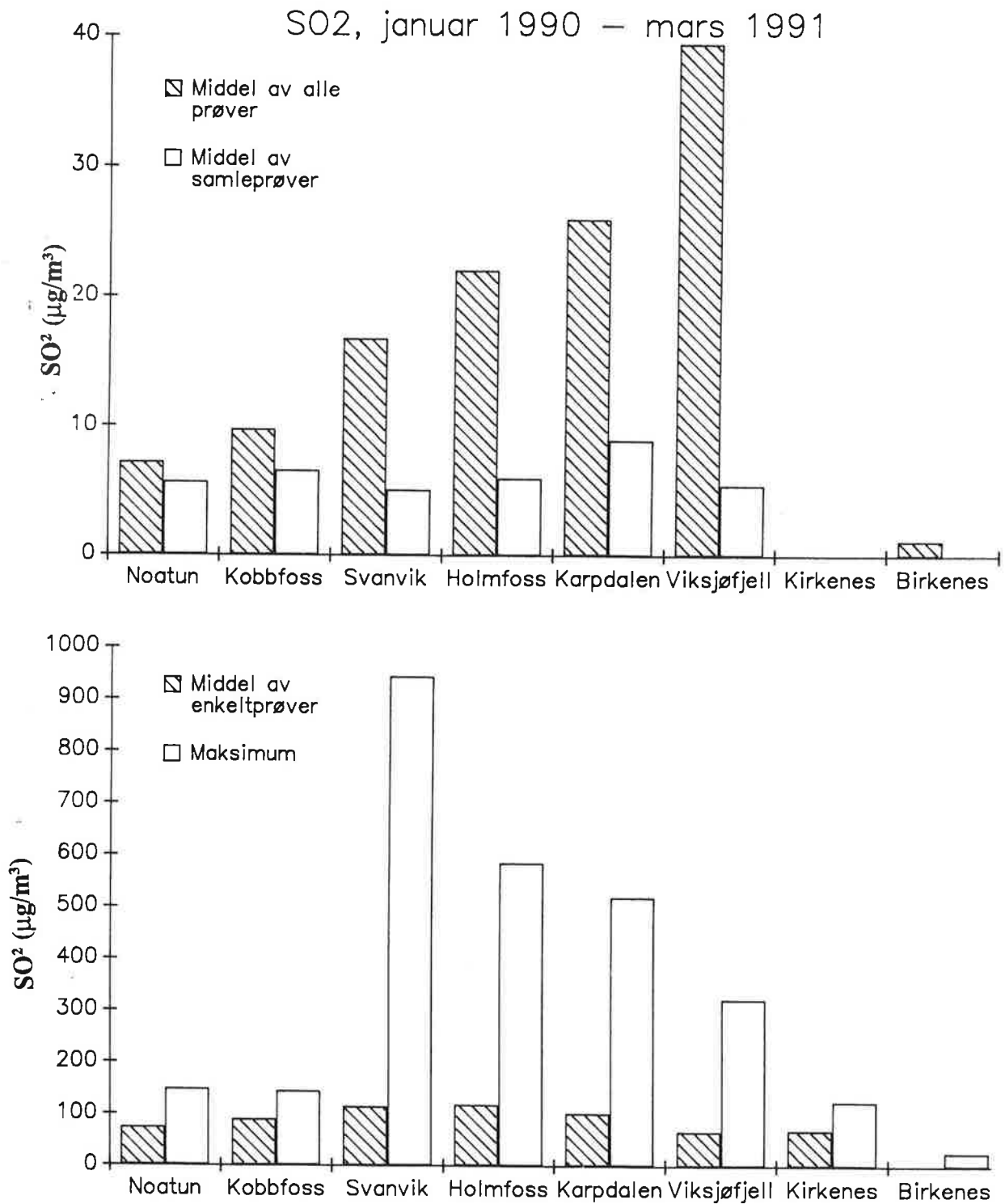
Figur 19: Konsentrasjoner av kopper i luft i perioden januar 1990-mars 1991 (ng/m^3).

- middel av alle prøver
- middel av samleprøver ($\text{SO}_2 < 50 \mu\text{g/m}^3$)
- middel av enkeltprøver ($\text{SO}_2 > 50 \mu\text{g/m}^3$)
- maksimal døgnmiddelverdi.



Figur 20: Konsentrasjoner av arsen i luft i perioden januar 1990-mars 1991 (ng/m³).

- middel av alle prøver
- middel av samleprøver ($\text{SO}_2 < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- middel av enkeltprøver ($\text{SO}_2 > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- maksimal døgnmiddelverdi.



Figur 21: Konsentrasjoner av SO₂ i luft i perioden januar 1990–mars 1991 (ng/m³).

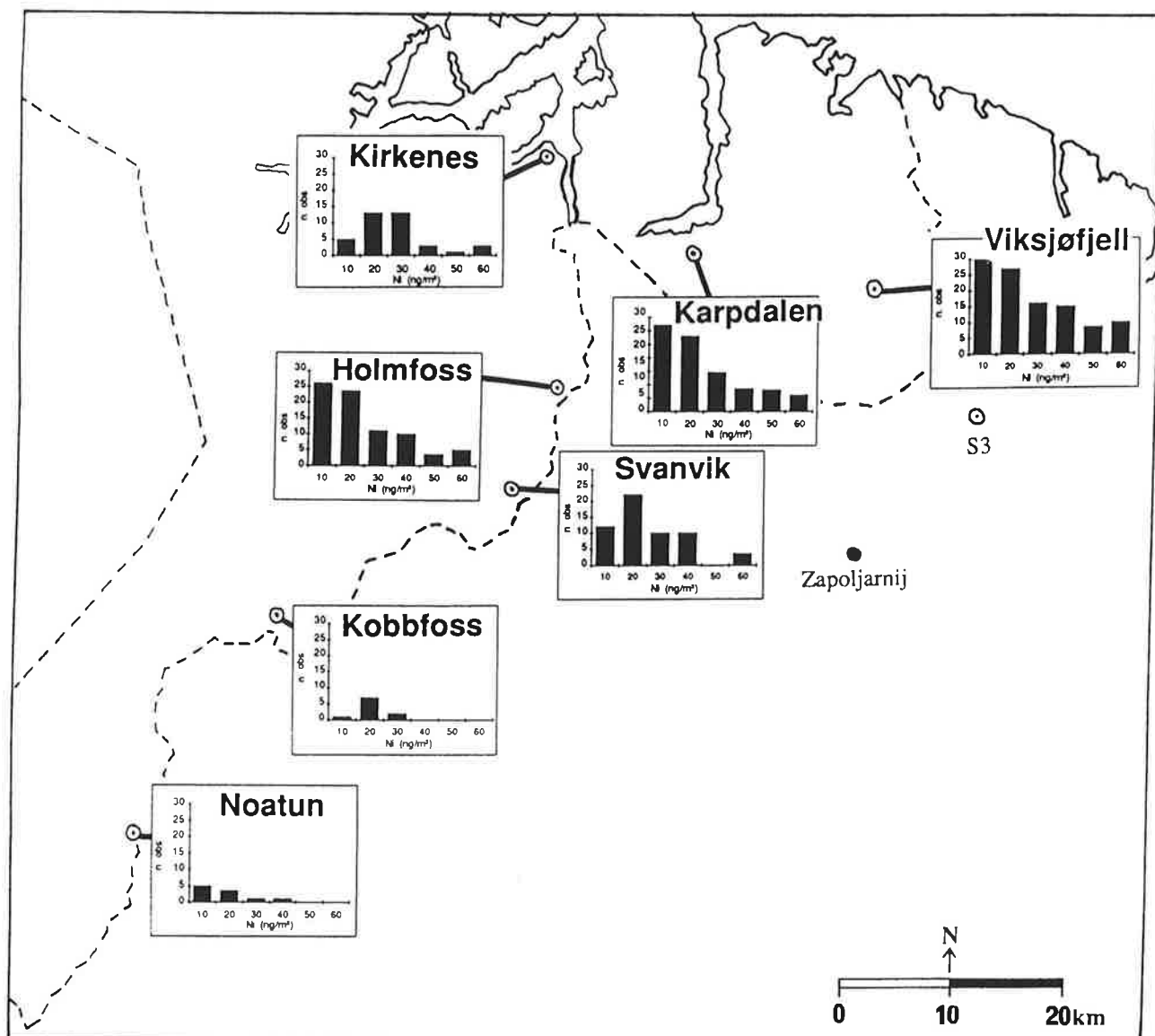
- middel av alle prøver
- middel av samleprøver (SO₂ < 50 µg/m³)
- middel av enkeltprøver (SO₂ > 50 µg/m³)
- maksimal døgnmiddelverdi.

For elementene V, Cr, Fe, Co og Pb varierte middelveiene for alle prøvene på samme måte mellom stasjonene som for Ni, Cu og As med de høyeste verdiene på Viksjøfjell og de laveste på Noatun. Dersom alle filtre fra Kirkenes hadde blitt analysert, er det imidlertid sannsynlig at de høyeste verdiene av særlig Fe ville blitt målt der.

For Mn og Cd er det ikke gitt middelveier for alle prøver, fordi konsentrasjonen i mange prøver var lavere enn analysemetodens deteksjonsgrense.

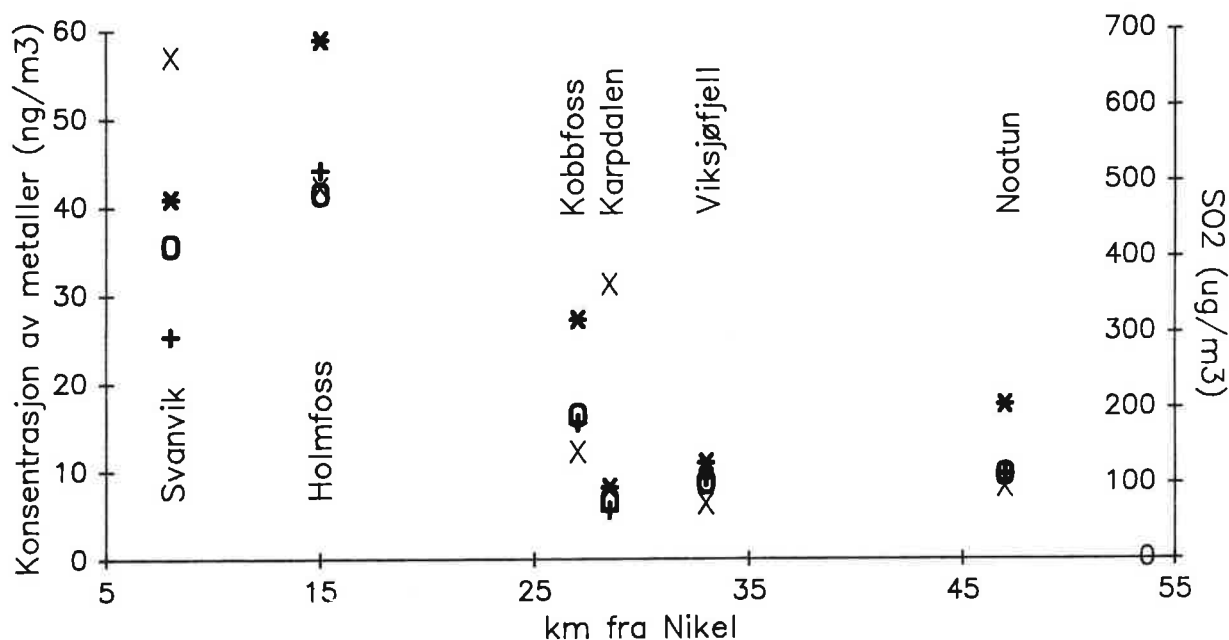
Figur 22 viser en hyppighetsfordeling av enkeltprøvene av Ni (dvs. prøver fra dager med SO_2 over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) på de norske stasjonene. På de fleste stasjonene er de fleste prøvene i klassene under $10 \text{ ng}/\text{m}^3$ og mellom $10 \text{ ng}/\text{m}^3$ og $20 \text{ ng}/\text{m}^3$. For Kobb-foss og Noatun er fordelingen noe usikker fordi få prøver er analysert. I Kirkenes har antakelig lokale utslipp også betydning.

SO_2 -målingene har tidvis vist meget høye konsentrasjoner på alle stasjoner, men sjelden samtidig. Bare noen få dager har hatt SO_2 over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på samtlige stasjoner. En slik episode forekom i slutten av januar 1990. I figur 23 er det vist konsentrasjoner av Ni, Cu, As og SO_2 midlet for de to døgnene 29. og 30. januar 1990 som funksjon av avstanden fra Nikel. I denne episoden, som var karakterisert med inversjonsforhold og svært lav vindstyrke, avtok konsentrasjonene av tungmetallene med avstanden fra Nikel. Dette tyder på at de største partiklene avsettes nærmest kilden.



Figur 22: Hyppighet av døgnmiddelkonsentrasjoner (to- eller tre-døgnsmidler på Viksjøfjell) av nikkel i intervaller på 10 ng/m^3 .

29. – 30. januar 1990

○ Ni * Cu + As X SO₂

Figur 23: To-døgns middelværdier av SO₂ (µg/m³) og Ni, Cu og As (ng/m³) ved norske stasjoner 29. og 30. januar 1991.

4.6 NEDBØRENS INNHOLD AV FORURENSNINGER

På de norske stasjonene i Dalelva, Svanvik og på Noatun og på de tre sovjetiske stasjonene er det tatt ukentlige nedbørprøver, som er analysert for innholdet av hovedkomponenter og tungmetaller. På grunnlag av dette er avsetningen med nedbør for de forskjellige stoffene beregnet. Resultatene framgår av tabell 7 for vinterhalvåret 1989/90, sommerhalvåret 1990 og vinterhalvåret 1990/91.

For de fleste elementene var belastningen størst ved Dalelva og minst ved Noatun. De høye verdiene av SO₄, Cl, Mg og Na ved Dalelva viser at stasjonen er påvirket av sjøsalt.

For tungmetallene Ni, Cu og As antas hovedkildene å være de sovjetiske nikkerverkene. Størst avsetning finnes ved Dalelva

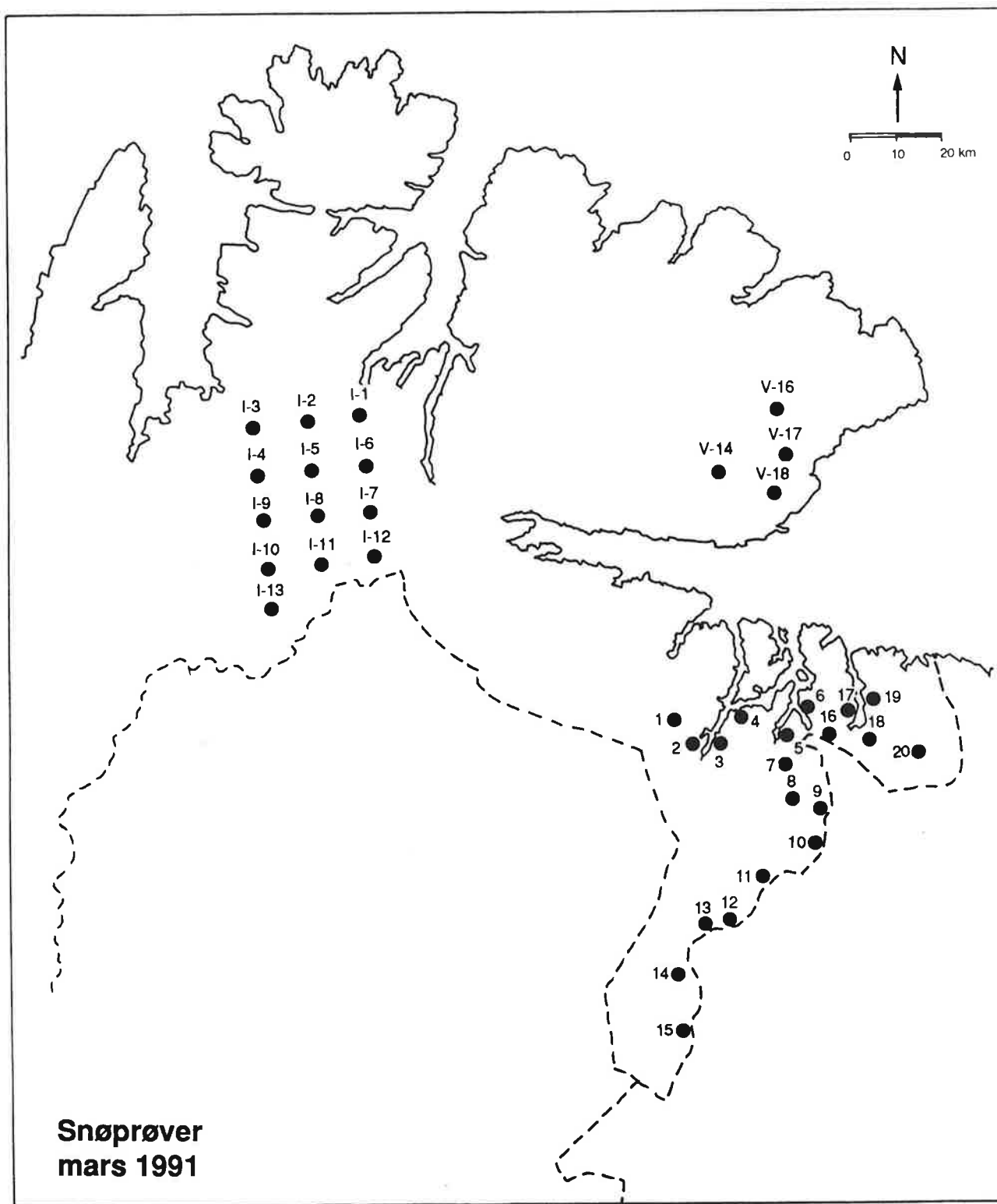
Tabell 7: Avsetning av elementer med nedbør (mg/m² · 6 mnd) for vinterhalvåret 1989/90, sommerhalvåret 1990 og vinterhalvåret 1990/91.

Periode	1.10.1989-31.3.1990			1.4-30.9.1990		1.10.1990-31.3.1991	
	Dalelva	Svanvik	Noatun	Svanvik	Noatun	Svanvik	Noatun
SO ₄	530	201	161	302	346	116	114
Cl	930	360	265	166	122	205	153
Mg	65	26	20	14	13	16	13
NO ₃	205	117	131	72	80	79	96
NH ₄	37	17	14	~16	33	14	13
Ca	45	17	21	~16	~19	9	36
K	46	12	25	~16	~14	<9	36
Na	529	156	146	86	80	113	86
Pb	0,63	0,14	0,21	0,28	0,25	0,18	0,23
Cd	0,06	~0,02	0,02	~0,02	~0,02	~0,02	0,02
Zn	3,00	0,61	1,72	0,94	1,4	0,62	2,12
Ni	2,97	0,64	0,36	2,4	0,54	1,02	0,31
Cu	2,88	1,43	0,87	2,3	0,78	1,67	0,66
As	0,39	0,16	0,07	0,32	0,10	0,18	0,05
Co	0,11	0,02	0,03	0,08	0,03	0,04	<0,02
Cr	0,22	0,05	0,09	0,12	0,08	~0,02	0,05

og mindre i Svanvik og ved Noatun. Deler av nedfallet i nedbørprøvetakerne kan være avsetning i oppholdsvær når vinden står fra verkene mot målestedene, og deler av nedfallet kan skyldes støv som vaskes ut av lufta med nedbøren. Som konsentrasjon pr. mm nedbør var det en klar tendens til forhøyede verdier ved lite nedbør (<10-15 mm pr. uke) og lave konsentrasjoner ved mer nedbør.

4.7 SNØPRØVER

I begynnelsen av april 1990 og i slutten av mars 1991 ble det samlet inn 20 snøprøver fra Sør-Varanger for analyse av de samme komponentene som for nedbørprøvene. I 1991 ble det også samlet inn snøprøver fra 13 steder på Ifjordfjellet og fra 4 steder på Varanger-halvøya. Lokaliseringen av de totalt 37 prøvestedene på norsk side er vist i figur 24.



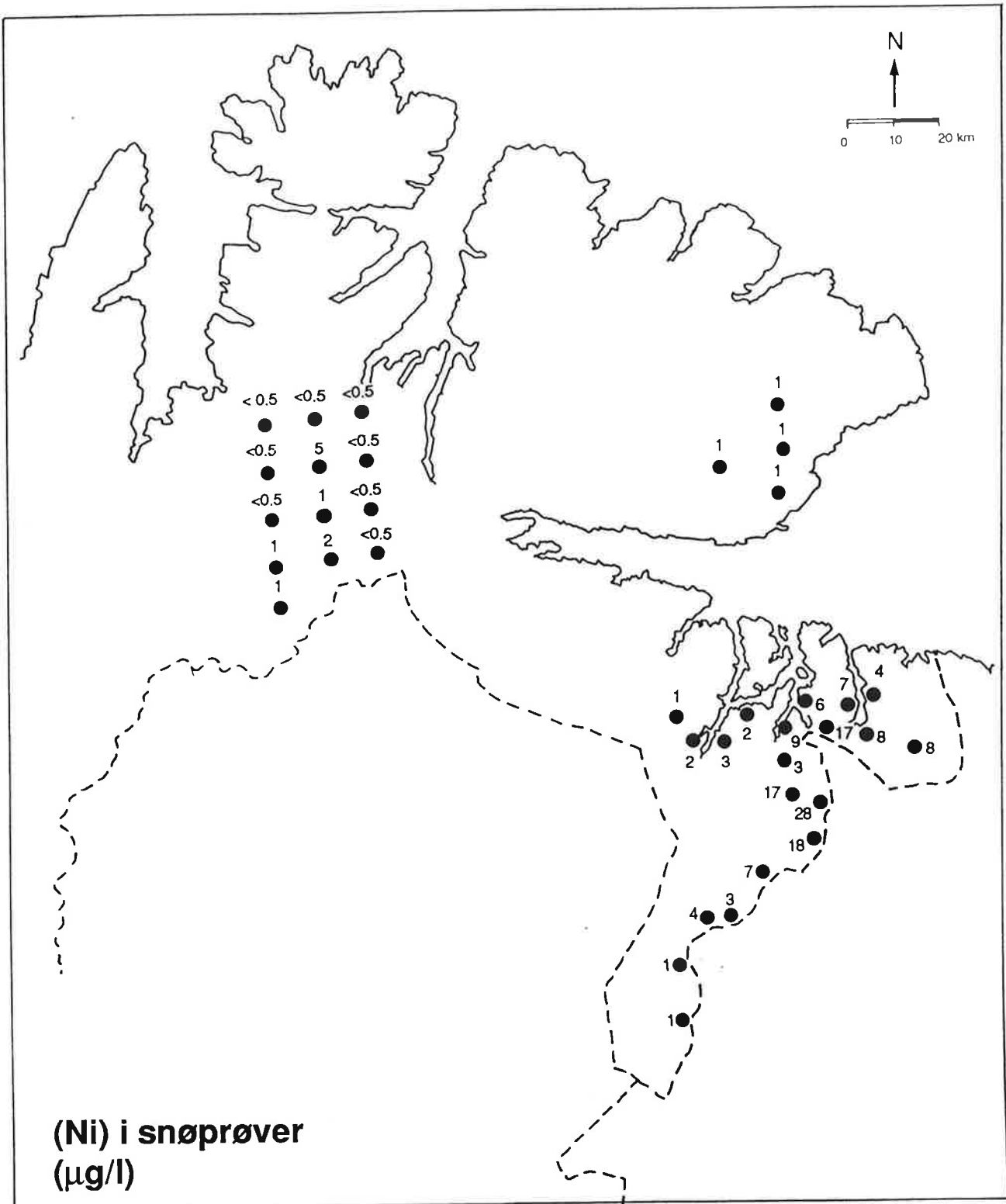
Figur 24: Lokalisering av prøvetakingssteder for snøprøver i mars 1991 (I = Ifjordfjellet, V = Varangerhalvøya).

Prøvene er tatt med snøprofilrør med diameter 80 mm og høyde 600 mm. Det er tatt 180 cm, tilsvarende 9 liter snø, på hvert prøvested, uavhengig av snødybden på stedet.

De høyeste konsentrasjonene i 1991 av Cl, Na og Mg og av SO_4 , som også finnes i sjøsalt, ble målt i prøvene fra Varangerhalvøya. Som middelværdi hadde prøvene fra Ifjordfjellet de laveste konsentrasjonene av sjøsaltkomponenter, men av de enkelte prøvene var det minst sjøsalt ved Noatun lengst sør i Sør-Varanger.

De høyeste konsentrasjonene av tungmetallene Zn, Ni, As, Cu, Co og Cr ble målt i prøvene fra Sør-Varanger, mens de laveste konsentrasjonene ble målt i prøvene fra Ifjordfjellet. Som eksempel vises konsentrasjonene av Ni i figur 25.

Prøven fra Holmfoss (stasjon 9) hadde høyest konsentrasjon av Ni, As, Cu og Co. De fleste prøvene fra Ifjordfjellet og Varangerhalvøya hadde langt lavere konsentrasjoner enn de mest belastede stedene i Holmfoss/Svanvik-området i Sør-Varanger.



Figur 25: Konsentrasjoner av Ni i snøprøver fra Øst-Finnmark, mars 1991 ($\mu\text{g/l}$).

4.8 ATMOSFÆRISK KORROSJON

Gjennom et internasjonalt samarbeidsprogram om effekter på materialer i regi av FNs og økonomiske kommisjon for Europa, har det siden 1987 blitt samarbeidet med Institutt for fysisk kjemi ved det sovjetiske vitenskapssenter i Moskva.

Da det felles måleprogrammet for luftforurensning startet langs den norsk-sovjetiske grensen under Den blandete norsk-sovjetiske miljøvernkommissjonen og etter avtale mellom Kola Vitenskapssenter og NILU, ble det foreslått fra NILUs side å sette i gang et eksponeringsprogram for materialer på de samme stedene som hadde luftkvalitetsmålinger. Et testprogram av ett års varighet kom i gang i juni 1990, og ettårs-resultatene for sink og karbonstål presenteres i denne rapporten. En fortsettelse av eksponeringsprogrammet som en del av det pågående forskningsprogrammet under det bilaterale programmet "Samarbeid om miljøproblemer i de norsk-sovjetiske grenseområdene" har vært diskutert.

Hensikten med programmet er å komme fram til en kvantitativ vurdering av svovelkomponentenes virkninger på atmosfærisk korrosjon av viktige metaller i subarktiske områder med hensyn på praktisk bruk i området. Dessuten er det ønskelig å få en bedre fysisk-kjemisk forståelse av korrosjonsmekanismen.

Prosjektet startet i juni 1990, og målingene ble utført på Viksjøfjell, Karpdalen, Svanvik, Kobbfoss, Noatun, SOV 1, SOV 2 og SOV 3.

Følgende materialer ble brukt i undersøkelsen:

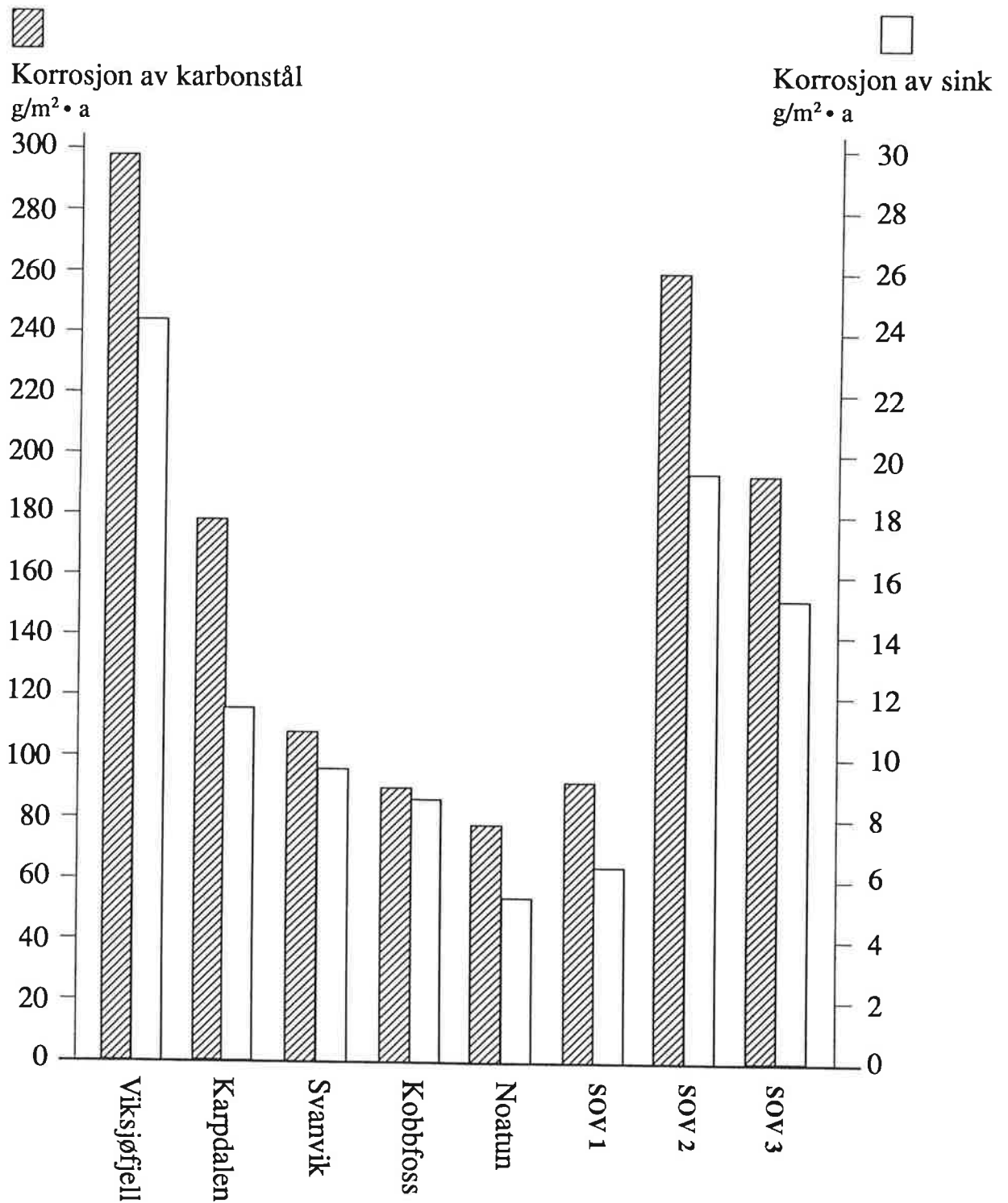
Platematerialer (10 x 15 cm): - Karbonstål, års-, 3-måneders- og månedsprøver.
 - Galvanisert stål, årsprøver.
 - "Aluzink", årsprøver.
 - Sink, årsprøver.

Trådmaterialer (åpen spiral): - Galvanisert stål, årsprøver.
 - Plastbelagt galvanisert stål, årsprøver.
 - "Galfan"-belagt stål, årsprøver.
 - Aluminium, årsprøver.

Måned- og 3-månedersresultatene vil bli presentert senere i en felles rapport med Institutt for fysikalsk kjemi i Moskva. Resultatene av ett års korrosjon av karbonstål og sink er vist i figur 26. Tabell 8 gir korrosjonsresultater, middelerverdier av SO₂ for måleperioden og kloridavsetning.

Tabell 8: Korrosjonshastighet for karbonstål og sink, middelkonsentrasjoner av SO₂ i luft og kloridavsetning.

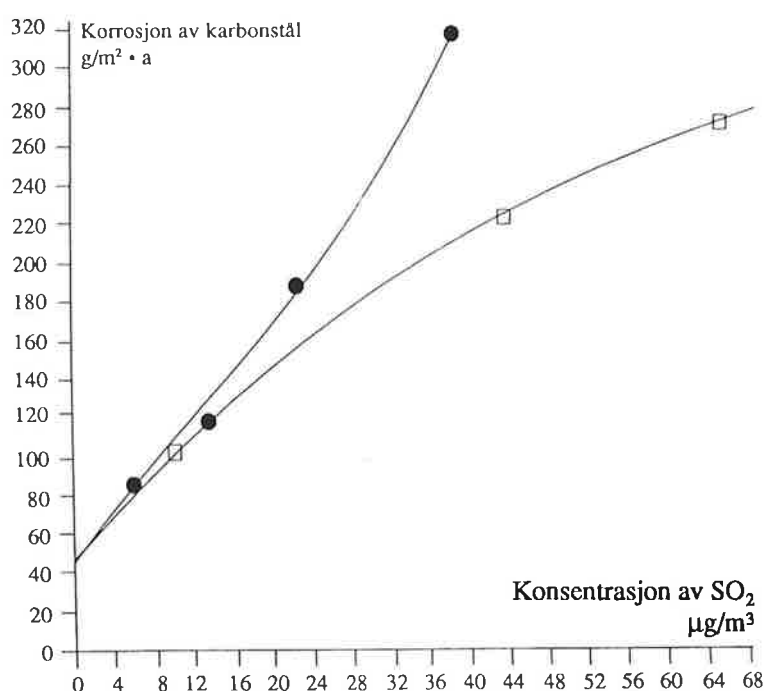
	Korrosjonshastighet g/m ² pr. år		Middelerverdi av SO ₂ for prøveperioden	Midlere Cl ⁻ avsetning for prøveperioden
	Sink	Karbonstål	µg/m ³	mg/m ² · d
SOV 1	6,4	92,6	9,9	-
SOV 2	19,4	260,7	56,9	-
SOV 3	15,3	213,7	42,3	-
Viksjøfjell	24,4	308,2	37,1	3,20
Karpdalen	11,6	179,8	21,3	1,23
Svanvik	9,6	107,7	13,0	0,77
Kobbfoss	8,6	91,0	-	-
Noatun	5,4	78,2	5,9	-



Figur 26: Årskorrosjon av karbonstål og sink på alle prøvesteder (g/m²·a).

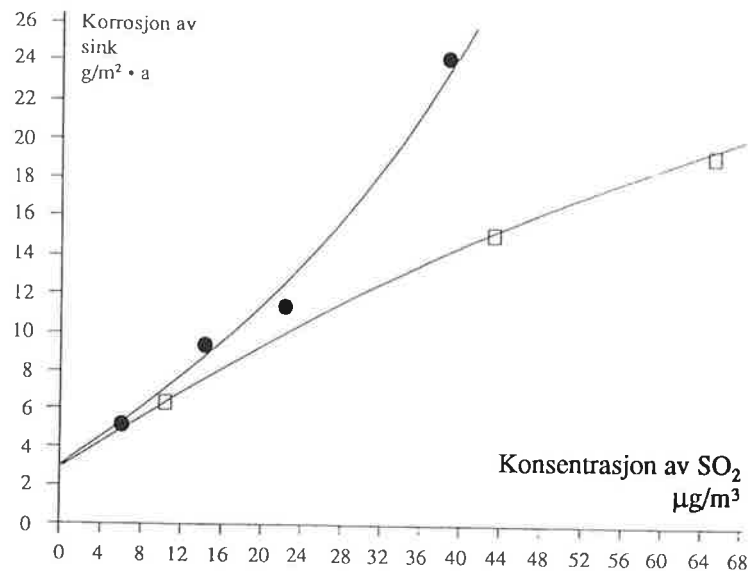
I forhold til Noatun var SO_2 -konsentrasjonen ti ganger høyere ved SOV 2, mens korrosjonshastigheten var 3,3 ganger høyere for karbonstål og 3,6 ganger høyere for sink enn på Noatun. Viksjøfjell var det mest korrosive stedet, 3,9 ganger høyere enn Noatun for karbonstål og 4,5 ganger høyere for sink, selv om SO_2 -konsentrasjonen var lavere på Viksjøfjell enn på SOV 2.

Ved å plote korrosjonshastigheten for karbonstål og sink som funksjon av SO_2 -konsentrasjonen, som vist i figur 27 og 28, kan stasjonene splittes i to grupper, hvor SOV 2 og SOV 3 viser et annet forløp enn Viksjøfjell og Karpdalen. En mulig forklaring kan være at Viksjøfjell og Karpdalen er mer belastet av klorid enn de andre stedene. På noen av de norske stasjonene er det benyttet aerosolfeller for å måle marine aerosoler. Resultatene tyder på at kloridbelastningen kan forklare forskjellen mellom norske og sovjetiske stasjoner.



Figur 27: Årskorrosjon for karbonstål som funksjon av SO_2 -konsentrasjonen ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$).

- norske stasjoner
- sovjetiske stasjoner



Figur 28: Årskorrosjon for sink som funksjon av SO₂-konsentrasjonen (g/m²·a).

- norske stasjoner
- sovjetiske stasjoner

5 MODELLBEREGNINGER

Flere typer modeller er brukt for å beregne konsentrasjoner og avsetning av luftforurensninger i grenseområdene. NILUS spredningsmodell CONDEP, som er en multippel-kilde-gauss-modell, beregner langtidsmiddelkonsentrasjoner (måned og halvår) av gasser (SO₂) og små partikler. Modellene INPUFF og EPISODE er brukt til å beregne timeverdier, spesielt i episoder med svært høye konsentrasjoner.

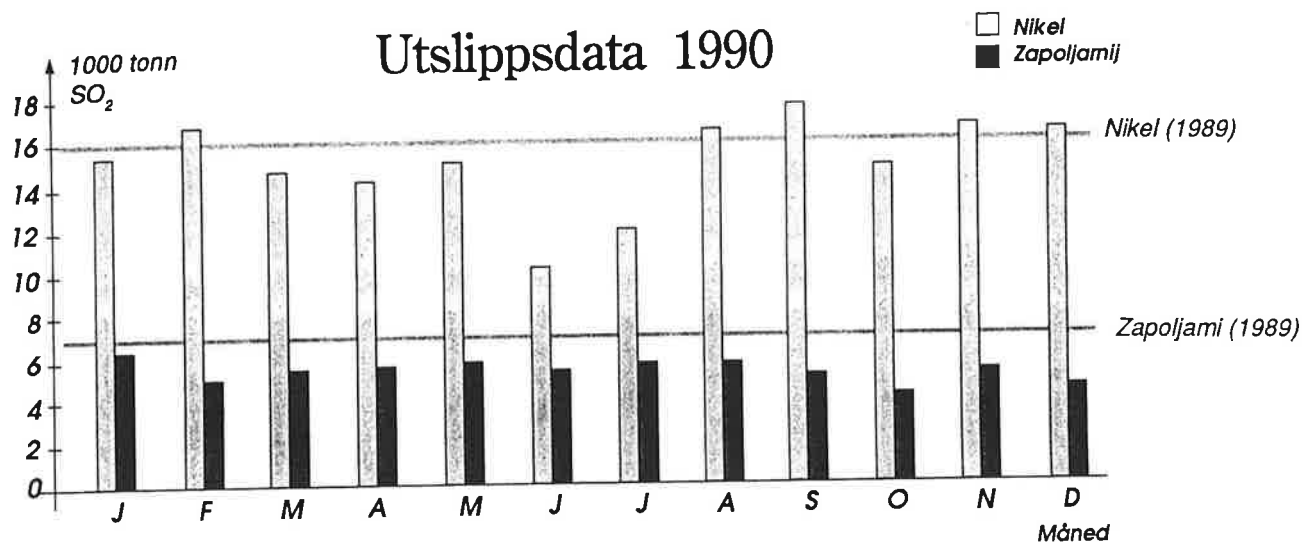
INPUFF er en mesoskala-puff-trajektorie-modell basert på gaussisk konsentrasjonsfordeling horisontalt og vertikalt i puffene.

EPISODE er en numerisk boksmodell med flere lag vertikalt og som også håndterer puff der forurensningskyen er mindre enn boks-størrelsene. En nærmere beskrivelse av modellene er presentert i vedlegg D.

5.1 UTSLIPPSDATA

Data for utslipp av SO₂ og svevestøv fra fabrikkene i Nikel og Zapoljarnij er gitt av den sovjetiske delegasjonen til ekspertmøtene og av representanter for den metallurgiske fabrikken i Nikel (Sivertsen, 1991). Utslipp fra A/S Sydvaranger i Kirkenes er gitt av Statens forurensningstilsyn (SFT).

Utslippene fra smelteverkene i Sovjetunionen er gitt som årsmiddelverdier, månedsmiddelverdier og som høyeste timemidlete utslipp. Figur 29 viser utslippene av SO₂ pr. måned i 1990, samt det midlere årlige utslippet av SO₂ i 1989 som var oppgitt til 15 800 tonn SO₂ pr. måned fra verket i Nikel og 6 800 tonn SO₂ pr. måned fra verket i Zapoljarnij.



Figur 29: SO₂-utslippene fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij pr. måned i 1990. Årsmiddelutslippene (i 1 000 tonn pr. måned) som er brukt i langtidsmiddelberegninger (1989-tall) er også angitt.

Fordelingen av utslipp på høye og lave kilder finnes bare i dataene for årsmiddelutslipp. Denne informasjonen er nødvendig i modellberegningene. Utslippstallene som brukes i beregningene

svarer derfor til typiske vinterutslipp fra Nikel, mens utslippene om sommeren er noe lavere enn antatt i modellen. Utslippene av SO_2 brukt i modellen for Zapoljarnij (1989-tall) er ca. 30% høyere enn månedsverdiene gitt av bedriften for 1990.

For modellberegninger kreves det at utslippene fordeles på høye og lave skorsteiner og at skorsteinsdimensjoner og avgasstemperatur er gitt. Vanligvis kreves følgende data:

- koordinatene (x,y) til kilden (m)
- utslippets størrelse (g/s)
- skorsteinens høyde (m)
- utslippstemperatur (K)
- avgasshastigheten ut av skorsteinen (m/s)
- skorsteinens diameter (m)

Denne type informasjon er gitt for årsmiddelutslippet og fra antatt maksimalt timeutslipp fra verkene i Nikel og Zapoljarnij. Tabell 9 angir de maksimale timeutslippene av SO_2 fra 42 kilder i verkene, samt fra A/S Sydvarangers verk i Kirkenes.

En oppsummering av midlere årsutslipp, presentert av den sovjetiske part i ekspertgruppen, er vist i tabell 10.

Tabell 9: Antatt maksimale timeutslipp av SO₂ fra industrikildene i Nikel, Zapoljarnij og Kirkenes.

Kilde nr.	Utslipp av SO ₂ (g/s)	Pipehøyde (m)	Temperatur (°K)	Avgasshastighet (m/s)	Pipediameter (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
1N	27	30	390	10,0	4,0	Kirkenes

Tabell 10: Midlene årsutslipp fra verkene i Nikel og Zapoljarnij i 1989 (1 000 tonn/år).

		SO ₂	NO _x	Støv	Ni	Cu
Nikel	høye piper	153	-	3,8	0,19	0,12
	lave utslipp	35	-	0,9	0,05	0,03
	kraftverk	2	0,2	0,2	-	-
Zapoljarny	3 høye piper	82	0,2	5,2	0,23	0,14
	lave utslipp	-	-	0,6	0,04	0,02
Sum		272	0,4	10,6	0,51	0,3

5.2 METEOROLOGISKE DATA

For beregninger av langtidsmiddelkonsentrasjoner (måned, år) brukes bearbeidete meteorologiske data. Frekvensmatriser for vindretning (12 klasser), vindstyrke (4 klasser) og stabilitet (4 klasser) basert på data fra Viksjøfjell og Svanvik er presentert i vedlegg F.

For beregninger med mesoskala-modellene INPUFF og EPISODE leses det inn data hver time. For disse modellene kreves følgende inngangsdata:

- vindretning (grader)
- vindstyrke (m/s)
- σ_q , horisontalt standardavvik av vindretningsfluktasjonen (radianer)
- σ_e , vertikalt standardavvik av vindretningsfluktasjonen (radianer)
- lufttemperatur (K)
- stabilitetsklasser
- blandingshøyde

Parametere som ikke er målt, er beregnet ved hjelp av NILUs "met.processor":

- Stabilitetsklasser er definert ved hjelp av "Bulk"-Richardsson tallet.
- σ_e er beregnet ved profilmethoden (similaritetsteori). Temperaturdifferansen målt mellom 25 m og 10 m, og vindstyrke i 25 m er brukt som inngangsdata.
- Blandingshøyden er definert ved $Z_i = 0,3 u_* / f$ ved nøytrale betingelser. Ved stabile forhold er $Z_i = 0,4 (u_* L / f)^{1/2}$, der u_* = friksjonshastigheten, f = Coriolis-parameteren og L = Monin-Obukhov-lengden.

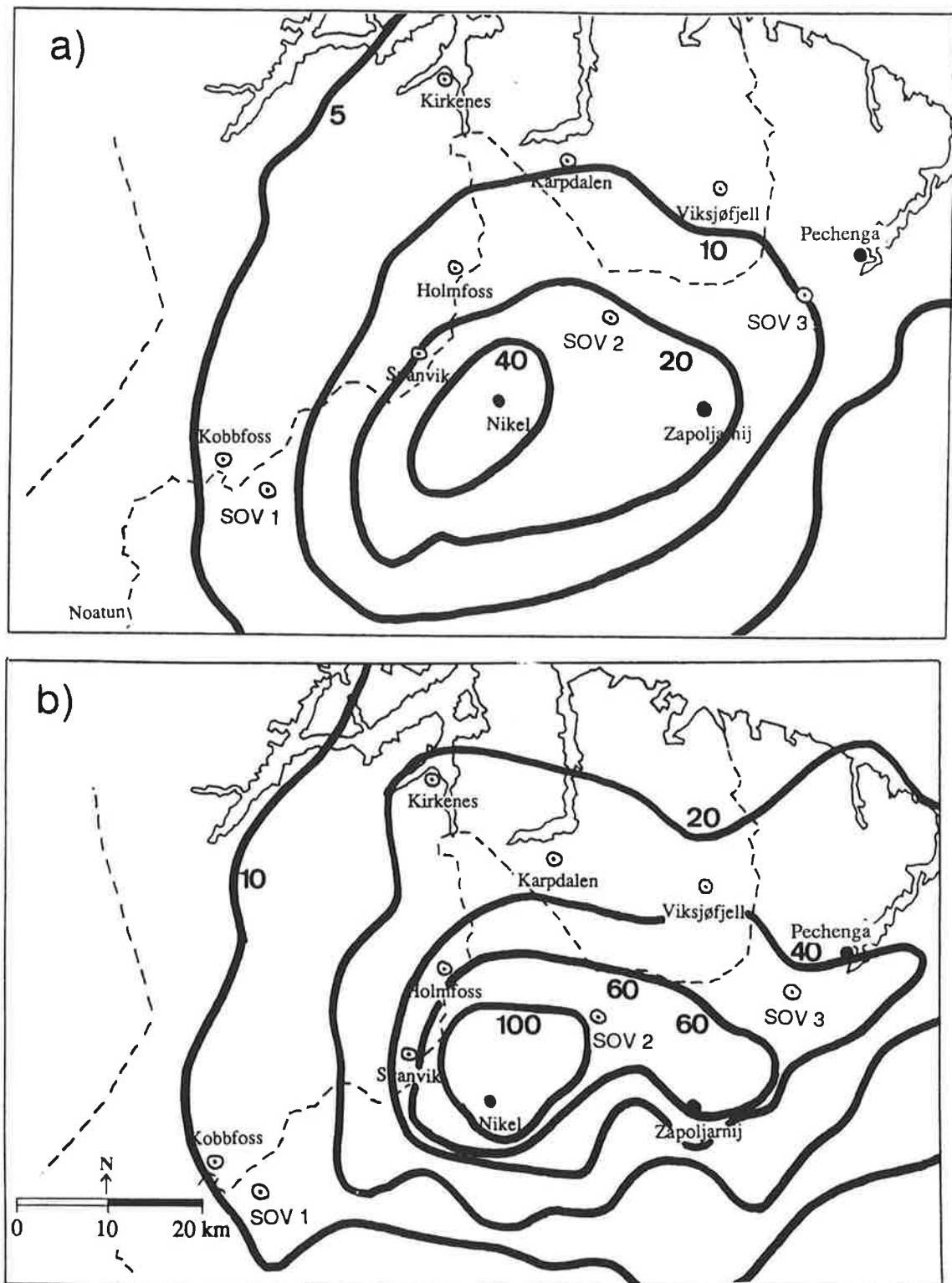
5.3 BEREGNINGSRESULTATER

5.3.1 Langtidsmiddelkonsentrasjoner av SO₂

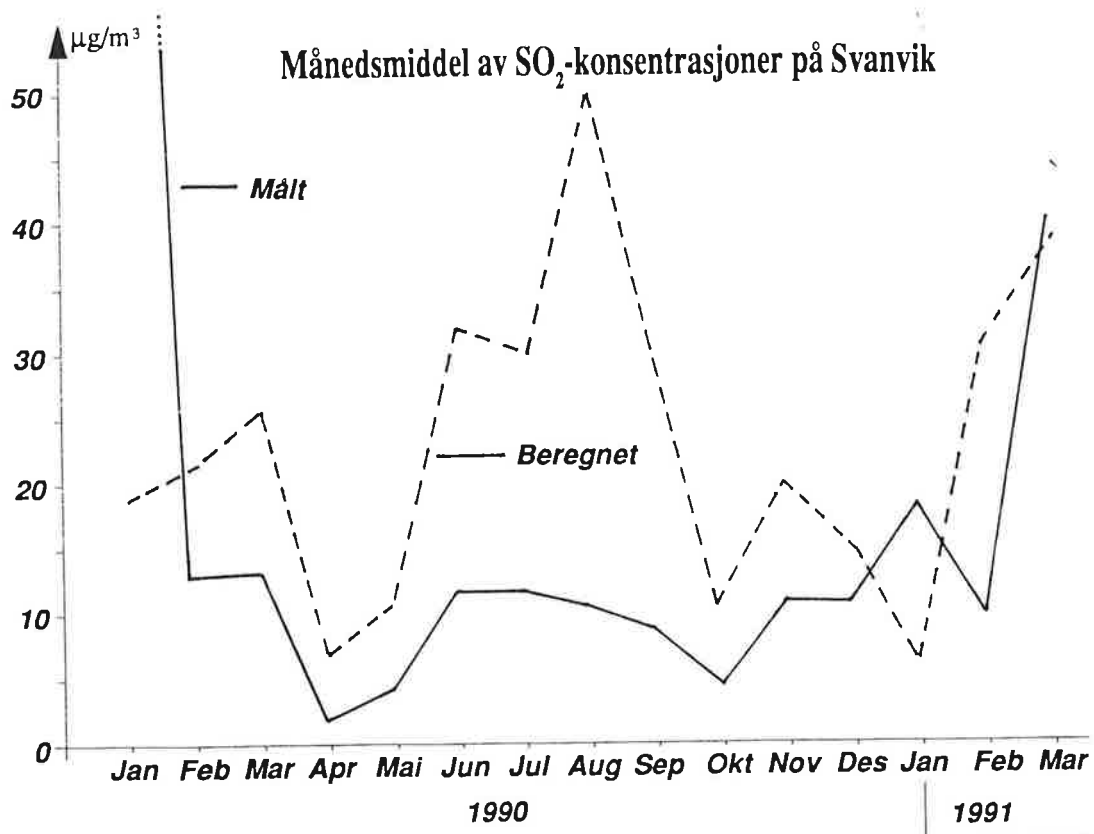
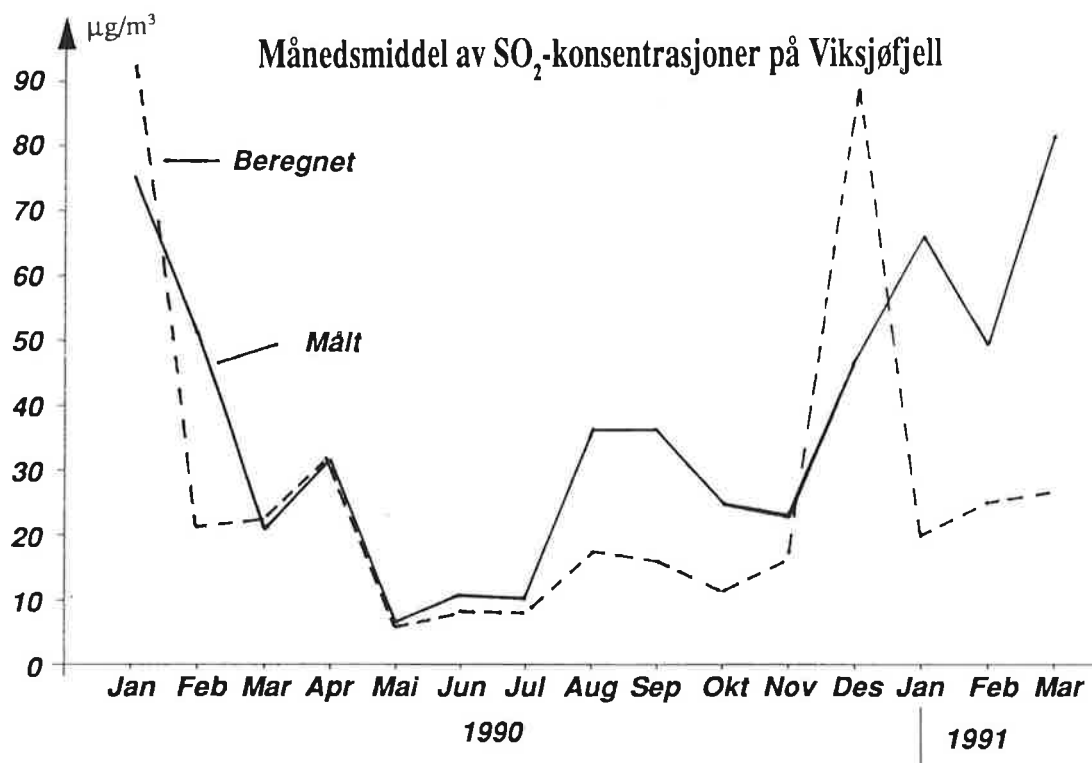
Modellen CONDEP er brukt til å beregne middelkonsentrasjoner for måned og halvår som resultat av utslippene fra industriene i grenseområdene. Utslippene er fordelt på høye utslipp (11 kilder) og lave utslipp (32 kilder). For transport og spredning fra de høye kildene er det brukt vinddata fra Viksjøfjell, for de lave kildene vinddata fra Svanvik.

Figur 30 viser beregnete middelkonsentrasjoner for sommerhalvåret 1990 og vinterhalvåret 1990/91. Sammenlignet med Verdens helseorganisasjons retningslinjer (WHO, 1987) eller norske forslag til retningslinjer for luftkvalitet (SFT, 1982), finner vi et område på ca. 300 km² om sommeren og ca. 500 km² om vinteren hvor grenseverdiene er overskredet. Nesten hele dette arealet lå i 1990/91 på sovjetisk område.

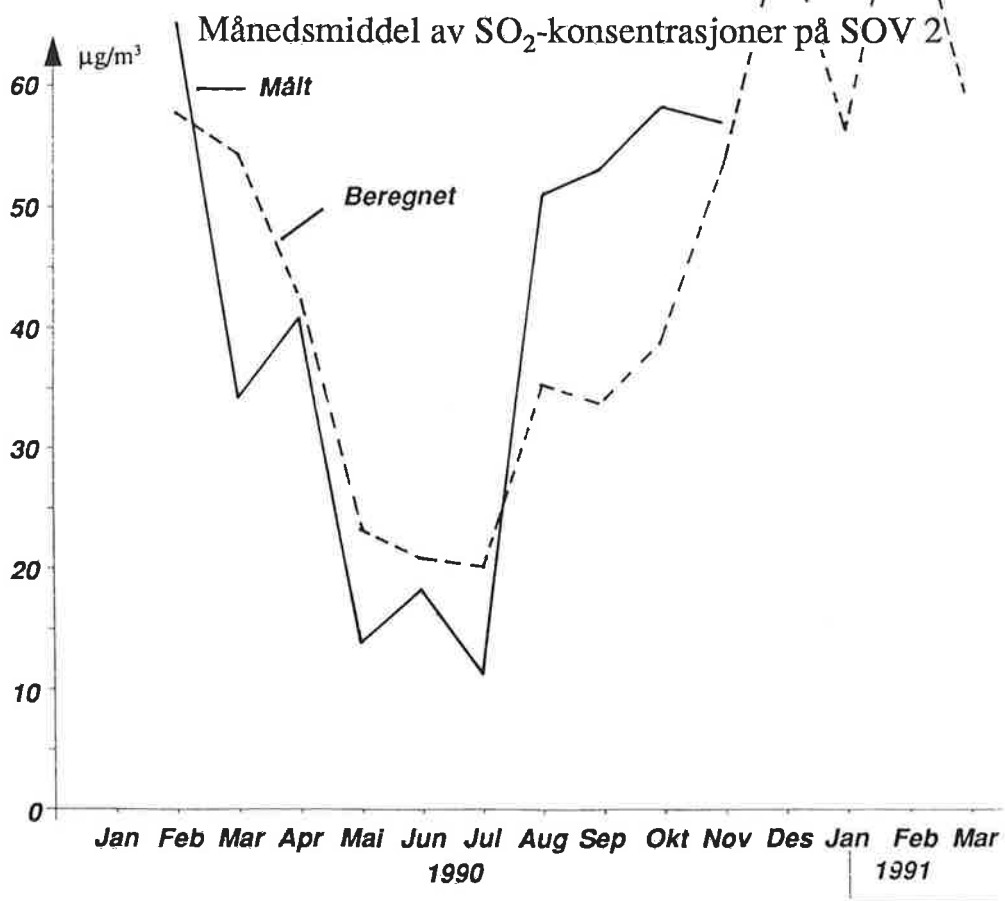
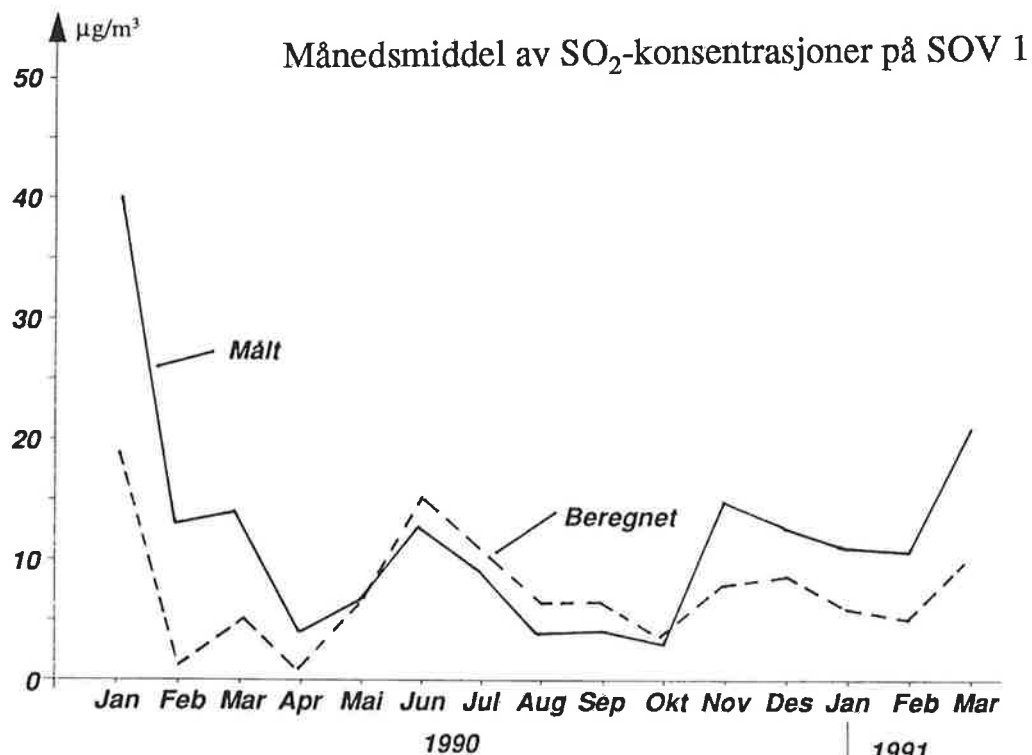
Beregninger er også utført for månedsmiddelkonsentrasjoner. Figur 31 og 32 viser målte og beregnete konsentrasjoner på henholdsvis to norske og to sovjetiske stasjoner i perioden fra januar 1990 til mars 1991. Ved Svanvik overestimerte modellen konsentrasjonene i forhold til målingene i sommermånedene.



Figur 30: Beregnede middelkonsentrasjoner av SO_2 for:
 a) sommerhalvåret 1990,
 b) vinterhalvåret 1990/91 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 31: Målte og beregnede månedsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ på Viksjøfjell og i Svanvik (µg/m³).



Figur 32: Målte og beregnede månedsmiddelkonsentrasjoner av SO_2 på SOV 1 og SOV 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dette kan skyldes beskrivelsen av meteorologiske forhold og at gradientene er sterke i dette området, noe som gjør at modellen blir svært følsom.

På de øvrige stasjonene er modellresultatene i rimelig samsvar med målingene. Enkelte klare avvik forekommer. Det er generelt en tendens til overestimat i mai-juni-juli (og august i Svanvik) og et underestimat i vintermånedene. Dette kan skyldes avviket mellom reelle og antatte månedsutslipp i modellen som er konstant lik en tolvdel av årsutslippet. I virkeligheten var utslippet av SO_2 fra verket i Nikel noe lavere om sommeren (se figur 29).

5.3.2 Tørravsetning av SO_2

Spredningsmodellen CONDEP er også brukt til å beregne tørravsetningen av SO_2 for vinter- og sommerhalvåret. Disse beregningene må anses som relativt grove estimat. Beregningene er basert på midlere konsentrasjonsfordelinger med kildereduksjon proposjonal med utfelt mengde SO_2 . Avsetningshastigheten v_d , som er forholdet mellom deponisjon ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) og konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) er antatt å være:

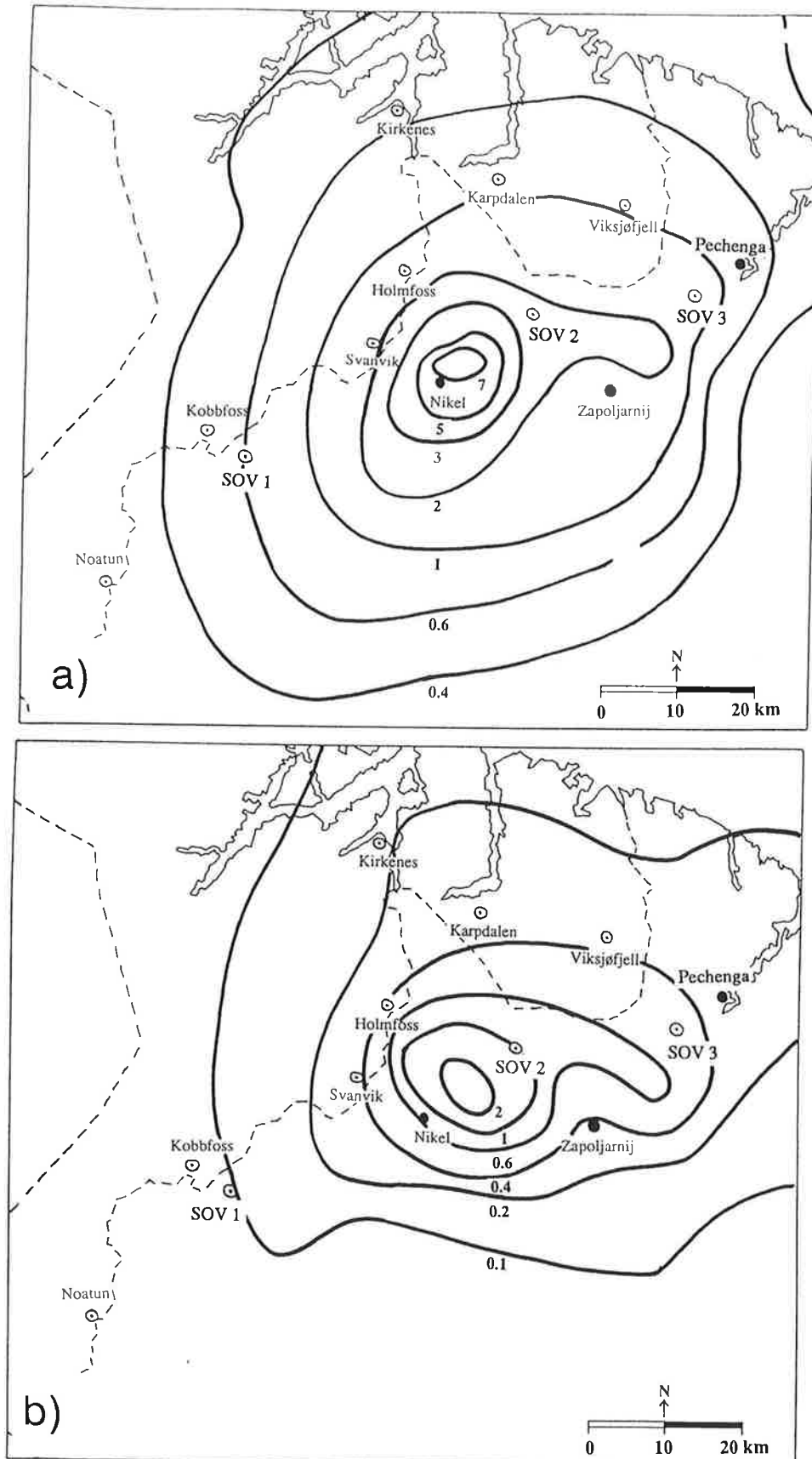
0,1 cm/s for vinterhalvåret

0,5 cm/s for sommerhalvåret

Figur 33 viser beregnet tørravsetning av SO_2 for sommerhalvåret 1990 og vinterhalvåret 1990/91.

Den største tørravsetningen av SO_2 er beregnet innenfor 10 km nordøst for verket i Nikel. Området hvor tørravsetningen overskrider 2 g SO_2 pr. m^2 pr. halvår, er ca. 700 km^2 om sommeren og ca. 60 km^2 om vinteren.

Det arealet som på årsbasis har en tørravsetning på mer enn 2 g SO_2 pr. m^2 pr. år, er ca. 1 100 km^2 , hvorav ca. 20% dekker norsk område.



Figur 33: Beregnet tørravsetning av SO₂ i g pr. m² pr. halvår for:
 a) Sommeren 1990 ($v_d = 0,5$ cm/s)
 b) Vinteren 1990/91 ($v_d = 0,1$ cm/s)

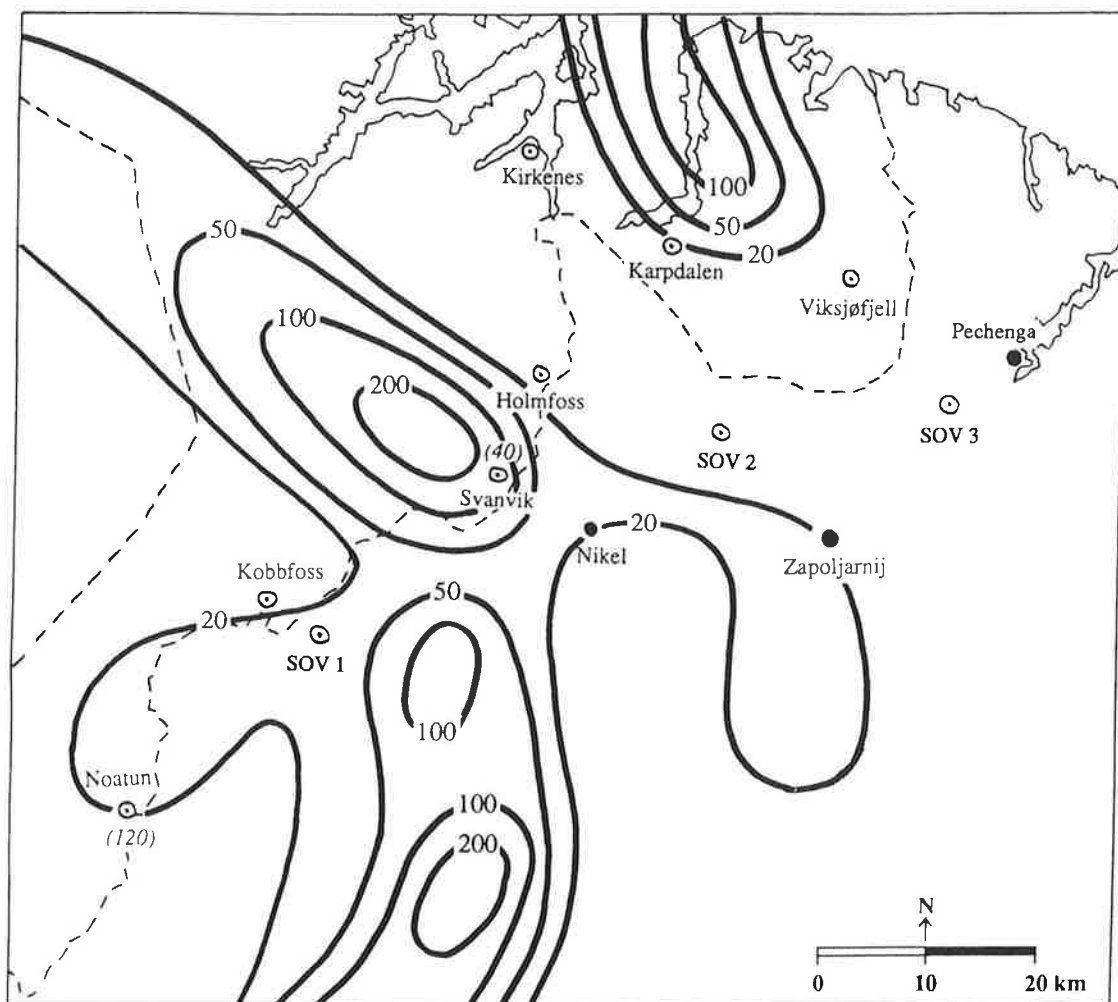
For å bedre kvaliteten på tørravsetningsberegningene kunne avsetningen vært beregnet for hver måned med varierende avsetningshastighet, og deretter summert til en årsavsetning.

5.3.3 Våtavsetning av sulfat

Sovelutslippene bringes til bakken ved tørravsetning av SO_2 og ved utfelling med nedbør (våtavsetning). Våtavsetningen er beregnet ved hjelp av mesoskalamodellen INPUFF, som beregner overgang fra gassformig SO_2 til svovelsyre og sulfat i røykskyen og deretter utvasking av svovel i regn som faller gjennom røykskyen. Rutinene som beregner denne prosessen, er presentert i vedlegg D.

Modellen er under uttesting ved NILU. Beregningene fra grenseområdene må derfor anses som foreløpige. Figur 34 viser beregnet svovelavsetning i juli 1990.

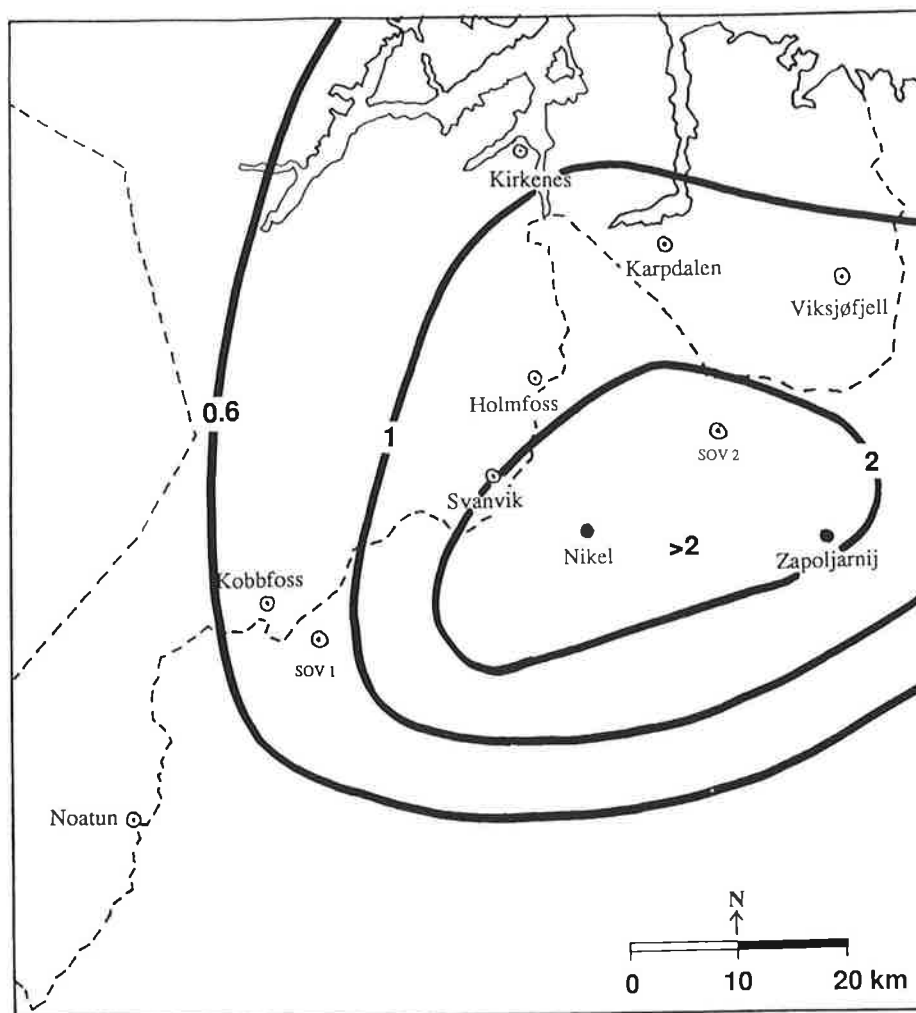
Avsetningsmønsteret for én måned er svært irregulært og knyttet til samtidig forekomst av vind og nedbør. Et kraftig lavtrykk over Kola ga transport mot vest og sørvest i perioden 9.-16. juli 1990, med til dels store nedbørmengder i sørlige deler av Pasvik (22 mm i Noatun). To estimerte maksima på over 200 mg/m^2 sulfat (som S) lå vest for Svanvik og øst for Noatun. Målt avsetning i NILUs nedbørmåler av SO_4 var i 3. kvartal 1990 77 mg/m^2 (som S) ved Noatun og 69 mg/m^2 (som S) ved Svanvik.



Figur 34: Beregnet våtavsetning av sulfat for juli 1990 i mg S pr. m² pr. måned.

5.3.4 Total svovelavsetning i grenseområdene

Basert på beregninger av tørr- og våtavsetninger, målinger av avsetning i nedbørprøvetakerne samt vurdering av snøanalyser kan en estimere en total-avsetning av svovel (som S) i grenseområdene i Norge og Sovjetunionen. Resultatet av et slikt estimat er vist i figur 35.



Figur 35: Totalavsetning av svovel (som S) på årsbasis i grenseområdene i Norge og Sovjetunionen.

5.3.5 Tørravsetning av nikkel

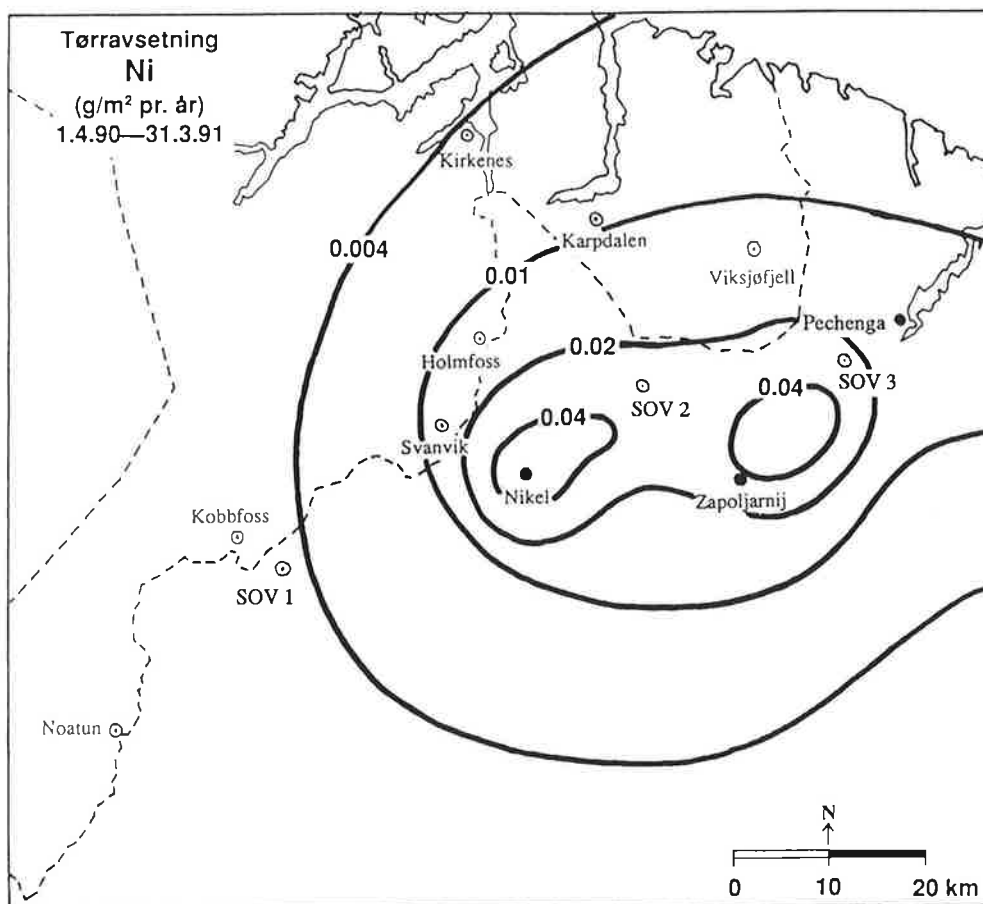
Modell CONDEP er brukt for å beregne tørravsetning av nikkel. Det er beregnet langtidsmidler for sommerhalvåret 1990 og vinterhalvåret 1990/91 og deretter summert til en avsetning for året 1.4.1990–31.3.1991 i figur 36.

Da avsetningshastigheten for tungmetaller varierer sterkt med partiklenes størrelse, er utslippsmengdene av nikkel fordelt på størrelseskategorier med forskjellig avsetningshastighet. De antatte fordelingene og avsetningshastighetene er vist i tabell 11.

Tabell 11: Avsetningshastighet av nikkelpartikler fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij og antatt prosentvis fordeling på partikkelstørrelser.

% av utslipp av nikkel	Avsetningshastighet (cm/s)
15	0,2 (små partikler)
35	0,5
35	2
10	5
5	10 (store partikler)

Den største avsetningen finnes nær verkene i Nikel og Zapoljarnij, hvor tørravsetningen er beregnet til mer enn $40 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{a}$ (hovedsakelig avsatt som store partikler) over et område på ca. 100 km^2 rundt hvert av utslippene. Ved Svanvik er nikkelaavsetningen pr. år beregnet til noe over 10 mg/m^2 , ved Viksjøfjell ca. 13 mg/m^2 , rundt Kirkenes ca. 4 mg/m^2 og ved Noatun ca. $1,2 \text{ mg/m}^2$. Målinger har vist at avsetningen av nikkel målt i NILUs nedbørprøvetakere for samme perioden (1.4.1990–31.3.1991) var $3,4 \text{ mg/m}^2$ i Svanvik og $0,85 \text{ mg/m}^2$ ved Noatun. Avviket skyldes at målingene hovedsakelig er basert på utfelling med nedbør, mens avsetningen over vegetasjon i tørrperioder er mer effektiv enn det som kommer ned i nedbørprøvetakeren. Målingene og beregningene synes altså å underbygge hverandre.



Figur 36: Beregnet tørravsetning av nikkell for året 1.4.1990-31.3.1991 (g/m² pr. år)

5.3.6 Modellberegninger i forurensningsepisoder

Modellberegninger er utført i utvalgte perioder da de meteorologiske forholdene i området har ført til episoder med høye SO₂-konsentrasjoner på én eller flere av målestasjonene. Følgende episoder er forsøkt modellert:

- a) 7.-10. april 1990: Høye konsentrasjoner ved Karpdalen, Viksjøfjell og SOV 2, Modellen INPUFF.
- b) 27.-30. august 1990: Kortvarige høye SO₂-konsentrasjoner ved Svanvik, Karpdalen, Viksjøfjell og SOV 2, en ikke-stasjonær situasjon, Modellene INPUFF og EPISODE (puffmodell og boksmmodell).

Figur 37 viser resultatene fra beregningene i perioden 7.-10. april 1990. Modellen gir en rimelig god gjengivelse av tidsforløpet av episoden og reproduserer tidspunktene for høye SO_2 -konsentrasjoner på de forskjellige stasjonene bra. Forurensningsskyen gir først innslag på SOV 2, for deretter å "vandre" vestover til Viksjøfjell og Karpdalen. De beregnete konsentrasjonene er imidlertid gjennomgående lavere enn de målte.

Figur 38 viser beregnete og målte konsentrasjoner av SO_2 for hver time i perioden 27.-31. august 1990. Beregningene er basert på modellen INPUFF som igjen viser en svært god beskrivelse av tidsforløpet av SO_2 på de tre stasjonene Svanvik, Karpdalen og SOV 2.

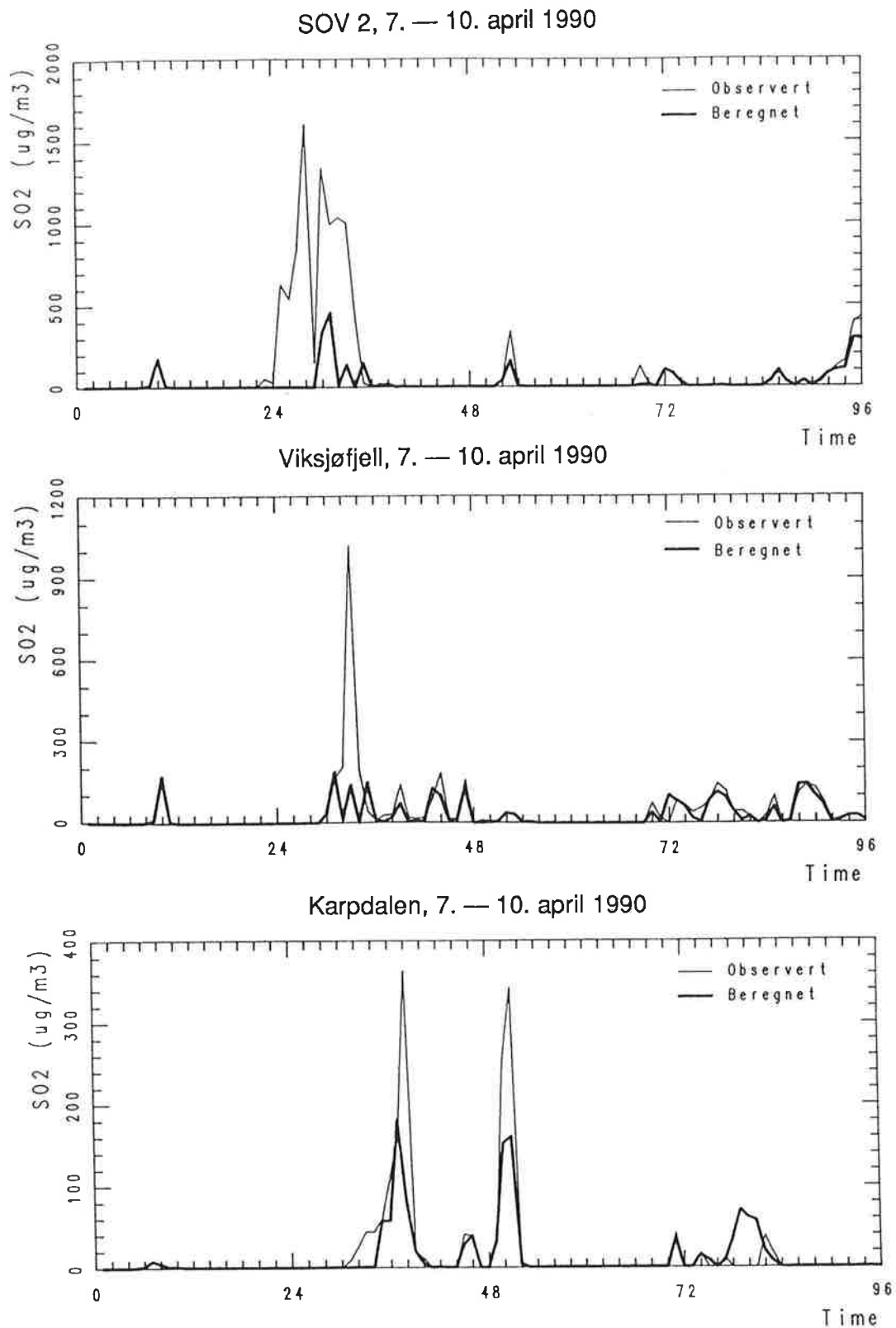
Ved Svanvik og Karpdalen var de målte maksimalkonsentrasjonene høyere enn de modellen klarer å reprodusere. Ved SOV 2 lå modellberegningene svært nær de målte konsentrasjonene.

Denne situasjonen var karakterisert ved gjennomgående noe sterkere vind fra omkring sørøst og senere sør i perioden. Dessuten var det nær nøytrale forhold. Modellen INPUFF reproduserer transport og spredningsforholdene bedre enn i situasjoner med nær vindstille og stabil sjikting (inversjoner).

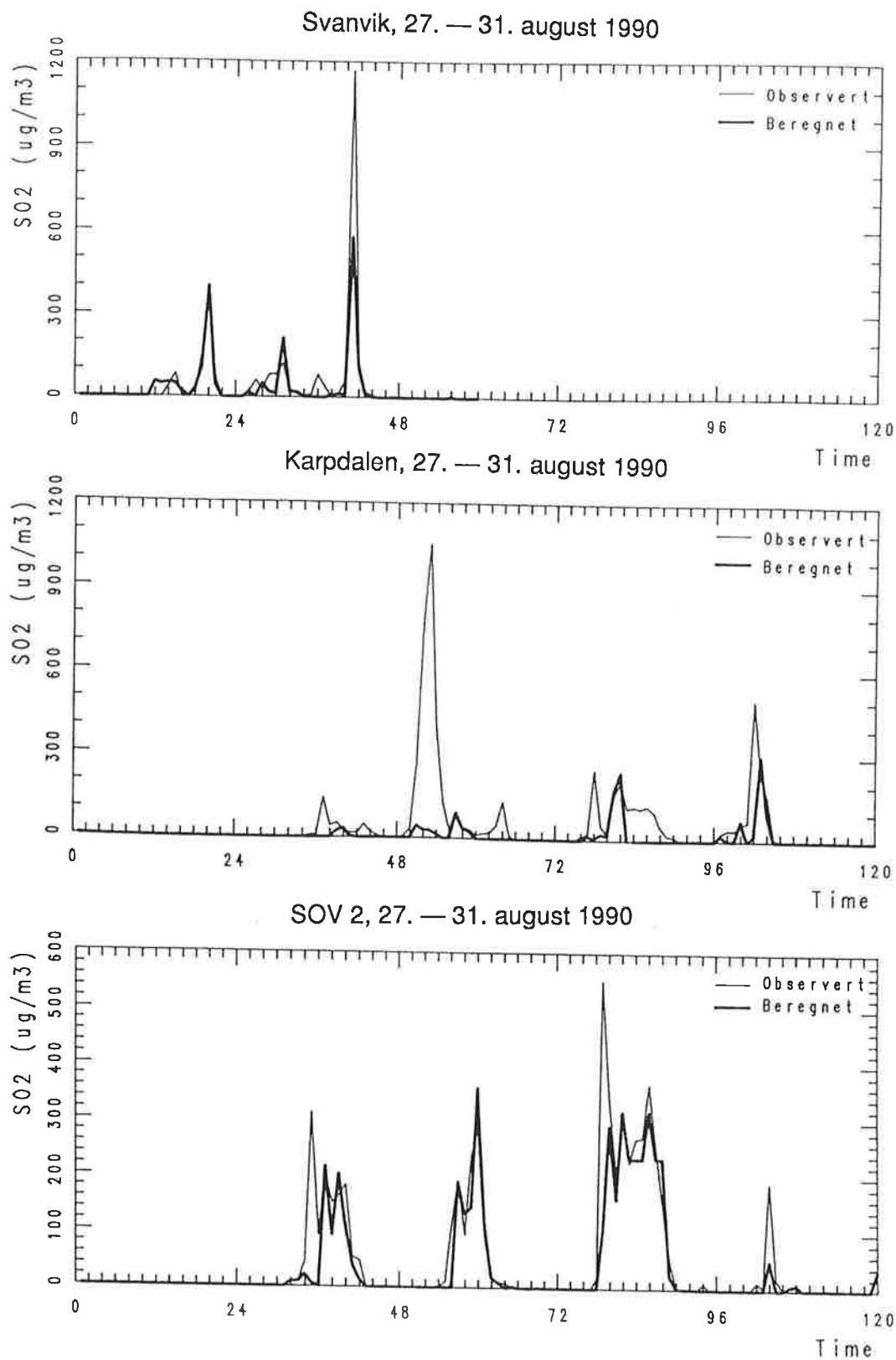
Beregninger av SO_2 med EPISODE både som puff-modell og som boks-modell er også utført for perioden 27.-30. august 1990.

Puff-modellen ga generelt høyere konsentrasjoner enn boks-modellen, hovedsakelig på grunn av større grad av utjevning av konsentrasjonene i boks-modellen (midling over ruter).

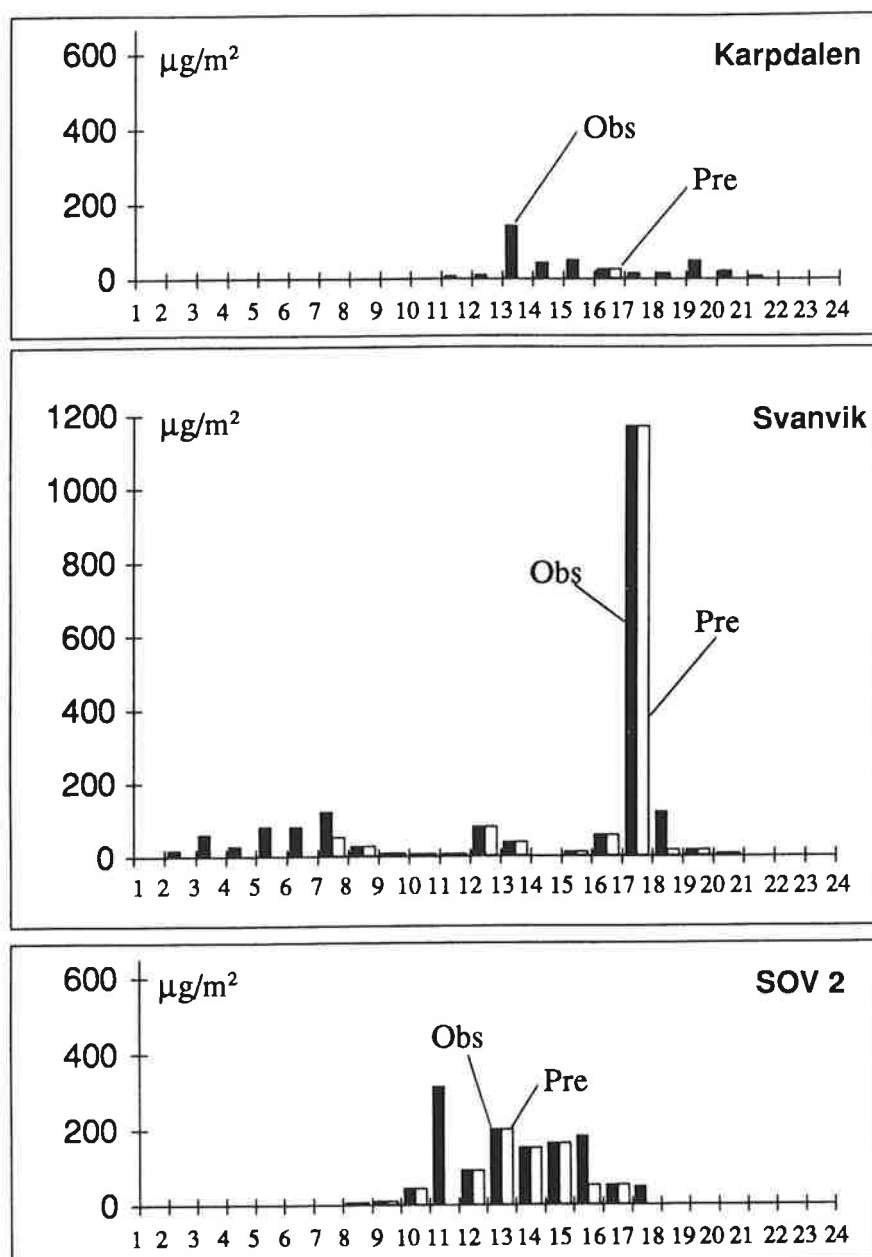
Figur 39 viser beregnete og målte konsentrasjoner hver time den 28. august 1990.



Figur 37: Beregnete og observerte timeverdier av SO₂ for perioden 7.-10. april 1990 ved SOV 2, Viksjøfjell og Karpdalen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 38: Beregnete og observerte timeverdier av SO₂ for perioden 27.-31. august 1990 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 39: Konsentrasjoner av SO_2 hver time 28.8.1990 beregnet med modellen EPISODE (Puff) og målte konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
 Obs = observert.
 Pre = predikert.

Sammenligninger mellom målte og beregnede konsentrasjoner er også vist i vedlegg E. En oppsummering er vist i tabell 12.

Tabell 12: Observerte (O) og beregnete (P) konsentrasjoner av SO₂ midlet over perioden 27.-30. august 1990, og gitt som maksimal timeverdi for fire målesteder i området (µg/m³).

	Middelkonsentrasjoner			Maks. konsentrasjoner		
	O	P _{puff}	P _{boks}	O	P _{puff}	P _{boks}
Svanvik	39	30	147	1170	1170	490
Karpdalen	53	22	11	1057	649	11
Viksjøfjell	92	0	1	296	0	13
SOV 2	56	41	49	552	366	268

6 KRAV TIL RENSING AV UTSLIPP

Skal det stilles krav til rensing av utslippene fra smelteverkene i Sovjetunionen, må kravene ses i sammenheng med de nivåene og den belastningen naturen i området er i stand til å tåle. Beregnete eller målte konsentrasjoner og avsetninger i de mest belastete områdene sammenliknet med tålegrensene kan tallfeste kravene til reduksjoner i utslippene fra smelteverkene. Målet må være å redusere utslippene til et nivå som ikke vil gi skade på naturen ut fra de kunnskaper vi i dag har til forholdet mellom nivå, eksponering og miljøskader.

6.1 TÅLEGRENSER

Naturens tålegrenser brukes som uttrykk for hva naturen kan motta av forurensninger uten å bli påviselig skadet eller endret. Tålegrensebegrepet kan brukes både på kritiske nivåer (konsentrasjoner f.eks. i luft) og på belastning og eksponering.

Egne ekspertgrupper arbeider innenfor det bilaterale miljøvern-samarbeidet mellom Norge og Sovjetunionen på feltet belastning, eksponering og effekter på vann, vegetasjon og jordsmonn.

I denne rapporten skal vi kun omtale "kritiske nivåer" i betydningen grenseverdier for luftkvalitet.

Luftkvalitetskriterier er gitt av forskjellige nasjonale og internasjonale organisasjoner for å beskytte menneskers helse, vegetasjon og materialer. Eksempler på slike grenseverdier for SO₂ er gitt i tabell 13.

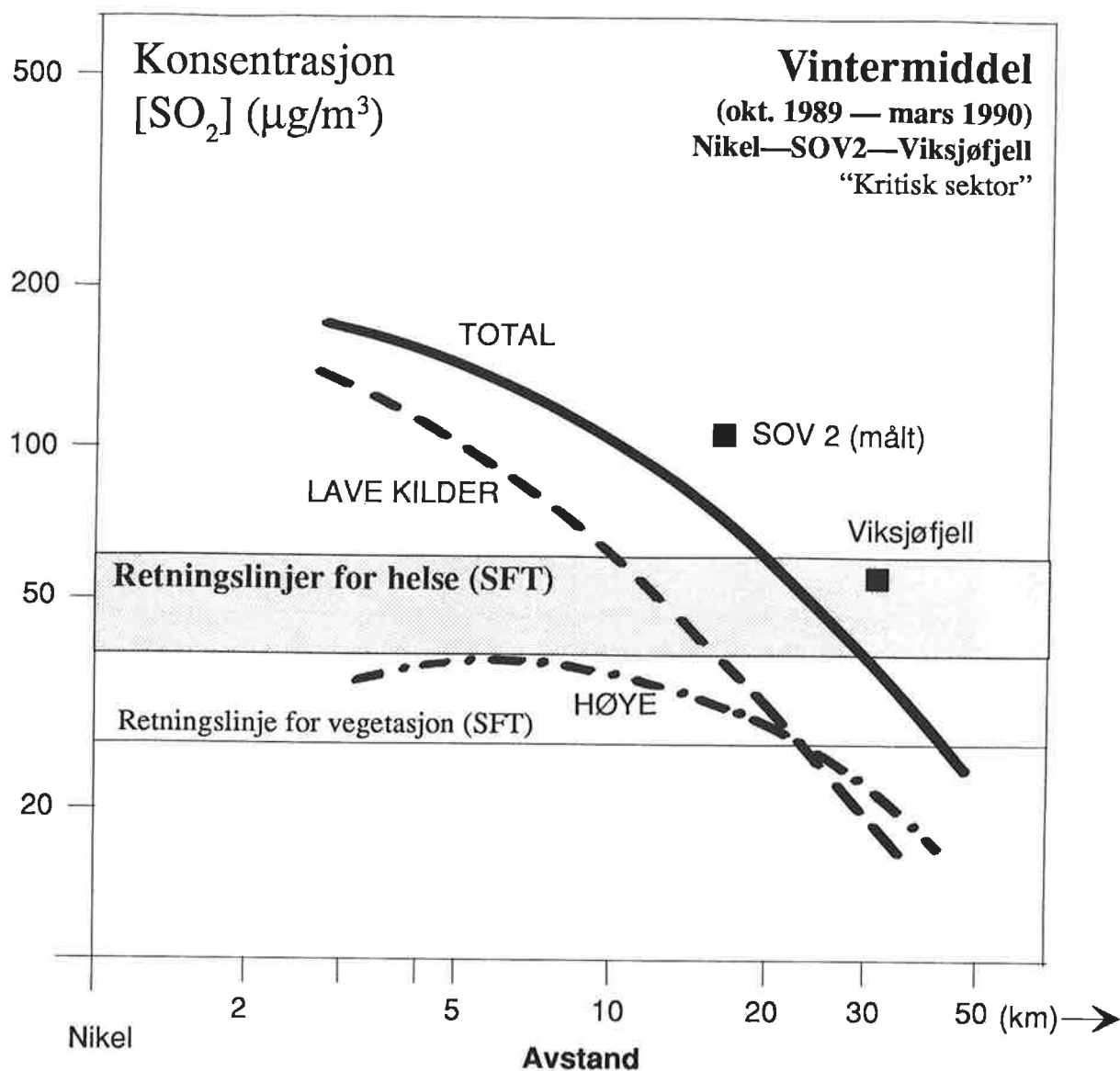
Tabell 13: Eksempler på forslag til grenseverdier for luftkvalitet gitt av Verdens helseorganisasjon (WHO, 1987) og Statens forurensningstilsyn (SFT, 1982).

	Grenseverdi (µg/m ³)	Midlings- tid	Ref.
For beskyttelse av helse	30	1 år	WHO
	100	24 h	"
	350	1 h	"
For beskyttelse av vegetasjon	25	6 mnd.	SFT
	50	24 h	"
	150	1 h	"

6.2 LANGTIDSMIDDELKONSENTRASJONER

Basert på målinger og modellberegninger er konsentrasjonsfordelingene som funksjon av avstanden fra smelteverket i Nikel vist i figur 40-43. Figur 40 viser konsentrasjoner i vinterhalvåret 1989/90.

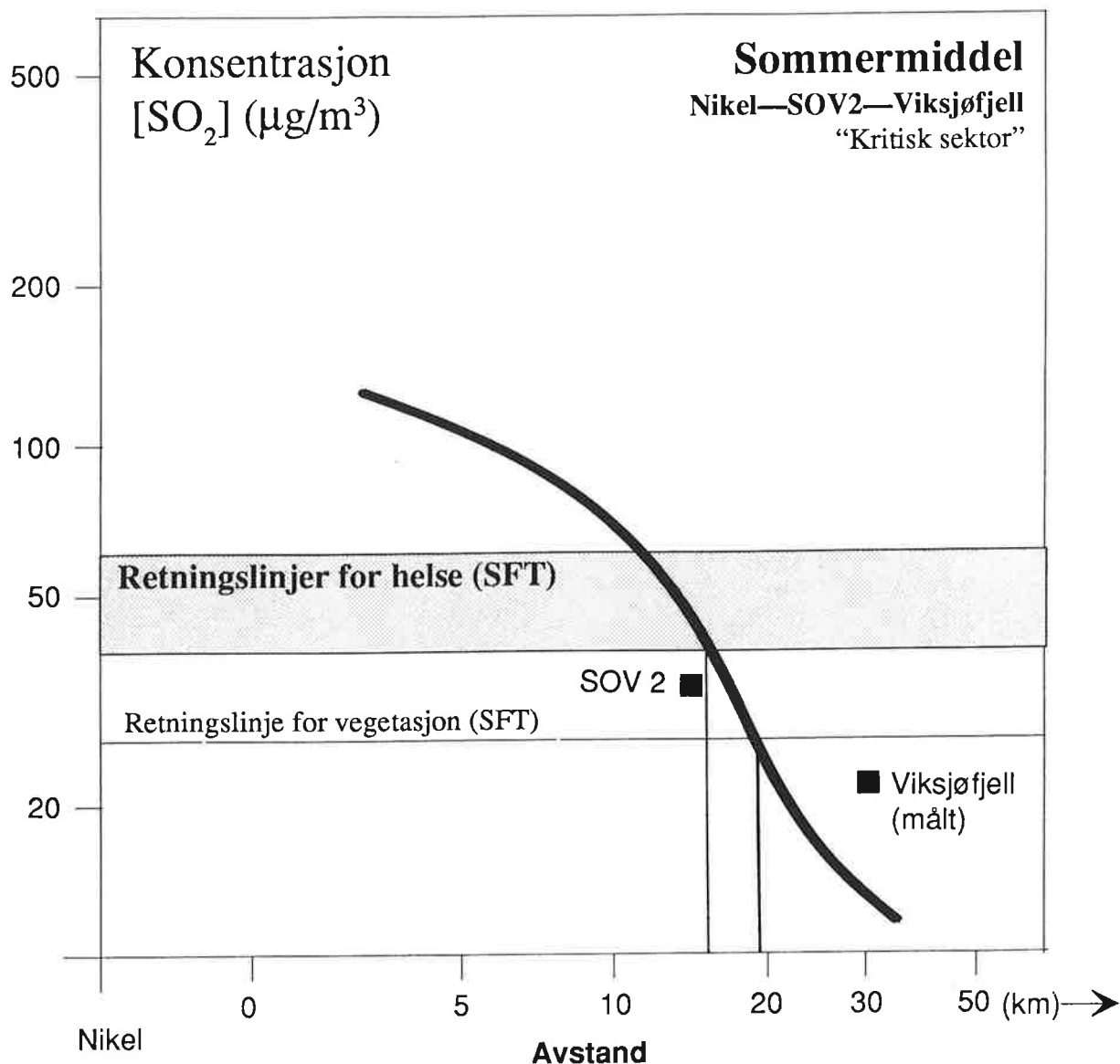
Figuren viser at de kritiske nivåene på 25-30 µg/m³ som middelverdi over 6 måneder er overskredet i området ut til 30-40 km fra smelteverket i Nikel.



Figur 40: Konsentrasjoner av SO₂ i vinterhalvåret 1989/90 i "kritisk sektor" som funksjon av avstanden fra verket i Nikel (µg/m³).

Om sommeren (figur 41) er de kritiske avstandene mindre.

For å komme ned mot akseptable konsentrasjoner utenfor 3–5 km fra fabrikkene må utslippene reduseres med en faktor på 6 (150/25).



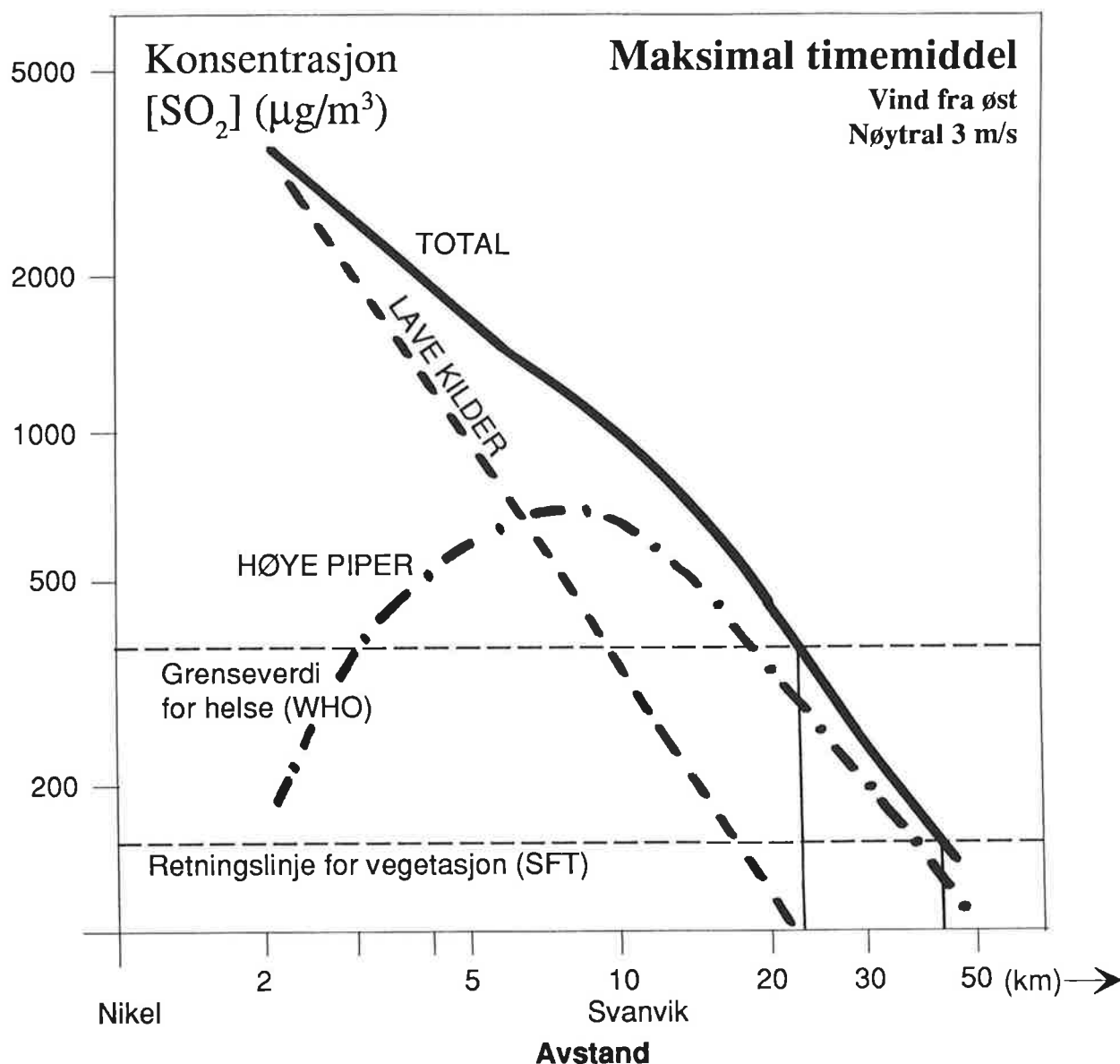
Figur 41: Konsentrasjoner av SO₂ i sommerhalvåret 1990 i "kritisk sektor" mot Svanvik som funksjon av avstanden fra verket i Nikel (µg/m³).

6.3 TIMEMIDLETE KONSENTRASJONER

Konsentrasjonene av SO₂ midt i røykfanen fra fabrikkutslippene er beregnet basert på gaussiske modeller. Maksimalkonsentrasjonen i bakkenivå som funksjon av avstanden fra Nikel er sammenliknet med observasjoner i tilfeller der målestedene er direkte belastet av røykfanen fra smeltverkene. Som diskutert

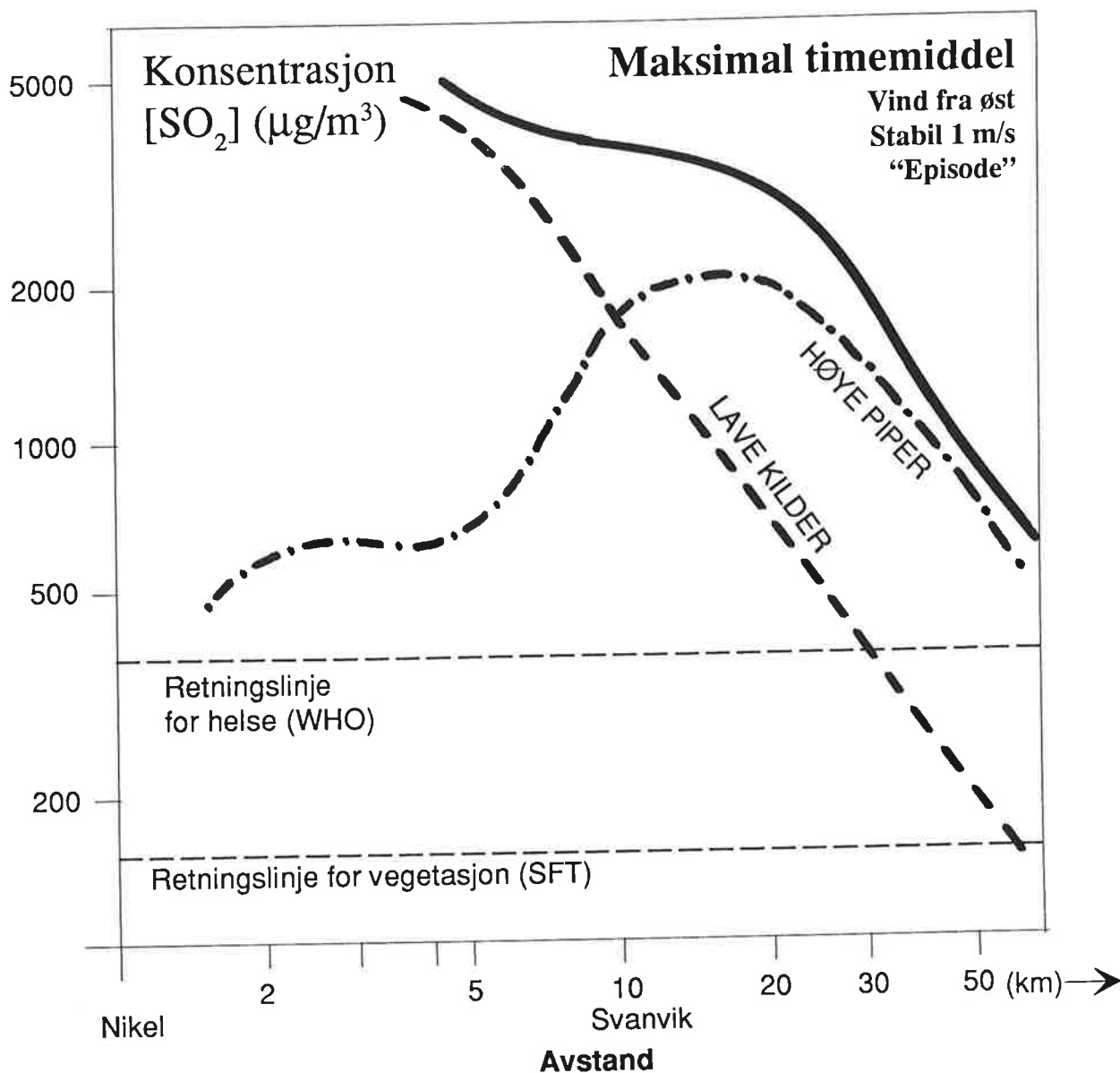
tidligere varierer konsentrasjonene sterkt med endringer i de meteorologiske forholdene.

Figur 42 viser et eksempel på en typisk vær-situasjon med vind fra øst, rundt 3 m/s (svak vind) og nær nøytrale atmosfæriske forhold (overskyet). Figuren viser at de lave utslippene i Nikel dominerer belastningen ut til ca. 6 km fra verket. Deretter er bidragene fra skorsteinsutslippene ca. 3 ganger større enn bidragene fra de lave utslippene.



Figur 42: Beregnet maksimal timemiddelkonsentrasjon av SO₂ som funksjon av avstanden fra Nikel ved østlig vind på 3 m/s og nøytrale atmosfæriske forhold (µg/m³).

I figur 43 er det også regnet med vind fra øst, men nå bare 1 m/s og stabile atmosfæriske forhold (klarvær). I dette tilfellet dominerer de lave kildene i Nikel ut til ca. 10 km fra verket. Deretter er bidragene fra skorsteinsutslippene ca. 3-4 ganger større enn bidragene fra de lave utslippene.



Figur 43: Beregnet maksimal timemiddelkonsentrasjon av SO₂ som funksjon av avstanden fra Nikel ved østlig vind på 1 m/s og stabile atmosfæriske forhold (µg/m³).

7 DISKUSJON

Målene med luftkvalitetsundersøkelsene i grenseområdene har vært å:

- overvåke luftkvaliteten
- etablere kunnskaper om nivå og årsakssammenhenger
- vurdere krav til reduksjoner i utslippene for å komme ned mot "naturens tålegrense".

Det omfattende grunnlagsmaterialet om meteorologiske forhold, spredningsforhold, luft- og nedbørkvalitet har gjort det mulig å etablere beregningsmodeller for området. Dette arbeidet kan ikke anses som endelig avsluttet, fordi det foreløpig er for dårlig informasjon om utslippene, særlig når det gjelder partikler og tungmetaller. Modellverktøyet kan også forbedres, særlig med tanke på å beskrive episodene og å beregne avsetning av svovel og tungmetaller.

Ekspertgruppene som arbeider med naturens tålegrense innenfor det bilaterale miljøvernsamarbeidet har heller ikke avsluttet sitt arbeid. De kritiske nivåene som er brukt i vurdering av reduksjonskrav, er derfor basert på nasjonale og internasjonale forslag til retningslinjer for luftkvalitet, og således ikke spesialtilpasset det aktuelle området.

Diskusjonen om krav til reduksjon i utslippene er konsentrert om vurdering av SO₂-belastningen, fordi det antas at SO₂ i dag representerer den mest kritiske belastningen, og fordi en reduksjon av SO₂-utslippet automatisk vil føre til at partikkel- og metallutslippene til luft ikke vil ha negative effekter.

Med disse forbeholdene er det vist eksempler på forhold mellom dagens belastning og kritiske nivåer.

7.1 HALVÅRSMIDDEL-BELASTNING

Målingene av SO₂-konsentrasjoner midlet over vinterhalvåret i kritisk sektor, nordøst for Nikel, viser noe høyere verdier enn modellberegningene. Følgende konklusjoner om langtidsmiddelbelastning vil derfor ikke gi for strenge krav:

- Utslippene fra lave kilder i fabrikkområdet dominerer belastningen ut til 20 km fra Nikel.
- Reduksjonen av de lave utslippene må være minst 82% for å komme ned mot 25 µg SO₂/m³ som halvårsmiddelverdi.
- Utslippene fra de høye skorsteinene må mer enn halveres for å unngå overskridelse av krav til halvårsmiddelkonsentrasjoner.

7.2 EPISODER

Under forurensningsepisoder er det målt timemidlete SO₂-konsentrasjoner opp mot 3 000 µg/m³ på avstander til 30 km fra Nikel. Dette er i samsvar med modellberegningene.

For å komme ned mot WHO-grensen på 350 µg/m³ som timemiddelverdi må utslippene fra de høye skorsteinene reduseres med 83%. For å nå 150 µg/m³ (SFTs vegetasjonsgrense) må utslippet reduseres med 93%. I tillegg må de lave diffuse utslippene reduseres med ca. 93% for å nå WHO's grense og med ca. 97% for å nå SFTs vegetasjonsgrense.

Mer detaljerte beregninger må gjennomføres når informasjon om alternative reduksjonstiltak foreligger. Endelige tall for tålegrenser og kritiske nivåer for det aktuelle området må innarbeides når de foreligger fra de ekspertgruppene som arbeider med dette.

7 REFERANSER

- Anda, O. og Henriksen, J.E. (1988) Overvåking av korrosjon 1981-1986. Lillestrøm (NILU OR 32/88).
- Berg, T.C. (1990) Måling av radioaktivitet i Norge. Årsrapport 1989. Lillestrøm (NILU OR 69/90).
- Bruteig, I.E. (1984) Epifyttisk lav som indikator på luftforureining i Aust Finnmark. Hovudfagsoppgåve, Universitetet i Trondheim.
- Hagen, L.O. (1990) Rutineovervåking av luftforurensning. April 1989-mars 1990. Lillestrøm (NILU OR 75/90).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F. og Johnsrud, M. (1989) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 1 pr. 1.7.1989. Lillestrøm (NILU OR 46/89).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Johnsrud, M. og Sivertsen, B. (1990) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 2 pr. 1.3.1990. Lillestrøm (NILU OR 17/90).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Aarnes, M.J. og Sivertsen, B. (1990) 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. (1991) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 4 pr. 1.3.1991. Lillestrøm (NILU OR 32/91).
- Sivertsen, B. (1991) Møter i Nikel og Zapoljarnij, 27.5.-30.5. 1991. Lillestrøm (NILU RR 7/91).
- Statens forurensningstilsyn (1982) Luftforurensning. Virkninger på helse og miljø. Oslo (SFT-rapport nr. 38).
- World Health Organization (1987) Air quality guidelines for Europe. Copenhagen (WHO regional publications. European series; No. 23).

VEDLEGG A

Vinddata

- a) Viksjøfjell vinter 1989/90
- b) Viksjøfjell sommer 1990
- c) Viksjøfjell vinter 1990/91
- d) Svanvik vinter 1989/90
- e) Svanvik sommer 1990
- f) Svanvik vinter 1990/91

the 1950s and 1960s, the focus of the research was on the physical and chemical properties of the materials, and the development of new materials. In the 1970s and 1980s, the focus shifted to the study of the biological and environmental effects of the materials, and the development of new materials that were more biocompatible and environmentally friendly. In the 1990s and 2000s, the focus shifted to the study of the mechanical and electrical properties of the materials, and the development of new materials that were more durable and efficient. In the 2010s and 2020s, the focus shifted to the study of the nanoscale properties of the materials, and the development of new materials that were more functional and versatile.

2.1.1. Introduction

The first part of the paper is an introduction to the field of materials science, and the second part is a review of the current state of the field. The third part is a discussion of the challenges and opportunities in the field, and the fourth part is a conclusion. The paper is divided into four main sections: Introduction, Review, Discussion, and Conclusion. The Introduction section provides a brief overview of the field of materials science, and the Review section provides a detailed overview of the current state of the field. The Discussion section discusses the challenges and opportunities in the field, and the Conclusion section provides a summary of the paper.

A) Viksjøfjell vinter 1989/90

FORDELING AV VINDRETNINGER OVER DØGNET (%)

*) Vind- retning	Klokkeslett								
	01	04	07	10	13	16	19	22	Vind- rose
30	1.9	.6	1.2	1.2	1.2	1.2	2.5	2.5	2.2
60	3.8	3.2	3.8	4.3	2.5	6.2	4.3	2.5	3.0
90	3.8	2.5	2.5	1.9	3.1	3.7	3.1	3.1	3.1
120	3.8	5.7	3.8	6.2	4.3	2.5	4.9	5.0	4.4
150	8.9	11.5	10.6	6.2	6.8	9.3	6.2	6.8	8.1
180	12.1	11.5	15.0	15.5	14.8	13.0	18.5	14.9	14.4
210	12.1	14.6	8.1	12.4	13.0	11.7	8.0	9.3	11.6
240	26.8	24.2	25.0	24.2	28.4	26.5	24.1	29.8	25.6
270	10.2	11.5	12.5	12.4	6.2	9.9	11.7	11.2	10.7
300	7.6	4.5	6.3	3.7	7.4	4.3	6.2	3.7	5.7
330	5.1	6.4	6.3	5.6	7.4	7.4	6.8	7.5	6.3
360	1.9	3.2	4.4	4.3	3.7	3.1	1.9	2.5	3.3
Stille	1.9	.6	.6	1.9	1.2	1.2	1.9	1.2	1.6
Ant.obs	(157)	(157)	(160)	(161)	(162)	(162)	(162)	(161)	(3856)
Midlere vind m/s	7.6	7.8	7.5	7.2	7.5	7.5	7.6	7.6	7.5

VINDSTYRKEKLASSER FORDELT PÅ VINDRETNING (%)

Klasse I: Vindstyrke .4 - 2.0 m/s
 Klasse II: Vindstyrke 2.1 - 4.0 m/s
 Klasse III: Vindstyrke 4.1 - 6.0 m/s
 Klasse IV: Vindstyrke > 6.0 m/s

*) Vind- retning	Klasser					Total	Nobs	Midlere vind m/s
	I	II	III	IV	Total			
30	.3	.5	.3	1.1	2.2	(83)	7.6	
60	.4	1.1	.5	1.1	3.0	(117)	5.2	
90	.3	.9	1.0	.8	3.1	(118)	4.8	
120	.6	1.1	1.3	1.4	4.4	(170)	5.0	
150	.8	3.1	1.3	2.9	8.1	(313)	5.0	
180	.6	2.8	1.6	9.4	14.4	(555)	8.4	
210	.5	1.8	.8	8.6	11.6	(446)	9.4	
240	1.0	5.2	3.6	15.9	25.6	(989)	8.0	
270	.6	1.7	1.8	6.6	10.7	(413)	7.6	
300	.7	1.2	.8	3.1	5.7	(220)	6.9	
330	.5	.6	.4	4.7	6.3	(242)	9.9	
360	.3	.8	.4	1.8	3.3	(126)	7.5	
Stille					1.6	(63)		
Total	6.5	20.7	13.7	57.4	100.0	(3856)		
Midlere vind m/s	1.2	3.2	4.9	10.6			7.5	

*) Dette tallet angir sentrum av vindsektor

B) Viksjøfjell sommer 1990

FORDELING AV VINDRETNINGER OVER DØGNET (%)

*) Vind- retning	Klokkeslett								Vind- rose
	01	04	07	10	13	16	19	22	
30	7.1	8.7	7.7	7.7	9.3	13.7	10.4	9.3	9.3
60	7.1	7.1	5.5	8.2	6.0	6.6	8.2	4.9	6.7
90	2.7	2.2	4.9	3.8	5.5	4.9	7.1	5.5	4.9
120	5.5	6.0	6.0	4.9	7.1	8.8	9.3	6.6	6.8
150	10.9	8.7	10.4	8.2	5.5	5.5	7.7	11.5	8.5
180	11.5	9.3	8.2	11.5	10.9	9.3	7.7	11.5	9.9
210	14.2	14.8	14.2	13.2	12.0	11.0	15.4	13.7	14.1
240	12.6	16.9	14.2	14.3	13.7	10.4	6.6	10.9	11.8
270	6.0	5.5	4.4	3.8	3.8	3.8	4.9	6.0	5.1
300	7.1	6.0	8.7	8.8	7.1	9.9	7.1	4.9	7.2
330	6.6	7.1	6.6	5.5	8.7	7.7	5.5	5.5	6.7
360	8.7	7.7	9.3	9.9	10.4	8.2	9.9	9.8	9.0
Stille	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Ant.obs	(183)	(183)	(183)	(182)	(183)	(182)	(182)	(183)	(4380)
Midlere vind m/s	7.4	7.1	7.0	7.2	7.4	7.3	7.1	7.3	7.2

VINDSTYRKEKLASSER FORDELT PÅ VINDRETNING (%)

Klasse I:	Vindstyrke	.4 - 2.0 m/s
Klasse II:	Vindstyrke	2.1 - 4.0 m/s
Klasse III:	Vindstyrke	4.1 - 6.0 m/s
Klasse IV:	Vindstyrke	> 6.0 m/s

*) Vind- retning	Klasser				Total	Nobs	Midlere vind m/s
	I	II	III	IV			
30	.3	1.8	2.4	4.9	9.3	(406)	6.8
60	.2	1.7	2.0	2.8	6.7	(294)	5.8
90	.3	1.5	1.9	1.2	4.9	(213)	4.8
120	.1	1.3	3.2	2.2	6.8	(298)	5.6
150	.2	1.3	3.8	3.2	8.5	(373)	5.9
180	.2	.8	2.7	6.2	9.9	(432)	7.6
210	.1	.6	2.2	11.2	14.1	(617)	9.4
240	.3	1.1	2.7	7.9	11.8	(519)	7.7
270	.1	.7	.4	3.9	5.1	(223)	7.8
300	.1	.9	1.5	4.7	7.2	(317)	7.6
330	.2	1.0	1.3	4.2	6.7	(292)	7.5
360	.2	1.2	2.4	5.3	9.0	(396)	7.1
Stille					.0	(0)	
Total	2.2	13.8	26.4	57.6	100.0	(4380)	
Midlere vind m/s	1.4	3.3	4.9	9.4			7.2

*) Dette tallet angir sentrum av vindsektor

C) Viksjøfjell vinter 1990/91

FORDELING AV VINDRETNINGER OVER DØGNET (%)

*) Vind- retning	Klokkeslett								Vind- rose
	01	04	07	10	13	16	19	22	
30	1.7	1.7	.0	.0	.8	.8	.8	.0	.9
60	4.1	4.2	3.3	5.0	4.1	2.4	5.8	4.1	3.9
90	5.0	4.2	6.6	4.1	3.3	4.8	2.5	3.3	4.3
120	5.0	5.0	4.1	4.1	5.0	3.2	4.1	3.3	4.6
150	5.8	7.5	8.3	9.9	6.6	8.1	6.6	7.4	7.1
180	5.0	6.7	8.3	8.3	8.3	9.7	10.7	6.6	7.8
210	13.2	15.0	14.0	14.0	16.5	12.9	10.7	14.9	13.8
240	39.7	36.7	36.4	32.2	30.6	33.1	35.5	38.0	35.2
270	11.6	7.5	9.9	9.9	9.9	11.3	12.4	9.1	10.4
300	1.7	5.8	.8	6.6	9.1	4.8	3.3	4.1	4.6
330	5.8	2.5	6.6	4.1	3.3	6.5	5.0	6.6	4.8
360	1.7	3.3	1.7	1.7	2.5	2.4	2.5	2.5	2.6
Stille	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
Ant.obs	(121)	(120)	(121)	(121)	(121)	(124)	(121)	(121)	(2916)
Midlere vind m/s	8.8	8.7	8.9	8.9	8.8	9.1	9.0	8.8	8.9

VINDSTYRKEKLASSER FORDELT PÅ VINDRETNING (%)

Klasse I:	Vindstyrke	.4 - 2.0 m/s
Klasse II:	Vindstyrke	2.1 - 4.0 m/s
Klasse III:	Vindstyrke	4.1 - 6.0 m/s
Klasse IV:	Vindstyrke	> 6.0 m/s

*) Vind- retning	Klasser				Total	Nobs	Midlere vind m/s
	I	II	III	IV			
30	.0	.3	.4	.2	.9	(27)	4.8
60	.2	1.0	1.0	1.7	3.9	(114)	6.3
90	.1	1.2	1.3	1.7	4.3	(126)	5.8
120	.1	1.1	1.2	2.2	4.6	(134)	6.3
150	.2	1.3	1.2	4.4	7.1	(206)	7.2
180	.2	1.2	1.1	5.2	7.8	(228)	8.1
210	.1	1.0	.9	11.8	13.8	(401)	10.2
240	.2	1.8	4.2	29.0	35.2	(1026)	9.7
270	.1	.8	1.5	8.0	10.4	(302)	9.2
300	.1	.0	.7	3.8	4.6	(134)	8.6
330	.2	.0	.5	4.1	4.8	(140)	10.1
360	.1	.3	.3	1.9	2.6	(76)	10.3
Stille					.1	(2)	
Total	1.6	10.2	14.3	73.9	100.0	(2916)	
Midlere vind m/s	1.1	3.3	5.0	10.6			8.9

*) Dette tallet angir sentrum av vindsektor

D) Svanvik vinter 1989/90

FORDELING AV VINDRETNINGER OVER DØGNET (%)

*) Vind- retning	Klokkeslett									Vind- rose
	01	04	07	10	13	16	19	22		
30	1.1	1.1	.5	1.6	2.2	.5	1.1	1.7	1.3	1.3
60	2.2	1.1	1.6	1.1	2.2	4.4	2.2	1.7	2.3	2.3
90	1.1	2.7	2.2	2.7	2.7	2.7	3.8	3.3	2.6	2.6
120	1.7	1.1	1.6	1.1	2.2	1.1	1.1	2.2	1.4	1.4
150	2.8	3.8	3.8	1.1	1.6	2.7	1.6	2.8	2.9	2.9
180	12.7	11.0	13.7	15.9	12.6	15.4	18.1	12.2	13.3	13.3
210	19.3	17.0	18.1	19.2	14.8	14.3	15.4	17.2	16.8	16.8
240	11.0	12.6	7.7	10.4	14.3	10.4	11.0	12.2	11.2	11.2
270	5.0	6.6	4.4	6.0	6.0	4.9	4.4	7.8	5.9	5.9
300	5.5	3.3	4.4	4.4	6.6	6.0	5.5	2.8	4.2	4.2
330	4.4	4.4	4.4	1.6	4.4	3.8	4.4	3.9	4.2	4.2
360	3.3	3.8	3.8	6.6	5.5	4.4	2.7	1.7	4.0	4.0
Stille	29.8	31.3	33.5	28.0	24.7	29.1	28.6	30.6	29.8	29.8
Ant.obs	(181)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(180)	(4360)	
Midlere vind m/s	1.9	1.8	1.9	2.0	2.1	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9

VINDSTYRKEKLASSER FORDELT PÅ VINDRETNING (%)

Klasse I: Vindstyrke	.6 - 2.0 m/s
Klasse II: Vindstyrke	2.1 - 4.0 m/s
Klasse III: Vindstyrke	4.1 - 6.0 m/s
Klasse IV: Vindstyrke	> 6.0 m/s

*) Vind- retning	Klasser				Total	Nobs	Midlere vind m/s
	I	II	III	IV			
30	.8	.2	.3	.0	1.3	(56)	2.4
60	1.6	.5	.2	.0	2.3	(101)	1.8
90	1.4	1.0	.2	.0	2.6	(113)	2.1
120	.5	.6	.3	.0	1.4	(61)	2.8
150	1.4	.9	.6	.0	2.9	(128)	2.6
180	3.4	5.6	3.3	1.0	13.3	(581)	3.3
210	6.2	6.4	3.9	.3	16.8	(734)	2.9
240	5.9	3.9	1.3	.2	11.2	(489)	2.3
270	3.3	1.5	.9	.3	5.9	(257)	2.4
300	2.1	1.2	.6	.3	4.2	(184)	2.7
330	1.7	1.9	.5	.1	4.2	(181)	2.5
360	.8	2.1	.9	.2	4.0	(175)	3.4
Stille					29.8	(1300)	
Total	29.1	25.8	12.9	2.4	100.0	(4360)	
Midlere vind m/s	1.3	2.9	4.9	7.1			1.9

*) Dette tallet angir sentrum av vindsektor

E) Svanvik sommer 1990

FORDELING AV VINDRETNINGER OVER DØGNET (%)

*) Vind- retning	Klokkeslett								Vind- rose
	01	04	07	10	13	16	19	22	
30	9.6	10.7	7.3	9.0	15.3	13.0	14.2	11.9	11.6
60	11.9	6.2	11.3	6.8	6.8	10.2	15.3	10.7	9.4
90	4.5	6.2	4.0	7.9	7.3	8.5	10.2	9.0	7.8
120	.0	3.4	2.8	4.5	4.0	5.1	4.5	2.3	3.5
150	4.0	1.1	6.2	6.2	4.5	4.5	7.4	4.5	4.5
180	6.2	6.8	7.9	6.8	9.6	9.0	9.1	5.6	8.6
210	10.2	15.3	17.5	14.1	14.7	11.9	6.8	15.3	12.5
240	7.3	7.3	9.0	16.4	13.6	7.3	6.3	4.0	8.7
270	5.1	4.0	5.6	6.8	6.8	8.5	4.0	4.0	5.6
300	5.1	5.6	5.1	6.8	5.1	4.0	3.4	4.5	4.8
330	5.6	7.9	7.3	9.0	6.2	11.9	6.3	2.3	7.2
360	4.5	2.3	3.4	3.4	5.1	4.0	3.4	3.4	3.7
Stille	26.0	23.2	12.4	2.3	1.1	2.3	9.1	22.6	12.3
Ant.obs	(177)	(177)	(177)	(177)	(177)	(177)	(176)	(177)	(4249)
Midlere vind m/s	1.4	1.6	2.2	2.8	3.0	2.6	1.9	1.5	2.1

VINDSTYRKEKLASSER FORDELT PÅ VINDRETNING (%)

Klasse I: Vindstyrke .6 - 2.0 m/s
 Klasse II: Vindstyrke 2.1 - 4.0 m/s
 Klasse III: Vindstyrke 4.1 - 6.0 m/s
 Klasse IV: Vindstyrke > 6.0 m/s

*) Vind- retning	Klasser				Total	Nobs	Midlere vind m/s
	I	II	III	IV			
30	7.4	3.5	.5	.0	11.6	(491)	2.0
60	6.6	2.6	.2	.0	9.4	(398)	1.8
90	4.5	3.1	.2	.0	7.8	(332)	1.9
120	2.0	1.1	.4	.0	3.5	(147)	2.1
150	3.1	1.2	.2	.0	4.5	(191)	1.7
180	4.0	3.8	.8	.1	8.6	(364)	2.3
210	4.3	5.3	2.4	.5	12.5	(531)	2.9
240	3.6	3.5	1.1	.4	8.7	(368)	2.6
270	2.3	2.4	.6	.3	5.6	(236)	2.6
300	1.9	2.2	.6	.1	4.8	(204)	2.6
330	2.0	2.8	1.9	.5	7.2	(308)	3.3
360	1.3	1.5	.9	.0	3.7	(157)	2.9
Stille					12.3	(522)	
Total	43.1	32.9	9.8	2.0	100.0	(4249)	
Midlere vind m/s	1.3	2.9	4.8	6.8			2.1

*) Dette tallet angir sentrum av vindsektor

F) Svanvik vinter 1990/91

FORDELING AV VINDRETNINGER OVER DØGNET (%)

*) Vind- retning	Klokkeslett								Vind- rose
	01	04	07	10	13	16	19	22	
30	1.1	.0	1.6	.0	2.7	1.1	.5	2.7	1.4
60	2.2	3.3	3.8	4.4	2.7	2.7	1.6	2.2	3.0
90	2.2	.5	.0	.5	2.2	1.1	3.3	1.6	1.4
120	1.6	1.1	.5	1.1	.0	1.1	1.6	1.6	1.1
150	3.3	4.9	3.8	4.9	6.0	6.6	7.1	4.4	4.9
180	14.3	14.8	18.7	15.9	18.7	16.5	17.6	16.5	16.4
210	18.1	17.0	16.5	20.3	19.8	20.3	12.1	17.6	17.8
240	12.6	9.3	12.6	14.8	15.4	9.9	16.5	14.8	13.1
270	7.7	6.6	4.9	4.9	2.7	4.9	4.4	4.4	5.3
300	3.8	4.4	3.3	6.6	4.9	5.5	4.4	4.4	4.8
330	1.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.2	3.8	2.5
360	2.2	2.2	2.2	1.6	2.7	5.5	2.7	.0	2.4
Stille	29.1	33.0	29.1	22.0	19.2	22.0	25.8	25.8	26.0
Ant.obs (182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(4367)
Midlere vind m/s	2.0	1.9	2.1	2.3	2.4	2.2	2.2	2.0	2.1

VINDSTYRKEKLASSER FORDELT PÅ VINDRETNING (%)

Klasse I: Vindstyrke .6 - 2.0 m/s
 Klasse II: Vindstyrke 2.1 - 4.0 m/s
 Klasse III: Vindstyrke 4.1 - 6.0 m/s
 Klasse IV: Vindstyrke > 6.0 m/s

*) Vind- retning	Klasser				Total	Nobs	Midlere vind m/s
	I	II	III	IV			
30	1.1	.2	.0	.0	1.4	(59)	1.5
60	2.3	.7	.0	.0	3.0	(131)	1.6
90	.9	.5	.0	.0	1.4	(61)	2.0
120	.6	.5	.1	.0	1.1	(49)	2.2
150	1.7	1.6	1.1	.5	4.9	(216)	3.4
180	5.7	7.4	2.5	.8	16.4	(716)	2.9
210	7.0	6.6	3.6	.6	17.8	(777)	2.8
240	6.5	4.1	1.9	.5	13.1	(572)	2.6
270	2.6	1.6	1.0	.1	5.3	(230)	2.5
300	2.0	1.4	1.1	.3	4.8	(210)	2.9
330	.8	1.2	.4	.1	2.5	(108)	2.9
360	.7	.9	.5	.3	2.4	(104)	3.4
Stille					26.0	(1134)	
Total	31.8	26.7	12.3	3.2	100.0	(4367)	
Midlere vind m/s	1.2	3.0	4.9	7.7			2.1

*) Dette tallet angir sentrum av vindsektor

VELDLEGG B

Vinddata fra Svanvik
1.10.1978-31.3.1990

- a) vinter
- b) sommer

A) Svanvik Vinter

FORDELING AV VINDRETNINGER OVER DØGNET (%)

*) Vind- retning	Klokkeslett									Vind- rose
	01	04	07	10	13	16	19	22		
30	2.5	2.8	2.3	2.5	2.9	2.6	2.8	2.4	2.6	2.6
60	2.1	2.2	2.5	1.9	1.4	2.8	2.1	2.3	2.2	2.2
90	1.3	1.4	1.3	2.0	2.7	2.2	2.4	1.8	1.9	1.9
120	1.1	1.0	.8	1.0	1.3	.8	.6	.9	.9	.9
150	3.0	3.4	3.1	2.4	2.8	3.4	3.9	3.1	3.2	3.2
180	12.9	13.2	12.7	12.7	13.6	14.0	13.5	12.8	13.2	13.2
210	19.2	19.7	20.9	24.2	22.6	20.1	19.6	19.8	20.7	20.7
240	8.7	8.5	9.0	10.3	11.2	9.3	8.6	9.5	9.6	9.6
270	5.6	5.4	4.7	5.7	4.9	5.6	4.4	5.2	5.1	5.1
300	3.1	2.9	3.2	3.1	3.0	3.0	3.5	2.6	3.1	3.1
330	4.1	3.8	4.3	3.8	5.2	4.6	4.3	3.9	4.2	4.2
360	2.4	2.0	1.8	2.4	2.0	2.4	2.1	2.5	2.1	2.1
Stille	33.9	33.8	33.4	28.0	26.4	29.3	32.4	33.2	31.0	31.0
Ant.obs	(2094)	(2087)	(2086)	(2087)	(2093)	(2096)	(2094)	(2096)	(****)	(****)
Midlere vind m/s	1.9	1.9	1.9	2.1	2.2	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0

VINDSTYRKEKLASSER FORDELT PÅ VINDRETNING (%)

Klasse I: Vindstyrke	.6 - 2.0 m/s
Klasse II: Vindstyrke	2.1 - 4.0 m/s
Klasse III: Vindstyrke	4.1 - 6.0 m/s
Klasse IV: Vindstyrke	> 6.0 m/s

*) Vind- retning	Klasser				Total	Nobs	Midlere vind m/s
	I	II	III	IV			
30	1.4	.9	.3	.0	2.6	(1282)	2.3
60	1.3	.8	.1	.0	2.2	(1091)	2.0
90	.7	.7	.4	.1	1.9	(973)	2.9
120	.4	.3	.2	.1	.9	(472)	2.8
150	1.4	.9	.6	.4	3.2	(1618)	3.1
180	3.9	5.4	3.0	.9	13.2	(6623)	3.2
210	7.8	7.6	4.1	1.2	20.7	(****)	2.9
240	4.7	3.1	1.3	.4	9.6	(4806)	2.5
270	2.5	1.6	.8	.2	5.1	(2582)	2.5
300	1.5	1.0	.5	.2	3.1	(1578)	2.7
330	1.4	1.9	.6	.3	4.2	(2111)	2.9
360	.4	.8	.7	.2	2.1	(1079)	3.8
Stille					31.0	(****)	
Total	27.4	25.0	12.5	4.0	100.0	(****)	
Midlere vind m/s	1.2	2.9	4.9	7.3			2.0

*) Dette tallet angir sentrum av vindsektor

B) Svanvik Sommer

FORDELING AV VINDRETNINGER OVER DØGNET (%)

*) Vind- retning	Klokkeslett								Vind- rose
	01	04	07	10	13	16	19	22	
30	11.5	11.5	10.6	11.9	13.0	15.2	15.0	14.5	12.9
60	6.0	7.5	7.7	6.9	8.4	11.3	12.0	9.1	8.8
90	3.1	3.4	5.6	6.5	6.9	8.0	8.5	4.7	5.7
120	2.0	1.2	3.6	2.7	2.9	3.3	3.0	1.7	2.7
150	4.5	3.9	5.1	7.4	7.9	7.3	7.6	6.9	6.3
180	7.7	8.8	11.9	13.5	12.8	10.3	7.5	7.1	9.9
210	7.7	10.2	13.7	13.9	11.2	9.4	7.4	7.2	10.1
240	5.0	6.5	9.4	9.5	8.0	6.4	5.1	4.4	6.8
270	4.1	4.9	5.6	6.6	6.6	5.6	4.3	4.3	5.1
300	4.5	4.4	5.3	5.8	5.6	5.2	4.5	4.4	5.0
330	9.1	7.5	6.5	6.7	7.7	8.2	7.2	7.1	7.6
360	4.9	4.8	5.4	6.1	7.7	6.8	6.6	5.7	5.8
Stille	30.1	25.5	9.6	2.4	1.3	3.0	11.3	22.7	13.2
Ant.obs	(1893)	(1891)	(1888)	(1885)	(1897)	(1896)	(1890)	(1892)	(****)
Midlere vind m/s	1.4	1.6	2.2	2.7	2.9	2.6	1.9	1.5	2.1

VINDSTYRKEKLASSER FORDELT PÅ VINDRETNING (%)

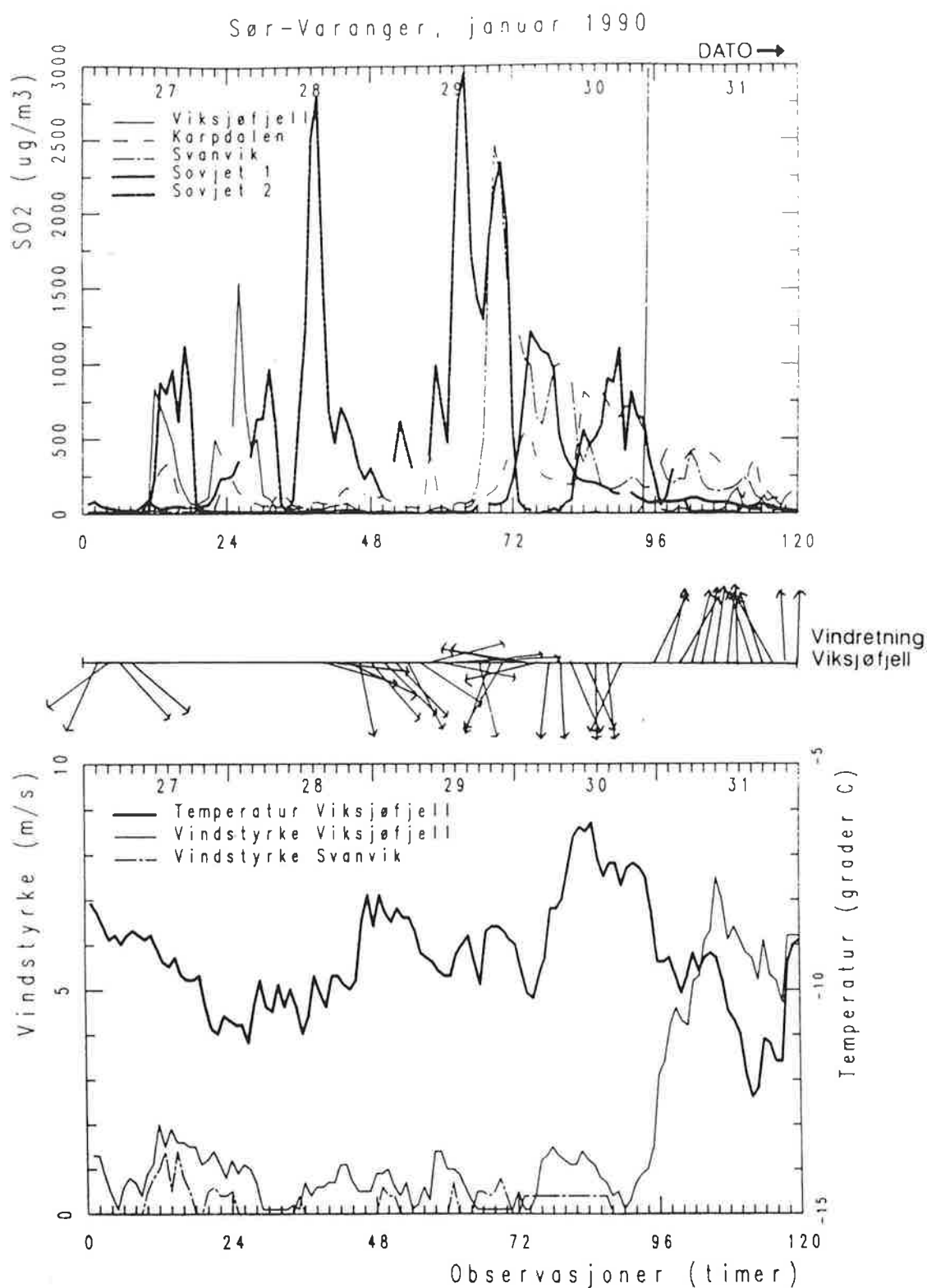
Klasse I:	Vindstyrke	.6 - 2.0 m/s
Klasse II:	Vindstyrke	2.1 - 4.0 m/s
Klasse III:	Vindstyrke	4.1 - 6.0 m/s
Klasse IV:	Vindstyrke	> 6.0 m/s

*) Vind- retning	Klasser				Total	Nobs	Midlere vind m/s
	I	II	III	IV			
30	6.7	5.5	.7	.0	12.9	(5861)	2.1
60	5.3	3.3	.2	.0	8.8	(3982)	1.9
90	3.1	2.4	.2	.0	5.7	(2584)	2.0
120	1.5	.9	.2	.0	2.7	(1221)	2.2
150	2.9	2.4	.8	.1	6.3	(2838)	2.5
180	3.9	4.4	1.4	.2	9.9	(4513)	2.6
210	4.4	4.1	1.4	.3	10.1	(4604)	2.6
240	2.9	2.8	1.0	.2	6.8	(3086)	2.6
270	2.2	1.9	.8	.2	5.1	(2322)	2.6
300	1.9	2.0	.9	.1	5.0	(2251)	2.7
330	3.1	3.1	1.2	.2	7.6	(3471)	2.6
360	2.3	2.7	.8	.1	5.8	(2640)	2.6
Stille					13.2	(6013)	
Total	40.3	35.5	9.5	1.4	100.0	(****)	
Midlere vind m/s	1.3	2.9	4.8	7.0			2.1

*) Dette tallet angir sentrum av vindsektor

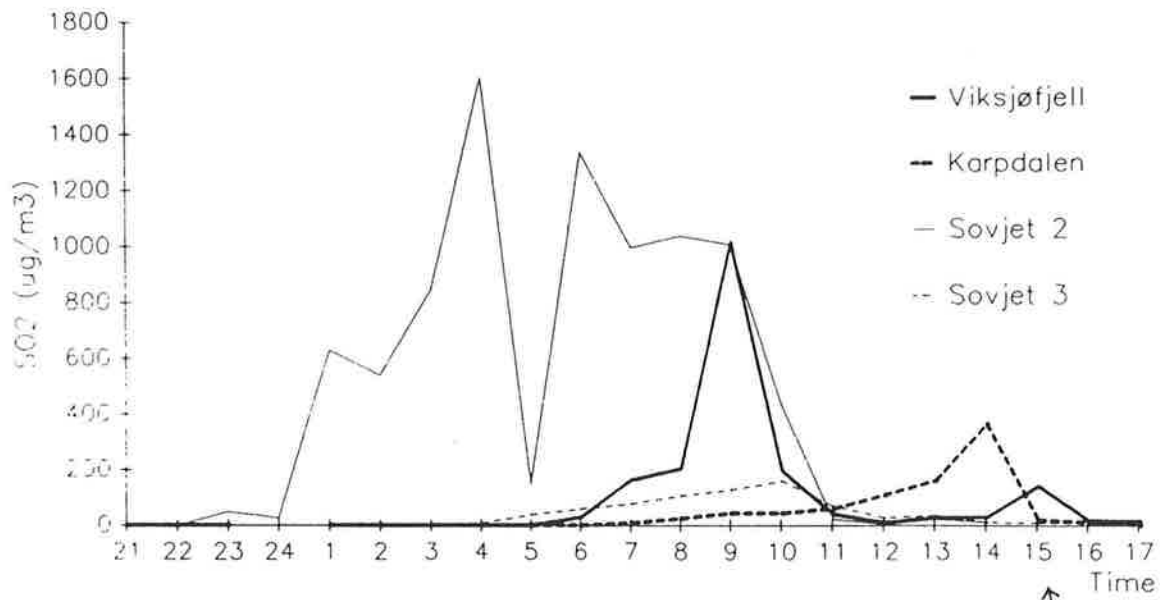
VEDLEGG C

Eksempler på forurensningsepisoder

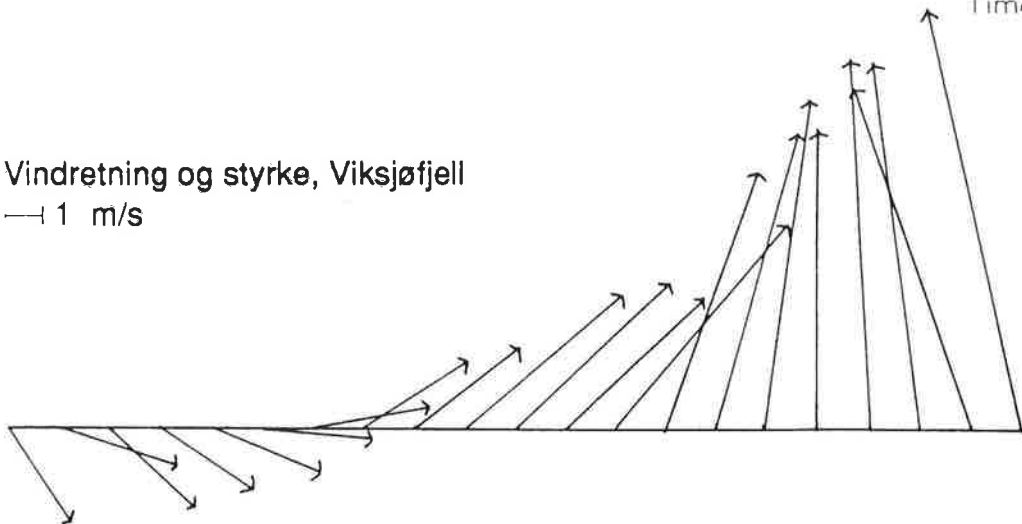


Timemiddelkonsentrasjoner av SO₂ og meteorologiske forhold i perioden 27.-31. januar 1990.

7. - 8. april 1990



Vindretning og styrke, Viksjøfjell
 → 1 m/s

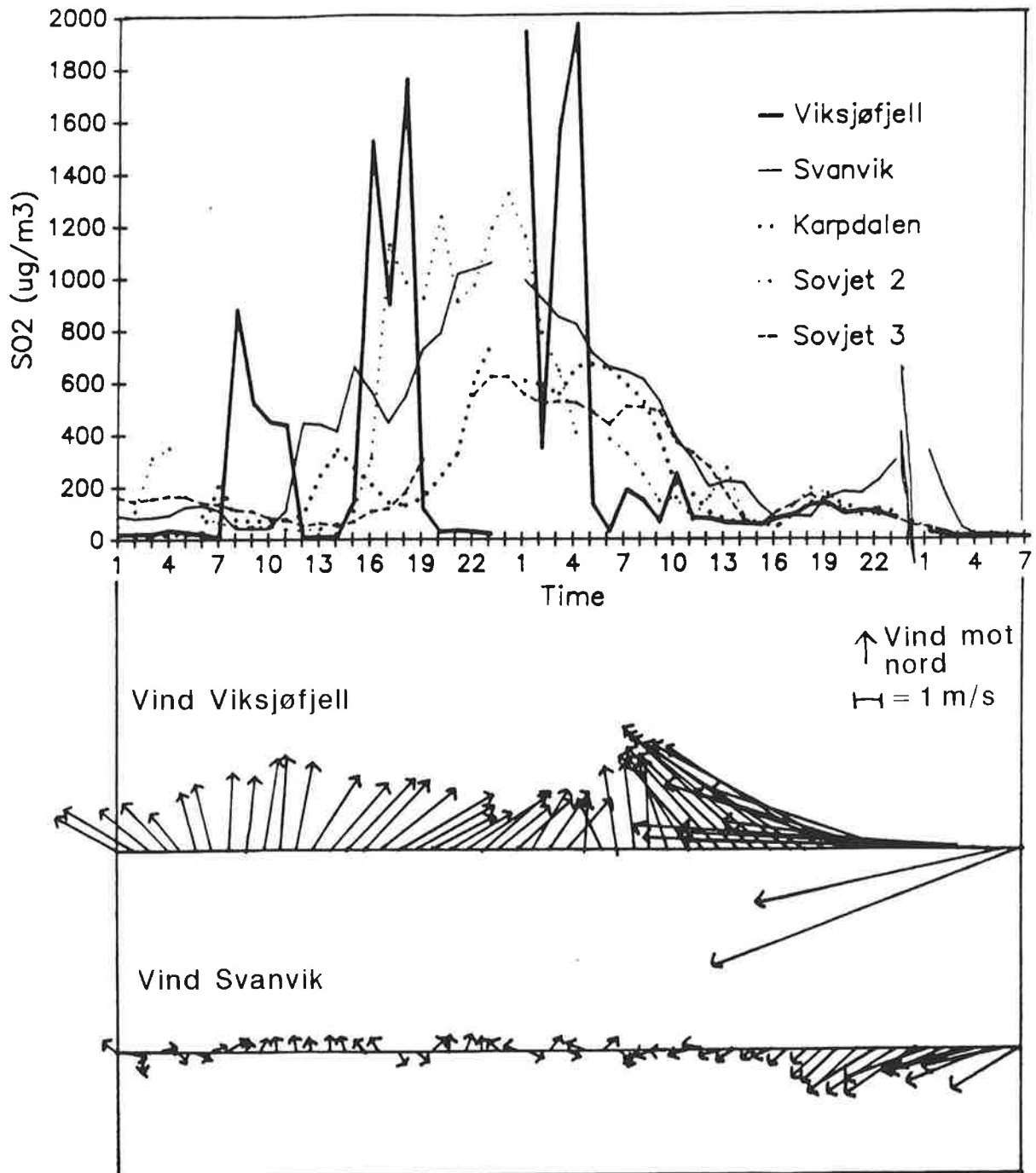


Vindretning og styrke, Svanvik
 → 1 m/s



Timemiddelkonsentrasjoner av SO₂, vindretning og vindstyrke 7.-8. april 1990.

Sør-Varanger, 6. - 8. mars 1991



Timemiddelkonsentrasjoner av SO_2 , vindretning og vindstyrke 6.-8. mars 1991.

VEDLEGG D

Modellbeskrivelser

- D1 CONDEP - en multippel-kilde-gauss-modell
- D2 INPUFF - en puff-trajektoriemodell
- D3 EPISODE - en numerisk boks- og puff-trajektoriemodell

D1 BESKRIVELSE AV CONDEP

Modellen CONDEP er utviklet ved NILU og brukes til å beregne langtidsmiddelkonsentrasjoner av SO₂. Modellen er beskrevet av Bøhler (1987).

CONDEP beregner langtidsmiddelkonsentrasjoner i 12 30°-sektorer i gitte reseptorpunkter eller i et gitt rutenett. Inngangsdata til modellen består av kildedata for opptil 50 punktkilder og linjekilder, samt en frekvensmatrise for vind. 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 og definert som vist i tabell D1.

Tabell D1: Stabilitetsklassene definert i CONDEP basert på målinger av temperaturdifferanser mellom 36 m og 10 m.

Stabilitetsklasser	Temp. gradient dt (25-10) (°C)	Tilsvarende	
		Pasquill	Brookhaven
Ustabil	dt < - 0,5	A+B+C	A ₁ +B ₂
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 D2.

Tabell D2: VindprofilekspONENTEN gitt som funksjon av stabilitetsklasser.

Stabilitetsklasser	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 σ_y og σ_z er definert som standardavviket av konsentrasjonen i horisontal og vertikal retning.

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

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

hvor a , b , p og q er empiriske konstanter gitt for de fire stabilitetsklassene som er brukt (definert i tabell D1).

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 utslippsted. I CONDEP gis ΔH_t av brukeren. Topografiens effekt kan også estimeres som en funksjon av avstanden fra kilden som vist i tabell D3.

Tabell D3: Topografifaktor, k , brukt til å beregne påvirkninger av topografien på konsentrasjonen fra en kilde med høyde h_s .

Avstand (x)	k
$0 < x \leq 5 h_s$	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).

D2 BESKRIVELSE AV INPUFF

Modellen INPUFF brukes til å beregne spredning av SO₂ på timebasis, og målet er å bruke INPUFF til å beskrive episoder med høye SO₂-konsentrasjoner observert i grenseområdene i Norge og Sovjetunionen.

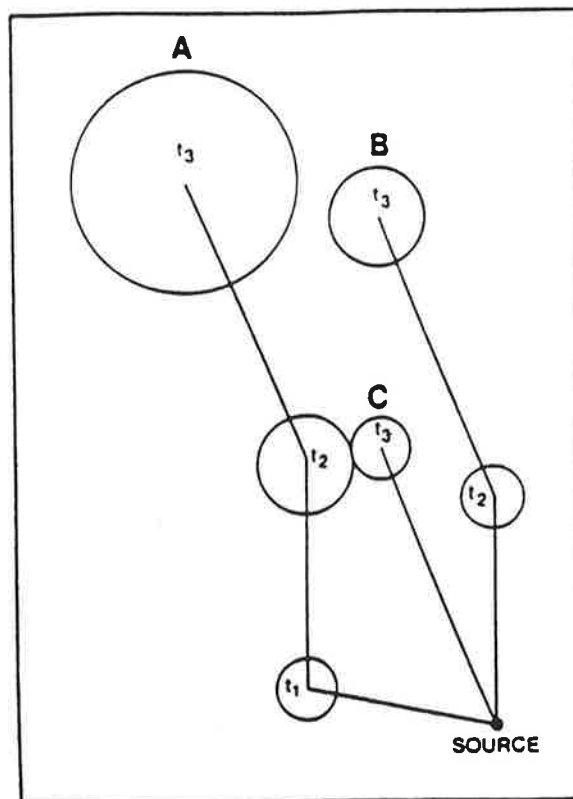
INPUFF er en gaussisk puff-(puff = røykpakke)trajektoriemodell. Beregninger kan utføres for et stort antall kilder og reseptorpunkter. Meteorologiske inngangsdata gis for hver meteorologisk periode (hos oss 1 time), i et visst antall punkter.

I beregningene er det brukt meteorologiske data fra Viksjøfjell (for kilder med stort røykløft) og Svanvik (lave kilder, dvs. lite røykløft).

I figur D1 er det vist en fremstilling av INPUFF-modellen. Her var puff A først påvirket av vind fra øst-sørøst, deretter hadde man vind fra sør og sør-sørøst. Puff B ble frigjort etter at vinden hadde skiftet til vind fra sør, og puff C ble frigjort etter at vinden hadde skiftet til sør-sørøst. Puff A, B og C angir plasseringen av de tre puffene ved tidspunkt t_3 .

I INPUFF behandles utslippet fra en kilde som en serie med puff (røykpakker) som sendes ut. Konstante meteorologiske betingelser er antatt i hvert tidsintervall (hos oss én time). For hvert tidsskritt er puff-sentret beregnet, og fordelingen i puffet er antatt å være gaussisk. Hvert puff har derfor et senter og et volum som er bestemt av vinden, atmosfærens stabilitet og tiden som har gått siden puffet (røykpakken) kom ut fra kilden.

Røykløftet er beregnet ved å bruke metoder fra Briggs (1969, 1971, 1974 og 1975).



Figur D1: Grafisk frastilling av INPUFFs virkemåte.

Våtavsetning av sulfat

En kjemi-rutine er utviklet i INPUFF for å beregne våtavsetning av sulfat. Den kan beskrives slik:

Konsentrasjonen av HSO_3 i nedbør er gitt ved:

$$[\text{HSO}_3] = [k_1 \cdot k_2 \cdot P_{\text{SO}_2} - \left(\frac{h}{2}\right)^2]^{1/2} - \frac{h}{2} \quad (1)$$

k_1 , k_2 og h er konstanter. $k_1 = e^x$, hvor

$$x = 0,2076 + \frac{6250}{1,9872} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298,15} \right)$$

$k_2 = e^y$, hvor

$$y = -4,0676 + \frac{4160}{1,9872} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298,15} \right)$$

T = absolutt temperatur (K)
 h = $2,51 \cdot 10^{-5}$ mol/l
 P_{SO_2} = partialtrykket av SO_2 inne i puffet (røykpakken)
 er gitt i enhet atmosfære.

P_{SO_2} er beregnet slik:

$$P_{SO_2} = \frac{N_k \cdot k \cdot T}{V} \quad \text{hvor } N_k = \frac{M_k \cdot N_0}{W_k}$$

M_k = massen av puffet
 N_0 = Avogadros konstant
 W_k = molekylvekten
 k = Boltzmanns konstant
 V = volum av puffet (regnes som en elipsoide)

Konsentrasjonen [HSO_3] beregnes fra (1).

Våtavsetningen av sulfat beregnes ved å multiplisere med nedbøren og omregnes til g/m^2 ved å multiplisere med molekylvekten.

D3 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 σ_y som funksjon av σ_v følger formuleringen til Irwin (1983). Økningen av σ_z som funksjon av σ_w følger skjema utledet av Venkatram et al. (1984).

Puffene transporteres inntil σ_y eller σ_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 Grønskei 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/boks-modell.

I puff-modellen er beregningsområdet dekket av 200×180 reseptorpunkter med innbyrdes avstand 500 m. I boks-modellen er området delt inn i et 100×90 rutenett med rutestørrelse 1×1 km². 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 (tabell 9).

EPISODE opererer med følgende meteorologiske inngangsdata:

- Vindfelt (u , v) i de tre lagene.
- Felter med σ_v og σ_w i de tre lagene.
- Temperatur ved bakken samt temperaturgradienten ΔT .

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 σ_v er beregnet på grunnlag av målt σ_θ på Viksjøfjell. Homogene felter med denne verdien av σ_v er brukt i alle tre lagene. Vertikal turbulens σ_w er beregnet på grunnlag av σ_θ på Viksjøfjell. På samme måte som for σ_v er det brukt homogene felter med denne verdien av σ_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 ΔT på Viksjøfjell er generelt brukt for å definere temperaturgradienten, bortsett fra når vindstyrken på Viksjøfjell er større enn 8 m/s, hvor ΔT er satt lik temperaturdifferansen mellom Viksjøfjell og Svanvik.

VEDLEGG E**Evaluering av EPISODE**

3 1911

1911

EVALUERING AV MODELLEN EPISODE

US EPA har gitt retningslinjer for evaluering av spredningsmodeller (EPA, 1982, 1984). Et utvalg av evalueringsparametre er her valgt i henhold til anbefalinger gitt i Fox (1981, 1984) og Willmott (1982).

I tabell E1-E4 betegner n antall observasjoner, O observert aritmetisk middelværdi, O_{max} observert maksimalverdi, σ_o observert standardavvik, P predikert (beregnet) aritmetisk middelværdi, P_{max} predikert maksimalverdi og σ_p predikert standardavvik. Størrelsen "corr" betegner korrelasjonskoeffisienten mellom observerte og beregnede verdier, og RMSE betegner "Root Mean Square Error" (midlere kvadratisk avvik mellom observert og beregnet). $RMSE_s$ og $RMSE_u$ betegner henholdsvis systematisk og usystematisk del av RMSE.

For de tre sistnevnte størrelser gjelder:

$$RMSE^2 = RMSE_s^2 + RMSE_u^2$$

Ifølge Willmott (1982) gir systematisk og usystematisk del av RMSE informasjon om mulighetene for forbedringer av modeller. For en god modell vil usystematisk RMSE være større enn systematisk, mens en stor systematisk RMSE vil tyde på en dårlig modell.

En nærmere beskrivelse av parametrene er gitt i Grønskei et al. (1990).

Ved sammenligning mellom observerte og beregnede verdier er det tatt hensyn til romlig usikkerhet i beregningene på grunn av usikkerhet i inngangsdata, spesielt vindstyrke/retning, (Hanna, 1987). Et avvik i vindretningen på ca. 10 grader ved Nikel gir et avvik for røykfanen på ca. 2 km ved målestasjonen i Svanvik. Observerte verdier på målestasjonene er derfor blitt sammenlignet med best overensstemmende verdi i beregningsfeltet innenfor

en radius på 2 km. Med dette menes den verdien i beregningsfeltet som best samsvarer med den observerte verdien.

Modellevaluering av EPISODE både som ren puff-modell og som boks-modell er utført for målestasjonene Viksjøfjell, Karpdalen, Svanvik og SOV 2. Tidsplott av observerte og beregnete (best overensstemmende) verdier på de samme stasjonene er vist i figur E1-E4.

Best samsvar er det på Svanvik og SOV 2, mens det er dårligere samsvar på Karpdalen og Viksjøfjell. Puff-modellen synes generelt å gi noe bedre samsvar med målte konsentrasjoner enn boks-modellen, kanskje med unntak av SOV 2.

Tabell E1: Modellevaluering for SO₂ på Viksjøfjell for perioden 27.-30. august 1990.

R = 2 km	EPISODE Puff-modell	EPISODE Boks-modell
n	92	92
O	8,4	8,4
O _{max}	296,4	296,4
O _o	41,3	41,3
P	0,0	0,3
P _{max}	0,0	12,6
O _p	0,0	1,5
Corr.	0,00	0,51
RMSE	42,0	41,4
RMSE _s	42,0	41,4
RMSE _u	0,0	1,3

Tabell E2: Modellevaluering for SO_2 i Karpdalen for perioden 27.-30. august 1990.

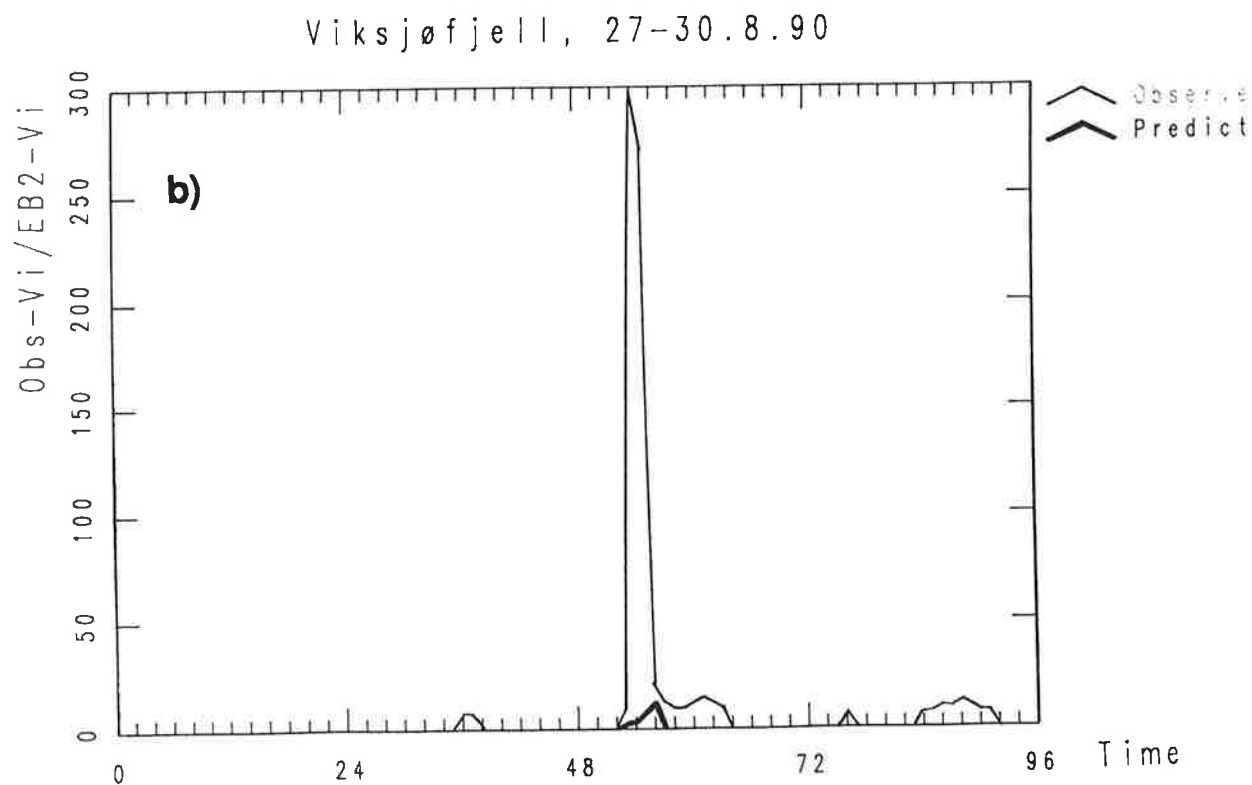
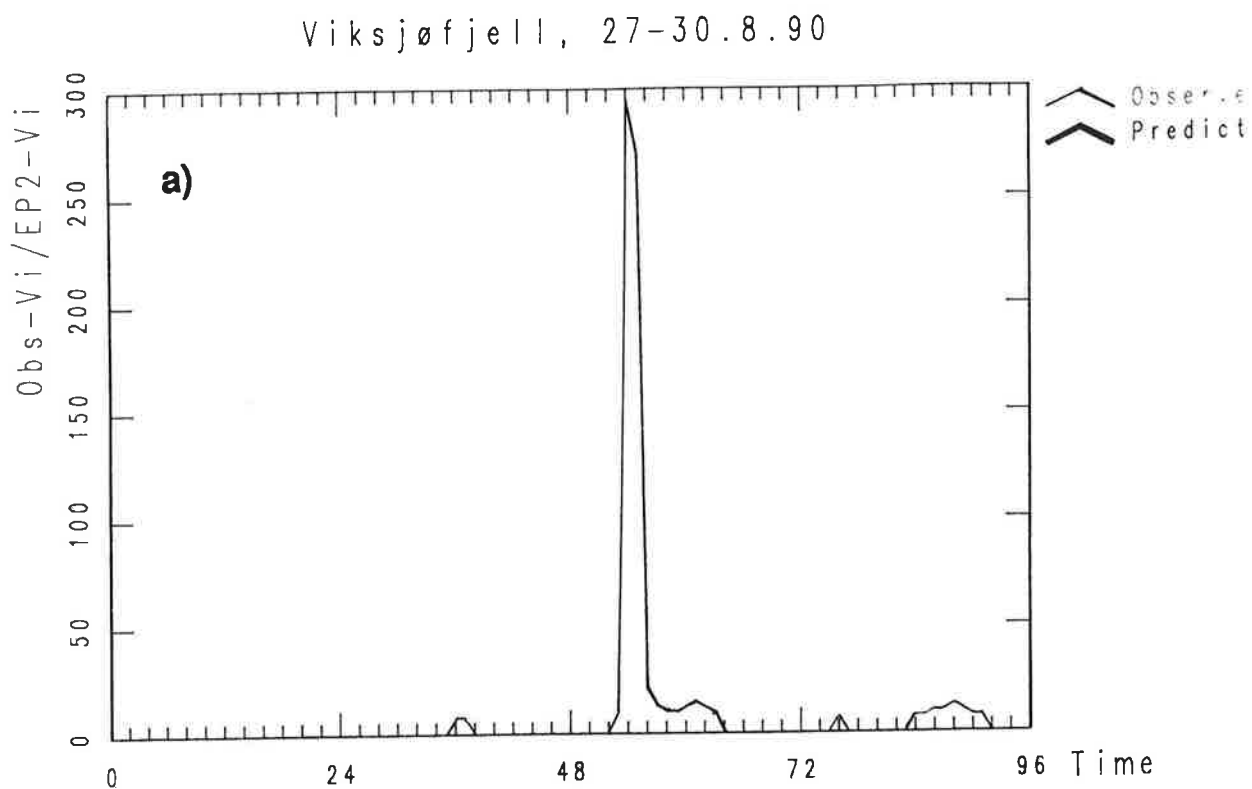
R = 2 km	EPISODE Puff-modell	EPISODE Boks-modell
n	92	92
O	53,0	53,0
O_{\max}	1 057,2	1 057,2
σ_o	146,4	146,4
P	21,5	10,6
P_{\max}	649,3	72,4
σ_p	77,6	16,3
Corr.	0,74	0,36
RMSE	107,8	147,7
RMSE _s	94,4	146,9
RMSE _u	52,1	15,2

Tabell E3: Modellevaluering for SO_2 i Svanvik for perioden 27.-30. august 1990.

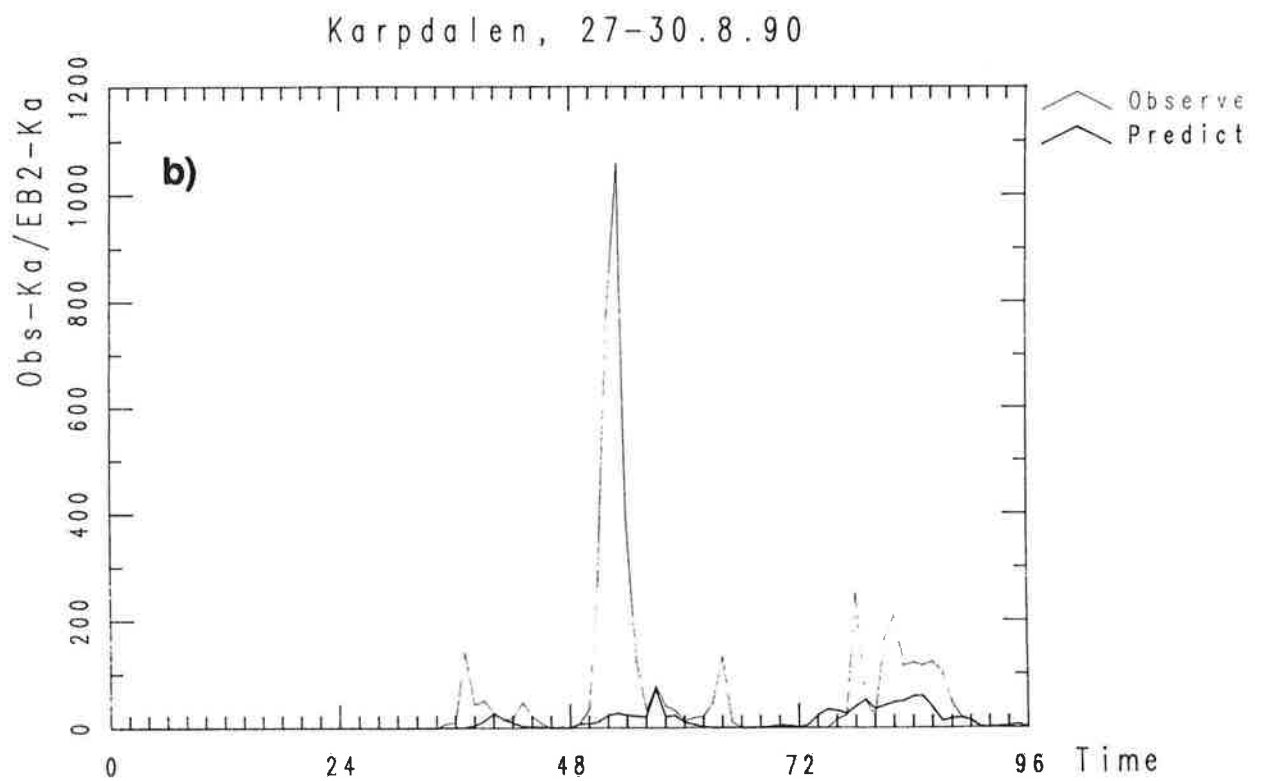
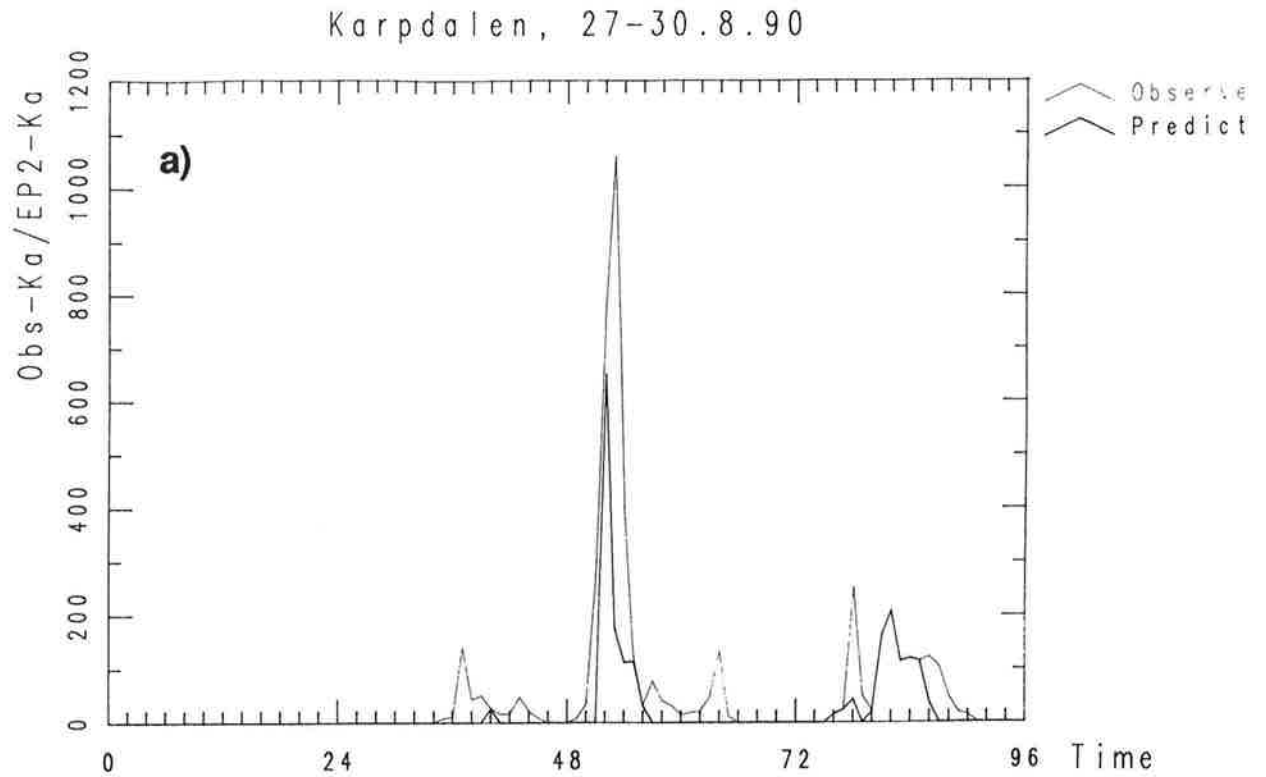
R = 2 km	EPISODE Puff-modell	EPISODE Boks-modell
n	92	92
O	39,4	39,4
O_{\max}	1 170,4	1 170,4
σ_o	130,0	130,0
P	29,6	147,0
P_{\max}	1 170,4	489,4
σ_p	124,9	122,3
Corr.	0,95	0,35
RMSE	43,0	180,2
RMSE _s	15,3	138,9
RMSE _u	40,2	114,8

Tabell E4: Modellevaluering for SO₂ på SOV 2 for perioden 27.-30. august 1990.

R = 2 km	EPISODE Puff-modell	EPISODE Boks-modell
n	92	92
O	55,6	55,6
O _{max}	551,8	551,8
σ _o	107,8	107,8
P	41,1	49,3
P _{max}	366,1	268,0
σ _p	89,9	76,7
Corr.	0,78	0,88
RMSE	69,1	55,3
RMSE _s	40,2	41,1
RMSE _u	56,2	37,0



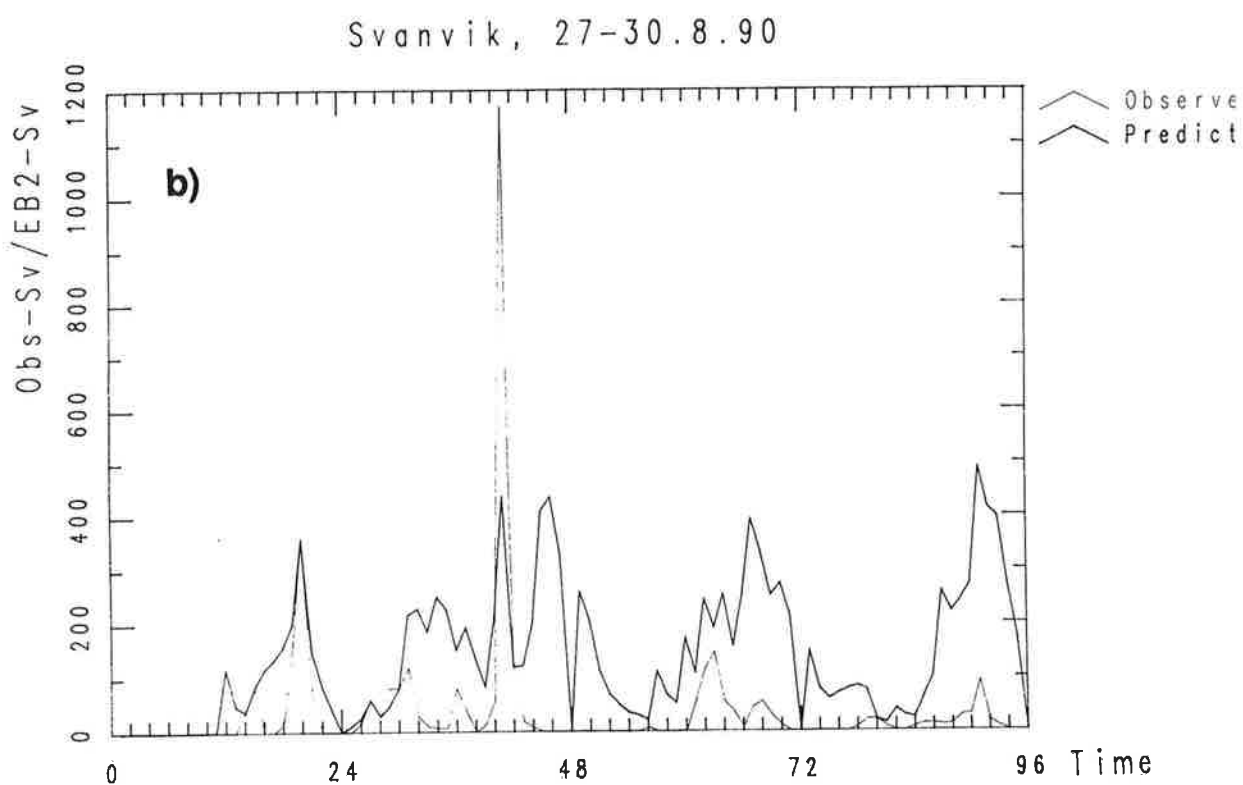
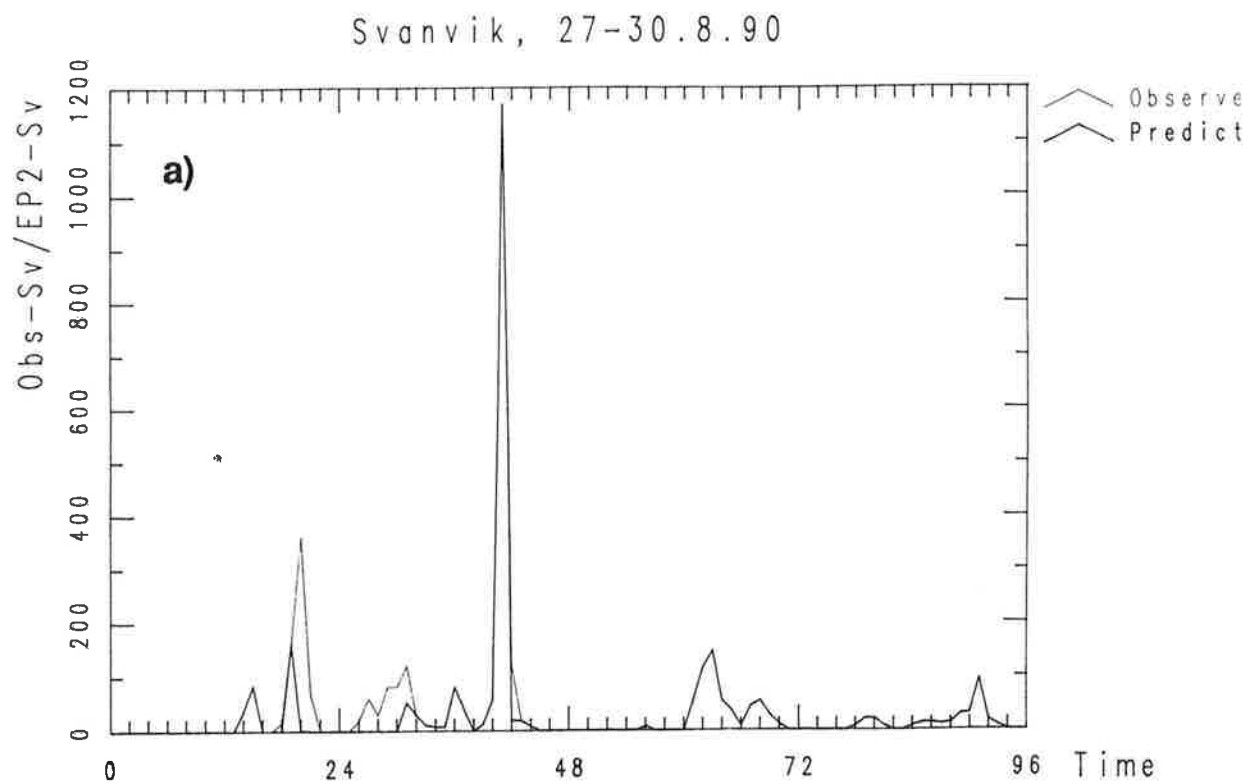
Figur E1: Beregnede og observerte timeverdier av SO_2 på Viksjøfjell for perioden 27.-30. august 1990.
 a) puff-modell
 b) boks-modell



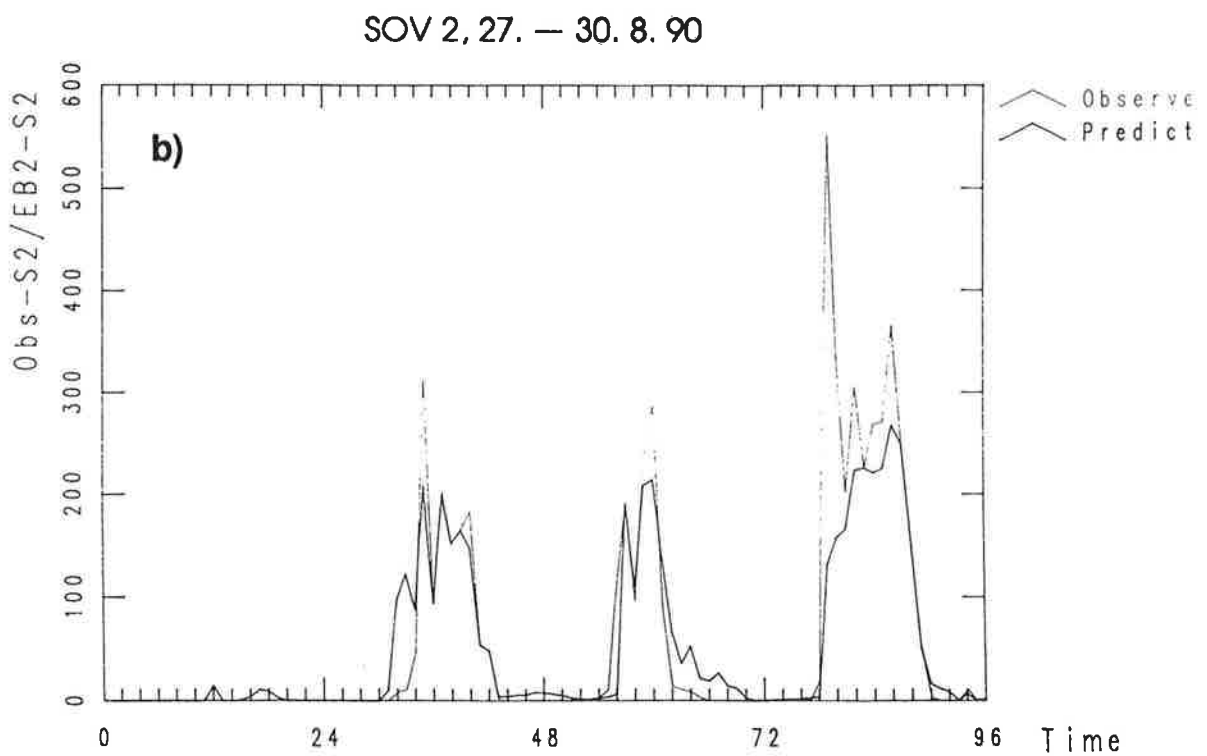
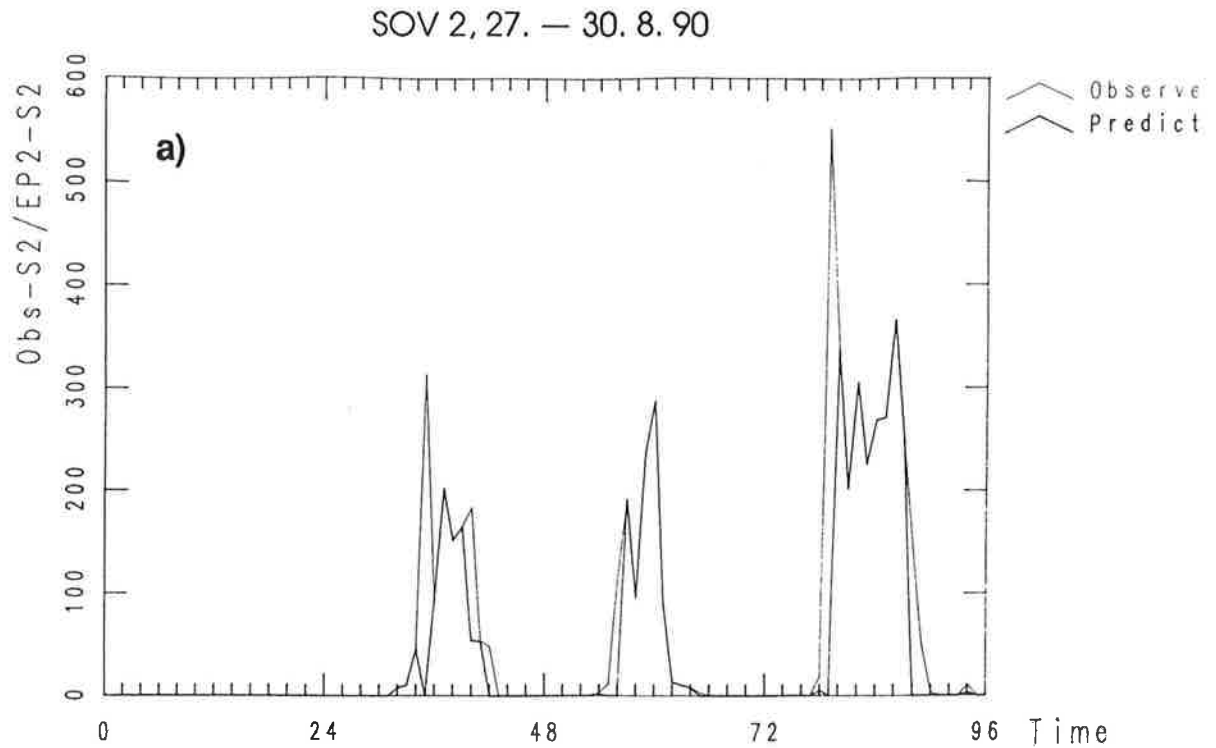
Figur E2: Beregnede og observerte timesverdier av SO_2 i Karpdalen for perioden 27.-30. august 1990.

a) puff-modell

b) boks-modell



Figur E3: Beregnede og observerte timesverdier av SO_2 i Svanvik for perioden 27.-30. august 1990.
 a) puff-modell
 b) boks-modell



Figur E4: Beregnede og observerte timesverdier av SO_2 på Sovjet 2 for perioden 27.-30. august 1990.
 a) puff-modell
 b) boks-modell

VEDLEGG F

Frekvensfordeling av vind (styrke og retning)
og stabilitet (4 klasser)

APPENDIX

TABLE I
SUMMARY OF RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF VIBRATION ON THE STABILITY OF A SYSTEM

Delta T : VIKSJØFJELL
 Wind : VIKSJØFJELL
 Period : 01.04.90. - 30.09.90.
 Unit : Percent

JOINT FREQUENCY DISTRIBUTION OF STABILITY, WIND SPEED AND WIND DIRECTION

Class I: Unstable DT < -.5 Degrees C
 Class II: Neutral -.5 < DT < .0 Degrees C
 Class III: Light stable .0 < DT < .5 Degrees C
 Class IV: Stable .5 < DT Degrees C

Calm: U less or equal .3 m/s

Wind-direction	.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
30	.0	.2	.0	.0	.0	1.4	.4	.0	.0	2.3	.1	.0	.0	4.9	.0	.0	.0	9.3
60	.0	.2	.0	.0	.0	1.1	.6	.0	.0	1.8	.2	.0	.1	2.7	.1	.0	.0	6.7
90	.0	.2	.1	.0	.1	1.1	.3	.0	.0	1.8	.0	.0	.1	1.0	.0	.0	.0	4.9
120	.0	.0	.0	.0	.0	.8	.4	.0	.0	2.2	.7	.2	.0	1.6	.6	.0	.0	6.7
150	.0	.1	.0	.0	.0	.8	.4	.0	.0	1.7	1.4	.6	.0	1.4	1.6	.1	.0	8.5
180	.0	.1	.0	.0	.0	.4	.2	.1	.0	1.4	1.1	.2	.0	2.6	2.9	.7	.0	9.9
210	.0	.1	.0	.0	.0	.2	.4	.0	.0	1.3	.9	.1	.1	4.9	4.0	2.2	.0	14.1
240	.0	.1	.1	.0	.0	.8	.3	.0	.0	2.0	.6	.1	.1	4.3	2.9	.7	.0	11.9
270	.0	.1	.0	.0	.0	.5	.1	.0	.0	.3	.1	.0	.0	2.7	1.0	.2	.0	5.1
300	.0	.1	.0	.0	.0	.7	.2	.0	.0	1.4	.1	.0	.0	4.5	.2	.0	.0	7.2
330	.0	.2	.0	.0	.0	.7	.3	.0	.0	1.2	.1	.0	.0	4.1	.1	.0	.0	6.7
360	.0	.1	.1	.0	.0	1.0	.2	.0	.0	2.1	.3	.0	.0	5.2	.1	.0	.0	9.1
Calm	.0	.0	.0	.0														.0
Total	.0	1.5	.6	.1	.1	9.7	3.8	.3	.0	19.4	5.6	1.3	.4	39.7	13.6	3.9		100.0
Occurrence		2.2 %				13.8 %				26.3 %				57.7 %				100.0 %
Wind speed		1.4 m/s				3.3 m/s				4.9 m/s				9.4 m/s				7.2 m/s

Frequency of occurrence of the stability classes

	Class I	Class II	Class III	Class IV	
Occurrence	.5 %	70.3 %	23.6 %	5.6 %	100.0 %

Delta T : VIKSJØFJELL
 Wind : SVANVIK
 Period : 01.04.90. - 30.09.90.
 Unit : Percent

JOINT FREQUENCY DISTRIBUTION OF STABILITY, WIND SPEED AND WIND DIRECTION

Class I: Unstable DT < -.5 Degrees C
 Class II: Neutral -.5 < DT < .0 Degrees C
 Class III: Light stable .0 < DT < .5 Degrees C
 Class IV: Stable .5 < DT Degrees C

Calm: U less or equal .3 m/s

Wind-direction	.0- 1.0 m/s				1.0- 2.5 m/s				2.5- 4.0 m/s				over 4.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	.0	1.8	1.1	.2	.0	6.5	.2	.1	.0	2.0	.0	.0	.0	.6	.0	.0	12.6
60	.0	1.7	.7	.1	.0	5.3	.3	.0	.0	1.5	.0	.0	.0	.2	.0	.0	9.9
90	.0	1.2	.8	.1	.2	4.1	.4	.0	.1	1.2	.0	.0	.0	.2	.0	.0	8.3
120	.0	.5	.4	.2	.0	1.4	.3	.0	.0	.4	.0	.0	.0	.4	.0	.0	3.8
150	.0	.9	.9	.4	.0	1.3	.5	.1	.0	.5	.2	.0	.0	.1	.0	.0	5.1
180	.0	.6	.8	.4	.0	2.5	1.3	.3	.0	1.6	.7	.0	.0	.3	.4	.1	9.0
210	.0	.4	.6	.2	.0	2.9	1.8	.7	.0	1.8	1.3	.1	.0	1.3	1.4	.1	12.8
240	.0	.8	.8	.3	.0	2.1	1.0	.3	.0	1.8	.5	.0	.0	1.3	.3	.0	9.1
270	.0	.8	.4	.2	.0	1.6	.3	.1	.0	1.4	.3	.0	.0	.7	.2	.0	6.1
300	.0	1.0	.4	.1	.0	1.2	.3	.0	.0	1.5	.1	.0	.0	.7	.0	.0	5.5
330	.0	1.1	.6	.2	.0	1.3	.2	.0	.0	2.2	.1	.0	.0	2.3	.1	.0	8.1
360	.0	.4	.3	.1	.0	1.2	.1	.0	.0	1.0	.0	.0	.0	.9	.0	.0	4.0
Calm	.0	1.8	3.1	.9													5.8
Total	.0	13.1	10.8	3.4	.3	31.3	6.9	1.7	.2	17.0	3.3	.3	.0	9.0	2.5	.3	100.0
Occurrence Wind speed	27.3 % .6 m/s				40.2 % 1.8 m/s				20.8 % 3.2 m/s				11.7 % 5.1 m/s				100.0 % 2.1 m/s
Frequency of occurrence of the stability classes																	
Occurrence	Class I .6 %				Class II 70.4 %				Class III 23.4 %				Class IV 5.6 %				100.0 %

Delta T : VIKSJØFJELL
 Wind : VIKSJØFJELL
 Period : 01.10.90. - 31.03.91.
 Unit : Percent

JOINT FREQUENCY DISTRIBUTION OF STABILITY, WIND SPEED AND WIND DIRECTION

Class I: Unstable DT < -.5 Degrees C
 Class II: Neutral -.5 < DT < .0 Degrees C
 Class III: Light stable .0 < DT < .5 Degrees C
 Class IV: Stable .5 < DT Degrees C

Calm: U less or equal .3 m/s

Wind-direction	.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.2	.0	.0	.9
60	.0	.1	.1	.0	.0	.6	.4	.1	.0	.7	.3	.0	.0	1.6	.1	.0	3.9
90	.0	.0	.1	.0	.0	.4	.7	.1	.0	.3	.8	.2	.0	1.5	.2	.0	4.3
120	.0	.0	.1	.0	.0	.4	.5	.2	.0	.5	.5	.1	.0	1.4	.8	.0	4.6
150	.0	.1	.1	.0	.0	.5	.5	.3	.0	.3	.3	.6	.0	2.2	1.3	.9	7.1
180	.1	.1	.1	.0	.0	.3	.6	.3	.0	.3	.4	.4	.0	2.7	2.2	.2	7.8
210	.0	.1	.1	.0	.0	.4	.4	.1	.0	.5	.3	.1	.0	4.2	5.5	2.1	13.8
240	.0	.1	.1	.0	.0	.5	.6	.7	.0	.7	1.7	1.8	.0	9.9	13.4	5.7	35.2
270	.0	.1	.0	.0	.0	.2	.3	.3	.0	.2	.9	.4	.0	3.8	2.9	1.2	10.4
300	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	.4	.0	.0	2.6	1.0	.2	4.6
330	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.3	.0	.0	3.7	.4	.0	4.8
360	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.0	.2	.0	.0	.0	1.9	.0	.0	2.6
Calm	.0	.0	.0	.0													.1
Total	.1	.8	.9	.0	.0	3.7	4.3	2.1	.0	4.3	6.3	3.7	.0	35.7	27.8	10.4	100.0
Occurrence	1.7 %				10.2 %				14.3 %				73.9 %				100.0 %
Wind speed	1.1 m/s				3.3 m/s				5.0 m/s				10.6 m/s				8.9 m/s

Frequency of occurrence of the stability classes

	Class I	Class II	Class III	Class IV	
Occurrence	.1 %	44.4 %	39.4 %	16.2 %	100.0 %

Number of obs.: 2916
 Missing obs. : 708

Delta T : VIKSJØFJELL
 Wind : SVANVIK
 Period : 01.10.90. - 31.03.91.
 Unit : Percent

JOINT FREQUENCY DISTRIBUTION OF STABILITY, WIND SPEED AND WIND DIRECTION

Class I: Unstable DT < -.5 Degrees C
 Class II: Neutral -.5 < DT < .0 Degrees C
 Class III: Light stable .0 < DT < .5 Degrees C
 Class IV: Stable .5 < DT Degrees C

Calm: U less or equal .3 m/s

Wind-direction	.0- 1.0 m/s				1.0- 2.5 m/s				2.5- 4.0 m/s				over 4.0 m/s				Rose	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
30	.0	.7	.6	.1	.0	.6	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	2.2
60	.0	.7	1.0	.4	.0	1.7	.6	.0	.0	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	4.8
90	.0	.5	.8	.3	.0	.8	.1	.0	.0	.3	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	2.8
120	.0	.5	1.3	.5	.0	.3	.1	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	3.0
150	.0	.5	1.7	1.1	.0	.5	.5	.1	.0	.8	.2	.1	.0	.8	.1	.0	.0	6.4
180	.1	1.2	2.7	1.8	.0	1.5	3.5	.7	.0	2.4	3.2	.4	.0	1.6	.7	.0	.0	19.8
210	.0	.8	2.2	1.4	.0	2.3	3.8	1.0	.0	2.5	1.8	.2	.0	2.4	.7	.0	.0	19.2
240	.0	1.1	2.5	2.3	.0	1.9	2.9	1.2	.0	1.7	.7	.1	.0	1.7	.2	.0	.0	16.4
270	.0	1.0	1.7	1.4	.0	1.1	.7	.1	.0	1.1	.4	.2	.0	1.3	.1	.0	.0	9.2
300	.0	.6	1.2	.7	.0	1.4	.4	.1	.0	1.2	.0	.0	.0	1.7	.0	.0	.0	7.2
330	.0	.1	.4	.4	.0	.9	.1	.0	.0	.9	.1	.0	.0	.2	.0	.0	.0	3.2
360	.0	.5	.4	.1	.0	.6	.0	.0	.0	.7	.0	.0	.0	1.1	.0	.0	.0	3.4
Calm	.0	.5	.8	1.3														2.5
Total	.1	8.4	17.2	11.7	.0	13.7	13.0	3.3	.0	12.1	6.6	1.0	.0	11.0	1.9	.1		100.0
Occurrence Wind speed		37.5 % .5 m/s				29.9 % 1.8 m/s				19.6 % 3.3 m/s				13.0 % 5.1 m/s				100.0 % 2.0 m/s

Frequency of occurrence of the stability classes

	Class I	Class II	Class III	Class IV	
Occurrence	.1 %	45.2 %	38.7 %	16.0 %	100.0 %

Number of obs.: 3036
 Missing obs. : 588

VEDLEGG G

Referanser til vedleggene

PLATE 1

THE GREAT WALL OF CHINA



REFERANSER

Briggs, G.A. (1969) Plume Rise. Springfield, U.S. Atomic Energy Commission.

Briggs, G.A. (1971) Some Recent Analyses of Plume Rise Observation. In: Proceedings of the Second International Clean Air Congress. Ed. by H.M. Englund and W.T. Berry. New York, Academic Press. pp. 1029-1032.

Briggs, G.A. (1974) Diffusion Estimation for Small Emissions. In: Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory 1973. Annual Report 1973. Oak Ridge, Atmos. Turbulence and Diffusion Lab.

Briggs, G.A. (1975) Plume rise predictions. In: Lectures on Air Pollution and Environmental Impact Analysis. Ed. by D.A. Haugen. Boston, MA., Amer. Meteor. Soc. pp. 59-111.

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

EPA (1981) Interim Procedures for Evaluating Air Quality Models. Research Triangle Park, NC., OAQPS, EPA.

EPA (1984) Interim Procedures for Evaluating Air Quality Models (revised). Research Triangle Park, NC., OAQPS, EPA. (EPA-450/4-84-023).

Fox, D.G. (1981) Judging air quality model performance - review of the Woods Hole workshop. Bull. Am. Meteorol. Soc., 62, 599-609.

Fox, D.G. (1984) Uncertainty in air quality modelling. Bull. Am. Meteorol. Soc., 65, 27-36.

Grønskei, K.E., Walker, S.E., Gram, F. (1990) Korttidsstudie av sammenhengen mellom luftforurensninger og helsevirkninger i Grenland. Beregning av romlige konsentrasjonsfordelinger basert på timevise målinger. Datagrunnlag for eksponering. Lillestrøm (NILU OR 65/90).

- Hanna, S.R. (1987) A review of air quality model evaluation procedures. In: Proceedings of the WMO Conference on air pollution modelling and its application. Leningrad 1986. Vol. 1. (WMO/TD No. 187).
- Irwin, J.S. (1983) Estimating Plume Dispersion - A Comparison of Several Sigma Schemes. J. Climate and Appl. Meteorol., 22, 92-114.
- Overcamp, T.J. (1976) A general Gaussian Diffusion - Deposition Model for Elevated Point Sources. J. Appl. Meteorol., 15, 1167-1171.
- Venkatram, A., Strimaitis, D. og Dicristofaro, D. (1984) A Semiempirical model to estimate vertical dispersion of elevated releases in the stable boundary layer. Atmos. Environ., 18, 923-928.
- Willmott, C.J. (1982) Some comments on the evaluation of model performance. Bull. Am. Meteorol. Soc., 63, 1309-1313.



Norsk institutt for luftforskning

Postboks 64, 2001 LILLESTRØM
Gateadresse: Elvegt. 52

Telefonnr.: (06) 81 41 70
Telefax: (06) 81 93 47
Telex: 74854 nilu n