

NILU
Oppdragsrapport nr 4/75
Referanse: E0-2-23.73
Dato: Januar 1974

BEGRENSNING AV SO₂-UTSLIPP I EUROPA
MODELLBEREGNINGER
MED REDUSERTE UTSLIPP

Bjørg Fjeld
Synne Strømsøe

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 15, 2007 KJELLER
KJELLER

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 <u>RESYMÉ</u>	5
2 <u>INNLEDNING</u>	7
3 <u>GRUNNLAG FOR BEREGNINGENE</u>	8
3.1 <u>Beskrivelse av modeller og emisjonsoversikt</u>	8
3.2 <u>Valg av modeller og episoder</u>	12
4 <u>RESULTATER</u>	12
4.1 <u>Mars-episoden 1972</u>	12
4.1.1 <u>Konsentrasjonsfeltet</u>	14
4.1.2 <u>Tidsvariasjoner</u>	17
4.1.3 <u>Andre forsøk</u>	22
4.2 <u>Desember-episoden 1972</u>	24
4.2.1 <u>Beregninger basert på Lagrange's modell</u> ..	25
4.2.2 <u>Beregninger basert på Sektormodellen</u>	26
4.2.3 <u>Tidsvariasjoner</u>	31
5 <u>BEREGNEDE REDUKSJONER PÅ ÅRSBASIS</u>	35
6 <u>DISKUSJON</u>	37
7 <u>KONKLUSJON</u>	39
8 <u>LITTERATURHENVISNINGER</u>	40
BILAG 1: SEKTORMODELLEN OG LAGRANGE'S MODELL	41
BILAG 2: BEREGNET REDUKSJON I UTSLIPP	45
BILAG 3: BEREGNINGER MED REDUSERTE UTSLIPP, MARS-EPIODEN 1972	51
BILAG 4: TILLEGGSBEREGNINGER. MARS-EPIODEN 1972	63
BILAG 5: BEREGNINGER MED REDUSERTE UTSLIPP, DESEMBER-EPIODEN 1972. LAGRANGE'S MODELL	71
BILAG 6: BEREGNINGER MED REDUSERTE UTSLIPP, DESEMBER-EPIODEN 1972. SEKTORMODELLEN	81

BEGRENSNING AV SO₂-UTSLIPP I EUROPA
MODELLBEREGNINGER
MED REDUSERTE UTSLIPP

1 RESYME

Etter oppdrag fra Miljøverndepartementet har Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) foretatt en undersøkelse av hvilke virkninger en reduksjon i SO₂-utslippene i Europa vil ha på forurensnings-situasjonen.

Til dette arbeidet har en benyttet de atmosfæriske spredningsmodeller som er utviklet ved NILU i forbindelse med OECD-prosjektet "Long Range Transport of Air Pollutants" (LRTAP). Ved hjelp av disse er SO₂-konsentrasjonsfeltet i Europa beregnet for forskjellige antatte begrensninger av utslippene. Alle spredningsberegninger er utført på regnearbeidet ved Meteorologisk Institutt av A. Eliassen og J. Saltbones.

Etter ønske fra Miljøverndepartementet ble det først utført en serie beregninger hvor utslippene i Mellom-Europa ble redusert med henholdsvis 25%, 50% og 75%, mens de videre forsøk ble basert på 50% reduksjon. Mulige reduksjoner i utslippene når øvre grense for svovelinnholdet i oljen blir satt til 0,5% er også beregnet for en del land i Vest-Europa.

Størrelsen av området hvor utslippene er redusert, er forsøkt variert for å få en indikasjon på betydningen av utslippenes geografiske beliggenhet. Forsøk med reduksjoner i Øst-Europa er også utført. Videre har en sett en del på betydningen av varslings-tiden, dvs. tiden fra et episodevarsel blir gitt til episoden inntreffer.

Resultatene viser at en omkring kildeområdene oppnår reduksjoner av forurensningsnivået som nær svarer til reduksjonen i utslippene. Lenger unna blir virkningen mindre, men fremdeles betydelig. Det kreves nokså nøyaktige beregninger av vindfeltet for å kunne fastlegge i hvilke områder utslippsbegrensningene vil gjøre seg gjeldende. Varslingstiden har stor betydning, og nær sammenheng med vindhastigheten. Å legge restriksjoner på svovelinnholdet i oljen gir ikke tilstrekkelige reduksjoner ut fra de opplysninger en har om forbruket.

Utslippene fra kullforbrenning er fortsatt betydelige i Europa, og må tas med i beregningen. Beregningene viser at betydelig utveksling av forurensninger mellom Øst- og Vest-Europa finner sted og at Skandinavia får tilførsel av luftforurensninger fra andre deler av Øst-Europa enn Øst-Tyskland med tilliggende deler av Polen og Tsjekkoslovakia.

BEGRENSNING AV SO₂-UTSLIPP I EUROPA
MODELLBEREGNINGER
MED REDUSERTE UTSLIPP

1 RESYME

Etter oppdrag fra Miljøverndepartementet har Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) foretatt en undersøkelse av hvilke virkninger en reduksjon i SO₂-utslippene i Europa vil ha på forurensnings-situasjonen.

Til dette arbeidet har en benyttet de atmosfæriske spredningsmodeller som er utviklet ved NILU i forbindelse med OECD-prosjektet "Long Range Transport of Air Pollutants" (LRTAP). Ved hjelp av disse er SO₂-konsentrasjonsfeltet i Europa beregnet for forskjellige antatte begrensninger av utslippene. Alle spredningsberegninger er utført på regnearbeidet ved Meteorologisk Institutt av A. Eliassen og J. Saltbones.

Etter ønske fra Miljøverndepartementet ble det først utført en serie beregninger hvor utslippene i Mellom-Europa ble redusert med henholdsvis 25%, 50% og 75%, mens de videre forsøk ble basert på 50% reduksjon. Mulige reduksjoner i utslippene når øvre grense for svovelinnholdet i oljen blir satt til 0,5% er også beregnet for en del land i Vest-Europa.

Størrelsen av området hvor utslippene er redusert, er forsøkt variert for å få en indikasjon på betydningen av utslippenes geografiske beliggenhet. Forsøk med reduksjoner i Øst-Europa er også utført. Videre har en sett en del på betydningen av varslings-tiden, dvs. tiden fra et episodevarsel blir gitt til episoden inntreffer.

Resultatene viser at en omkring kildeområdene oppnår reduksjoner av forurensningsnivået som nær svarer til reduksjonen i utslippene. Lenger unna blir virkningen mindre, men fremdeles betydelig. Det kreves nokså nøyaktige beregninger av vindfeltet for å kunne fastlegge i hvilke områder utslippsbegrensningene vil gjøre seg gjeldende. Varslingstiden har stor betydning, og nær sammenheng med vindhastigheten. Å legge restriksjoner på svovelinnholdet i oljen gir ikke tilstrekkelige reduksjoner ut fra de opplysninger en har om forbruket.

Utslippene fra kullforbrenning er fortsatt betydelige i Europa, og må tas med i beregningen. Beregningene viser at betydelig utveksling av forurensninger mellom Øst- og Vest-Europa finner sted og at Skandinavia får tilførsel av luftforurensninger fra andre deler av Øst-Europa enn Øst-Tyskland med tiliggende deler av Polen og Tsjekkoslovakia.

I den foreliggende rapport har en studert to utvalgte situasjoner. For å kunne uttale seg om mulighetene for å redusere nedfallet i Norge, må en regne gjennom flere tilfeller. Overslag viser imidlertid at en ved å redusere utslippene i deler av Europa ca. 15-20% av tiden kan oppnå 30-40% reduksjon av årsnedfallet av syre på Sørlandet. Det må dog understrekes at dette bare er et overslag. Undersøkelsen gir ikke grunnlag for slutninger om reelle muligheter for å redusere årsnedfallet over Norge.

Undersøkelser av mulighetene for å øke utslippene under særlig gunstige spredningsforhold er ikke utført.

2 INNLEDNING

Mengden av luftforurensende utslipp øker stadig i hele Europa, og hvis denne utviklingen fortsetter uten mottiltak, må en regne med en fordobling av SO₂-utslippene i løpet av 10 - 12 år (1). En slik utvikling vil føre med seg skader både med umiddelbare økonomiske konsekvenser og mer langsiktige virkninger. Det nye ved situasjonen er at mens skadevirkningene tidligere var begrenset til utslippsområdene, gjør de seg nå gjeldende over stadig større områder.

Luftforurensningssituasjonen i Europa er til enhver tid avhengig av de meteorologiske forhold. Lokalt kan SO₂-konsentrasjonen holdes nede ved å benytte høye skorsteiner. Dette øker mengden av luftforurensninger som transporteres til fjernere områder. I perioder med stabilt høytrykk over kontinentet og svak vind skjer det en oppsamling av forurensninger over de forskjellige emisjonsområder. De sterkt forurensende luftmasser som da oppstår, transporteres med vinden når de meteorologiske forhold endres og medfører skader både i sentrale og perifere områder. Erfaringer viser imidlertid at utslippene i Europa er tilstrekkelig store til å gi sur nedbør over Sør-Norge både under gode utluftingsforhold og etter høytrykksperioder i emisjonsområdene. Det meste av den sure nedbør som har betydning for skadene på ferskvannsfisket i Sør-Norge,

tilføres i løpet av 20 - 30 episoder av tilsammen ca. 50 døgns varighet pr. år.

Sett i forhold til de bakkekonsentrasjoner en finner i utslippsområdene er konsentrasjonene som måles på Sørlandet lavere, men skadevirkningene er likevel vesentlige på grunn av de spesielle grunnforhold en har på Sørlandet. Jorden er til dels meget kalkfattig og har følgelig liten bufferkapasitet, slik at det skal mindre sur nedbør til før jordbunn og fiskevann forsures.

2 INNLEDNING

Mengden av luftforurensende utslipp øker stadig i hele Europa, og hvis denne utviklingen fortsetter uten mottiltak, må en regne med en fordobling av SO₂-utslippene i løpet av 10 - 12 år (1). En slik utvikling vil føre med seg skader både med umiddelbare økonomiske konsekvenser og mer langsiktige virkninger. Det nye ved situasjonen er at mens skadevirkningene tidligere var begrenset til utslippsområdene, gjør de seg nå gjeldende over stadig større områder.

Luftforurensningssituasjonen i Europa er til enhver tid avhengig av de meteorologiske forhold. Lokalt kan SO₂-konsentrasjonen holdes nede ved å benytte høye skorsteiner. Dette øker mengden av luftforurensninger som transporteres til fjernere områder. I perioder med stabilt høytrykk over kontinentet og svak vind skjer det en oppsamling av forurensninger over de forskjellige emisjonsområder. De sterkt forurensende luftmasser som da oppstår, transporteres med vinden når de meteorologiske forhold endres og medfører skader både i sentrale og perifere områder. Erfaringer viser imidlertid at utslippene i Europa er tilstrekkelig store til å gi sur nedbør over Sør-Norge både under gode utluftingsforhold og etter høytrykksperioder i emisjonsområdene. Det meste av den sure nedbør som har betydning for skadene på ferskvannsfisket i Sør-Norge,

tilføres i løpet av 20 - 30 episoder av tilsammen ca. 50 døgn varighet pr. år.

Sett i forhold til de bakkekonsentrasjoner en finner i utslippsområdene er konsentrasjonene som måles på Sørlandet lavere, men skadevirkningene er likevel vesentlige på grunn av de spesielle grunnforhold en har på Sørlandet. Jorden er til dels meget kalkfattig og har følgelig liten bufferkapasitet, slik at det skal mindre sur nedbør til før jordbunn og fiskevann forsures.

Episodene kan i de fleste tilfeller varsles, og dersom en innførte en korttidsbegrensning av utslippene, er det sannsynlig at også nedfallet over hele Norge ville bli redusert; I den foreliggende undersøkelse har en prøvd å få et inntrykk av hvilke muligheter en slik fremgangsmåte kan by på.

Omvendt kan en også tenke seg å varsle situasjoner hvor økende utslipp kan tillates. Denne mulighet er imidlertid ikke nærmere undersøkt.

Varsling sammenkoblet med begrensende tiltak er allerede i funksjon i bekjempelsen av lokale luftforurensningsproblemer og har vist seg å være effektivt. En kan idag varsle det storstilte vær langt bedre enn det lokale, og på denne bakgrunn skulle det følgelig være gode muligheter for å bygge ut et internasjonalt varslingsystem.

3 GRUNNLAG FOR BEREGNINGENE

3.1 Beskrivelse av modeller og emisjonsoversikt

Ved NILU har en i samarbeid med Meteorologisk Institutt i den senere tid utarbeidet flere atmosfæriske spredningsmodeller. Ved hjelp av disse kan en, ut fra kjennskap til emisjonene i Europa og meteorologiske data fra det europeiske observasjonsnett, beregne SO₂-konsentrasjonen over hele Europa til enhver tid (2, 3). Emisjonsoversikten som ligger til grunn for beregningene, er utarbeidet ved NILU i forbindelse med OECD-prosjektet LRTAP (4). Oversikten er gjengitt i figur 1, side 10.

SO₂-utslippene er her fordelt på et gridsystem hvor hver rute måler 127 km x 127 km. I figur 2 vises en utvidet emisjonsoversikt, flere land er her med, og denne er lagt til grunn for alle beregninger for episoder inntruffet etter november 1972. Oversikten er utarbeidet av J. Saltbones og bygger på den i figur 1, men rutenettet er her orientert forskjellig.

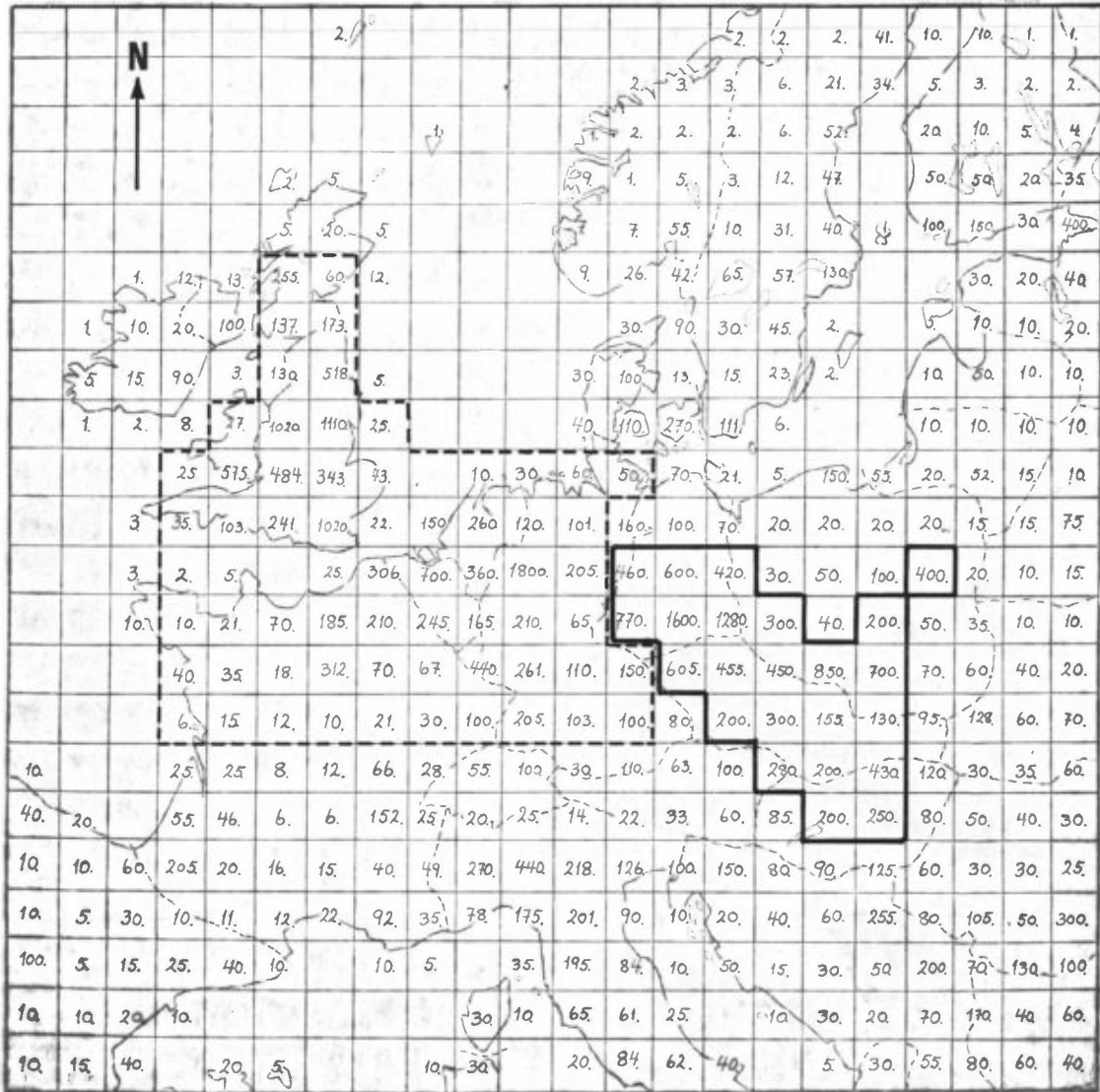
De meteorologiske observasjoner er samlet fra de informasjoner som kontinuerlig løper inn til Meteorologisk Institutt.

Som nevnt, er det utarbeidet flere spredningsmodeller ved NILU. Til denne utredningen har en imidlertid bare anvendt to av dem, Sektormodellen (2) og Lagrange-modellen (3). I bilag 1 er det gitt en kort beskrivelse av de to modellene.

Når forskjellige reduksjoner i utslippene foretas, kan disse modellene gi oss svar på hvilken virkning dette har på forurensningssituasjonen. Resultatene for de forskjellige forsøkene sammenlignes alltid med beregninger basert på normalt kildefelt.

Det er sannsynlig at enkelte utslippsområder betyr mer for helhetsbildet enn andre, dels på grunn av utslippets størrelse og dels på grunn av dets geografiske beliggenhet. Dette er søkt belyst ved å variere størrelsen på områdene hvor utslippene begrenses. Hvor lang varslingsstid en må bruke for å oppnå full effekt av utslippsbegrensningene, er også undersøkt.

Figur 1: Emisjonsoversikt for Europa fordelt på
 gridsystemet 127 km x 127 km.
 Enhet: 10³ tonn/år.
 Tallene er estimat for 1972, utarbeidet
 ved NILU januar 1973 (4).

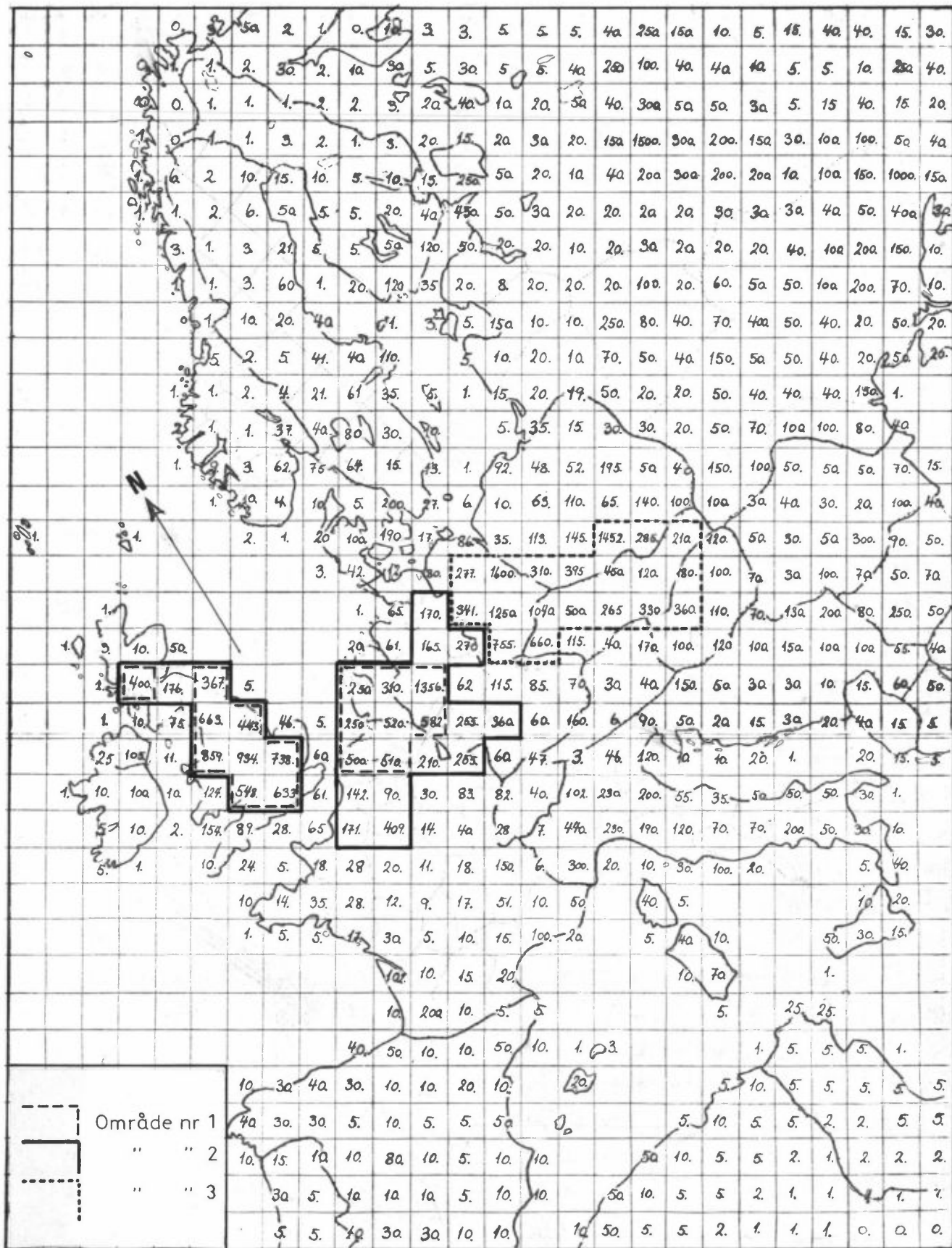


Område nr 1
 " " 2

Figur 2: Utvidet emisjonsoversikt for Europa fordelt på gridsystemet 127 km x 127 km.

Enhet: 10^3 tonn/år.

Tallene er estimat for 1972, utarbeidet ved NILU januar 1973 (4).



3.2 Valg av modeller og episoder

Hensikten var først å basere alle beregninger på Lagrange modellen da denne er ansett som noe bedre enn de andre modellene. En rakk imidlertid bare å gjøre et første innledende forsøk med desember-episoden 1972, før det oppsto vanskeligheter med denne modellen på grunn av omlegging til nytt operasjonssystem på regneanlegget ved Meteorologisk Institutt. Resultatet av denne ene beregningen er likevel tatt med.

Da det var uvisst når Lagrange modellen kunne bli operativ igjen, valgte en å basere resten av undersøkelsene på Sektor-modellen. Dette skulle ikke ha nevneverdig betydning for utfallet av undersøkelsen.

De to episodene i 1972 som ga de høyeste forurensningskonsentrasjoner, var mars-episoden og desember-episoden. En valgte derfor å ta utgangspunkt i disse to episodene.

Miljøverndepartementet ønsket beregningene basert på at industrielle utslipp i Europa forsøksvis reduseres med 25%, 50% og 75%. Den anvendte emisjonsoversikt skiller imidlertid ikke mellom industrielle og andre utslipp. I alle beregninger er det derfor områdenes totalutslipp som er redusert med de angitte prosentsetser.

En har også beregnet mulige reduksjoner i SO₂-utslippene ved at all industri i England, Frankrike, Tyskland, Belgia og Nederland går over fra tunge til lette fyringsoljer. Den øvre grense for svovelinholdet i oljen er satt til 0,5%. Grunnlaget for beregningene er gitt i bilag 2. De beregnede reduksjoner er satt inn i modellen og beregningene gjennomført.

4 RESULTATER

4.1 Mars-episoden 1972

I begynnelsen av mars 1972 inntraff en kraftig episode hvor det i løpet av ett døgn falt like mye sterk syre på Sørlandet

3.2 Valg av modeller og episoder

Hensikten var først å basere alle beregninger på Lagrange modellen da denne er ansett som noe bedre enn de andre modellene. En rakk imidlertid bare å gjøre et første innledende forsøk med desember-episoden 1972, før det oppsto vanskeligheter med denne modellen på grunn av omlegging til nytt operasjonssystem på regnearbeidet ved Meteorologisk Institutt. Resultatet av denne ene beregningen er likevel tatt med.

Da det var uvisst når Lagrange modellen kunne bli operativ igjen, valgte en å basere resten av undersøkelsene på Sektor-modellen. Dette skulle ikke ha nevneverdig betydning for utfallet av undersøkelsen.

De to episodene i 1972 som ga de høyeste forurensningskonsentrasjoner, var mars-episoden og desember-episoden. En valgte derfor å ta utgangspunkt i disse to episodene.

Miljøverndepartementet ønsket beregningene basert på at industrielle utslipp i Europa forsøksvis reduseres med 25%, 50% og 75%. Den anvendte emisjonsoversikt skiller imidlertid ikke mellom industrielle og andre utslipp. I alle beregninger er det derfor områdenes totalutslipp som er redusert med de angitte prosentsetninger.

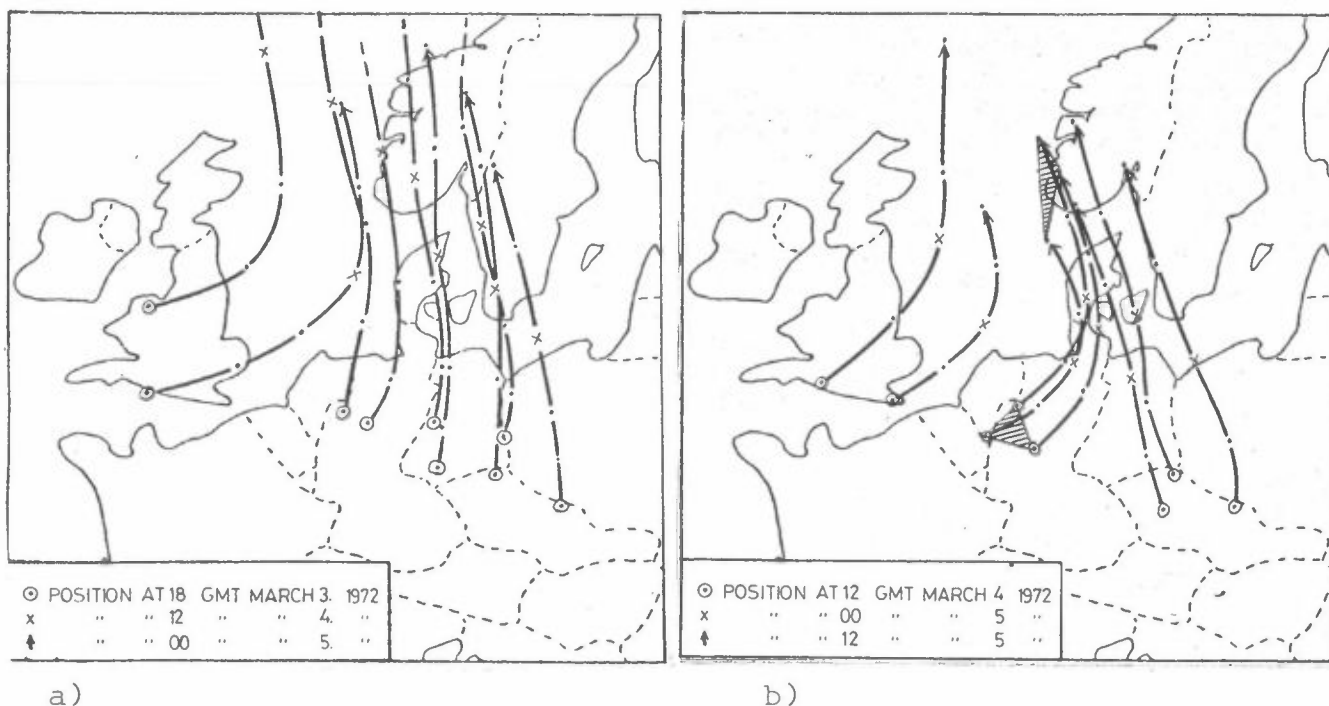
En har også beregnet mulige reduksjoner i SO₂-utslippene ved at all industri i England, Frankrike, Tyskland, Belgia og Nederland går over fra tunge til lette fyringsoljer. Den øvre grense for svovelinholdet i oljen er satt til 0,5%. Grunnlaget for beregningene er gitt i bilag 2. De beregnede reduksjoner er satt inn i modellen og beregningene gjennomført.

4 RESULTATER

4.1 Mars-episoden 1972

I begynnelsen av mars 1972 inntraff en kraftig episode hvor det i løpet av ett døgn falt like mye sterk syre på Sørlandet

som det vanligvis gjør i løpet av 2 måneder. Episoden hadde sitt maksimum 4. - 5. mars, og figur 3 nedenfor viser trajektoriene (vindbanene) for dette tidsrommet.



Figur 3: Trajektorier for perioden
3.3. kl. 18 - 5.3. kl. 12.

En ser her hvordan luftmasser som passerer et visst observasjonssted, merket ⊙, forflytter seg med vinden. I figur 3a ser en at luftmassene som forlater kontinentet går i nordlig retning. Det meste av Danmark, Sør-Norge og sørvestlige strøk av Sverige dekkes av luftmasser som nylig har passert store emisjonsområder i Øst-Tyskland, Polen og Tsjekkoslovakia. Vinden over England er sørvestlig. Figur 3b viser trajektoriene 12 timer senere. Vinden har nå dreid mer østlig. Luftmasser som forlater Ruhr-området den 4.3. kl. 12 passerer Danmark og kyststrøkene på Sørvestlandet.

Mars-episoden ble først kjørt med 25%, 50% og 75% reduksjon i område 1 i Vest-Europa, se figur 1 (side 10). I tillegg ble det

så kjørt et forsøk hvor også område 2 i Øst-Europa i tillegg til nevnte område i Vest-Europa, ble redusert med 50%, (område 1 + 2 i figur 1).

Tidligere er det kjørt en forsøksserie med samme episode hvor først kildene i Skandinavia er utelatt, så kildene i Øst-Europa og til slutt kildene i Øst-Europa pluss Skandinavia er utelatt. Resultatene av dette er også tatt med her.

Alle reduksjoner ble satt inn fra 1.3.1972 kl. 00 Greenwich Mean Time (GMT) og varte ut hele episoden. Maksimum forurensning inntraff 4. - 5. mars, hvilket tilsvarer ca 4 døgns varslingsstid.

De fullstendige resultater av beregningene er gitt i Bilag 3. Kartene viser beregnet blandingsforhold, q , for SO_2 i luft på volumbasis. SO_2 -konsentrasjon, $\mu g/N m^3$, fåes ved å multiplisere tallene på kartene med 1,3.

4.1.1 Konsentrasjonsfeltet

Generelt sett viser beregningene at konsentrasjonene over Skandinavia er meget lave i tiden 1.- 4. mars. Fra 4. mars stiger konsentrasjonen raskt og etter 5. mars avtar den så igjen. Det er de beregnede verdier kl. 00 og kl. 12 disse to dager som har betydning. For hvert av disse 4 tidspunkter har en gjennomført beregningene med normalt kildefelt, med 25, 50 og 75% reduksjon av utslippene i område 1 i Vest-Europa, og med 50% reduksjon samtidig i både Vest- og Øst-Europa. De beregnede konsentrasjonsfelter er gitt i bilag 3, i figurene 21, 22, 23 og 24, sammen med en kort omtale av de forandringer en umiddelbart kan se.

Direkte sammenligning av de beregnede kartene, er imidlertid ikke lett fordi konsentrasjonene viser så store variasjoner i et og samme kart. Et langt mer forståelig inntrykk av beregningenes betydning får en ved å konstruere prosentvise reduksjonskart. For hvert gridpunkt regnes det ut hvor mange

prosent SO_2 -konsentrasjonen er redusert som følge av de forskjellige begrensninger i utslippene. En tegner så koter slik at kartene direkte viser den prosentvise reduksjon i de forskjellige områder.

Episoden har sitt maksimum omkring den 5. mars, og en har valgt å tegne reduksjonskart som viser forholdene den 5.3. kl. 12 GMT. Resultatet er vist i figur 4.

Fig. 4a viser den prosentvise reduksjon av konsentrasjonen når utslippene i Vest-Europa (det skraverte området) er redusert med 25%. Dette har ingen effekt på forholdene over Norge, men over Nordsjøen synker konsentrasjonene med opptil 20%.

Fig. 4b Utslippene i Vest-Europa er nå redusert med 50%, men det har fortsatt liten effekt på forholdene over Norge, idet de berørte luftmasser passerer lenger vest. Over en stripe av Vestlandet reduseres imidlertid konsentrasjonene med 10 - 20%.

Fig. 4c Her er utslippene redusert med 75%. Av samme grunn som ovenfor er det fortsatt liten endring i forholdene over Norge, mens konsentrasjonene over Nordsjøen reduseres med 60%.

Fig. 4d Når utslippene i både Øst- og Vest-Europa reduseres med 50%, blir forholdene over Norge mer påvirket. Over hele Sør-Norge er konsentrasjonene redusert med 10 - 20% og i kyststrøkene på Vestlandet er reduksjonen oppe i 20 - 40%.

prosent SO_2 -konsentrasjonen er redusert som følge av de forskjellige begrensninger i utslippene. En tegner så koter slik at kartene direkte viser den prosentvise reduksjon i de forskjellige områder.

Episoden har sitt maksimum omkring den 5. mars, og en har valgt å tegne reduksjonskart som viser forholdene den 5.3. kl. 12 GMT. Resultatet er vist i figur 4.

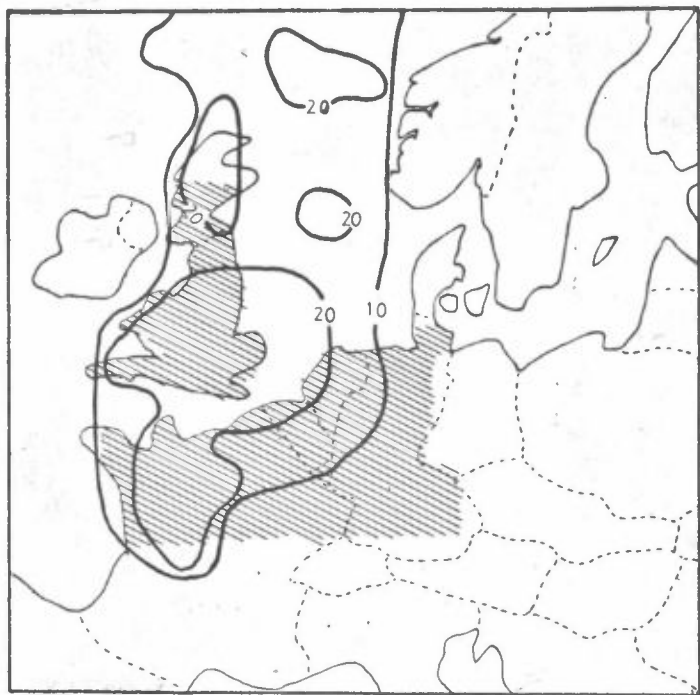
Fig. 4a viser den prosentvise reduksjon av konsentrasjonen når utslippene i Vest-Europa (det skraverte området) er redusert med 25%. Dette har ingen effekt på forholdene over Norge, men over Nordsjøen synker konsentrasjonene med opptil 20%.

Fig. 4b Utslippene i Vest-Europa er nå redusert med 50%, men det har fortsatt liten effekt på forholdene over Norge, idet de berørte luftmasser passerer lenger vest. Over en stripe av Vestlandet reduseres imidlertid konsentrasjonene med 10 - 20%.

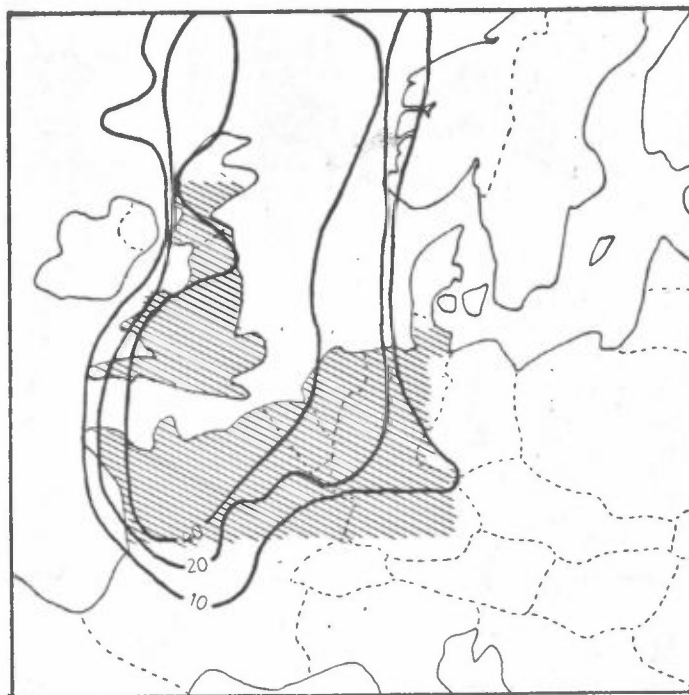
Fig. 4c Her er utslippene redusert med 75%. Av samme grunn som ovenfor er det fortsatt liten endring i forholdene over Norge, mens konsentrasjonene over Nordsjøen reduseres med 60%.

Fig. 4d Når utslippene i både Øst- og Vest-Europa reduseres med 50%, blir forholdene over Norge mer påvirket. Over hele Sør-Norge er konsentrasjonene redusert med 10 - 20% og i kyststrøkene på Vestlandet er reduksjonen oppe i 20 - 40%.

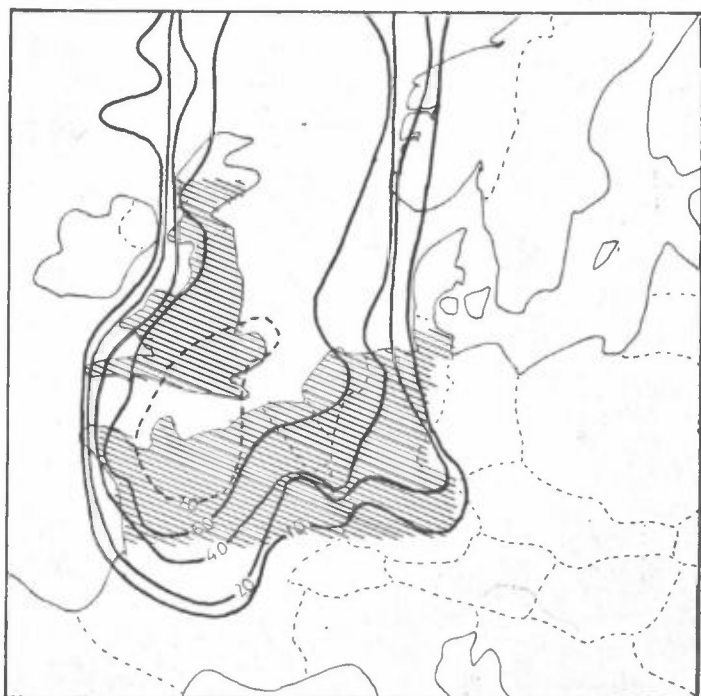
Figur 4 : Reduksjonskart for den 5.3.1972 kl. 12 GMT. Tallene på kotene angir hvor mange prosent SO₂-konsentrasjonen har sunket som følge av de forskjellige reduksjoner i utslippene. Utslippene er redusert i de skraverte områdene.



a) Utslippene i deler av Vest-Europa er redusert med 25%



b) Utslippene i deler av Vest-Europa er redusert med 50%



c) Utslippene i deler av Vest-Europa er redusert med 75%



d) Utslippene i deler av Vest- og Øst-Europa er redusert med

For denne episoden er det tydelig at reduksjoner av utslippene i Vest-Europa har liten virkning på forholdene over Norge. Dette stemmer godt med trajektoriene for denne perioden. I figur 3 så en at luftmassene fra kontinentet stort sett passerte vest for Norge. Reduksjoner i utslippene i Vest-Europa vil derfor gi reduserte SO₂-konsentrasjoner i områdene vest for Norge. Over Nordsjøen fåes reduksjoner på 20%, 40%, 60% (figur 4) når utslippene reduseres med henholdsvis 25%, 50% og 75%. Også en vesentlig del av forurensningene fra Øst-Europa synes å passere vest for Norge, selv om begrensninger her i denne episoden har større virkning på forholdene over Norge. Det er også noe forbausende at en ikke oppnår en noe kraftigere reduksjon i område 2 i Øst-Europa når utslippene er redusert med 50%. Dette tyder på at område 2 i denne situasjon også mottar betydelige bidrag fra andre områder. Dette bekreftes av tidligere beregninger, referert i bilag 4 og omtalt i kap. 4.1.3, side 22, som viser at selv om alle kilder i Øst-Europa kuttes ut, så blir konsentrasjonen i Øst-Tyskland ikke redusert med mer enn ca 50%.

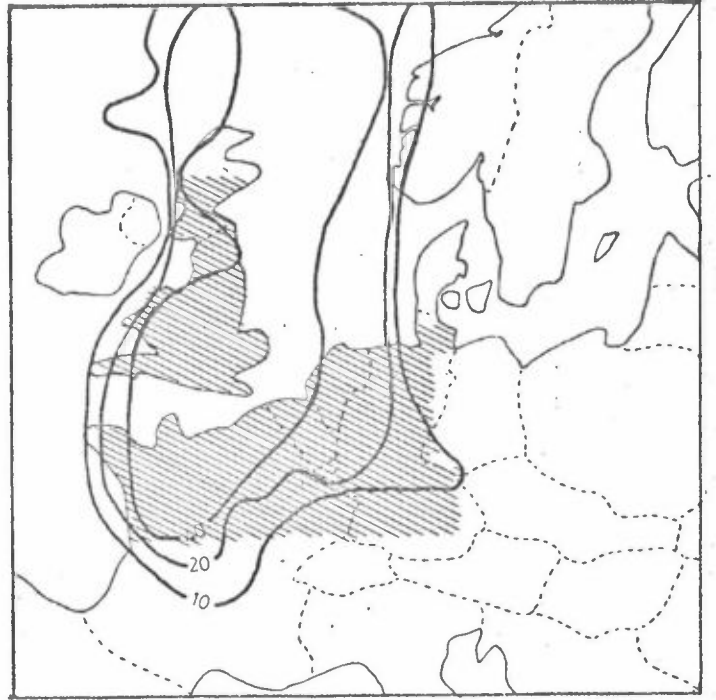
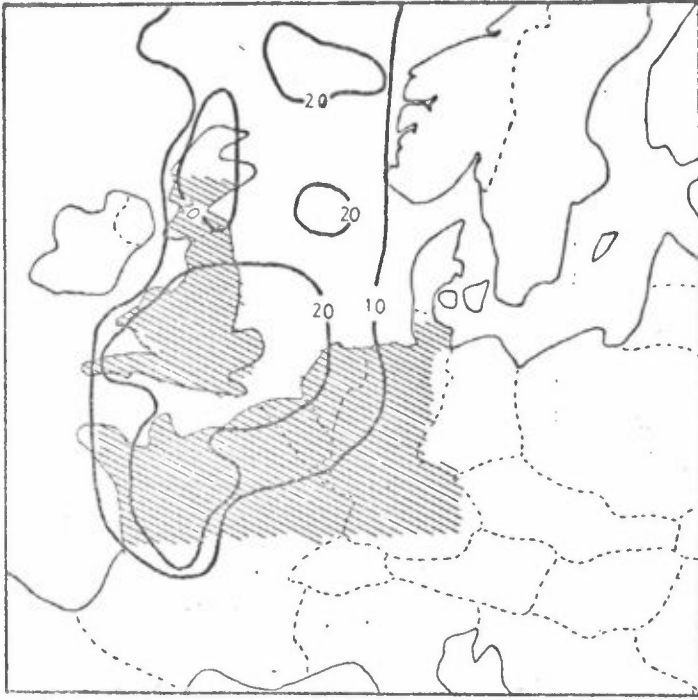
Fra denne perioden har en få målinger til å sammenligne beregningene med, bare 4 stasjoner målte SO₂-konsentrasjonen i luft på denne tiden.

I døgnet mellom 4. og 5. mars målte Søyland 24 µg/N m³, Flødevigen 23 µg/N m³, Birkenes 13 µg/N m³ og Bygland 4 µg/N m³. Søyland ligger noe høyere enn beregningene tilsier, Bygland lavere. Ellers stemmer de 2 andre registreringene relativt godt med beregningene (se figur 23 i bilag 3).

4.1.2 Tidsvariasjoner

For å få frem hvorledes virkningen av de reduksjoner som er foretatt varierer gjennom perioden, har en plukket ut en del gridpunkter med posisjoner tilsvarende målesteder i Skandinavia og plottet SO₂-konsentrasjonen som funksjon av tiden. Resultatet er vist i figur 5 - 8, side 19. En må regne med en relativt stor usikkerhet i disse tallene, men de skulle like-

Figur 4 : Reduksjonskart for den 5.3.1972 kl. 12 GMT. Tallene på kotene angir hvor mange prosent SO₂-konsentrasjonen har sunket som følge av de forskjellige reduksjoner i utslippene. Utslippene er redusert i de skraverte områdene.



a) Utslippene i deler av Vest-Europa Europa er redusert med 25%

b) Utslippene i deler av Vest-Europa er redusert med 50%



Vest-
75%

d) Utslippene i deler av Vest- og Øst-Europa er redusert med 50%

For denne episoden er det tydelig at reduksjoner av utslippene i Vest-Europa har liten virkning på forholdene over Norge. Dette stemmer godt med trajektoriene for denne perioden. I figur 3 så en at luftmassene fra kontinentet stort sett passerte vest for Norge. Reduksjoner i utslippene i Vest-Europa vil derfor gi reduserte SO₂-konsentrasjoner i områdene vest for Norge. Over Nordsjøen fåes reduksjoner på 20%, 40%, 60% (figur 4) når utslippene reduseres med henholdsvis 25%, 50% og 75%. Også en vesentlig del av forurensningene fra Øst-Europa synes å passere vest for Norge, selv om begrensninger her i denne episoden har større virkning på forholdene over Norge. Det er også noe forbausende at en ikke oppnår en noe kraftigere reduksjon i område 2 i Øst-Europa når utslippene er redusert med 50%. Dette tyder på at område 2 i denne situasjon også mottar betydelige bidrag fra andre områder. Dette bekreftes av tidligere beregninger, referert i bilag 4 og omtalt i kap. 4.1.3, side 22, som viser at selv om alle kilder i Øst-Europa kuttes ut, så blir konsentrasjonen i Øst-Tyskland ikke redusert med mer enn ca 50%.

Fra denne perioden har en få målinger til å sammenligne beregningene med, bare 4 stasjoner målte SO₂-konsentrasjonen i luft på denne tiden.

I døgnet mellom 4. og 5. mars målte Søyland 24 µg/N m³, Flødevigen 23 µg/N m³, Birkenes 13 µg/N m³ og Bygland 4 µg/N m³. Søyland ligger noe høyere enn beregningene tilsier, Bygland lavere. Ellers stemmer de 2 andre registreringene relativt godt med beregningene (se figur 23 i bilag 3).

4.1.2 Tidsvariasjoner

For å få frem hvorledes virkningen av de reduksjoner som er foretatt varierer gjennom perioden, har en plukket ut en del gridpunkter med posisjoner tilsvarende målesteder i Skandinavia og plottet SO₂-konsentrasjonen som funksjon av tiden. Resultatet er vist i figur 5 - 8, side 19. En må regne med en relativt stor usikkerhet i disse tallene, men de skulle like-

For denne episoden er det tydelig at reduksjoner av utslippene i Vest-Europa har liten virkning på forholdene over Norge. Dette stemmer godt med trajektoriene for denne perioden. I figur 3 så en at luftmassene fra kontinentet stort sett passerte vest for Norge. Reduksjoner i utslippene i Vest-Europa vil derfor gi reduserte SO_2 -konsentrasjoner i områdene vest for Norge. Over Nordsjøen fåes reduksjoner på 20%, 40%, 60% (figur 4) når utslippene reduseres med henholdsvis 25%, 50% og 75%. Også en vesentlig del av forurensningene fra Øst-Europa synes å passere vest for Norge, selv om begrensninger her i denne episoden har større virkning på forholdene over Norge. Det er også noe forbausende at en ikke oppnår en noe kraftigere reduksjon i område 2 i Øst-Europa når utslippene er redusert med 50%. Dette tyder på at område 2 i denne situasjon også mottar betydelige bidrag fra andre områder. Dette bekreftes av tidligere beregninger, referert i bilag 4 og omtalt i kap. 4.1.3, side 22, som viser at selv om alle kilder i Øst-Europa kuttes ut, så blir konsentrasjonen i Øst-Tyskland ikke redusert med mer enn ca 50%.

Fra denne perioden har en få målinger til å sammenligne beregningene med, bare 4 stasjoner målte SO_2 -konsentrasjonen i luft på denne tiden.

I døgnet mellom 4. og 5. mars målte Søyland $24 \mu\text{g}/\text{N m}^3$, Flødevigen $23 \mu\text{g}/\text{N m}^3$, Birkenes $13 \mu\text{g}/\text{N m}^3$ og Bygland $4 \mu\text{g}/\text{N m}^3$. Søyland ligger noe høyere enn beregningene tilsier, Bygland lavere. Ellers stemmer de 2 andre registreringene relativt godt med beregningene (se figur 23 i bilag 3).

4.1.2 Tidsvariasjoner

For å få frem hvorledes virkningen av de reduksjoner som er foretatt varierer gjennom perioden, har en plukket ut en del gridpunkter med posisjoner tilsvarende målesteder i Skandinavia og plottet SO_2 -konsentrasjonen som funksjon av tiden. Resultatet er vist i figur 5 - 8, side 19. En må regne med en relativt stor usikkerhet i disse tallene, men de skulle like-

vel gi en indikasjon på virkningene av reduksjonene i utslippene. Gridpunktene posisjon er fastlagt ut fra rutenettet slik at det ikke er fullstendig samsvar mellom geografisk navn og posisjon.

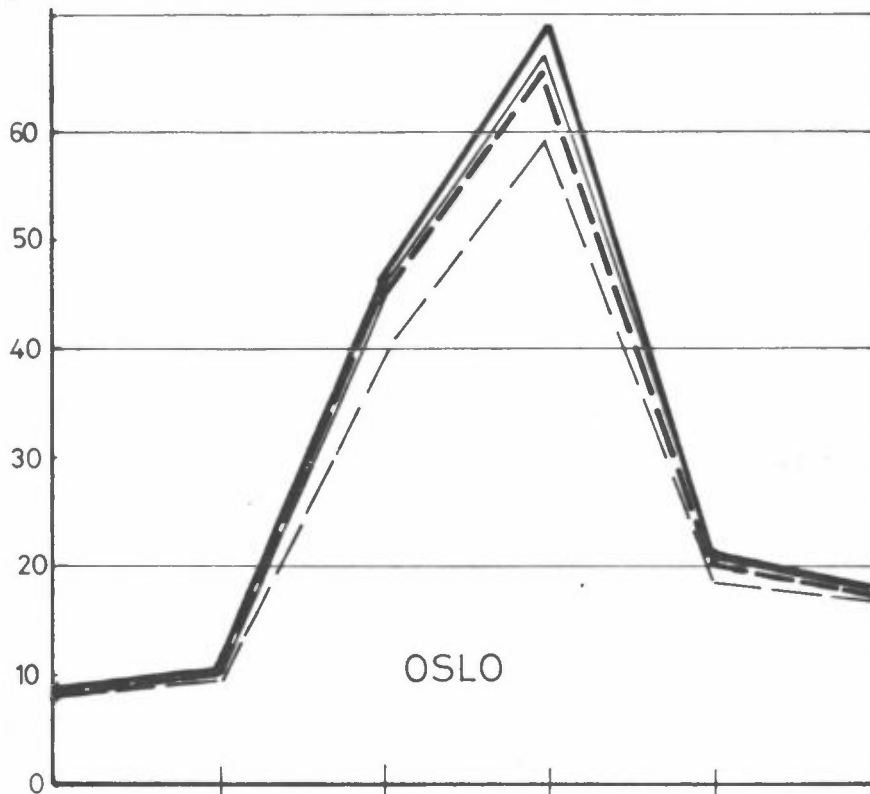
Kurvene viser det samme som kartene antydde, nemlig at de relative reduksjoner i de forskjellige punktene i Norge og Sverige er nokså lave sett i forhold til de store reduksjoner som er foretatt i utslippene. Trajektoriene i figur 3 forklarer hvorfor. En ser her at luftmassene fra Vest-Tyskland passerer utenfor Norge, slik at en reduksjon av utslippene i disse områdene får minimal effekt. Færøyene ligger imidlertid mer i vindretningen, og en får her en langt bedre effekt.

I tabell 1 er det satt opp en oversikt over hvor mye maksimal-konsentrasjonene i de forskjellige posisjonene reduseres under de ulike betingelser. 25% reduksjon av kildene er ikke tatt med da det kun hadde minimale virkninger på forholdene over Norge.

Posisjon	Reduksjon i maksimalkonsentrasjonene når:		
	1) Utslippene i Vest-Europa reduseres med 50%	2) Utslippene i Vest-Europa reduseres med 75%	3) Utslippene i deler av Vest- og Øst-Europa reduseres med 50%
Oslo	3,7%	5,7%	15,7%
Lyngør	13,1%	20,5%	21,4%
Søyland	9,4%	15,7%	20,0%
Sunnhordland	11,1%	18,7%	20,0%
Færøyene	24,0%	39,8%	27,4%
Sør-Sverige	0	0	20,3%

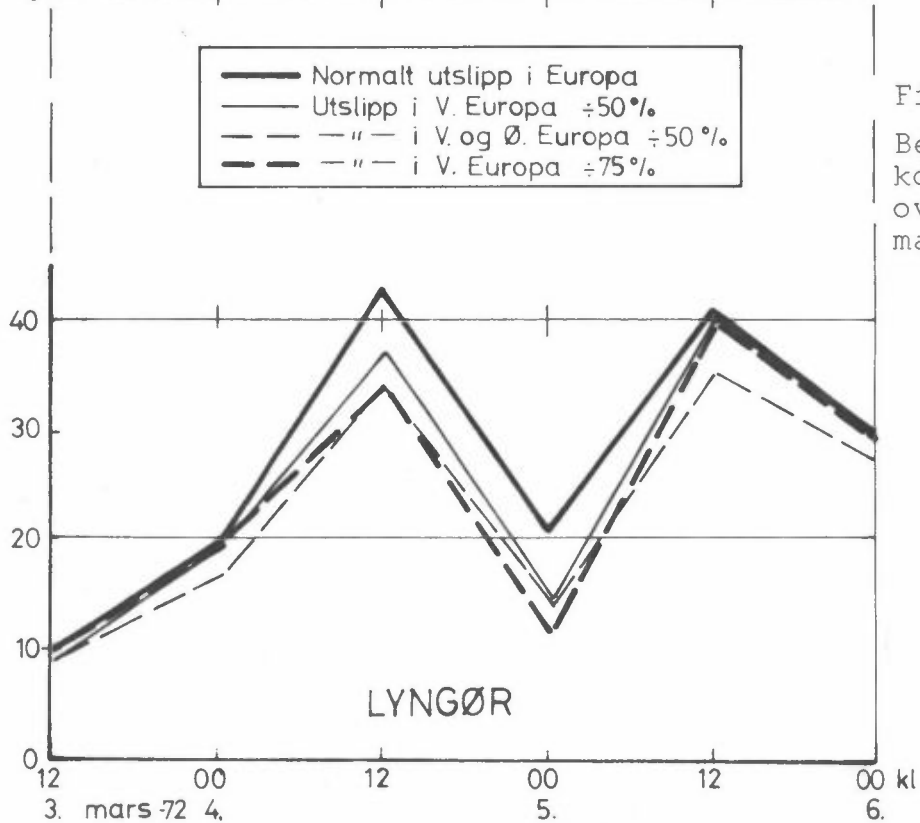
Tabell 1: Reduksjon i maksimalkonsentrasjonene over en del steder når utslippene i Europa reduseres. Mars-episoden 1972.

$\mu\text{gSO}_2/\text{Nm}^3$



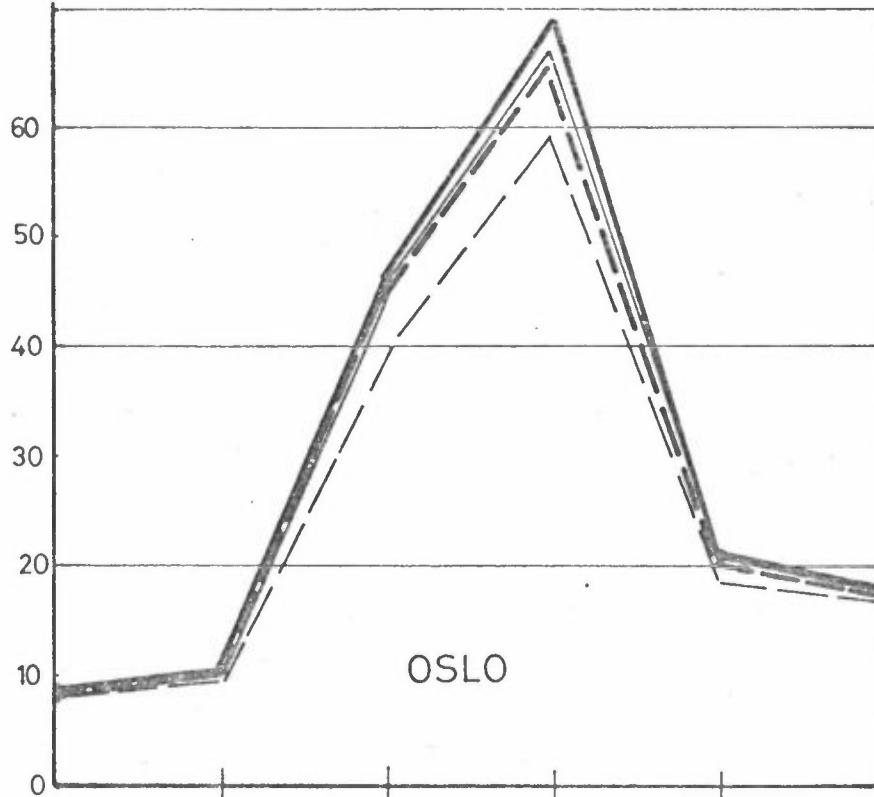
Figur 5:
Bregnede SO_2 -
konsentrasjoner
over Oslo,
mars 1972.

— Normalt utslipp i Europa
- - - Utslipp i V. Europa $\pm 50\%$
- · - " i V. og Ø. Europa $\pm 50\%$
- - - " i V. Europa $\pm 75\%$



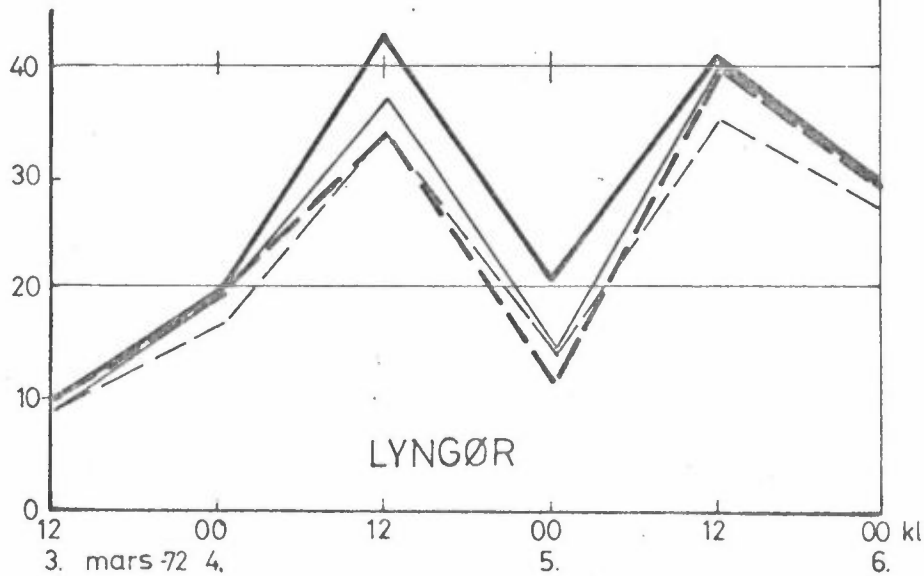
Figur 6:
Bregnede SO_2 -
konsentrasjoner
over Lyngør,
mars 1972.

$\mu\text{gSO}_2/\text{Nm}^3$

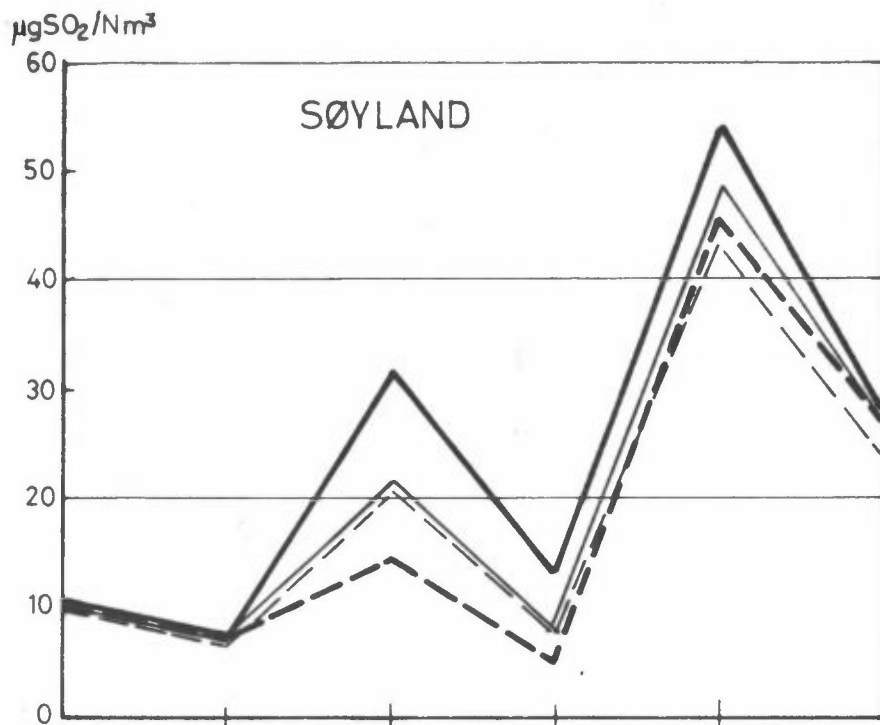


Figur 5:
Bregnede SO₂-
konsentrasjoner
over Oslo,
mars 1972.

— Normalt utslipp i Europa
— Utslipp i V. Europa ±50%
- - - " i V. og Ø. Europa ±50%
- - - " i V. Europa ±75%

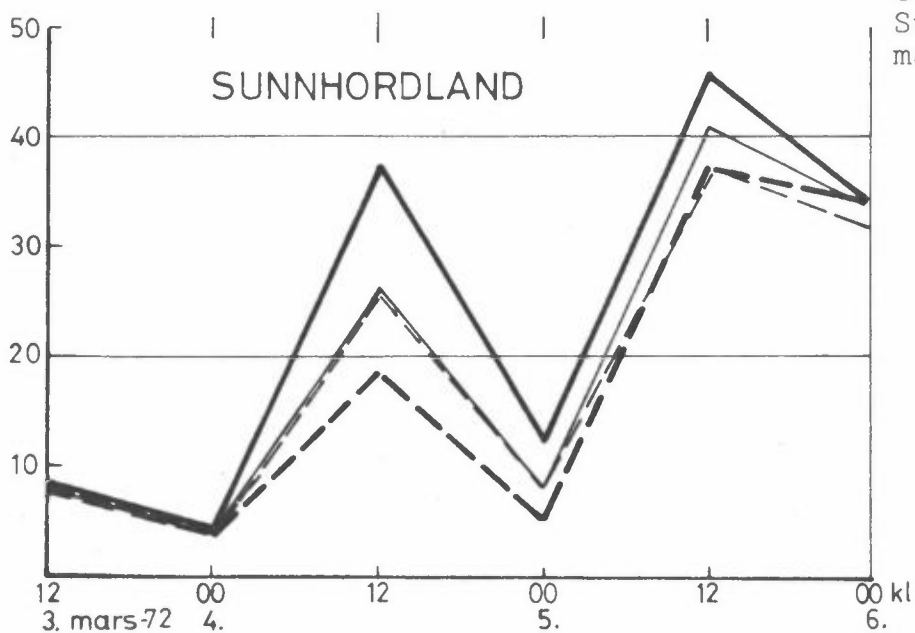


Figur 6:
Bregnede SO₂-
konsentrasjoner
over Lyngør,
mars 1972.

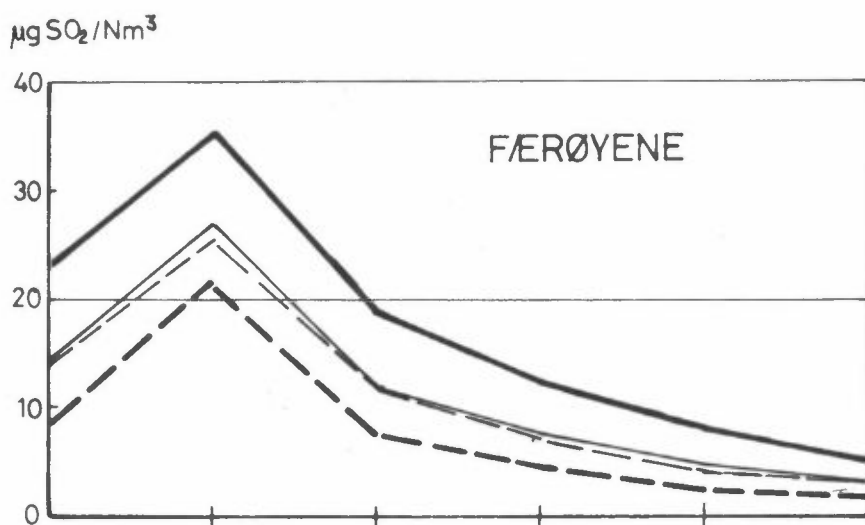


Figur 7:
Beregnete SO₂-
konsentrasjoner
over Søyland,
mars 1972.

— Normalt utslipp i Europa
— Utslipp i V. Europa ±50%
- - - " i V. og Ø. Europa ±50%
- - - " i V. Europa ±75%

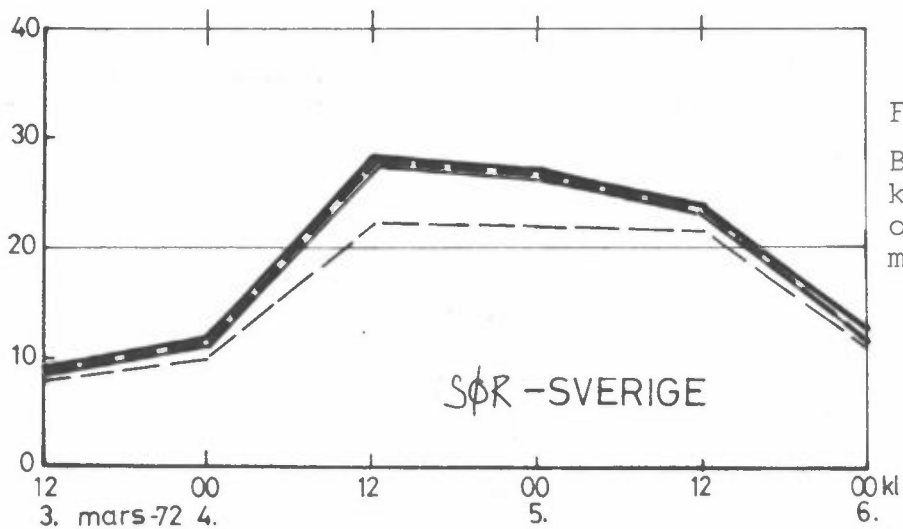


Figur 8:
Beregnete SO₂-
konsentrasjoner
over
Sunnhordland,
mars 1972.



Figur 9:
Beregnete SO₂-
konsentrasjoner
over Færøyene,
mars 1972.

— Normalt utslipp i Europa
- - - Utslipp i V. Europa ÷50%
- · - · - " - i V. og Ø. Europa ÷50%
- · - · - " - i V. Europa ÷75%



Figur 10:
Beregnete SO₂-
konsentrasjoner
over Sør-Sverige,
mars 1972.

4.1.3 Andre forsøk

Med denne episoden har det tidligere vært gjort en del forsøk som tas med her da de kan være av interesse. Også her ble Sektormodellen benyttet. Følgende forsøksserie ble kjørt :

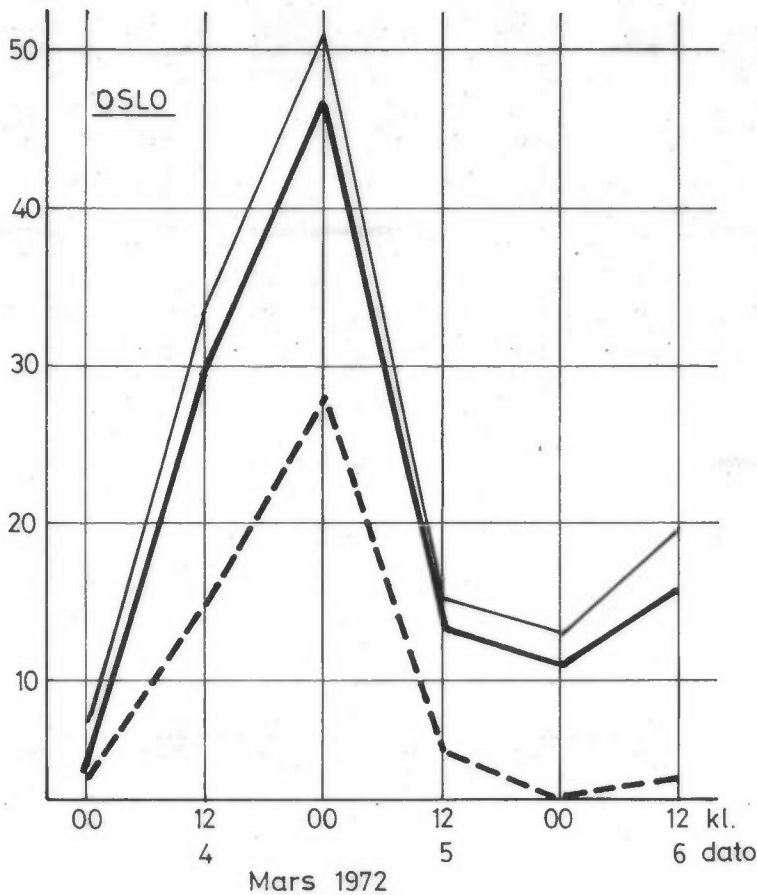
- 1) Alle kilder i Skandinavia er utelatt, ellers normalt utslipp.
- 2) Alle kilder i Øst-Europa er utelatt, ellers normalt utslipp.
- 3) Alle kilder i Skandinavia og Øst-Europa er utelatt, ellers normalt utslipp.

Resultatet av disse beregningene er vist i bilag 4. For å få et bedre bilde av de oppnådde reduksjoner i Norge har en også her plukket ut et par gridpunkter og tegnet opp variasjonen i SO₂-konsentrasjonene, se figur 11.

Sammenligner en konsentrasjonskartet i figur 26 c, bilag 4, med reduksjonskartet i figur 4d, s. 16, så ser en at det alt vesentlige av forurensningene i østre delen av Skandinavia kommer fra Øst-Europa i denne episoden. Samtidig reduseres forurensningsnivået ikke mer enn 10 - 20% i den mer vestlige del av Skandinavia når kildene i både område 1 og 2 reduseres med 50%. Det må bety at Skandinavia i dette tilfelle også mottar betydelige bidrag fra områder øst for område 2.

Som tidligere nevnt, har en beregnet mulige reduksjoner i utslippene når 0,5% settes som øvre grense for svovelinnholdet i oljen (bilag 2). Disse reduksjoner ble imidlertid ikke forsøkt i denne episoden da vindretningen hele tiden var sør-sørøst, slik at så vidt små reduksjoner i Vest-Europa som det her er tale om, ikke vil ha noen effekt. Mulige reduksjoner i Øst-Europa som følge av lavere svovelinnhold i oljen er ikke beregnet idet en mangler de nødvendige data for oljeforbruk og forbruksmønster for disse landene.

SO₂-Bl.forh.

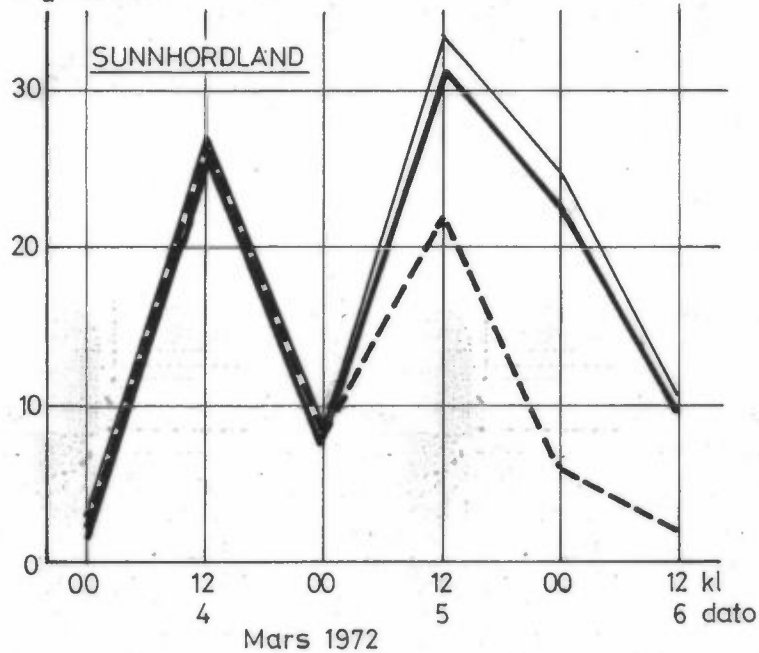


Figur 11:

a) Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$, over Oslo ($q = 10^{-9}$ tilsvarer $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

— Normalt kildefelt
- - - Kildene i Ø Europa fjernet
— " Skandinavia "

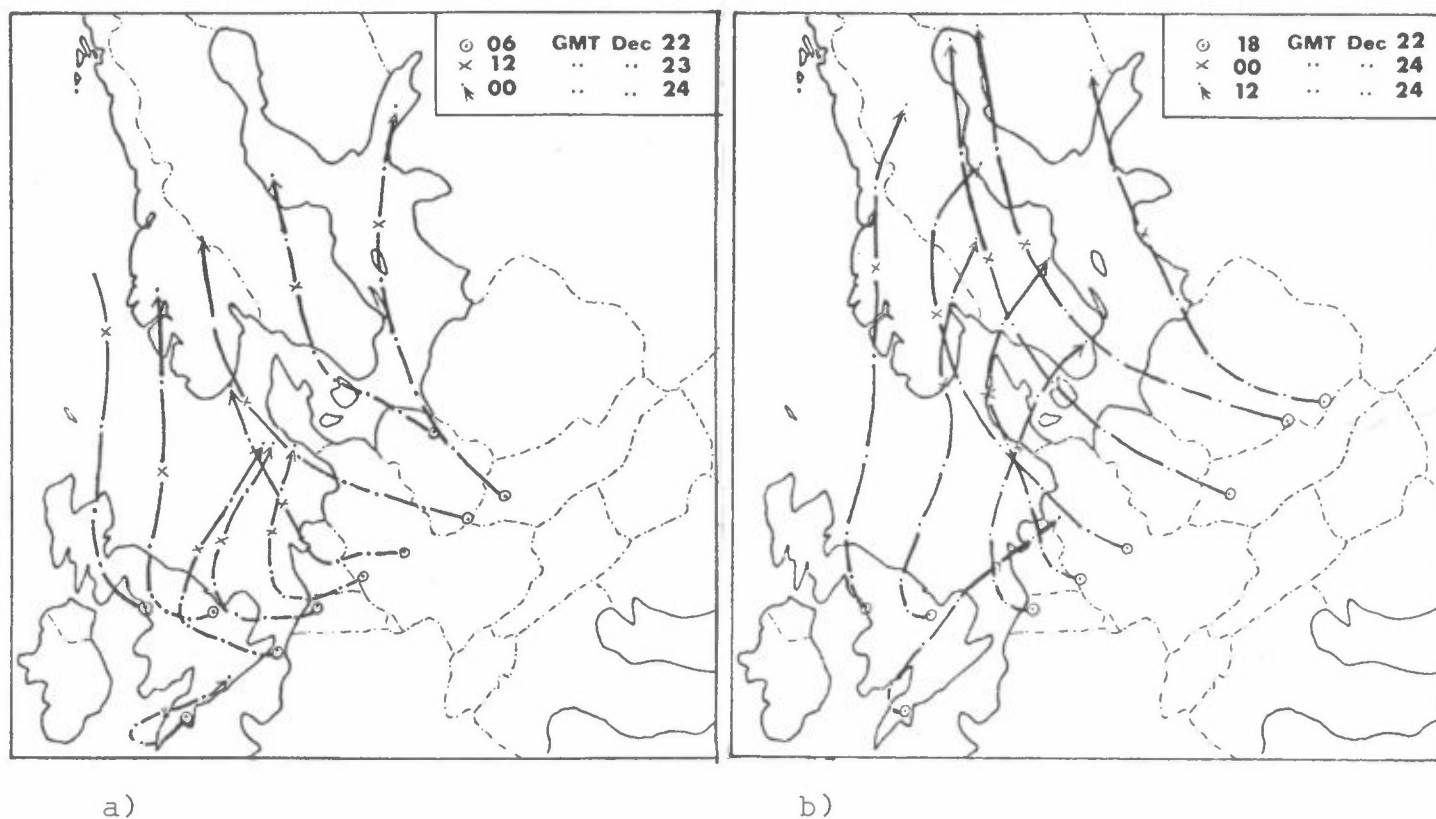
SO₂-Bl.forh.



b) Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$, over Sunnhordaland ($q = 10^{-9}$ tilsvarer $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

4.2 Desember-episoden 1972

I desember 1972 inntraff også en interessant episode hvor det ble målt til dels meget høye SO₂-konsentrasjoner over Sør-Norge. Dette var en typisk episode med opplagringsperiode. I flere dager var det rolig høytrykksvær over kontinentet før luftmassene begynte å bevege seg nordover. Episoden hadde maksimum over Norge den 24.12. I figur 12 er trajektorier for tidsrommet 22.12. - 24.12. gjengitt for å gi et bilde av de meteorologiske forhold under episoden.



Figur 12 : Trajektorier for perioden 22.12. - 24.12.

Trajektoriene viser hvordan luftmasser som passerer et gitt observasjonspunkt, merket ⊙, forflyttes med vinden de neste 42 timer etter første observasjon.

Figur 12a viser at luftmasser fra Øst-Tyskland dekker det meste av området fra Øst-Norge til Østersjøen. Luftmasser som har passert Vest-Tyskland, Nederland og Sørøst-England ligger sør i Nordsjøen, og luftmasser fra Midlands i England beveger seg mot Vest-Norge. Figur 12b viser at luftmasser fra Vest-Tyskland og Nederland nå brer seg innover Jylland og Øst-Norge. Luftmasser fra de sørøstlige deler av Sentral-Europa ligger nå over Midt-Sverige og Finland. En vestlig strøm presser luft fra Syd-England inn over Nederland, og luftmasser som har passert Midt-England, kommer innover Norge.

4.2.1 Beregninger basert på Lagrange's modell

Som tidligere nevnt, ble det bare kjørt ett forsøk med denne modellen, men resultatene tas med likevel da de illustrerer betydningen av varslingstiden. Dessuten er de i stor utstrekning sammenlignbare med de øvrige forsøk kjørt på Sektor-modellen.

I dette forsøket er utslippene i område 2, i Vest-Europa, se utvidet kart side 11, redusert med 50%. Tidspunktet for og varigheten av reduksjonen i de forskjellige kilder ble avgjort på grunnlag av værvarsel, en regnet med halvannet døgnns varslingsstid. Grunnlaget for kjøringen var som følger :

Start	17.12. kl. 00 GMT	Normale kilder over hele Europa.
	17.12. kl. 12 GMT	England pålegges å redusere utslippene med 50%.
	19.12. kl. 12 GMT	Adgang til normalt utslipp i England igjen.
	20.12. kl. 12 GMT	England, Tyskland og Be-Ne-Luxlandene blir pålagt å redusere med 50%.
	22.12. kl. 00 GMT	Normalt utslipp på kontinentet, fortsatt 50% reduksjon i England.
	23.12. kl. 00 GMT	Adgang til normalt utslipp overalt.
Stopp	25.12. kl. 00 GMT	Episoden regnes nå for å være over.

Resultatet av disse beregningene er vist i bilag 5.

Som nevnt innledningsvis, ble kildene redusert over til dels meget korte tidsrom basert på halvannet døgns varslingsstid. Det synes som om dette er en altfor fin oppdeling, og at man heller burde redusert kildene med 50% over hele området (England + kontinentet) da det ble klart at det ville oppstå en langtransportsituasjon, og så kjørt med reduserte utslipp hele episoden fram til den 25.12. kl. 00 GMT. Denne episoden er dessuten litt spesiell da den er ekstremt lang, den er trolig sammensatt av to episoder, noe også de lave konsentrasjonene 20. - 23. desember tyder på. Halvannet døgns varslingsstid vil imidlertid være nok i situasjoner med vindhastigheter på 10 - 20 m/sek fra utslippsområdene.

4.2.2 Beregninger basert på Sektormodellen

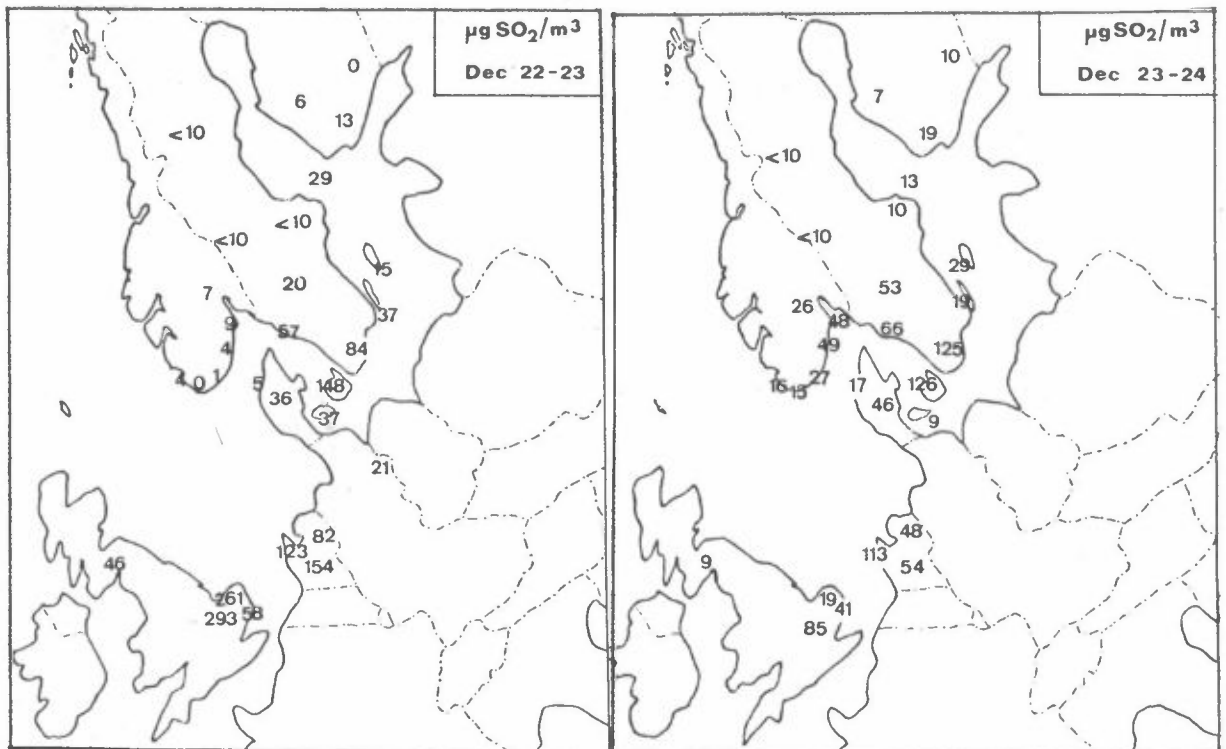
Forsøket med Lagrange's modell viste at det i situasjoner med langsom transport ikke har noen hensikt å alternere med reduksjonene med så korte mellomrom som her ble brukt. Utslippene bør reduseres så snart det blir klart at det vil oppstå en langtransportsituasjon og forbli redusert til episoden er over.

Som tidligere nevnt, har episoden et utpreget maksimum den 24.12., og for å spare tid ved regnearbeidet ble beregningene nå startet den 20.12. kl. 00 GMT, da det er de forskjellige reduksjoners effekt på dette maksimum som er av interesse. Alle forsøk baseres nå på 50% reduksjon i utslippene, for så i størst mulig grad å variere andre parametre.

Et forsøk med normalt kildefelt ble først kjørt for å ha et sammenligningsgrunnlag. I neste forsøk ble utslippene i Vest-Europa redusert med 50%, områdets størrelse er vist i det utvidede kart i figur 2, side 11. Til slutt ble episoden kjørt med 50% reduksjon både i Vest- og Øst-Europa, se område 2 + 3 i figur 2.

Da maksimum inntreffer 24.12. tilsvarer dette 4 døgns varslings-tid. Et forsøk tilsvarende nr 2 ovenfor med 50% reduksjon i område 2, ble kjørt om igjen, men med 2 døgns varslings-tid. Beregningen startet til samme tid som før, men fram til 22.12. kl. 00 GMT ble det anvendt normalt utslipp overalt. Fra dette tidspunkt ble så utslippene i område 2 redusert med 50%. Resultatene er vist i bilag 6.

For døgnet mellom 23. og 24. desember registrerte stasjonene Vasser og Lyngør SO₂-konsentrasjoner på henholdsvis 48 og 49 µg/Nm³, dette stemmer relativt godt med beregningene. Søyland registrerte 16, Finsland 27 og Birkenes 23 µg/Nm³. Den første stemmer bra, mens de 2 siste ligger adskillig lavere enn beregnet, se forøvrig figur 13.



Figur 13: Målte SO₂-konsentrasjoner, desember 1972.

En skal imidlertid være oppmerksom på at beregningene gir midlere SO₂-konsentrasjon fra bakkenivå og opp til ca. 1000 meters høyde, mens målingene gir døgnmidler for bakkenivå, så det er kanskje ikke helt relevant å sammenligne verdiene direkte. En pekepinn på overensstemmelsen mellom modellberegninger og målte verdier skulle dog en slik sammenligning gi. Målingene viser en markert stigning fra døgnet 22. - 23. til døgnet 23. - 24., det samme viser også modellberegningene.

For å illustrere effekten av de ulike tiltak bedre har en konstruert reduksjonskart for denne episoden også. Disse er basert på kartene i bilag 6, og som tidligere har en for hvert gridpunkt beregnet hvor mange prosent SO_2 -konsentrasjonen har sunket. Resultatet er vist i figur 14 og 15.

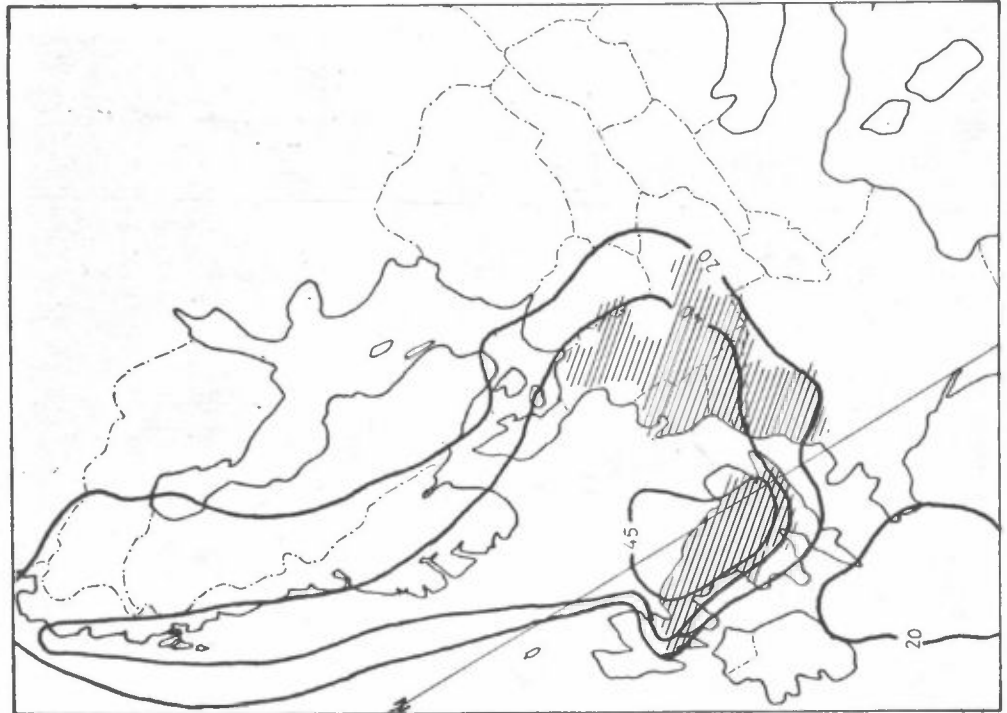
Fig. 14a En ser her at med 50% reduksjon av utslippene i Vest-Europa synker SO_2 -konsentrasjonen over store deler av Norge med 40%, mens den over resten av landet reduseres med 20 - 40%.

Fig. 14b Her har en brukt samme forsøksbetingelser som ovenfor, bortsett fra at en her har benyttet 2 døgns varslings-
tid istedetfor 4. Konsentrasjonene over Norge synker nå med 20%.

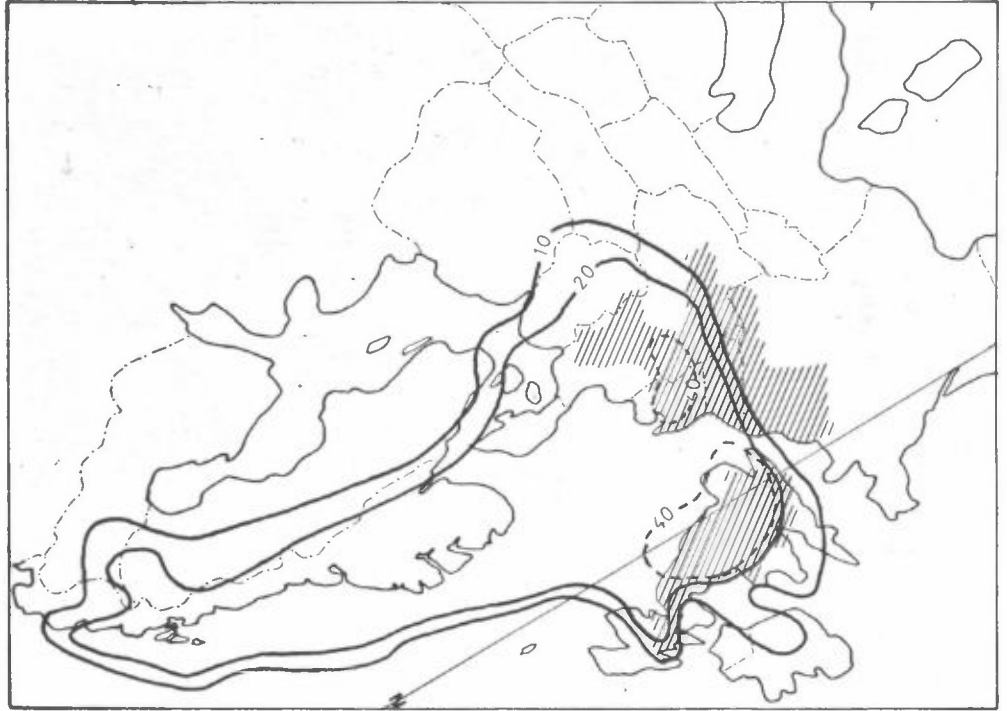
Fig. 15a Her vises forholdene når deler av Vest- og Øst-Europa samtidig reduserer utslippene med 50%. Over nesten hele Norge senkes SO_2 -konsentrasjonen med 40%.

Fig. 15b Dersom industrien i Vest-Europa går over til å bruke utelukkende lette fyringsoljer, vil en få en effekt som vist i figur 15b. Over hele Norge senkes konsentrasjonene med 20%.

Figur 14: Reduksjonskart for desember-episoden 24.12. 1972 kl. 00 GMT.
Tallene angir hvor mange prosent SO_2 -konsentrasjonen har sunket.
Utslippet er redusert i de skraverete områdene.

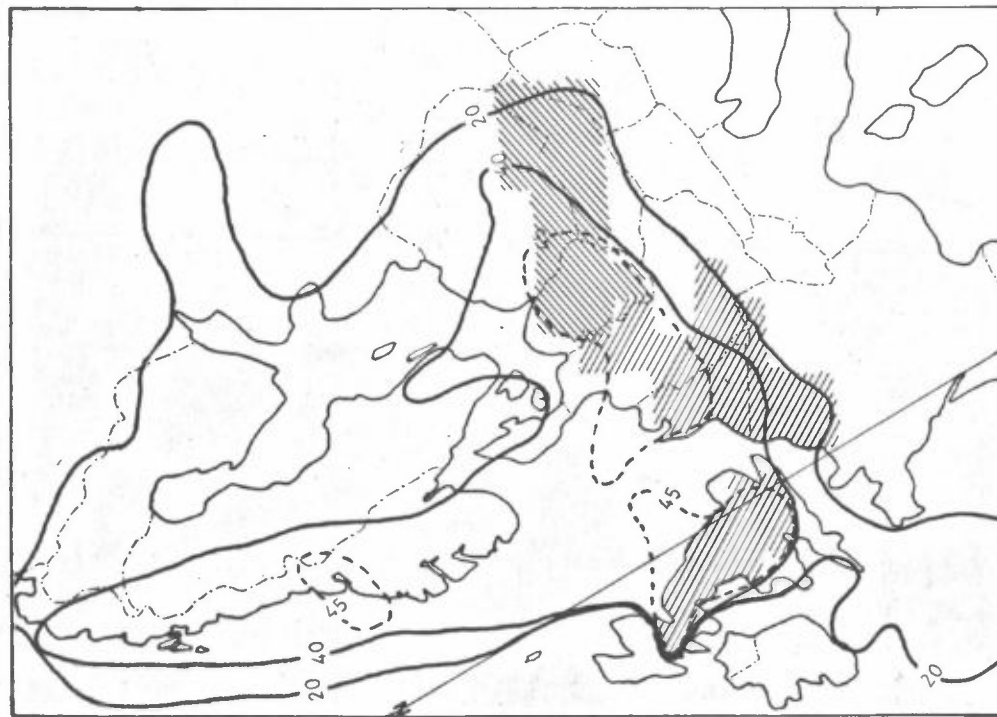


a) Utslippene i Vest-Europa er redusert med 50%, 4 døgnns varslingsstid

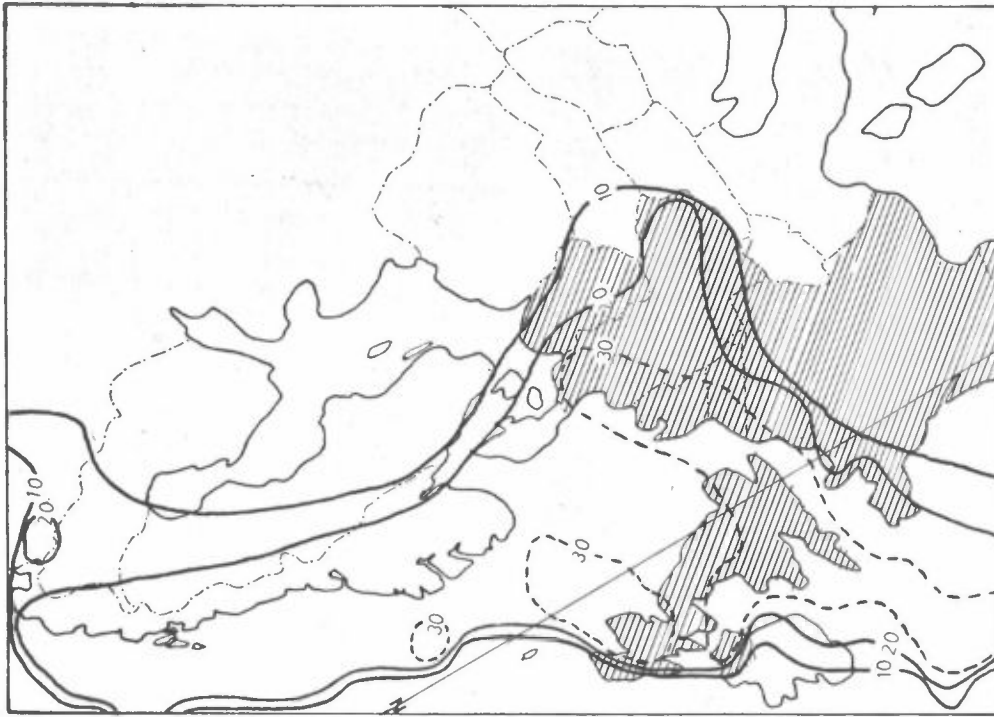


b) Utslippene i Vest-Europa er redusert med 50%, 2 døgnns varslingsstid

Figur 15: Reduksjonskart for desember-episoden 1972, den 24.12. kl. 00 GMT. Tallene angir hvor mange prosent SO_2 -konsentrasjonen har sunket. Utslippene er redusert i de skraverede områdene.



a) Utslippene i Vest- og Øst-Europa er redusert med 50%, 4 døgnns varslingsstid.



b) Utslippene i Vest-Europa redusert tilsvarende overgang fra tunge til lette fyringsoljer, 4 døgnns varslingsstid

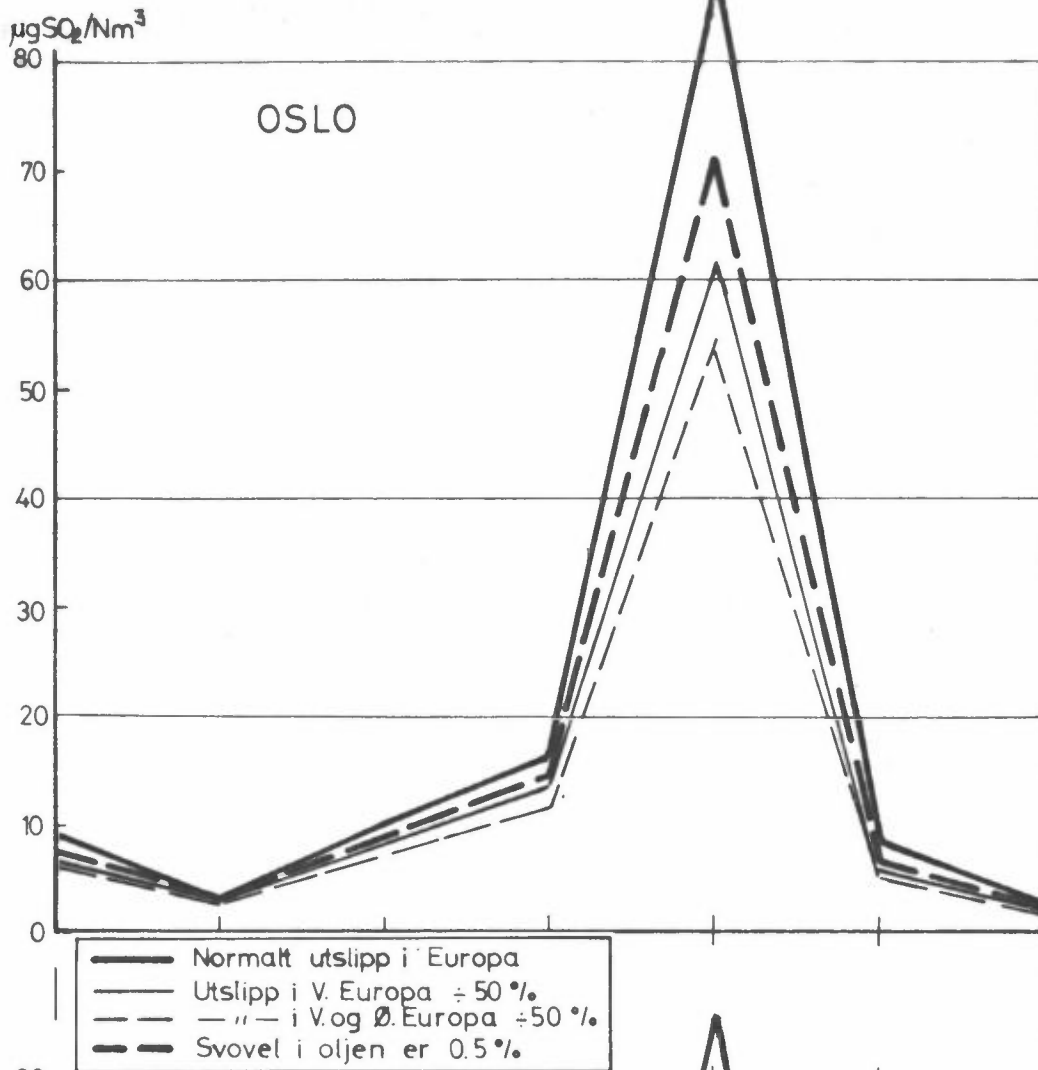
4.2.3 Tidsvariasjoner

På samme måte som for mars-episoden har en også her plukket ut en del gridpunkter med posisjoner tilsvarende målesteder i Skandinavia og studert SO₂-konsentrasjonen som funksjon av tiden. En må fortsatt være oppmerksom på at posisjonen ikke tilsvarende de angitte navnene helt.

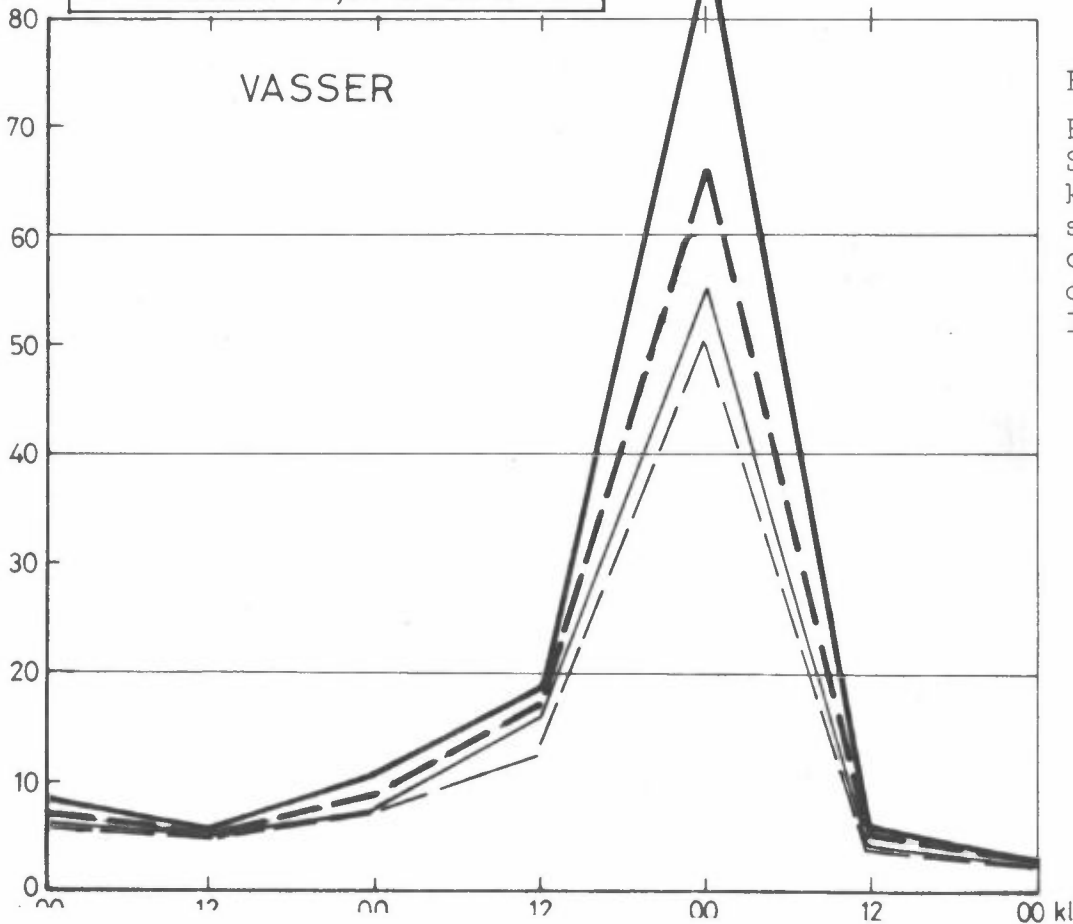
I figur 16 - 21 er SO₂-konsentrasjonen plottet som funksjon av tiden for de forskjellige posisjonene. Reduksjonen av forurensningstoppene er her av en helt annen størrelse enn under mars-episoden. Ved 50% reduksjon i Vest-Europa reduseres SO₂-konsentrasjonen i den vestlige del av Sør-Norge med hele 40%. Til sammenligning kan nevnes at høyeste reduksjon under mars-episoden i tilsvarende situasjon var 13%. Årsaken til denne forskjellen finner en ved å studere trajektoriene (se figur 12). Under desember-episoden transporteres luftmasser fra store emisjonsområder i Vest-Europa innover Norge, og følgelig vil reduksjoner i utslippet her få langt større effekt enn i mars-episoden (se figur 3). En oversikt over reduksjonene i maksimalkonsentrasjonene for en del stasjoner i desember 1972 er gitt i tabell 2 nedenfor.

Posisjon	Reduksjon i maksimalkonsentrasjonen når:			
	¹⁾ Utslipet i Vest-Europa reduseres med 50%	²⁾ Utslipet i Vest- og Øst-Europa reduseres med 50%	³⁾ Grensen for svovelinnholdet settes til 0,5%	⁴⁾ Betingelsene er som i punkt ¹⁾ , men med 2 døgnvarslingstid
Oslo	30,8%	39,4%	17,8%	20,3%
Vasser	35,6%	41,3%	21,7%	24,3%
Lyngør	40,1%	43,5%	24,7%	29,0%
Bergen	31,0%	42,9%	17,1%	13,9%
Søyland	24,5%	40,4%	13,7%	10,8%
Syd-Sverige	-	43,9%	-	-
Midlere reduksjon	32,4%	41,5%	19,0%	19,7%

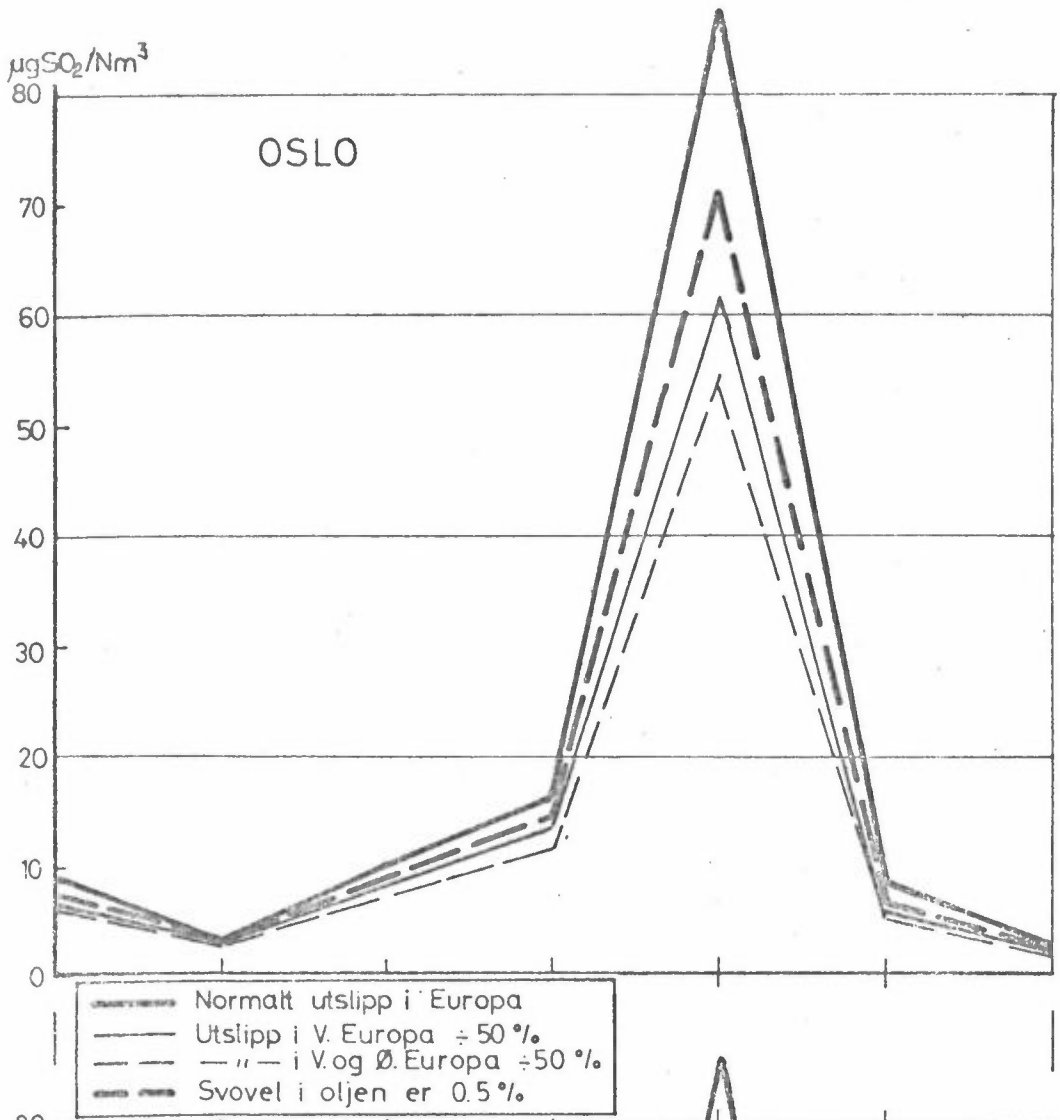
Tabell 2: Reduksjon i maksimalkonsentrasjonene over en del steder når utslippene i Europa reduseres. Desember 1972.



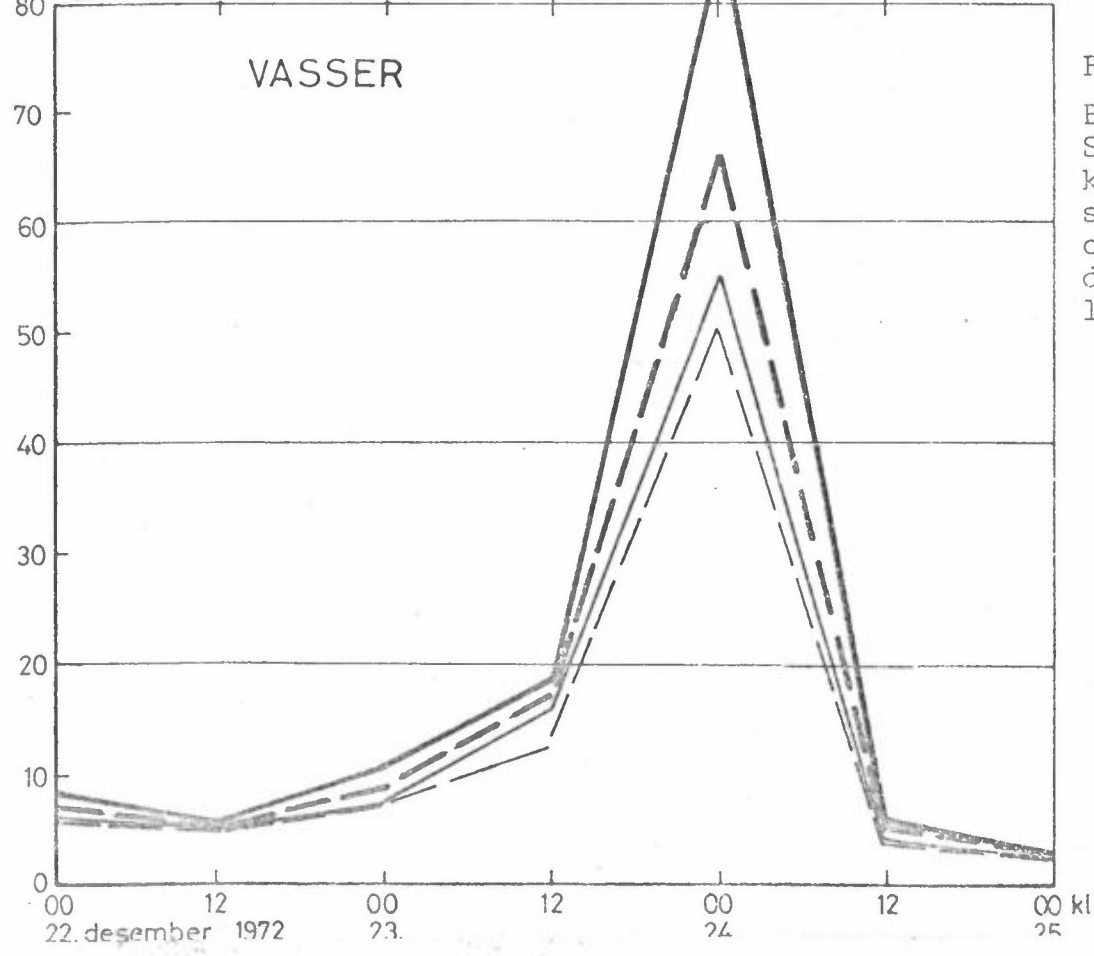
Figur 16:
Bregnede
SO₂-
konsentra-
sjoner
over Oslo,
desember
1972.



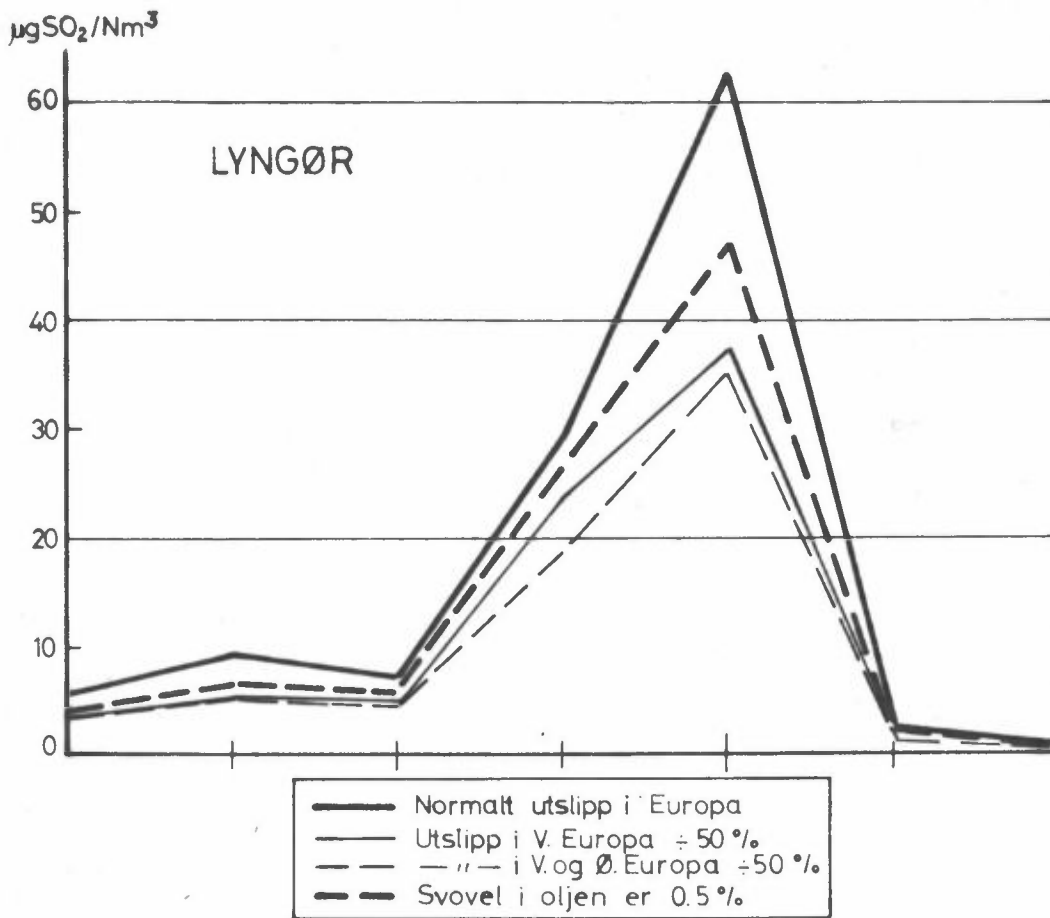
Figur 17:
Bregnede
SO₂-
konsentra-
sjoner
over Vasser,
desember
1972.



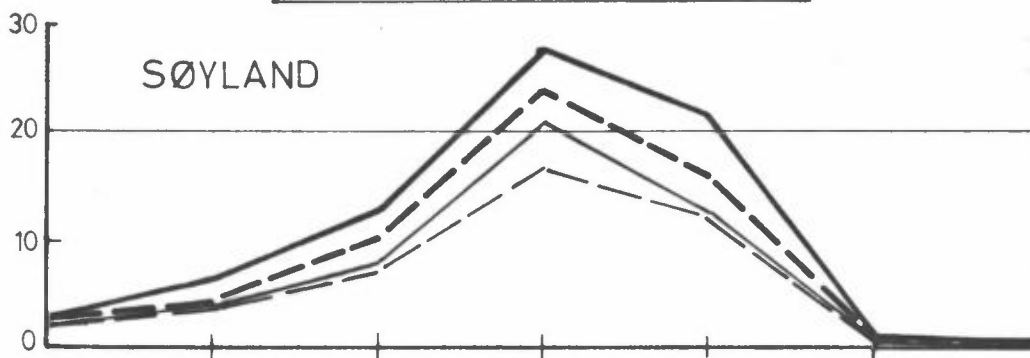
Figur 16:
Beregnete
SO₂-
konsentra-
sjoner
over Oslo,
desember
1972.



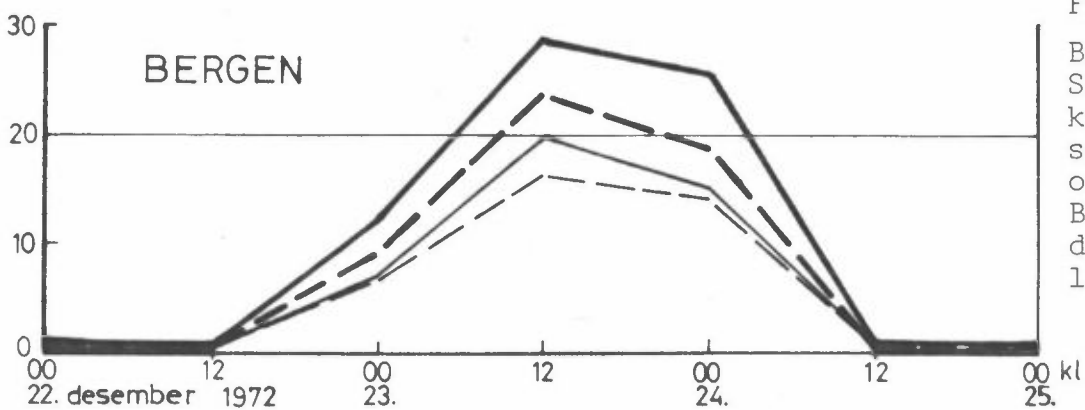
Figur 17:
Beregnete
SO₂-
konsentra-
sjoner
over Vasser,
desember
1972.



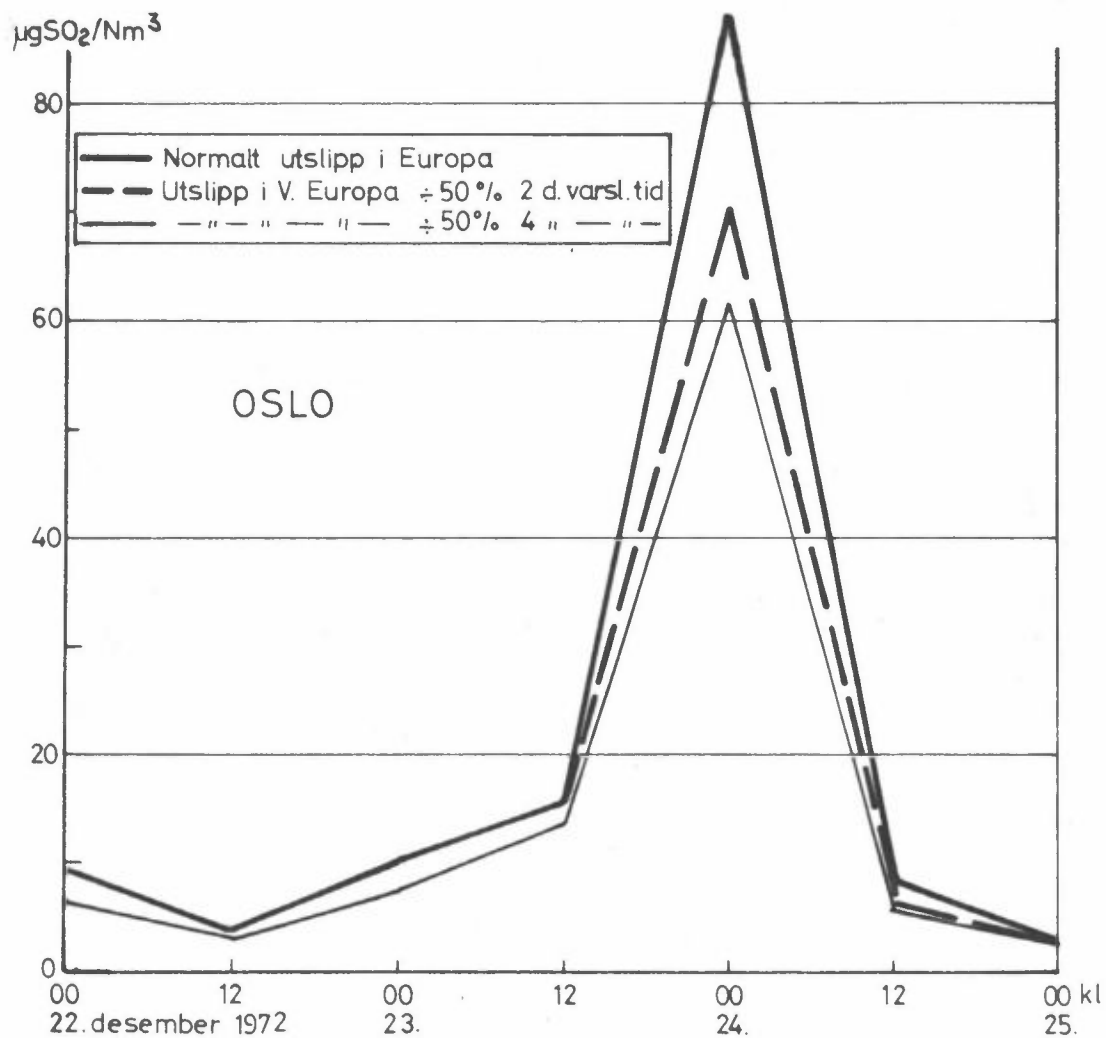
Figur 18:
Beregnete
SO₂-
konsentra-
sjoner
over
Lyngør,
desember
1972.



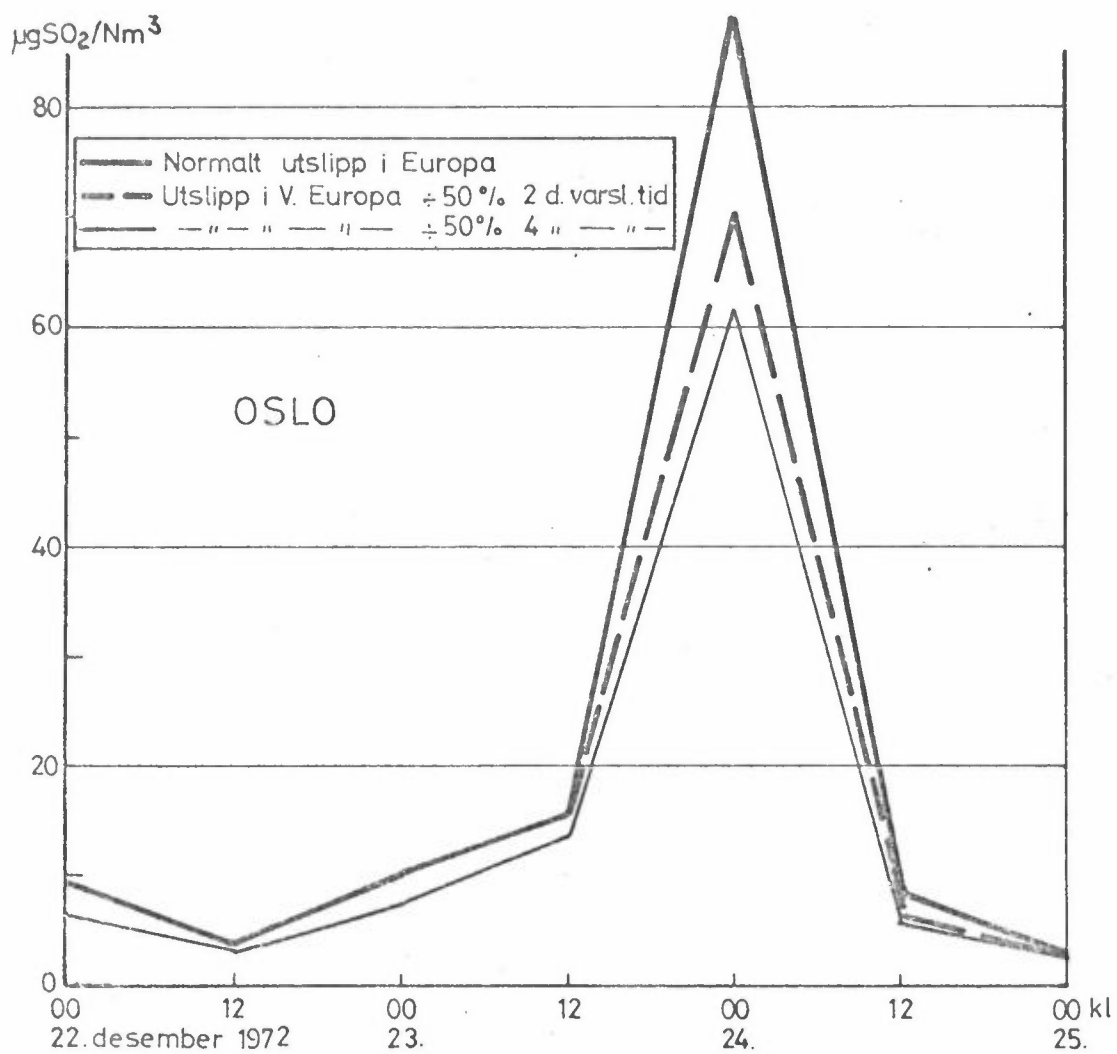
Figur 19:
Beregnete
SO₂-
konsentra-
sjoner
over
Søyland,
desember
1972.



Figur 20:
Beregnete
SO₂-
konsentra-
sjoner
over
Bergen,
desember
1972.



Figur 21: Beregnede reduksjoner over Oslo, desember 1972. Varslingstiden variert fra 2 - 4 døgn.



Figur 21: Beregnede reduksjoner over Oslo, desember 1972. Varslingstiden variert fra 2 - 4 døgner.

5 BEREGNEDE REDUKSJONER PÅ ÅRSBASIS

Hittil er det bare sett på reduksjonen i forurensningene over Norge for de enkelte episoder når SO₂-utslippene reduseres i Europa. Det kunne imidlertid være interessant å se hvilken effekt det har på årsbasis om en klarer å redusere episodenedfallene med 50% eventuelt 75%. En har derfor tatt for seg de tilgjengelige data for 1972 (5), og finner da at i følgende tidsrom kom det sterkt forurenset nedbør. 23. - 25. januar, 3. - 7. mars, 10. - 11., 15. og 28. - 30. april, 24. - 26. mai, 2.-6., 10. - 11. og 18. - 21. juni, 6. - 8. august, 9. september og 27. - 29. oktober.

Tar en spesielt for seg verdiene for nedfall av sterk syre ved de stasjoner som er gitt i tabell 3, side 36, finner en at i løpet av de 40 døgns episodene varte, kom hele 55% av årets totale nedfall av sterk syre i den svdlige og østlige delen av Sør-Norge. Dersom disse episodenedfallene kan reduseres til det halve, ved å redusere SO₂-utslippene i Europa over samme tidsrom som episodene varer, vil en få en reduksjon på ca 30% i årsnedfallet av sterk syre. Reduseres nedfallstoppene med opptil 75%, fås en reduksjon på ca 45% av årsnedfallet.

For episoder med vindretning direkte fra emisjonsområdet mot Norge vil 50% reduksjon i utslippene også gi 50% reduksjon av nedfallet. Oftest er forholdene mer kompliserte, og en må regne med en reduksjon av størrelsesorden 60 - 70% i utslippene for å oppnå 50% reduksjon i episodenedfallene. Det dreier seg med andre ord om store reduksjoner, men en skal her være oppmerksom på at utslippene bare tenkes redusert i like mange døgns som episodene varer, altså 40 - 50 av årets 365 døgns, noe som vil redusere kostnadene betraktelig.

Navn	Samlet nedfall pr måned (meq/m ² , måned)												Totalt nedfall 1972 meq/m ²	Nedfall i løpet av 40 episodedøgn meq/m ²	% av årsnedfall	Reduksjon	Episode- nedfallet reduseres 50% av årsnedfall	Episode- nedfallet reduseres 75% av årsnedfall	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des							
	Midlere reduksjon av årsnedfallet																		
N 01 Birkenes	5,88	9,55	11,51	13,56	4,92	10,96	3,08	5,34	6,0	2,46	1,77	8,61	83,64	48,32	57,8	24,16	28,9	36,24	43,3
N 03 Finsland	7,36	6,75	3,93	8,14	3,41	11,32	2,03	-0,66	5,53	2,05	1,13	7,7	58,69	40,57	69,1	20,29	34,6	30,43	51,8
N 05 Gjerstad	5,95	7,89	8,70	7,04	2,15	7,89	2,11	3,49	3,34	-0,95	0,11	4,79	52,51	35,65	67,9	17,83	34,0	26,74	50,9
N 06 Lista	4,49	5,00	3,86	7,22	2,88	8,71	5,52	4,39	2,45	-0,56	1,41	3,51	48,88	25,68	52,5	12,84	26,3	19,26	39,4
N 07 Mandal	2,57	7,56	7,82	8,65	4,04	11,90	2,85	6,1	4,19	0,94	3,43	5,81	65,86	37,14	56,4	18,57	28,2	27,86	42,3
N 08 Skreådalen	4,35	5,16	0,37	3,57	4,64	19,78	4,39	5,39	1,79	2,86	4,16	7,65	64,11	29,60	46,2	14,80	23,1	22,20	34,6
N 09 Søyland	2,14	2,32	0,67	2,12	1,21	9,37	2,89	1,51	2,31	1,01	0,97	3,91	30,43	14,31	47,0	7,16	23,5	10,73	35,3
N 10 Tovdal	6,09	6,34	7,22	10,54	3,41	9,45	1,55	4,26	2,67	0,72	0,68	5,71	58,64	36,43	62,1	18,22	31,1	27,32	46,6
N 16 Tågmyra	0,30	0,94	1,15	1,42	0,64	4,21	-0,62	1,32	0,51	-0,10	-0,09	0,34	10,02	7,05	70,4	3,53	35,2	5,29	52,8
N 17 Kjeller				4,27	2,45	6,21	1,94	3,75	2,33	0,66	0,13	3,89	25,63	11,70	45,6	5,85	22,8	8,78	34,3
N 18 Løken			1,38	3,26	3,10	4,24	0,72	5,55	2,73	1,16	1,04	4,31	27,49	10,88	39,6	5,44	19,8	8,16	29,7
N 19 Bislingen				6,77	2,12	7,52	-4,98	13,02	-2,29	-1,64	-0,08	1,38	21,82	20,32	93,1	10,16	46,6	15,24	69,8
N 20 Grimelid				6,11	3,42	6,92	1,78	2,41	0,8	0,55	0,40	1,85	24,24	13,05	53,8	6,53	26,9	9,79	40,4
N 21 Norefjell				6,97	4,75	9,75	2,24	2,24	1,61	0,65	-0,36	2,14	29,99	17,04	56,8	8,52	28,4	12,78	42,6
N 22 Vasser					1,57	4,98	4,43	21,2	5,9	0,78	1,51	3,11	43,48	18,34	42,2	9,17	21,1	13,76	31,6
N 23 Lyngør					2,02	5,99	1,11	9,28	4,87	1,25	0,64	2,07	27,23	16,18	59,4	8,09	29,7	12,14	44,6
																	28,8		43,1

Tabell 3: Samlet nedfall av sterk syre 1972.

DISKUSJON

Desember-episoden gir med 50% reduksjon i Vest-Europa helt andre utslag enn mars-episoden. Det kunne vært av interesse å se resultatet for henholdsvis 25% og 75% reduksjon i utslippene. Dette kan imidlertid med en viss usikkerhet anslås ut fra kjennskap til modellens oppbygning. Når 50% gir en midlere reduksjon på 32%, vil 75% og 25% gi reduksjoner av størrelse 48% og 16%, forutsatt at reduksjonsområdet er det samme i de 3 tilfellene.

Det har også vært diskutert om en skulle prøve å kjøre beregningene med reduksjon i et mindre område på kontinentet, f eks område nr 1 i figur 2. Utfallet av en slik beregning kan imidlertid anslås på lignende måte som ovenfor. Det lille område (område 1) ligger jo fullstendig omsluttet av område 2 så de meteorologiske forhold ville ikke endres. Ut fra kjennskap til forholdet mellom utslippene fra de to områdene kan en anslå at i det siste tilfellet vil en få en reduksjon på ca 25%.

At varslingstiden har stor betydning viser tabell 2, side 31. Forsøk 1) og 4) er identiske bortsett fra varslingstiden, som er henholdsvis 4 døgner og 2 døgner. Dvs beregningene startet på samme tidspunkt, 20.12. kl. 00 GMT, men i forsøk 4) kjørte en med normalt utslipp fram til 22.12. kl. 12 GMT, fra da av ble utslippene redusert med 50%.

I dette tilfelle, desember-episoden 1972, gir 4 døgns varsel en reduksjon i emisjonen på ca 30%, mens 2 døgns varsel gir ca 20% reduksjon. Med halvannet døgns varsel var reduksjonen kun 13%. Denne effekt er imidlertid sterkt avhengig av vindhastigheten. Hvis den øker, kan varslingstiden reduseres.

Forskjellen i utfallet av beregningene som er gjennomført for de to episodene som her er behandlet, viser tydelig at de meteorologiske forhold under episoden er avgjørende for

effekten av de tiltak som treffes. Pålitelige værvarsler er derfor en absolutt betingelse for et eventuelt internasjonalt varslingsystem.

Under punkt 5 ble det foretatt en beregning av hvor mye årsnedfallet reduseres dersom episodenedfallet reduseres til det halve. Skal en komme med mer realistiske vurderinger av mulige reduksjoner på årsbasis, må en ha et langt bredere grunnlag å bygge på enn hva tilfellet er her. På grunn av sprengt kapasitet ved regneanlegget har det ikke vært mulig å kjøre flere enn disse to forsøksseriene. Forsøkene viser imidlertid hva en kan oppnå, men gir ikke grunnlag for slutninger av mer vidtrekkende betydning.

For tiden arbeides det med en statistikk over hyppigheten av de forskjellige forurensningssituasjoner. Når denne blir tilgjengelig, vil det være mulig å si noe mer sikkert om mulige reduksjoner på årsbasis ut fra kjennskap til den statistiske fordeling av de forskjellige episodetyper.

Med de forutsetninger som her er brukt, synes det som om modellberegningene gir høyere verdier for SO_2 -konsentrasjonene enn målingene. I perioder med sterk nedbør er dette rimelig, da vi vil få en stor grad av utvasking. Uoverensstemmelsene synes imidlertid å opptre ellers også, noe som tyder på at modellen ikke er helt tilfredsstillende. Dette er noe en er klar over ved NILU, og det arbeides stadig med å forbedre modellene. Her må en imidlertid som tidligere nevnt, også ta i betraktning at beregningene gir midlere SO_2 -konsentrasjon i luften opp til ca. 1000 meters høyde, mens målingene gir døgnmiddelverdier i bakkenivå. Flymålinger ville trolig gitt et bedre sammenligningsgrunnlag, dette understreker betydningen av målinger fra fly.

Selv om absoluttverdiene ikke er korrekte, gir beregningene likevel et svar på hvordan konsentrasjonene endres når utslippene reduseres på ulike måter. De relative resultater antas å ha full gyldighet.

effekten av de tiltak som treffes. Pålitelige værvarsler er derfor en absolutt betingelse for et eventuelt internasjonalt varslingsystem.

Under punkt 5 ble det foretatt en beregning av hvor mye årsnedfallet reduseres dersom episodenedfallet reduseres til det halve. Skal en komme med mer realistiske vurderinger av mulige reduksjoner på årsbasis, må en ha et langt bredere grunnlag å bygge på enn hva tilfellet er her. På grunn av sprengt kapasitet ved regneanlegget har det ikke vært mulig å kjøre flere enn disse to forsøksseriene. Forsøkene viser imidlertid hva en kan oppnå, men gir ikke grunnlag for slutninger av mer vidtrekkende betydning.

For tiden arbeides det med en statistikk over hyppigheten av de forskjellige forurensningssituasjoner. Når denne blir tilgjengelig, vil det være mulig å si noe mer sikkert om mulige reduksjoner på årsbasis ut fra kjennskap til den statistiske fordeling av de forskjellige episodetyper.

Med de forutsetninger som her er brukt, synes det som om modellberegningene gir høyere verdier for SO_2 -konsentrasjonene enn målingene. I perioder med sterk nedbør er dette rimelig, da vi vil få en stor grad av utvasking. Uoverensstemmelsene synes imidlertid å opptre ellers også, noe som tyder på at modellen ikke er helt tilfredsstillende. Dette er noe en er klar over ved NILU, og det arbeides stadig med å forbedre modellene. Her må en imidlertid som tidligere nevnt, også ta i betraktning at beregningene gir midlere SO_2 -konsentrasjon i luften opp til ca. 1000 meters høyde, mens målingene gir døgnmiddelverdier i bakkenivå. Flymålinger ville trolig gitt et bedre sammenligningsgrunnlag, dette understreker betydningen av målinger fra fly.

Selv om absoluttverdiene ikke er korrekte, gir beregningene likevel et svar på hvordan konsentrasjonene endres når utslippene reduseres på ulike måter. De relative resultater antas å ha full gyldighet.

Den foretatte analyse av oljeforbruket i Vest-Europa viser at selv om alle forbrukere går over fra tunge til lette fyringsoljer gir ikke dette tilstrekkelig reduksjon i utslippene til at forurensningssituasjonen over Skandinavia bedres i vesentlig grad.

Kullforbruket i Europa er fortsatt stort. England og Vest-Tyskland er de land i Vest-Europa som slipper ut de største mengder SO₂ til atmosfæren, og her kommer henholdsvis 57% og 51% av utslippene fra kullforbrenning. En vurdering av mulige rensetiltak for disse utslippene må foretaes for å kunne si noe om realistiske muligheter for reduksjoner i utslippene.

7 KONKLUSJON

De meteorologiske forhold er avgjørende for effekten av en begrensning i utslippene, og pålitelige værvarsler er en betingelse for å gjennomføre en slik korttidsbegrensning.

Varslingstiden, dvs. tiden fra en episode varsles til den inntreer, har stor betydning for effekten av de begrensende tiltak.

Undersøkelsen gir ikke grunnlag for slutninger om mulige reduksjoner i nedfallet på årsbasis. Til det kreves et langt bredere forsøksmateriale samt en statistisk oversikt over hyppigheten av de forskjellige episodetyper.

Forsøkene viser at med 50% reduksjon av utslippene i Vest-Europa kan en få en reduksjon på 40% i konsentrasjonene over Norge. Under mars-episoden 1972 passerte luftmassene fra kontinentet utenfor Norge, og reduksjoner i utslippene hadde følgelig liten effekt her.

8 LITTERATURHENVISNINGER

- (1) Ad hoc study on air pollution from fuel combustion in stationary sources. The Main Conclusions of the situation as an Appraisal of the situation as disclosed by the Study.
OECD PAC/70.8 (Final Revision), Paris 28th July 1972.
- (2) Papers and notes presented at the specialist meeting on the atmospheric dispersion of air pollutants.
Gausdal 25 - 27 september 1973.
Saltbones, J: A Description of the sector model.
- (3) Eliassen, A.,
Saltbones, J. Ibidem.
A one-layer Lagrangian model for the description of air pollution transport on a large scale.
- (4) Saltbones, J. Emission grid for SO₂ in Europe.
The OECD-project Cooperative Technical Programme to Measure the Long Range Transport of Air Pollutants. Development of the project and preliminary results.
NILU, januar 1973.
- (5) Schjoldager, J. Svovelforurensninger i luft og nedbør ved norske bakgrunnstasjoner.
NILU, Teknisk notat nr 52/73, april 1973.
- (6) Air Management Sector Group.
Survey on Regional Sulphur Dioxide Emission.
NR/ENV/72 44 (Final Revision)
OECD, Paris 22nd June 1973.

8 LITTERATURHENVISNINGER

- (1) Ad hoc study on air pollution from fuel combustion in stationary sources. The Main Conclusions of the situation as an Appraisal of the situation as disclosed by the Study.
OECD PAC/70.8 (Final Revision), Paris 28th July 1972.
- (2) Papers and notes presented at the specialist meeting on the atmospheric dispersion of air pollutants.
Gausdal 25 - 27 september 1973.
Saltbones, J: A Description of the sector model.
- (3) Eliassen, A.,
Saltbones, J. Ibidem.
A one-layer Lagrangian model for the description of air pollution transport on a large scale.
- (4) Saltbones, J. Emission grid for SO₂ in Europe.
The OECD-project Cooperative Technical Programme to Measure the Long Range Transport of Air Pollutants. Development of the project and preliminary results.
NILU, januar 1973.
- (5) Schjoldager, J. Svovelforurensninger i luft og nedbør ved norske bakgrunnstasjoner.
NILU, Teknisk notat nr 52/73, april 1973.
- (6) Air Management Sector Group.
Survey on Regional Sulphur Dioxide Emission.
NR/ENV/72 44 (Final Revision)
OECD, Paris 22nd June 1973.

BILAG 1
SEKTORMODELLEN
OG
LAGRANGE'S MODELL

42 blank

1 SEKTORMODELLEN

Sektormodellen kan karakteriseres som en modifisert Euler-modell, og beskrives av ligning [1] :

$$\frac{\delta q}{\delta t} = \dot{Q} - C(q) - \nabla_h \cdot (q \vec{v}_h) \quad [1]$$

(a) (b) (c)

hvor

$$q = \frac{M_{SO_2}}{M_{luft}}, \text{ blandingsforholdet av } SO_2 \text{ i luften.}$$

$$\vec{v}_h = \text{horisontal vindhastighet.}$$

$$\frac{\delta q}{\delta t} = \text{den lokale forandring i blandingsforholdet med tiden.}$$

$$\dot{Q} = (a) = \text{kilde for } q.$$

$$C(q) = (b) = \text{tap av } q.$$

$$\nabla_h \cdot (q \vec{v}_h) = (c) = \text{transport av } q \text{ ved hjelp av forandringer av } (q \vec{v}_h) \text{ i rommet.}$$

Prinsippet bygger på at massen er konstant, slik at en i et rutenett får at det som går ut av en rute er lik det som går inn i naborutene. Rutenettet er her fast, mens massen av SO_2 beveger seg gjennom rutene. Modellen vil behandle transporten noe forskjellig avhengig av om vinden blåser langs gridaksene eller på skrå i forhold til dem. Blåser vinden på skrå i forhold til gridaksene vil en få en diffusjon av blandingsforholdet til sidene, fordi det som går ut av en rute må deles mellom flere naboruter beliggende i vindretningen. En transport langs gridaksene vil ikke gi noen slik spredning. Det er forsøkt å korrigere for dette, men en har ennå ikke oppnådd å behandle spredningen i alle retninger helt likt. Fordelene ved modellen er at den krever liten plass og kort tid i regnemaskinen.

2 LAGRANGE'S MODELL

I denne modellen beskrives transporten av luften ved vindtrajektoriene (vindbanene), og er derfor uavhengig av det koordinatsystem som brukes. En betrakter her en "luftpakke" med en referansepartikkel. Denne beveger seg med vinden, tilføres og avgir SO_2 på sin vei, og deformeres fra sin opprinnelige form avhengig av de meteorologiske forhold. Antallet referansepartikler er lik antallet gridruter, og ved start befinner hver referansepartikkel seg i midten av gridruten, og dens korresponderende SO_2 -konsentrasjon er satt lik null. Så foretas en tidsintegrasjon, som for hvert tidsintervall omfatter følgende: Hver referansepartikkel beholder sin posisjon i gridruten i et tidsintervall. Derpå flyttes den momentant langs trajektoriene til sin nye posisjon, hvor den blir i løpet av det neste tidsintervall. Under oppholdet i en posisjon forandres SO_2 -konsentrasjonen med mengden Δq_i :

$$\Delta q_i = \left(\frac{Q_i}{H_i} - k_1 q_i - k_2 q_i^2 \right) \Delta t$$

hvor

Q_i = SO_2 -kildestyrken ved partikkelens posisjon (masse SO_2 /areal \cdot tid).

H_i = blandingshøyden.

k_1, k_2 = konstanter til tapfunksjonen.

Δt = tidsintervallet (lh).

2 LAGRANGE'S MODELL

I denne modellen beskrives transporten av luften ved vindtrajektoriene (vindbanene), og er derfor uavhengig av det koordinatsystem som brukes. En betrakter her en "luftpakke" med en referansepartikkel. Denne beveger seg med vinden, tilføres og avgir SO_2 på sin vei, og deformeres fra sin opprinnelige form avhengig av de meteorologiske forhold. Antallet referansepartikler er lik antallet gridruter, og ved start befinner hver referansepartikkel seg i midten av gridruten, og dens korresponderende SO_2 -konsentrasjon er satt lik null. Så foretas en tidsintegrasjon, som for hvert tidsintervall omfatter følgende: Hver referansepartikkel beholder sin posisjon i gridruten i et tidsintervall. Derpå flyttes den momentant langs trajektoriene til sin nye posisjon, hvor den blir i løpet av det neste tidsintervall. Under oppholdet i en posisjon forandres SO_2 -konsentrasjonen med mengden Δq_i :

$$\Delta q_i = \left(\frac{Q_i}{H_i} - k_1 q_i - k_2 q_i^2 \right) \Delta t$$

hvor

Q_i = SO_2 -kildestyrken ved partikkelens posisjon (masse SO_2 /areal \cdot tid).

H_i = blandingshøyden.

k_1, k_2 = konstanter til tapfunksjonen.

Δt = tidsintervallet (lh).

BILAG 2
BEREGNET REDUKSJON I UTSLIPP

46 blank



BEREGNET REDUKSJON I UTSLIPP

For England, Nederland, Belgia, Tyskland og Frankrike har en foretatt en analyse av oljeforbruket og ut fra dette beregnet mulige reduksjoner i SO₂-utslippet ved at 0,5% settes som øvre grense for svovelinnholdet i oljen. Har her tatt utgangspunkt i OECD's rapport: "Survey on Regional Sulphur Dioxide Emission" (6). Denne bygger på nasjonale rapporter fra deltagerlandene i OECD-prosjektet, "Air Pollution from Fuel Combustion in Stationary Sources". Denne rapporten gir forbruksdata for 1968, og disse er omregnet til 1972 ved å bruke den vekstrate som er angitt i prognosene i de forskjellige lands nasjonale rapporter. Vekstraten er i de fleste tilfeller forskjellig innen de forskjellige sektorer. I tilfeller hvor den nasjonale rapport ikke har vært tilgjengelig har en regnet med en vekst i oljeforbruket på 4% pr år.

I den nasjonale rapport for England oppgis ingen entydige prognoser da England er i en litt spesiell stilling når det gjelder strukturen av det framtidige energiforbruk. Som følge av Nordsjø-funnene regner en med en økning i gassforbruket, stagnasjon i kullforbruket og redusert vekst i oljeforbruket. Men hvor sterk innflytelse Nordsjø-funnene egentlig kommer til å få, og når en vil merke effekten av dem, er for tidlig å si noe om enda. For perioden 1968 - 1972 har en derfor regnet med en vekst på 4% pr år i oljeforbruket og en stagnasjon i kullforbruket, gassforbruket er uinteressant i denne sammenheng da det ikke bidrar nevneverdig til SO₂-emisjonen.

Tyskland oppgir ikke et differensiert nok forbruksmønster. For industrien oppgis f eks kun totalt energiforbruk pr delstat, dvs olje, gass og kull samlet. Den nasjonale rapport oppgir imidlertid hvor stor del av industriens energiforbruk

som er olje og ut fra dette er oljeforbruket pr delstat beregnet. Dette må nødvendigvis gi store usikkerhetsmomenter, for på denne måten blir den oljeforbrukende industri fordelt jevnt utover hele landet, mens den sannsynligvis er mer konsentrert i enkelte delstater enn i andre.

Reduksjonen utjevnes på landsbasis, men en får ikke inn den mulige effekt av kildenes geografiske beliggenhet. På den annen side har Vest-Tyskland et meget stort kullforbruk, de oppgir et svovelinnhold i tungoljen på 1,8% og i fyringsoljen 0,5%, så sett i relasjon til totalutslippet er det relativt lite å vinne ved å senke svovelinnholdet i oljen til 0,5%. På denne måten får også de mulige feilplasseringer av oljeforbrukende industri mindre betydning.

Resultatet av disse beregningene er vist i tabell 4, side 49. hvor den %-vise reduksjon for de forskjellige regioner oppgis. Emisjonskartet for Europa ble tilsvarende redusert og satt inn i Sektormodellen og kjørt på desember-episoden 1972. Resultatet er vist i figur 25 - 29. Plukker en ut forskjellige posisjoner i Norge og ser de beregnede konsentrasjoner som resultat av dette finner en at reduksjonen varierer fra 14% til 24% (se tabell 2, side 31).

som er olje og ut fra dette er oljeforbruket pr delstat beregnet. Dette må nødvendigvis gi store usikkerhetsmomenter, for på denne måten blir den oljeforbrukende industri fordelt jevnt utover hele landet, mens den sannsynligvis er mer konsentrert i enkelte delstater enn i andre.

Reduksjonen utjevnes på landsbasis, men en får ikke inn den mulige effekt av kildenes geografiske beliggenhet. På den annen side har Vest-Tyskland et meget stort kullforbruk, de oppgir et svovelinnhold i tungoljen på 1,8% og i fyringsoljen 0,5%, så sett i relasjon til totalutslippet er det relativt lite å vinne ved å senke svovelinnholdet i oljen til 0,5%. På denne måten får også de mulige feilplasseringer av oljeforbrukende industri mindre betydning.

Resultatet av disse beregningene er vist i tabell 4, side 49. hvor den %-vise reduksjon for de forskjellige regioner oppgis. Emisjonskartet for Europa ble tilsvarende redusert og satt inn i Sektormodellen og kjørt på desember-episoden 1972. Resultatet er vist i figur 25 - 29. Plukker en ut forskjellige posisjoner i Norge og ser de beregnede konsentrasjoner som resultat av dette finner en at reduksjonen varierer fra 14% til 24% (se tabell 2, side 31).

Tabell 4: Reduksjon i industrielt utslipp når svovelinnholdet senkes til 0,5%.
 Industrielt utslipp = kontinuerlig utslipp + 50% av utslippene fra Power Plants.

	% reduksjon i utslippene		% reduksjon i utslippene
<u>England</u>		<u>Nederland</u>	
Scotland	35,6	Over hele landet	
North Ireland	40,6	reduseres	
Northern	23,2	utslippene med	51,2
Yorkshire Humberside	18,4	<u>Belgia</u>	
North Western	37,2	Over hele landet	
Wales	40,6	reduseres	
West Midland	22,7	utslippene med	41,0
East Midland	10,0	<u>Luxembourg</u>	
East Anglia	33,4	Over hele landet	
South Western	42,9	reduseres	
South Eastern	33,8	utslippene med	37,0
<u>Vest-Tyskland</u>			
Schleswig-Holstein	28,9		
Hamburg	34,8		
Nedre Sachsen	28,5		
Bremen	34,9		
Rhin-Westfalen	12,7		
Hessen	33,4		
Rhinland	31,9		
Baden Wurtemberg	40,5		
Prøyssen	33,6		
Saarland	10,9		
West Berlin	30,6		
<u>Frankrike</u>			
Paris distr.	29,6		
Champagne	9,6		
Picardie	27,6		
Haute Normandie	47,5		
Centre	16,8		
Nord	25,1		
Lorraine	17,2		
Alsace	28,2		
Franche Cornte	25,2		
Basse Normandie	37,6		
Pays de la Lorraine	46,4		
Bretagne	26,5		
Poiton Charentes	34,4		
Bourgogne	17,4		

BILAG 3

BEREGNINGER MED REDUSERTE UTSLIPP
MARS-EPISODEN 1972

52 blank

Figur 22 viser situasjonen 4.3. kl. 00 GMT. Med normalt utslipp (figur 22a) ligger konsentrasjonen mellom 13 og 26 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ på Sørlandskysten, mens den ellers i landet er lav, under 10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

I figur 22b er utslippene i Mellom-Europa (område 1 i figur 1, side 10) redusert med 25%. Dette har ingen virkning på forholdene over Norge fordi trajektoriene går vestenfor. I figur 22c og 22d er utslippene redusert med henholdsvis 50% og 75%, og det er først når reduksjonen kommer opp i 75% at en får noen effekt på kyststrøkene i Sør-Norge. I figur 22e er utslippene i deler av Vest-Europa og Øst-Europa (område 1 + 2 i figur 1) redusert med 50% samtidig. Dette har en viss effekt og bare en mindre del av Sørlandskysten har nå en konsentrasjon mellom 13 og 26 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Ellers i landet er forholdene uforandret.

Figur 23 Den 4.3. kl. 12 GMT stiger SO_2 -konsentrasjonen over Norge noe, og over størsteparten av Sør-Norge er den nå ca 26 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. I døgnet mellom 4. og 5. mars ble det målt SO_2 -konsentrasjoner på 23 - 24 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ på Sørlandet, dette stemmer godt med beregningene.

At utslippene i Mellom-Europa reduseres med 25% har ingen effekt over Norge (figur 23b). Når utslippene reduseres med 50% og 75%, blir det tydelig lavere konsentrasjoner over sør-vestlige deler av Norge (figur 23c og 23d). Når Øst- og Vest-Europa begge reduseres med 50%, blir effekten over Norge omtrent den samme som når bare Vest-Europa reduseres med 75%. Over Sverige har det større effekt at også Øst-Europa reduserer utslippene.

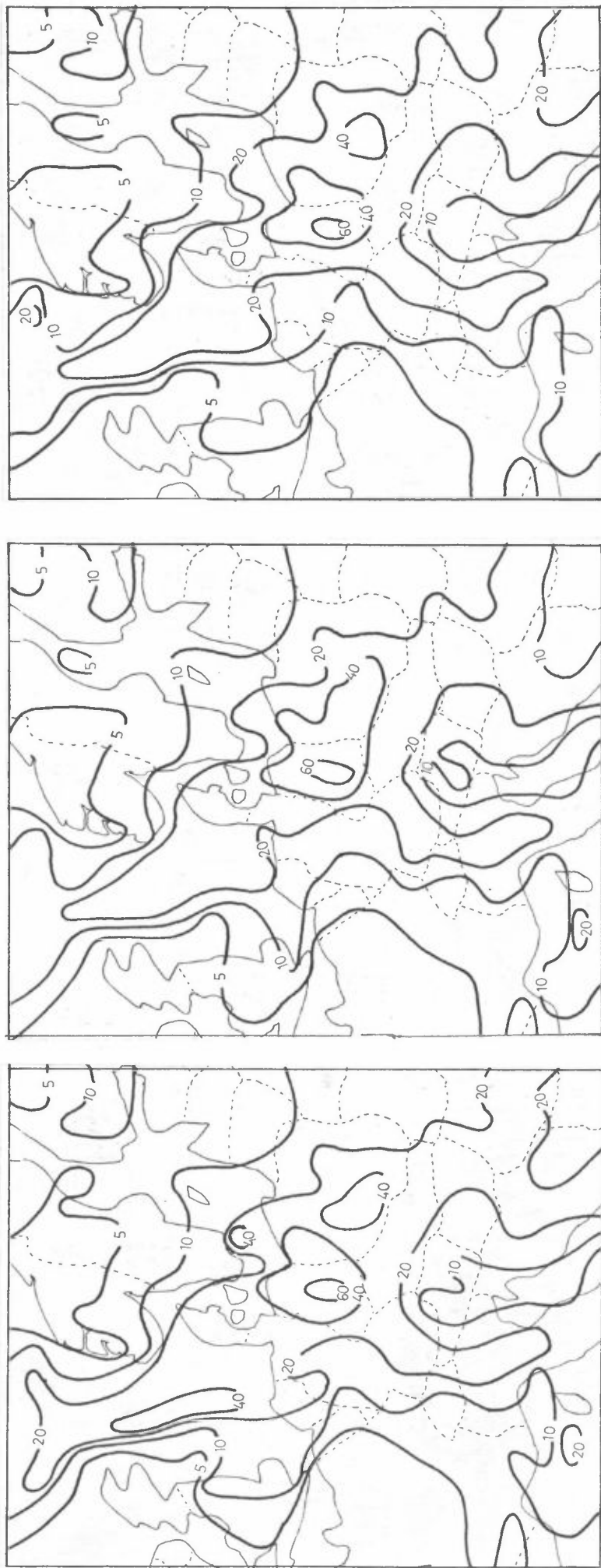
Figur 24 Den 5.3. kl. 00 GMT er konsentrasjonen over Østlandsområdet oppe i 52 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. At utslippene i Vest-Europa reduseres med 25% har som tidligere liten effekt over Norge. 50% og 75% reduksjon gir tydelige utslag, men forskjellen mellom virkningene av 50% og 75% reduksjon er meget liten. At Øst-Europa trekkes inn synes å ha liten betydning for situasjonen over Norge.

Figur 25 Episoden har nå nådd sitt maksimum og over storparten av Sør-Norge er konsentrasjonen mellom 26 og 52 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, mens et område på Sørlandet har konsentrasjoner godt over 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Dette området reduseres allerede ved 25% reduksjon av utslippene i Vest-Europa, og blir helt borte når kildefeltet reduseres ytterligere. Mengden forurensning over landet ellers avtar betraktelig når utslippene reduseres med 75% i Vest-Europa eller 50% i Vest- og Øst-Europa samtidig (figur 25c og 25d). Etter den 5. mars synker konsentrasjonene og episoden ansees å være over.

FIGUR 22

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

4.3. 1972 kl. 00 GMT



a) Normalt kildefelt.

b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 25%.

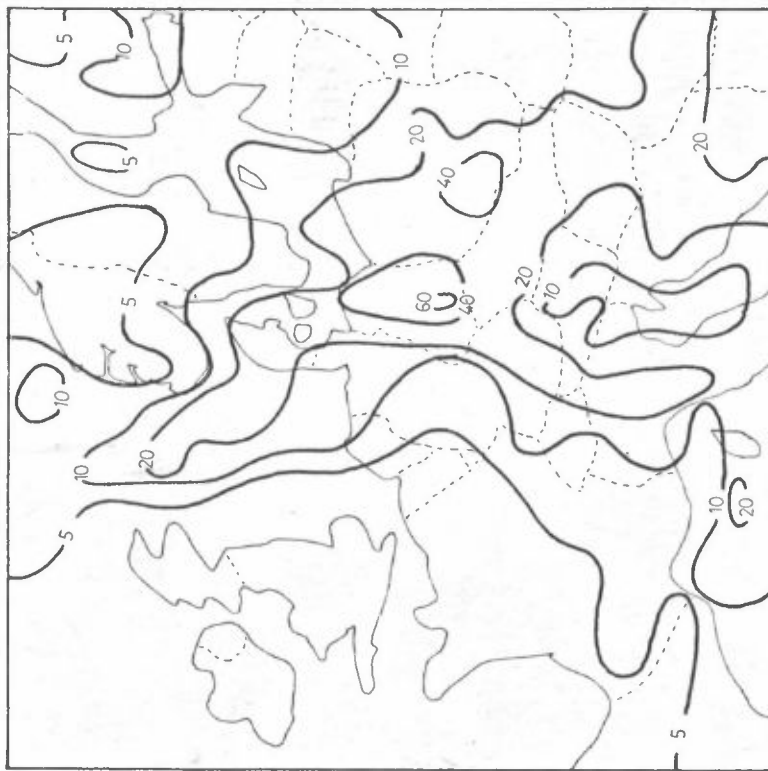
c) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.

FIGUR 22

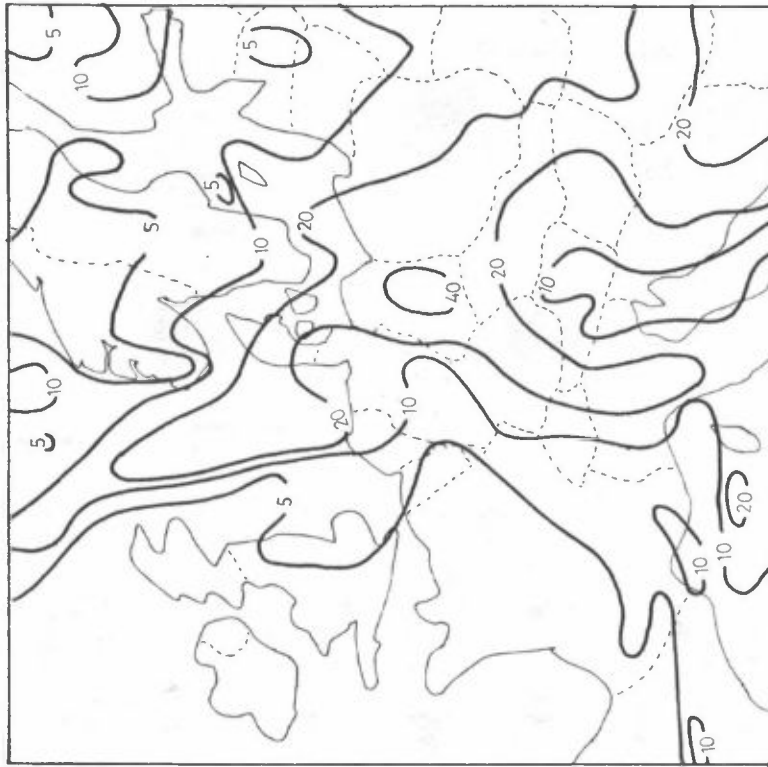
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

4.3. 1972 kl. 00 GMT

(fortsetter)



d) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 75%.



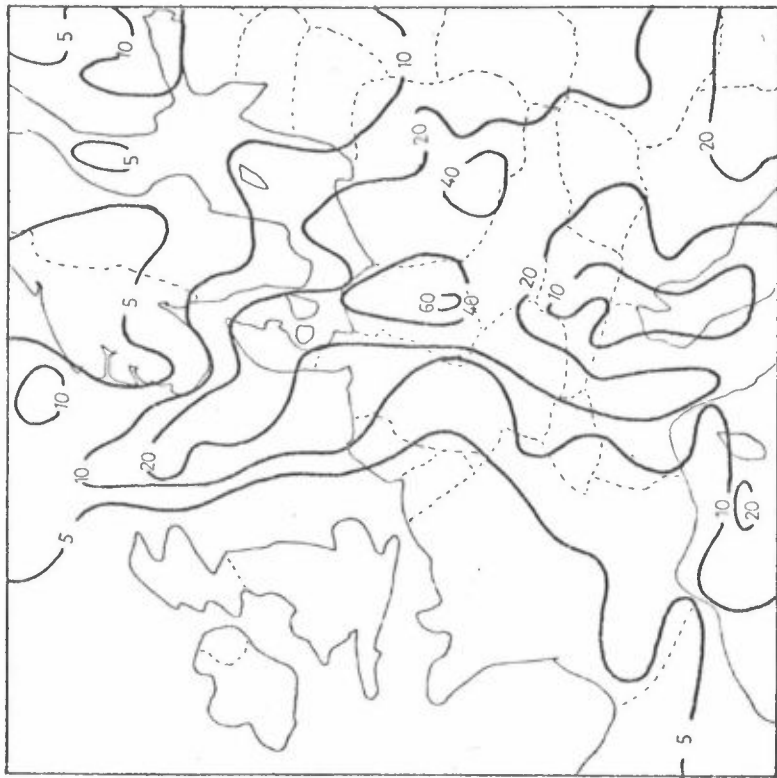
e) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

FIGUR 22

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

4.3. 1972 kl. 00 GMT

(fortsetter)



d) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 75%.

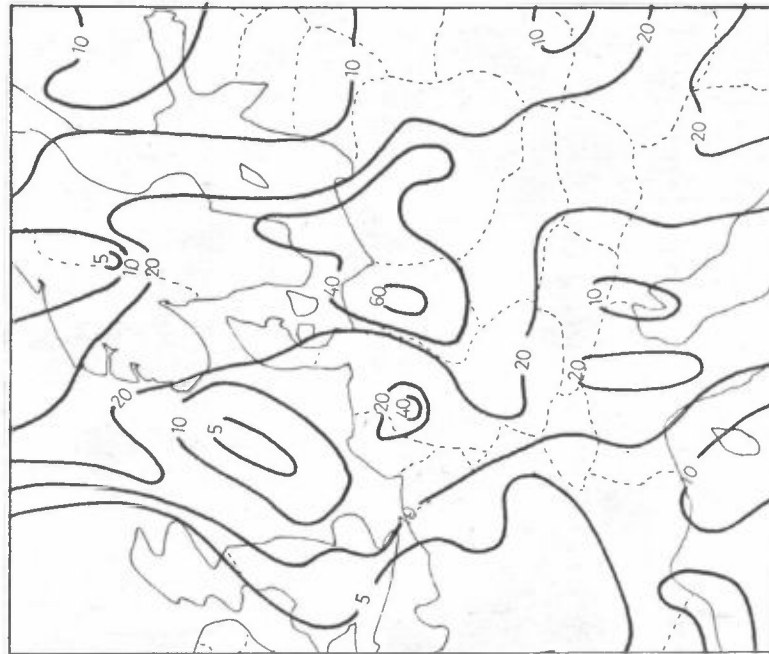


e) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

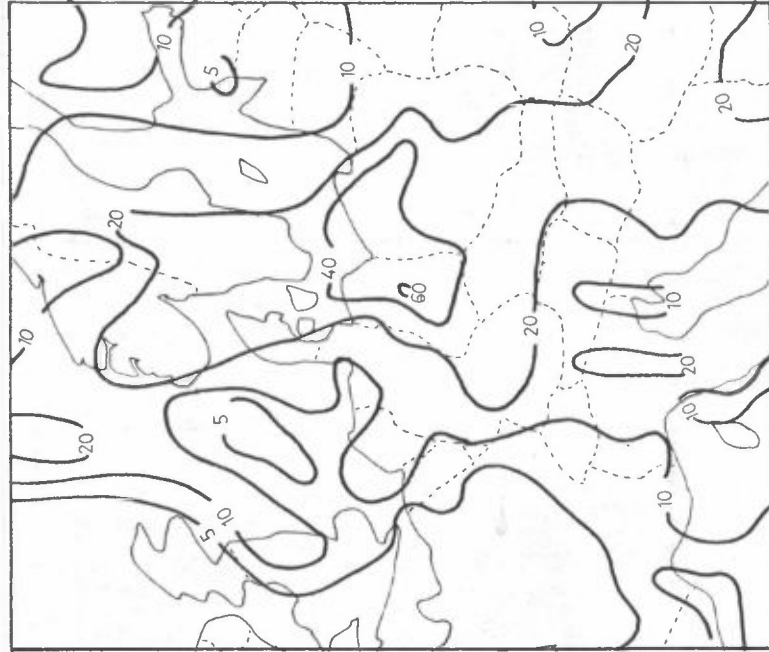
FIGUR 23

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

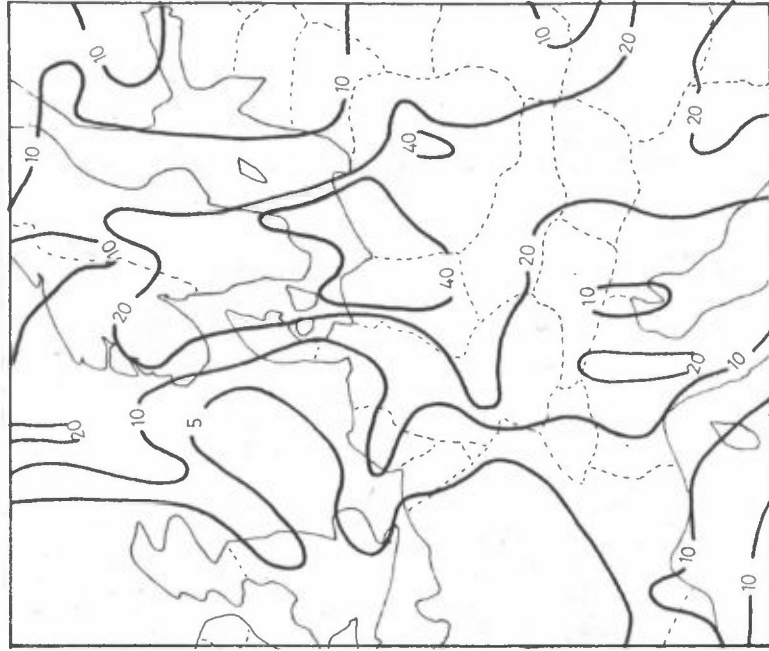
4.3. 1972 kl. 12 GMT



a) Normalt kildefelt.



b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 25%.



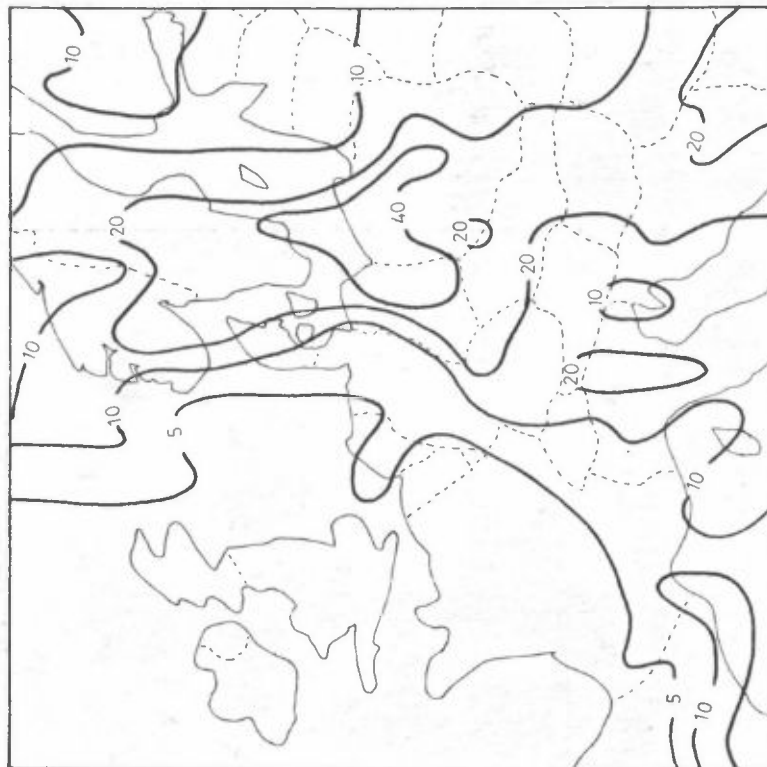
c) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.

FIGUR 23

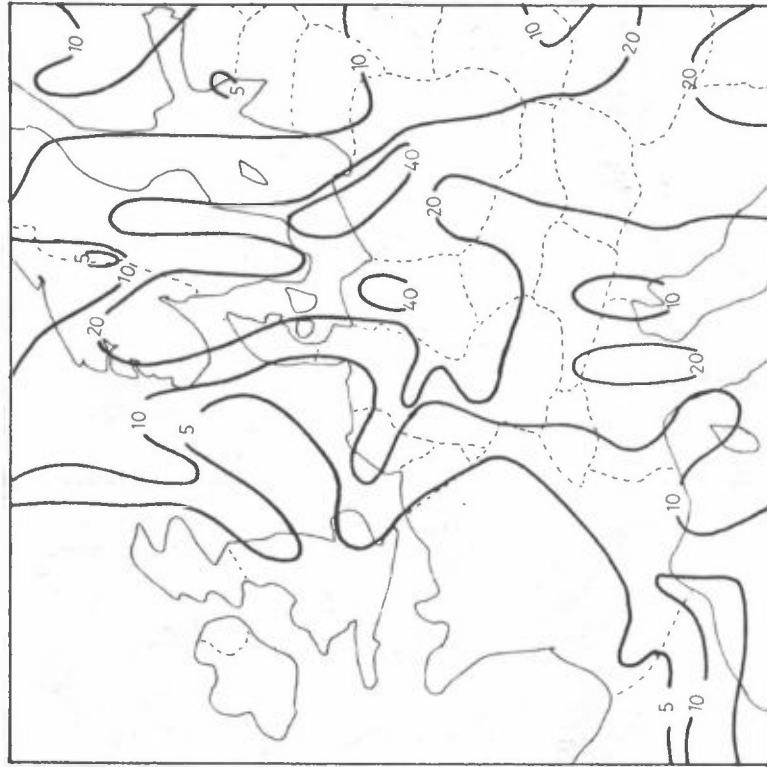
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

4.3. 1972 kl. 12 GMT

(fortsetter)



d) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 75%.

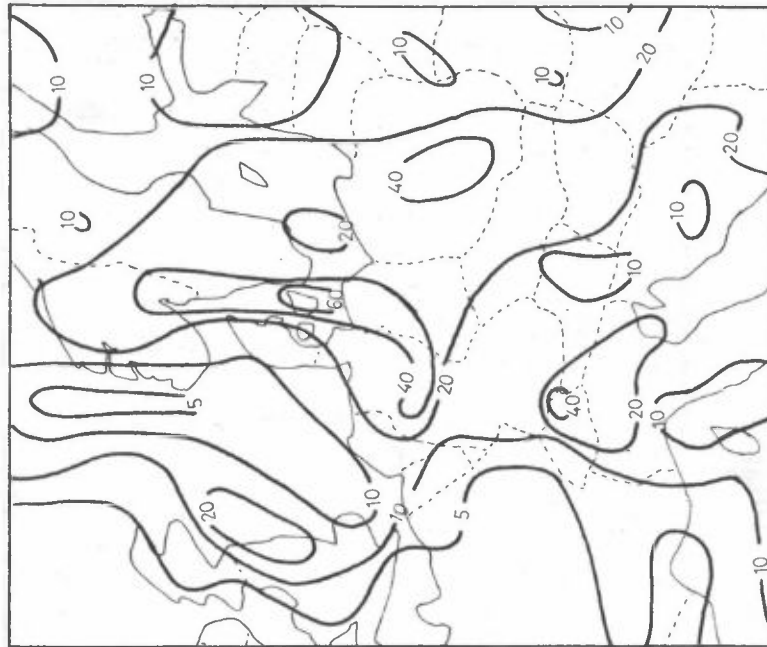


e) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

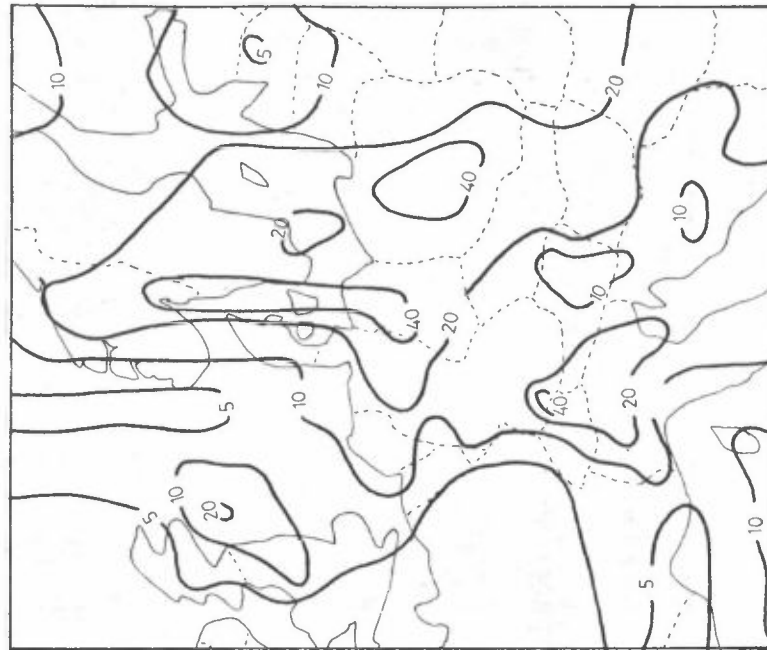
FIGUR 24

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

5.3. 1972 kl. 00 GMT



a) Normalt kildefelt.



b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 25%.



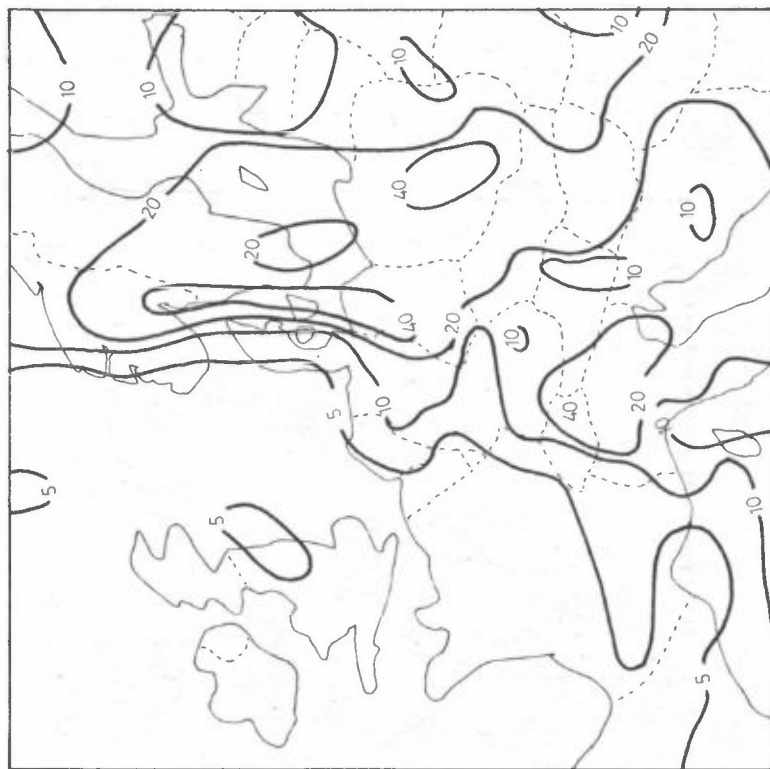
c) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.

FIGUR 24

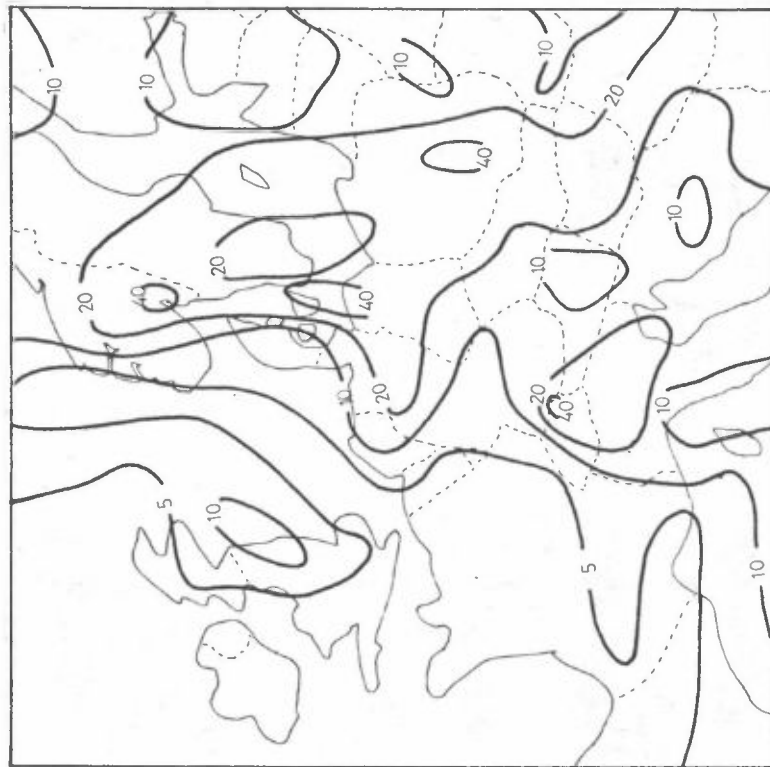
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

5.3. 1972 kl. 00 GMT

(fortsetter)



Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 75%.



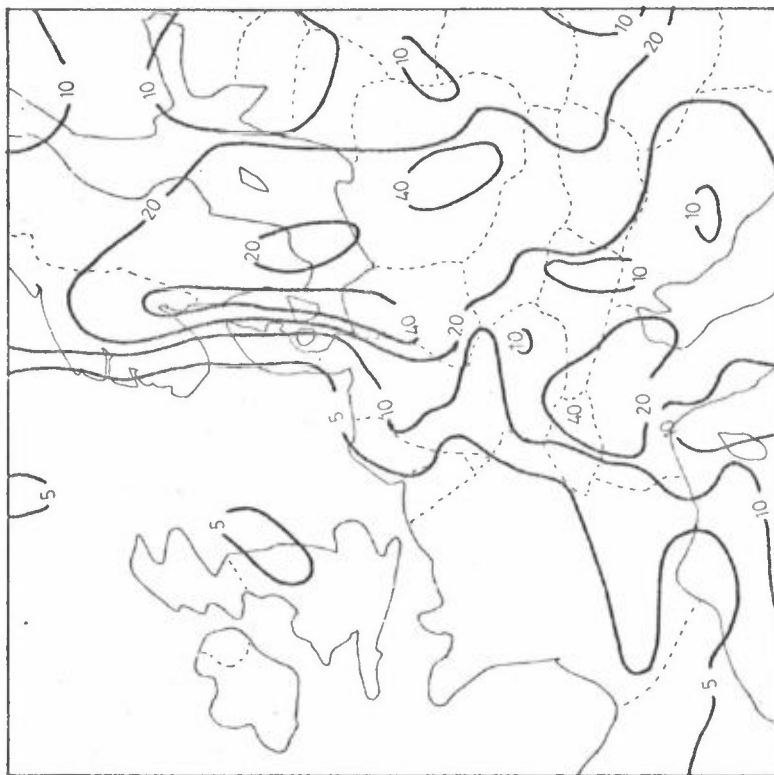
e) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

FIGUR 24

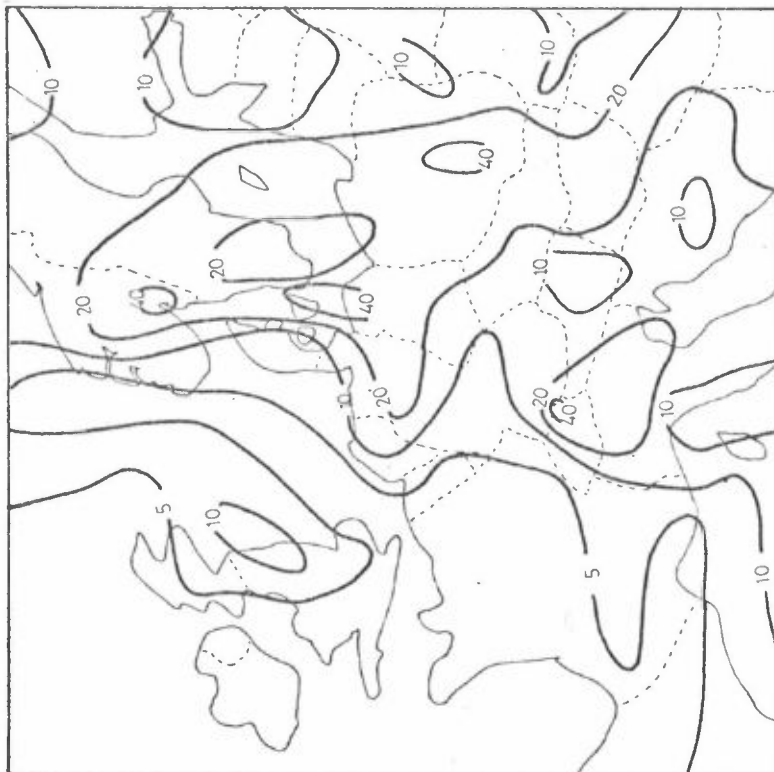
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

5.3. 1972 kl. 00 GMT

(fortsetter)



Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 75%.

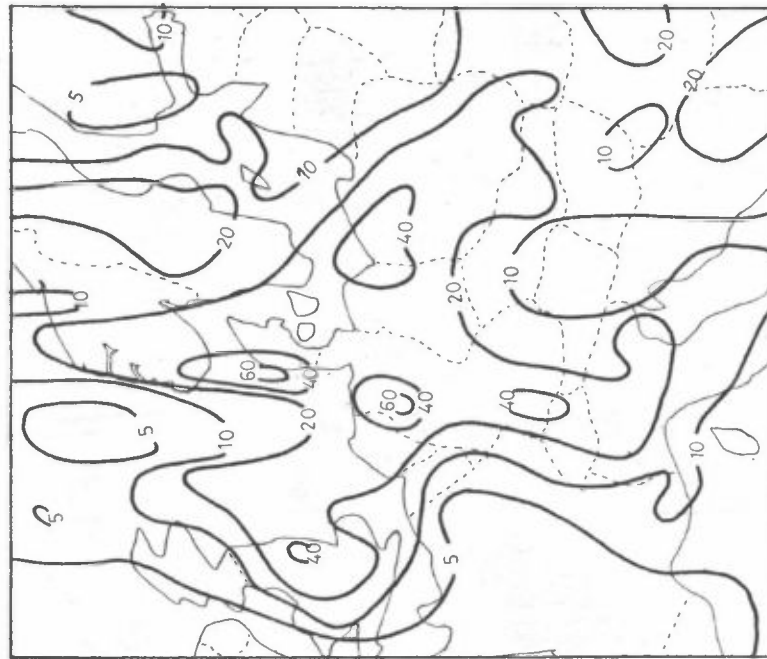


e) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

FIGUR 25

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

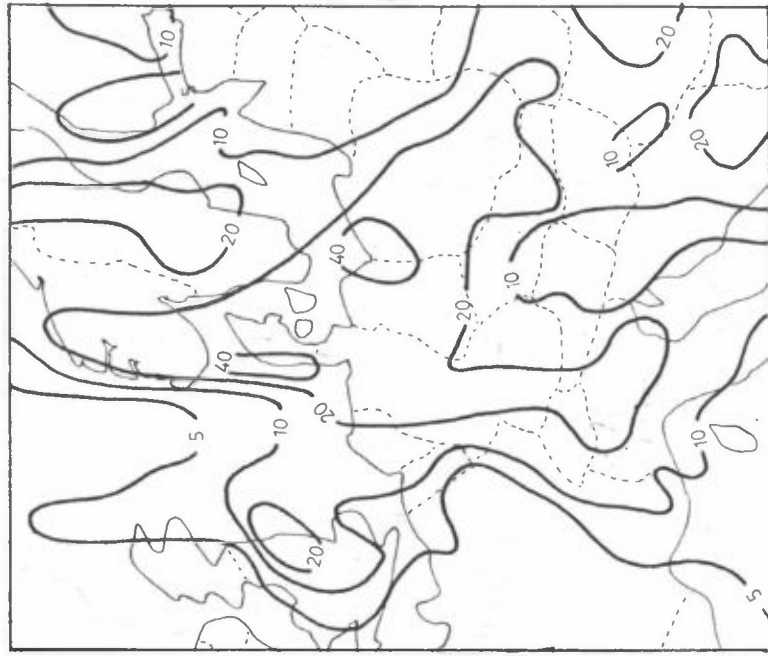
5.3. 1972 kl. 12 GMT



a) Normalt kildefelt.



b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 25%.



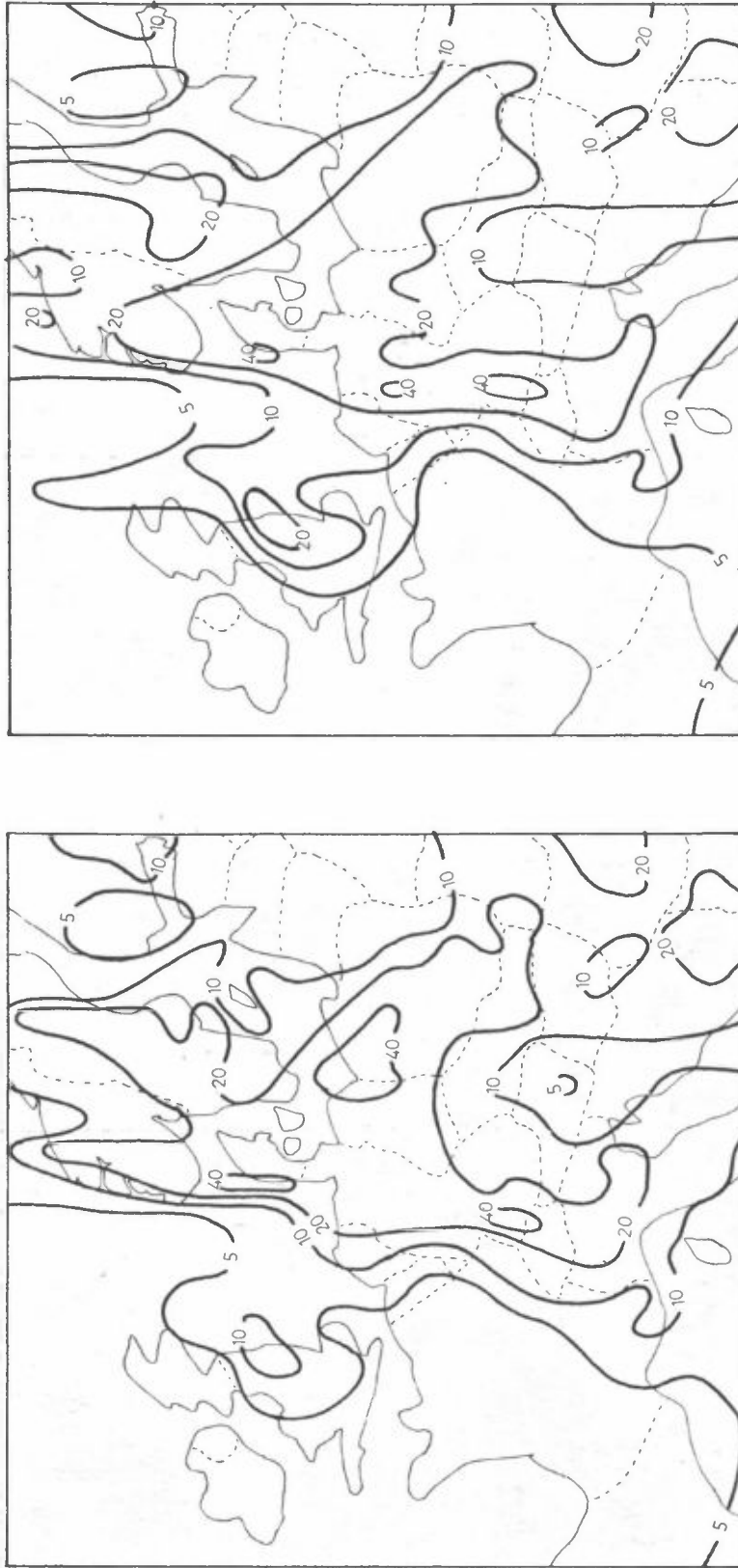
c) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.

FIGUR 25

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 µg/Nm³).

5.3. 1972 kl. 12 GMT

(fortsetter)



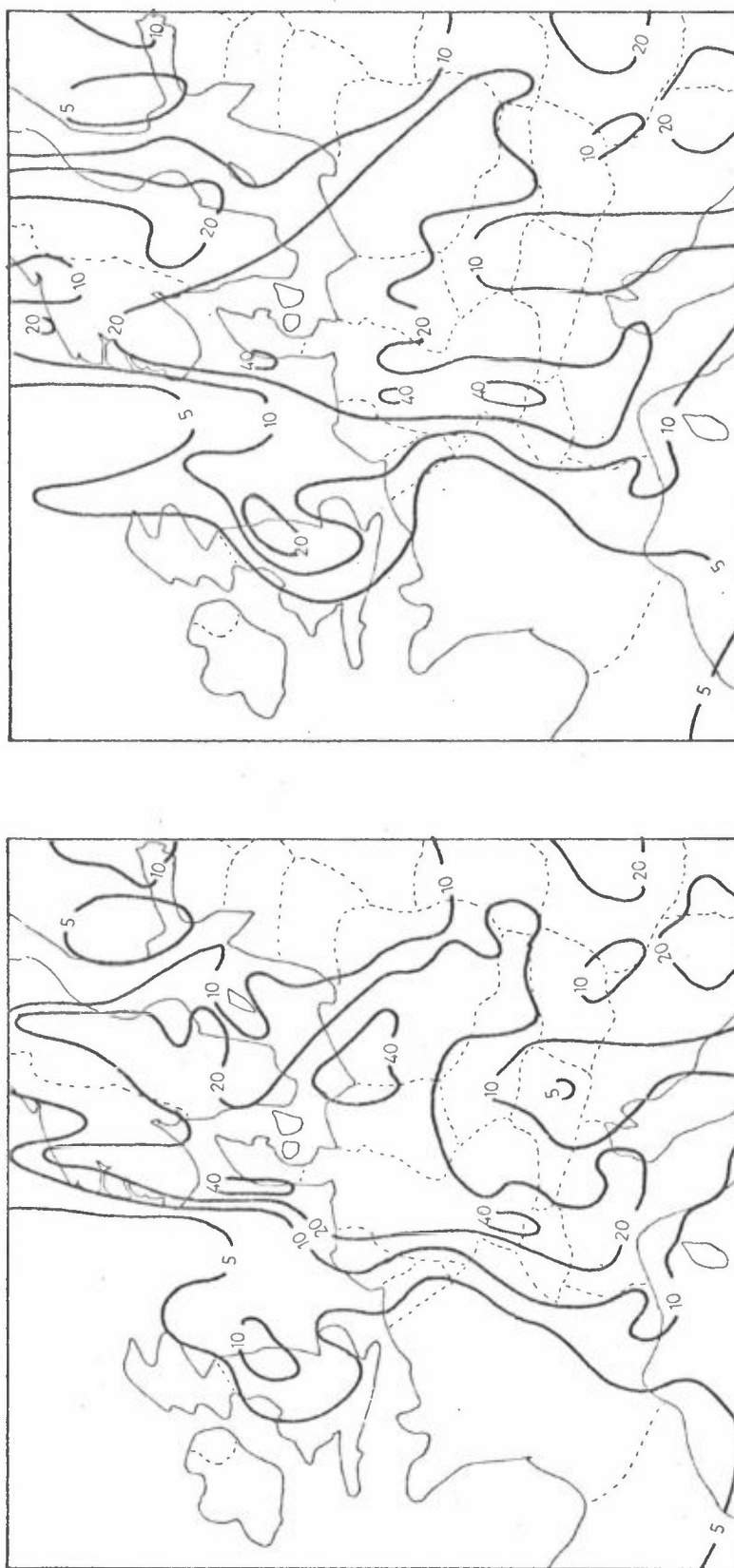
d) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 75%.

e) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av øst-Europa er redusert med 50%.

FIGUR 25

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

5.3. 1972 kl. 12 GMT (fortsetter)



d) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 75%.

e) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

BILAG 4

TILLEGGSBEREGNINGER.

MARS-EPISODEN 1972.

64 blank

Figur 26 viser situasjonen 4.3. kl. 12 GMT i de forskjellige tilfellene. At kilder i Skandinavia fjernes har liten betydning, med andre ord synes det meste av forurensningene som var over Norge på denne tiden å komme utenfra.

I figur 26c er alle kilder i Øst-Europa utelatt og bildet har endret seg noe, men det kommer fortsatt forurensninger inn over Norge, og disse må da komme fra Vest-Europa. Dette fremgår også av figur 26d hvor alle kilder både i Skandinavia og Øst-Europa er utelatt; maksimalkonsentrasjonene er fortsatt like høye, men området som dekkes av disse konsentrasjoner, er noe mindre nå. Som tidligere nevnt, ble det i døgnet 4. - 5. mars 1972 målt SO₂-konsentrasjoner som stemmer godt med beregningene basert på normalt kildefelt.

En ser også at konsentrasjonen i Øst-Tyskland bare reduseres med ca 50% når alle kilder i Øst-Europa fjernes. I denne episoden får således Øst-Tyskland ca halvparten av sin forurensning fra Vest-Europa.

Figur 26c viser at de østlige områder av Skandinavia mottar det alt vesentlige av sine forurensninger fra Øst-Europa i denne episoden.

Figur 27 viser situasjonen 5.3. kl. 00GMT og av figur 27a, ser man at konsentrasjonen over Oslo-området øker noe og er oppe i 52 µg/Nm³. Når alle kilder i Øst-Europa utelates, synker SO₂-konsentrasjonen betraktelig og maksimalkonsentrasjonen er nå 26 µg/Nm³.

I figur 27d er alle kildene i Skandinavia utelatt i tillegg til kildene i Øst-Europa, men dette har liten effekt, en viss reduksjon kan en dog konstatere. Fremdeles er imidlertid konsentrasjonen i Øst-Tyskland påvirket av Vest-Europa.

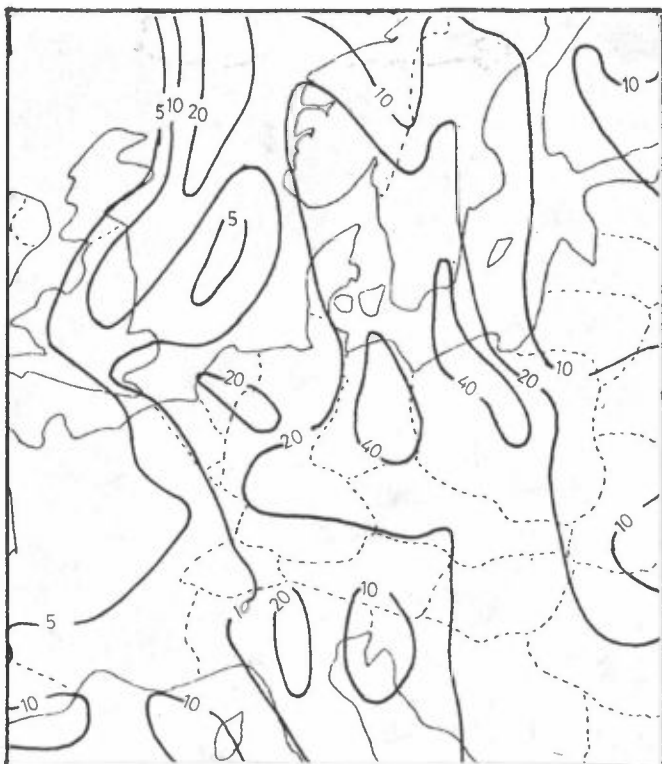
Figur 28 5.3. kl. 12 GMT har episoden passert sitt maksimum, men en har fortsatt konsentrasjoner oppe i 52 µg/Nm³ over et lite område på Sørlandet (figur 28a). Når kildene

i Øst-Europa fjernes, reduseres forurensningene kraftig. Ser en på hvor store områder som ligger mellom kotene på 10 og 20, og 20 og 40 i figur 28a og 28b, kan en grovt anslå at mengden forurensning over Norge er redusert til det halve i figur 28b.

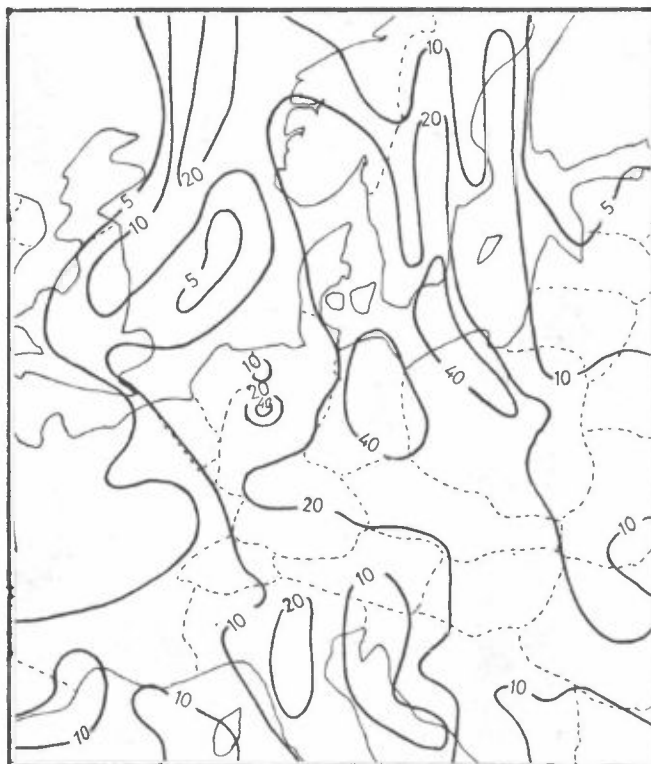
I figur 28c er Skandinavia utelatt i tillegg til Øst-Europa, men dette har som tidligere liten effekt. En ser også at Øst-Tyskland nå får lite forurensninger fra Vest-Tyskland, figur 28c.

i Øst-Europa fjernes, reduseres forurensningene kraftig. Ser en på hvor store områder som ligger mellom kotene på 10 og 20, og 20 og 40 i figur 28a og 28b, kan en grovt anslå at mengden forurensning over Norge er redusert til det halve i figur 28b.

I figur 28c er Skandinavia utelatt i tillegg til Øst-Europa, men dette har som tidligere liten effekt. En ser også at Øst-Tyskland nå får lite forurensninger fra Vest-Tyskland, figur 28c.

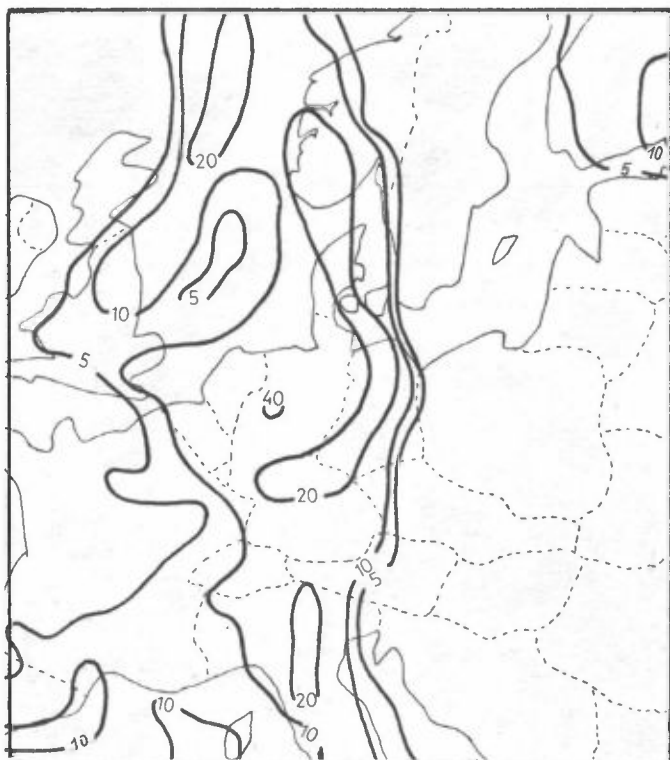


a) Normalt kildefelt

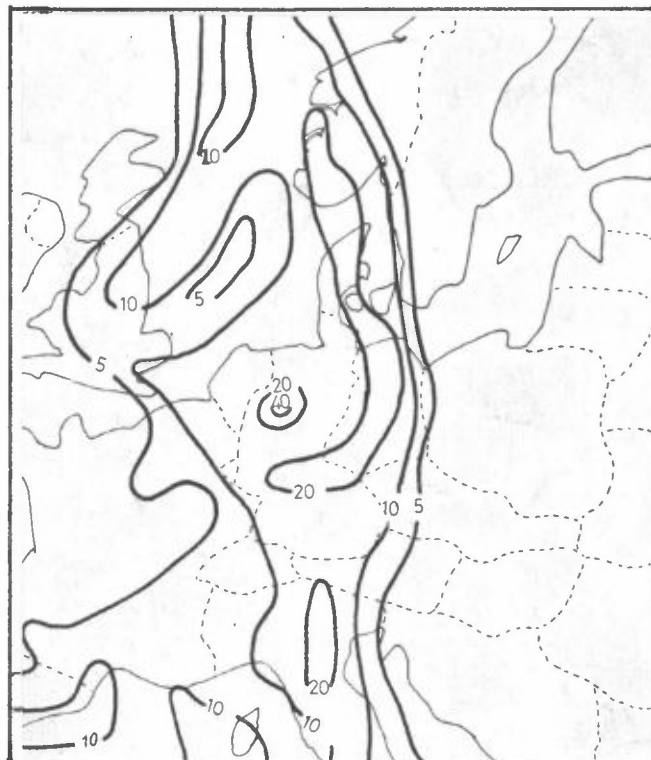


b) Alle kilder i Skandinavia fjernet

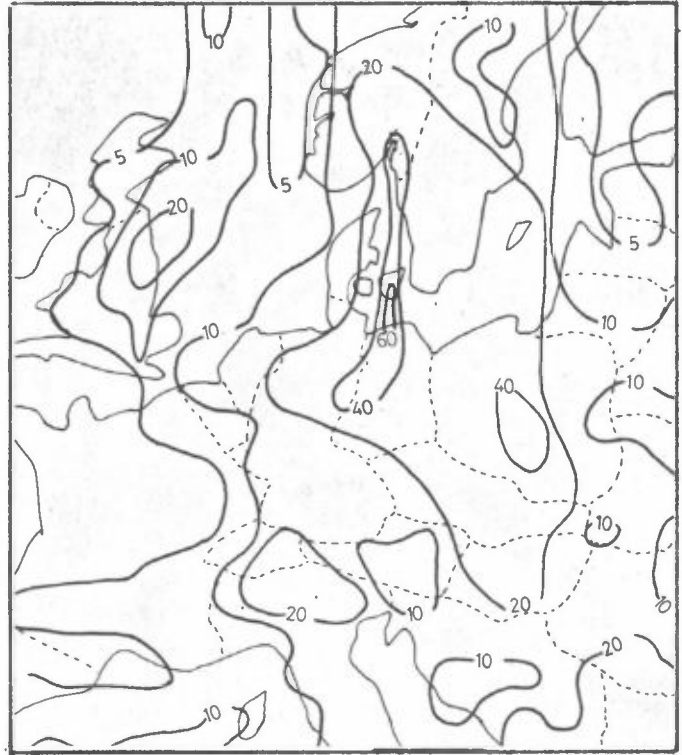
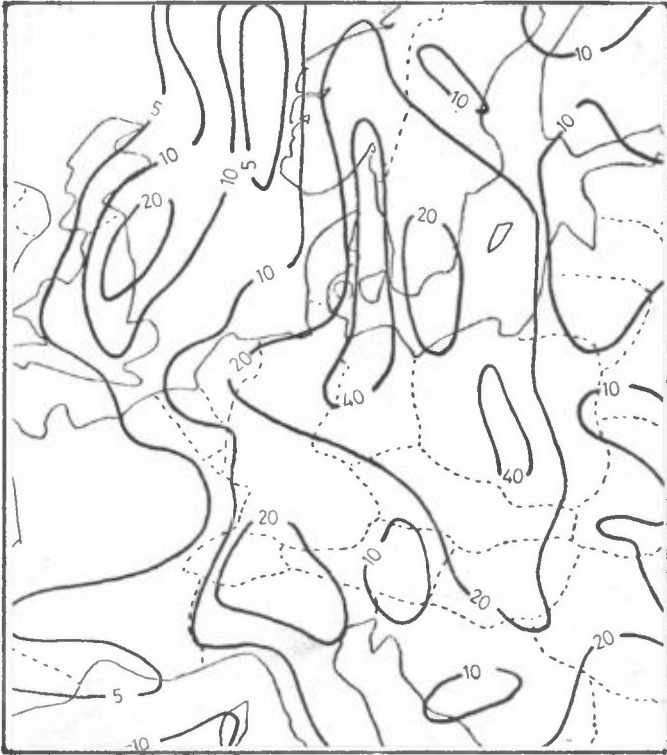
Figur 26: 4.3. 1972 kl. 12 GMT



c) Alle kilder i Øst-Europa fjernet.



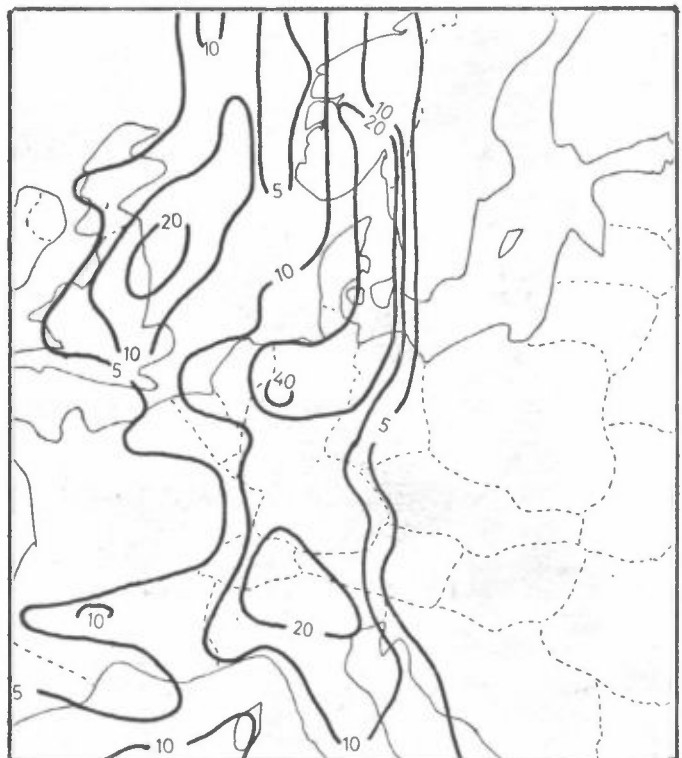
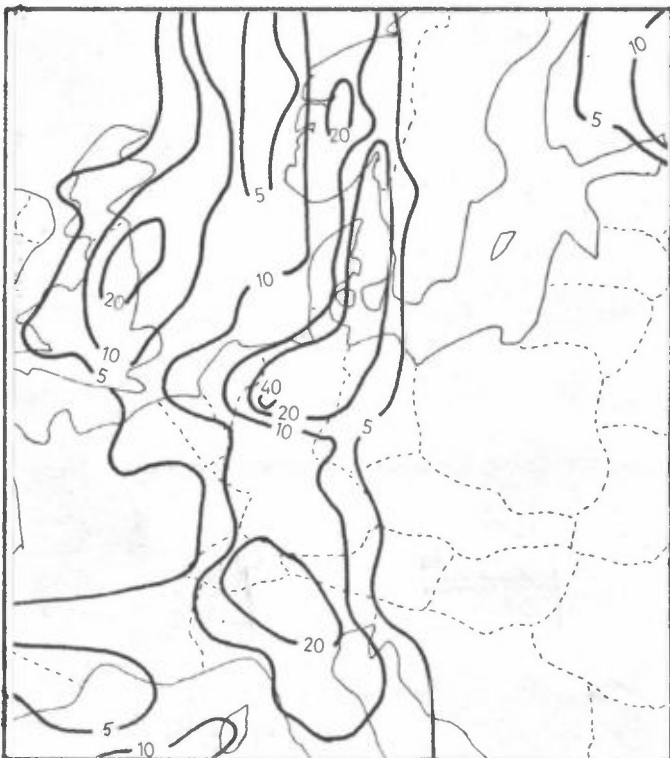
d) Alle kilder i Skandinavia og Øst-Europa fjernet.



a) Normalt kildefelt

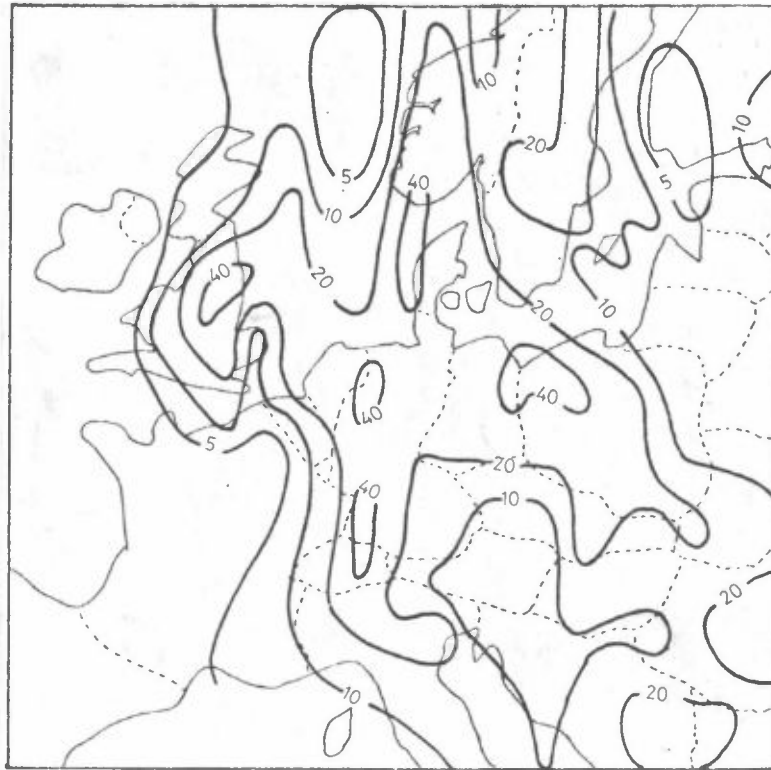
b) Alle kilder i Skandinavia utelatt.

Figur 27: 5.3. 1972 kl. 00 GMT



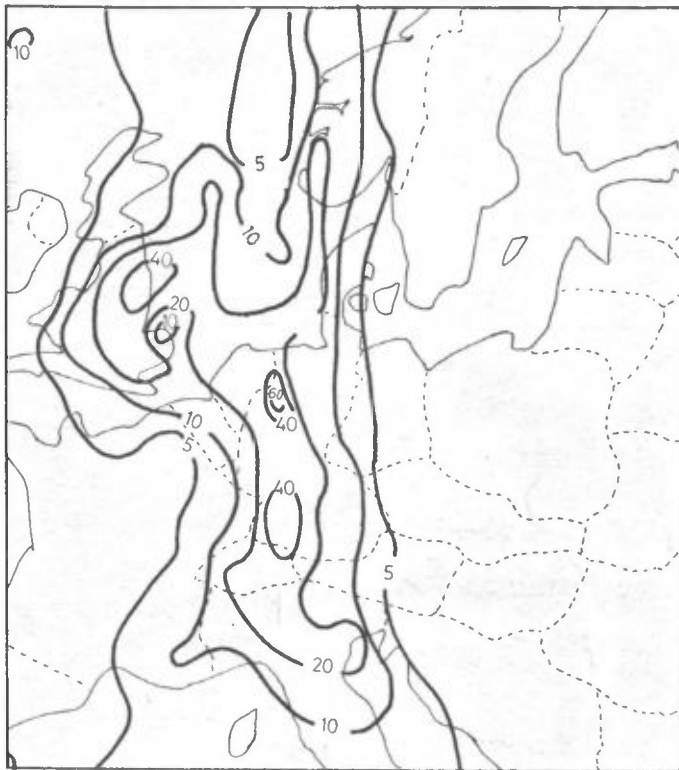
c) Alle kilder i Øst-Europa utelatt.

d) Alle kilder i Skandinavia og Øst-Europa utelatt.

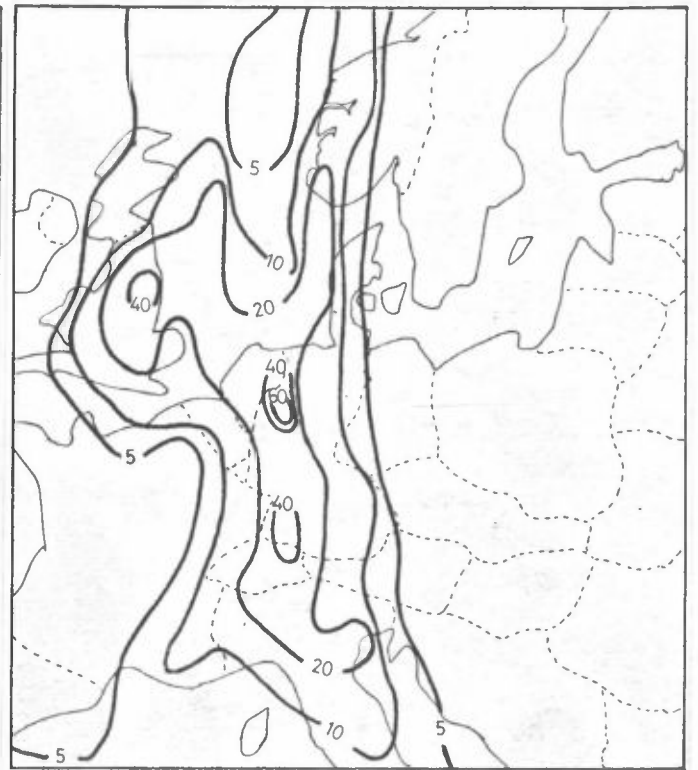


a) Normalt kildefelt

Figur 28: 5.3. 1972 kl. 12 GMT



b) Alle kilder i Øst-Europa utelatt.



c) Alle kilder i Skandinavia og Øst-Europa utelatt.

To blank

BILAG 5

BEREGNINGER MED REDUSERTE UTSLIPP

DESEMBER-EPIKODEN 1972

LAGRANGE'S MODELL

72 Blank

Resultatene er vist i figur 29 - 34. Til venstre vises de beregnede konsentrasjoner ut fra normalt kildefelt og til høyre når utslippene er redusert.

Figur 29 viser situasjonen 19.12. kl. 00 GMT, med ordinært kildefelt ligger SO₂-konsentrasjonen mellom 26 og 52 µg/Nm³ på Vestlandet, denne synker noe og ligger mellom 13 og 26 µg/Nm³ når kildefeltet reduseres. Ellers i landet er forholdene tilnærmet uendrede.

Figur 30 19.12. kl. 12 GMT øker konsentrasjonen over Norge, den er nå oppe i 26 - 52 µg/Nm³ over store deler av Sør-Norge, og i et lite område på Sørvestlandet oppimot 60 µg/Nm³. En hadde imidlertid ingen målestasjon i dette området på denne tiden, så en har ingen data som kan verifisere beregningene.

Når kildene reduseres, får en ikke lenger denne toppen på Sørvestlandet, men ellers er bildet uforandret.

Figur 31 Den 20.12. kl. 00 GMT øker konsentrasjonen over Vestlandet til 52 µg/Nm³, eller mer, og hele Sør-Norge ligger mellom 26 og 52 µg/Nm³. Maksimalkonsentrasjonen synker betraktelig når kildefeltet reduseres, men hele Sør-Norge ligger fortsatt på ca 26 µg/Nm³.

Fra den 20.12. kl. 00 GMT til 22.12. kl. 12 GMT skjer det lite og konsentrasjonene er lave hele tiden.

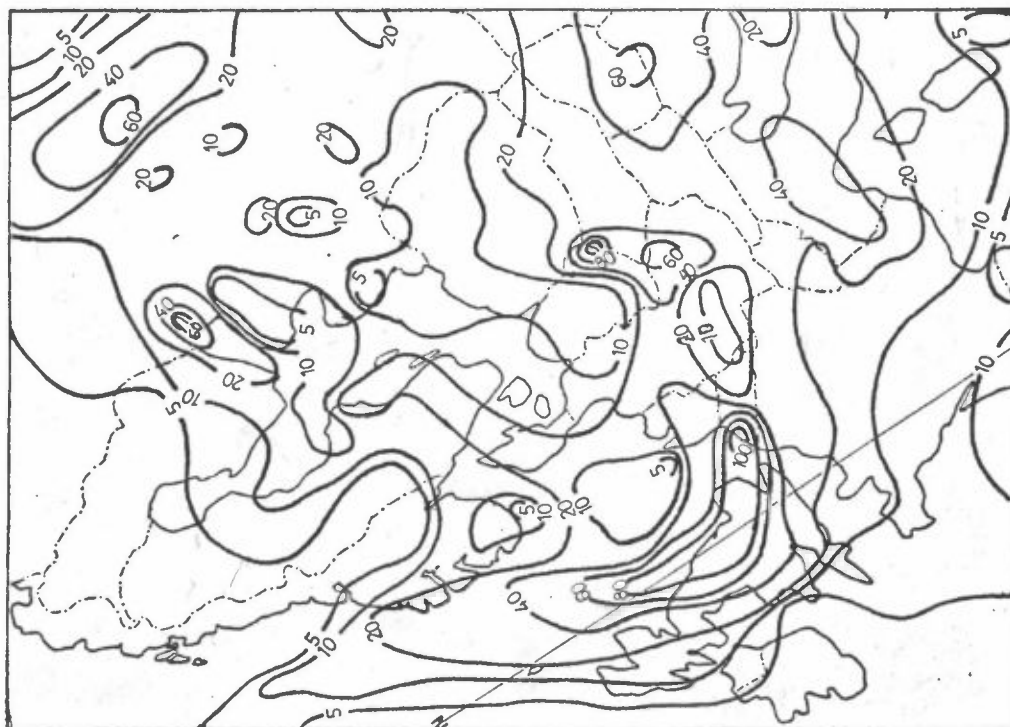
Figur 32 Den 23.12. kl. 00 GMT stiger konsentrasjonene noe igjen, og Østlandet og Sør-Vestlandet har konsentrasjoner mellom 26 og 52 µg/Nm³. Når kildefeltet reduseres, får hele Sør-Norge en konsentrasjon mellom 13 og 26 µg/Nm³.

Figur 33 Store deler av Sør-Norge har nå konsentrasjoner mellom 26 og 52 µg/Nm³, og på dette tidspunkt har en også målinger som stemmer godt med beregningene. Vasser og Lyngør målte henholdsvis 48 og 49 µg/Nm³. Når utslippene reduseres, reduseres også området med de høye konsentrasjonene.

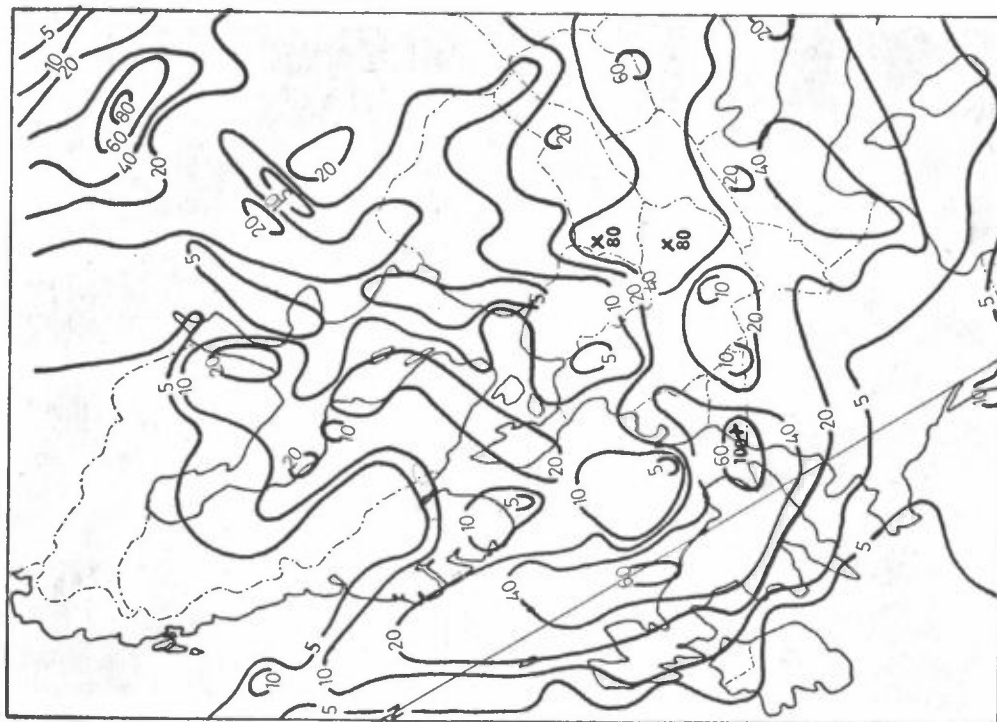
Figur 34 Den 24.12. kl. 00 GMT er konsentrasjonene fortsatt høye over Sør-Norge. Når utslippene reduseres, endres bildet til dels kraftig, og ut fra arealbetraktninger må en kunne si at mengden forurensning over Norge nå nesten er nede i halvparten av hva den var.

Fra dette tidspunkt synker konsentrasjonen over Norge, den 25.12. kl. 00 GMT er konsentrasjonen blitt så lav at beregningene avsluttes.

FIGUR 29



a) Normalt kildefelt

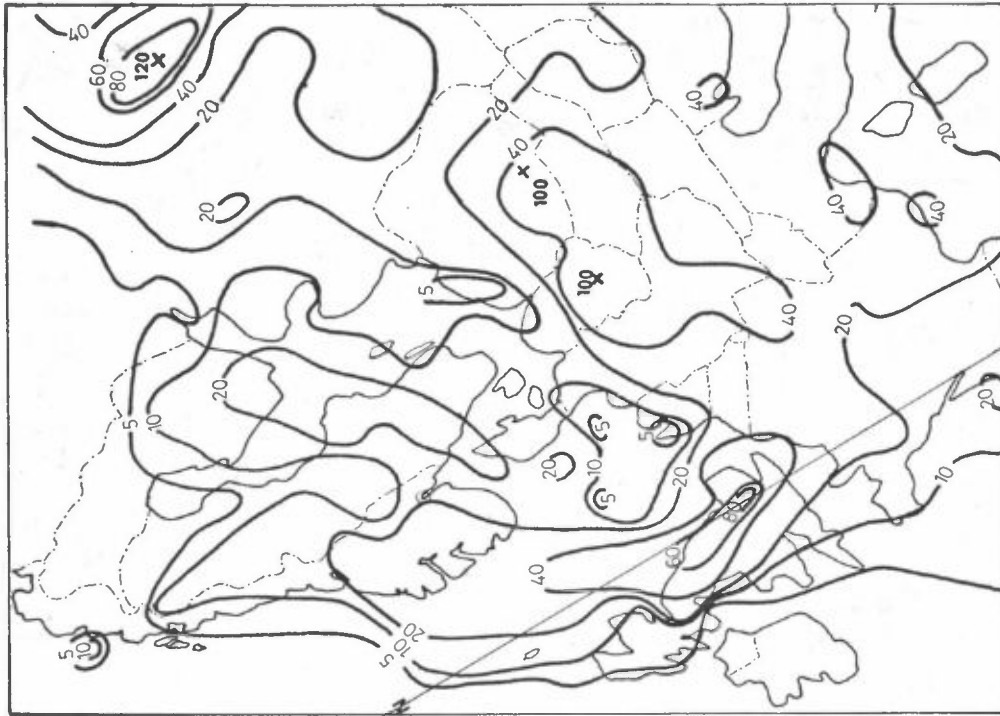


b) Redusert kildefelt

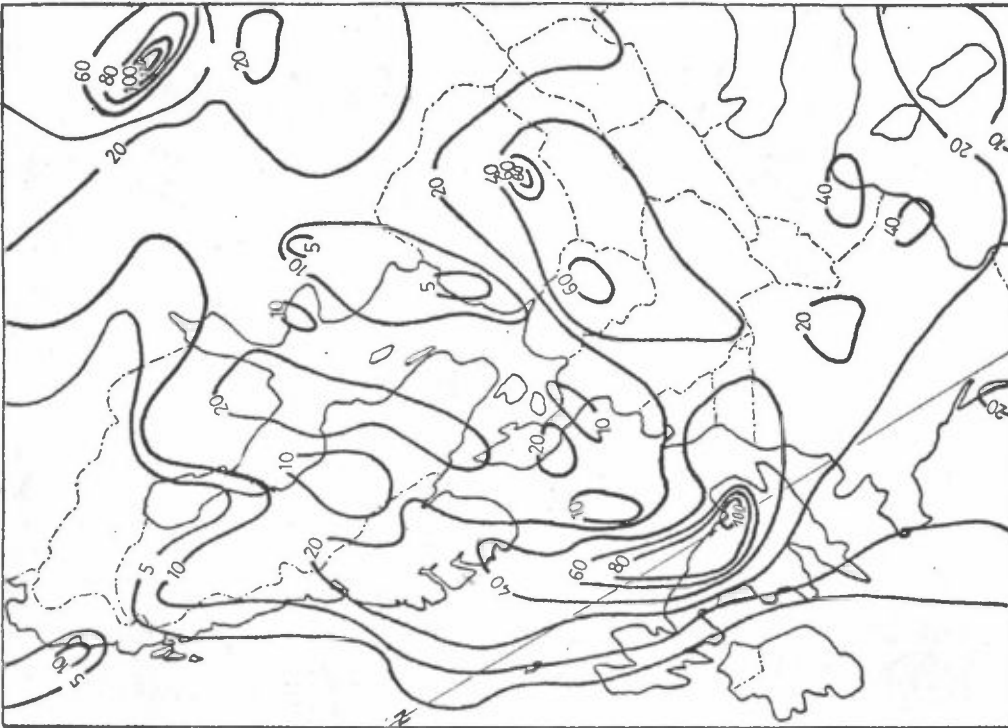
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarer $1,3 \mu\text{g SO}_2/\text{Nm}^3$)

19.12. 1972 kl. 00 GMT

FIGUR 30



b) Redusert kildefelt



a) Normalt kildefelt

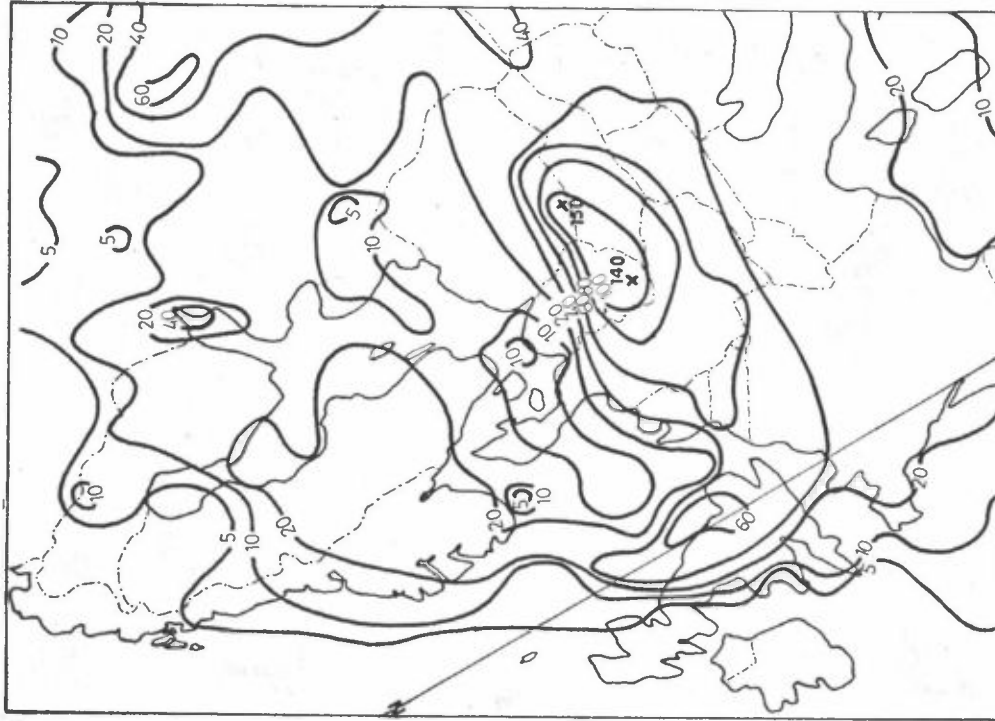
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende $1,3 \mu\text{g Nm}^3$)

19.12. 1972 kl. 12 GMT

FIGUR 31



a) Normalt kildefelt

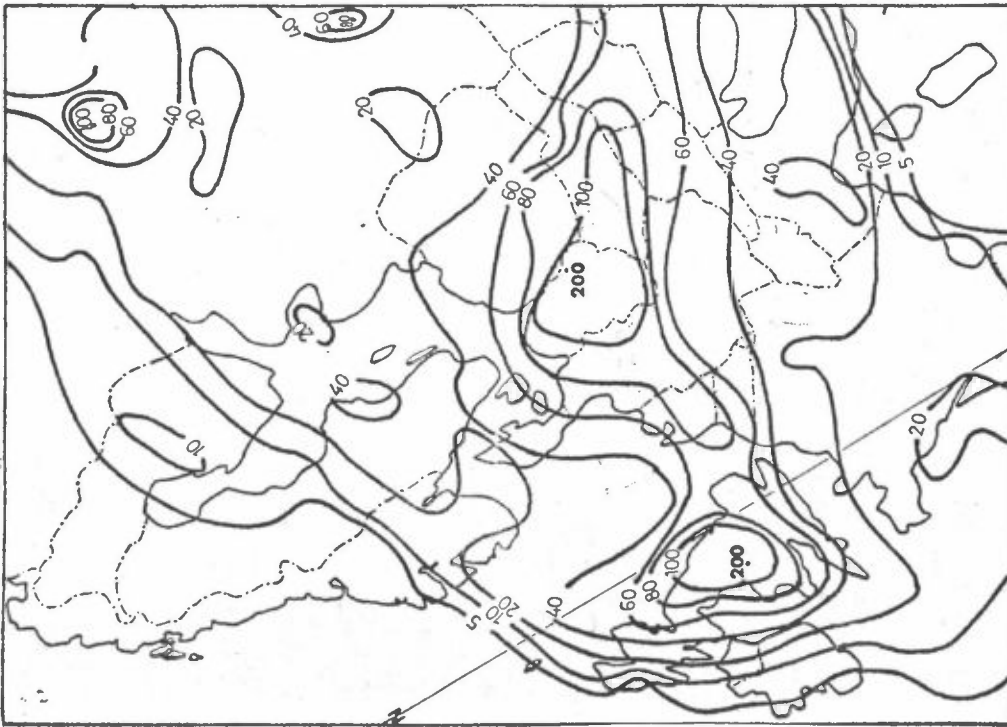


b) Redusert kildefelt

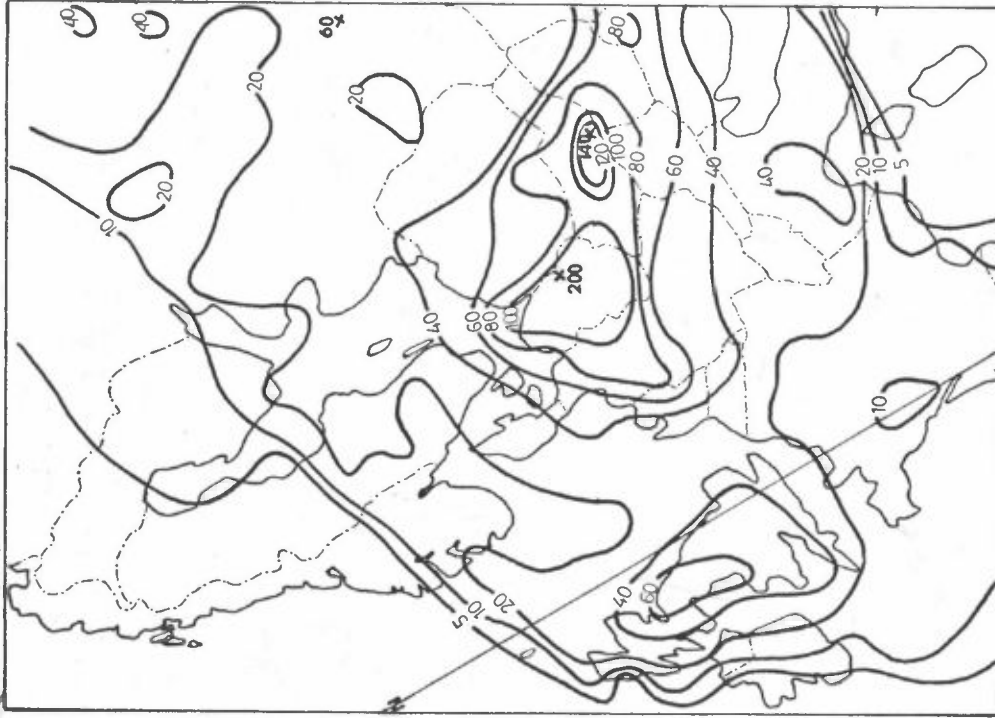
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarer $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

20.12. 1972 kl. 00 GMT

FIGUR 32



a) Normalt kildefelt

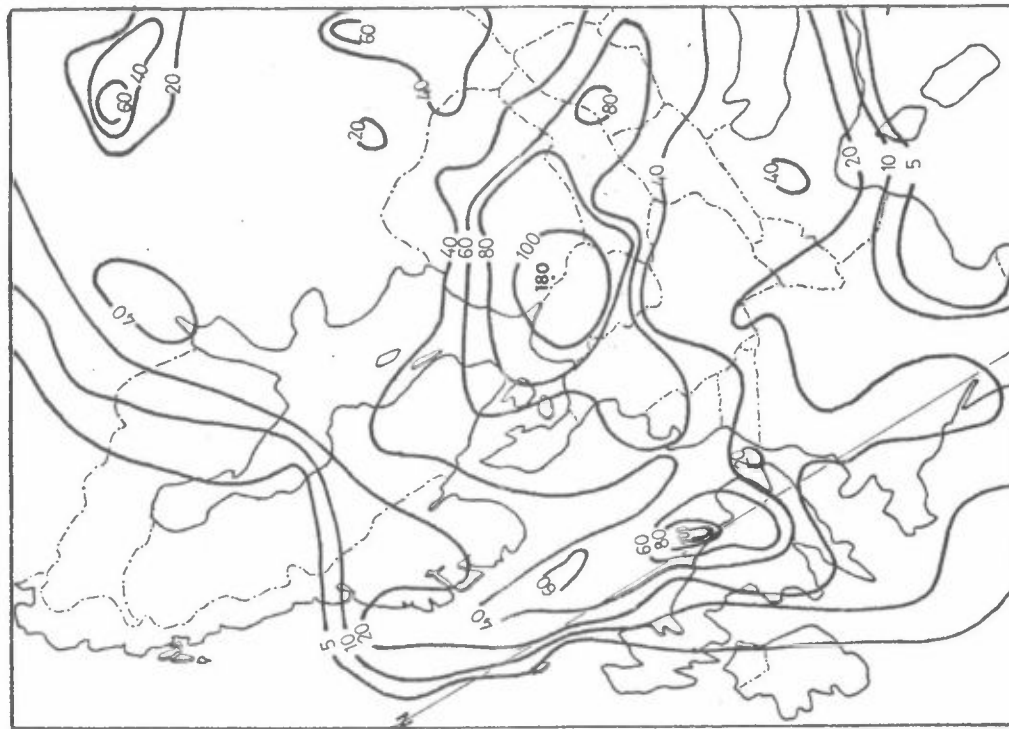


b) Redusert kildefelt

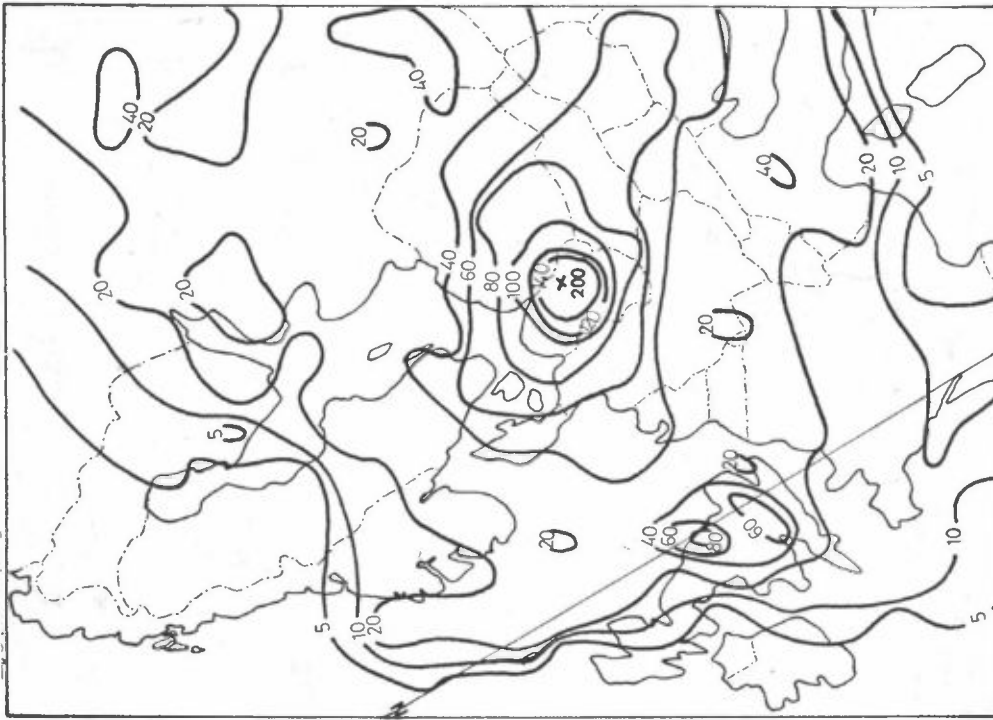
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarer $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

23.12. 1972 kl. 00 GMT

FIGUR 33



a) Normalt kildefelt

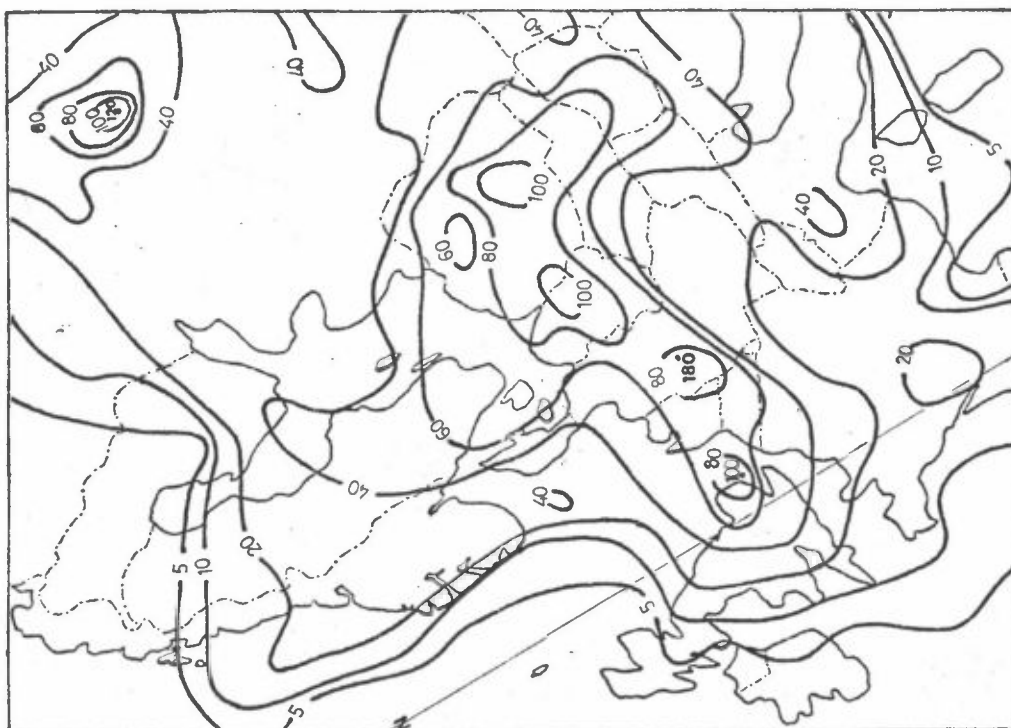


b) Redusert kildefelt

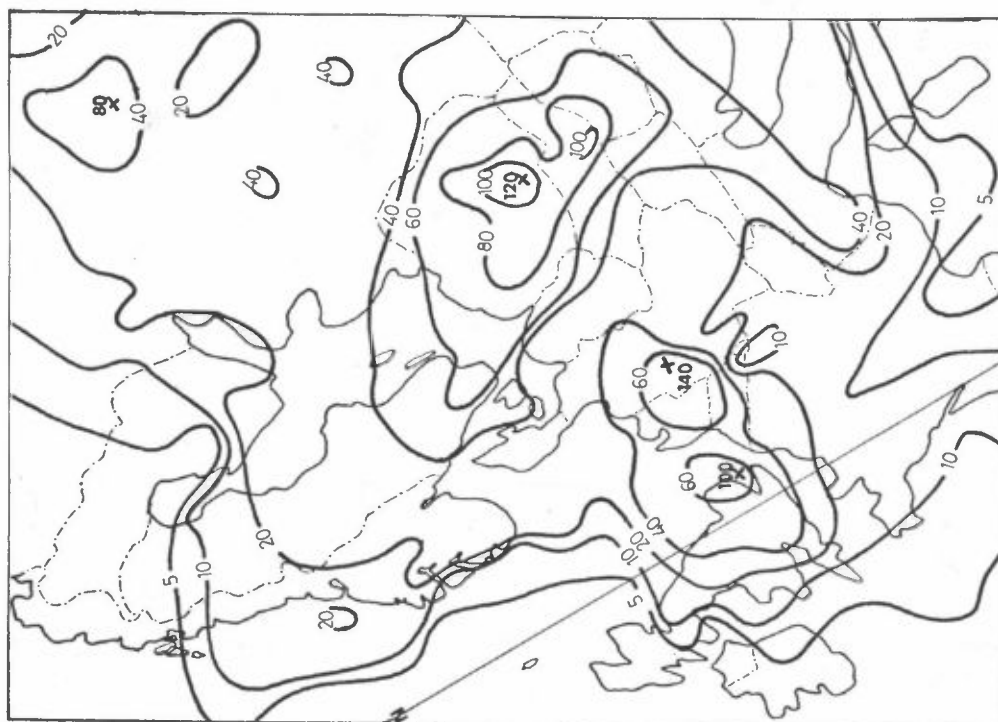
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarer $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

23.12. 1972 kl. 12 GMT

FIGUR 34



a) Normalt kildefelt



b) Redusert kildefelt

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarer $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

24.12. 1972 kl. 00 GMT

BILAG 6

BEREGNINGER MED REDUSERTE UTSLIPP

DESEMBER-EPISODEN 1972

SEKTORMODELLEN

82 blank

Resultatene av beregningene er vist i figurene 35 - 39 for hvert tidspunkt.

Figur 35 viser situasjonen 22.12. kl. 00 GMT, det er nå 2 døgn siden beregningene startet, men konsentrasjonen over Norge er fortsatt lav. En kan imidlertid registrere en reduksjon når utslippene i deler av Vest-Europa og Øst-Europa reduseres med 50% (figur 35b og 35c). Reduksjonen når svovelinnholdet i oljen senkes til 0,5% har ingen effekt enda. Figur 35e viser samme bilde som figur 35a, da reduksjonene her først ble satt inn 22.12. kl. 00 GMT.

Figur 36 Forurensede luftmasser begynner nå å komme inn over Norge, men konsentrasjonene er fortsatt lave. Størsteparten av Sør-Norge ligger mellom 6,5 og 13 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, resten av landet lavere. Når utslippene i England og på kontinentet reduseres, minker forurensningene noe over Norge. Ellers er konsentrasjonene fortsatt så lave at en ikke kan snakke om vesentlige endringer. Den 22.12. ble det i Sør-Norge målt konsentrasjoner av SO_2 i luft fra 4 - 9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, hvilket stemmer godt med beregningene.

Figur 37 viser situasjonen ett døgn senere, 23.12. kl. 12 GMT. Nå har konsentrasjonene steget betraktelig og nesten hele kystbeltet og deler av innlandet i Sør-Norge har konsentrasjoner mellom 26 og 52 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Når utslippene i Vest-Europa reduseres med 50%, er det bare et lite område på Sørlandskysten som har så høy konsentrasjon. Når Øst-Europa reduseres i tillegg, senkes forurensningsnivået kraftig sammenlignet med når en har normalt utslipp. At svovelinnholdet senkes til 0,5% har også en viss effekt nå, og omtrent samme virkning har 50% reduksjon i Vest-Europa med 2 døgns varslings tid.

Figur 38 Episoden har nå nådd sitt maksimum. Over Osloområdet er konsentrasjonen oppe i 78 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, over Trøndelag og det østafjelske 52 - 78 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ og over store deler av det nordafjelske 13 - 26 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Når Vest-Europa reduseres

(figur 38b) ser vi at 20-koten har omtrent samme forløp som 40-koten i figur 38a, med andre ord kan en anslå at mengden forurensning over Norge er redusert til bortimot det halve. Over Oslo-området synker konsentrasjonen fra 78 til 52 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Når Øst-Europa reduseres i tillegg til Vest-Europa, synker konsentrasjonen over Oslo til 26 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, ellers er bildet uforandret.

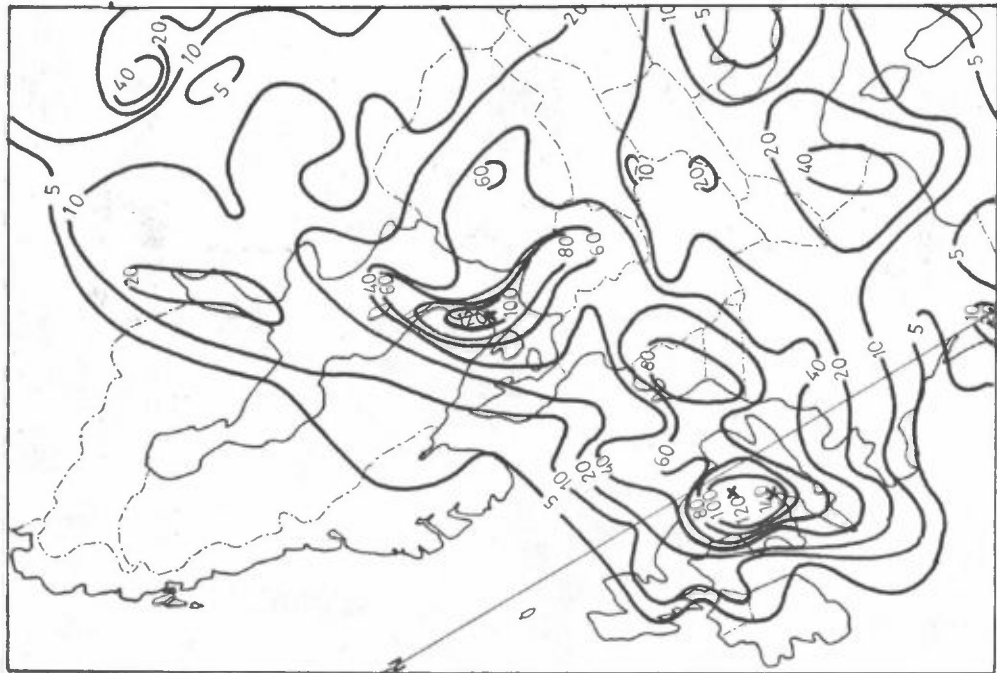
At svovelinnholdet i oljen settes til 0,5% har også bra effekt nå, det er bare Oslo-området som har konsentrasjoner rundt 52 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, ellers i Sør-Norge ligger konsentrasjonen mellom 26 og 52 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ eller lavere. Med 50% reduksjon og 2 døgns varslings tid blir bildet stort sett som når svovelinnholdet i oljen begrenses.

Figur 39 Episoden har nå passert maksimum og konsentrasjonen har sunket sterkt. Beregningene avsluttes.

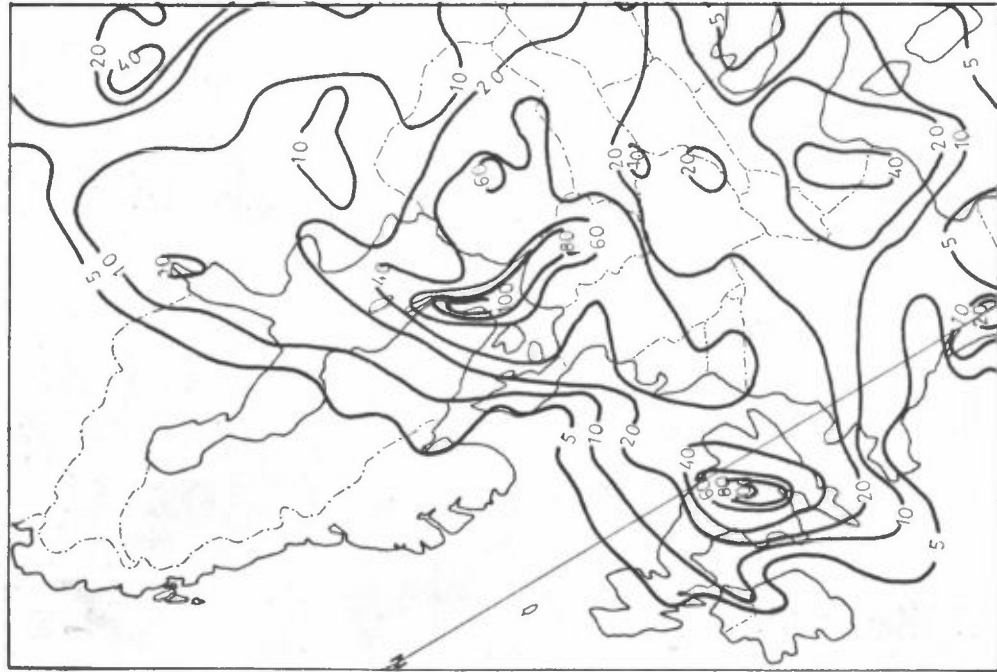
FIGUR 35

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 µg/Nm³).

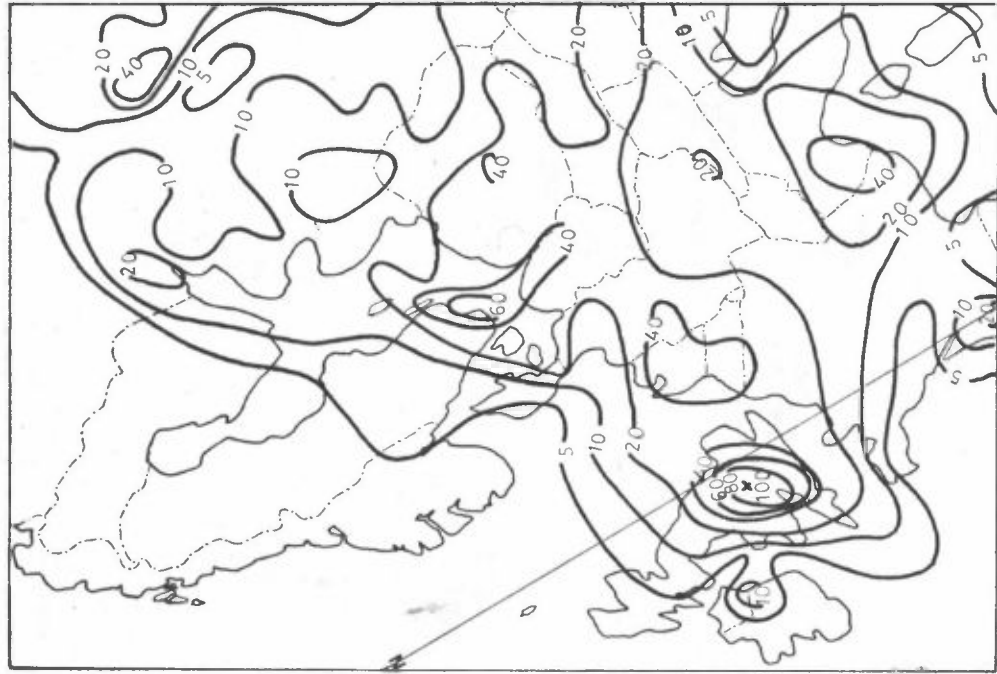
22.12. 1972 kl. 00 GMT



a) Normalt kildefelt.



b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.



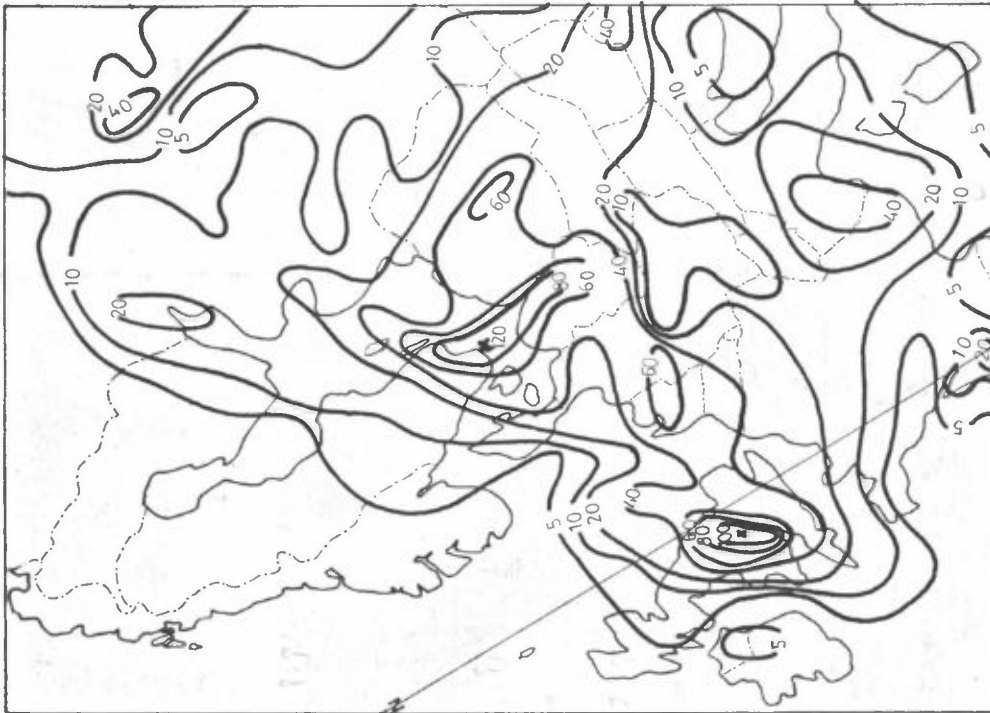
c) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

FIGUR 35

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

22.12. 1972 kl. 00 GMT

(fortsetter)



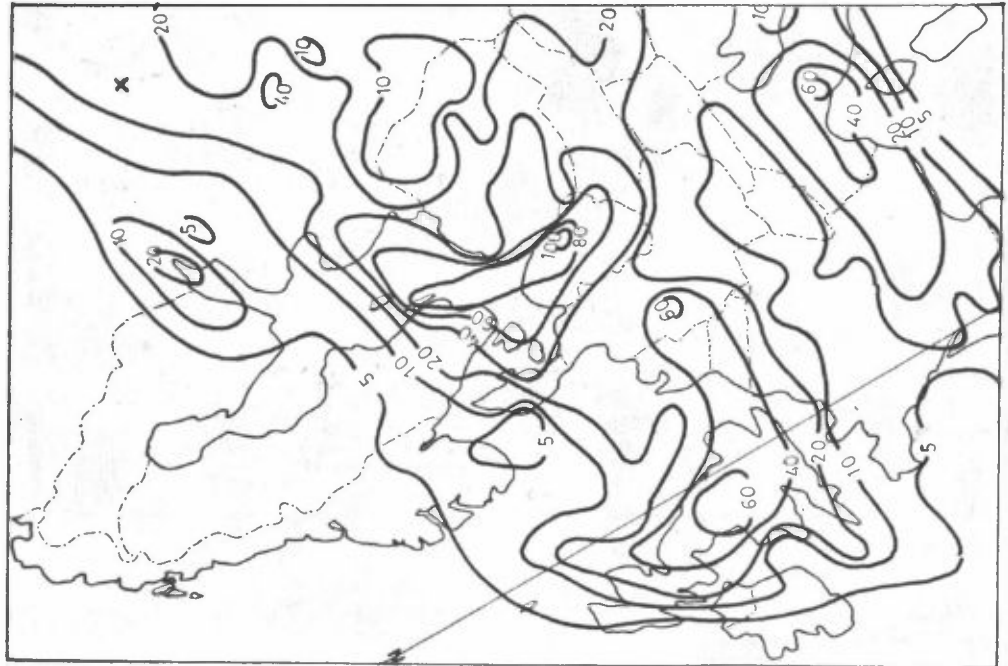
d) Utslippene i Vest-Europa redusert som beregnet når maksimum svovelinnhold i oljen settes til 0,5%.



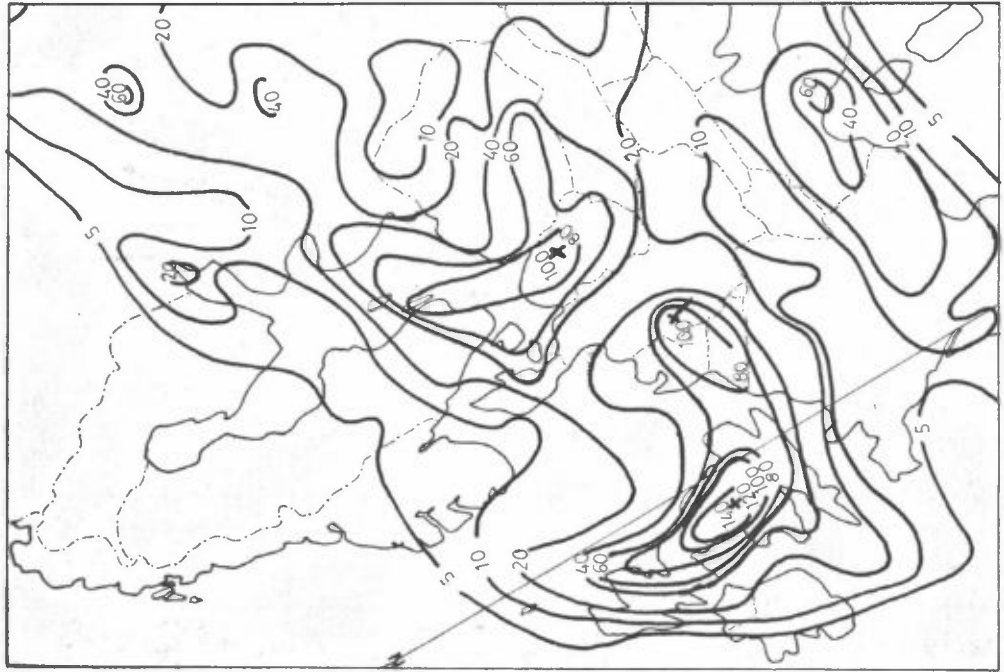
e) Samme forsøksbetingelser som punkt b), men med 2 døgns varslings tid.

FIGUR 36
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

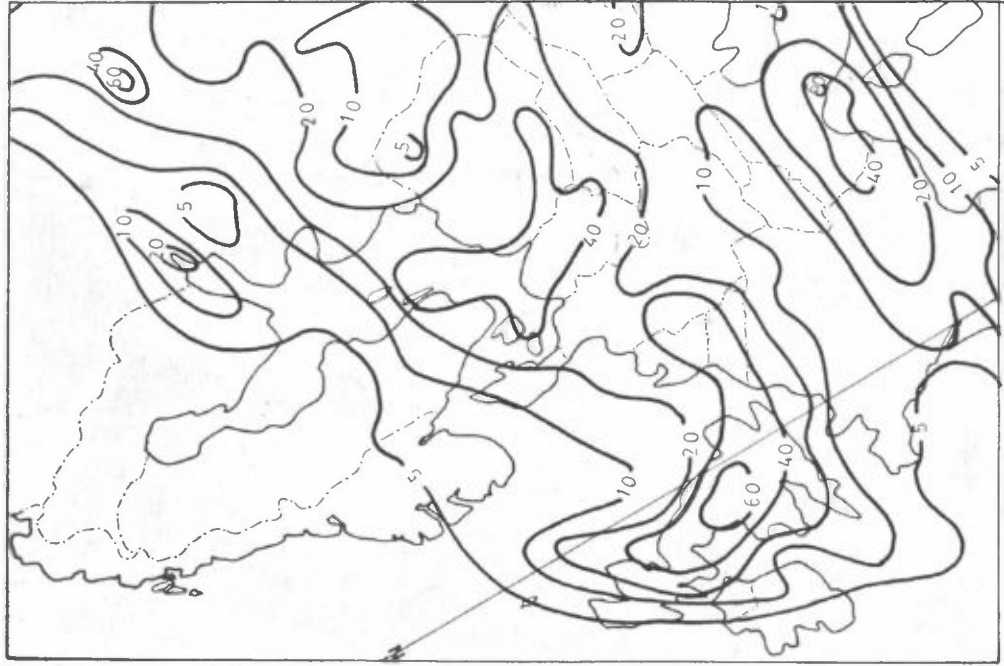
23.12. 1972 kl. 00 GMT



a) Normalt kildefelt.



b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.



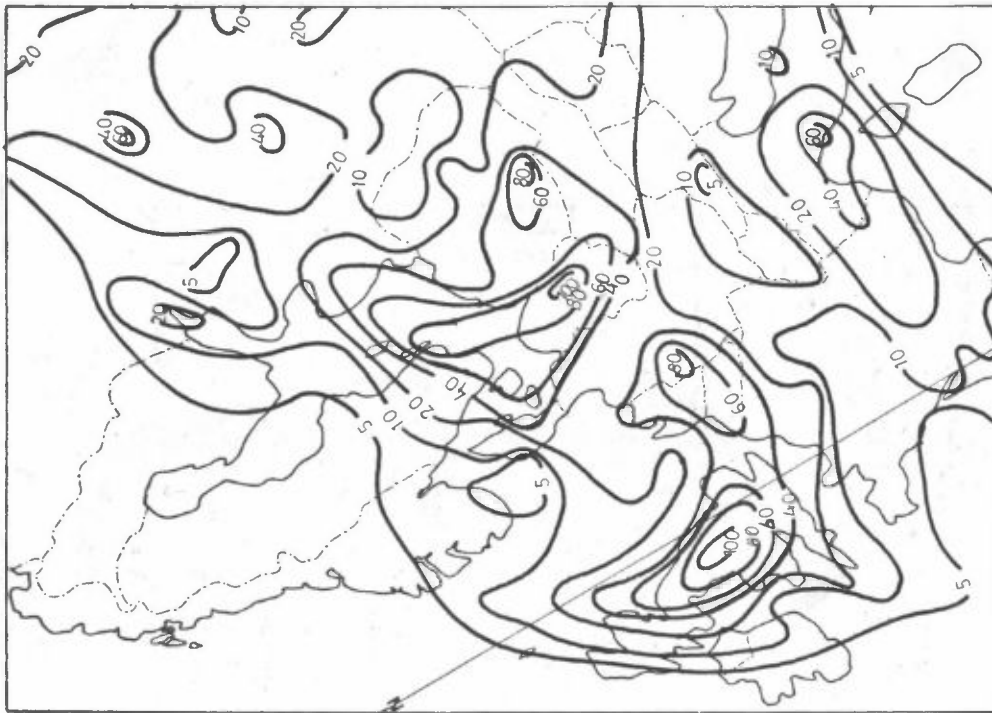
c) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

FIGUR 36

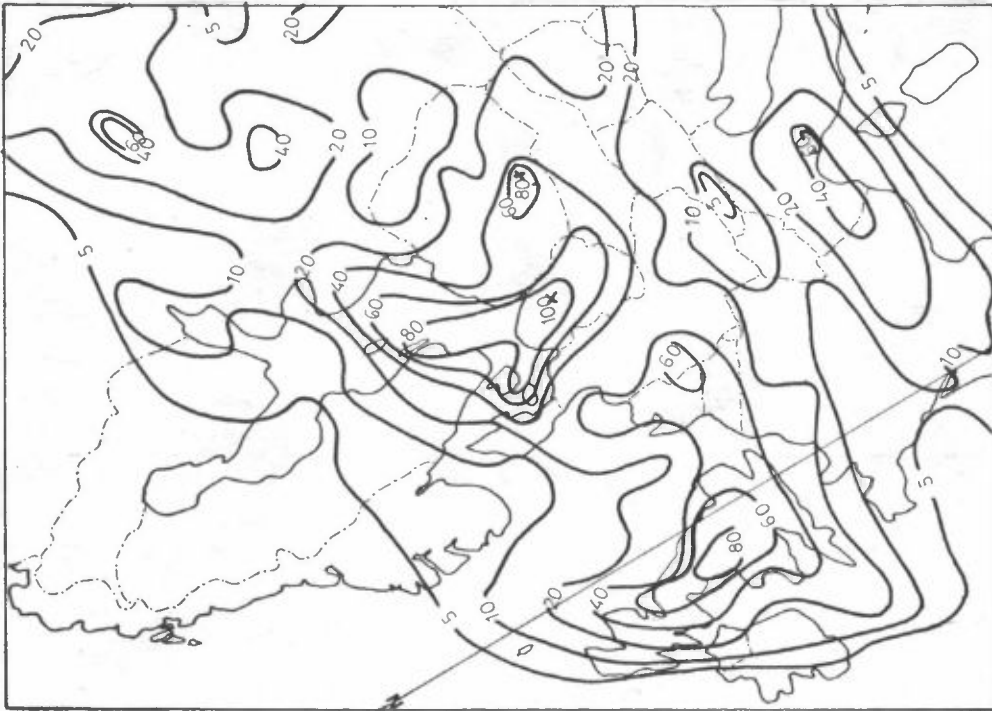
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

23.12. 1972 kl. 00 GMT

(fortsetter)



d) Utslippene i Vest-Europa er redusert som beregnet når maksimum svovelinnhold i oljen settes til 0,5%.

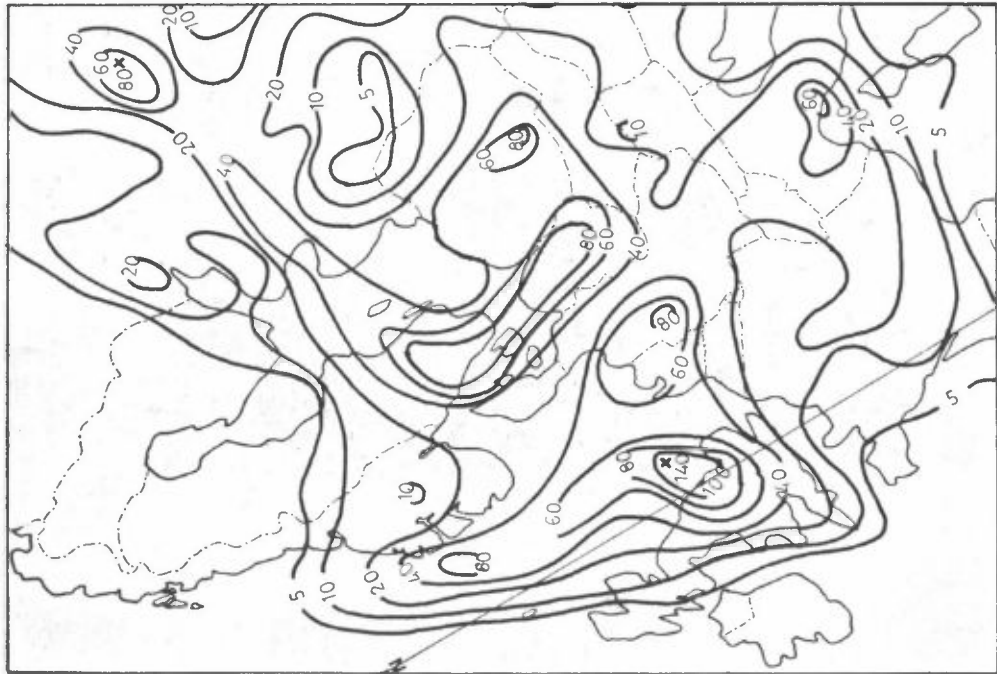


e) Samme forsøksbetingelser som punkt b), men med 2 døgns varslings tid.

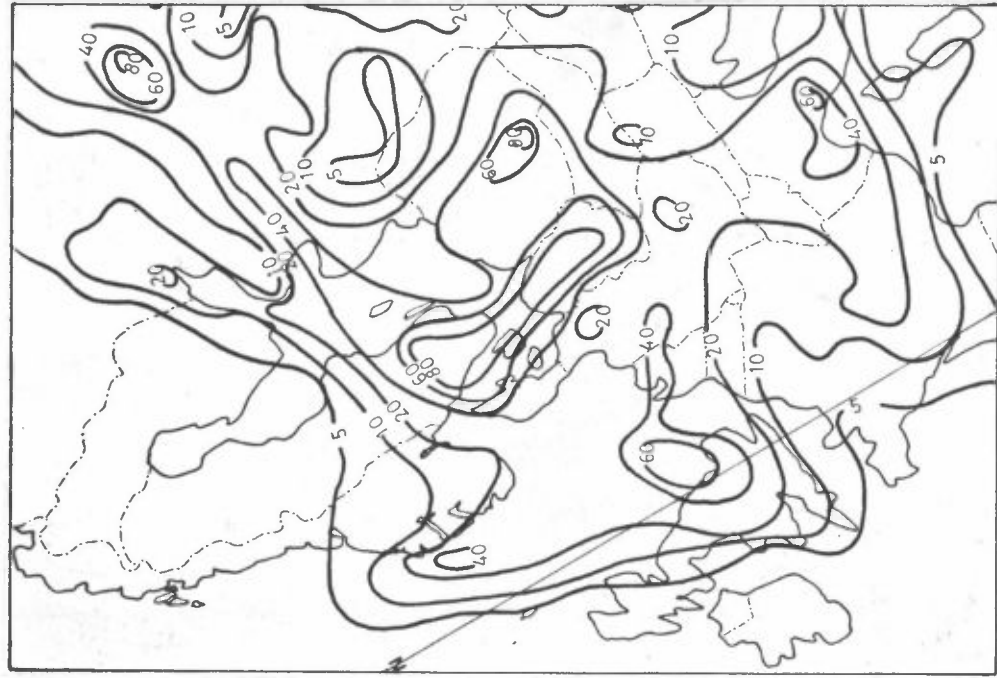
FIGUR 37

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

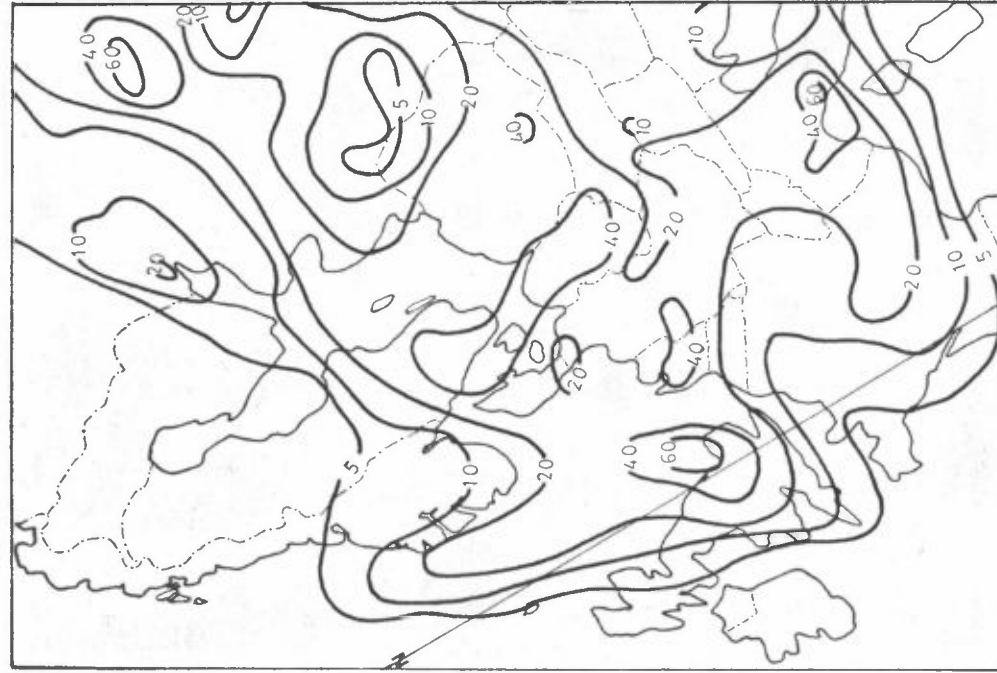
23.12. 1972 kl. 12 GMT



a) Normalt kildefelt.



b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.

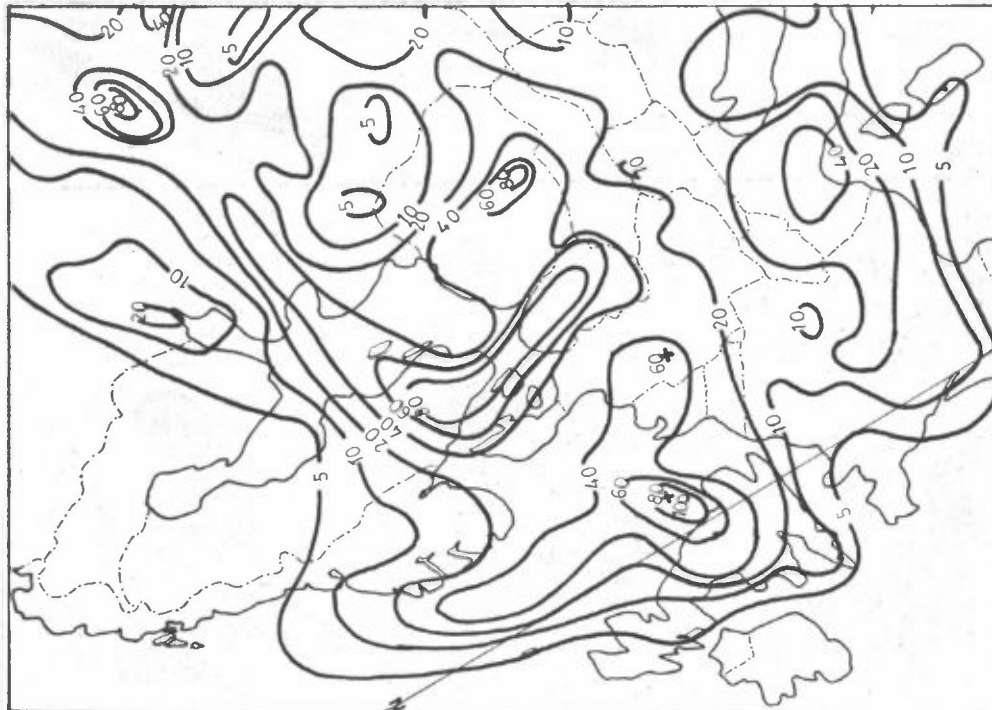


c) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

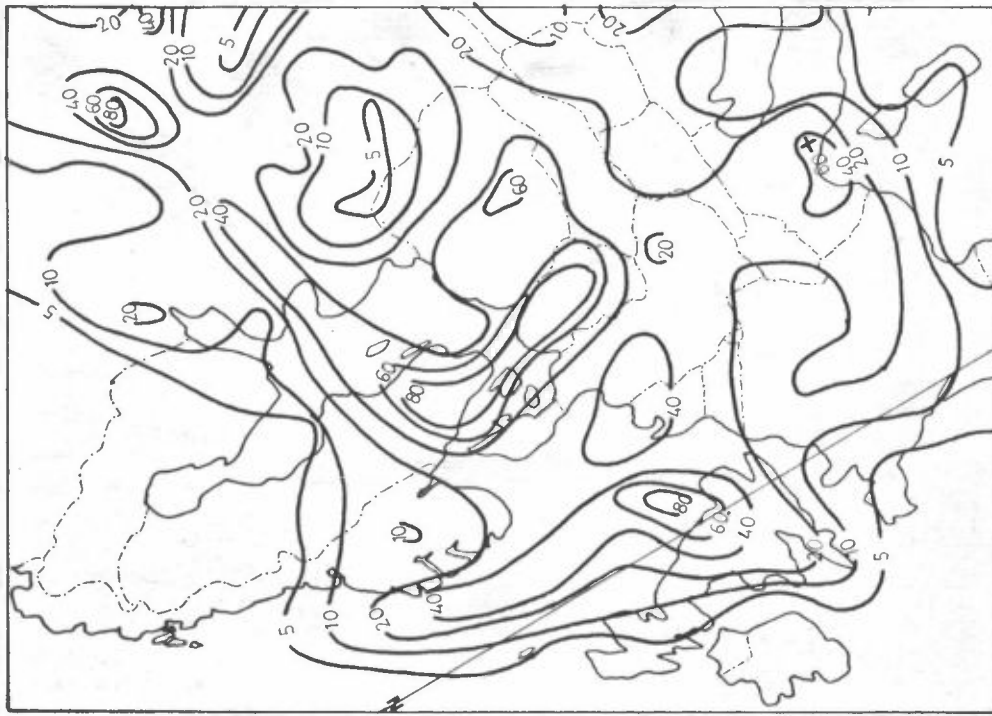
FIGUR 37

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

23.12. 1972 kl. 12 GMT (fortsetter)



d) Utslippene i Vest-Europa er redusert som beregnet når maksimum svovelinnhold i oljen settes til 0,5%.

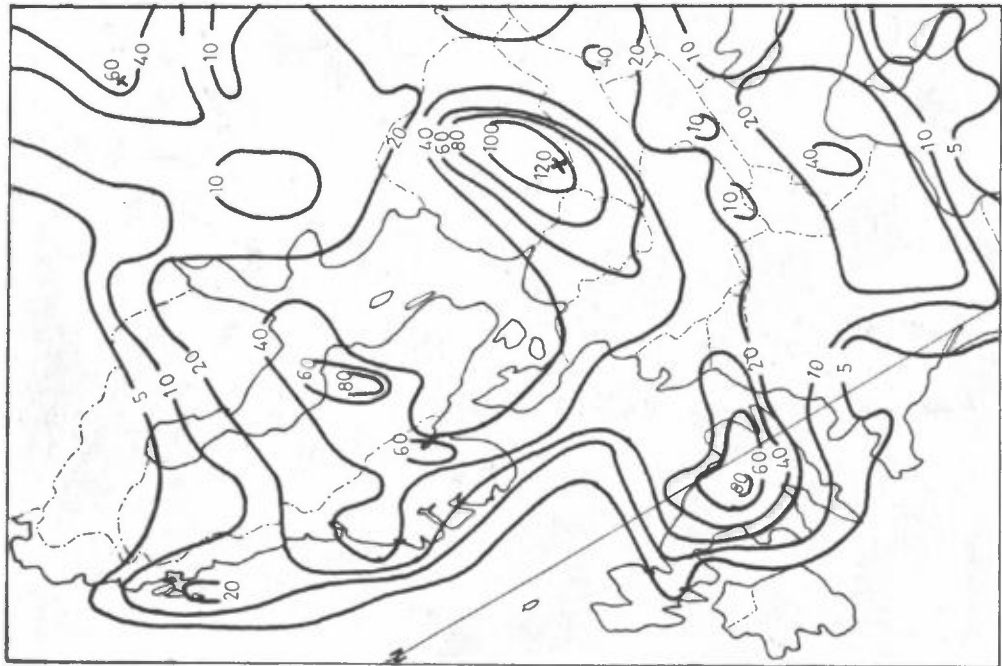


e) Samme forsøksbetingelser som punkt b), men med 2 døgns varslings tid.

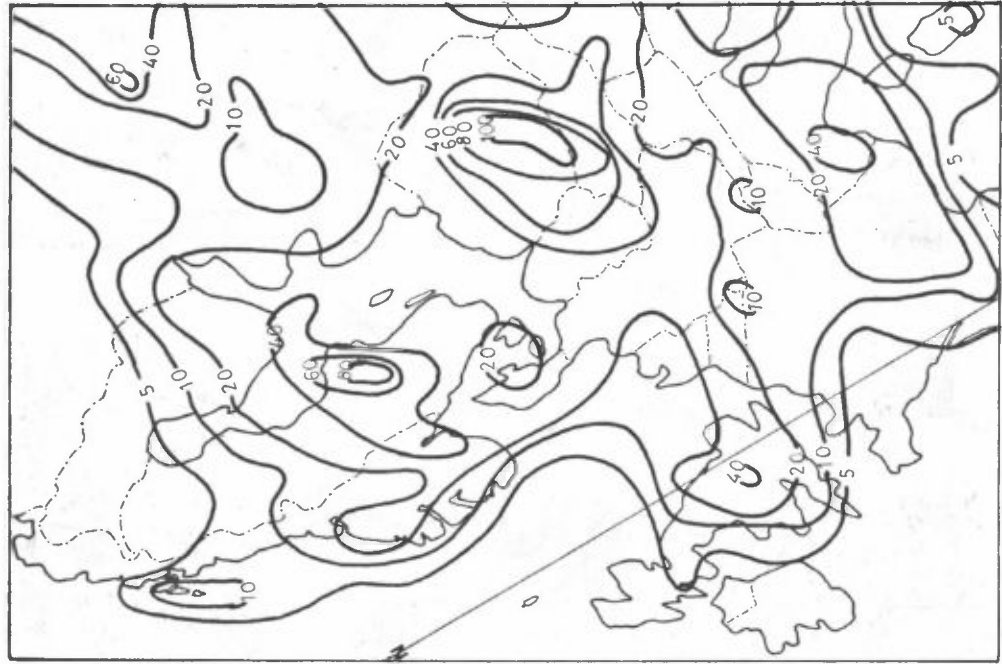
FIGUR 38

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

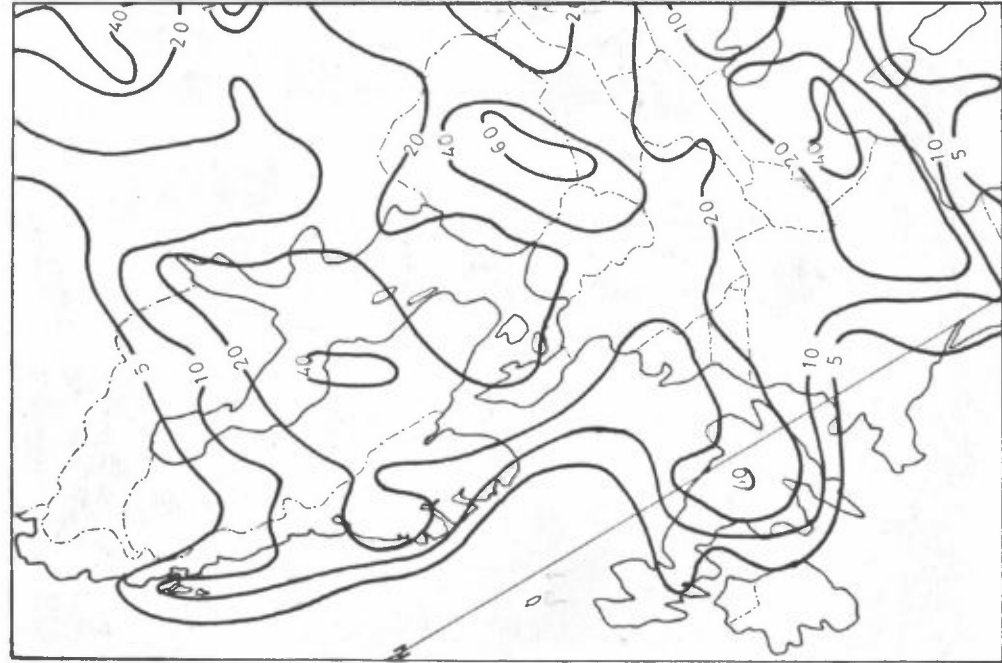
24.12.1972 kl. 00 GMT



a) Normalt kildefelt.



b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.

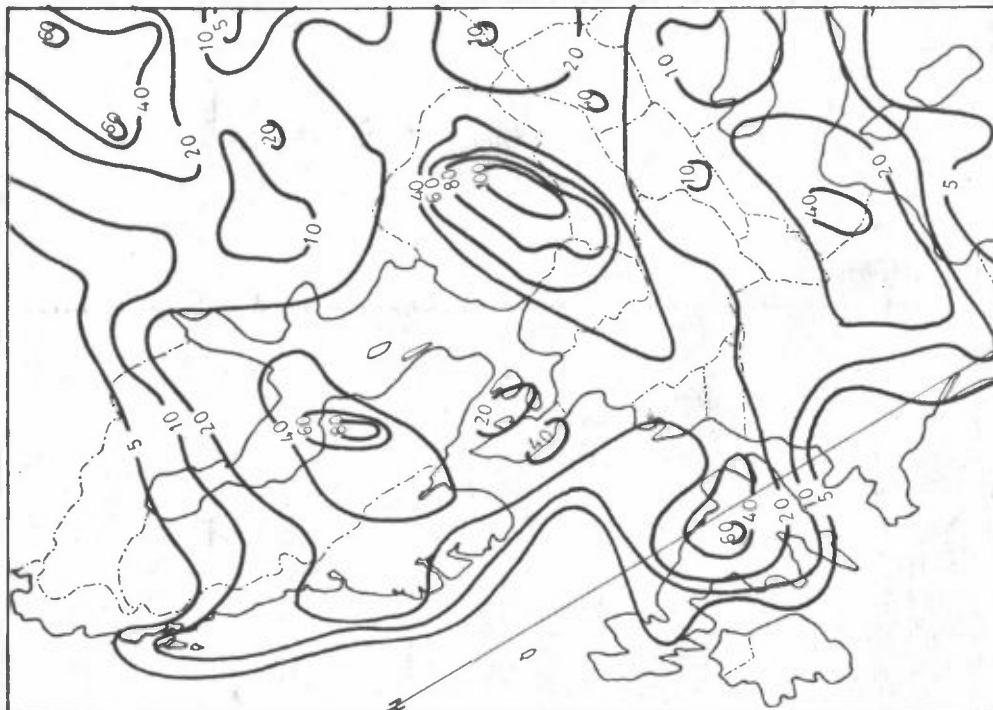


c) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

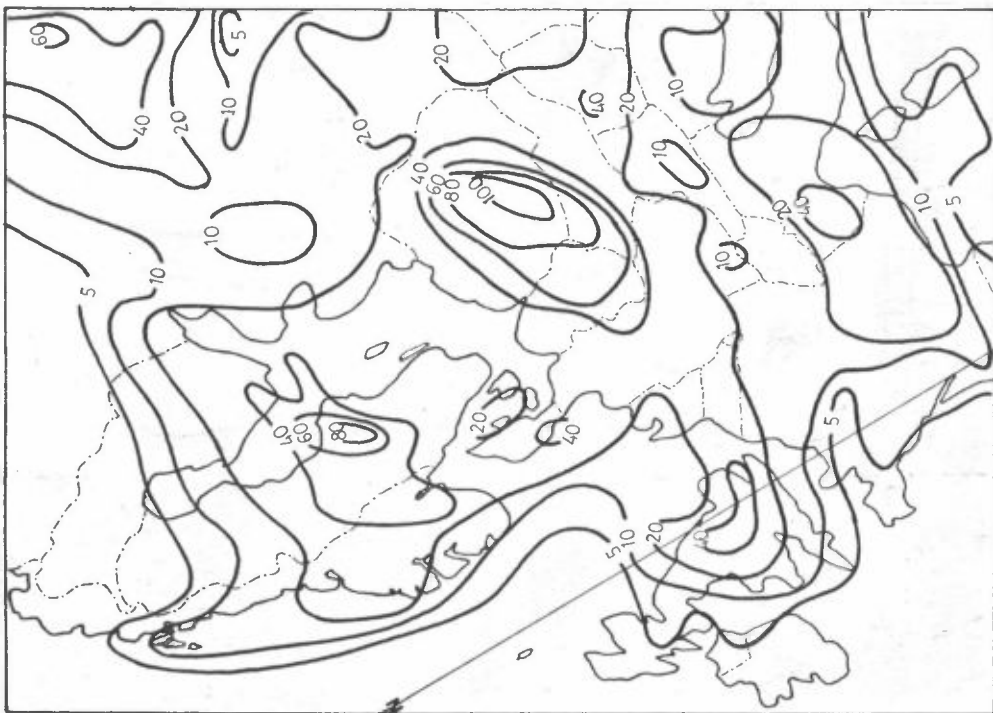
FIGUR 38

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

24.12. 1972 kl. 00 GMT (fortsetter)



d) Utslippene i Vest-Europa er redusert som beregnet når maksimum svovelinnhold i oljen settes til 0,5%.

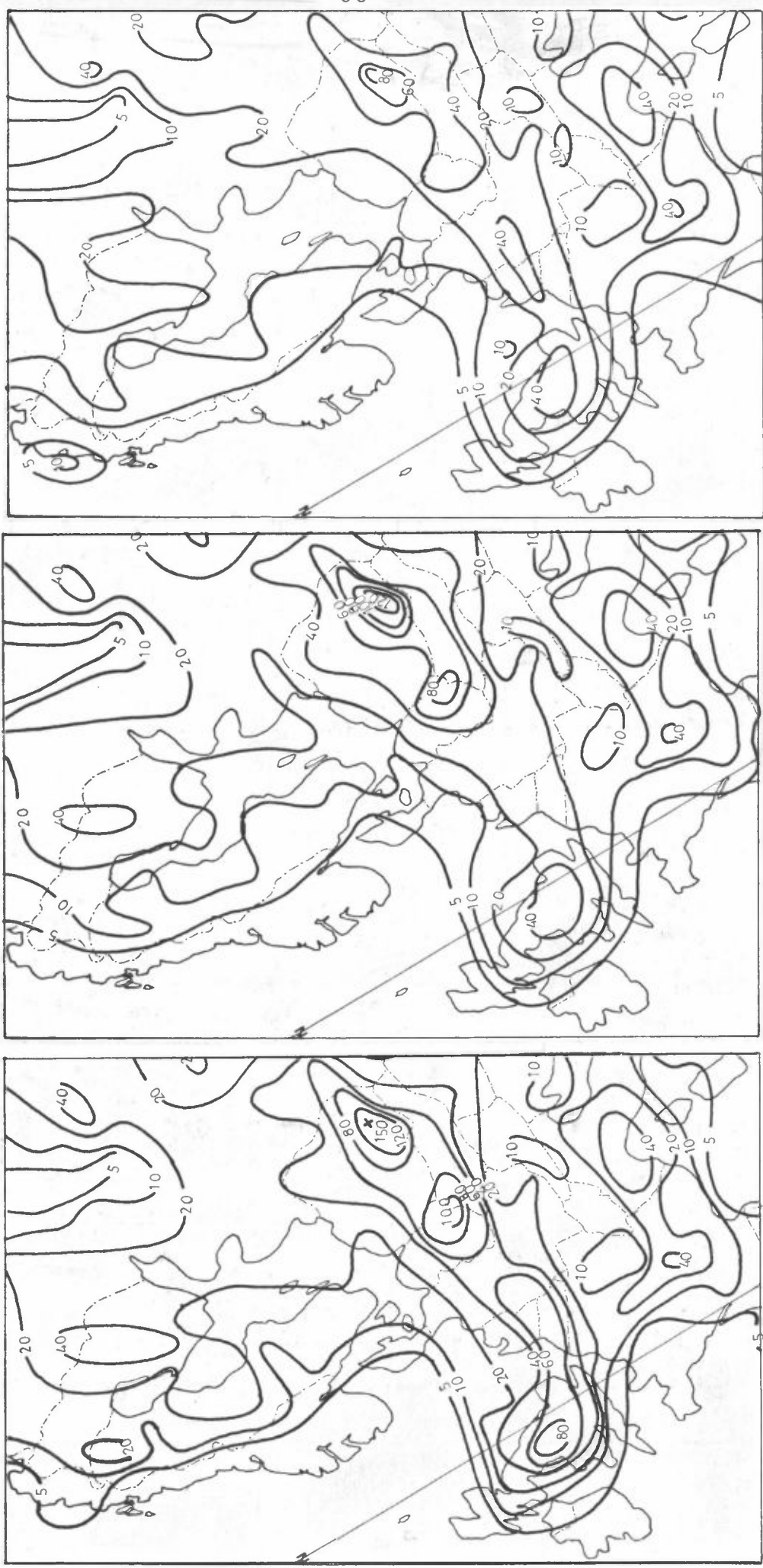


e) Samme forsøksbetingelser som punkt b), men med 2 døgns varslings tid.

FIGUR 39

Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

24.12. 1972 kl. 12 GMT



a) Normalt kildefelt.

b) Utslippene i England og på kontinentet er redusert med 50%.

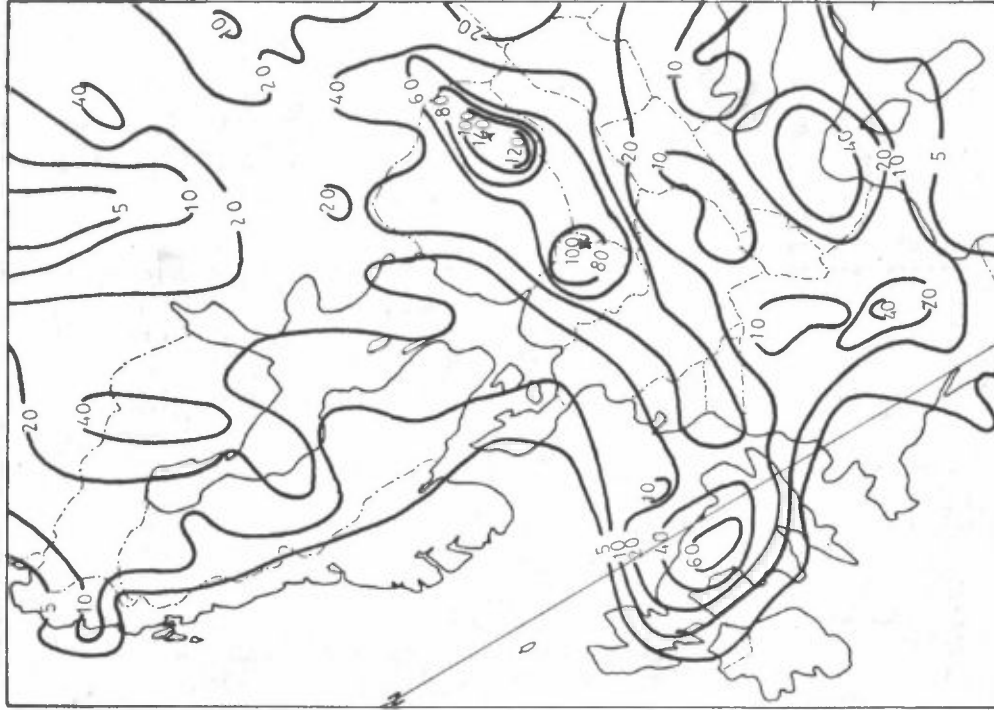
c) Utslippene i England, på kontinentet og i deler av Øst-Europa er redusert med 50%.

FIGUR 39

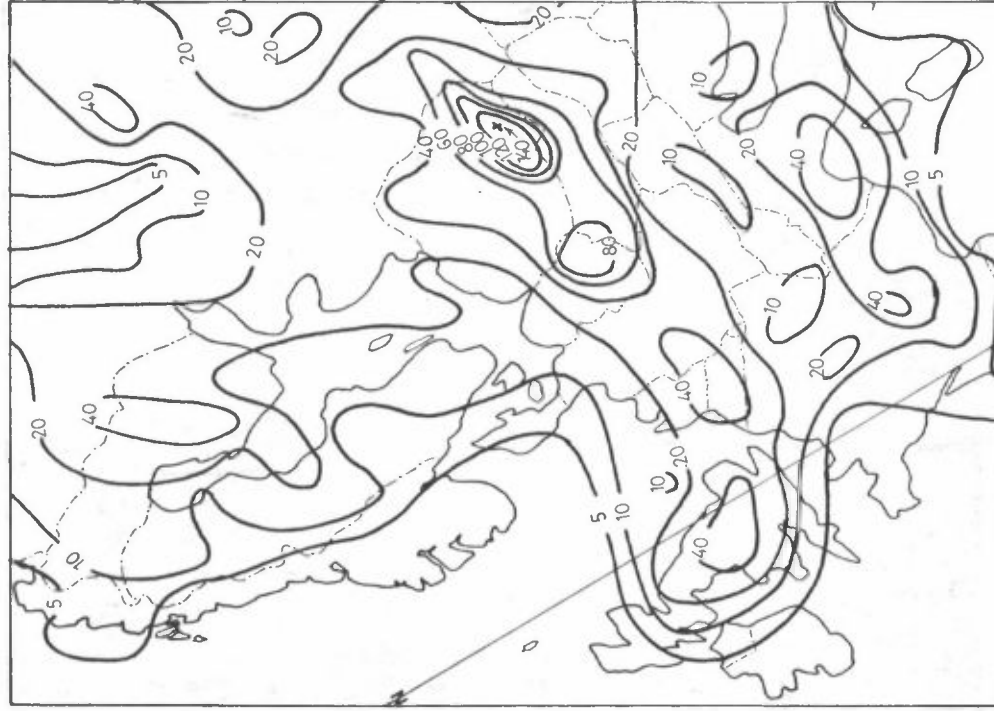
Beregnet SO₂-blandingsforhold, $q \cdot 10^9$ ($q = 10^{-9}$ tilsvarende 1,3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

24.12. 1972 kl. 12 GMT

(fortsetter)



d) Utslippene i Vest-Europa er redusert som beregnet når maksimum svovelinnhold i oljen settes til 0,5%.



e) Samme forsøksbetingelser som punkt b), men med 2 døgns varslingsstid.