

NILU
Intern rapport nr 27/71
Referanse: IO 000769
Dato: Juni 1971

MÅLINGER AV
LUFTFORURENSNINGER I OSLO
1970/71
av

Einar Joranger

Tegningene er utført av Per Knoph

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 15, 2007 KJELLER
NORGE

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1	<u>INNLEDNING</u> 2
2	<u>MÅLINGER OG ANALYSEMETODER</u> 2
3	<u>MÅLERESULTATER 1970/71</u> 3
3.1	<u>Standarder for luftkvalitet</u> 3
3.2	<u>SO₂- og støvverdier vinterhalvåret 1970/71.</u> <u>Døgnverdier</u> 5
3.3	<u>Månedsmiddelverdier</u> 6
3.4	<u>Halvtimesverdier av SO₂</u> 7
3.5	<u>Forurensningsfordeling i Oslo-området</u> 7
4	<u>SAMMENLIGNING AV FORURENSNINGENE VINTEREN 1970/71 MED</u> <u>TIDLIGERE ÅRS FORURENSNINGER</u> 10
4.1	<u>Utslipp av SO₂</u> 10
4.2	<u>Sammenligning av de meteorologiske forhold</u> 10
4.3	<u>Sammenligning av SO₂- og støvmålinger gjennom</u> <u>perioden 1958-71</u> 12
4.3.1	<u>Sammenligning av middelverdier for fyringssesongene</u> <u>1958/59 - 1963/64 med 1969/70 og 1970/71</u> 12
4.3.2	<u>Sammenligning av månedsmiddelverdiene</u> 14
4.3.3	<u>Vurdering av forurensningsutviklingen ved</u> <u>regresjonsanalyse av SO₂-døgnmiddelverdier og</u> <u>meteorologiske data</u> 15
5	<u>KONKLUSJON</u> 17
6	<u>LITTERATURLISTE</u> 20
	<u>Figur 1 - 23 og tabell 2</u>

MÅLINGER AV LUFTFORURENSNINGER I OSLO 1970/71

1 INNLEDNING

Undersøkelsen av luftforurensninger i Oslo vinteren 1970/71 er en fortsettelse av undersøkelsen som ble startet vinteren 1969/70. Undersøkelsen vinteren 1969/70 er publisert i mars 1971 (Oppdragsrapport nr 23/71) (1). Som forrige vinter er undersøkelsen støttet av Oljeselskapenes Miljøvernutvalg med et tilskudd på kr 200 000,-. Hensikten med siste vinters målinger har vært å få en ytterligere verifikasjon av forurensningsforholdenes utvikling i siste 10-års perioden.

Denne rapport er bare basert på data fra stasjoner for måling av døgnmiddelverdier av SO_2 og støv og imcometerstasjoner for måling av halvtimesverdier av SO_2 . Meteorologisk Institutt's data fra Fornebu, Blindern og Tryvann er nyttet ved vurderingen av forurensningsnivåene de forskjellige vintre. I tillegg er en rekke meteorologiske målestasjoner drevet av NILU (se (1)). Disse er nyttet i en mer omfattende undersøkelse vedrørende spredning av forurensninger som vil bli rapportert senere.

2 MÅLINGER OG ANALYSEMETODER

Plasseringen av stasjonene for måling av døgnmiddelverdier av svoveldioksyd (SO_2) og støv er vist i figur 1. Stasjoner er følgende:

1	St Olavs plass, Oslo Helseråd	14	Bryn
2	Haakon VIIgt 9	15	Nyland
3	Briskeby brannstasjon	16	Østensjøvn 164
4	Heimdalsgt 14	17	Grefsen brannstasjon
5	Mariboestgt 13	18	Kringsjø, Folke Bernadottesv 41
6	Stortorget 2	19	Huseby off. skole for blinde
7	Kingosgt 22	20	Smestad brannstasjon
8	Sagene brannstasjon	21	Skøyen, Hoffsvn 13
9	Ullevål sykehus	22	Lysaker, Fjellvn 5
10	Økernvn 147	23	Sandvika, Veivesenet, Bærum
11	Ekeberg skole	24	Snarøya, Bruksvn 15
12	Sjursøya	25	Nesodden, Bergvn
13	Malmøya		

Stasjonene 4, 7, 8 og 17 har identiske plasseringer med førsteamanuensis Lindberg's tilsvarende målestasjoner i årene 1958/65 (3), for å få bredere sammenligningsgrunnlag med de tidligere års målinger.

NILU's stasjoner har hatt varierende driftstid. Med henblikk på studiet av spesielle spredningssituasjoner var flest stasjoner i drift i perioden 1 desember 1970 - 15 mars 1971.

Analysemetodene benyttet av BP, Sjursøya (stasjon 12), Oslo Helseråd (stasjon 1, 14, 15) og NILU (de øvrige stasjoner) er omtalt i (1). På Sjursøya ble det i perioden 13/1 - 8/3 foretatt parallellmålinger for å sammenligne analysemetodene Thorin og OECD 1964. Middelerverdiene over 23 parallelle døgnverdier ble de samme ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$), men de enkelte døgn hadde tildels store avvik. Sammenligningen viste også at de tilfellene hvor prøvetakingen for OECD 1964-metoden gikk over flere døgn, ble disse som regel meget lavere enn midlet av døgnprøvene for Thorin-metoden (i middel 25%).

Den reflektometriske metode for måling av støv reduserer sammenlignbarheten av målingene. Årsaken er at det i bymiljøet er en rekke typer støv (støv fra bakken, forbrenningsstøv, industristøv etc) med forskjellig refleksjonsevne. Eventuelle variasjoner i fordelingen av støvtyper fra bydel til bydel eller også fra år til år kan redusere sammenlignbarheten av støvmålingene. Det foretas for tiden nærmere undersøkelse av støvet på utvalgte filtere.

NILU hadde 4 stasjoner i drift for måling av SO_2 i halvtimesverdier. Disse var plassert på St Hanshaugen, Bygdøy (Sjøfartsmuseet), Vollebekk (OK), Kjelsås (NIBR) i desember og januar og på Ullevål i februar og mars. I tillegg kommer Oslo Helseråds stasjoner på St Olavs plass.

3 MÅLERESULTATER 1970/71

3.1 Standarder for luftkvalitet

Det er ikke fastsatt bestemte retningslinjer (normer) for luftens innhold av SO_2 og støv i Norge. Det innsamlede materiale av svoveldioksyd-målinger er derfor vurdert på grunnlag av svenske

retningslinjer. Disse tar sikte på tettbebygde områder hvor andre forurensninger opptrer samtidig:

Månedsmiddelverdi	140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Døgnmiddelverdi	280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Halvtimesverdi	720 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

I de svenske retningslinjene heter det at månedsmiddelverdien ikke bør overskrides, døgnmiddelverdien kan overskrides én gang pr måned, og halvtimesverdien høyst 1% av tiden. Disse normer har ofte vært lagt til grunn ved bedømmelse av forureningsforhold også i Norge.

I tillegg til SO_2 er luftens innhold av støv vurdert, da disse forureningsstyper kan ha synergistiske effekter (5). Det er nylig (30 januar 1971) sendt ut forslag til "National Air Quality Standards" fra Environmental Protection Agency (EPA) i USA for 6 typer av luftforurensninger (6). Meningen er at disse skal gjøres gjeldende for hele USA, og at 2 standarder skal anvendes:

"Primary standard" er etablert med henblikk på beskyttelse av menneskenes helse. "Secondary standard" er opprettet for å forhindre skadevirkninger på jord, vann, vegetasjon, materialer, dyr, vær, sikt og menneskenes velvære. Følgende standarder er foreslått for SO_2 og støv.

	"Primary standard"	"Secondary standard"
SO_2	Årsmiddel = 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Døgnmiddel = 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ overskrides maksimum 1 døgn pr år	Årsmiddel = 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Døgnmiddel = 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ overskrides maksimum 1 døgn pr år
Støv	Årsmiddel = 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Døgnmiddel = 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ overskrides maksimum 1 døgn pr år	Årsmiddel = 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Døgnmiddel = 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ overskrides maksimum 1 døgn pr år

Tabell 1

Som vi ser, så stemmer de amerikanske standarder for SO_2 godt overens med de svenske normer, men de amerikanske er mer nyansert med hensyn til virkninger. "Støv" i tabell 1 omfatter alle aerosoler (små væskedråper og faste partikler), som har sin opprinnelse såvel fra prosesser i naturen som fra industrielle og andre menneskelige aktiviteter. Det taes ikke hensyn til støvets sammensetning.

Som i forrige rapport (1), vil SO_2 -målingene bli vurdert ut fra de svenske normer. De amerikanske forslag til nasjonale standarder blir også brukt, især i vurderingen av støvinnholdet i luften.

3.2 SO_2 - og støvverdier vinterhalvåret 1970/71. Døgnverdier

I figurene 2 - 8 er det for noen utvalgte stasjoner presentert samtlige døgnverdier av SO_2 og støv i perioden 1 oktober 70 til 31 mars 71 i form av stolpediagrammer. De svarte stolpene gjelder SO_2 , de prikkede støv.

Vi ser at det under perioder med høye forurensninger særlig på senvinteren, har vært tildels meget sterkere forurensninger med støv enn med SO_2 . Det forekom ikke noen slike tilfeller vinteren 1969/70. Dette viser at det i de senere år har skjedd en endring i den relative mengdefordelingen mellom SO_2 og støv.

Vi ser at 3 - 4 desember var det et maksimum av SO_2 -forurensninger i Oslo med høyeste verdi $349 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ på St Olavsplass. De øvrige stasjonene går godt i takt med St Olavsplass.

På stasjonene Kingosgt og Økern på østsiden av bykjernen var støvforurensningen relativt høye. Episodene 3 - 4 januar og 3 - 6 februar er eksempler med de relativt høyeste støvforurensninger mot østsiden av bykjernen ($\text{Heimdalsgt } 493 \mu\text{g støv}/\text{m}^3$) mens SO_2 -forurensningen er mer jevnt fordelt. - 3-4 januar hadde også SO_2 -forurensningen sitt maksimum i Heimdalsgt.

3.3 Månedsmiddelverdier

I figurene 9 og 10 er de månedlige middelverdier av SO_2 og støv for samtlige stasjoner fremstillet i stolpediagram.

I tabell 2 (i bilag) er de beregnede månedsmiddelverdier tabulert sammen med de maksimale døgnverdier for hver måned, antall døgnverdier for SO_2 som overskrider den svenske norm $280 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ og endelig antall døgnverdier for støv som har overskredet de foreslåtte amerikanske standarder for luftens innhold av støv.

Figurene viser at månedsmiddelverdiene for SO_2 lå godt under den svenske norm unntatt på St Olavsplass i desember, hvor månedsmiddelverdiene lå såvidt over.

I tabell 3 kan en også sammenligne middelverdiene på St Olavsplass med 3 sentrale stasjoner for de periodene de siste har vært i drift. Denne indikerer at SO_2 -målingene på St Olavsplass er representativ for den sentrale bydelen som grenser til Karl Johan (Haakon VIIgt og Stortorget). Støvverdien synes å være mer variabel i den sentrale bydel med høyeste verdi mot østsiden (Stortorget).

Stasjon	Midlingsperiode	SO_2	Støv
Haakon VIIgt	1/10 - 30/11 og 1/2 - 31/3	89	49
St Olavsplass	"	91	63
Heimdalsgt	1/12 - 31/3	101	75
St Olavsplass	"	112	80
Stortorget	7/1 - 7/3	95	89
St Olavsplass	"	99	71

Tabell 3: Middelverdier av SO_2 og støv på sentrale stasjoner

I motsetning til resultatene fra vinteren 1969/70 ser en at en rekke både perifere og sentrale stasjoner har høyere månedsmiddelverdier for støv enn for SO_2 .

Kun en døgnverdi over den svenske normen $280 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ forekom siste vinter (St Olavs plass i desember). Den amerikanske "Primary standard" for SO_2 ble ikke overskredet, mens "Secondary standard" ble såvidt overskredet i en del tilfeller (se tabell 1 i bilaget). - Årsmiddelverdien for SO_2 på St Olavs plass $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskred begge foreslåtte standarder.

Tabell 1 viser videre at den foreslåtte "Primary standard" for støv i vintermånedene ble overskredet 3 døgn på St Olavs plass, og i februar 3 døgn på hver av stasjonene Stortorget og Heimdalsgt. "Secondary standard" ble overskredet relativt hyppig særlig i desember og februar på sentrale stasjoner og på Bryn i desember. Vi har ingen årsverdier for støv i Oslo sentrum.

3.4 Halvtimesverdier av SO_2

På stasjonene for måling av SO_2 -halvtimesverdier ble det vinteren 1970/71 ikke registrert noen verdier høyere enn den svenske normen $720 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Høyeste verdier var $680 \mu\text{g}/\text{m}^3$, målt på St Hanshaugen 3/12 kl 2200. På St Olavs plass ble det samme dag, kl 1800 og kl 2100 registrert denne stasjons vintermaksimum $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Som sammenligning kan nevnes at det vinteren 1969/70 ble registrert 100 overskridelser av normen for halvtimesverdiene, og høyeste målte verdi var $1320 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.5 Forurensningsfordeling i Oslo-området

I februar var det største antall stasjoner i drift, i alt 25. Hensikten var å få en oversikt over forurensningenes fordeling i Oslo-området.

Figurene 11 og 13 viser de midlere fordelinger i februar 1971 av SO_2 og støv.

Figurene 12 og 14 viser tilsvarende midlere fordelinger under 3 dagers perioden 3 - 6 februar med et maksimum av forurensninger¹⁾.

¹⁾ I denne perioden var det stabil luftsjuktning i det laveste lag mellom Fornebu og Blindern og vekslende mellom instabilt og stabilt fra dag til natt mellom Blindern og Tryvann. Vinden vekslet mellom sørvestlig svak vind eller stille midt på dagen og ellers i døgnet svak nordlig vind eller stille. Denne situasjonstype fører til oppstuing av forurensningene midt på dagen. Denne situasjonen forekommer hyppig i februar.

Figur 11 viser at den midlere SO_2 -forurensning har sin maksimumsone i bykjernen i øst-vestlig retning. Dessuten er det tendens til 2 sekundære maksimumsoner i Nydalen og i Groruddalen, også muligens i Sandvika-området. Fordelingen av SO_2 -forurensningen i dagene 3 - 6 februar (figur 12) viser de samme generelle trekk, men størst konsentrasjon finner vi på Stortorget.

Figur 13 viser at den midlere støv-forurensning har sitt maksimum mer mot øst og mot den gamle bydelen enn for SO_2 . Videre finner vi ikke noe sekundært maksimum i Nydal-området for støv. Dette kan skyldes at det fra fabrikkområdet i Nydalen (Spigerverket) slippes ut relativt lyst støv som gir lavere utslag ved den reflektometriske målemetoden for støv som er nyttet. En annen mulighet er at den effektive utslippshøyden for støvet fra Nydalen er relativt høy for transport ned Nydalen. En tredje mulighet er at en stor del av støvet fra Nydalen faller ned i nærheten av fabrikkområdet, hvor det ikke er foretatt målinger. Institutt for Atomenergi har fått i oppdrag å undersøke våre filtere fra de forskjellige bydeler nærmere. Resultatene vil foreligge høsten 1971.

Parvis sammenligning av middelveiden for hele februar og perioden 3 - 6 februar for SO_2 (figurene 11 og 12) og støv (figurene 13 og 14) viser at en med de nåværende utslipp under inversjonsperioder i sentrum kan få relativt høyere støvkonsentrasjoner enn SO_2 -konsentrasjoner. Sammenligningen viser at maksimumkonsentrasjonen for støv i bykjernen er $339 \mu\text{g støv}/\text{m}^3$, for SO_2 $214 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Under noen perioder med liten utluftning stiger således støvkonsentrasjonen mer enn SO_2 -konsentrasjonen. En medvirkende årsak til dette kan være at halveringstiden for overgangen av SO_2 til svovelsyre bare dreier seg om noen timer i byatmosfære med mye partikler, mens utfellingen av støv skjer langsommere.

Støvforurensningen synes under episodene i ennå høyere grad å være konsentrert til byens sentrum enn SO_2 -forurensningen. Dette kan skyldes at kildene for SO_2 er gjennomgående høyere enn for støv (biltrafikk, oppvirvling av støv fra gatene etc).

En tilsvarende undersøkelse av døgnet 3 - 4 januar (se figur 5 og 6) med forurensningsmaksimum, viser lignende fordeling som ovenfor¹⁾.

¹⁾ Sandvika's støvmåling for 3 - 6 februar ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$) beror antakelig på målefeil. Støvmålingen 3 - 4 januar ligger litt høyere enn månedsmiddelverdien.

4 SAMMENLIGNING AV FORURENSNINGENE VINTEREN 1970/71 MED TIDLIGERE ÅRS FORURENSNINGER

Det ble i rapporten for målingene vinteren 1969/70 konkludert med at luftforurensningsforholdene i Oslo er blitt vesentlig bedret siden årene 1958-65 når det gjelder innholdet av SO₂ i luften. Hensikten med siste vinters målinger har delvis vært å undersøke virkningen av fyringsrestriksjonene som trådte i kraft fra 1 november 1970 for forurensningsnivået i Oslo. Forurensningsnivået avhenger av utslippene som har funnet sted og de meteorologiske forhold.

4.1 Utslipp av SO₂

Et overslag på grunnlag av oppgavene fra 1969 og 1970 gir en nedgang i utslippet av SO₂ på omkring 30 %. En slik sammenligning av årsoppgaver er dog meget usikker, da oppgavene fra år til år kan avvike mer eller mindre fra det reelle forbruk i Oslo. Oppgavene fra oljeselskapene over oljeforbruket i 1970 viser en sterk nedgang i totalforbruket sammenlignet med 1969. Denne nedgang kan imidlertid også skyldes at siste års fakturaoppgaver er mer spesifikke for Oslo enn tidligere. Oljedata for 1971 er under bearbeidelse, men foreløpige resultater indikerer som ventet en nedgang i forbruket av tungoljer til fordel for lettere oljer.

4.2 Sammenligning av de meteorologiske forhold

Sammenhengen mellom måneds- og vintermiddelverdiene av SO₂ og støv varierer med de meteorologiske forhold. Dette søkes belyst ved å sammenligne inversjonshyppigheter og middeltemperaturer med middelkonsentrasjoner av SO₂ og støv. Ved den tilsvarende sammenligning på basis av døgnmiddelverdier er luftens stabilitet (temperaturdifferansen Tryvann-Blindern) brukt istedenfor inversjonshyppighet som parameter (kapittel 4.3.3).

Inversjonshyppigheten er definert som antall dager pr måned eller vinterhalvår hvor temperaturen målt på Tryvann kl 0700 er høyere enn temperaturen målt på Blindern til samme tid.

En statistisk analyse viser at temperaturdifferansen mellom disse stasjoner er den beste når en baserer sammenligningen på data fra Meteorologisk Institutt's stasjoner i Oslo-området. Meteorologisk Institutt's klimastasjoner er de eneste som har vært i drift i hele den 13-års perioden som undersøkelsen strekker seg over.

I figurene 15 og 16 er inversjonshyppighetene og middeltemperaturene for hver måned vintrene 1969/70 og 1970/71 sammenlignet med de tilsvarende middelveidier for vintrene 1958/59 - 1963/64 og variasjonsbredden for hver måned.*

Figur 15 viser at vinteren 1970/71 var det i månedene november og mars "normalt" antall inversjoner, i desember litt under det "normale" antall og i oktober, januar og februar langt under det "normale". I februar var inversjonshyppigheten endog 2 døgn lavere enn det laveste antall som ble observert i årene 1958/59 - 1963/64.

Inversjonshyppigheten i desember, januar og mars vinteren 1970/71 og vinteren 1969/70 var omlag den samme.

Figur 16 viser at vinteren 1970/71 var middeltemperaturene i oktober omkring "normalen", november under "normalen" og i desember, januar og februar langt over "normalen". Middeltemperaturene i oktober, november og mars var omlag de samme i vintrene 1970/71 og 1969/70. Mars er således eneste måned i de to vinter-sesongene hvor både inversjonshyppigheter og middeltemperaturer er omlag de samme.

På 6-måneders basis skulle årene 1959/60 og 1960/61 klimatologisk sett være sammenlignbare med vinteren 1970/71 som tabell 4 viser.

x

De midlere inversjonshyppighetene og variasjonsbreddene for vintrene 1958/59 - 1963/64 har samme generelle trekk som for vintrene 1962/63 - 1967/68 benyttet i (1), og dermed 10-års perioden 1958/59 - 1967/68.

Vinter	58/59	59/60	60/61	61/62	62/63	63/64	69/70	70/71
Inversjons- hyppighet	66	30	35	52	76	58	56	36
Middel- temperatur	-0.4	-0.2	0.0	-0.3	-3.3	-0.4	-3.1	-0.1

Tabell 4 Inversjonshyppigheter og middeltemperaturer
for vintrene 58/59 - 63/64 og 69/70 - 70/71

4.3 Sammenligning av SO₂- og støvmålinger gjennom perioden 1958-71

I forrige rapport (1) ble det konkludert med at det har skjedd en betydelig forbedring av forurensningsforholdene fra vintrene 1958/59 - 1964/65 til 1969/70 med hensyn til SO₂. I denne undersøkelse av siste vinters data tas sikte på å utdype resultatene fra siste rapport (1), og vurdere om det har funnet sted noen endring fra 1969/70 til 1970/71. Det fremgår av 3.5 at forurensningsnivået kan varieres meget fra sted til sted. For å kunne få en pålitelig vurdering av utviklingen, bør denne baseres på data fra et uendret stasjonsnett med hensyn til geografisk plassering, og området der stasjonen ligger bør ikke ha gjennomgått lokale endringer i utslippsmønster som ikke kan ansees å være innenfor det normale. Vinteren 1970/71 hadde 5 stasjoner samme plassering som i årene 1958 - 64 (4). De lokale forhold omkring stasjonene i Heimdalsgate, Kingogate, på Sagene og Grefsen er lite endret. På St Olavsplass er dog stasjonen plassert i ny bygning siden 1969, og områdets karakter har også endret seg. Vi går likevel ut fra at det nåværende målepunkt kan brukes i sammenligninger.

4.3.1 Sammenligning av middelveidier for fyringssesongene 1958/59 - 1963/64 med 1969/70 og 1970/71

En sammenligning av gjennomsnittsverdiene for SO₂ og støv fra 41. til 16. uke vinteren 1970/71 med vintrene 1958/59 - 1963/64 og vinteren 1969/70 på St Olavsplass (figur 17) viser at det gjennomsnittlige SO₂-innholdet i luften i Oslo sentrum er redusert betydelig.

På grunn av at siste vinter var usedvanlig mild og at det var relativt få inversjonssituasjoner, gir dog ikke SO₂- og støv-middelverdiene for vinteren 1970/71 et representativt uttrykk for den generelle utvikling av forurensningsforholdene.

En sammenligning av den midlere SO₂-konsentrasjon siste vinter (70/71) med vintrene 1959/60 og 1960/61 (se 4.2) indikerer en reduksjon på 60-65 % av SO₂-forurensningene i sentrum fra nevnte periode til siste vinter.

De midlere SO₂-forurensningene i 1970/71 var også betydelig lavere enn i 1969/70. Det er dog usikkert i hvilken grad dette kan skyldes forskjellen i de meteorologiske forhold (se tabell 3). Utviklingen må derfor vurderes ut fra kortperiodiske middelverdier (måned, døgn og timer).

Tilsvarende beregning som ovenfor for støv gir bare ca 30 % reduksjon fra 1960 til 1970. En sammenligning over et så stort tidsrom er dog usikker (se kap 2). Sammenligning med vinteren 1969/70, hvor de meteorologiske forhold har vært forurensningsmessig sett ugunstige i forhold til 1970/71 (se tabell 4), tyder på at støvforurensningsforholdene ikke har bedret seg de siste årene.

For å gi et visuelt inntrykk av endringen som har funnet sted de siste 12 år i forurensningsforholdene i Oslo, er det i figurene 18 og 19 sammenstillet midlere fordeling av henholdsvis SO₂ og støv i 2-10 uke 1960 og 1970. Jan/febr/mars 1960 hadde det minste antall inversjoner sammenlignet med de øvrige årene (19 inversjoner) mens det tilsvarende tall for 1970 er 30 inversjoner. Middelttemperaturen for disse månedene i 1960 var -3.2°C, for 1970 -6.5°C. Forurensningsforholdene skulle derfor meteorologisk sett være gunstigst i 1960, men dette året viser likevel langt de høyeste verdier særlig for SO₂. Det er karakteristisk at forskjellen er særlig konsentrert til de sentrale bydeler.

I figur 20 er fremstillet middelverdiene av SO₂ og støv fra 2. - 10. uke i årene 1959 - 63 og 1971 (for St Olavs plass også 1970) for 5 stasjoner. Sammenstillingen er gjort for å kunne se om forurensningsforholdene har endret seg i takt i de forskjellige bydeler. På grunn av at 2. - 10. uke i 1971 var usedvanlig mild med liten inversjonshyppighet, er ingen av årene 1959 - 63 forurensningsmessig sett direkte sammenlignbare med 1971.

Forholdstallene mellom middelverdiene for årene 1959 - 63 og året 1971 indikerer imidlertid at med hensyn til SO₂ har utviklingen på stasjonene Kingosgate ($\frac{56}{314} = 0.18$), Sagene ($\frac{60}{270} = 0.22$) og Grefsen ($\frac{28}{133} = 0.21$) gått meget godt i takt med St Olavs plass ($\frac{104}{469} = 0.22$), mens Heimdalsgaten har hatt en mindre reduksjon ($\frac{101}{283} = 0.35$).

For støv finner vi at Kingosgate ($\frac{51}{106} = 0.48$) og Grefsen ($\frac{27}{53} = 0.51$) har hatt en utvikling i takt med St Olavs plass ($\frac{78}{150} = 0.52$), mens støvforurensningen i Heimdalsgate ($\frac{79}{105} = 0.75$) og på Sagene ($\frac{55}{79} = 0.69$) relativt til St Olavs plass er blitt høyere.

4.3.2 Sammenligning av månedsmiddelverdiene

I figurene 21 og 22 er vist månedsmiddelverdiene av henholdsvis SO₂ og støv for 1969/70 og 1970/71, samt de midlere månedsverdiene for vintrene 1958/59 - 1963/64 og deres variasjonsbredde.

Sammenligning av SO₂-middelverdiene for 1969/70 og 1970/71 med periodene 1958/59 - 1963/64 understøtter konklusjonen fra (1) at SO₂-forurensningsnivået er blitt betydelig redusert. For 1970/71 ser vi av figurene 15 og 16 at i månedene november og mars var inversjonshyppighetene lik midlere hyppighet for årene 1958 - 64, mens temperaturene var lavere enn "middeltemperaturen". SO₂-middelverdiene disse månedene var 30 - 40 % av de tilsvarende verdier for perioden 1958 - 64. Også for støv indikerer disse sammenligninger forbedring fra perioden 1958 - 64 til siste vinter, idet den tilsvarende gjennomsnittlige prosentverdi er omkring 65 %.

For 1969/70 var bare desember sammenlignbar med 1958 - 64. Denne månedsmiddelverdi for SO₂ var 45 % av middelverdien for desember i årene 1958 - 64 og ca 65 % for støv.

For en månedsvis sammenligning mellom vinteren 1969/70 og 1970/71 er det bare mars månedene som egner seg, da det bare er disse måneder som har ensartede meteorologiske forhold. Utslippmessig er dog disse måneder av redusert verdi fordi hele påskeuken falt i mars i 1970 og i april i 1971.

Den store reduksjon i midlere SO₂-konsentrasjon fra mars 1970 til mars 1971 skulle derfor være en tydelig indikasjon på en forbedring. Reduksjonen av støvmiddelverdien denne måned peker i samme retning. På den annen side viser dog desember 1970 og januar 1971 høyere støvmiddelverdier enn de samme måneder i 1969/70 selv om de meteorologiske forhold skulle tilsi det motsatte.

4.3.3 Vurdering av forurensningsutviklingen ved regresjonsanalyse av SO₂-døgnmiddelverdier og meteorologiske data

I forrige rapport (1) ble det ved forsker O F Skogvold presentert en empirisk formel for sammenhengen mellom SO₂-konsentrasjonen (døgnverdi) og de meteorologiske parametre som i kombinasjon ga den høyeste multiple korrelasjon. Slike formler er beregnet for alle målestasjoner som var i drift i årene 1958 - 63. Felles trekk for alle 10 stasjonene var at de meteorologiske parametre som ga det beste uttrykk for SO₂-konsentrasjonen på vedkommende stasjon var temperaturdifferansen mellom Tryvann og Blindern kl 1900 (stabiliteten) og temperaturen på Blindern kl 1900:

$$S = a(T_{Tr_{19}} - T_{Bl_{19}}) - bT_{Bl_{19}} + c$$

S er SO₂-konsentrasjon

T_{Tr₁₉} er temperaturen på Tryvann kl 1900

T_{Bl₁₉} er temperaturen på Blindern kl 1900

Denne sammenheng mellom SO₂-konsentrasjon og meteorologiske parametre bygger på de SO₂-utslipp som både med hensyn til mengde, geografisk fordeling og utslippshøyde fant sted i årene 1958/63.

Dersom forurensningsforholdene, det vil si utslippene, har endret seg senere, kan denne formel nyttes til å påvise at endring har funnet sted. En er her ikke avhengig av at det er ensartede værforhold (middeltemperaturer og inversjonshyppigheter, etc) i de årene som sammenlignes, idet det er korrelert for de meteorologiske forhold. Et visst antall inversjonsperioder bør dog ha inntruffet i begge periodene som sammenlignes.

Det er også ved korrelasjonsanalyse vist at variasjonene på de forskjellige SO₂-stasjonene i Oslo går meget godt i takt i alle årene som er undersøkt. Ved vurderingen av SO₂-forurensningens utvikling er det derfor tilstrekkelig å vurdere denne for en av stasjonene. Vi baserer oss på formelen for St Olavs plass. For perioden 1959/63 fant en følgende verdier for koeffisientene a, b og c på St Olavs plass:

$$a = 61.53 \frac{\mu\text{g SO}_2}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$b = 11.63 \frac{\mu\text{g SO}_2}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$c = 471.95 \frac{\mu\text{g SO}_2}{\text{m}^3}$$

I figur 23 er tegnet opp samhørende verdier av observerte og beregnede verdier av SO₂-konsentrasjoner. Vi ser at punktene fra perioden 1959/63, som formelen bygger på, ligger nødvendigvis jevnt fordelt på begge sider av 45°-linjen. Punktene for januar/februar 1970 og i ennå større grad punktene for januar/februar/mars 1971 ligger imidlertid i sin helhet under linjen. Det vil si at de observerte verdier de to siste årene er betydelig lavere enn de en kunne vente seg dersom forurensningsforholdene hadde vært uendret fra 1963. Figur 23 viser således en klar forbedring med hensyn til luftforurensning av SO₂ fra perioden 1959/63 til de to siste vintre, og indikerer også en bedring fra 1970 til 1971 (januar, februar, mars).

KONKLUSJON

Hensikten med denne rapport er en presentasjon av SO₂- og støv-målinger utført vinteren 1970/71, og på grunnlag av data fra tidligere år å vurdere om det er skjedd en endring i forurensningsforholdene i Oslo.

Foreløpige resultater fra bearbeidelsen av oljeforbruksdata viser at det som ventet er en nedgang i forbruket av tungoljer til fordel for lettere oljer, men pålitelige talloppgaver for forbruket denne vinteren foreligger ennå ikke.

Vinteren 1970/71 var klimatologisk sett unormal, med høy middeltemperatur og liten inversjonshyppighet. Dette måtte resultere i redusert forbruk av fyringsoljer i forhold til et "normalår". Siste vinters middelverdier for SO₂ og støv i Oslo-luften vil derfor ikke være representative for vurdering av endringer av forurensningsnivået.

For å kunne vurdere utviklingen har en derfor sammenlignet forurensningsmiddelverdier for kortere tidsrom (måned, døgn og time) hvor det er sammenlignbare meteorologiske (og fyringsmessige) forhold. Sammenligning av døgnverdier ved regresjonsanalyse er den påliteligste metode forutsatt at variasjonen fra år til år av SO₂-utslippene i det vesentlige er temperaturavhengig (spillkraft ikke tilgjengelig). En er her ikke avhengig av at det er ensartede meteorologiske forhold (se 4.3.3), men det bør forekomme et visst antall av inversjonsperioder begge periodene som sammenlignes.

Sammenligning av døgnmiddelverdier (regresjonsanalysen) og månedsmidler viser at det har skjedd en betydelig forbedring i forurensningssituasjonen fra vintrene 1958/64 til de to siste vintrene. Et sammenfattende overslag over prosentreduksjoner i forurensningene på St Olavs plass fra vintrene 1958/64 til de to siste vintre under tilnærmet like meteorologiske forhold viser at SO₂-forurensningen i bakkenivået er redusert med ca 50-60% siden perioden 1958/64, og støvforurensningen med ca 30%. Den prosentvise reduksjon for Kingosgt og Grefsen synes stort sett å være den samme som St Olavs plass. For Heimdalsgt var forbedringen mindre både for SO₂ og støv. Det samme gjelder for støvforurensningen på Sagene.

Sammenligning av vintrene 1969/70 og 1970/71 både for måneds-
middelverdiene (mars), døgnmiddelverdiene (regresjonsanalysen) og
halvtimesverdiene indikerer at en forbedring i forurensningsnivået
for SO_2 også har funnet sted det siste året.

Halvtimesverdiene indikerer en forbedring ved de gjennomgående
lavere verdiene som er målt under inversjoner (episodemaksimum
 $650 \mu g SO_2/m^3$) siste vinter i forhold til året før (episodemaksimum
 $1320 \mu g SO_2/m^3$). (Selv for vintre med store avvik i de
meteorologiske forhold må en regne med at det inntreffer noen
episoder med meteorologiske forhold som skulle tilsi høye halv-
timesverdier som kan sammenlignes fra år til år. Spesielle
undersøkelser av slike ekstreme situasjoner er utført begge de
siste vintrene).

Bare en månedsmiddelverdi (desember), en døgnmiddelverdi og ingen
halvtimesverdier for SO_2 lå over de svenske normer vinteren 1970/71.

Sammenligning av de midlere støvkonsentrasjonene de to siste vintre
viser ingen forbedring fra 1969/70 til 1970/71.

For støv viser det seg at begge de foreslåtte amerikanske standarder
siste vinter ble overskredet, "Secondary standard" relativt hyppig.
Fordelingen av forurensningene i Oslo synes å være forskjellig for
 SO_2 og støv. SO_2 -forurensningene har sitt maksimum omkring
bykjernen (Karl Johansgt) mens støvforurensningene har sitt
maksimum lenger øst langs akse Stortorget - Heimdalsgt. Videre
synes støvkonsentrasjonene å stige langt mer enn SO_2 -
konsentrasjonene under perioder med liten utluftning.
Våre beregninger viser at vi har fått en langt større reduksjon
i SO_2 enn for støv. Dette kan ha følgende årsaker:

- 1) At den relative økning av støv skyldes andre kilder enn
oljefyringsanlegg.
- 2) At nye oljefyringsanlegg slipper ut relativt mer støv
enn før.

Punkt 2) er lite sannsynlig på grunn av den kampanje som har
pågått de siste årene for å bedre anleggene og bruke letter olje-

typer. Ut fra dette mener vi at økningen i mengdeforholdet støv/SO₂ skyldes andre kilder enn oljeforbrenning. En bør også være oppmerksom på at for eksempel den sterkt økende veitrafikken (som forårsaker mye støv relativt til SO₂), har lav kildehøyde mens utslippene fra oljefyring etter hvert er blitt høyere. Videre kan de meteorologiske forhold påvirke det midlere mengdeforhold støv/SO₂ fra år til år (tørr vinter gir mye oppvirvling av støv i forhold til nedbørrrik vinter).

I denne rapport har en på basis av et stort materiale presentert de viktigste konklusjoner uten å gå nærmere inn på detaljer. Konklusjonene må sees i sammenheng med forrige rapport (1). En ytterligere bearbeidelse for forståelse av sammenhengen mellom forurensning, utslipp og meteorologiske forhold pågår etter metoder skissert i (1).

LITTERATURLISTE

- (1) Norsk Institutt for Luftforskning
Målinger av luftforurensninger i Oslo 1969/70.
Foreløpige resultater.
NILU Oppdragsrapport nr 23/71 (1971).
- (2) OECD
Methods of Measuring Air Pollution OECD (1964).
- (3) Persson, Gösta
Automatic colorimetric determination of low concentrations of sulphate for measuring sulphur dioxide in ambient air.
Air and Water Poll.
Int. J Pergamon Press, vol 10 (1966).
- (4) Lindberg, W
Den alminnelige luftforurensning i Norge.
Røykskaderådet (1968).
- (5) Stern, A C
Air Pollution, I, (1968).
Academic Press, New York, London.
- (6) Environmental Protection Agency (EPA), USA
EPA Proposes National Air Quality Standards.
Journal of the Air Pollution Control Association (APCA), vol 21, no 3, (March 1971).

- | | | | |
|----|----------------|----|----------------|
| 1 | St Olavs plass | 26 | St Olavs plass |
| 2 | Haakon VI Igt | 27 | Volllebekk |
| 3 | Briskeby | 28 | Kjellsås |
| 4 | Heimdalsgt | 29 | Ulllevål |
| 5 | Mariboessgt | 30 | St Hanshaugen |
| 6 | Stortorget | 31 | Bygdøy |
| 7 | Kingosgt | | |
| 8 | Sagene | | |
| 9 | Ulllevål | | |
| 10 | Økern | | |
| 11 | Ekeberg | | |
| 12 | Sjursøya | | |
| 13 | Malmøya | | |
| 14 | Bryn | | |
| 15 | Nyland | | |
| 16 | Østensjø | | |
| 17 | Grefsen | | |
| 18 | Kringsjø | | |
| 19 | Huseby | | |
| 20 | Smesstad | | |
| 21 | Skøyen | | |
| 22 | Lysaker | | |
| 23 | Sandvika | | |
| 24 | Snarøya | | |
| 25 | Nesodden | | |

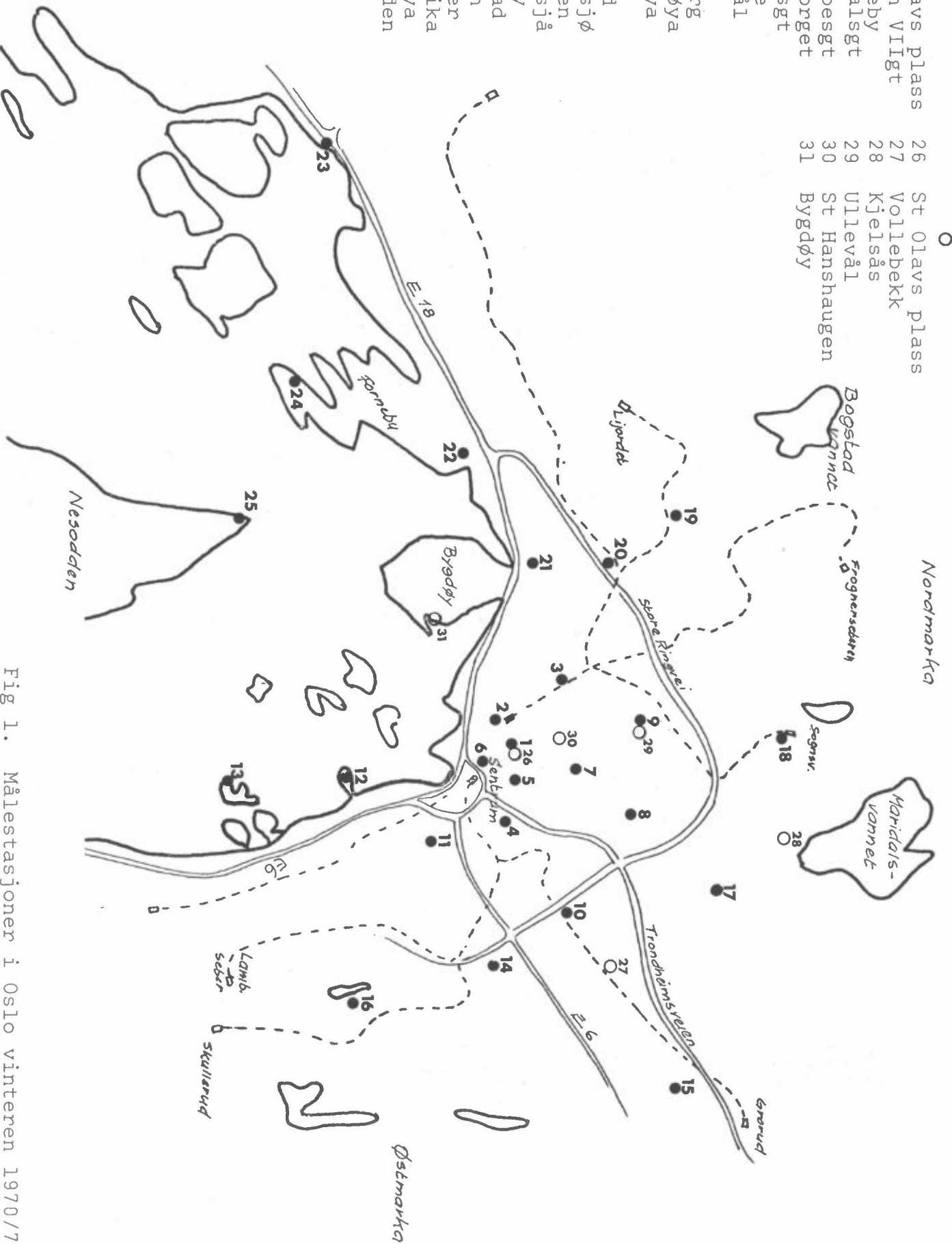
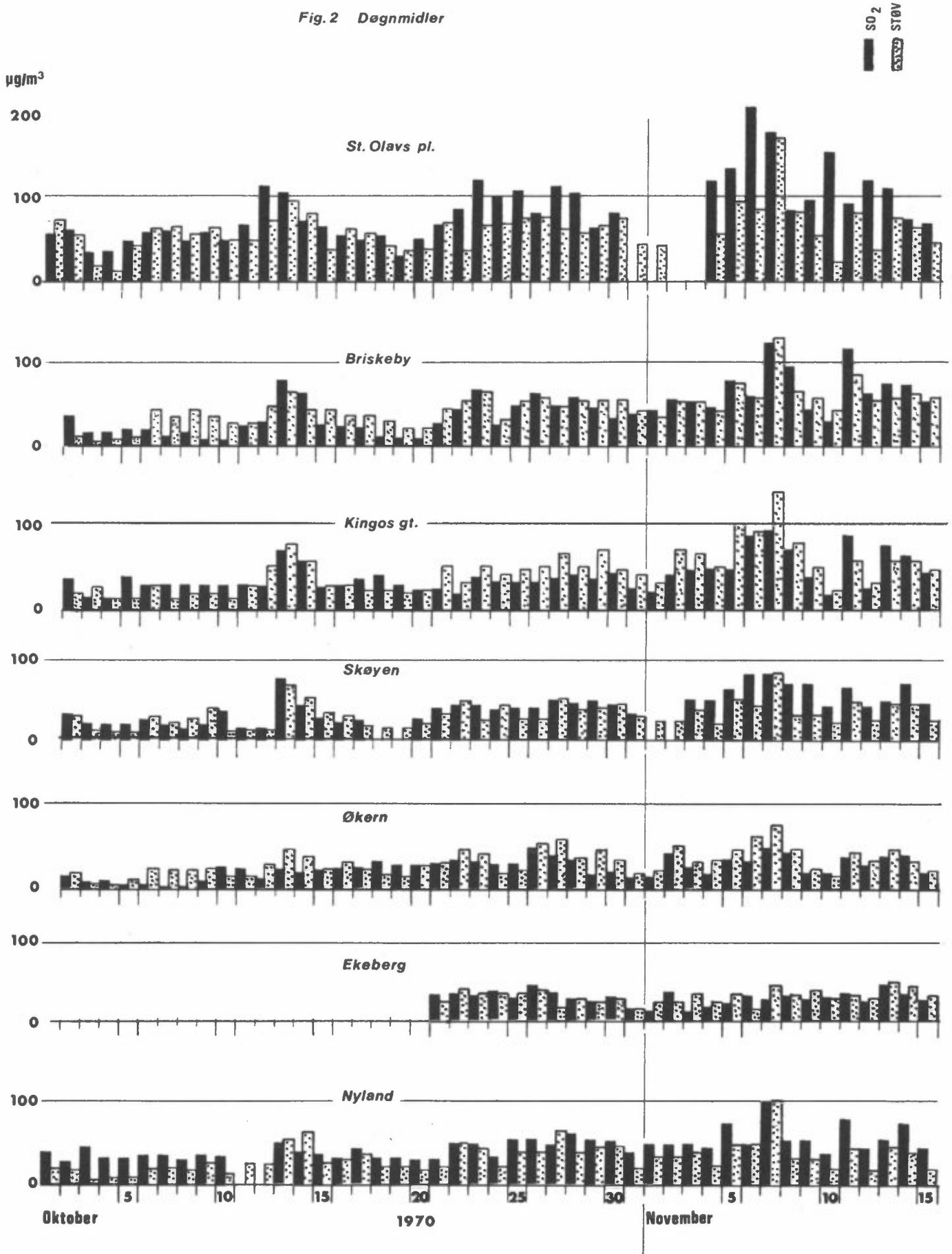


Fig 1. Målestasjoner i Oslo vinteren 1970/71.

- Døgnverdier av SO₂ og støv.
- ½-timesverdier SO₂ (imcometer)

Fig. 2 Døgnmidler



$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fig. 3 Døgnmidler

SO₂
STØV

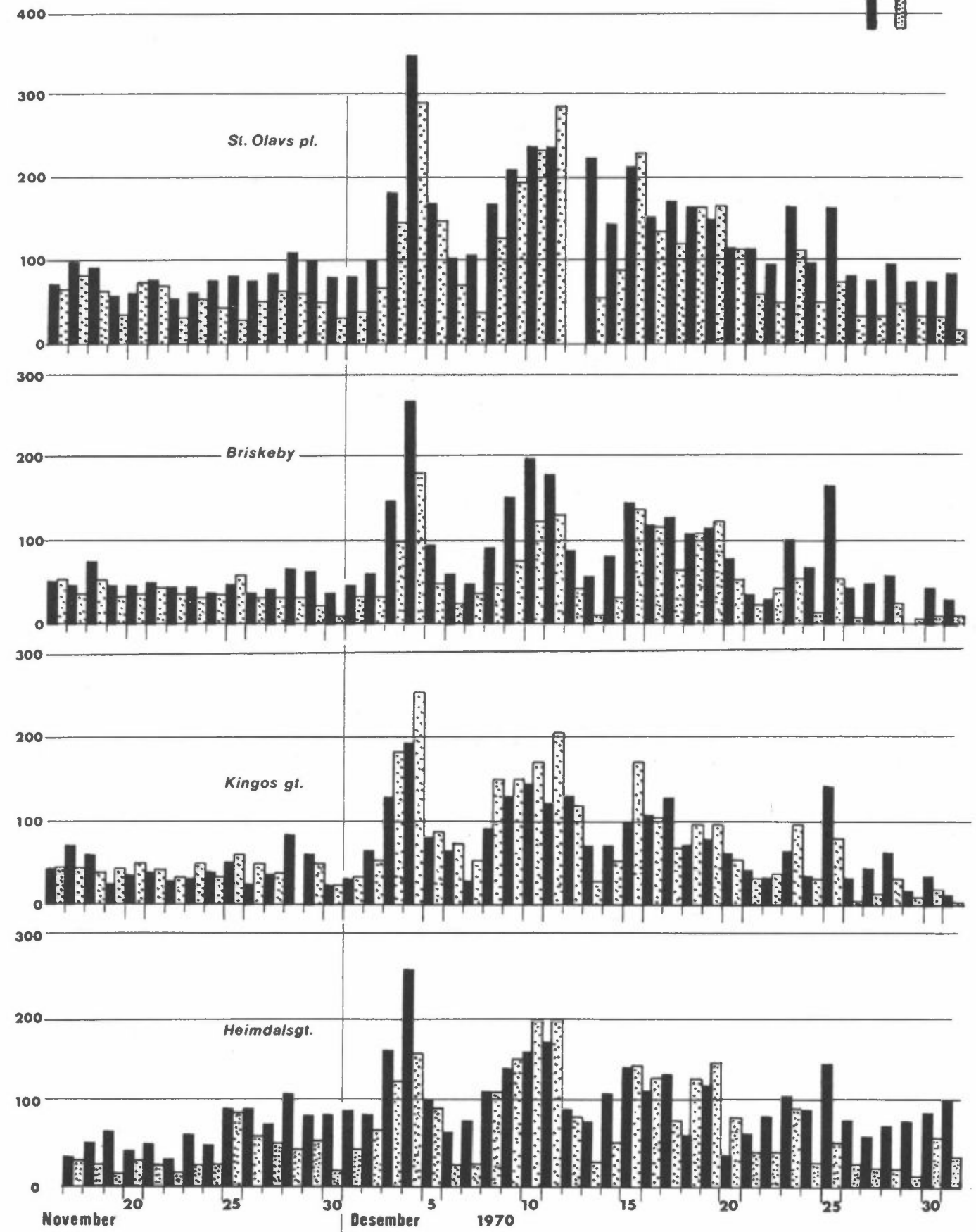
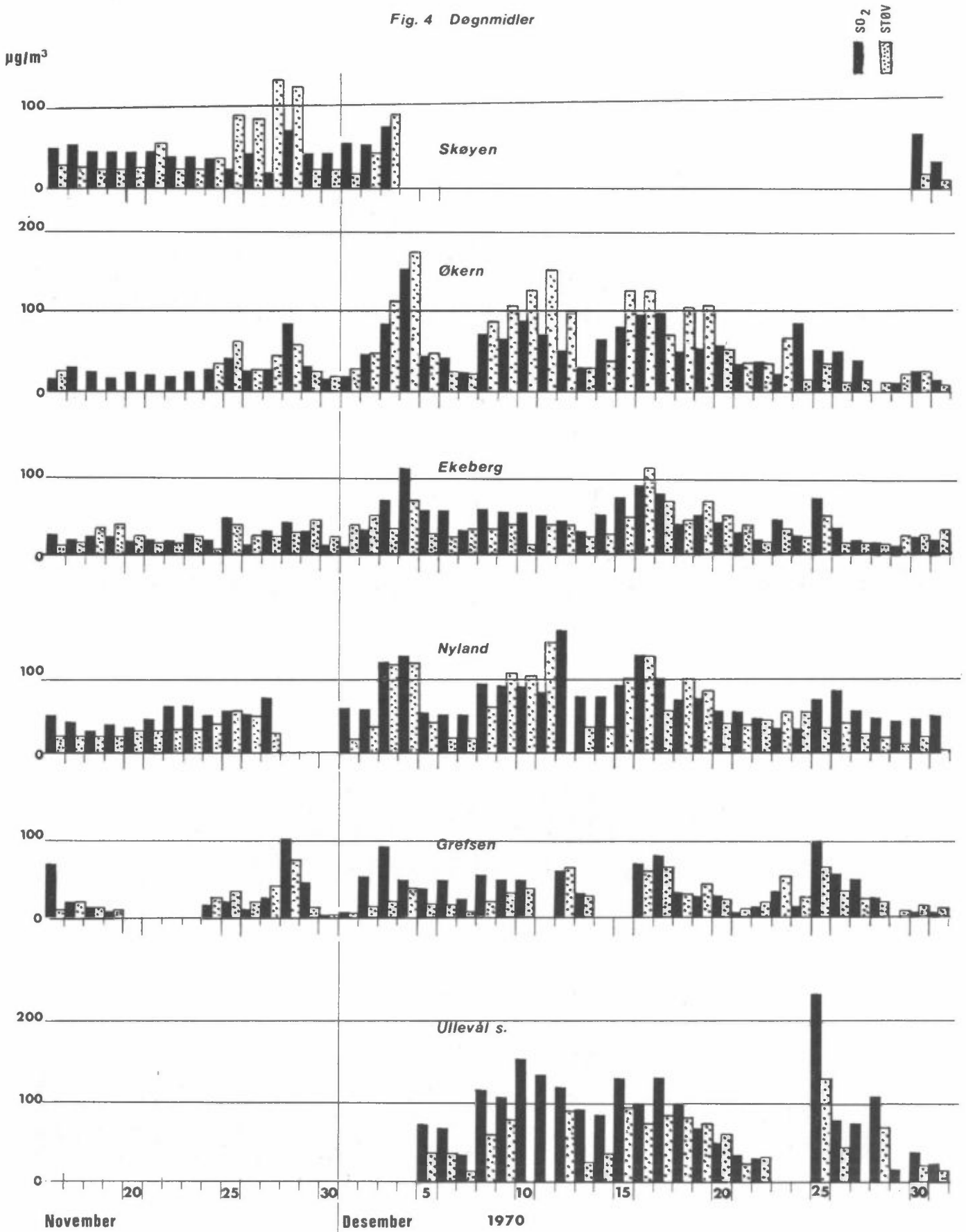


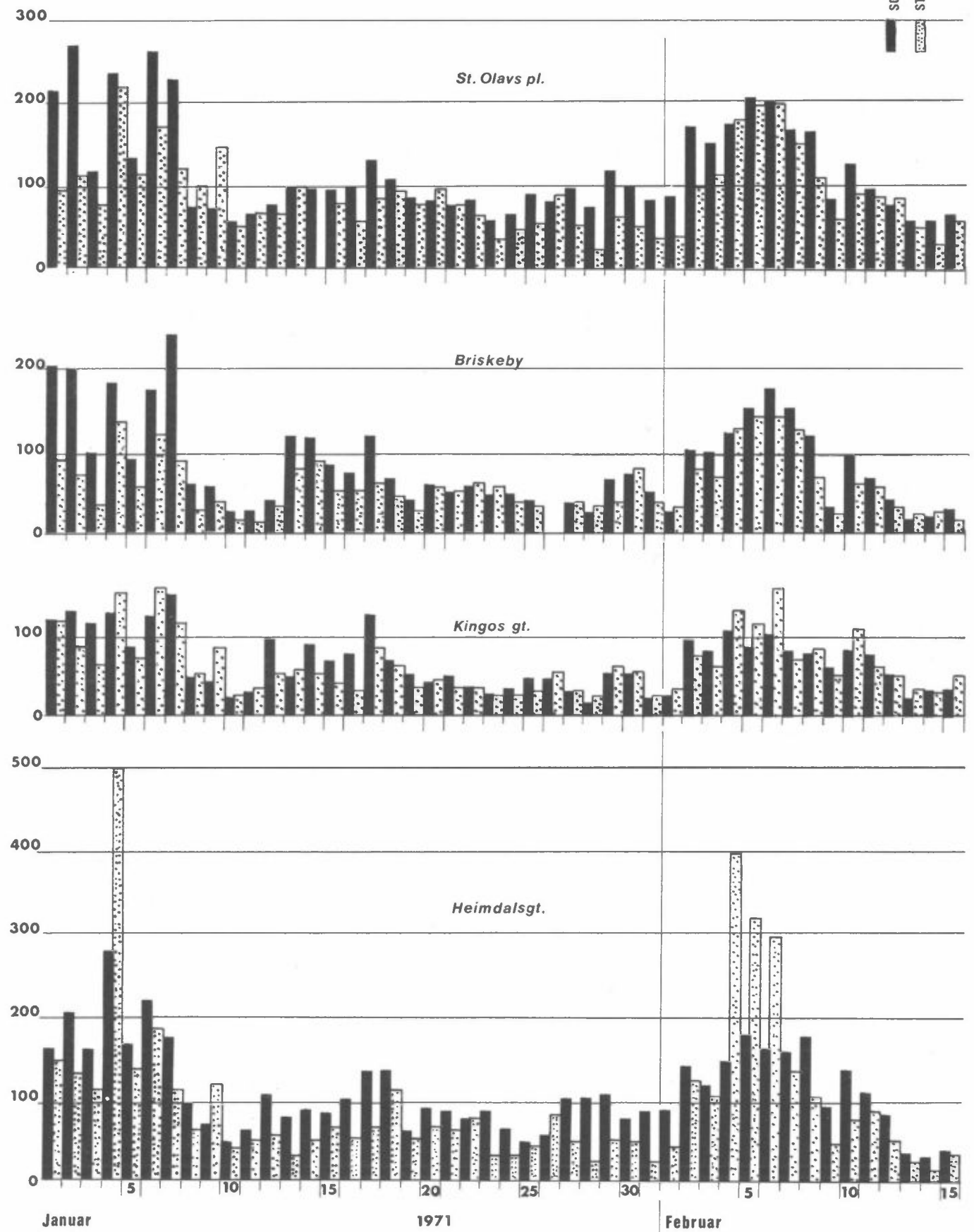
Fig. 4 Døgnmidler



$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fig. 5 Døgnmidler

SO₂
STØV



$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fig. 6 Døgnmidler

SO₂
STØV

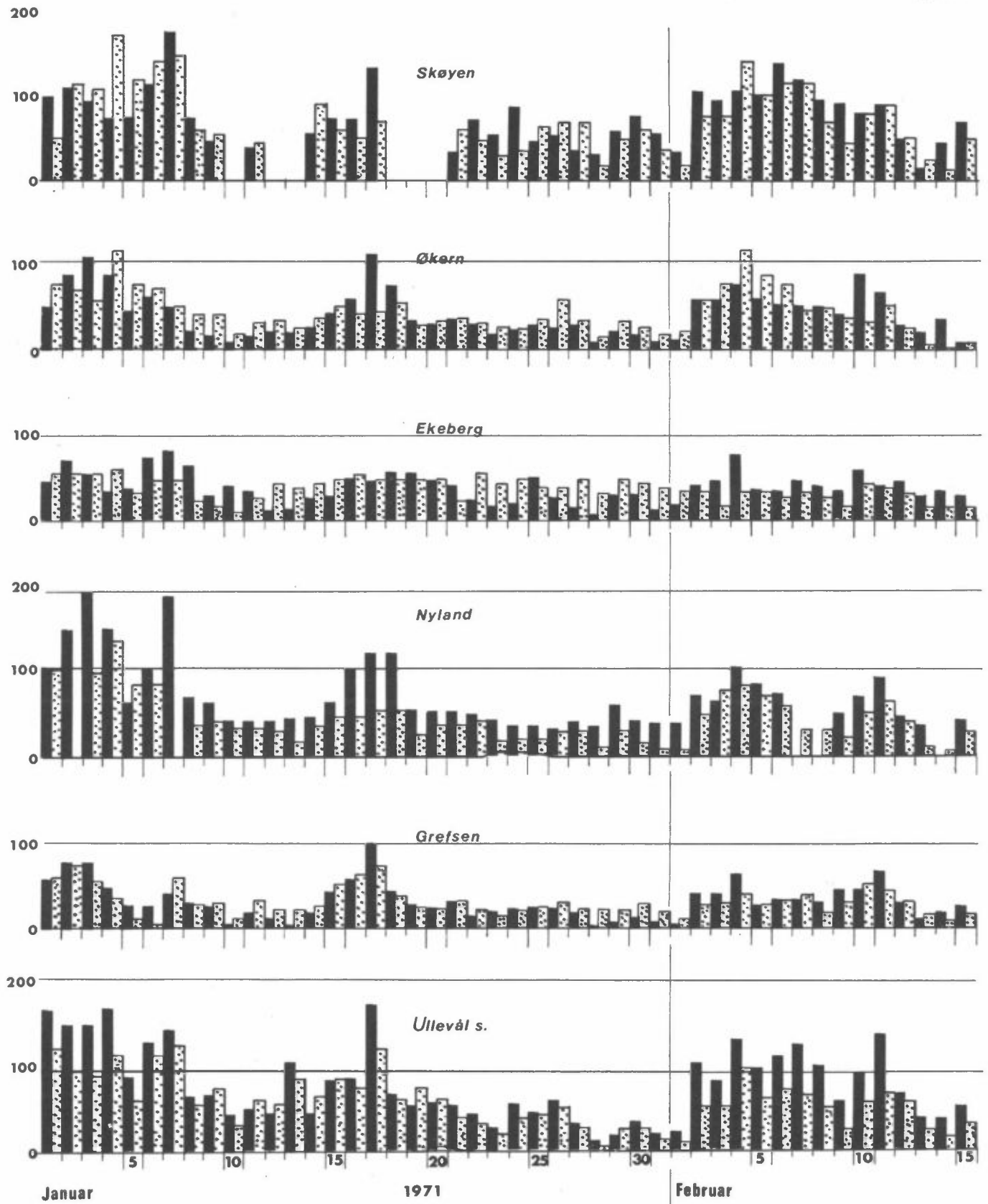


Fig. 7 Døgnmidler

SO₂
STØV

µg/m³

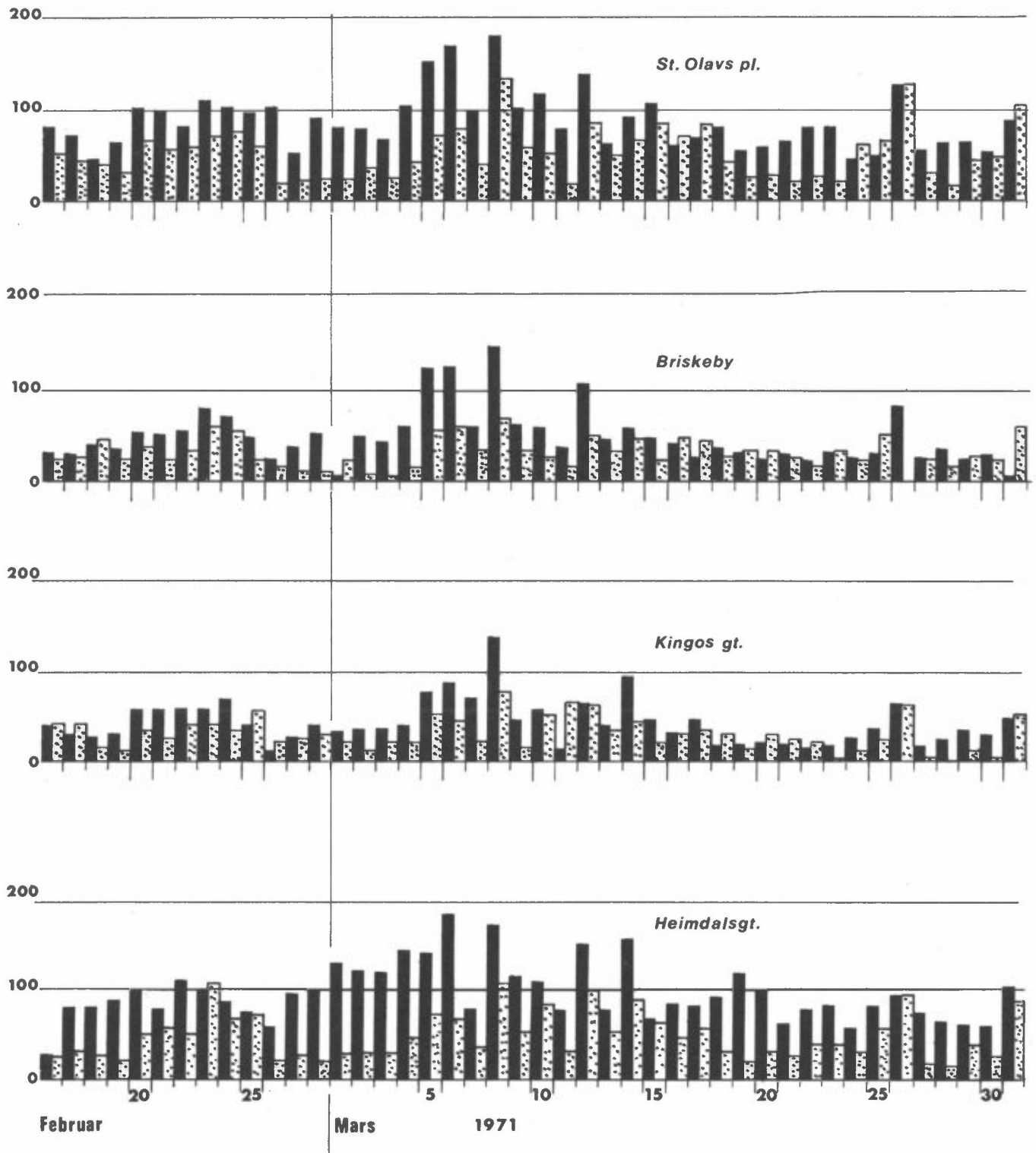


Fig. 8 Døgnmidler

SO₂
STØV

µg/m³

200

100

0

Skøyen

100

0

Økern

100

0

Ekeberg

100

0

Nyland

100

0

Grefsen

100

0

Ullevål s.

Februar

20

25

Mars

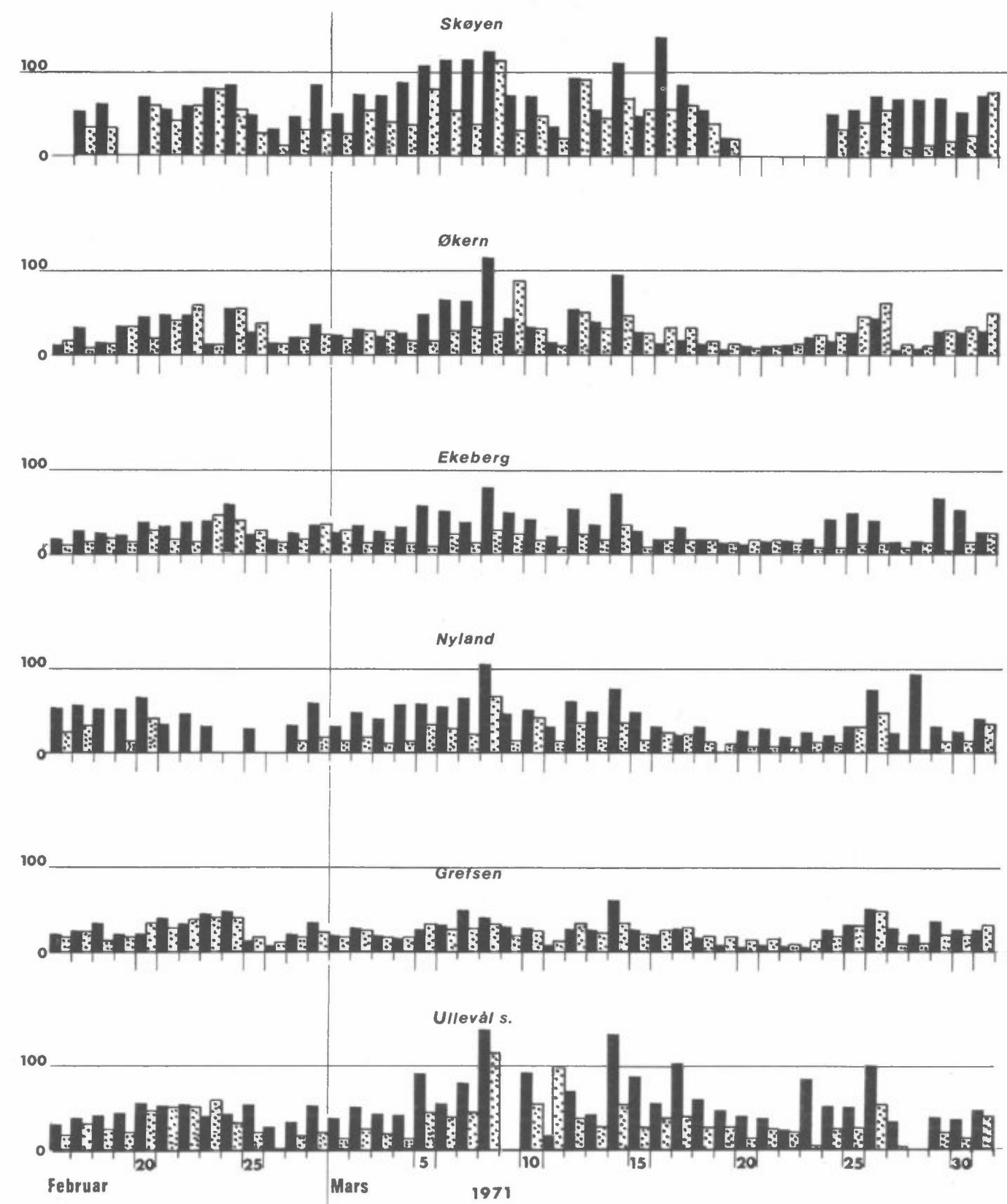
5

1971

20

25

30



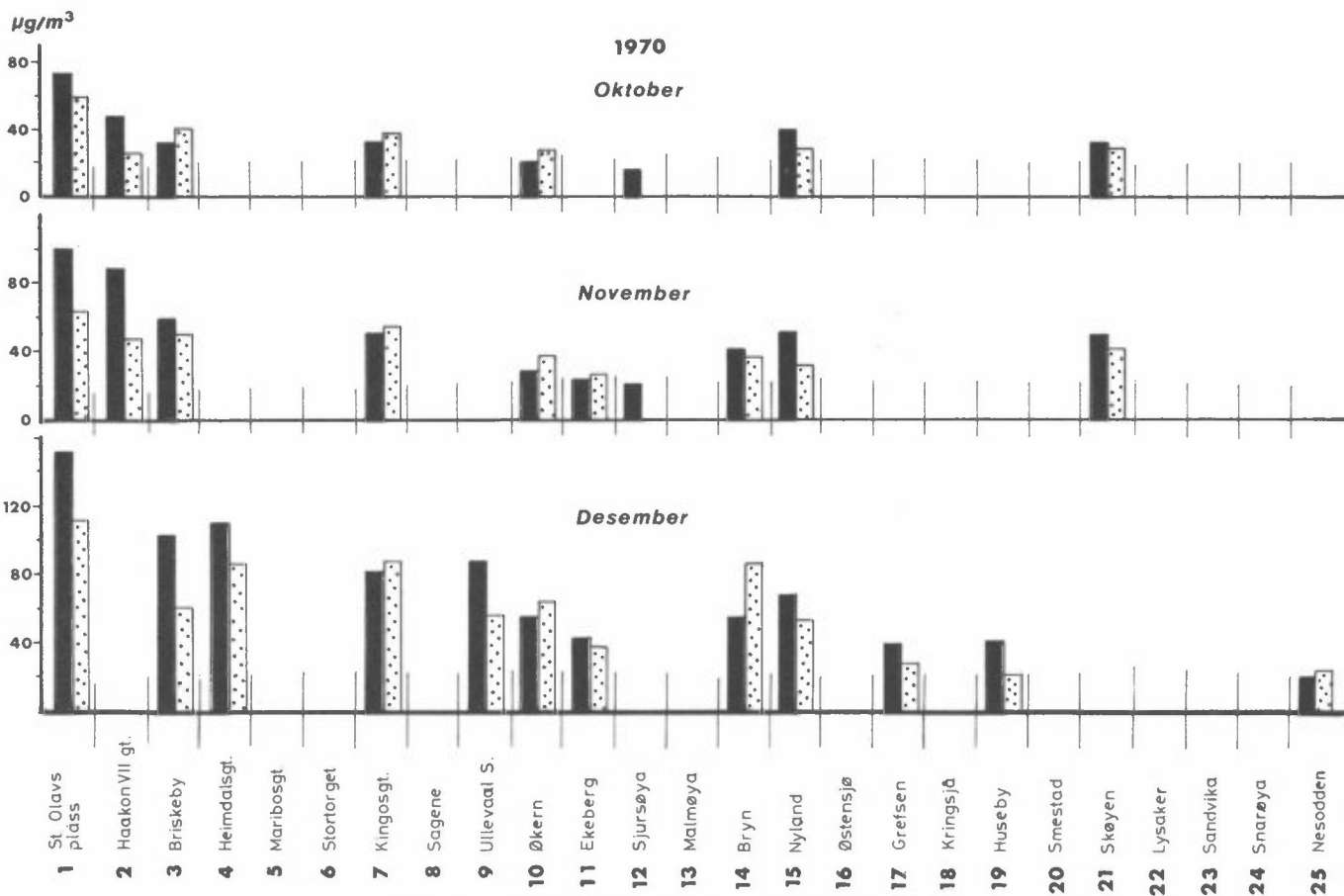


Fig 9. Månedsmiddelverdier SO₂ Støv Stev

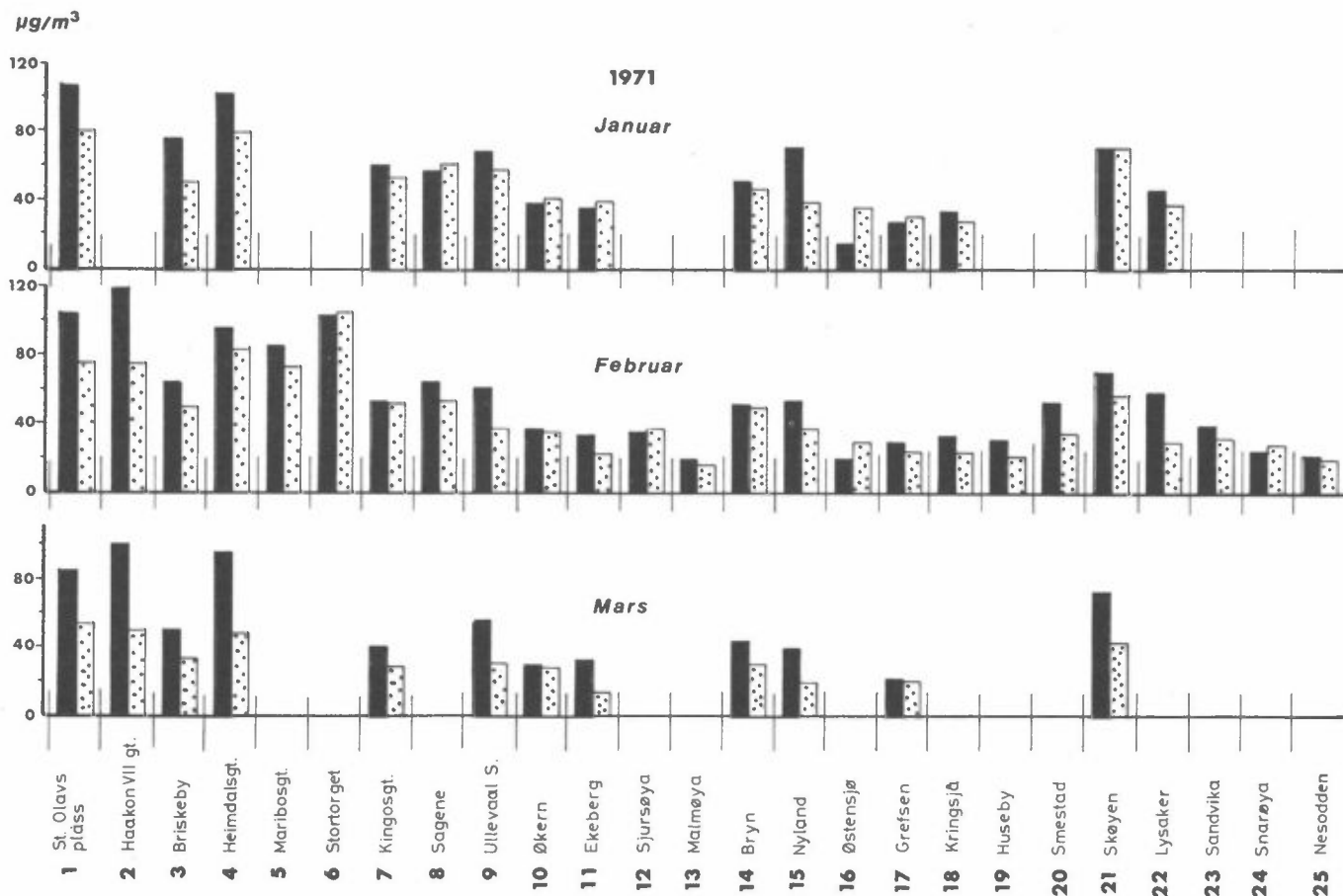


Fig 10. Månedsmiddelverdier SO₂ Støv Stev

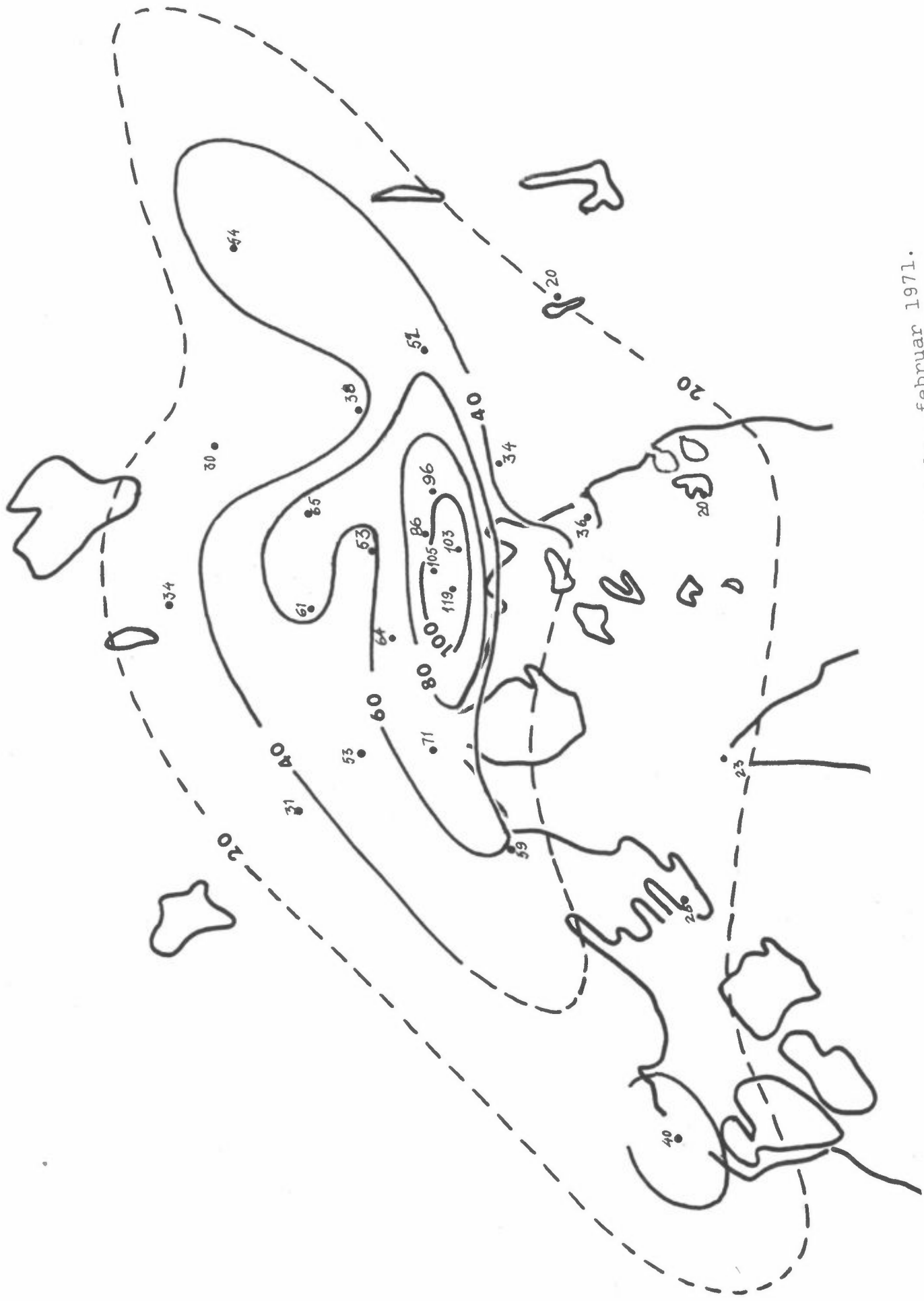


Fig 11. Midlere SO₂-fordeling i Oslo, februar 1971.
 µg/m³ luft.

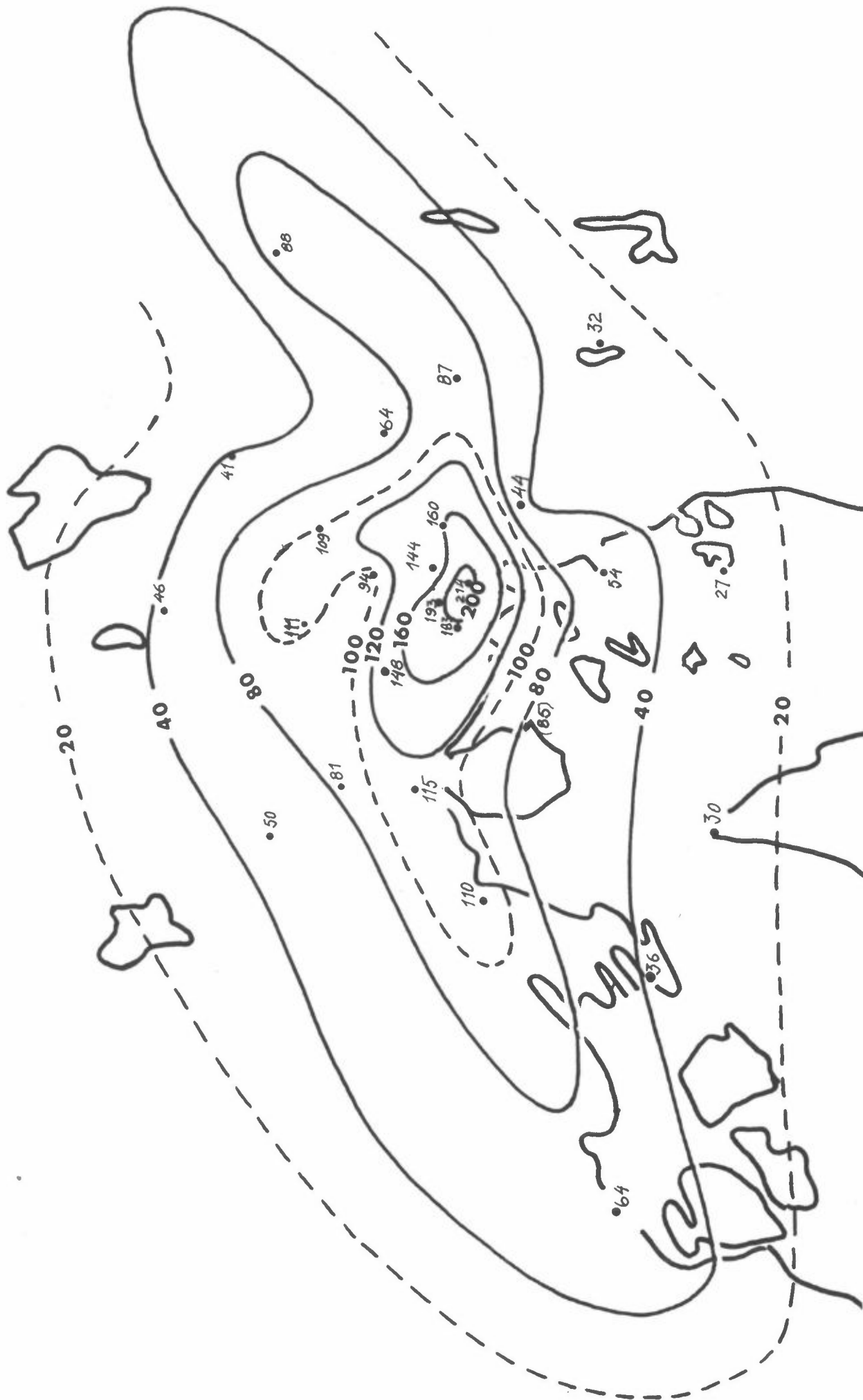


Fig 12. Midlere SO₂-fordeling i Oslo, 3-6 februar 1971. µg/m³ luft.

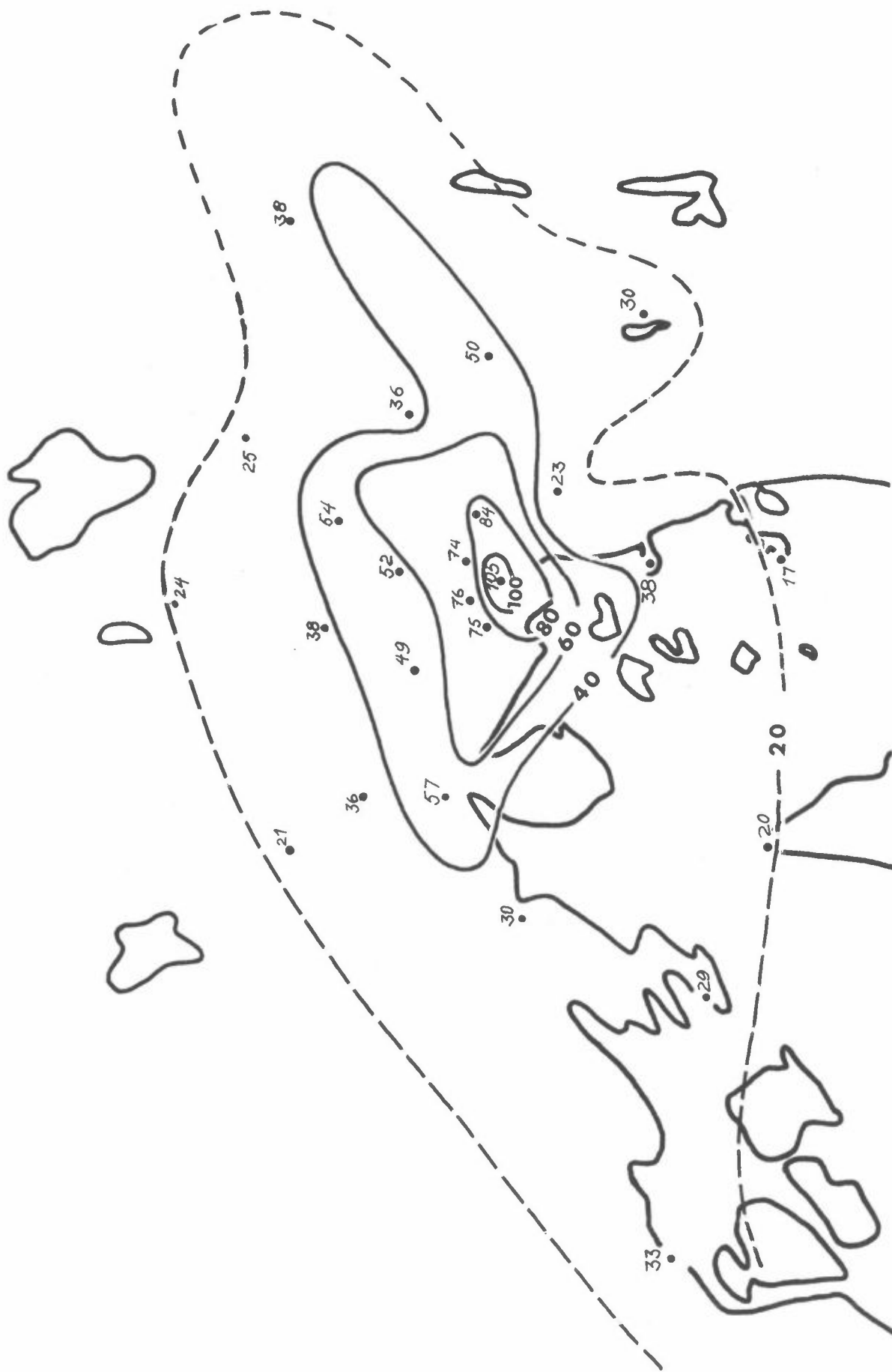


Fig 13. Midlere støv-fordeling i Oslo, februar 1971. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft.

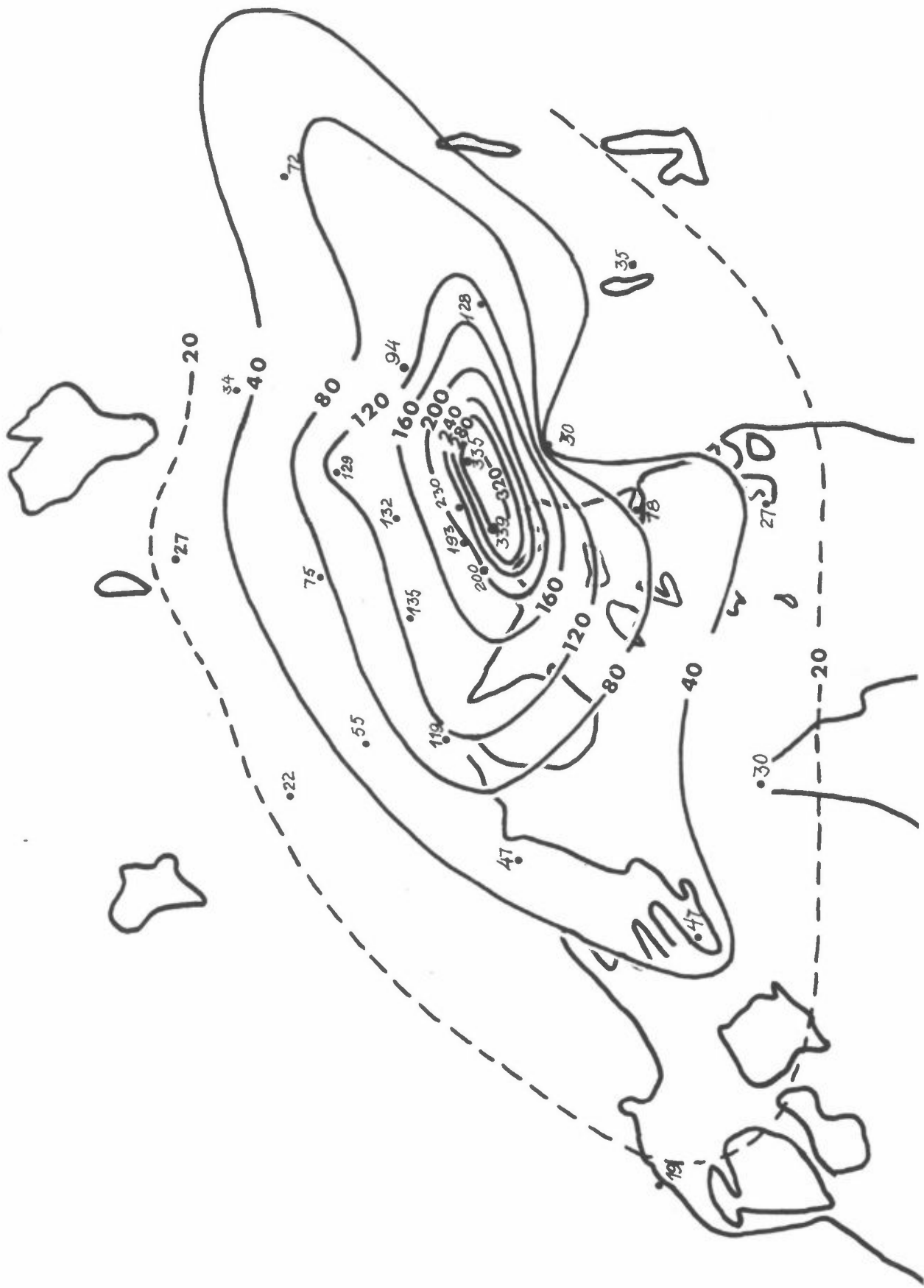


Fig 14. Midlere støv-fordeling i Oslo, 3-6 februar 1971. µg/m³ luft.

- Vinteren 1970/71
- Vinteren 1969/70
- - - Vintrene 1958/59 - 1963/64, middelverdier.
- Vintrene 1958/59 - 1963/64, variasjonsbredde.
- Månedsmidler i perioden 1958/59 - 1967/68.

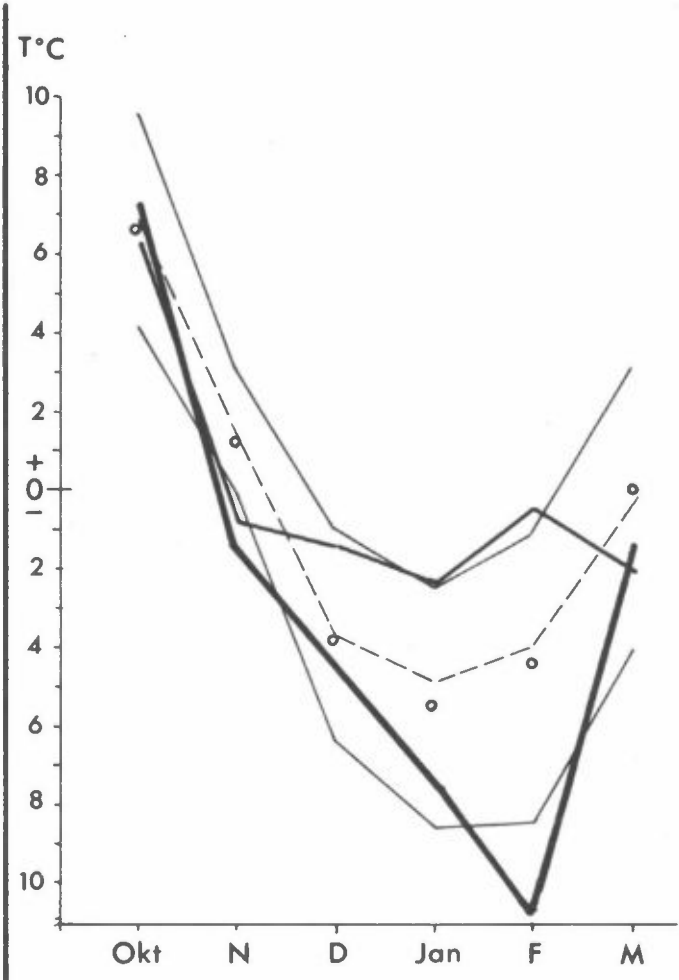
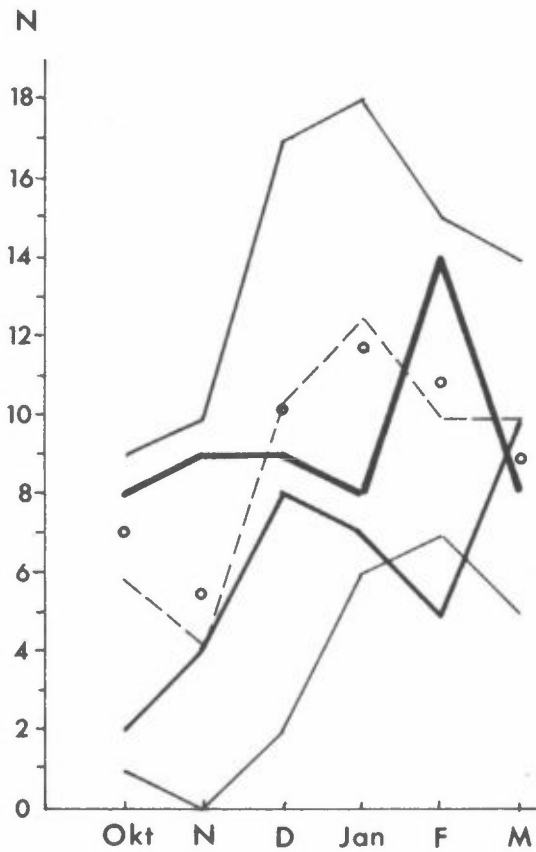


Fig 15. Månedsvise inver-sjonshyppigheter i Oslo. N= antall dager med inversjoner (temperaturen på Tryvann høyere enn på Blindern kl 0700).

Fig 16. Månedsmiddelverdier av temperaturen på Blindern.

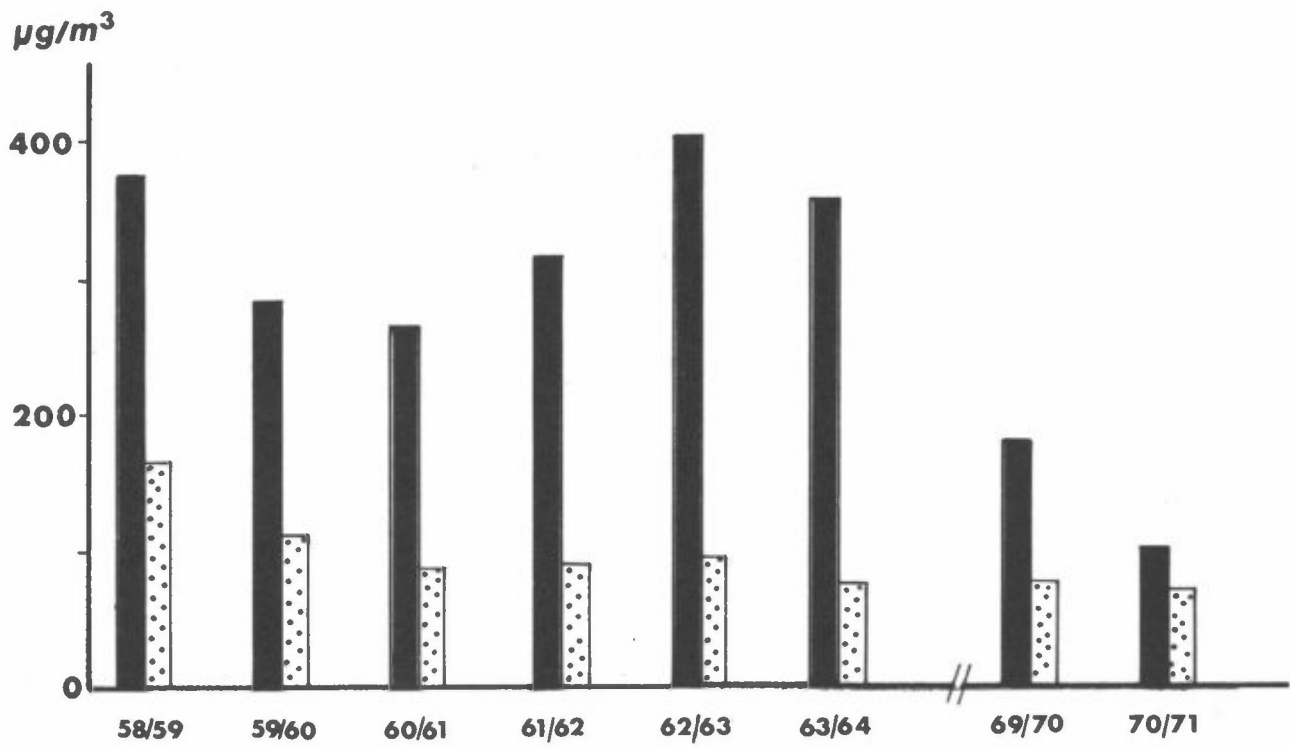


Fig 17. Middelerdiene av SO₂ og støv for vintersesongene 1958/59 - 1963/64, 1969/70 og 1970/71 på St Olavs plass (41-16 uke).

SO₂ ■ Støv ▨

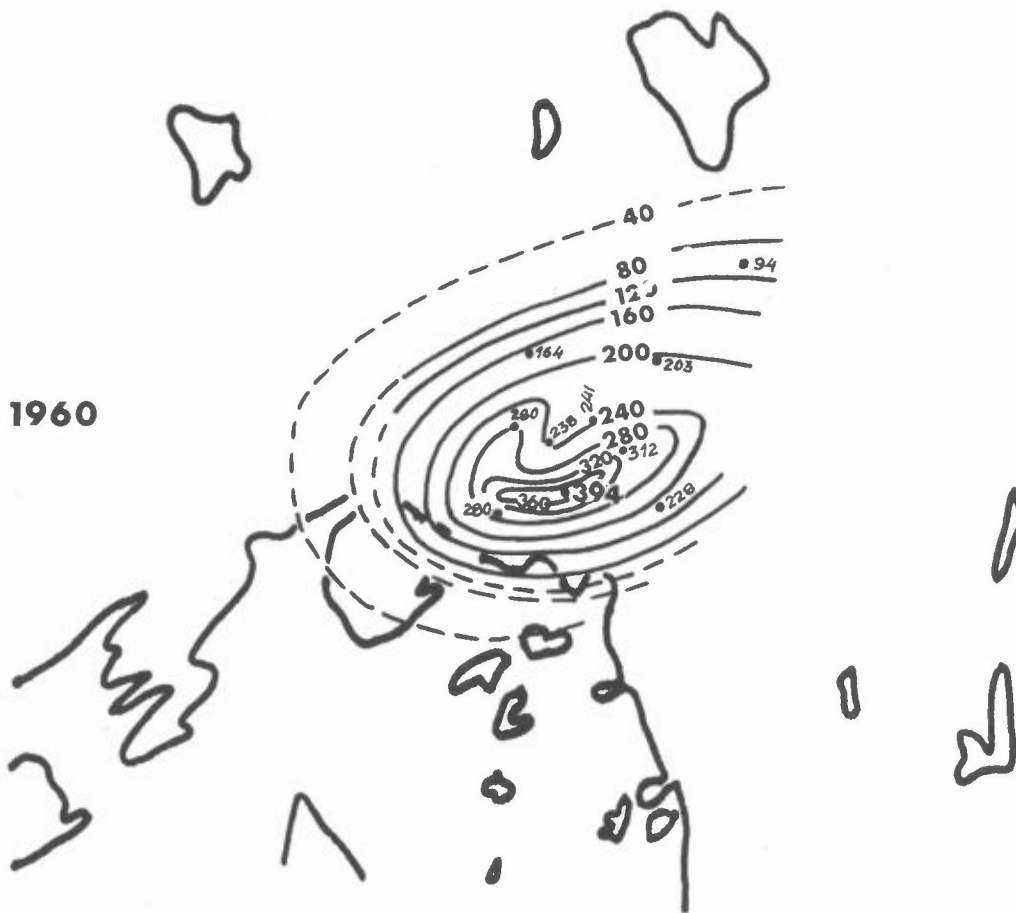


Fig 18. Fordelingen av SO₂-middelverdier for 2-10 uke i 1960 og 1970. µg/m³ luft.

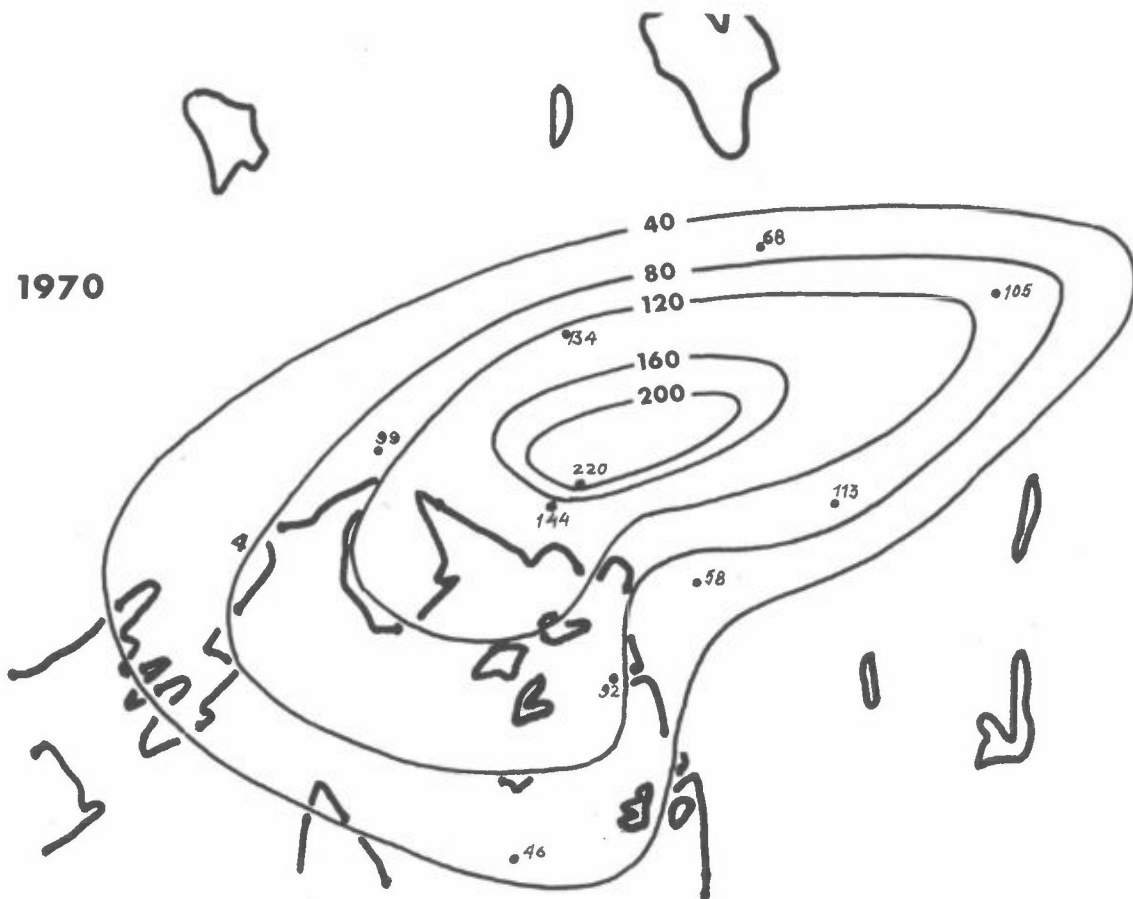




Fig 19. Fordelingen av støv-middelverdier for 2-10 uke i 1960 og 1970. $\mu\text{g}/\text{m}^3$ luft.



$\mu\text{g}/\text{m}^3$

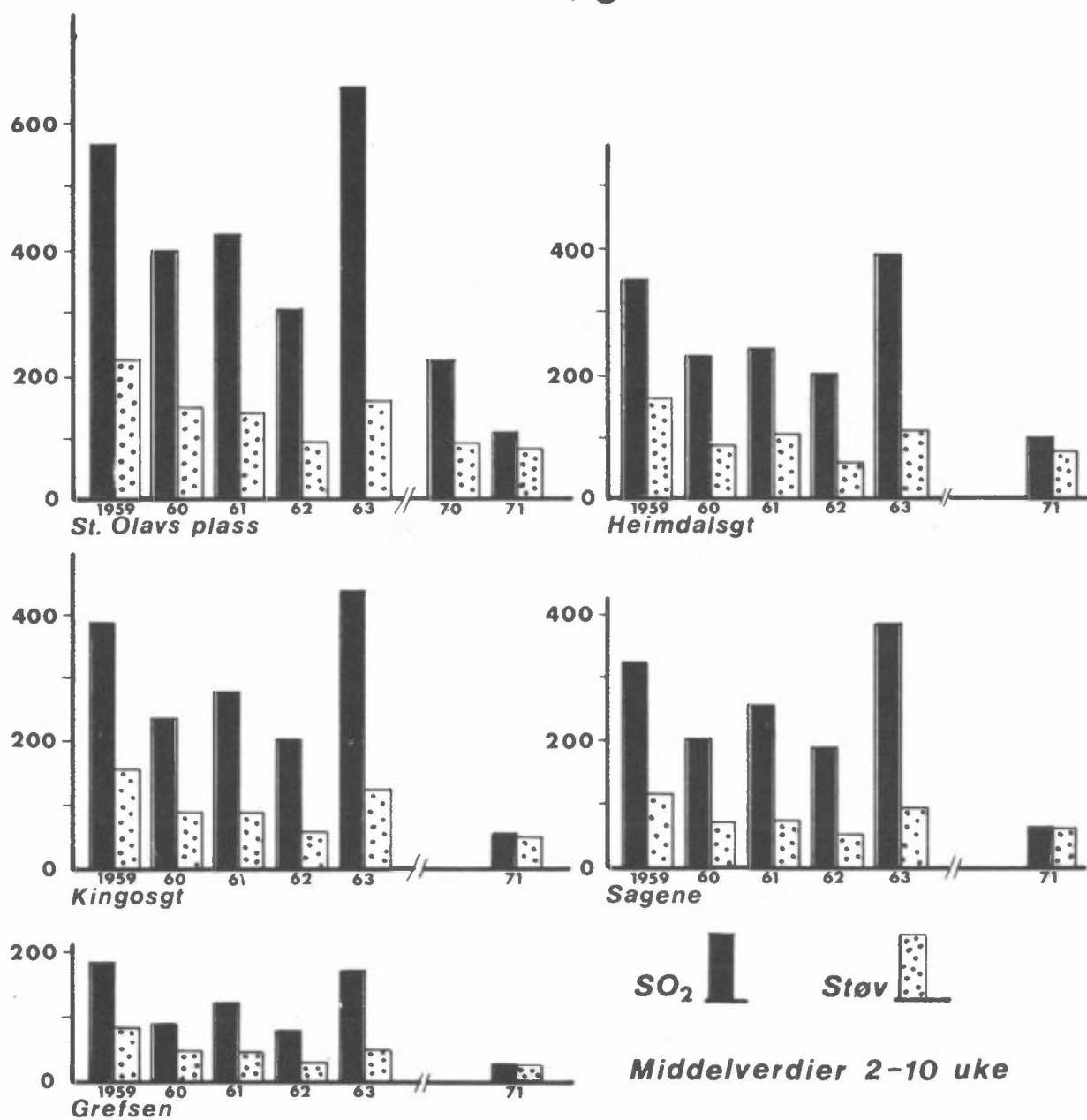


Fig 20. Middelverdier av SO₂ og støv for 2-10 uke i årene 1959-63, 1970 og 1971. Stasjonene St Olavs plass, Heimdalsgate, Kingosgate, Sagene og Grefsen.

Fig 21. Månedsmiddelverdier for SO₂,
St Olavs plass.

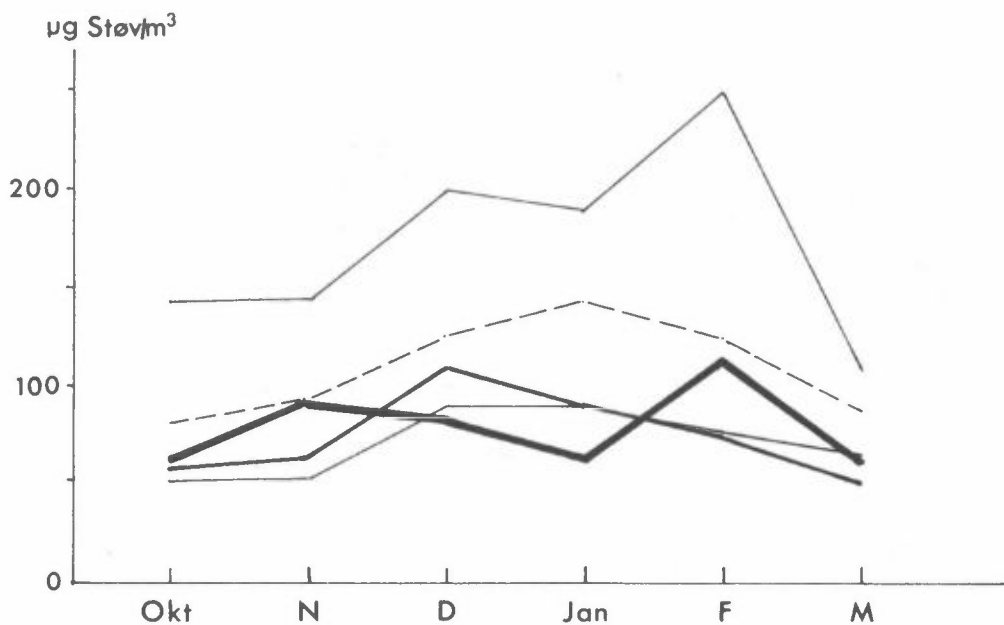
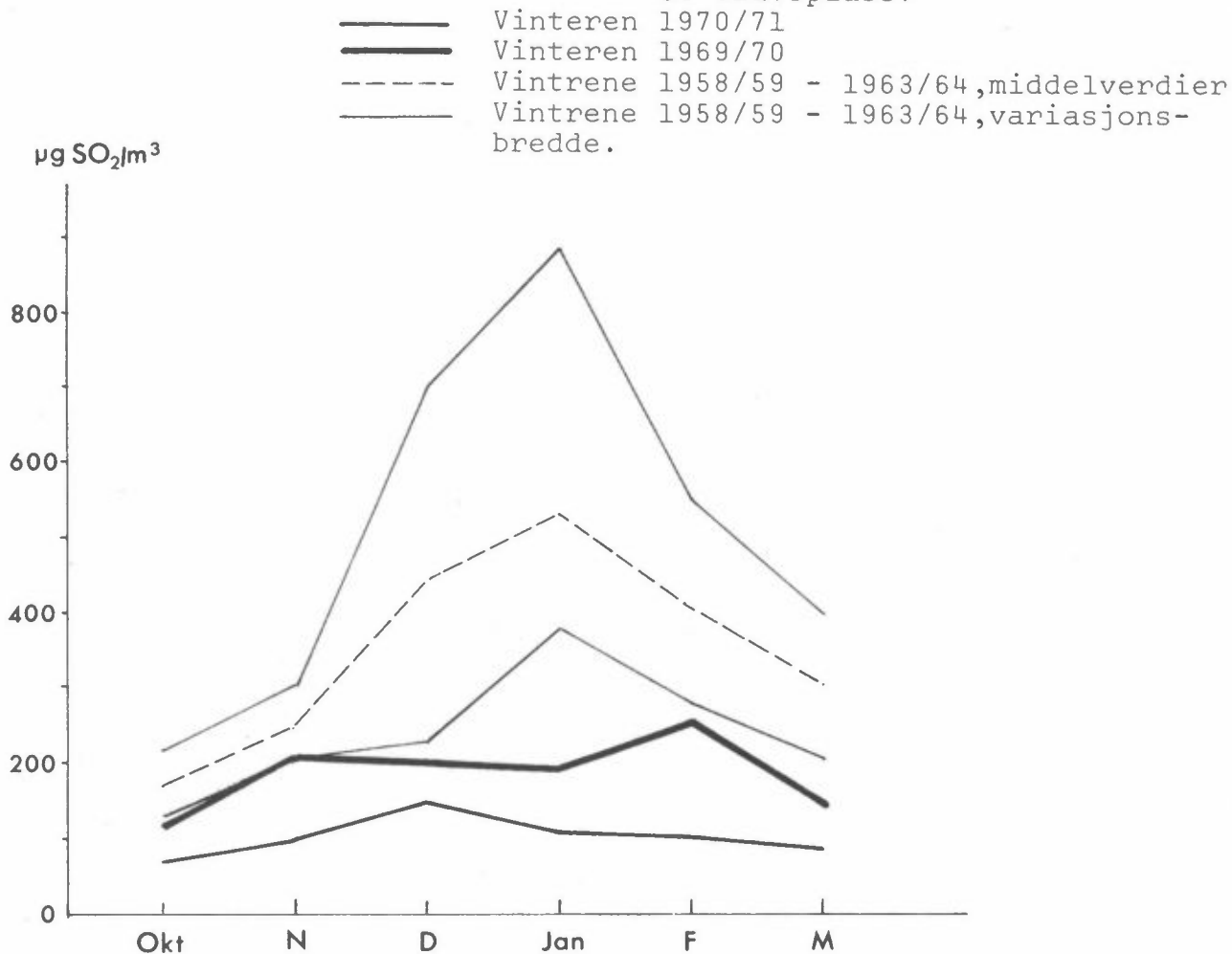
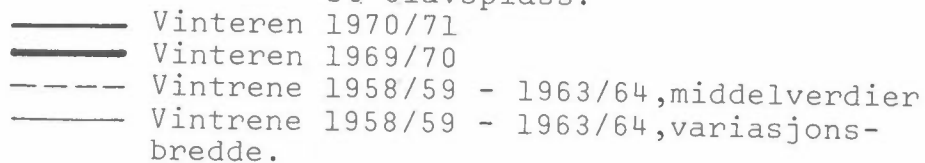


Fig 22. Månedsmiddelverdier for støv,
St Olavs plass.



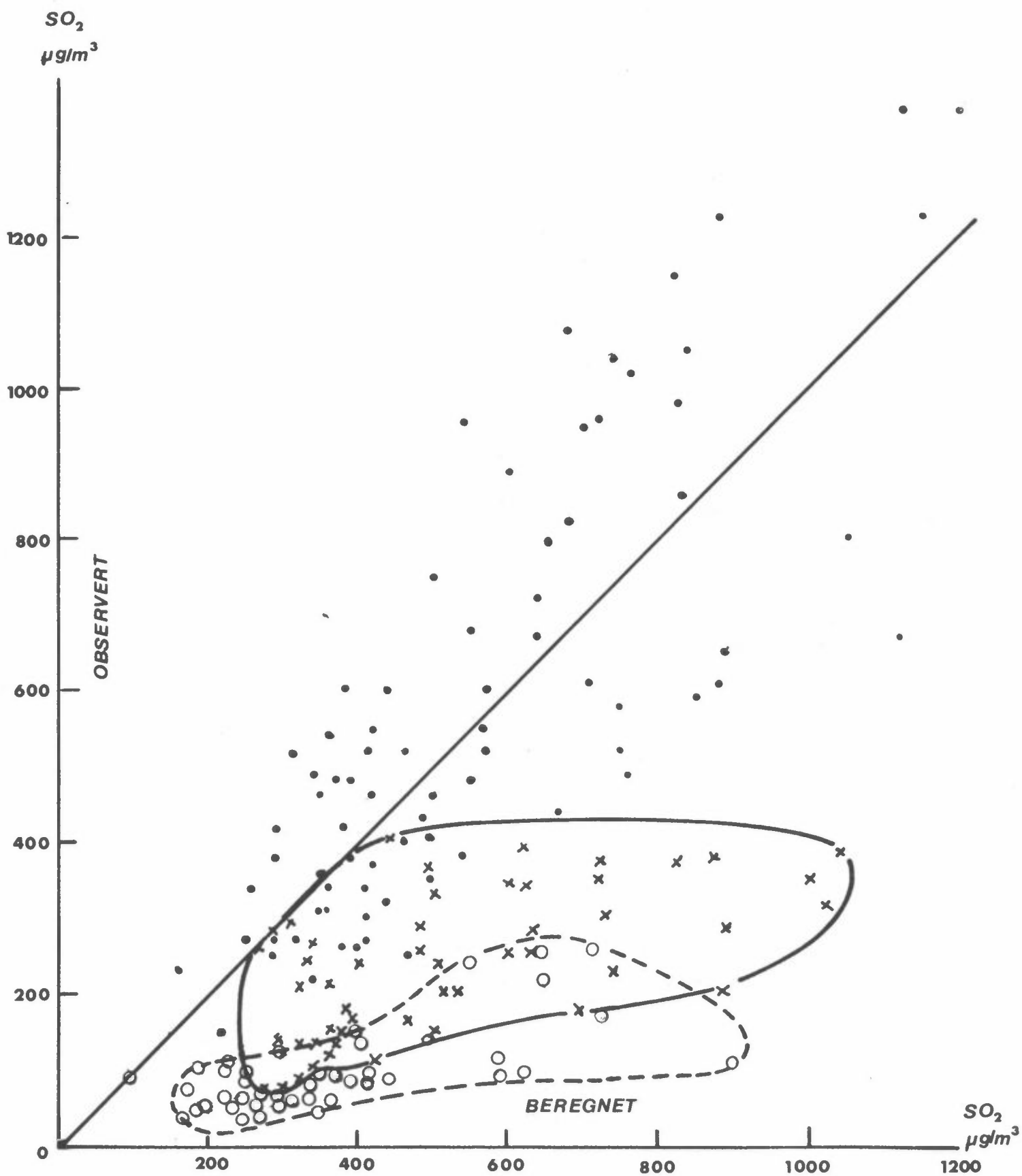


Fig 23 gir sammenhørende verdier for observerte og beregnede verdier for SO₂-konsentrasjonene på St Olavs plass. Prikkene er verdier for perioden 1959/63, kryssene for vinteren 1969/70, sirklene for jan/febr/mars 71.

Stasjon	Månedsmiddel $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Maksimal verdier		Døgn over SO_2 -norm		Døgn over støv-normene	
	SO_2	Støv	SO_2	Støv	280 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$		260	150
Oktober 1970								
1	St Olavs plass	72	59	124	99	0		
2	Haakon VIIgt	47	25	93	55	0		
3	Briskeby	32	40	80	77	0		
7	Kingosgt	33	37	73	81	0		
10	Økern	21	27	50	60	0		
21	Skøyen	33	29	77	67	0		
15	Nyland leir	40	29	61	66	0		
12	Sjursøya	16		30		0		
November 1970								
1	St Olavs plass	100	63	212	178	0	0	1
2	Haakon VIIgt	88	47	156	99	0		
3	Briskeby	59	50	127	133	0		
7	Kingosgt	51	55	98	146	0		
10	Økern	29	38	82	78	0		
2	Skøyen	50	43	82	133	0		
11	Ekeberg	24	27	45	47	0		
14	Bryn	42	37	82	129	0		
15	Nyland	52	33	101	103	0		
12	Sjursøya	21		57		0		
Desember 1970								
1	St Olavs plass	152	111	349	293	1	2	7
3	Briskeby	103	60	271	184	0	0	1
4	Heimdalsgt	110	86	261	200	0	0	4
7	Kingosgt	82	87	196	257	0	0	7
9	Ullevål	87	56	228	126	0		
10	Økern	55	64	150	170	0	0	1
11	Ekeberg	44	37	105	106	0		
14	Bryn	56	87	148	272	0	1	6
15	Nyland	68	54	150	136	0		
17	Grefsen	40	29	93	60	0		
19	Huseby	42	22	116	72	0		
25	Nesodden	21	25	86	70	0		

Tabell 2

Stasjon	Månedsmiddel $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Maksimal verdier		Døgn over SO_2 -norm 280 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$	Døgn over støv-norm		
	SO_2	Støv	SO_2	Støv		260	150	
Januar 1971								
1	St Olavsplass	107	80	265	217	0	0	2
3	Briskeby	77	51	237	133			
4	Heimdalsgt	103	80	273	493	0	1	2
7	Kingosgt	60	54	123	155	0	0	1
8	Sagene	57	61	130	133	0		
9	Ullevål	69	58	171	126	0		
10	Økern	38	42	113	117	0		
11	Ekeberg	36	40	81	59	0		
14	Bryn	52	47	163	203	0	0	1
15	Nyland	72	40	194	137	0		
16	Østensjø	16	37	50	77	0		
17	Grefsen	28	31	100	74	0		
18	Kringsjø	35	29	127	84	0		
21	Skøyen	71	71	177	172	0	0	1
22	Lysaker	47	37	120	84	0		
23	Sandvika	40	53	102	128	0		
24	Snarøya	24	34	85	92	0		
25	Nesodden	25	26	62	63	0		

Februar 1971

1	St Olavsplass	105	76	206	199	0	0	3
2	Haakon VIIgt	119	75	255	283	0	1	2
3	Briskeby	64	49	172	140	0		
4	Heimdalsgt	96	84	176	394	0	3	3
5	Mariboestgt	86	74	200	272	0	1	3
6	Stortorget	103	105	270	408	0	3	6
7	Kingosgt	53	52	102	155	0	0	1
8	Sagene	65	54	133	148	0		
9	Ullevål	61	38	130	95	0		
10	Økern	38	36	90	117	0		
11	Ekeberg	34	23	59	42	0		
12	Sjursøya	36	38	65	97	0		
13	Malmøya	20	17	82	32	0		
14	Bryn	52	50	102	172	0	0	1
15	Nyland	54	38	105	83	0		
16	Østensjø	20	30	38	63	0		
17	Grefsen	30	25	65	52	0		
18	Kringsjø	34	24	78	57	0		
19	Huseby	31	21	65	34	0		
20	Smestad	53	36	98	64	0		
21	Skøyen	71	57	139	141	0		
22	Lysaker	59	30	131	74	0		
23	Sandvika	40	33	80	69	0		
29	Snarøya	25	29	59	63	0		
25	Nesodden	23	20	48	40	0		

Tabell 2 (fortsetter)

Stasjon	Månedsmiddel $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Maksimal verdier		Døgn over SO_2 -norm 280 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$	Døgn over støv-norm 260 150	
	SO_2	Støv	SO_2	Støv			
Mars 1971							
1 St Olavsplass	85	53	177	131	0		
2 Haakon VIIgt	100	50	195	120	0		
3 Briskeby	50	34	144	99	0		
4 Heimdalsgt	95	48	177	101	0		
7 Kingosgt	41	29	133	74	0		
9 Ullevål	57	32	136	107	0		
10 Økern	30	28	108	82	0		
11 Ekeberg	33	14	76	32	0		
14 Bryn	45	31	83	66	0		
15 Nyland	40	20	98	62	0		
17 Grefsen	23	21	57	47	0		
21 Skøyen	73	44	116	107	0		

Tabell 2