

NILU  
OPPDRAGSRAPPORT NR 5/77  
REFERANSE: 22476  
DATO:

FORURENSNINGER AV SVOVELDIOKSYD OG  
SOT I OSLO - BRUK AV FYRINGSOLJER

AV

F GRAM OG K E GRØNSKEI

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM  
NORGE

## OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

### A. Forurensningsforholdene i Oslo (se kapittel 2, 3 og 4)

Forurensningsforholdene i Oslo varierer dels på grunn av endringer i utslippene, dels på grunn av endringer i spredningsforholdene. En vesentlig forbedring av luftkvaliteten i Oslo (registrert ved SO<sub>2</sub>- og sotmålinger) er oppnådd fra 60-årene frem til vinteren 1971/72, vesentlig på grunn av reduksjon i utslippsmengdene av SO<sub>2</sub>.

I middel over sentrumssonen har en funnet en ytterligere forbedring i de siste årene på grunn av fortsatt redusert utslipp av SO<sub>2</sub> fra forbrenning av fyringsoljer. Ved enkeltstasjoner kan denne forbedringen være maskert ved påvirkning av nærliggende kilder og/eller på grunn av meteorologiske forhold.

For SO<sub>2</sub> og sot har en statistisk vurdert sammenhengen med meteorologiske parametre og funnet at temperaturmålingene på Tryvasshøgda og Blindern beskriver variasjonene i forurensningsforholdene fra dag til dag. Både den statistiske analysen og utslippsregistreringen viser en reduksjon på ca 20% i midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner fra vinteren 1971/72 til vinteren 1974/75, når en ser bort fra variasjoner som skyldes meteorologiske forhold. Vinteren 1973/74 observerte en lavere SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner enn en skulle vente ut fra utslippsoppgavene og de meteorologiske registreringene. Virkningen av "oljekrisen" på den midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i vinterhalvåret representerer her en usikkerhet.

For sotverdiene har en funnet en reduksjon på ca 30% som vesentlig foregikk mellom vintrene 1972/73 og 1973/74. En kan merke seg at det ble installert renseanlegg for støv ved Spigerverket vinteren 1973/74. Bruk av mer svovelfattig olje (destillater) og andre forhold har sannsynligvis også medvirket til reduksjonen i sotverdiene. Reduksjonen var imidlertid størst i den nordlige delen av sentrumssonen (Sagene).

En bør videre merke seg at nær sterkt trafikkerte gater vil en observere betydelig høyere sotkonsentrasjoner på grunn av biltrafikken. NILU har flere steder i Oslo-området registrert sotverdier over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som månedsmiddel i enkelte vintermåneder nær sterkt trafikkerte gater (f.eks. ved Lysaker og i Rådhusgaten).

B Krav til reduksjon i  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonene og sotverdiene for å tilfredsstille den refererte målsetningen for luftkvalitet (se kapittel 1, 2 og 4)

Den statistiske sammenhengen mellom målte  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner og meteorologiske parametre er benyttet til å estimere hvilke halvårsmiddelkonsentrasjoner en ville observere over sentrumssonen i vinterperiodene 1959/60 - 1975/76 med det samme utslipp som i 1975. I første halvdel av 60-årene var det flere vinterperioder med dårlige spredningsforhold som ville gi tildels betydelig høyere forurensningskonsentrasjoner enn verdiene som er registrert i de siste årene. Diskusjonen av resultatene i kapittel 4 tyder på at variasjonen i halvårsmiddelkonsentrasjonene som følge av variasjonene i spredningsforholdene underestimeres ved den metoden som er brukt.

Vinteren 1962/63 hadde de dårligste spredningsforholdene og ville gitt en halvårsmiddelkonsentrasjon på  $90 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  over sentrumssonen med det samme utslipp som i 1975.  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen som måles ved St. Olavs plass ligger vanligvis 10-15% høyere enn middelverdien over sentrumssonen.

Den midlere sotkonsentrasjonen over sentrumssonen kan ventes å nå opp i konsentrasjoner på  $65 \mu\text{g sot}/\text{m}^3$  i vinterperioder med dårlige spredningsforhold.

På grunnlag av det foregående og for å kunne tilfredsstillere normene under spredningsforhold som vinteren 1962/63 kan en fastlegge følgende krav til midlere SO<sub>2</sub>- og sotkonsentrasjoner over sentrumssonen:

SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene bør reduseres fra 90 µg/m<sup>3</sup> til 60 µg/m<sup>3</sup> i et vinterhalvår med dårlige spredningsforhold. Sotkonsentrasjonene bør reduseres fra 65 µg/m<sup>3</sup> til 40 µg/m<sup>3</sup>.

Selv om disse kravene tilfredsstilles må en fortsatt regne med overskridelser av luftkvalitetsnormer i begrensede områder av byen. Eksempelvis gjelder dette nær sterkt trafikkerte gater, spesielt der hvor utluftingen er skjermet av bygninger på begge sider av gaten. En kan også finne overskridelser nær store forurensningsutslipp som ofte bringes raskt ned til bakken ved virvler som dannes av nærliggende bygninger (nedslag). Store enkeltkilder bidrar ellers lite til de midlere forurensningskonsentrasjonene i Oslo. Eksempelvis bidrar en kilde som fyrhusskorsteinen på Rikshospitalet maksimalt med 3-4 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> som halvårsmiddelverdi. Forutsetningen er at skorsteinen er så høy at en unngår nedslag ved nærliggende bygninger. Alternativt kan en også fastsette kravene til utslippsreduksjoner direkte på grunnlag av målingene i vinterperioden 1974/75 som er påpekt i kapittel 2. Dette ville medføre følgende krav til bedret luftkvalitet:

SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene i vinterhalvåret bør reduseres fra 80 µg/m<sup>3</sup> til 60 µg/m<sup>3</sup>.

Sotverdiene i vinterhalvåret bør reduseres fra 42 µg/m<sup>3</sup> til 40 µg/m<sup>3</sup>.

Sot-verdiene på Sagene er redusert betydelig etter renseanlegget ble installert på Spigerverket. Siden stasjonen ligger i utkanten av sentrumssonen kan det være aktuelt å se bort fra den ved fastleggelsen av kravene til reduksjon i sotverdiene. Dersom en i stedet bruker middelverdiene fra stasjonene St. Olavs plass, Briskeby Brannstasjon og Heimdalsgt får en:

SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene bør reduseres fra 83 µg/m<sup>3</sup> til 60 µg/m<sup>3</sup>. Sotverdiene bør reduseres fra 49 µg/m<sup>3</sup> til 40 µg/m<sup>3</sup>.

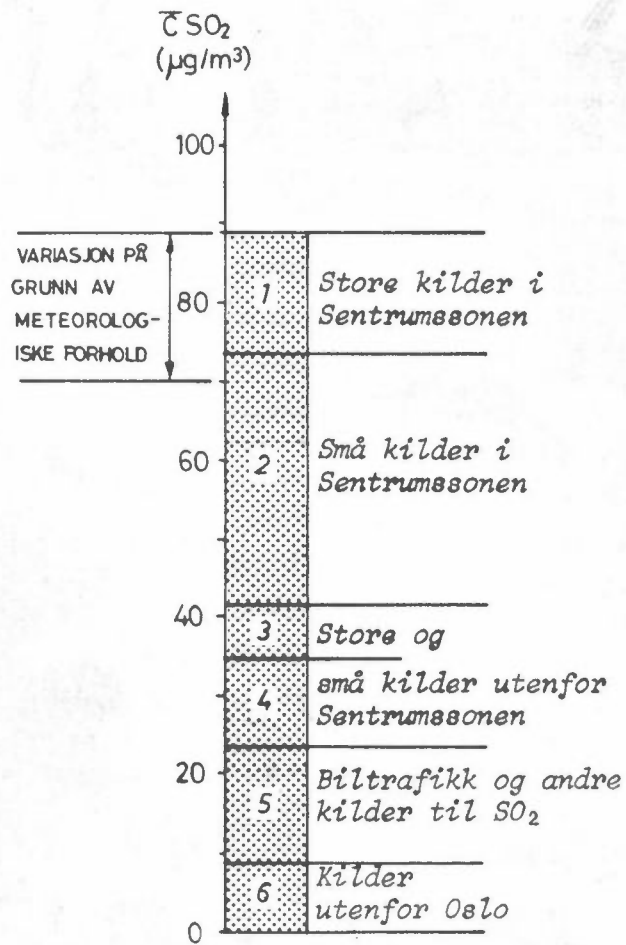
C Bidragene fra forskjellige kildegrupper til SO<sub>2</sub>-forurensningene i sentrumssonen (se kapittel 3 og 5)

En har foretatt en oppdeling av SO<sub>2</sub>-kildene i Oslo på følgende måte:

- 1) Store fyringsanlegg i sentrumssonen (utslipp over 20 tonn SO<sub>2</sub>/år).
- 2) Mindre fyringsanlegg i sentrumssonen (utslipp under 20 tonn SO<sub>2</sub>/år).
- 3) Store fyringsanlegg utenfor sentrumssonen (utslipp over 20 tonn SO<sub>2</sub>/år).
- 4) Mindre fyringsanlegg utenfor sentrumssonen (utslipp under 20 tonn SO<sub>2</sub>/år).
- 5) SO<sub>2</sub>-forurensning fra trafikk og andre forurensningskilder.
- 6) SO<sub>2</sub>-kilder utenfor Oslo.

I figur 1 har en angitt bidraget til halvårsmiddelkonsentrasjonen over sentrumssonen for en vinterperiode med dårlige spredningsforhold basert på spredning og angitte SO<sub>2</sub>-utslipp (1975) i hver km<sup>2</sup> i Oslo-området. (Det prosentvise bidraget fra forskjellige Oslo-kilder er hentet fra tabell 5.3). En har dessuten avmerket variasjonen i middelkonsentrasjonen på grunn av variasjoner i meteorologiske forhold fra vinter til vinter. En støtter seg her på de meteorologiske målingene siden 1959 og den statistiske sammenhengen mellom målte 24 timers konsentrasjoner og meteorologiske forhold vinteren 1974/75, (se kapittel 4 og figur 4.3.).

Ved erstatning av fyringsoljeforbruket med elektrisk energi slik at det får optimal virkning på luftkvaliteten, vil en anbefale å legge midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon over sentrumssonen til grunn ved generelle krav. For å redusere konsentrasjonene ved en spesiell målestasjon får en best resultat ved å redusere de nærmeste kildene.



Figur 1: Bidrag til middelkonsentrasjonen over sentrumssonen fra forskjellige kildegrupper.

D Optimale tiltak for å bedre luftkvaliteten i sentrum av Oslo

Anleggene i sentrumssonen (9 km<sup>2</sup> som definert i kapittel 3) bidrar med ca. 33% av det totale svovelutslippet fra fyringsanlegg innen Oslo kommune (se tabellene 3.3 og 3.4). Av figur 1 ser en at dersom en reduserer SO<sub>2</sub>-utslippet fra fyringsanlegg i sentrumssonen med ca 60% vil en tilfredsstille kravene til luftkvalitet i middel over sentrumssonen av Oslo. Dersom en vil redusere kilder i omgivelsene, får en størst effekt på forurensningene i sentrumssonen ved å redusere de nærmeste kildene på østsiden (se figurene 5.5 og 5.6).

Den nødvendige reduksjonen i sentrumssonen representerer knapt 20% av det totale SO<sub>2</sub>-utslippet fra bruk av fyringsoljer i Oslo. Denne reduksjonen kan oppnås ved bruk av olje med lavere svovelinnhold eller ved overgang til bruk av elektrisk energi i sentrumssonen hvor de høyeste konsentrasjonene måles.

Dersom en velger å legge måleresultatene fra vinteren 1974/75 til grunn, vil utslippet av SO<sub>2</sub> i sentrumssonen måtte reduseres med knapt 50%. Imidlertid må en ved dette alternativet regne med at en midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon på 60 µg/m<sup>3</sup> i sentrumssonen vil overskrides omlag hvert åttende år.

Støvforurensningene skriver seg sannsynligvis både fra oljefyring og biltrafikk og de nevnte tiltak vil sannsynligvis ikke være tilstrekkelig for å redusere sotverdiene til 40 µg/m<sup>3</sup>, blant annet på grunn av bidrag fra biltrafikk og oppvirvling av gatestøv.

For å vurdere disse forhold kreves bedre kjennskap til sammenhengen mellom kilder og målte sotverdier.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	<u>INNLEDNING</u> .....	9
1.1	<u>Bakgrunn</u> .....	9
1.2	<u>Datagrunnlag</u> .....	10
1.3	<u>Metode</u> .....	10
2	<u>FORURENSNINGSSITUASJONEN I VINTERHALVÅRET REGISTRERT VED SO<sub>2</sub>- OG SOTKONSENTRASJONENE</u> .....	11
3	<u>UTSLIPP AV LUFTFORURENSNINGER I OSLO</u> .....	15
3.1	<u>SO<sub>2</sub>-utslipp fra fyringsanlegg i Oslo i 1970</u> .	15
3.2	<u>Endringer i SO<sub>2</sub>-utslippet fra fyringsanlegg i Oslo i perioden 1970-75</u> .....	17
3.3	<u>SO<sub>2</sub>-utslipp fra fyringsanlegg i Oslo i 1975</u> .	18
3.4	<u>Totalutslipp av luftforurensninger i Oslo 1970 og 1975</u> .....	21
4	<u>SPREDNING AV FORURENSNINGER OVER OSLO-OMRÅDET - SAMMENHENGEN MELLOM SO<sub>2</sub>-UTSLIPP OG MÅLTE KONSENTRASJONER</u> .....	23
4.1	<u>Erfaring fra tidligere spredningsberegninger for Oslo</u> .....	23
4.2	<u>Sammenhengen mellom forurensningskonsentrasjoner (SO<sub>2</sub> og sot) og meteorologiske forhold</u>	24
4.3	<u>Fremtidig reduksjon i SO<sub>2</sub>- og sotkonsentrasjonene</u> .....	31
5	<u>BIDRAG FRA FORSKJELLIGE KILDEGRUPPER TIL DE MÅLTE SO<sub>2</sub>- OG SOTKONSENTRASJONENE I OSLO SENTRUM</u> .....	34
5.1	<u>Enkeltkilder for SO<sub>2</sub> i Oslo</u> .....	34
5.2	<u>Sot fra fyringsanlegg</u> .....	38
5.3	<u>Biltrafikkens bidrag nær sterkt trafikkerte gater</u> .....	39
5.4	<u>Områdebelastning ved bruk av fyringsoljer - spredning av luftforurensninger over Oslo-området</u> .....	42



7	<u>REFERANSER</u> .....	50
APPENDIX 1:	.....	53
	<u>FORENKLEDE MODELLBEREGNINGER AV SAMMENHENGEN</u>	
	<u>MELLOM UTSLIPP AV SO<sub>2</sub> OG OBSERVERTE</u>	
	<u>KONSENTRASJONER</u> .....	
APPENDIX 2:	.....	61
	<u>METEOROLOGISKE DATA BRUKT VED SPREDNINGS-</u>	
	<u>BEREGNINGER</u>	

## FORURENSNINGER AV SYVELDIOKSYD OG SOT I OSLO - BRUK AV FYRINGSOLJER

### 1 INNLEDNING

#### 1.1 Bakgrunn

Ved Oslo Lysverker arbeides det for tiden med et langtidsprogram for energiforsyningen til Oslo, og en ønsker her av flere årsaker økt tilgang på elektrisk energi for å erstatte noe eller all bruk av fyringsoljer i Oslo i fremtiden.

I brev av 1. april 1976 fra Stadsfysikus i Oslo ble Norsk Institutt for Luftforskning bedt om å vurdere og beregne de virkninger som kan forventes med hensyn til forurensningsbelastningen av Oslo-luften ved å erstatte bruk av fyringsolje med elektrisk energi i de mest utsatte områdene i Oslo.

Som foreløpig målsetting har Stadsfysikus antatt at luftkvaliteten i Oslos sentrale byområde med hensyn til SO<sub>2</sub> og sot for vintermånedene (oktober - mars) bør tilfredsstille WHO's Air Quality Criteria for årsmiddelverdier. Denne rapporten tar sikte på å klarlegge i hvilken grad oljeforbruket må reduseres i vintermånedene for å sikre denne målsetting:

Midlere SO <sub>2</sub> -konsentrasjon i vintermånedene:	60 µg/m <sup>3</sup>
Midlere sot-verdi (reflektometrisk bestemt):	40 µg/m <sup>3</sup>

For øvrig bør midlere døgnmiddelkonsentrasjoner for SO<sub>2</sub> ikke overskride 200 µg/m<sup>3</sup> mer enn 2% av tiden. Tilsvarende verdi for sot er 120 µg/m<sup>3</sup>.

Dette er i overenstemmelse med den nye svenske målsettingen for det langsiktige arbeidet med å bedre luftkvaliteten.

Undersøkelsen er utført i nært samarbeide med overing. R. Os ved Oslo Helseråd. Overing. Gussgard deltok i planleggingen av undersøkelsen, og en takker oljeselskapene ved generalsekretær E. Holtermann for hjelp med innsamling og oppdatering av utslippsdataene.

## 1.2 Datagrunnlag

1. Hygieneavdelingen ved Oslo Helseråd har siden 1969 målt  $SO_2$ -konsentrasjoner, som 24 timers middelerverdier ved 6 stasjoner i Oslo. 4 av stasjonene ligger i sentrums-sonen og 2 stasjoner henholdsvis øst og vest for denne sonen.
2. I årene 1970-1971 utførte Norsk Institutt for Luftforskning en undersøkelse i Oslo (1) for å vurdere forurensningsforholdene og endringene i  $SO_2$ -konsentrasjonen etter måleperioden 1959/65. I 1970-1971 ble det i samarbeide med oljeselskapene innsamlet utslippsdata. Det ble videre registrert vind og temperatur ved henholdsvis 6 og 8 stasjoner ved siden av de faste meteorologiske stasjonene i området. Døgnverdier av  $SO_2$ - og støvkonsentrasjonene ble registrert ved 22 stasjoner i Oslo i tillegg til Helserådets 6 faste stasjoner. I tillegg ble korttidsverdier av  $SO_2$ -konsentrasjonen registrert ved flere stasjoner.
3. Utslippsdata og meteorologiske data ble benyttet i en spredningsmodell som ble utviklet for å forklare årsaks-sammenhengen mellom de registrerte  $SO_2$ -utslippene og de målte  $SO_2$ -konsentrasjonene. Spredningsmodellen kan videre benyttes til å forutsi endringer som følge av endrede utslipp og som følge av endrede meteorologiske forhold.

## 1.3 Metode

For å gjennomføre vurderingen som er spesifisert i oppdraget har en benyttet eksisterende data og samlet inn tilleggsinformasjon på følgende måte:

1. I samarbeid med oljeselskapene og Norsk Petroleumsinstitutt har en oppdatert utslippsoversikten for  $SO_2$  fra 1970 til

1975 ved å registrere utslippsendringene ved 65 storforbrukere som representerer ca 40% av det samlede utslippet.

2. En har formulert en forenklet spredningsmodell for Oslo for å beskrive den midlere SO<sub>2</sub>-forurensningen i vinterhalvåret (oktober-mars) som funksjon av midlere utslipp og midlere spredningsforhold.
3. Som et eksempel på bidraget til forurensningsbelastningen fra store enkeltkilder har en vurdert et fyringsanlegg med samme utslipp som Rikshospitalet.

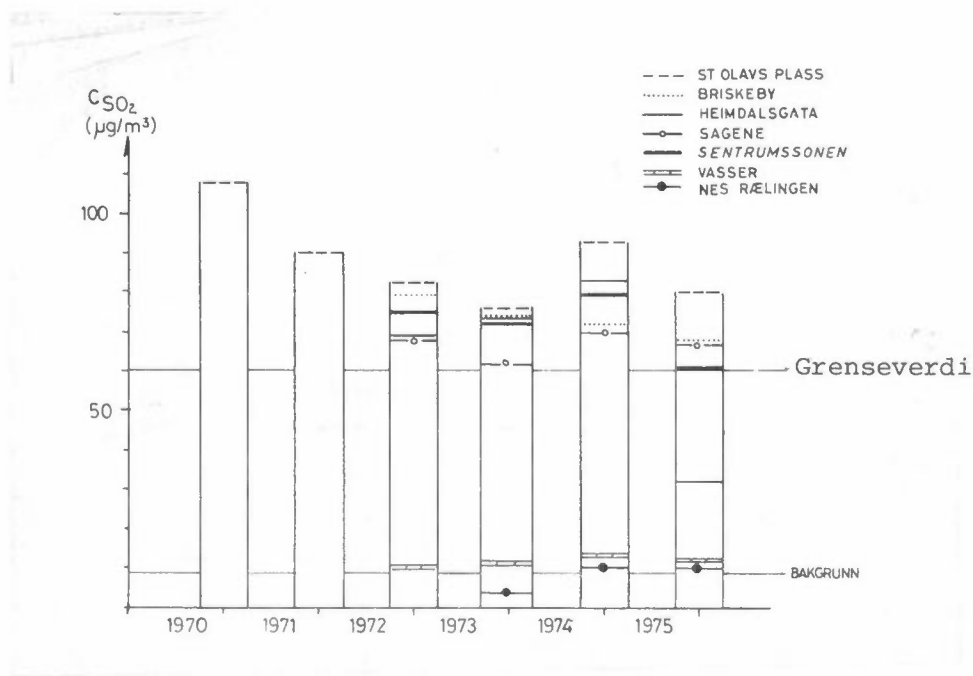
## 2 FORURENSNINGSSITUASJONEN I VINTERHALVÅRET REGISTRERT VED SO<sub>2</sub>- OG SOTKONSENTRASJONENE

Midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon og midlere sot-verdier for vinterperiodene 1970/71-1975/76 er vist i figurene 2.1 og 2.2 for de fire målestasjonene i Oslo sentrum.

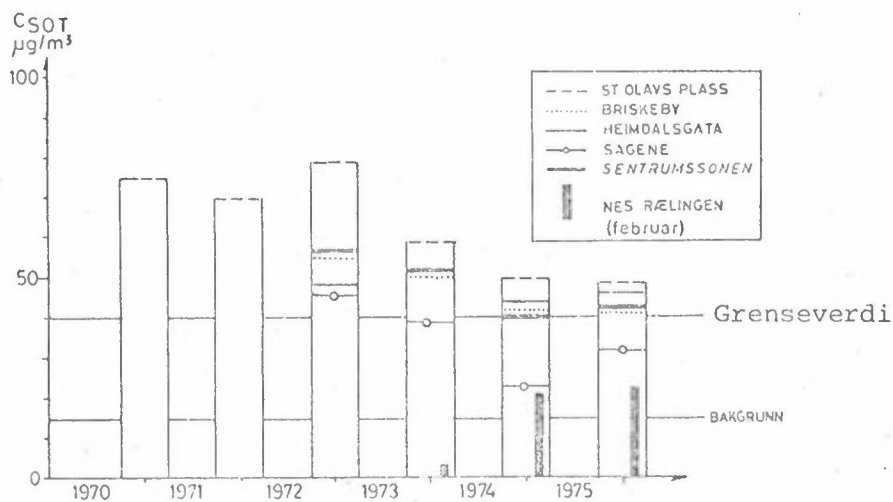
Tidligere undersøkelser viser at SO<sub>2</sub> og sotmålinger fra St.Olavs plass, Heimdalsgt., Briskeby og Sagene gir et godt uttrykk for forurensningsforholdene i sentrumssonen. I figurene har en avsatt middelverdiene for de fire stasjonene som konsentrasjonen i "sentrumssonen". En har videre avsatt middelverdiene fra Vasser i ytre Oslofjord og fra Nes i Rælingen. Disse er benyttet sammen med data fra andre målesteder i Østlandsområdet til å estimere en bakgrunn av forurensninger i Oslo-området som ikke skyldes forurensningskilder i Oslo kommune. Verdiene for bakgrunnsbelastningen er deretter satt skjønnsmessig til 8 µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> og 15 µg sot/m<sup>3</sup> som middelverdier i vinterhalvåret.

Målingene viser nedgang i midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner fra 1970/71 til 1973/74, mens en vinteren 1974/75 observerte høyere SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner (halvårsmidler). Dersom en ser de fire siste vintrene under ett, er det små endringer i halvårsmiddelkonsentrasjonene.

De registrerte sotverdiene har også vist en jevn nedgang siden 1972/73.



Figur 2.1: Midlere  $SO_2$ -konsentrasjon (halvårsmiddel) i vinterperiodene 1970/71 - 1975/76.



Figur 2.2: Midlere  $SO_4$ -konsentrasjon (halvårsmiddel) i vinterperiodene 1970/71 - 1975/76.

Målingene viser at dersom en vil tilfredsstille helserådets målsetning for luftkvaliteten i Oslo som er spesifisert i innledningen er det nødvendig å redusere utslippene av svoveloksyder, og å gjennomføre tiltak som vil redusere utslippene av partikulære forurensninger.

Dersom en benytter verdiene fra 1974/75 som maksimal forventet halvårsmiddelkonsentrasjon i løpet av en femårsperiode og reduserer utslippene slik at normen er oppfylt, må en likevel regne med overskridelser i omkring hvert åttende år (4).

For  $\text{SO}_2$  i Oslos indre sone er det ønskelig å redusere  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen (oktober - mars) i vinterhalvåret til  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Den midlere sotverdien som avleses reflektrometrisk, må være lavere enn  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Forurensningskonsentrasjonen varierer betydelig med spredningsforholdene (klimaet) og disse kan variere betydelig fra år til år. Konsentrasjonene var forholdsvis høye i vintersesongen 1974/75 og en foreslår å legge disse målingene til grunn ved fastsettelsen av kravene til utslippene.

I Oslos indre sone målte en da følgende verdier:

St.Olavs plass	:	93 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$	-	59 $\mu\text{g sot}/\text{m}^3$
Briskeby Brannstasjon	:	83	"	43 "
Heimdals gt.	:	72	"	44 "
Sagene Brannstasjon	:	70	"	23 "

---

Middelverdi for sentrum : 80  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  - 42  $\mu\text{g sot}/\text{m}^3$

---

Vasser : 13  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  -

Den prosentvise reduksjon i SO<sub>2</sub>- og sot-konsentrasjonene som er nødvendig for å tilfredsstille målsetningen blir etter dette:

	SO <sub>2</sub> -reduksjon	sotreduksjon
St.Olavs plass	: 35%	- 32%
Briskeby Brannstasjon	: 29%	- 7%
Heimdalsgt.	: 17%	- 9%
Sagene Brannstasjon	: 14%	- 0

---

Middelverdi for

sentrumssonen : 25%                      5%

De forskjellige SO<sub>2</sub>-kildene bidrar i ulik grad til forurensningene ved stasjonene i sentrumssonen. Det er nødvendig kvantitativt å vurdere sammenhengen mellom utslipp og registrerte SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner før en kan forutsi den prosentvise reduksjon i målte konsentrasjoner som følge av bestemte reduksjoner i utslippene. En bestemt del av forurensningene i Oslo-området skyldes kilder utenfor kommunen og også utenfor Norge.

SO<sub>2</sub>-målingene fra Vasser og Nes på Romerike gir et estimat på de generelle SO<sub>2</sub>-forurensningene i Østlandsområdet, da målestasjonene antas å være lite påvirket av forurensninger på lokale kilder. En ønsker videre å knytte sammenhengen med meteorologiske parametre og kjennskap til klimaet i Oslo-området for å spesifisere hvor mye SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene kan variere år til år på grunn av meteorologiske forhold.

### 3 UTSLIPP AV LUFTFORURENSNINGER I OSLO

I forbindelse med NILUs undersøkelse av luftforurensningene i Oslo 1970/71 ble også utslippsforholdene studert nærmere. Det ble bl.a. utarbeidet en oversikt over utslippet av SO<sub>2</sub> i første kvartal 1970, fordelt på et rutenett med 1 km x 1 km ruter. Dette utslippskartet er i denne undersøkelse søkt oppdatert til å gjelde første kvartal 1975, som et utgangspunkt for den videre beregning av effektene av en SO<sub>2</sub>-reduksjon i sentrumssonen. Utslippene er vesentlig beregnet på grunnlag av leveringsoppgaver over fyringsolje, i tillegg er det anslått bidragene fra trafikk, forbruk av kull og koks samt avfallsforbrenning.

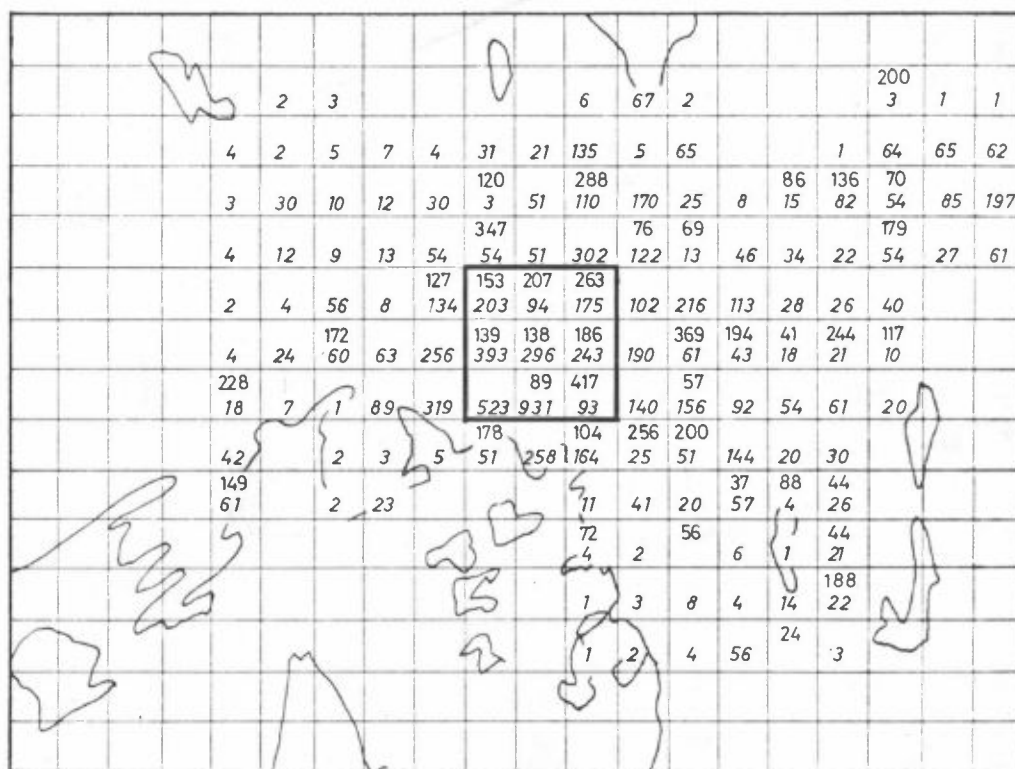
#### 3.1 SO<sub>2</sub>-utslipp fra fyringsanlegg i Oslo i 1970

I 1970 fikk NILU kvartalsvise oppgaver fra oljeselskapene over deres leveranser av forskjellige oljekvaliteter i Oslo, samt representativt svovelinnhold i oljen. Oljeselskapene leverer også salgsoppgaver til Handelsdepartementet. I første omgang var det en meget stor uoverensstemmelse mellom de to utslipptall, ca 14000 tonn SO<sub>2</sub> "offisielt" og 8730 tonn fra oljeselskapene. Dette skyldtes at leveransene til et fåtall firmaer med hovedkontor i Oslo og med fabrikanlegg utenfor hadde kommet med i Oslo-tallene (4570 tonn SO<sub>2</sub>). Etter koreksjon for dette var overensstemmelsen meget god. Nå er alle leveringstall basert på leveringsadresser, ikke fakturaadresser. Tabell 3.1 viser det kvartalsvise utslippet av SO<sub>2</sub> fra lett- og tungoljer i 1970.



Tabell 3.1: SO<sub>2</sub>-utslippet i Oslo i 1970 i tonn SO<sub>2</sub> (1).

	Lettolje	Tungolje	Total	% av total
Jan-mars	1010	2630	3640	41.7
April-juni	330	1160	1490	17.1
Juli-sept.	320	660	980	11.2
Oktober-des.	990	1630	2620	30.0
Sum	2650	6080	8730	100.0



Figur 3.1: Svovelutslipp i Oslo 1. kvartal 1970.  
Enhet: 100 kg S/km<sup>2</sup>.

Øverste tall i hver rute angir utslippet fra store kilder. Nederste tall angir utslippet fra små kilder. Multiplisert med to gir tallene utslipp i 100 kg SO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup>.

NILU fikk også kvartalsvise oppgaver fra oljeselskapene over leveranser av fyringsolje til vel 300 kunder med et årsforbruk på a) over 300 tonn tungolje pr år og/eller b) over 500 tonn lettolje pr år, tilsvarende utslipp på over henholdsvis 4 og 2.5 tonn SO<sub>2</sub> pr år. På grunnlag av disse oppgaver, befolkningsstatistikker m.v. ble det utarbeidet utslippskart for 1. kvartal 1970 og 1. kvartal 1971, og disse har vært brukt som grunnlag for utslippet i tidligere spredningsberegninger. Senere er kartet fra 1970 korrigert noe, og figur 3.1 viser fordelingen av svovel-utslippet i Oslo fra henholdsvis store og små forbrukere i 1. kvartal 1970.

Det ble også sendt ut spørreskjemaer til storforbrukerne for å få registrert skorsteinshøyder etc. og eventuelt mønster i forbruket. Det var imidlertid for få kunder som registrerte forbruket detaljert nok til å kunne gi informasjon om en sammenheng klima/forbruker etc. Skorsteinshøyden varierte fra 20-60 m i sentrale områder til 30-50 m i ytre områder.

### 3.2 Endringer i SO<sub>2</sub>-utslippet fra fyringsanlegg i Oslo i perioden 1970-75

Oslo Helseråd har også fått oppgaver fra oljeselskapene over salg av fyringsolje til bruk i Oslo kommune, og herav er utslippene av SO<sub>2</sub> de senere år beregnet, som vist i tabell 3.2.

Tabell 3.2: Utslipp av SO<sub>2</sub> i Oslo 1970-75.  
Enhet: tonn SO<sub>2</sub>/år.

1970	1971	1972	1973	1974	1975
7300	4500	3700	3300	2900	3256 ≈3300

Igjen er det to forskjellige tall for utslippet i 1970, 8730 tonn og 7300 tonn SO<sub>2</sub> (konfr. tabell 3.1 og 3.2). Summeres tallene i figur 3.1, får man 1505 tonn S (3010 tonn SO<sub>2</sub>), mens oljeselskapenes totaltall for 1. kvartal 1970 var 3640 tonn SO<sub>2</sub>. Det viser seg at salgsdistriktet Oslo for noen selskaper ikke er bare Oslo kommune, slik at noen leveringsoppgaver har blitt ført på Oslo i stedet for i Akershus. Det synes imidlertid som om Oslo Helseråds oppgaver er meget riktige. Benyttes kvartalsfordeling-prosentsen fra tabell 3.1 får man et beregnet SO<sub>2</sub>-utslipp i Oslo 1. kvartal 70 på 3044 tonn SO<sub>2</sub>.

Tabell 3.2 viser at det fra 1970 til 1975 har foregått en betydelig reduksjon av SO<sub>2</sub>-utslippene i Oslo (55,4%). Den viktigste årsak til dette er innføringen av skjerpede maksimalgrenser for svovelinnholdet i fyringsolje, men også øket bruk av spillkraft i de senere vintre har redusert oljeforbruket og indirekte svovelutslippet endel.

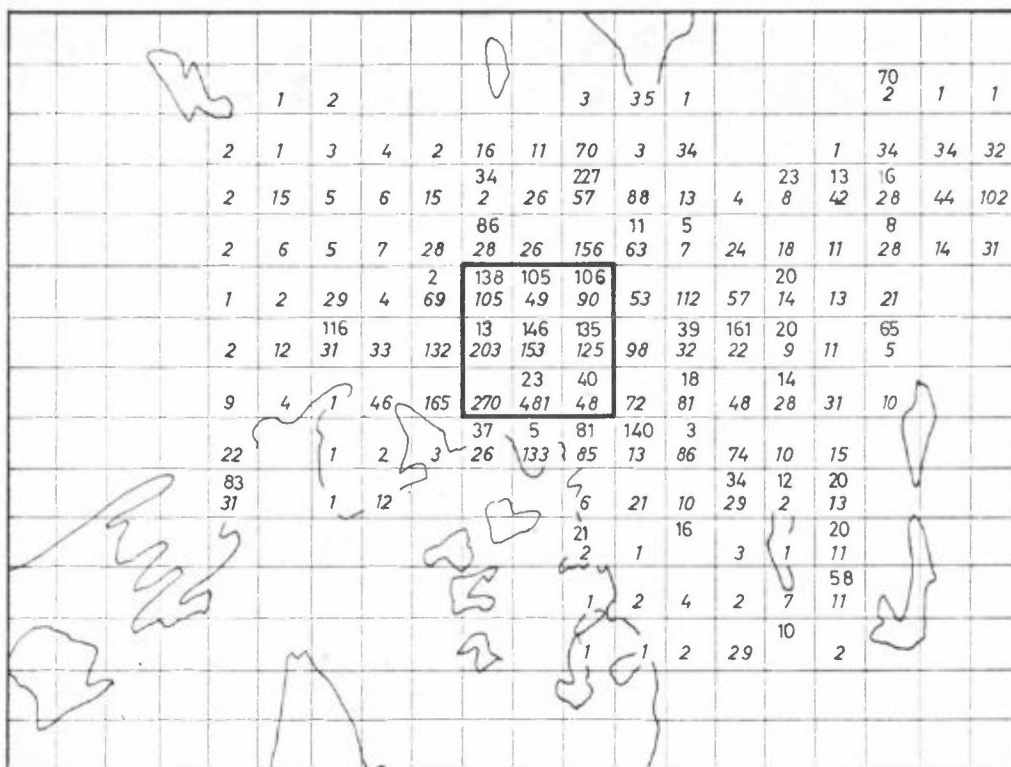
### 3.3 SO<sub>2</sub>-utslipp fra fyringsanlegg i Oslo 1975

For å beregne bidraget fra det nåværende forbruket av fyringsoljer til det observerte forurensningsnivået med hensyn til SO<sub>2</sub>, er det nødvendig å fordele totalutslippet i 1975 på hver km<sup>2</sup>. Oljeselskapene ble derfor anmodet om å skaffe nye leveringsoppgaver for 1973 og 1975 for endel storforbrukere fra 1970. Det ble satt opp en liste med 65 kunder, som representerte 42% av det totale SO<sub>2</sub>-utslipp i 1970, tilsammen ca 3000 tonn SO<sub>2</sub>. Av disse fikk vi returoppgaver for 85%, de øvrige er enten flyttet, nedlagt, bruker elektrokjel, eller

så er utslippet anslått til ca 45.6% av 70-utslippet på grunnlag av totalutslippet angitt i tabell 3.2. Innen hver km<sup>2</sup>-rute er det på grunnlag av 1970-data i figur 3.1 beregnet et nytt utslippskart for 1. kvartal 1975 etter følgende formel:

$$1. \text{ kv. } 75 = (\text{total } 1.\text{kv.}70 \text{ storforbr. } 1.\text{kv.}70) \times 0.516 + \text{storforbr. } 75 \times 0.417$$

Totalforbruket i ruten er først fratrukket utslippet fra "storforbrukere". Resten vet man ikke noe om i hver km<sup>2</sup>, så den er redusert til 51.6% av 1970-utslippet i hver km<sup>2</sup>. 1975-utslippet fra "storforbrukere" er derpå ganget med 41,7%, for å gi tall for 1. kvartal. Resultatet av disse beregningene er vist i figur 3.2.



Figur 3.2: Beregnet svovelutslipp i Oslo 1. kvartal 1975.  
Enhet: 100 kg S/km<sup>2</sup>.

Øverste tall i hver rute angir utslippet fra store kilder. Nederste tall angir utslippet fra små kilder. Multiplisert med to gir tallene utslippet i 100 kg SO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup>.

I tabell 3.3 er det vist svovelutslippet i 1. kvartal 1970 og 1975 fra figur 3.1 og 3.2.

Tabell 3.3: Svovelutslipp 1. kvartal 1970 og 1975 (estimert).  
Enhet: 100 kg S.

Total Oslo	1. kvartal 1970		1. kvartal 1975		% av 1970
	S	%	S	%	
"Store"	6152	40.9	2194	32.3	35.7
"Små"	8898	59.1	4604	67.7	51.7
Total	15050	100.0	6798	100.0	45.2

Tabellen viser at reduksjonen i SO<sub>2</sub>-utslippet er størst for "storforbrukerne". For mange av storforbrukerne er selve oljeforbruket nokså konstant, mens svovelinnholdet er redusert. Noen av storforbrukerne er nesten borte p.g.a. bruk av elektrokjeler, mens andre som nevnt er flyttet eller nedlagt.\* Siden 1970 har det fortsatt vært en intens byggevirkosomhet i Oslo, men mesteparten av dette er utstyrt med elektrisk fyring.

I tabell 3.4 er det vist statistikk for "sentrumssonen", de 9 ruter i sentrale byområder.

Tabell 3.4: Svovelutslipp i sentrumssonen 1. kvartal 1970 og 1975.  
Enhet: 100 kg S.

Sentrum	1. kvartal 1970		1. kvartal 1975		% av 1970
	S	%	S	%	
"Store"	1592	35.0	706	31.7	44.3
"Små"	2951	65.0	1524	68.3	51.6
Total	4543	100.0	2230	100.0	49.0

\* Således synes det som om både Ullevål Sykehus og Aker Sykehus har vært fyrt elektrisk i 1975. En variabel tilgang på spillkraft fra Oslo Lysverker kan medføre store forskjeller i SO<sub>2</sub>-utslippet fra år til år som det er vanskelig å forutsi.

Tabellen viser at reduksjonen i SO<sub>2</sub>-utslippet for "storforbrukere" er mindre i sentrumssonen enn utenfor. Dette kan igjen ha sammenheng med at de nevnte flyttingene og nedleggelsene har skjedd utenfor sentrumssonen.

I 1970 var det 53 utslipp på over 20 tonn SO<sub>2</sub>/år, hvorav 16 i sentrumssonen. I 1975 var tilsvarende tall 16 og 4. I sentrumssonen er det en rekke middels store oljeforbrukere.

### 3.4 Totalutslipp av luftforurensninger i Oslo 1970 og 1975

I tabell 3.5 er det gitt anslåtte utslipp fra forskjellige kilder i Oslo i 1970.

Tabell 3.5: Utslipp av forurensninger i Oslo 1970.  
Enhet: tonn/år.

Kildetype		SO <sub>2</sub>	Støv	CO	HC	NO <sub>2</sub>
Mobile kilder	Bensin	130	60	48250	7720	212
	Diesel	450	450	1120	2180	1290
Stasjonære kilder	Fyring	7300	430	u	u	1060
	Kull-koks	230	420	u	u	170
Avfall	Søppel- forbr.	100	30	u	u	u
Industriprosesser		u	-	u	u	u
Total		8210	-	49370	9900	4640

u: ubetydelig i denne sammenhengen.

Utslippene fra trafikk er beregnet på grunnlag av utslippsfaktorer fra Statens Teknologiske Institutt (9), samt oppgaver over forbruk (leveranser) av bensin, autodiesel (og parafin) fra Norsk Petroleumsinstitutt.

I tabell 3.6 er det anslått tilsvarende utslipp for 1975, basert på nyere tall for svovel-innholdet i bensin og diesellojer, for øvrig med samme utslippsfaktorer. En vil bemerke at veistøv forårsaket av biltrafikk er ikke tatt med i oversikten.

Tabell 3.6: Utslipp av forurensninger i Oslo 1975.  
Enhet: tonn/år.

Kildetype		SO <sub>2</sub>	Støv	CO	HC	NO <sub>2</sub>
Mobile kilder	Bensin	60	60	47250	7560	2080
	Diesel	360	480	1200	2340	1380
Stasjonære kilder	Fyring	3260	300	u	u	800
	Kull-koks	200	400	u	u	160
Avfall	Søppelforbr.	100	100	u	u	u
Industriprosesser		u	-	u	u	u
Total		3980	-	48450	9900	4420

u: ubetydelig i denne sammenhengen.

4 SPREDNING AV FORURENSNINGER OVER OSLO-OMRÅDET -  
SAMMENHENGEN MELLOM SO<sub>2</sub>-UTSLIPP OG MÅLTE KONSENTRASJONER

4.1 Erfaring fra tidligere spredningsberegninger for Oslo

Ved utvikling av modeller for å beskrive langtidsmiddel-konsentrasjoner vil en merke seg følgende punkter:

1. En vintersesong er sammensatt av et stort antall forurensningssituasjoner som bestemmes av spredningsforholdene. Midlere halvårskonsentrasjon bestemmes derfor av utslippet og av frekvensen av dager med forskjellig spredningsforhold.
2. De nærmeste kildene har størst betydning for konsentrasjonene ved en målestasjon.
3. De aller fleste SO<sub>2</sub>- og sotkildene representeres av stasjonære eller mobile punktkilder. I Oslo har en imidlertid mange små kilder som kan utjevnes til volumkilder.
4. Fjerne kilder påvirker samtlige stasjoner i Oslo-området på samme tid og i samme grad.
5. Tidligere erfaring med spredning av forurensninger over Oslo-området kan oppsummeres i følgende punkter:
  - a) 40-80% av forurensningene som slippes ut over sentrums-sonen i Oslo løftes først opp og transporteres deretter ut av området (1), (2).
  - b) SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen over Oslo avhenger av spredningsforholdene som kan uttrykkes ved temperaturdifferensen mellom Blindern og Tryvasshøgda (et mål for den vertikale temperaturgradienten).  
Variasjoner i utslippsforholdene gjennom et døgn medfører tilsvarende variasjoner i sammenhengen mellom SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene og temperaturmålingene i Oslo (1).
  - c) Når den vertikale luftutvekslingen er av størst betydning for spredningen over Oslo-området, vil en vente forholdsvis nær sammenheng mellom SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene og den vertikale temperaturgradienten. Det er derfor samsvar mellom resultatene som er referert under punktene a) og b) (3).



Punktene a), b) og c) indikerer at en kan bruke sammenhengen til å estimere trenden i forurensningskonsentrasjonene uten samtidig å måtte ta forbehold med hensyn til de meteorologiske forholdene (5).

#### 4.2 Sammenhengen mellom forurensningskonsentrasjoner (SO<sub>2</sub> og sot) og meteorologiske forhold

Døgnverdier fra hver vinterperiode (desember, januar og februar) er benyttet til ved lineær regresjonsanalyse å knytte de målte konsentrasjoner til meteorologiske parametre fra Meteorologisk Institutt's stasjoner Fornebu, Blindern og Tryvasshøgda. I hver av vinterperiodene fant en best sammenheng mellom temperaturmålingene på Blindern og på Tryvasshøgda kl. 19 (målt i Celsiusgrader) og forurensningskonsentrasjonene (SO<sub>2</sub> og sot) ved stasjonene Briskeby, Heimdalsgt og St. Olavs plass registrert som døgnverdier.

Regresjonslikningene er av formen:

$$c_{SO_2} = d_{SO_2} \cdot T_{Tr19} + e_{SO_2} \cdot T_{Bl19} + C_{SO_2}$$

$$c_{sot} = d_{sot} \cdot T_{Tr19} + e_{sot} \cdot T_{Bl19} + C_{sot}$$

$C_{SO_2}$  = SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen (døgnverdi)

$C_{sot}$  = sot-konsentrasjonen (døgnverdi)

$d_{SO_2}$ ,  $d_{sot}$ ,  $e_{SO_2}$ ,  $e_{sot}$ ,  $C_{SO_2}$ ,  $C_{sot}$ , = Regresjonskoeffisienter

$T_{Tr19}$  = Temperaturen på Tryvasshøgda kl. 19.

$T_{Bl19}$  = " " Blindern kl. 19.

Beregningen av regresjonskoeffisientene ble utført på samme måte som ved tidligere undersøkelser (1). En fant som før vesentlig bedre sammenheng når en anvendte to temperaturer for å beskrive forurensningskonsentrasjonene. Regresjonskoeffisientene hadde nær samme tallverdi og motsatt fortegn.

Derfor skrev en ligningene om på følgende måte:

$$\text{(lign. 1)} \quad c_{\text{SO}_2} = A_{\text{SO}_2} \cdot (T_{\text{Tr}_{19}} - T_{\text{Bl}_{19}}) + B_{\text{SO}_2} \cdot \frac{T_{\text{Tr}_{19}} + T_{\text{Bl}_{19}}}{2} + C_{\text{SO}_2}$$

$$\text{(lign. 2)} \quad c_{\text{sot}} = A_{\text{sot}} \cdot (T_{\text{Tr}_{19}} - T_{\text{Bl}_{19}}) + B_{\text{sot}} \cdot \frac{T_{\text{Tr}_{19}} + T_{\text{Bl}_{19}}}{2} + C_{\text{sot}}$$

I tabell 4.1 og 4.2 har en angitt middelveidier og regresjonskoeffisienter for sammenhengen mellom meteorologiske parametre og henholdsvis SO<sub>2</sub>- og sot-konsentrasjonene ved sentrumsstasjonene St. Olav plass, Heimdalsgt. og Briskeby for vintrene 1971/72, 1972/73, 1973/74 og 1974/75. De samme koeffisientene (8) er også satt opp for 1959/63.

#### Tolkning av regresjonskoeffisienter

Verdien av C gir et estimat for den forventede forurensningskonsentrasjonen når temperaturen er 0°C, både på Blindern og Tryvasshøgda kl. 19.

Verdien av B gir et estimat for virkningen på forurensningskonsentrasjonen av temperaturendringer når temperaturdifferensen mellom Tryvasshøgda og Blindern holdes konstant. Dette avspeiler effekten på utslippsforholdene av kalde og milde vinterdager. Verdien av A angir økningen i forurensningskonsentrasjonen når temperaturdifferensen mellom Tryvasshøgda og Blindern øker med 1°C og middeltemperaturen mellom de to stasjonene holdes konstant. Reduksjon i A-verdien fra år til år belyser særlig reduksjonen i konsentrasjonen ved dårlige spredningsforhold.

#### Resultater

En fant ikke den beste sammenhengen med temperaturmålingene fra Blindern og Tryvasshøgda kl. 19 og SO<sub>2</sub>-målingene fra Sagene. Derfor valgte en å karakterisere sentrumssonen ved målingene fra St. Olavs plass, Heimdalsgt. og Briskeby.

Verdien av regresjonskoeffisientene er direkte proporsjonal med utslippet når utslippsmønsteret ikke endrer seg med tiden.

Tabell 4.1: Statistiske parametre ved beskrivelsen av sammenhengen mellom SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen og temperaturmålinger ved stasjonene Tryvasshøgda og Blindern.

St. Olavs pl.	$\bar{c}$ ( $\sigma_c$ ) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	A $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$	B $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$	C $\mu\text{g}/\text{m}^3$	R
59/63		67.3	-11.6	472	.79
71/72	90(204)	7.6	-0.2	104	.63
72/73	83(176)	7.5	-0.6	98	.55
73/74	72(144)	5.1	-1.2	79	.55
74/75 *	80(200)	6.8	-1.3	91	.40
Heimdalsgt.					
59/63		34.8	-8.0	275	.76
71/72	95(195)	5.1	-1.3	99	.43
72/73	74(167)	6.4	-2.5	86	.58
73/74	81(147)	3.8	-2.7	82	.48
74/75		-	-	-	-
Briskeby					
59/63		-	-	-	
71/72	113(253)	16.0	-2.6	131	.74
72/73	77(201)	11.7	-1.1	101	.67
73/74	73(153)	7.5	-2.4	85	.66
74/75 *	76(195)	7.8	-0.9	89	.49
Sentrums- sonen					
59/63					
71/72	99	9.6	-1.4	111	
72/73	78	8.5	-1.4	95	
73/74	75	5.5	-2.1	83	
74/75 *	78	7.3	-1.6	90	

\* Verdiene er beregnet på grunnlag av data fra desember og januar måned.

Tabell 4.2: Statistiske parametre ved beskrivelsen av sammenhengen mellom sotverdiene og temperaturmålingene ved stasjonene Tryvasshøgda og Blindern.

	$\bar{c} (\bar{\sigma}_c)$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	A $\mu\text{g}/\text{m}^3$	B $\mu\text{g}/\text{m}^3$	C $\mu\text{g}/\text{m}^3$	R
St.Olavs pl.					
71/72	67 (215)	8.4	3.6	95	.68
72/73	75 (212)	11.1	3.8	99	.64
73/74	56 (164)	7.4	0.2	72	.46
74/75 *	53 (131)	7.6	0.8	68	.43
Heimdalsgt.					
71/72	54 (266)	9.6	4.8	89	.67
72/73	49 (193)	10.2	2.8	70	.65
73/74	62 (187)	6.4	-1.4	71	.38
74/75 *	51 (211)	14.4	1.9	81	.52
Briskeby					
71/72	76 (271)	14.6	1.9	109	.74
72/73	54 (209)	12.4	0.4	79	.65
73/74	46 (123)	7.4	-0.9	59	.62
74/75 *	48 (135)	8.9	-0.1	65	.52
Sentrums- sonen					
71/72	66	10.9	3.4	98	
72/73	59	11.2	2.3	83	
73/74	55	7.1	-0.7	67	
74/75 *	51	7.6	0.9	71	
Sagene					
71/72	41 (142)	6.3	1.9	60	.61
72/73	46 (210)	11.6	0.5	70	.77
73/74	36 ( 89)	5.2	-1.3	45	.56
74/75 *	26 ( 65)	3.9	0.7	34	.46

\* Verdiene er beregnet på grunnlag av data fra desember og januar måned.

I en tidligere undersøkelse (1) behandlet en timesvise målinger av henholdsvis  $SO_2$  og temperaturer, og viste at regresjonskoeffisientene var følsomme overfor utslippsvariasjoner over døgnet. Her fant en overensstemmelse mellom den døgnlige gang av de beregnede regresjonskoeffisientene og empiriske data for døgnvariasjonen i oljeforbruket i Oslo.

I den samme behandlingen av timesvise verdier av  $SO_2$  og temperaturen, fant en at temperaturen på Blindern og ved en målestasjon ved Holmenkollen (Kongevn. 22) ga best sammenheng med  $SO_2$ -konsentrasjonen på St. Olavs plass. Dessverre har en ikke målinger fra Kongeveien 22 i de siste vintrene og en har derfor brukt data fra Tryvasshøgda, selv om denne i noen situasjoner synes å ligge for høyt over Oslo til å registrere en representativ temperaturdifferens.

Av tabell 4.1 ser en at korrelasjonskoeffisienten R mellom observerte verdier og lineærkombinasjonen av målte temperaturer blir lavere år for år. Dette kan skyldes at forurensningskonsentrasjonen blir stadig lavere og regresjonslinjen blir dermed vanskeligere å bestemme.

Når en anvendte måledataene fra desember, januar, februar 1974/75, fant en andre meteorologiske parametre som best beskrev  $SO_2$ -konsentrasjonene. I februar 1975 observerte en spesielt høye forurensningskonsentrasjoner på dager hvor soloppvarmingen om dagen varmet opp åssiden, slik at de naturlige kaldluftstrømmene under inversjonssituasjoner i Oslo-gryta stagnerte. Når en benyttet dataene fra desember og januar fant en som tidligere at temperaturmålingene på Tryvasshøgda og Blindern kl. 19 best beskrev konsentrasjonene på Briskeby og St. Olavs plass. Disse regresjonskoeffisientene er angitt i tabellene 4.1 og 4.2.

Av C-verdiene i tabell 4.1 ser en at  $SO_2$ -forurensningene har gått betydelig tilbake fra perioden først i 60-årene fram til 70-årene. Dataene indikerer også en nedgang i perioden 1971/72 til 1974/75.

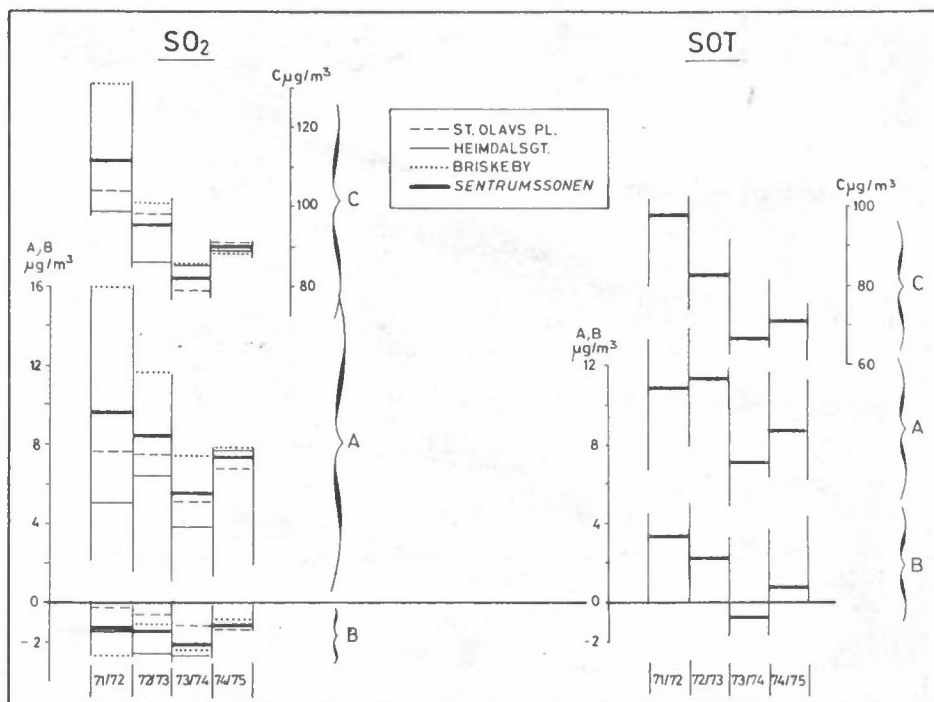
Sotforurensningene i sentrumssonen avtok med ca 30% mellom vinteren 1971/72 og 1974/75. Forbedringen ble registrert vesentlig mellom vinteren 1972/73 og 1973/74. Oljekrisen har sannsynligvis også redusert sotforurensningene vinteren 1973/74.

Spigerverket tok i bruk sitt renseanlegg i januar 1974, og dette bidro meget til reduksjonen. Av tabell 4.1 ser en at reduksjonen er særlig stor ved Sagene. Resultatene tyder på at installeringen av renseanlegget på Spigerverket har medført en merkbar reduksjon i sotverdiene over hele sentrumssonen. Andre utslippsreduksjoner kan også ha medvirket til den observerte forbedringen (ca 20% reduksjon). Økningen i sotforurensningene i Heimdalsgt. skyldes sannsynligvis spesielle forhold nær denne stasjonen vinteren 1974/75.

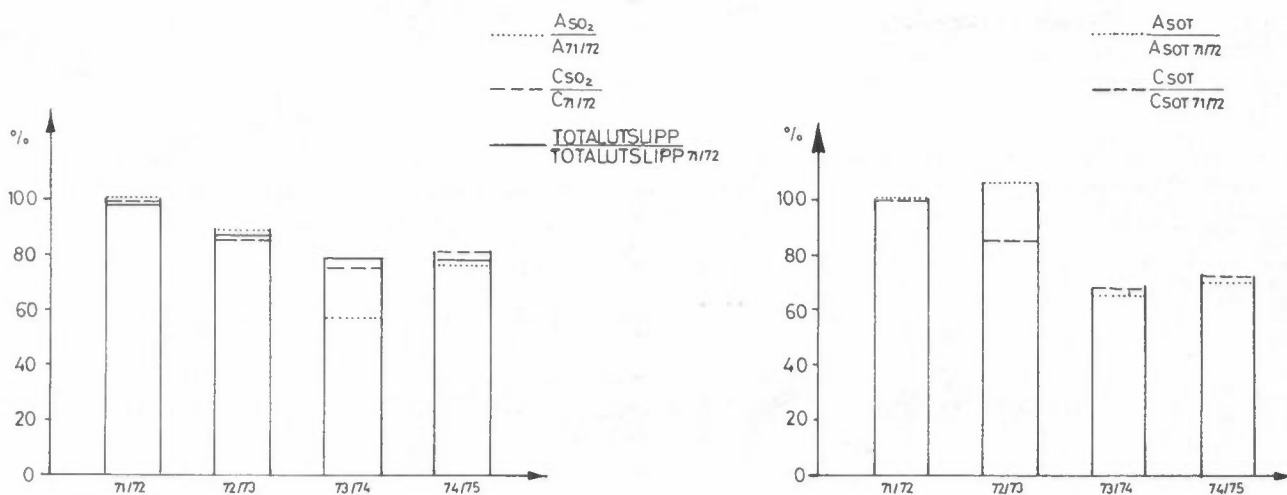
I figur 4.1 har en avsatt regresjonskoeffisienten for henholdsvis  $SO_2$  og sot ved de forskjellige stasjonene i sentrumssonen. For sot har en bare angitt regresjonskoeffisienten for sentrumssonen i middel. En ser at regresjonskoeffisienten blir stadig lavere og at spredningen omkring middelveien blir mindre. I prinsippet skulle både A, B og C være proporsjonale med utslippet. For å sammenligne trenden i forurensningskonsentrasjonene med trenden i  $SO_2$ -utslippet fra oljefyring, har en beregnet forholdet mellom regresjonskoeffisientene (A og C) i sentrumssonen fra år til år og den tilsvarende verdien i 71/72.

I figur 4.2 har en vist hvorledes dette forholdet varierer fra år til år og sammenlignet verdiene med det samme forholdet i totalutslippene av  $SO_2$ .

Av figurene ser en at regresjonskoeffisientene (avledet av  $SO_2$ -målingene) og oppgavene over totalutslippene viser en entydig reduksjon i  $SO_2$ -forurensningene på nær 20% fra vinteren 1970/71 til vinteren 1974/75. I 1973/74 observerer en gjennomgående lavere  $SO_2$ -konsentrasjoner enn en skulle vente ut fra utslippet. På hvilken måte oljekrisen har innvirket på dette forholdet vet en ikke. Regresjonsanalysen er imidlertid gjennomført bare for månedene desember, januar og februar, og oljekrisen influerte sannsynligvis spesielt mye på oljeforbruket i disse månedene.



Figur 4.1: Variasjoner i regresjonskoeffisientene A, B og C (se tabellene 4.1 og 4.2) i vintrene 71/72 - 74/75.



Figur 4.2: Prosentvis reduksjon i regresjonskoeffisientene A og C sammenholdt med den prosentvise reduksjonen i totalutslippet av  $SO_2$  siden vinteren 1971/72.

#### 4.3 Fremtidig reduksjon i SO<sub>2</sub>- og sotkonsentrasjonene

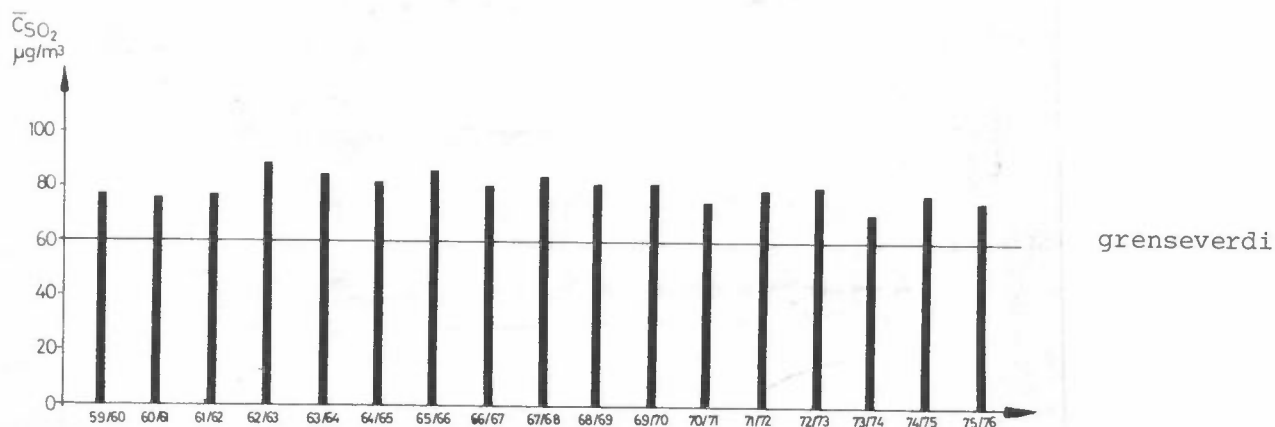
Når SO<sub>2</sub>-målingene i Oslo sammenlignes med tidligere angitte retningslinjer er det under de nåværende forhold langtidsnormene (halvårsmiddelverdiene) en har problemer med å tilfredsstille. Døgnverdiene ligger tilfredsstillende under normene. Ligning 1 og 2 er utviklet på grunnlag av døgnmålinger, men en kan finne halvårsmiddelverdier ved å midle ligningene. De meteorologiske parametre som beskriver spredningsforholdenes innflytelse blir dermed halvårsmiddeltemperaturene målt på Tryvasshøgda og på Blindern kl 19. Disse parametrene er beregnet for vinterperiodene fra 1959/60 til 1975/76, og verdiene er fremstilt i tabell 4.3. De er benyttet til å beregne forventede halvårsmiddelkonsentrasjoner ved hjelp av regresjonskoeffisientene fra vinteren 1974/75. En estimerer ved dette halvårsmiddelkonsentrasjonene ved de utslippsforholdene en hadde vinteren 1974/75, og får dermed frem variasjonene fra år til år på grunn av variasjonene i de meteorologiske forholdene. Langtidsmiddelkonsentrasjoner for sentrumssonen er fremstilt i figur 4.3. En ser at de forventede forurensningskonsentrasjonene i sentrumssonen kan variere fra 71 µg/m<sup>3</sup> vinteren 1973/74 til 89 µg/m<sup>3</sup> vinteren 1962/63. På grunn av variasjoner i de meteorologiske forholdene. I den rådgivende målsetning for luftkvalitet i Sverige anbefaler en at halvårsmiddelkonsentrasjonen ikke skal overskrides. Dersom dette kravet skal tilfredsstilles, bør dagens utslipp reduseres slik at middelkonsentrasjonen reduseres fra 89 µg/m<sup>3</sup> til 60 µg/m<sup>3</sup>.

Da temperaturmålingene på Tryvasshøgda og Blindern ikke beskriver spredningsforholdene fullstendig, er det rimelig å anta at variasjonsbredden i konsentrasjonene på grunn av meteorologiske forhold undervurderes med denne metoden. Eksempelvis kan nevnes de høye SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene i februar 1975 som kan forklares ved stagnasjon og oppstuvning av forurensningene (1). Utslippene i oktober og tildels november og mars er systematisk lavere enn i de andre vintermånedene samtidig som utluftingsforholdene er bedre. Som bemerket i tabell 4.1 har en benyttet målinger av temperaturer og SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner fra desember og januar måned, til beregning av regresjonskoeffisientene (74/75).



Tabell 4.3: Månedsmiddeltemperatur kl 19 ved Tryvasshøgda og Blindern. Spredningsparametre som angir midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon hvert halvår.

År	Tryvasshøgda (TTr)						Blindern (TBl)						$\bar{\Delta T} = \frac{\bar{T}_{Tr} + \bar{T}_{Bl}}{2}$	
	okt.	nov.	des.	jan.	febr.	mars	okt.	nov.	des.	jan.	febr.	mars		
59/60	4,7	0,3	0,3	-5,9	-8,1	-1,0	6,4	3,0	-1,0	-3,9	-6,3	2,1	-2,0	-1,0
60/61	1,3	-1,7	-3,9	-5,6	-1,9	-1,5	4,3	0,9	-1,3	-4,8	-1,0	4,2	-2,1	-0,7
61/62	6,9	0,3	-5,2	-3,4	-3,2	-5,5	9,8	1,9	-5,4	-1,9	-0,3	-2,3	-2,0	-0,7
62/63	5,5	-2,3	-5,7	-6,8	-8,2	-4,0	7,5	-0,2	-6,3	-8,3	-8,0	-1,8	-0,8	-3,2
63/64	4,6	-1,5	-3,9	-2,4	-5,0	-1,6	7,0	1,2	-3,9	-2,5	-3,0	1,4	-0,9	-0,7
64/65	3,8	-0,3	-3,4	-4,9	-3,2	-2,3	5,8	1,1	-2,9	-2,7	-1,2	0,8	-1,3	-0,8
65/66	5,7	-4,2	-8,0	-9,1	-10,6	-1,9	7,5	-2,8	-7,3	-7,8	-9,7	0,9	-1,5	-4,0
66/67	3,3	-1,0	-4,3	-8,1	-4,0	-0,2	5,9	1,9	-2,5	-7,1	-2,4	3,3	-1,5	-1,3
67/68	4,6	1,3	-5,3	-6,5	-5,4	-1,5	7,3	3,6	-3,9	-6,7	-4,7	1,9	-1,1	-1,3
68/69	2,7	-3,4	-4,7	-5,5	-9,7	-3,7	5,0	-2,2	-4,0	-2,9	-7,2	-1,2	-1,9	-3,1
69/70	5,3	-3,1	-6,1	-9,2	-11,2	-3,5	7,9	-1,5	-4,6	-7,7	-10,0	0,1	-2,0	-3,4
70/71	3,6	-2,7	-2,5	-3,6	-2,7	-3,7	6,5	-0,6	-1,7	-2,2	0,1	-0,6	-2,2	-0,8
71/72	5,1	-2,5	-0,5	-8,1	-5,1	-1,9	7,5	-0,6	0,2	-6,9	-2,6	1,2	-1,5	-1,2
72/73	4,4	-0,4	-0,6	-1,4	-2,6	1,4	6,8	1,7	1,9	-0,1	-0,2	4,7	-1,8	-1,3
73/74	1,8	-2,9	-4,5	-2,0	-2,1	-0,1	4,1	-0,8	-3,0	-0,1	0,6	2,9	-2,6	0,0
74/75	1,5	-1,2	-2,1	-2,1	-2,2	-1,8	4,9	1,5	-0,7	+0,1	-3,5	0,5	-1,7	-0,5
75/76	4,9	0,0	-1,1	-5,4	-3,2	-3,3	7,4	2,6	+0,8	-5,3	-1,9	-0,1	-2,0	-0,4



Figur 4.3: Estimerte halvårsmiddelkonsentrasjoner av  $SO_2$  forutsatt utslipp og tilførsler utenfra som i 1974/75.

Den forenklete temperaturmodellen (redegjort for i pkt. 4.1) kan da estimere for høye konsentrasjoner i månedene oktober og tildels november og mars. For å oppnå en bedre beskrivelse må en ha en mer komplisert modell, men en regner med at den forenklete modellen gir en tilfredsstillende beskrivelse når en bruker regresjonskoeffisientene som har endret seg med tiden på samme måten som totalutslippet av  $SO_2$  (som vist i figur 4.2). En må imidlertid regne med større variasjonsbredde på grunn av endringer i meteorologiske forhold enn den som vises i figur 4.3 fordi endringer fra år til år i blant annet vindforholdene ikke er tatt med i vurderingene.

## 5 BIDRAG FRA FORSKJELLIGE KILDEGRUPPER TIL DE MÅLTE SO<sub>2</sub>- OG SOTKONSENTRASJONENE I OSLO SENTRUM

Av tabell 3.5 og 3.6 ser en at forbrenning av fyringsolje bidrar mest til totalutslippet av SO<sub>2</sub>. Ved at bidraget fra oljefyring har avtatt har bidraget fra for eksempel trafikk fått en relativt større betydning.

Ved vurdering av målinger fra en enkelt stasjon må en være klar over at nærliggende kilder f.eks. en punktkilde eller trafikken i den nærmeste gaten kan få stor betydning. En vil oppnå størst reduksjon på en enkelt stasjon ved å redusere utslippet fra de nærmeste kildene.

### 5.1 Enkeltkilder for SO<sub>2</sub> i Oslo

En har utført beregninger av konsentrasjonene som følge av et utslipp på 10 g SO<sub>2</sub>/s fra 70 m høyde. Dette utslippet svarer til et varmeanlegg på ca 10 MW. Ved beregningene benyttet en spredningsforholdene slik de observeres i vintermånedene desember 1970, januar og februar 1971. Tidligere vurderinger viser at hovedtrekkene i vindfordelingen er den samme vinteren 1970/71 som i 30-års perioden 1931/60.

De meteorologiske data som er benyttet i spredningsberegningene er gitt i Appendix 2.

Frekvensen av meteorologiske situasjoner med stagnerende vindforhold og liten vertikalutveksling (inversjon) varierer fra år til år og har betydning for konsentrasjonsbidraget i omgivelsene av punktkilden. En bør merke seg at når vertikalutvekslingen er liten medfører dette at en får forholdsvis lite bidrag fra høye punktkilder til bakkekonsentrasjonene. Utslippsoversikten viser at det er få større enkeltkilder i Oslo. For å belyse hvorledes et stort fyringsanlegg kan forurense de nærmeste omgivelsene har en tatt for seg utslippet fra fyringsanlegget på Rikshospitalet (2.6 g SO<sub>2</sub>/s). Bidraget til den midlere forurensningskonsentrasjonen er beregnet ved vindforholdene som observeres på forskjellige

steder i Oslo. Det må presiseres at Rikshospitalet har et sentralt fyringsanlegg som bl.a. sørger for oppvarming av en rekke store bygninger. På grunn av dette forbrukes det mye olje, og selv med lavsvovlig fyringsolje er det ikke til å unngå at utslippstallene for  $SO_2$  blir blant de høyeste i Oslo. Ved beregningen av langtidsmiddelkonsentrasjonen som følge av et slikt utslipp har en benyttet data som er oppgitt av teknisk sjef ved Rikshospitalet:

Skorsteinshøyde	: 37.5 m
Skorsteinsdiameter	: 1.4 m
Avgasstemperatur i utslippet	: 433 °K
Avgassens utslippshastighet	: 4 m/s

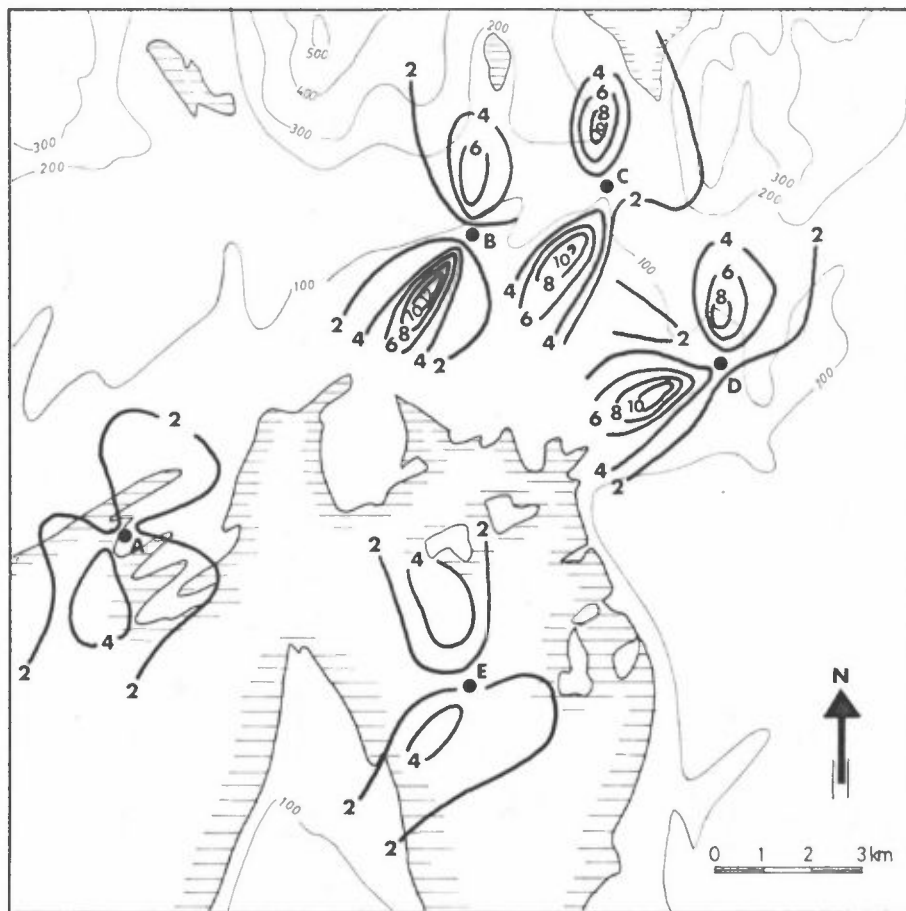
Beregningsmetoden bryter sammen når det registeres vindstille. Vindstillefrekvensen i hver stabilitetsklasse er derfor fordelt etter vindrosen.

I figur 5.1 viser en konsentrasjonsfordelingen som følge av et tenkt utslipp på 10 g  $SO_2$ /s fra en 70 m høy pipe plassert på forskjellige steder i Oslo-området (ved de forskjellige vindstasjonene).

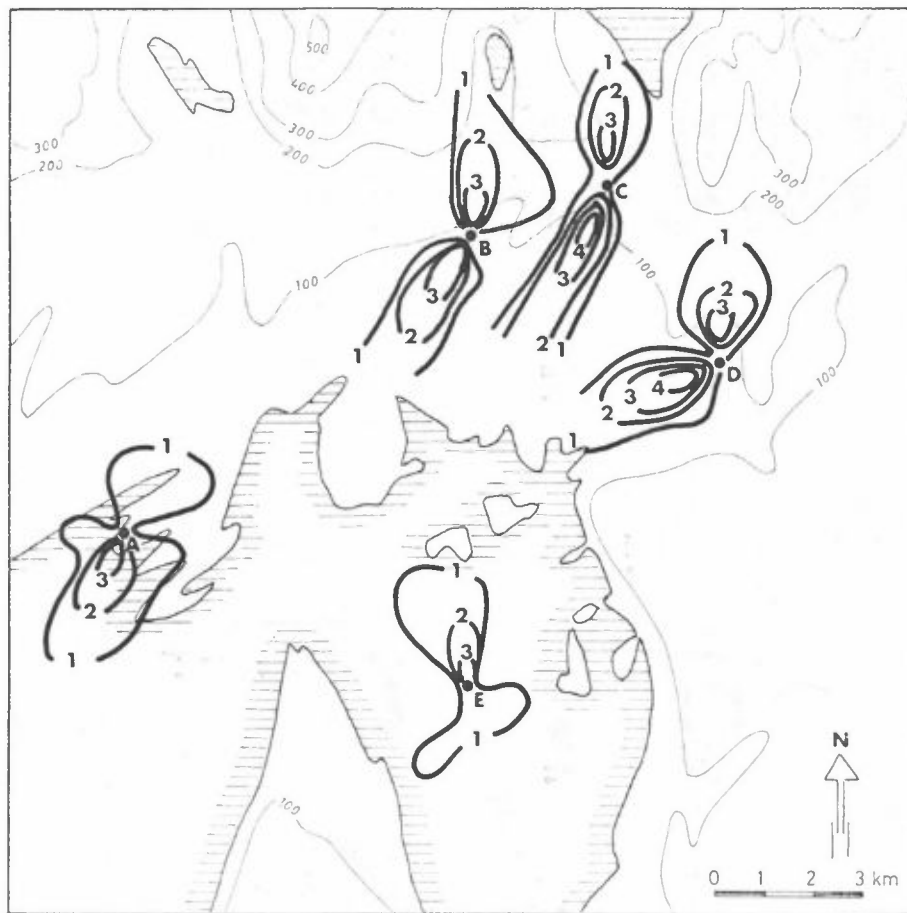
I figur 5.2 viser en tilsvarende beregninger for et  $SO_2$ -utslipp som er like stort og som skjer på samme måte som fra fyrhus-skorsteinen på Rikshospitalet.

Resultatene av disse konsentrasjonsberegningene :

- 1 Bidragene fra punktkildene til langtidsmidlere  $SO_2$ -konsentrasjon i Oslo avhenger av i hvilket område av byen de ligger. Dette skyldes at vindforholdene endres nær bakken som følge av topografiske forhold. I en betydelig del av vinteren (vel 20%) finner en forurensningsbelastning nord for Husbergøya (E) samtidig som den ligger sørvest for plasseringen i Nydalen (C) fordi luften har tendens til å strømme inn mot sentrumssonen. Det skjer særlig i forurensningssituasjoner.
- 2 Enkeltkildene bidrar til forurensningskonsentrasjonene i forholdsvis smale soner langs hovedvindsektorene.



Figur 5.1: Bidragene til midlere  $\text{SO}_2$ -konsentrasjon i omgivelsene av et utslipp på  $10 \text{ g SO}_2/\text{s}$  plassert i 70 m høyde i forskjellige deler av Oslo.  
Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .



Figur 5.2: Bidragene til midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon i vintermånedene i omgivelsene av et fyringsanlegg med 37.5 m høy skorstein og et midlere utslipp på 2.6 g/s.  
Enhet:  $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ .

3 Konsentrasjonsfordelingene som er vist i figur 5.2 viser bidraget fra en forurensningskilde som er tenkt plassert på forskjellige steder. Utslipppet og utslippsforholdene representerer en av de største enkeltkildene i Oslo (Rikshospitalet). Bidraget til langtidsmiddelkonsentrasjonene er maksimalt  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  når kilden plasseres nord og øst for sentrumssonen. Når kilden er plassert sør og vest for sentrumssonen er forurensningsbidraget ved bakken lavere. Dette gjelder under forutsetning av at forurensningen fra enkeltpiper spres som en vanlig røykfaner. Bygningene omkring den aktuelle plasseringen av pipen på Rikshospitalet er så høye at i enkelte situasjoner virker de inn på spredningen og kan bringe forurensningen raskt ned til bakken. På lesiden av disse bygningene kan en da observere betydelige  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner. En kjenner ikke frekvensen av slike situasjoner og kan dermed ikke anslå bidraget til langtidsmiddelverdiene nær Rikshospitalet. Generelt bør en imidlertid bygge enkeltpiper så høye at nærliggende bygninger ikke forårsaker røyknedslag.

## 5.2 Sot fra fyringsanlegg

Bidragene til sotverdiene fra enkelte fyringsanlegg er dels avhengig av hvilken oljetype som brennes, dels av driften av anlegget. Bidraget til sotverdiene som skyldes dårlig vedlikehold og dårlig drift av fyringsanleggene er ikke kjent. Reduksjonen i sotverdiene som er observert de siste årene har imidlertid skjedd parallelt med en reduksjon i  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen. Dette indikerer at overgangen til mer svovelfattig olje også har hatt en gunstig virkning på sotverdiene. Det foreligger imidlertid ikke måledata som gjør at en kan anslå bidraget fra oljefyring til sotverdiene spesielt når en vet at reduksjonen i støvutslippet fra Spigerverket har foregått i det samme tidsrommet.

### 5.3 Biltrafikkens bidrag nær sterkt trafikkerte gater

Totalt sett bidrar biltrafikken lite til SO<sub>2</sub> forurensningen over Oslo (ca 10%) ifølge data fra tabell 3.6. I en sterkt trafikkert gate må en imidlertid regne med større bidrag. De viktigste forurensninger fra biltrafikken er karbonmonoksyd, hydrokarboner og nitrogenoksyder. I eksosen slippes det også ut små mengder SO<sub>2</sub>. Partikulære forurensninger dels fra eksosen (i første rekke fra dieseldrevne kjøretøyer), dels på grunn av slitasje på veibane og bildekk, bidrar til sotverdiene. Det er utført CO-målinger ved flere gater i Oslo og i andre byer for å belyse bidraget til forurensningene fra biltrafikken.

Utslippsfaktorene som det er vanlig å regne med i Norge er angitt i tabell 5.1. Tabellen er hentet fra referanse (9). Siden tabellen ble utarbeidet har det vært reduksjoner både i svovel og bly-innholdet i drivstoff, og CO-utslippet fra nyere biler er redusert vesentlig.

Tabell 5.1: Forurensningsutslipp fra biler.

Komponent	Kg utslipp pr 1000 l drivstoff-forbruk	
	Bensinbil	Dieselbil
Karbonmonoksyd	250	20
Hydrokarboner		39
eksos	24	
veivhusgasser	10	
avdunsting	6	
Nitrogenoksyder	11	23
Blyforbindelser	0.40 <sup>1)</sup>	
Svoveldioksyd	0.7 <sup>2)</sup>	8
Faste partikler		8
Aldehyder (formaldehyd)	0.5	1.2
Organiske syrer	0.5	3.7

1) Beregnet fra data for bensin markedsført i Norge i 1970.

2) Beregnet fra innhold i bensin på 0,05 vekt-% og ingen absorpsjon i fuktighet i avgass-systemet.



Dersom en antar at ca 10% av trafikken i Oslo består av dieselkjøretøyer finner en forholdstallet (1/159) mellom utslippet av svoveldioksyd og av karbonmonoksyd.

En del langtidsmiddelverdier av karbonmonoksyd målt ved trafikkerte gater i Oslo er angitt i tabell 5.2.

Tabell 5.2: Forurensningskonsentrasjoner nær sterkt trafikkerte gater og veier.

Sted	Periode	Biltetthet biler/døgn	$\bar{C}_{CO}$ mg/m <sup>3</sup>	$\bar{C}_{SO_2}^*$ µg/m <sup>3</sup>	$C_{sot}$ µg/m <sup>3</sup>	(Ref.)
Torggt, Oslo	juni 74	10 000	7.3	45 (e)	20	(11)
" "	feb-mars 74	10 000	13.4	83 (e)	70	(11)
Rådhusgt, Oslo	mars-juni 74	22 000	3.7	23 (e)		(11)
" "	jan-mars 75	22 000	9.55	60 (e)	105	(11)
Lysaker	nov-feb 73/74	50 000		52 (m)	191	(12)
"	okt-mars 73/74	50 000		58 (m)		(12)
"	sept-okt 74	50 000	3.2	20 (e)	80	(11)
"	jan-feb 75	50 000	7.8	49 (e)	90	(11)
Storgt.21, Drammen	nov 71	8 500	6.0	38 (e)		(13)
" "	april 72	10 100	4.9	31 (e)		(13)
" "	august 72	-	2.4	15 (e)		(13)
Tomtegt 63, Drammen	1-14 des 71	8 100	10.6	67 (e)		(13)
" "	25.2-6.4.72	8 700	5.3	33 (e)		(13)
" "	juli 72	10 500	3.9	24 (e)		(13)
Kjellstadkrysset 15-20 m fra motorveien, Lier	jan og nov 72	9 900	1.2	7 (e)		(13)

\* Svoveldioksydkonsentrasjonen estimert på grunnlag av utslippsfaktorene for henholdsvis CO og SO<sub>2</sub> og på grunnlag av CO-målinger er merket med (e). Målte svoveldioksydkonsentrasjoner ved Lysaker er merket med (m).

Målingene er vesentlig utført i ca 2 m avstand fra veikanten og i 2 m høyde. Ved Kjellstadkrysset ble målingene foretatt i 15-20 m avstand fra motorveien. Av tabellen ser en at verdiene varierer betydelig med trafikk- og skjermingsforhold ved veibanen. Nær kanten av sterkt trafikkerte gater i Oslo (f.eks. Rådhusgaten) må en regne med et vesentlig bidrag til SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen fra biltrafikken i den samme gaten.

Under ekstreme forhold kan halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO<sub>2</sub> fra trafikk komme opp mot de svenske normer. Konsentrasjonene avtar imidlertid raskt med avstanden fra veibanen (10). Når en vurderer middelverdier fra 4 målestasjoner i sentrumssonen antar en at bidraget fra andre SO<sub>2</sub>-kilder enn oljefyring utgjør ca 18% av SO<sub>2</sub>-forurensningene på grunn av utslippene i Oslo. (Bidraget er beregnet fra data i tabell 3.6). Som konklusjon på denne vurderingen kan en si at selv om oljefyringen reduseres slik at den midlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen over sentrumssonen holder under 60 µg/m<sup>3</sup>, kan en finne målepunkter nær sterkt trafikkerte gater hvor normen vil kunne overskrides.

Utslippsfaktorene (se tabell 5.1) indikerer at forbrenning av bensin og dieselolje gir opphav til omtrent like mye partikulære forurensninger som svoveldioksyd. Målinger i gatetverrsnittet viser imidlertid at bidraget til sotverdiene er betydelig større sett i forhold til CO-målingene og utslippet av CO. Veistøvet kan imidlertid bidra betydelig til de observerte sotverdiene.

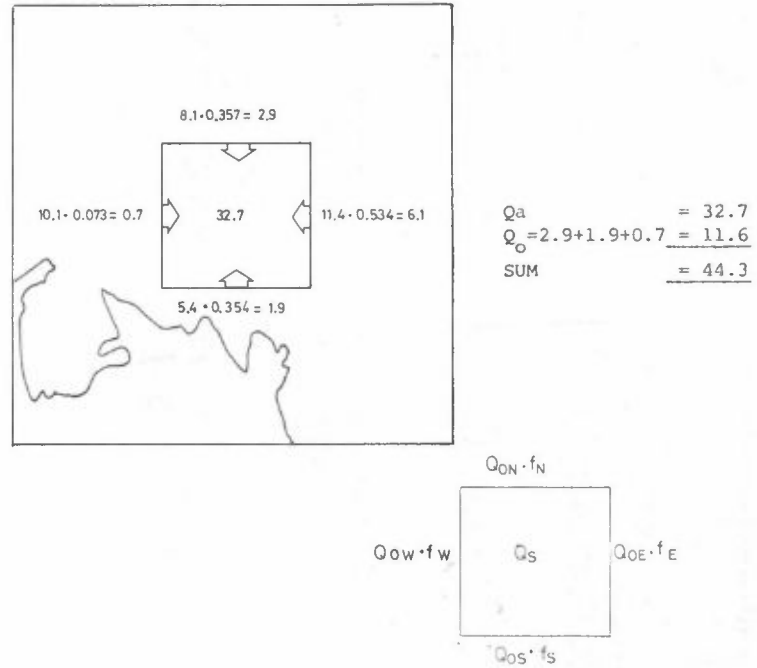
Fra 6 utvalgte forurensningsepisoder vinteren 1970/71 er filtre fra vel 20 målesteder i Oslo, analysert med hensyn på en rekke kjemiske komponenter samtidig med at sotverdiene er bestemt reflektometrisk (10). I rapporten er det pekt på den høye korrelasjonen mellom sotverdiene og henholdsvis bly og brom. (Tilsetning av bly og bromforbindelser i bensinen).

I vurderingene bemerker en at undersøkelsene indikerer at biltrafikken er hovedkilde til sotverdiene som registreres i Oslo. Eksospartikler så vel som støvpartikler fra bildekkene

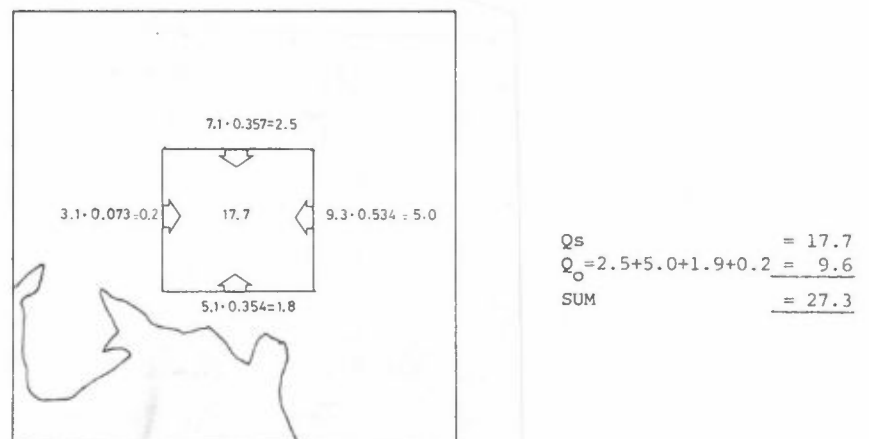
og veibanen kan være av betydning i denne forbindelsen. I rapporten peker en til slutt på betydningen av å gjenta undersøkelsen i nær fremtid for å vurdere endringer av sot/støv sammensetningen på filtrene. En bør ved en slik undersøkelse legge vekt på å kvantifisere bidraget til de registrerte sotverdiene fra forskjellige kildegrupper.

#### 5.4 Områdebelastning ved bruk av fyringsoljer - spredning av luftforurensninger over Oslo-området

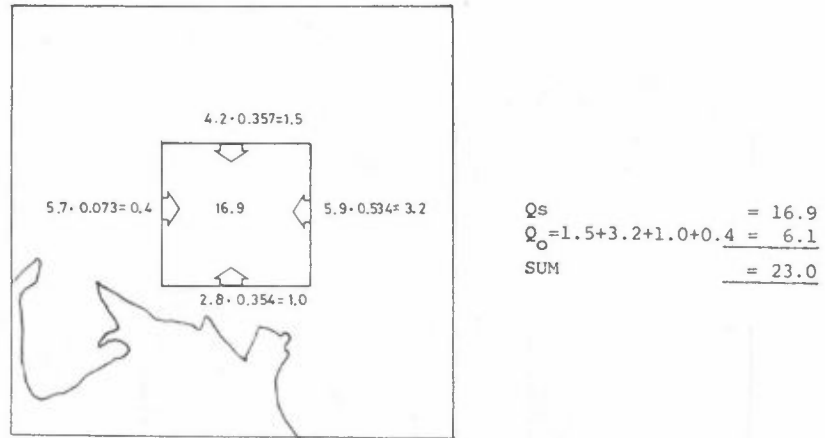
I tidligere undersøkelser (1) konkluderte en med at i forurensningsepisoder ble 40-80% av SO<sub>2</sub>-utslippet over Oslo fjernet vertikalt ut av sentrumsområdet. De statistiske beregninger gir som resultat at den vertikale temperaturgradienten (temperaturdifferansen mellom Tryvasshøgda og Blindern) beskriver SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen bedre enn andre meteorologiske parametre som f.eks. horisontal vindhastighet. De statistiske resultatene indikerer også at den vertikale utvekslingen av luftmasser er den mest betydningsfulle. I Oslogryta har en ofte kompliserte vindforhold som bare delvis kommer til uttrykk ved figur 5.1 og 5.2 som viser langtidsbidraget til SO<sub>2</sub>-forurensningene fra en enkeltkilde som plasseres ved de forskjellige vindstasjonene. Til å beskrive halvårsmidlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon i Oslo kan en derfor ikke bruke en Gaussmodell av samme typen som det har vært brukt i Bremen (6) og i Stockholm (7). Ved en slik spredningsmodell anvender en meteorologiske data fra en meteorologisk stasjon, men det er ikke mulig i Oslo å finne en enkelt stasjon som er representativ for hele Oslo-området. Det er dessuten vist ved målinger at i typiske forurensningsepisoder om vinteren strømmer luften i bakkenivået mot sentrumssonen fra samtlige omkringliggende områder, dette forårsaker svake vertikale luftstrømmer over. En kan derfor forenkle beskrivelsen, ved å regne med direkte proporsjonalitet mellom langtidsmidlere utslipp i sentrumssonen og den målte middelkonsentrasjonen over det samme området. Denne forenkling er begrunnet nærmere i Appendix 1.



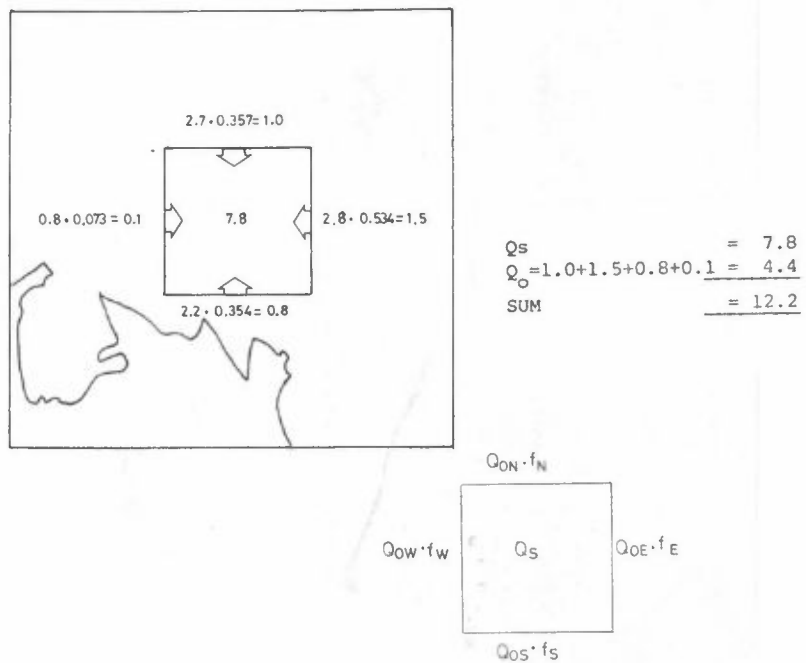
Figur 5.3: Bidrag fra småforbrukere av fyringsolje i 1970.  
 Enhet: tonn S/6 mndr km<sup>2</sup>.



Figur 5.4: Samlet bidrag til sentrumssonen fra omgivelsene.  
 SO<sub>2</sub>-bidrag fra store forbrukere av fyringsolje i 1970.  
 Enhet: tonn S/km<sup>2</sup> 6 mndr.



Figur 5.5:  $SO_2$ -bidrag fra småforbrukere av fyringsolje i 1970.  
 Enhet: tonn S/ $km^2$  3 mndr.



Figur 5.6:  $SO_2$ -bidrag fra storforbrukere av fyringsolje i 1975.  
 Enhet: tonn S/6 mndr.  $km^2$ .

På figurene 5.3 og 5.4 for 1970 og 5.5 og 5.6 for året 1975 har en fremstilt utslippene fra henholdsvis småforbrukere og storforbrukere av fyringsolje. I tillegg til utslippet over 9 km<sup>2</sup> som representerer sentrumssonen (Q<sub>s</sub>) har en avsatt middelbidraget fra fire hovedvindretninger (Q<sub>oN</sub>, Q<sub>oE</sub>, Q<sub>oS</sub>, Q<sub>oW</sub>). Dette bidraget har en funnet på grunnlag av utslippsoversikten (se kap. 3) og ved å summere bidragene fra hver km<sup>2</sup>-rute når en går fra sentrumssonen og utover. Hvert utslipp er multiplisert med avstandsfaktoren som er vist i Appendix 1 (se lign. 3).

Utslippene i omegnen bidrar til forurensninger i sentrumssonen når vinden blåser mot sentrum, og utslippsbidraget fra de fire hovedvindretningene er multiplisert med vindfrekvensen (f<sub>N</sub>, f<sub>E</sub>, f<sub>S</sub>, f<sub>W</sub>) for å angi bidraget til halvårsmiddelkonsentrasjonen. En har benyttet data fra vindstasjonen på Valle Hovin for å angi vindfrekvensen fra østlig kant, data fra Husbergøya angir vind fra sørlig kant, mens data fra Blindern angir vind fra nordlig og vestlig kant.

30-års normale vindfordelinger i vinterhalvåret ved samtlige vindstasjoner er estimert ut fra vindmålingene vinteren 1970/71 og de klimatologiske vinddata fra Blindern (se Appendix 2).

På grunnlag av disse tallene kan en spesifisere det relative bidraget til halvårsmidlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon fra store og små kilder i henholdsvis sentrumssonen (Q<sub>s</sub>) og omgivelsene (Q<sub>o</sub>). En kan sette opp følgende enkle sammenheng mellom langtidsmidlere SO<sub>2</sub>-konsentrasjon og middelutslippet:

$$(lign. 3) \quad \bar{C}_{SO_2} - \bar{C}_o = S \cdot (Q_s + Q_o + Q_a)$$

$$Q_o = \sum_i f_i(\theta) \int_0^L Q_m(\theta X) \cdot r(x) dx$$

$\bar{C}_{SO_2}$ : Middelkonsentrasjonen av SO<sub>2</sub> i vinterhalvåret  
Enhet: µg/m<sup>3</sup>

$\bar{C}_o$ : Bakgrunnskonsentrasjonen av SO<sub>2</sub>. Enhet: µg/m<sup>3</sup>

S: Spredningsfaktor. Enhet: µg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> · (tonn SO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup> 6mndr)

Q<sub>s</sub>: Utslipp av SO<sub>2</sub> fra oljefyringsanlegg i sentrumssonen.  
Enhet: tonn SO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup> 6mndr.

$Q_o$  : Utslipp av  $SO_2$  fra oljefyringsanlegg utenfor sentrumssonen som er justert for avstanden ( $r(x)$ ) og for vindfrekvensen inn mot sentrumssonen,  $f_i(\theta)$ .

$Q_a$  : Utslipp av  $SO_2$  fra andre kilder.

Antagelsene til Gifford-Hanna (14) som fører til en ligning av denne typen er vist i Appendix 1. Dette teoretiske grunnlaget brukes til å estimere  $Q_o$ . Tidligere undersøkelser i Oslo (1) indikerer at en overestimerer  $Q_o$  i forhold til  $Q_s$  på denne måten. Spredningsfaktorene er imidlertid empirisk bestemt for Oslo-området.

Den kompliserte enhet til spredningsfaktoren  $S$  og utslippet  $Q_s$ ,  $Q_o$  og  $Q_a$  er valgt ut fra den måten utslippsdataene foreligger. Ved å multiplisere tallene i figurene 5.5 og 5.6 med faktoren 3.46 får en omgjort enheten til utslipp av  $SO_2$  i vinterhalvåret i hver  $km^2$ . Omgjøringsfaktoren fremkommer ved å multiplisere forholdstallet mellom halvårsutslippet og utslippet i 1. kvartal med to.

I tabell 5.3 har en estimert de respektive bidragene i vinterhalvåret 1969/70 og 1974/75, samt den prosentvise reduksjon fra 1970 til 1975 beregnet fra totalbidraget vinteren 69/70. Fra tabellene 3.5 og 3.6 finner en hvor stor andel andre  $SO_2$  kilder (trafikk, kullfyring og avfallsforbrenning) utgjør av bidraget fra oljefyring henholdsvis i 1970 og i 1975.

Fra utslippstallene og den forenklete spredningsmodellen ser det ut til å ha foregått en betydelig bedring i  $SO_2$ -forurensningen over Oslo. Reduksjonen i  $SO_2$ -forurensningene over sentrumssonen i Oslo er ifølge disse beregninger 48% fra 1969/70 til 1974/75. Usikkerheten i estimatet av reduksjonen på grunn av utslippsantagelser anslås til  $\pm 10\%$ .

En ser i tabell 5.3 at denne reduksjonen i det vesentlige er forårsaket av en reduksjon i svovelinholdet i oljen som leveres til forbrukerne i sentrumssonen.

Tabell 5.3: Bidrag fra oljefyring til SO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i sentrumssonen.

	Store kilder		Små kilder		Andre kilder	SUM
	Q <sub>S</sub> tonn SO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> 6 mndr.	Q <sub>O</sub> tonn SO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> 6 mndr.	Q <sub>S</sub> tonn SO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> 6 mndr.	Q <sub>O</sub> tonn SO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> 6 mndr.	Q <sub>a</sub> tonn SO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> 6 mndr.	tonn SO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> 6 mndr.
1969/70	61.2	32.9	113.1	40.1	30.5	277.8
1974/75 (% av totalbidraget vinteren 1974/75)	27.0 (18.7%)	11.8 (8.2%)	58.5 (40.5%)	21.1 (14.6%)	26.0 (18.0%)	144.4
Reduksjon	34.2	21.1	54.6	19.0	4.5	133.4
%-vis forbedring (fra 1969/70)	12.3%	7.6%	19.6%	6.8%	1.6%	48%



Spredningsfaktoren S avhenger av de meteorologiske forholdene fra år til år. Ifølge regresjonsanalysen (se kap. 4) kan den uttrykkes ved temperaturmålingene på Tryvasshøgda og Blindern:

(lign. 4)

$$S = \left[ a(\bar{T}_{Tr} - \bar{T}_{Bl}) + b\left(\frac{\bar{T}_{Tr} + \bar{T}_{Bl}}{2}\right) + c_s \right]$$

$$a = \frac{A_{74/75}}{(Q_s + Q_o + Q_a)_{75}}, \quad b = \frac{B_{74/75}}{(Q_s + Q_o + Q_a)_{74/75}}$$

$$c_s = \frac{C_{74/75}}{(Q_s + Q_o + Q_a)_{74/75}}$$

Fra tabell 5.3 finner midlere kildestyrke over sentrumssonen.

$$(Q_s + Q_o + Q_a)_{74/75} = 9.2 \cdot \mu\text{g SO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$$

Når en bruker verdiene for A, B og C som er evaluert på grunnlag av 1974/75 dataene finner en følgende verdier for a, b og  $c_s$ :

$$a = \frac{7.3}{9.2} \frac{\text{s}}{\text{m } ^\circ\text{C}} = 0.8 \frac{\text{s}}{\text{m } ^\circ\text{C}}$$

$$b = \frac{1.6}{9.2} \frac{\text{s}}{\text{m } ^\circ\text{C}} = 0.17 \frac{\text{s}}{\text{m } ^\circ\text{C}}$$

$$c_s = \frac{9.0}{9.2} \frac{\text{s}}{\text{m}} = 9.8 \frac{\text{s}}{\text{m}}$$

Dette betyr at spredningsfaktoren S kan variere mellom 5.0 s/m på milde dager med nøytral temperaturskiktning og 25.0 s/m på kalde dager med sterk inversjon. Dersom en antar en midlere horisontal vind på 2 m/s over Oslo, og

bruger rimelige verdier for  $\sigma_z$  finner en at faktoren S varierer mellom 20 m/s ved instabile forhold til 140 s/m ved sterkt stabile forhold. (Se Appendix 1, lign. A3). Ifølge Gifford-Hannas modell skulle en følgelig vente betydelig høyere SO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i Oslo ved de kjente utslippene. Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser som viser at den vertikale utvekslingen har stor betydning for ventilasjonen i Oslo.

For en midlere kildehøyde på 40 m svarer dette til en tidskala på 4-17 min. ved stasjonære spredningsforhold. I bakkenivå nær sentrumssonen vil derfor konsentrasjonen innstille seg i likevekt med kildestyrken, utluftingseffektiviteten og andre rensende prosesser i løpet av en times tid.

Når en skal estimere SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene i middel over sentrumssonen, foreslår en å bruke ligning 3 med spredningsfaktoren S som er empirisk bestemt for SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene i Oslo (lign. 4).

7 REFERANSER

- (1) Grønskei, K.E.  
Joranger, E.  
Gram, F. Assessment of Air Quality in Oslo. Published as Appendix D to the NATO/CCMS Air Pollution Document "Guidelines to Assessment of Air Quality (Revised) SO<sub>x</sub>, TSP, CO, HC, NO<sub>x</sub> and Oxidants". Kjeller 1973 NILU Intern rapport nr 50/73.
- (2) Grønskei, K.E.  
Larssen, St. Nefelometermålinger - Regional spredning - Lillestrøm 1976. NILU Teknisk Notat 4/76
- (3) Grønskei, K.E. Comparison Between a Physical Dispersion Model and a Statistical Model for Ambient SO<sub>2</sub>-concentration in Oslo. Proceedings of the Third International Clean Air Congress. Düsseldorf 1973.
- (4) Larsen, R.I. An Air Quality Data Analysis System for Interrelating Effects, Standards, and Needed Source Reductions - Parts 2. *JAPCA* 24, 551-558.
- (5) Meisel, W.S. Empirical Techniques for Analyzing Air Quality and Meteorological Data. Part I. The Role of Empirical Methods in Air Quality and Meteorological Analyses. EPA-600/4-76-029a July 1976.
- (6) Fortak, H.G. Numerical simulation of the temporal and spatial distribution of urban air pollution concentrations. Proceedings of symposium on Multiple Source Urban Diffusion Models. North Carolina. October 27-30 1969. EPA. AP-86.
- (7) Bringfeldt, B.  
Hjorth, T.  
Ring, S. A Numerical Air Pollution Dispersion Model for Central Stockholm. *Atm. Env.* 8, 131-148 (1974).

- (8) Skogvold, O.F. Luftforurensninger i Oslo. En statistisk bearbeidelse. *Luftforurensninger i Oslo vinteren 1969/70*, del 2. Kjeller 1970. (NILU OR 15/70).
- (9) Langtidsprogramet 1974-1977. Spesialanalyse 1. Forurensninger. Særskilt vedlegg 1 til St.meld. nr 71 for 1972-73.
- (10) Gram, F.  
Hanssen, J.E.  
Joranger, E.  
Steinnes, E. Chemical composition of Aerosols in Oslo, Norway during the winter-season 1970/71. To be published.
- (11) Larssen, St. Trafikale luftforurensninger. Utslipp, virkninger og forekomst i Norge. Lillestrøm 1976. NILU OR 11/76.
- (12) Larssen, St. Luftforurensninger i Bærum kommune. Svoveldioksyd og støv. Lillestrøm 1976. NILU OR 14/76.
- (13) Grønskei, K.E. Sammenhengen mellom CO-konsentrasjonen og trafikkforholdene i Drammen-området. Kjeller 1973. NILU OR 49/73.
- (14) Hanna, S.R. Description of ATDL Model for Dispersion from Multiple Sources. *Industrial Air Pollution Control*. Ann Arbor Science Publishers Inc. 1973, s. 23-32.

APPENDIX 1

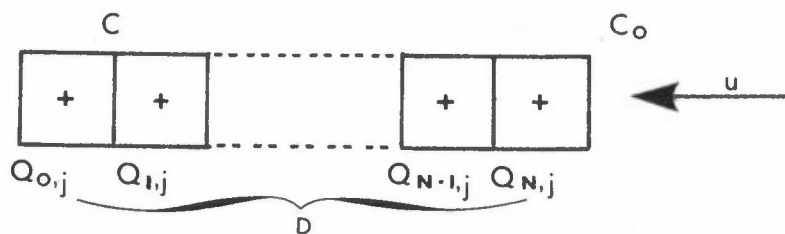
FORENKLEDE MODELLBEREGNINGER AV  
SAMMENHENGEN MELLOM UTSLIPP AV  
SO<sub>2</sub> OG OBSERVERTE KONSENTRASJONER

FORENKLEDE MODELLBEREGNINGER AV SAMMENHENGEN MELLOM UTSLIPP AV SO<sub>2</sub> OG OBSERVERTE KONSENTRASJONER

Gifford har foreslått en enkel integralformel (14) til bruk ved beregning av konsentrasjonen av luftforurensninger i et byområde som er stort nok til at en kan se bort fra horisontal diffusjon.

$$(lign.A1) \quad c - c_0 = \int_0^D \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{Q_A}{u\sigma_z} dx$$

- $c \quad \mu\text{g}/\text{m}^3$  : Forurensningskonsentrasjonen
- $c_0 \quad \mu\text{g}/\text{m}^3$  : Konsentrasjoner av forurensninger i luften før den kommer inn over byen
- $D \quad \text{m}$  : Tverrmålet av arealkilden
- $Q_A \quad (\text{g}/\text{m}^2 \text{ s})$  : Arealkildestyrken
- $u \quad (\text{m}/\text{s})$  : Horisontalvindhastigheten
- $\sigma_z = a(x+d)^b$  ( $x$  og  $\sigma_z$  i meter): Vertikal spredningsparameter
- $d = (\frac{H}{a})^{1/b}$  : Tilleggsavstand som skyldes at kildene er jevnt fordelt fra bakken og opp til høyden  $H$ .



Figur A.1.1: Akkumulering av forurensninger når luften strømmer inn mot sentrumssonen. Arealkildestyrken ( $Q_A$ ) er kjent i et gridområde ( $Q_{i,j}$ ).

En antar at vinden blåser mot sentrum, og at luften har forurensningskonsentrasjonen  $c_0$  før den gradvis akkumulerer forurensninger på grunn av utslipp over byen (utslippet kjent i gridruter med avstand  $\Delta x$ , i Oslo er  $\Delta x = 1 \text{ km}$ ) (jfr. figur A.1.1). En regner at utslippet er konstant innen hver rute og får ligningen A2 ved å integrere ligning A1.

$$\begin{aligned}
 \text{(lign. A2)} \quad c - c_0 &= \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{(\Delta x/2)^{1-b}}{ua(1-b)} \left[ Q_{0,j} \cdot \left[ (1+g)^{1-b} - g^{1-b} \right] + \right. \\
 &+ \left. \sum_{i=1}^N Q_{i,j} \cdot \left[ \left[ (2i+1)+g \right]^{1-b} - \left[ (2i-1)+g \right]^{1-b} \right] \right]
 \end{aligned}$$

$g = d/(\Delta x/2)$ : Beskriver virkningen av at kildene over et byområde er en volumkilde med høyde ca  $2 \cdot H$  (se lign. A1).

Gifford og Hanna bruker verdien null for  $g$  og en får dermed ligningen A3.

$$\text{(lign. A3)} \quad c - c_0 = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{(\Delta x/2)^{1-b}}{ua(1-b)} \left[ Q_{0,j} + \sum_{i=1}^N Q_{i,j} \left[ (2i+1)^{1-b} - (2i-1)^{1-b} \right] \right]$$

Formelen angir en enkel beregningsmetode som ikke fordrer bruk av et stort regnearbeid. Faktorene  $a$  og  $b$  varierer med de meteorologiske forholdene og Hanna angir følgende grove inndeling til bruk ved modellberegninger over et byområde (14).

Ved sterk sol om sommeren:  $a = 0.40, b = 0.91$

Ved skyet vær (nøytral (temperaturskiktning) :  $a = 0.15, b = 0.75$

Ved klarvær om natten og om vinteren :  $a = 0.06, b = 0.71$

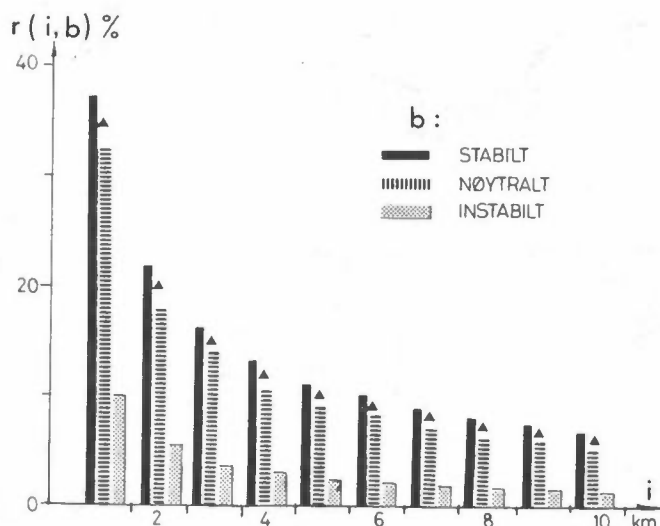
Faktoren bak  $Q_{i,j}$  (ligning A3) er beregnet for forskjellige verdier av  $i$  og  $b$  som vist i tabell A.1.1. Denne faktoren kan i beregningsmodellen betraktes som en spredningskoeffisient som er en funksjon av avstanden til kilden.

Tabell A.1.1: Spredningsfaktoren  $\{ (2i+1)^{1-b} - (2i-1)^{1-b} \} = r(i,b)$  som funksjon av avstanden og turbulensforholdene.

	Instabilt b = 0.91 1-b = 0.09	Nøytralt b = 0.75 1-b = 0.25	Stabilt b = 0.71 1-b = 0.29
i = 1	.104	.316	.375
i = 2	.052	.179	.219
i = 3	.035	.132	.164
i = 4	.028	.105	.133
i = 5	.022	.089	.113
i = 6	.019	.078	.100
i = 7	.016	.069	.089
i = 8	.014	.063	.081
i = 9	.013	.053	.069
i = 10	.012	.053	.069

I Oslo er en særlig interessert i å beregne bidraget til forurensningene i sentrumssonen dels fra de nærliggende kildene, dels fra omgivelsene.  $Q_{o,j}$  representerer bidraget fra de nærliggende kildene. Spredningsfaktoren representerer det relative bidraget til bakkekonsentrasjonene fra kilder i forskjellig avstand fra sentrumssonen. I Oslo kjenner en utslippet av svoveldioksyd i hver kvadratkilometer. Spredningsfaktorene som er angitt i tabell A1 er videre vist i figur A.1.2 ved de forskjellige spredningsforholdene. Av figuren ser en at bidraget avtar meget raskt ved instabile atmosfæreforhold som bare forekommer om sommeren. I vinterhalvåret forekommer det dels stabile, dels nøytrale atmosfæriske forhold og en ser at spredningsfaktorene ikke avviker mye fra hverandre. Ved beregning av halvårsmiddelkonsentrasjonene har en benyttet middelverdiene av spredningsfaktorene ved nøytrale og stabile forhold (angitt på figur A.1.2). Mer detaljerte beregninger indikerer at forurensningene heves opp fra bakkenivået over Oslo under forurensningsepisoder om vinteren.

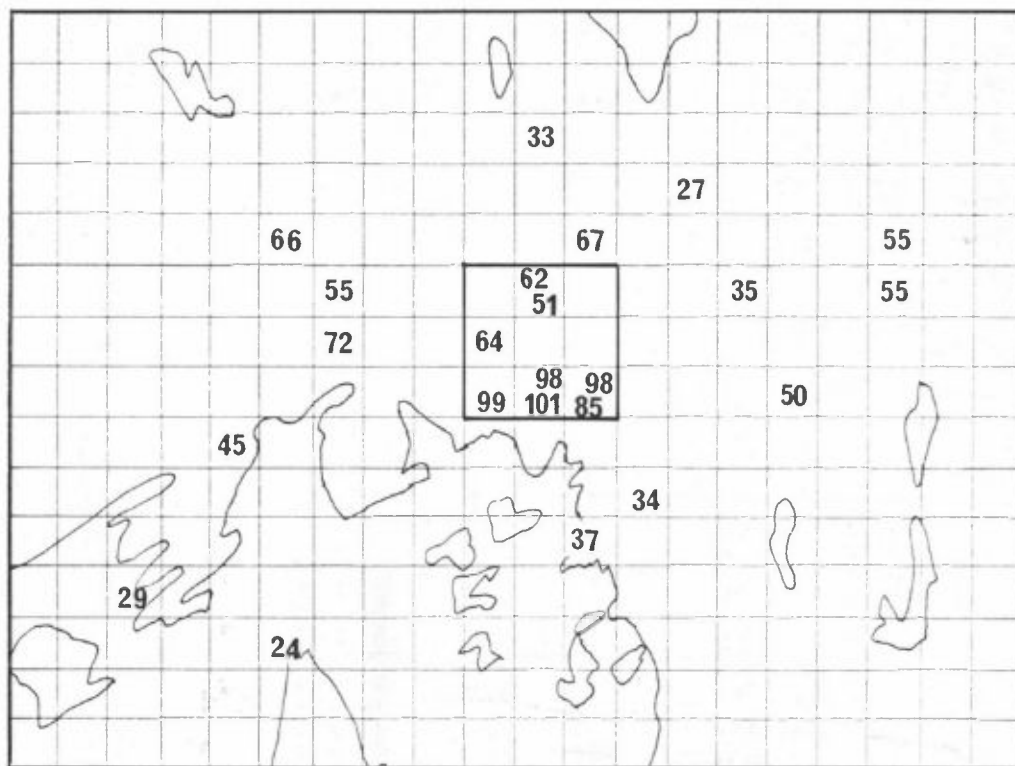




Figur A.1.2: Bidrag til luftforurensningen i sentrumssonen på grunn av kilder i forskjellig avstand.

▲ angir verdier som er benyttet i beregningene.

I Oslo har en definert sentrumssonen som 9 kvadratkilometer i sentrum hvor de høyeste konsentrasjonene blir observert. Sentrumssonen er vist på figur A.1.3 sammen med midlere  $SO_2$ -konsentrasjoner i perioden januar - mars 1971.



Figur A.1.3: Sentrumssonen og svoveldioksydkonsentrasjonen i Oslo i perioden januar - mars 1971.

Enhet:  $\mu g SO_2/m^3$

Detaljerte meteorologiske observasjoner viser dessuten at det er tendens til å observere luftstrømmer inn mot sentrumssonen fra flere kanter samtidig i forurensningsepisoder og luften med forurensningene tvinges dermed opp fra bakkenivået. I sentrumssonen observeres også senteret i varmeøya som observeres over Oslo.

Kildene i forskjellig avstand øst, vest, sør og nord for sentrumssonen er multiplisert med de tilsvarende spredningsfaktorene.

APPENDIX 2

METEOROLOGISKE DATA BRUKT VED  
SPREDNINGSBEREGNINGENE

Data brukt ved enkelt-  
kildeberegningene

METEOROLOGISKE DATA BRUKT VED SPREDNINGSBEREGNINGENE.

Data brukt ved enkeltkildeberegningene

I tabell A.2.1 har en gitt frekvensfordelingen av vindobservasjonene (vind) i 30 graders sektorer av vindretningen (vindrose) ved 4 vindstyrkeklasser (0-2 m/s), (2-4 m/s), (4-6 m/s) og (over 6 m/s). Vindrosene ble gitt for fire stabiliteteklasse i hver vindstyrkeklasse. Frekvensfordelingene er satt opp for stasjonene Nydalen, Valle Hovin, Husbergøya, Blindern og Fornebu ved å benytte timesvise observasjoner i perioden 1.12.70 - 28.2.71 ved de fire første stasjonene. Ved værstasjonene Blindern og Fornebu bygger frekvensfordelingene på vindobservasjoner hver 2. time.

Av tabellen ser en at frekvensfordelingen av vindretningene varierer i Oslo-området. Dette gjelder særlig når vinden er under 2 m/s (omkring halvparten av tiden). Det anses derfor ikke å være mulig å benytte en multiple kilde Gaussmodell til å beskrive spredning av luftforurensninger over hele Oslo-området, når vinden er lavere enn 2 m/s, selv om den sannsynligvis er brukbar ved sterkere vinder.

Ved beregningen av bidraget til SO<sub>2</sub>-forurensningene fra et enkelt fyringsanlegg (Rikshospitalet) fordelte en stillefrekvensen ved hver stabilitetsklasse proporsjonalt med de respektive vindrosene i vindstyrkeklassen 0-2 m/s, og brukte de modifiserte vindfordelingene i en Gaussisk spredningsmodell. Ved beregning av SO<sub>2</sub>-konsentrasjonene som følge av en enkelt punktkilde benyttet en de umodifiserte frekvensfordelingene.

Tabell A2.1 a,b,c,d,e: Vind - Stabilitetsdata som er benyttet ved spredningsberegningene.

a)

VIND: Nydalen

STABILITET: Kongevn 22-Fornebu

PERIODE: 1.12.70 - 28.2.71

VINDSTYRKE →	0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S				ROSE	
	STABILITET →	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3		4
VINDRETNING	30	.5	5.5	5.6	8.0	2.2	5.7	1.0	.2	1.1	2.6	.2	.0	.1	.8	.0	.0	33.4
	60	.1	1.2	.2	.3	.5	1.1	.0	.0	.1	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	4.0
	90	.1	.8	.3	.0	.4	1.1	.0	.0	1.0	.2	.0	.0	.3	.0	.0	.0	4.0
	120	.1	1.5	.4	.3	.2	.2	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.9
	150	.1	2.1	.5	.2	.2	1.1	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	4.3
	180	.4	3.9	.5	.2	1.4	5.1	.2	.0	1.0	3.1	.1	.1	.4	1.0	.0	.0	17.2
	210	.3	2.5	1.2	.2	.5	1.1	.3	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.1	.0	.0	6.3
	240	.5	1.5	.5	.0	.1	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.9
	270	.1	1.6	.4	.2	.2	.2	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.7
	300	.1	.2	.2	.1	.1	.3	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.1	1.3
	330	.1	.2	.3	.3	.2	.9	.1	.0	.3	.2	.0	.0	.1	.0	.0	.0	2.6
	360	.0	1.0	1.7	2.1	.6	2.0	.4	.3	.6	1.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	10.0
	STILLE	.1	2.7	3.6	1.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	8.2
	TOTAL	2.4	24.5	15.3	13.8	6.7	19.0	2.2	.6	4.4	8.0	.3	.1	.9	1.8	0.0	.0	110.0

b)

VIND: Valle Hovin

STABILITET: Kongevn 22-Fornebu

PERIODE: 1.12.70 - 28.2.71

VINDSTYRKE →	0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S				ROSE	
	STABILITET →	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3		4
VINDRETNING	30	.2	1.3	.2	.1	.5	2.1	.1	.0	.3	1.3	.0	.0	.1	.1	.0	.0	6.1
	60	.5	5.5	4.0	4.7	2.5	7.2	1.4	.8	.7	.9	.3	.1	.0	.1	.0	.0	28.7
	90	.2	2.3	2.6	3.1	.3	.4	.0	.0	.9	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	9.8
	120	.1	.6	.5	.6	.0	.3	.0	.0	.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.8
	150	.1	2.3	.6	.7	.3	.7	.2	.0	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	5.0
	180	.6	3.6	1.0	.4	.7	2.7	.1	.0	1.1	3.2	.1	.0	1.0	2.0	.0	.1	16.6
	210	.5	3.7	1.0	.7	.5	2.5	.7	.0	.2	.5	.3	.1	.0	.1	.0	.0	9.7
	240	.2	1.6	1.3	.1	.1	.3	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.6
	270	.1	.7	1.0	.5	.1	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.5
	300	.1	.4	.4	.2	.0	.2	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.3
	330	.0	.6	.1	.0	.4	1.1	.2	.0	.3	.6	.0	.0	.3	.1	.0	.0	3.5
	360	.0	.1	.0	.0	.1	.4	.1	.0	.2	.6	.0	.0	.1	.1	.0	.0	1.5
	STILLE	.3	3.1	2.9	2.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	8.8
	TOTAL	2.7	25.4	15.5	13.6	5.4	17.9	2.2	.9	4.4	7.2	.7	.1	1.6	2.3	0.0	.0	110.0

VIND: Husbergøya  
STABILITET: Kongevn 22-Fornebu  
PERIODE: 1.12.70 - 28.2.71

c)

VINDSTYRKE →		0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S				ROSE
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
VINDRETNING	30	.1	2.1	.5	.1	.3	1.6	.5	.1	2.0	2.8	.0	.0	.1	1.1	.0	.0	11.1
	60	.2	.7	.2	.2	.5	.5	.1	.0	.4	.7	.0	.0	.0	.2	.0	.0	3.4
	90	.1	.8	.2	.4	.0	.2	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.4	.0	.0	.0	2.1
	120	.0	1.3	.7	.4	.2	.2	.0	.1	.1	.2	.0	.0	2.1	.1	.0	.0	5.3
	150	.0	3.0	4.3	5.0	.2	1.5	2.1	1.8	.0	.5	.0	.0	.2	.1	.0	.0	19.0
	180	.2	1.4	1.8	2.6	.7	2.3	.7	.4	1.2	2.4	.4	.0	1.6	7.9	.2	.1	23.8
	210	.1	.6	.7	.4	.1	.5	.2	.1	.1	.5	.1	.0	.1	.7	.0	.0	4.0
	240	.1	.6	.5	.2	.1	.2	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.7
	270	.1	2.1	.6	.2	.0	.5	.2	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.8
	300	.5	1.7	1.2	.5	.2	1.0	.2	.0	.0	1.1	.1	.0	.0	.0	.0	.1	6.0
	330	.0	1.2	1.1	1.0	.7	1.1	.5	.0	.3	1.1	.1	.0	.0	.4	.0	.0	7.0
360	.1	.8	.9	.2	.4	1.2	.2	.1	.2	1.8	.0	.0	.4	.8	.0	.0	6.6	
STILLE	.2	7.0	2.2	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	5.8	
TOTAL	1.4	18.9	14.4	11.4	3.2	10.7	4.6	2.5	4.3	11.5	.6	0.0	4.9	11.2	.2	.0	110.0	

VIND: Blindern  
STABILITET: Kongevn 22-Fornebu  
PERIODE: 1.12.70 - 28.2.71

d)

VINDSTYRKE →		0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S				ROSE
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
VINDRETNING	30	.0	2.5	2.2	2.3	.9	5.3	1.6	1.3	2.6	2.8	.0	.0	.4	1.3	.0	.1	23.3
	60	.1	1.1	.9	.9	.6	1.6	.2	.1	.1	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	6.1
	90	.0	.5	.6	.2	.5	.0	.0	.1	.7	.0	.0	.0	.3	.0	.0	.0	2.9
	120	.0	.8	.2	.1	.0	.1	.0	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.4
	150	.0	1.0	.5	.4	.3	1.0	.2	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.7
	180	.5	2.7	1.0	.4	.9	3.3	.0	.2	.8	2.6	.1	.0	.4	.7	.0	.0	13.7
	210	.2	2.3	.7	.0	.5	1.7	.1	.0	.1	.7	.0	.0	.0	.1	.0	.0	6.4
	240	.6	1.6	1.0	.3	.1	.4	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	4.7
	270	.0	.6	.5	.5	.1	.2	.2	.0	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.0	2.4
	300	.0	.5	.2	.4	.1	.0	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.2	.2	.0	.0	1.9
	330	.1	.4	.0	.3	.3	.5	.0	.0	.2	.3	.0	.0	.5	.4	.0	.0	3.0
360	.1	.6	.7	.5	.2	1.0	.1	.0	.4	1.3	.1	.0	.1	.7	.0	.0	5.8	
STILLE	.1	10.1	8.3	6.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	24.9	
TOTAL	1.7	24.7	16.8	12.8	4.5	15.2	2.6	1.8	5.3	8.7	.3	.2	1.9	3.4	0.0	0.0	100.0	

e)

VIND: Fornebu  
STABILITET: Kongevn 22-Fornebu  
PERIODE: 1.12.70 - 28.2.71

VINDSTYRKE →		0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S				ROSE
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
VINDRETNING	30	.4	2.1	1.1	1.1	1.8	1.9	.3	.2	.3	.8	.0	.0	.0	.1	.0	.0	9.2
	60	.2	.4	.4	.5	.8	1.1	.1	.1	.3	.7	.0	.0	.0	.1	.0	.0	4.5
	90	.0	1.1	.3	.8	.2	.6	.1	.1	.8	.1	.1	.0	.7	.0	.0	.0	4.6
	120	.1	.6	.1	.1	.3	.7	.1	.1	.2	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	2.3
	150	.1	.3	.2	.1	.2	.6	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.5
	180	.1	1.1	.1	.1	.6	1.1	.0	.0	.4	1.3	.0	.0	.5	.9	.0	.0	6.0
	210	.2	1.1	.3	.2	.2	1.1	.1	.0	.4	.8	.0	.0	.5	.9	.0	.0	5.6
	240	.1	1.5	.1	.2	.0	.6	.2	.1	.1	.3	.0	.0	.1	.1	.0	.0	3.7
	270	.1	.5	.5	.5	.1	.5	.2	.0	.1	.2	.0	.0	.0	.2	.0	.0	2.6
	300	.1	1.0	.3	.4	.3	1.1	.1	.0	.1	.1	.0	.0	.2	.1	.0	.0	3.5
	330	.1	.7	.8	.5	.3	1.4	.2	.0	.4	.5	.1	.0	.2	.0	.0	.0	4.9
360	.2	1.7	.1	.7	.6	1.9	.2	.0	.1	1.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	7.1	
STILLE	1.9	19.7	12.2	9.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	43.8	
TOTAL	3.2	31.7	17.4	14.9	5.3	12.4	1.3	.4	3.1	5.9	.1	0.0	2.2	2.3	0.0	0.0	100.0	

Vindstrømninger inn mot sentrumssonen

Samtidige vindmålinger ved de forskjellige vindstasjonene i Oslo-området ble knyttet sammen med vindmålingene på Blindern, slik at en kjente sannsynligheten for vinden på en stasjon gitt vindretningen på Blindern. Denne statistiske informasjonen basert på målinger i perioden 1.12.70 - 28.2.71 ble benyttet sammen med normalvindrosen (30-årsperioden 1931-1960) fra Blindern i vinterhalvåret (okt-mars) til å estimere tilsvarende normalvindroser ved Valle Hovin og Husbergøya.

I tabell A2.1 har en satt opp vindrosene for perioden 1.12.70 - 28.2.71 ved stasjonene Blindern, Valle Hovin og Husbergøya. En har videre satt opp vindrosen fra Blindern for vinterhalvåret i normalperioden 1931-1960 og de tilsvarende estimerte vindrosene ved Valle Hovin og Husbergøya.

En ser at på Blindern i normalperioden 31/60 om vinteren var noe større frekvens av vind fra nordlig kant enn i måleperioden 70/71. Det gjenspeiler seg også i de normale vindrosene estimert for Valle Hovin og Husbergøya.

For å anslå frekvensen av vind fra omgivelsene mot sentrumssonen fra de fire hovedvindretningene benytter en følgende data fra tabell A2.1.

	Målestasjon	Vindretninger	Frekvens
Vind fra øst:	Valle-Hovin	60°, 90° og 120°	53.4%
Vind fra sør :	Husbergøya	150°, 180° og 210°	35.4%
Vind fra vest:	Blindern	240°, 270° og 300°	7.3%
Vind fra nord:	Blindern	330°, 360° og 30°	35.7%
		Sum	<u>131.8%</u>

En merker seg den ekstremt høye (53.4%) frekvensen av vind fra østlig kant og den lave frekvensen fra vest. Summen av vindfrekvensene fra de fire hovedvindretningene blir 131.8 prosent

Tabell A2.1: Vindroser ved beregning av forurensningstransport fra omgivelsene mot sentrumssonen.

Retning deg	Blindern		Valle Hovin		Husbergøya	
	70/71 %	Normal 31/60 %	70/71 %	Normal 31/60 %	70/71 %	Normal 31/60 %
30	23.3	24.2	6.1	9.0	11.1	17.8
60	6.1	4.9	28.7	33.7	3.4	3.2
90	2.9	4.2	9.8	15.3	2.1	4.4
120	1.4	2.9	2.8	4.4	5.3	8.7
150	3.7	3.5	5.0	4.6	19.0	14.3
180	13.7	9.5	16.6	12.4	23.8	16.9
210	6.4	4.9	9.7	7.4	4.0	4.2
240	4.3	3.5	3.6	3.4	1.7	2.8
270	2.4	3.1	2.5	1.9	3.8	2.5
300	1.9	0.7	1.3	1.1	6.0	3.7
330	3.0	2.0	3.5	2.6	7.5	12.9
360	5.8	9.5	1.5	2.5	6.6	7.4
Stille	24.9	26.9	8.8	1.4	5.8	.8

og kommer av at det blåser inn mot sentrumssonen fra flere hovedvindretninger samtidig. Dette skyldes tendensen til konvergens av luftstrømmene mot sentrumssonen, som fører til en vertikal løfting av forurensningene som føres med vinden ut over sentrumssonen. Når det registreres vindstille regner en ikke med transport av forurensninger fra omgivelsene mot sentrumssonen.