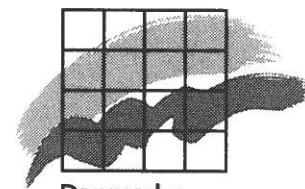


Miljøministeriet

Danmarks Miljøundersøgelser
Afd. for Flora- og Faunaøkologi
Kalø, Grenåvej 12, 8410 Rønde



Danmarks
Miljøundersøgelser

Det Landsdækkende Luftkvalitets Måleprogram

1987 – 1989

Faglig rapport fra DMU, nr. 14
(Hovedrapport)

Finn Palmgren Jensen
Kåre Kemp
Ole H. Manscher

Afdelingen for
Forureningskilder og
Luftforurening

Miljøministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
December 1990

Danmarks Miljøundersøgelser
Afd. for Fysiske og Kemiske
Kata, Grenåvej 12, 8410 Randers

TITEL: Det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram 1987-1989

SERIETITTEL, NR: Faglig rapport fra DMU, nr. 14. (Hovedrapport)

FORFATTERE: Finn Palmgren Jensen, Kåre Kemp og Ole H. Manscher

BEDES CITERET: Palmgren Jensen, F., Kemp, K. og Manscher, O.H.: Det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram 1987-1989. Hovedrapport. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 41 s. Faglig rapport fra DMU, nr. 14.

TEKSTBEHANDLING: Lene Thorsted

LABORATORIEMÅLINGER: Danmarks Miljøundersøgelser

UDGIVELSEÅR OG OPLAG: December 1990, 500 eks.

PAGINERING: 41 s

ISBN 87-7772-014-8

ISSN: 0905-815X

EMNEORD: luftkvalitet, danske byer, SO₂, NO, NO₂, svævestøv, tungmetaller

COPYRIGHT: Miljøministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
Gengivelse kun tilladt med tydelig kildeangivelse

KØBES HOS: Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Forureningskilder og Luftforurening, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde
Tlf. 46 30 12 00

PRIS: Kr. 45,00 (inkl. moms og forsendelse)

INDHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	4
1. INDLEDNING	6
2. MÅLEPROGRAMMET	7
2.1 Målenettet	7
2.2 Målemetoder	8
2.3 Drift og vedligeholdelse af målestationer	8
3. MÅLERESULTATER	9
3.1 Lagring af data	9
3.2 Niveauer og grænseværdier for de målte stoffer	9
3.3 Kilder til luftforurening i danske byer	17
3.3.1 Emissions karakteristika	17
3.3.2 Identifikation af kildebidrag	20
3.4 Udvikling i luftkvaliteten	28
3.5 Episoder	31
4. KONKLUSION	35
5. ENGLISH SUMMARY	37
REFERENCER	40

FORORD

DET LANDSDÆKKENDE LUFTKVALITETSMÅLEPROGRAM (LMP) havde til formål at skaffe viden om luftkvaliteten i danske byer (PALMGREN JENSEN 1987). Det omfattede dels målinger af den aktuelle luftkvalitet ved hjælp af i alt 30 målestationer i 7 danske byer, dels etablering af metoder til beregninger af den fremtidige luftkvalitet ved hjælp af meteorologiske luftkvalitetsmodeller (BERKOWICZ et al. 1986, LØFSTRØM, and RØRDAM OLESEN, 1988). Måleprogrammet blev iværksat i 1982 og blev afsluttet med udgangen af 1986. På grundlag af resultater og erfaringer fra dette måleprogram iværksattes i begyndelsen af 1987 LMP II, der udelukkende omfatter målinger i 6 danske byområder.

LMP II gennemføres ved hjælp af midler fra de deltagende kommuner, Hovedstadsrådet (efter 1. januar 1990 af Københavns og Frederiksbergs kommuner samt Københavns, Frederiksborg og Roskilde amtskommuner), Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser.

Programmet har en styringsgruppe med repræsentanter for de deltagende parter. Formandsposten besættes af Miljøstyrelsen. Endvidere er nedsat et forretningsudvalg med ialt 6 medlemmer udpeget af kommunerne, amtskommunerne, Hovedstadsrådet (efter 1. januar 1990 af de fem enheder i hovedstadsregionen), Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser, der besætter formandsposten og varetager sekretærfunktionen. Den daglige ledelse af projektet varetages af Danmarks Miljøundersø-

gelser, der endvidere, i samarbejde med deltagerne varetager den daglige drift af målestationerne.

Forfatterne og specielt projektlederen (F. Palmgren Jensen) takker for godt samarbejde med medarbejderne i kommunerne og Danmarks Miljøundersøgelser, som medvirker til måleprogrammets praktiske gennemførelse, databehandling og udarbejdelse af rapport.

1. INDLEDNING

Nærværende rapport for det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram II (LMP II) indeholder resultater for kalenderårene 1987-1989. Rapporten er opbygget af en hovedrapport, som indeholder beskrivelser, præsentation af udvalgte resultater og konklusioner, samt en bilagsrapport, som indeholder alle bearbejdede data fra de enkelte byer.

Resultater indgår i øvrigt i en række undersøgelser af luftkvaliteten i Danmark, herunder forskningsprojekter vedrørende luftkvalitetsmodeller og atmosfærekemiske undersøgelser. Desuden indgår resultaterne løbende i Miljøstyrelsens SMOG-varslingsystem.

I rapporten anvendes de kemiske formler for svovldioxid (SO_2), kvælstofmonoxid (NO) og kvælstofdioxid (NO_2). Summen af kvælstofoxider betegnes med NO_x .

2. MÅLEPROGRAMMET

2.1. Målenet

6 byer

Måleprogrammet omfatter registrering af luftkvaliteten i følgende 6 danske byområder:

Hovedstadsområdet

Fredericia

Esbjerg

Århus

Aalborg

Odense.

Måleprogram i
hovedstadsområdet

I hovedstadsområdet findes 3 målestationer, der er etableret af Danmarks Miljøundersøgelser. På disse målestationer indsamles hvert døgn luftprøver til bestemmelse af luftens indhold af SO_2 og svævestøv. Sidstnævnte analyseres desuden for indholdet af en række grundstoffer, bl.a. svovl, cadmium og bly. Desuden registreres $\frac{1}{2}$ -timesmiddelværdier af luftens indhold af NO og NO_2 . På en af stationerne registreres endvidere $\frac{1}{2}$ -timesmiddelværdier af SO_2 .

Måleprogram i
provinsbyerne

I hver af de 5 provinsbyer findes 2 målestationer. På disse indsamles hvert døgn luftprøver til bestemmelse af luftens indhold af SO_2 og svævestøv. Sidstnævnte analyseres desuden for indholdet af en række grundstoffer, bl.a. svovl, cadmium og bly. Desuden registreres på den ene målestation $\frac{1}{2}$ -timesmiddelværdier af luftens indhold af SO_2 , NO og NO_2 .

Hovedstadsområdets
egne målinger

I hovedstadsområdet blev der i 1987 af Hovedstadsrådet etableret 4 målestationer i et lokalt målenet, som har kørt parallelt med de

øvrige målestationer. Resultater herfra rapporteres særskilt.

2.2. Målemetoder

Svævestøv bestemmes ved vejning og grundstofindholdet ved hjælp af proton induceret Röntgen emissions spektroskopi (PIXE). For døgnprøvernes vedkommende bruges KOH imprægnerede filtre til opsamling af SO₂, mens der bruges ultraviolet fluorescens monitorer til halvtimes målingerne. Monitorer, der arbejder med kemiluminiscens, bruges til måling af kvælstofoxiderne.

De anvendte målemetoder er detaljeret beskrevet i bilagsrapporten.

2.3. Drift og vedligeholdelse af målestationer

Den løbende drift og kontrol foretages af miljø- og levnedsmiddelkontrolenhederne eller de tekniske forvaltninger i de deltagende byer. Danmarks Miljøundersøgelser udfører reparation, vedligeholdelse og kontrolmålinger samt kalibrering af måleapparatur.

3. MÅLERESULTATER

3.1. Lagring af data

Monitorer	Måleresultater fra de registrerende instrumenter, dvs $\frac{1}{2}$ -times middelværdier for svovldioxid og nitrogenoxider, indsamles via telefonnettet og lagres i en central database hos DMU. Disse data indgår i Miljøstyrelsens SMOG-varslingsystem, der indebærer, at offentligheden informeres ved overskridelse af grænseværdierne $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for SO_2 eller NO_2 i tre på hinanden følgende timer.
Smogvarsling	
Filterprøver	De øvrige måleresultater, dvs døgnmiddelværdier for svævestøv, svovldioxid og grundstoffer, bliver efter gennemførelsen af analyserne lagret på en central database hos DMU.

3.2. Niveauer og grænseværdier for de målte stoffer

SO_2 , svævestøv, NO_2	Der findes i Danmark bindende grænseværdier i udeluft for svovldioxid, svævestøv og kvælstofdioxid. De repræsenterer implementering af tilsvarende værdier i EF direktiver (EF, 1980, 1985, 1989) og er indført i Danmark gennem bekendtgørelser fra Miljøministeriet (MILJØMINISTERIET, 1986, 1987). Der findes
Bly	desuden en EF grænseværdi for bly (EF, 1982). Den er ikke indført i dansk lovgivning, da den er langt over de koncentrationer, som kan forekomme nogetsteds i landet (sml. figur 4 og tabel 2). Desuden vil bly emissionen blive yderligere reduceret i de kommende år med indførelse af katalysatorer på nye biler.

WHO

Endvidere har WHO anbefalet grænseværdier for en række stoffer (WHO, 1987). Disse afspejles i en vis grad i ovennævnte direktiver og bekendtgørelser. Ud over de stoffer, som er nævnt i tabel 1, findes der vejledende grænseværdier for bl.a. CO, O₃, Cd, V og Mn.

Tabel 1. Grænseværdier for SO₂ (µg SO₂/m³), svævestøv og NO₂ (µg NO₂/m³).

Stof	Grænseværdi (µg/m ³)	Midlingstid	Percentil	Periode	Oprindelse
SO ₂	80	24 timer	50	1 år	1
	130	24 timer	50	vinter	1
	250	24 timer	98	1 år	1
	40-60	24 timer	middel	1 år	4,5
	100-150	24 timer	maks.		4,5
Svævestøv	150	24 timer	middel	1 år	1
	300	24 timer	95	1 år	1
NO ₂	200	1 time	98	1 år	2
	50	1 time	50	1 år	3
	135	1 time	98	1 år	3
	400	1 time	maks.		5
	150	24 timer	maks		5

1 Bindende grænseværdier (MILJØMINISTERIET 1986).

2 Bindende grænseværdi (MILJØMINISTERIET 1987).

3 Vejledende grænseværdier og langtidsmål (MILJØMINISTERIET 1987).

4 Vejledende grænseværdier (EF 1980, EF 1989).

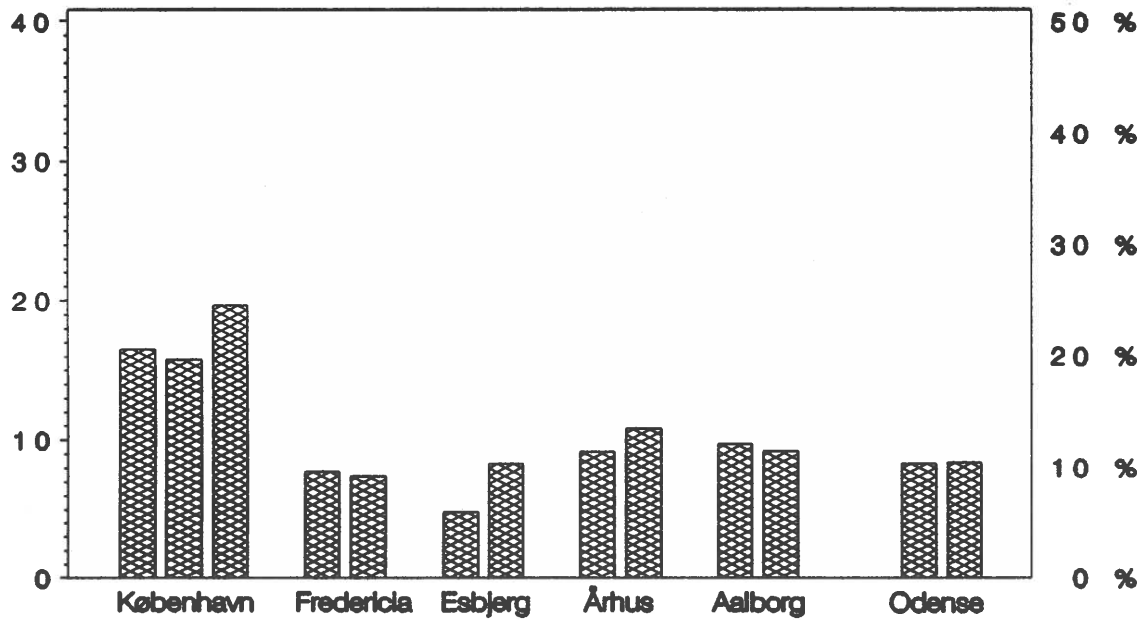
5 Anbefalede grænseværdier (WHO 1987)

Årsmiddel og
percentiler

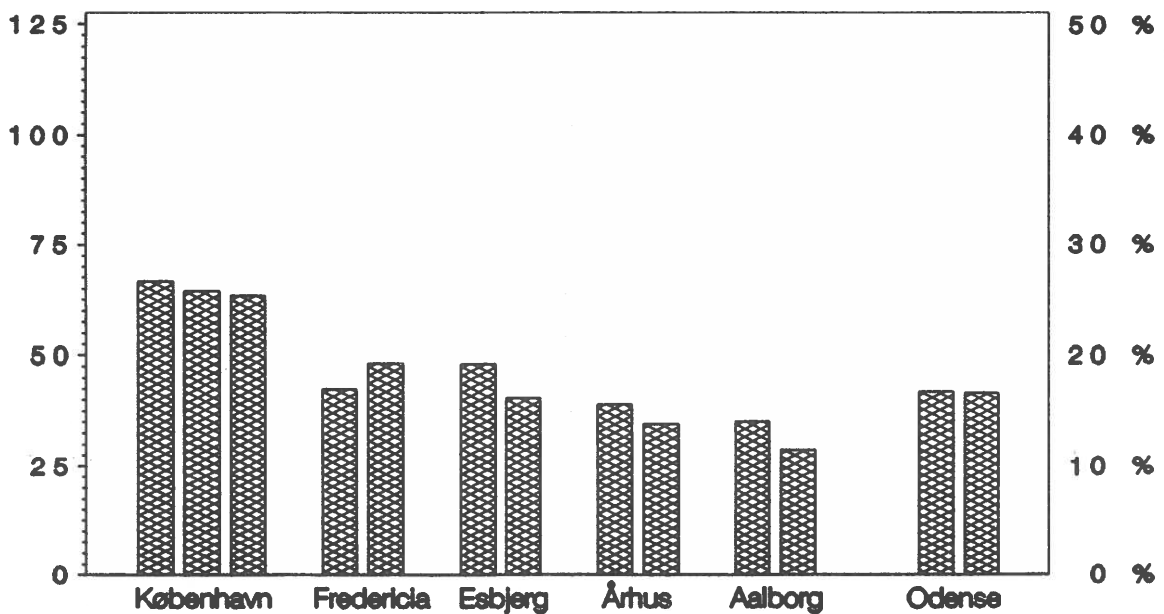
I figurerne 1 - 4 er vist årsmiddelværdier, percentiler m.v. svarende til grænseværdierne for stofferne SO₂, NO₂, svævestøv og bly for året 1989 for samtlige målestationer. Grænseværdierne er indlagt i figurerne. Tilsvarende værdier for 1989 findes i tabellerne 2 og 3. Det skal nævnes, at grænseværdierne for SO₂ og svævestøv formelt gælder for årsperioder regnet fra 1. april til 31. marts (det såkaldt "tropiske år"). I praksis er forskellen på at bruge kalenderåret og det tropiske år dog ganske uden betydning.

Samtlige måleresultater lå under bindende danske grænseværdier. NO₂ målinger viste overskridelser af vejledende grænseværdier i Københavns centrum. De målte blykoncentrationer lå væsentligt under EF's grænseværdi på 2 µg/m³ som årsgennemsnit.

50-percentil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ og % af gr.v.)

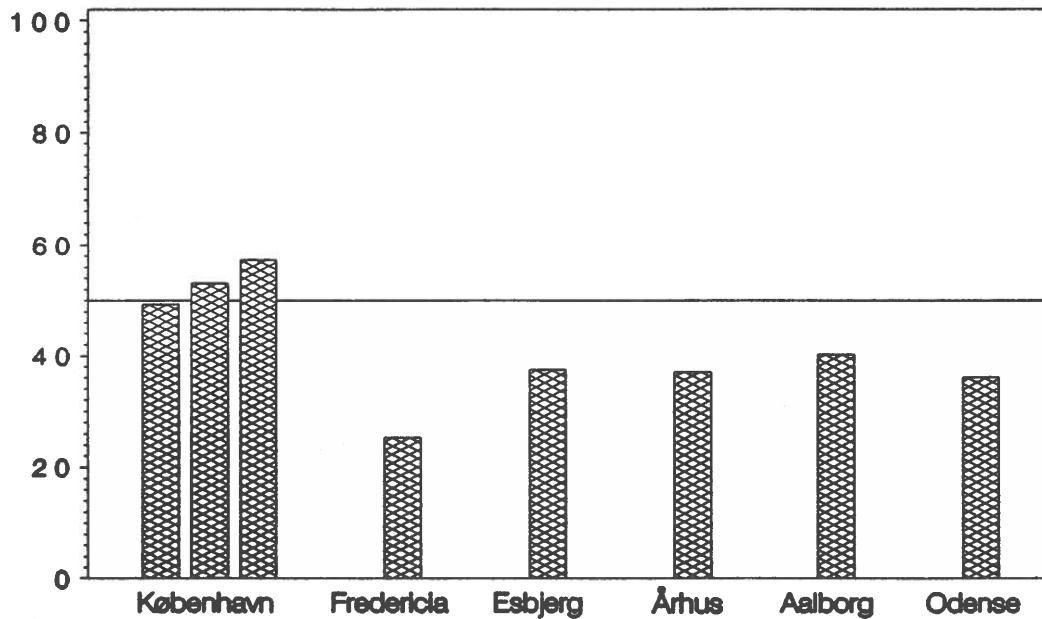


98-percentil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ og % af gr.v.)

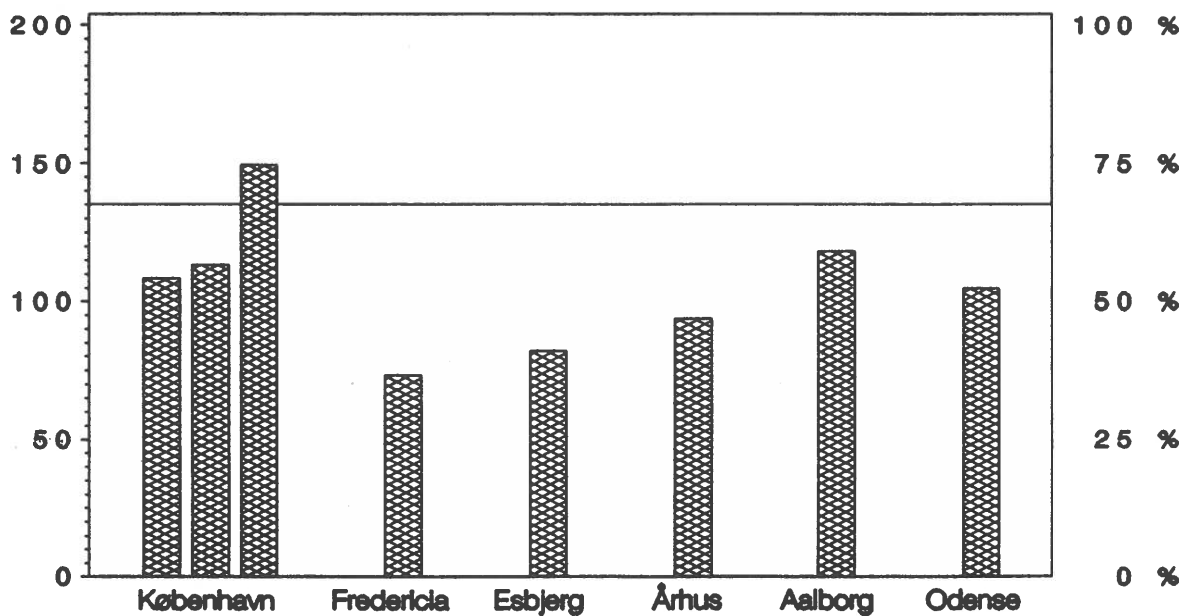


Figur 1. SO_2 årsværdier for 1989 beregnet på grundlag af døgnmålinger. Søjlerne repræsenterer fra venstre mod højre stationerne 1255, 1256, 1257, 5152, 5155, 5652, 5655, 6151, 6152, 8151, 8153, 9154 og 9155.

50-Percentil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

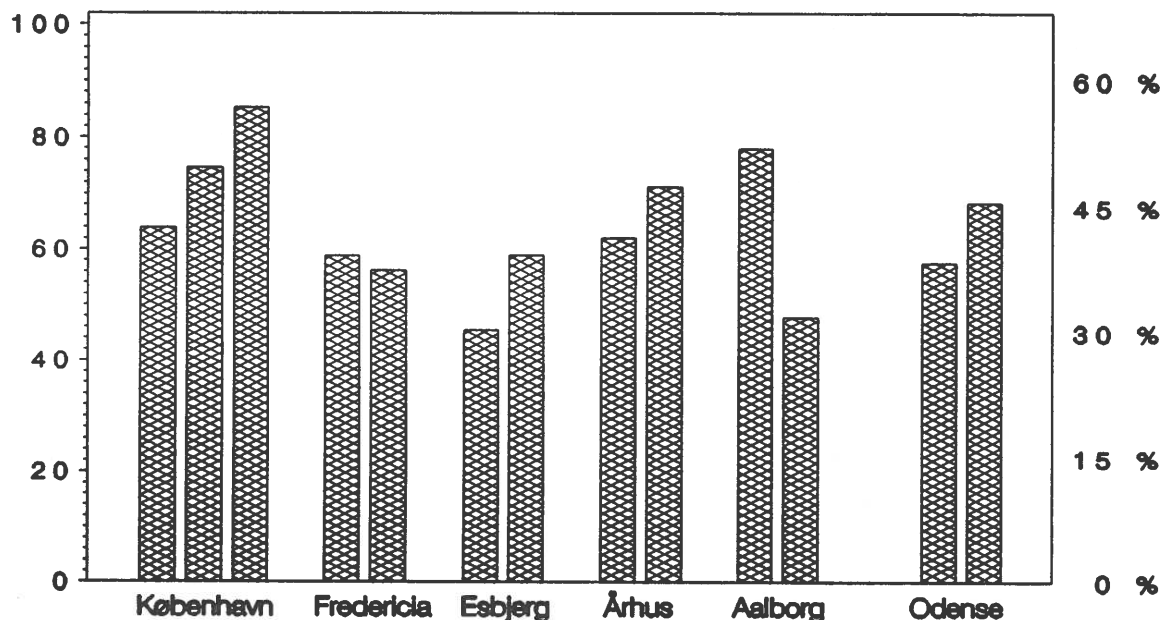


98-Percentil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ and % af gr.v.)

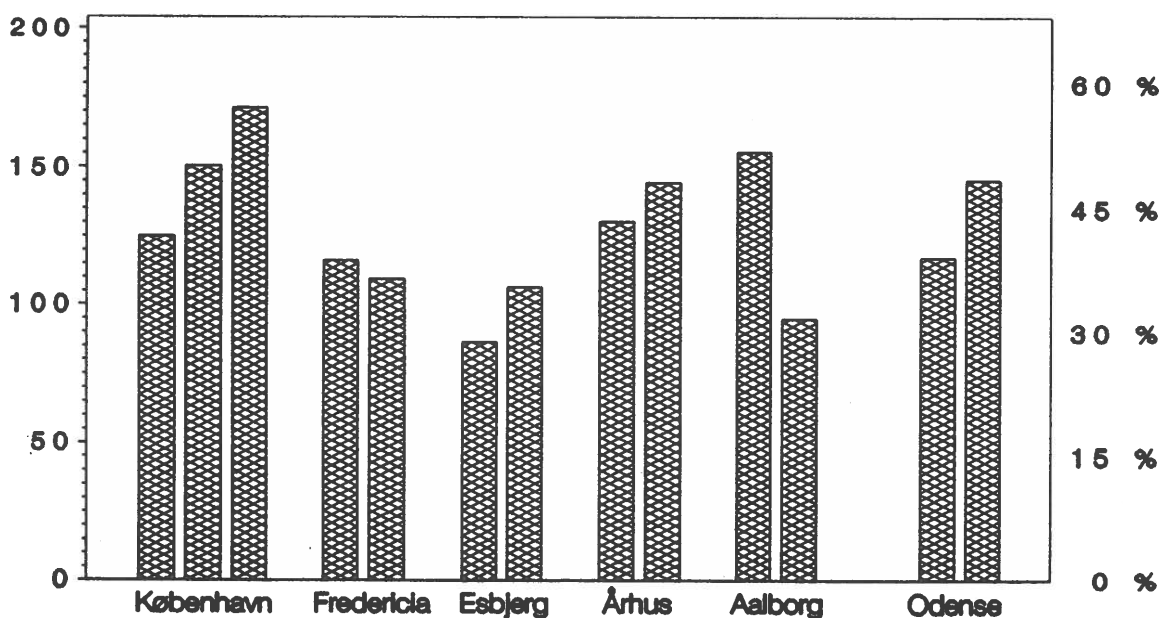


Figur 2. NO_2 årsmiddelværdier for 1989 beregnet på grundlag af timemiddelværdier. Søjlerne repræsenterer fra venstre mod højre stationerne 1255, 1256, 1257, 5155, 5655, 6155, 8151 og 9155. Den vandrette linie svarer til de vejledende grænseværdier i MILJØMINISTERIET, 1987.

Gennemsnit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ og % af gr.v.)

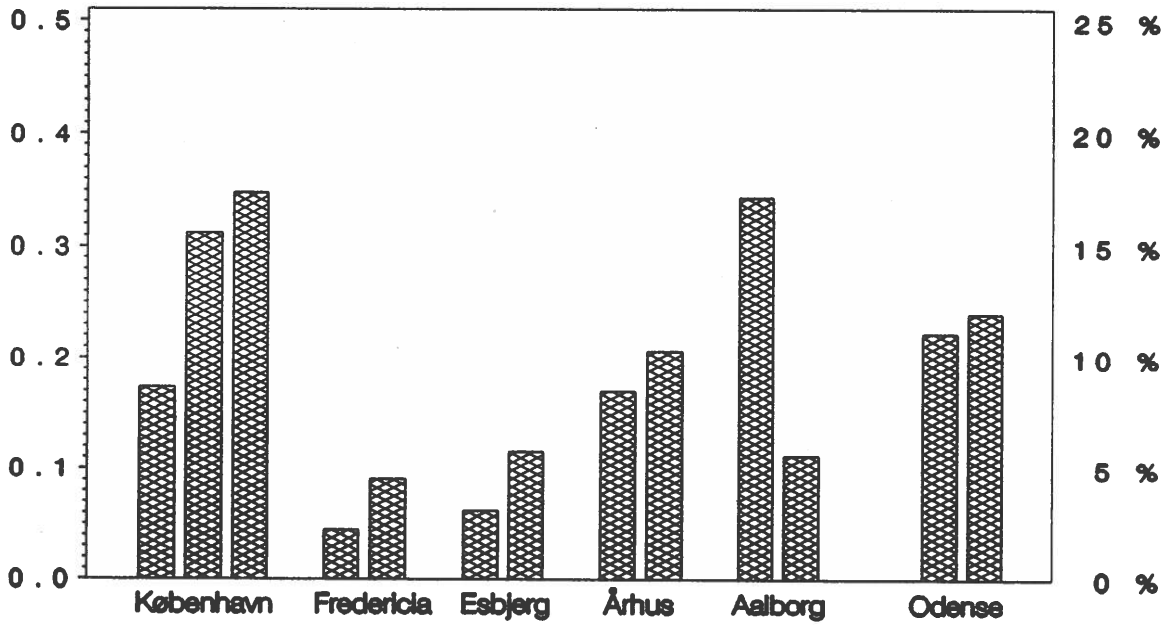


95-Percentil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ og % af gr.v.)



Figur 3. Årsmiddelværdier for 1989 for gravimetrisk bestemt svævestøv. Søjlerner repræsenterer fra venstre mod højre stationerne 1255, 1256, 1257, 5152, 5155, 5652, 5655, 6151, 6152, 8151, 8153, 9154 og 9155.

Gennemsnit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ og % af gr.v.)



Figur 4. Årsmiddelværdier for 1989 for bly. Søjlerne repræsenterer fra venstre mod højre stationerne 1255, 1256, 1257, 5152, 5155, 5652, 5655, 6151, 6152, 8151, 8153, 9154 og 9155.

Tabel 2. Middelværdier (gns) og percentiler (95% og 98%) for SO₂, svævestøv og bly målt som døgnmiddelværdier (µg/m³) for 1989.

Station	Svævestøv		SO ₂ (år)		SO ₂ (vinter)	bly
	gns.	95%	50%	98%	50%	gns.
Kbhvn., Åboulevarden	64	125	17	67	20	0,17
Kbhvn., Østerbrogade	75	150	16	64	18	0,31
Kbhvn., Jagtvej	85	171	20	63	22	0,35
Fredericia/5155	56	109	8	48	10	0,09
Esbjerg/5655	59	106	8	40	9	0,12
Århus/6151	62	130	9	39	9	0,17
Aalborg/8151	78	155	10	35	10	0,34
Odense/9155	68	145	8	41	9	0,24
Tange	-	-	2,5	23	4	0,02
Grænseværdi	150	300	80	250	130	2,0*

* EF-grænseværdi.

-: måles ikke.

De højeste koncentrationer af de nævnte stoffer blev målt i de største byer. Selv de laveste koncentrationer af SO₂ var væsentlig større end på baggrundsstationerne, fx. Tange. De laveste koncentrationer af bly fandtes ligeledes i Esbjerg og Fredericia, også her var koncentrationen en del højere end på baggrundsstationerne på grund af, at bystationerne alle ligger ved gader og veje. Den målte blykoncentration er stærkt afhængig af trafikintensiteten det pågældende sted. Der er derfor store forskelle indenfor den samme by.

Tabel 3. Målte 50%-, 98%-fraktiler og maksimum af 1 times mid-
delværdier samt maksimum af døgnmiddelværdier for NO₂ (µg/m³) i
danske byer i 1989. Nederst er angivet grænseværdier og, i paren-
tes, vejledende grænseværdier.

Målested	50%	98%	Maks.time	Maks.døgn
Kbhvn., Åboulevarden	49	108	178	114
Kbhvn., Østerbrogade	53	113	189	109
Kbhvn., Jagtvej	57	149	227	138
Fredericia/5155	35	73	162	90
Esbjerg/5655	38	82	137	90
Århus/6155	37	94	134	91
Aalborg/8151	40	118	190	114
Odense/9155	36	105	163	120

Grænseværdier (vejl.)	(50)	200(135)	(400)	(150)
-----------------------	------	----------	-------	-------

3.3. Kilder til luftforurening i danske byer

3.3.1. Emissions karakteristika

Kildetyper

Luftforureningen i byområder i Danmark kommer hovedsageligt fra fire "kildetyper".

- 1) trafik
- 2) anden lokal antropogen forurening (især boligopvarmning)
- 3) langtransporteret antropogen forurening
- 4) "naturlig" forurening

Trafikforurening

Tidligere luftkvalitetsmålinger og -beregninger i Danmark har vist, at det væsentligste generelle luftforureningsproblem i danske byer skyldes vejtrafikken (PALMGREN JENSEN, 1987, PALMGREN JENSEN og KEMP, 1987 og PALMGREN JENSEN, 1989). Specielt har NO_2 -forureningen i de mest trafikerede bycentre været i nærheden af de gældende grænseværdier. NO_x 'erne emitteres hovedsageligt (ca. 95%) som NO og resten som NO_2 . NO oxideres, især af O_3 , til NO_2 . Derfor er NO_2 -koncentrationen afhængig af tilstedeværelse af O_3 , som fjerntransporteres eller dannes regionalt. Trafikkens og fyringsanlægs forurening med NO_x 'er bidrager endvidere begge sammen med landbruget til en væsentlig kvælstof tilførsel via luften til naturområder og havet. Herudover bidrager vejtrafikken med CO og sammen med fyringsanlæg (fra kraftværker til brændeovne) med hydrocarboner og partikler, der bl.a. kan indeholde bly og en række andre skadelige stoffer.

Katalysatorer

Det væsentlige luftforureningsbidrag fra trafikken har da også været årsagen til, at vi i Danmark fra 1. oktober 1990 har indført skærpet emissionsbegrænsning (katalysatorer) på nye biler til fjernelse af bl.a. NO_x , CO og hydrocarboner. Benzinmotorerne er i de senere år ændret, så de kan bruge blyfri benzin, hvorved blyforureningen ligeledes begrænses. For yderligere at nedsætte NO_x koncentrationerne er det i EF regi planlagt at begrænse emissionen ved forbedret røgrænsning på kraftværker fra år 2005.

Svovl

Svovlforureningen stammer primært fra afbrænding af olie og kul. SO_2 forureningen i danske byer stammer især fra lokale kilder, fx. varmecentraler, industrianlæg og kraftværker. Nedsættelse af svovlindholdet i brændsler, anvendelse af naturgas og energibesparelser har ført til væsentlige reduktioner af svovl emissionen fra danske anlæg. Etablering af højere skortstene har ført til en yderligere reduktion af den lokale svovlforurening. Forureningen med partikulært svovl (svovlsyre og andre sulfater) dannes ved oxidation af SO_2 og transporteres over store afstande. Denne forurening er stort set ens i hele landet (i byer og i landdistrikter) og er i væsentligt omfang transporteret hertil fra vore nabolande.

Svævestøv

Svævestøvet stammer ud over fra de ovennævnte antropogene kilder også fra ophvirvling af jord og støv. Partikler, der ophvirvles, er relativt store ($> 5 \mu\text{m}$) i forhold til partikler fra de antropogene kildetyper ($< 1-2 \mu\text{m}$) (FLYGER et. al., 1973). Da partikelstørrelsen er af stor betydning for sundhedseffekten af støvet er det vigtigt at kunne skelne mellem de forskellige bidrag. Indholdet af forskellige stoffer i svævestøvet afhænger væsentligt af hvilke kilder, der bidrager. Det er derfor muligt at foretage en kildeopdeling på grundlag af det relative indhold af de grundstoffer, som bestemmes med PIXE (KRONBORG, 1984).

3.3.2. Identifikation af kildebidrag

Vindretning

Kildernes type, beliggenhed og styrke kan i mange tilfælde vurderes ved at undersøge måleresultaternes afhængighed af fx vindretning og tid. I det følgende er givet nogle eksempler til belysning af de enkelte kildetyper bidrag til luftforureningen.

Fjerntransport

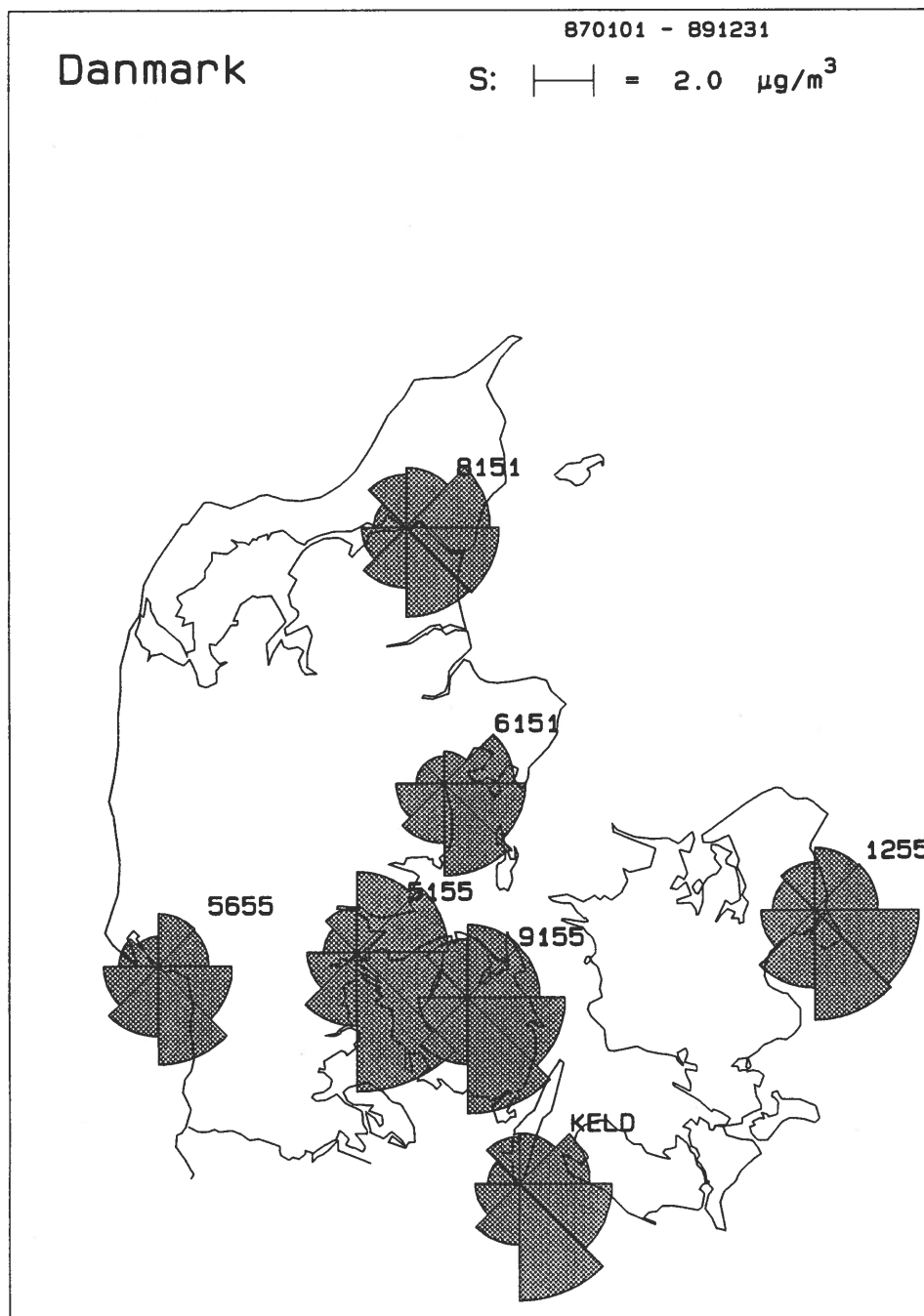
Den langtransporterede forurening stammer især fra landene syd for os. Bidragenes størrelse kan vurderes ved at sammenholde koncentrationerne af partikulært svovl med vindretningerne. På figur 5 er afsat middelkoncentrationerne opdelt på otte vindretningssektorer. Det ses, at de største koncentrationer optræder ved sydlige og sydøstlige vinde, mens der ses lavere bidrag fra vestlige retninger. Dette hænger naturligvis sammen med de meget store emissioner i Østeuropa. Det spiller dog nok også en væsentlig rolle, at der oftere forekommer stabile vindforhold ved østlige vinde, mens de ofte meget turbulente vestenvinde giver anledning til væsentlig større opblanding. Ved vurdering af bidragene må man også tage hensyn til den relative hyppighed af vindretningerne. På figur 6 er koncentrationerne vægtet med antal dage vinden har været i de enkelte sektorer, således at forstå at de afsatte radier udgør bidragene til den samlede middelværdi. Det ser således ud som om, at de største bidrag kommer fra Vesteuropa bl.a. Storbritannien.

Korrelation NO og bly

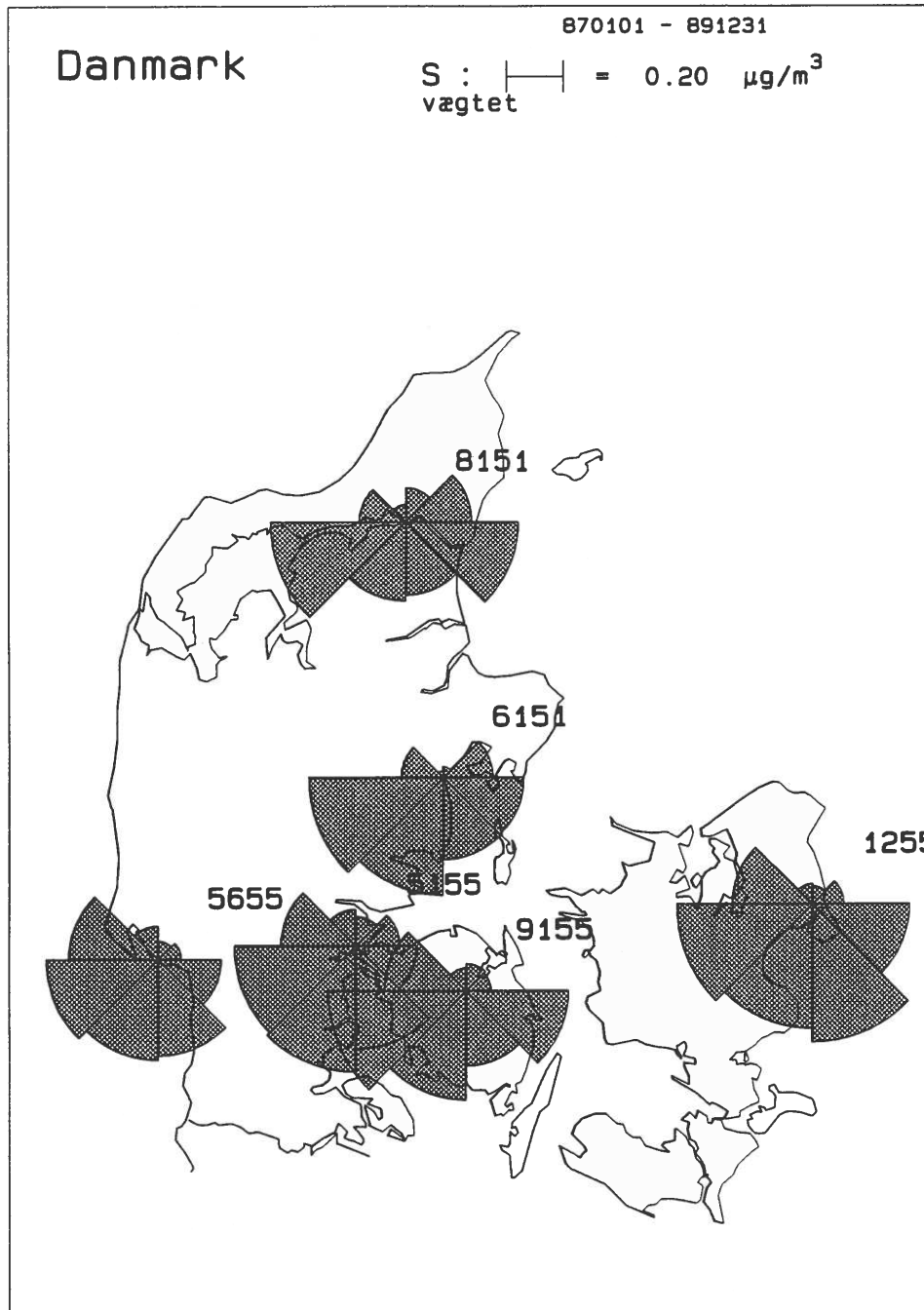
Ved målingerne i gadeniveau er trafik forureningen karakteriseret af bl.a. NO og Bly. På figur 7 er afsat sammenhørende værdier for døgnmiddelværdier for disse to stoffer. Den

NO₂

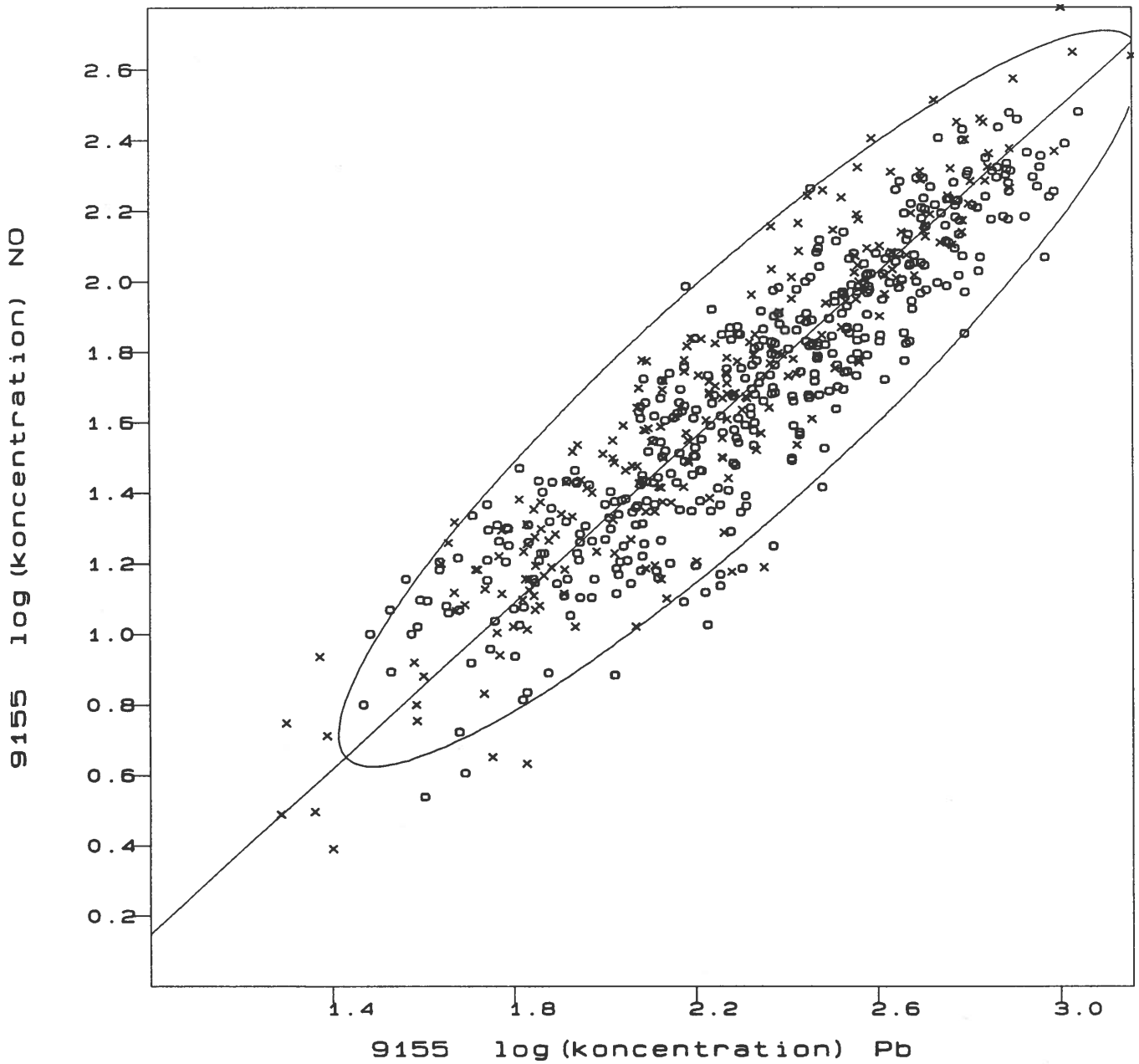
samme nære korrelation findes på alle stationer, men det er bemærkelsesværdigt at forholdet ikke er det samme. Det kan skyldes forskellig trafiksammensætning, idet blyet udelukkende kommer fra benzindrevne motorkøretøjer, mens NO kommer fra alle motorkøretøjer. En stor del NO₂ stammer fra omdannelse af den NO, som trafikken bidrager med. Da NO₂ dannes gradvis med en omdannelses hastighed, der afhænger af flere andre faktorer (fx O₃ koncentrationen og sollysintensiteten) er korrelationen mellem NO₂ og de primære stoffer ikke så god. Det er derfor vanskeligt at vurdere trafik bidraget til NO₂ alene på grundlag af målingerne. Dette kan også illustreres med den gennemsnitlige ugevariation. På figur 8 er vist variationen for NO. Den følger meget nøje trafikmønsteret. Der er således meget tydelige myldretids maxima på alle hverdage. Lørdag er der en senere top svarende til trafikken i forbindelse med week-end indkøb. Hver nat ser man bidrag fra hjemtransporten fra byens aftenliv. Figur 8 viser også variationen for NO₂ og SO₂. Disse stoffer har godt nok maxima i dagtimerne, men koncentrationerne følger ikke trafikintensiteten på samme måde som NO.



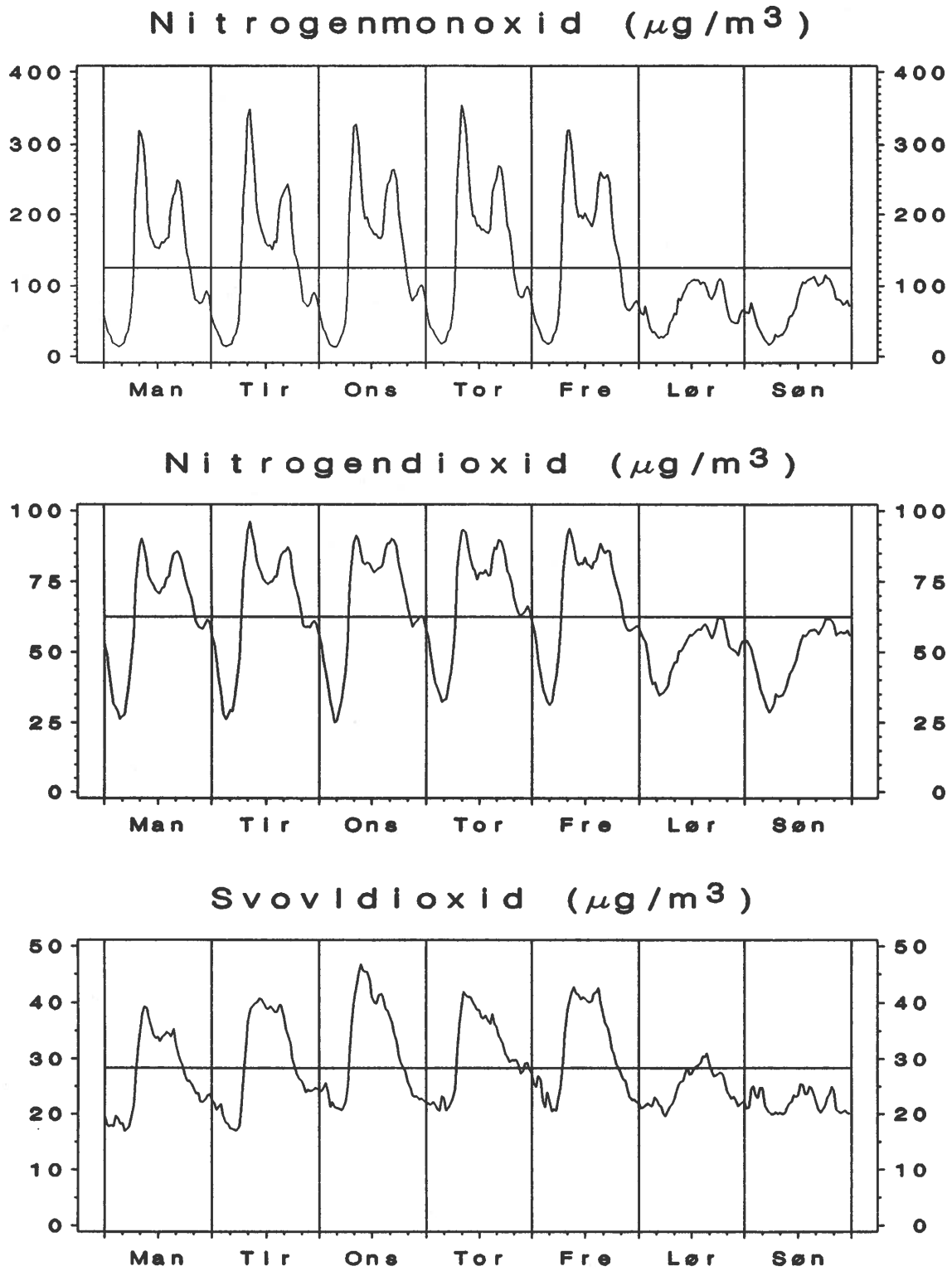
Figur 5. Vindretningsfordelinger for partikulært svovl for centrumstationerne og baggrundsstationen ved Keldsnor. Radierne i cirkeludsnittene er proportional med middelkoncentrationerne svarende til vind fra retninger som udsnittene peger imod.



Figur 6. Vindretningsfordelinger for partikulært svovl fra centrumstationerne og baggrundsstationen Keldsnor. Radierne repræsenterer middelværdier, der er vægtet med antallet af dage vinden har været indenfor de enkelte sektorer. Værdierne er normeret så summen giver den samlede middelværdi.



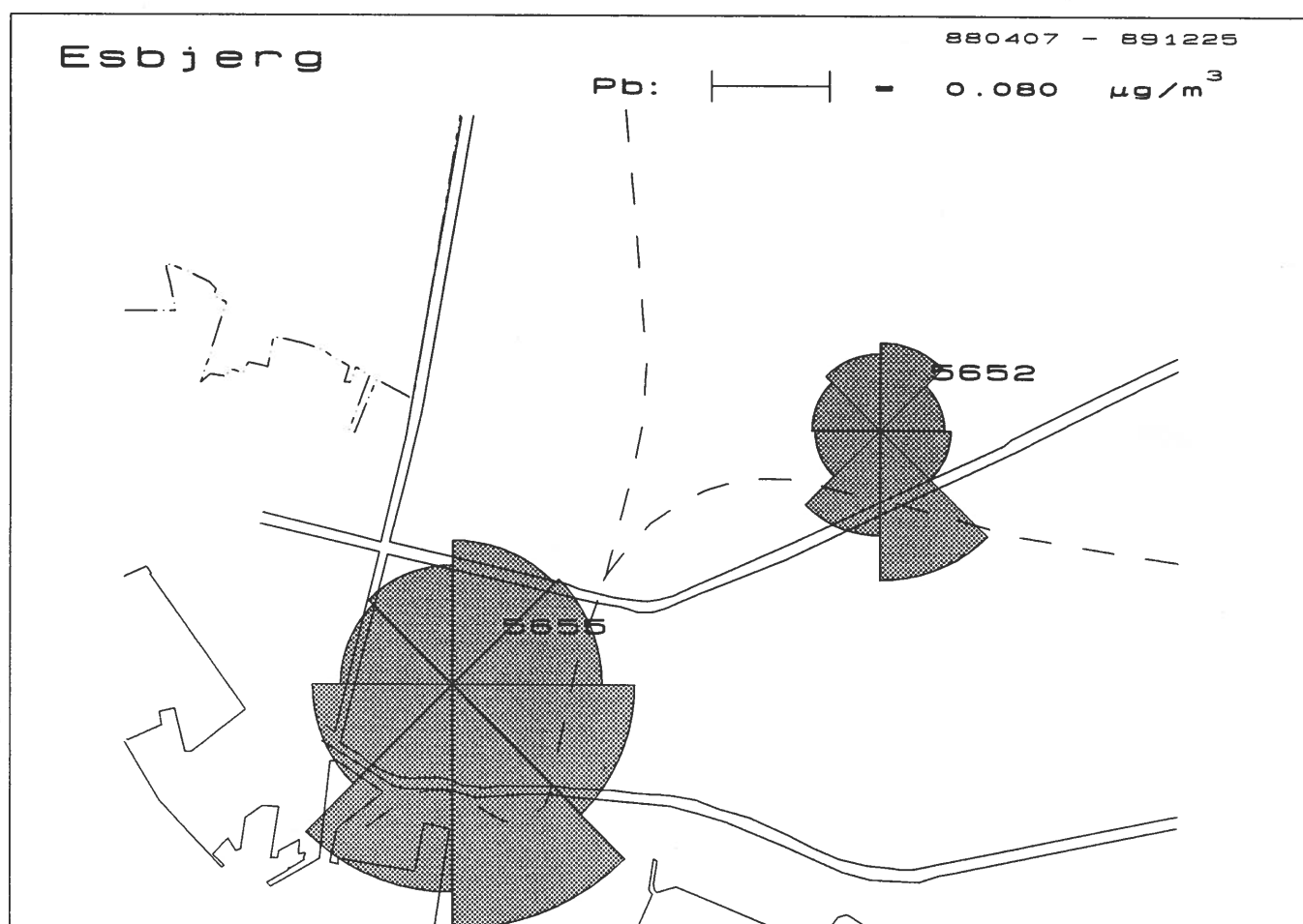
Figur 7. Sammenhørende døgnmiddelværdier for NO og bly målt i Odense. Skalaerne er logaritmiske. x = vinter, o = sommer.



Figur 8. Gennemsnitlig ugevariation for NO , NO_2 og SO_2 i 1987-89 beregnet på basis af $\frac{1}{2}$ -times målinger.

Bly

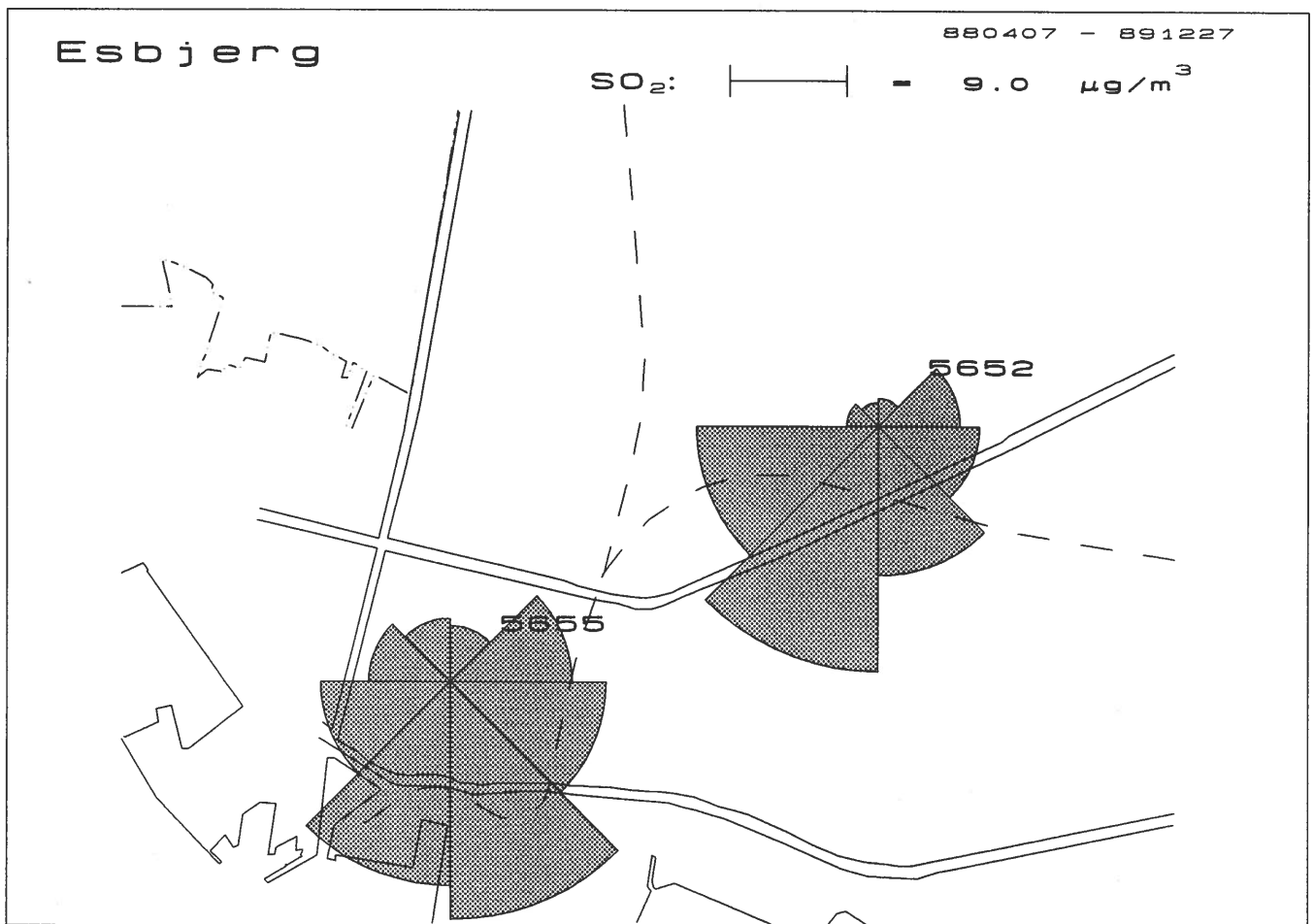
Vindroserne af middelblykoncentrationerne i Esbjerg (figur 9) viser væsentlig større koncentrationer nær centrum, hvor trafikken er stor, desuden ser man forhøjede koncentrationer ved sydøstlige vinde. Det tyder på, at blykoncentrationerne selv i byområder er faldet så meget, at langtransportbidraget fra sydøst begynder at blive synligt (cf. 3.4).



Figur 9. Vindretningersfordelinger for bly ved Esbjerg stationerne for 1987-89.

SO₂

Svovldioxid forureningen i byerne er som nævnt især af lokal oprindelse. Det illustreres med vindroser fra Esbjerg for SO₂ (figur 10). Det ses, at de største bidrag på begge stationer optræder ved vindretninger fra "Vestkraft". I alle byer kan en væsentlig del af det målte SO₂ tilsyneladende henføres til enkelte store kilder. Vanadium og nikkel, som begge findes i fuel olie, kan bruges som indikatorer for den SO₂, der kommer fra olieafbrænding til forskel fra det, der kommer fra kulfyring.



Figur 10. Vindretningsfordelinger for SO₂ ved Esbjerg stationerne beregnet på basis af døgnmålinger.

3.4. Udviklingen i luftkvaliteten

Lange tidsserier

En vurdering af luftkvalitetens udvikling kræver lange tidsserier af måleresultater evt. sammenholdt med meteorologiske forhold. Det er ikke muligt at vurdere udviklingen ud fra et enkelt eller nogle få års målinger. Det er derfor nødvendigt, at i hvert fald nogle målestationer er placeret på de samme steder i en lang årrække. En optimal udnyttelse af måleudstyr vil ofte være en kombination af faste og flytbare målestationer.

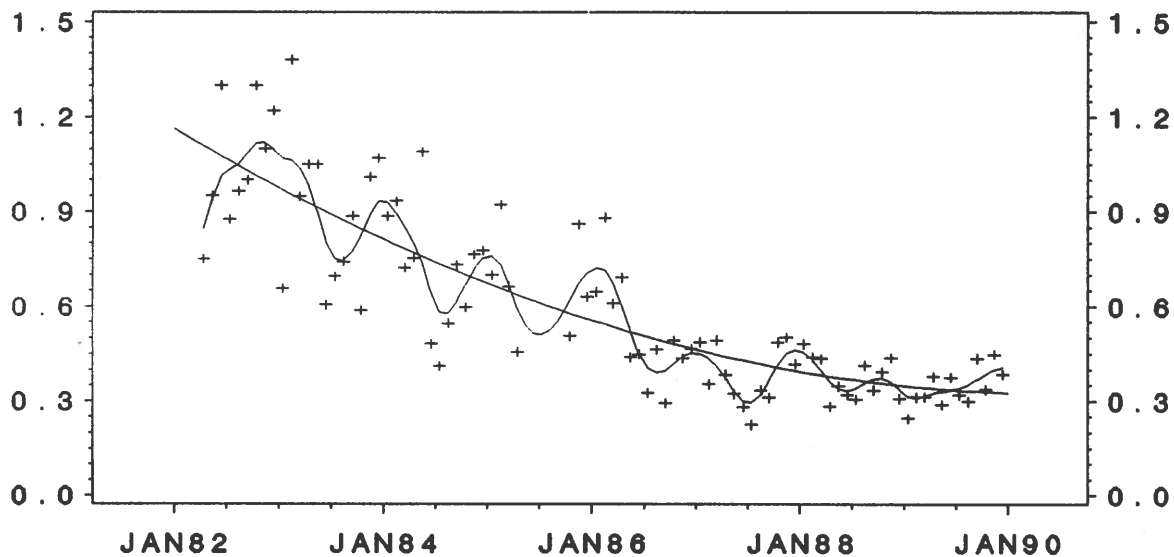
Udviklingen bestemmes ved hjælp af månedsmiddelværdier, som beregnes på grundlag af daglige målinger. Der gennemføres en udglatning af kurveforløbet baseret på erfaringer, hvorved årstidsvariationen tydeliggøres. Endvidere beregnes en lineær regressionskurve til månedsmiddelværdierne.

Aalborg

Målestationen ved Limfjordsbroen i Aalborg er den station, der har kørt med det største program i længst tid. Der blev påbegyndt målinger i februar 1982 af SO_2 , NO, NO_2 og svævestøv samt svævestøvet's indhold af grundstoffer. Disse målinger foretages stadig. Det er derfor disse målinger, der i det følgende er anvendt til vurdering af udviklingen.

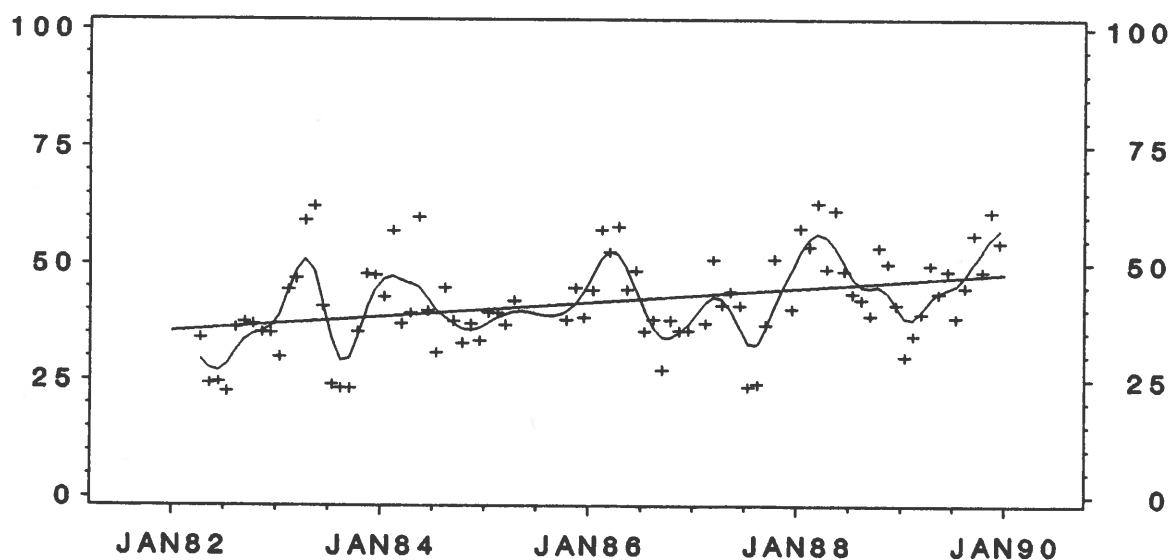
I bilagsrapporten findes tilsvarende data fra alle stationer.

Tidsserie for Bly ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



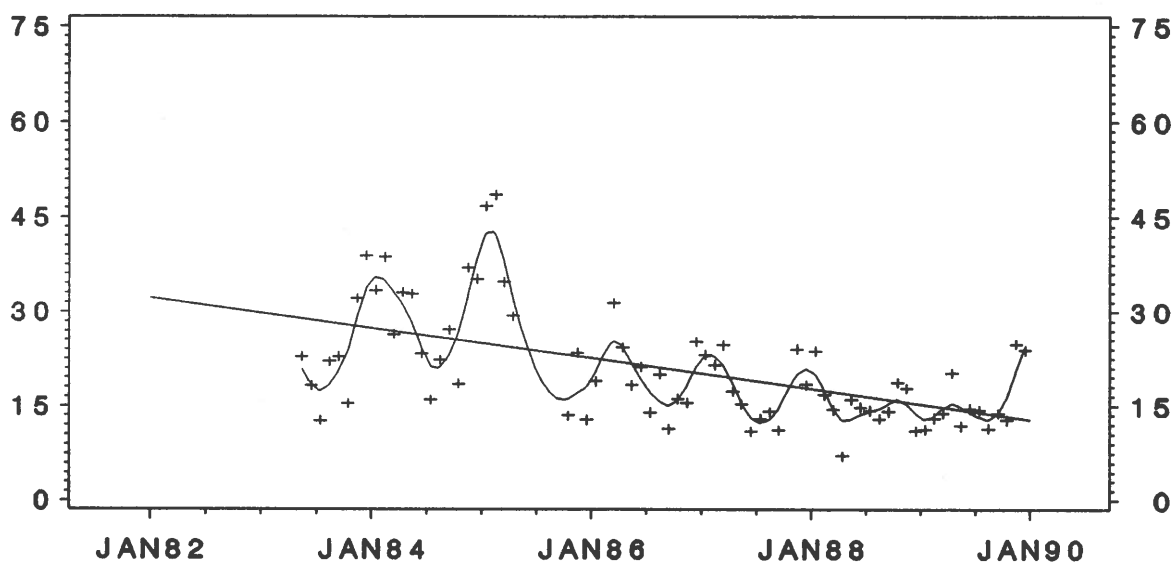
Figur 11. Punkterne angiver månedsmiddelværdier for bly målt ved Vesterbro i Ålborg. Den bugtede kurve illustrerer årstidsvariationen, mens den glatte kurve giver et indtryk af udviklingen i perioden 1982-89.

Tidsserie for Nitrogendioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figur 12. Punkterne angiver månedsmiddelværdier for NO_2 målt ved Vesterbro i Ålborg. Den bugtede kurve illustrerer årstidsvariationen, mens den glatte kurve giver et indtryk af udviklingen i perioden 1982-89.

Tidsserie for Svovldioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figur 13. Punkterne angiver månedsmiddelværdier for SO_2 målt ved Vesterbro i Ålborg. Den bugtede kurve illustrerer årstidsvariationen, mens den glatte kurve giver et indtryk af udviklingen i perioden 1982-89.

Bly

Den klareste udvikling fandt vi for blyforekomsten i luften. Figur 11 viser udviklingen i målte værdier i Aalborg. Der blev observeret et fald på ca. en faktor 4. Dette svarer til faldet i det gennemsnitlige blyindhold i motorbenzin fra lidt under 0,6 g bly/liter benzin i begyndelsen af firserne til godt 0,1 g bly/liter benzin i 1989. Dette er i overensstemmelse med, at bly praktisk talt udelukkende stammer fra motorbenzin.

NO og NO_2

Koncentrationen af NO og NO_2 i luften viste i modsætning til bly en svag stigning i den samme periode (figur 12). Stigningen var på nogle få procent pr. år for både NO og NO_2 , hvilket stort set svarer til stigningen i

vejtrafikken. I samme periode er der ikke indført begrænsning i NO_x -emissionen fra biler. Udviklingen i NO_2 -koncentrationen blev kun i mindre omfang påvirket af den milde vinter 1988/89, formentlig på grund af at O_3 koncentrationen ikke var specielt lav i denne vinter.

SO_2

Koncentrationen af SO_2 er faldet betydelig i de seneste 8 år (figur 13). En væsentlig årsag er nedsættelsen af svovlindholdet i forskellige olietyper fra januar 1986. Den viser sig som et trin på udviklingskurven. Desuden har forbedret røgrænsning og overgang til naturgas spillet en rolle. De milde vintre 1988/89 og 1989/90 har også påvirket udviklingen i nedadgående retning. Det er påfaldende at de meget kraftige årstidsvariationer, som ses før 1988, er næsten udvisket de seneste to år. Det skyldes dels den lavere emission p.g.a. de milde vintre og dels at de meteorologiske forhold med mere ustabile vindforhold har givet anledning til større opblanding i atmosfæren.

3.5 Episoder

Tre typer

Under specielle meteorologiske forhold i forbindelse med situationer med høj emission kan der forekomme episoder med meget høje forurenings koncentrationer. Der forekommer groft taget følgende tre typer af episoder:

- 1) Lav vindhastighed, inversion, vinter.
- 2) Samme betingelser, forår og sommer.
- 3) Stabil jævn til kraftig vind fra sydøst.

Fotokemi

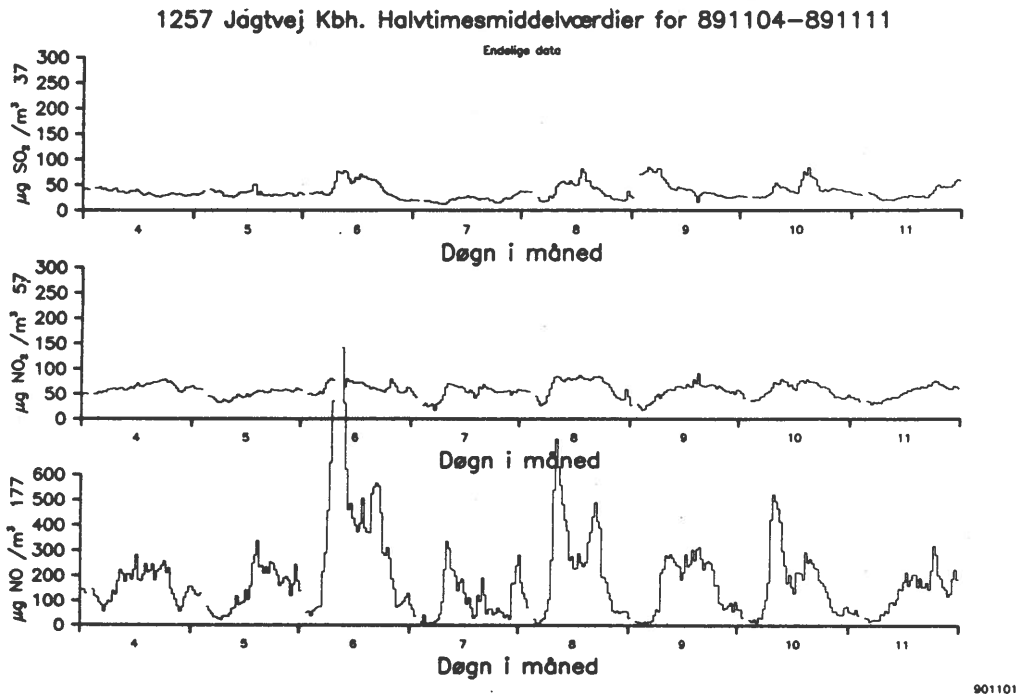
I de to første tilfælde bliver der "lagt låg" over byerne, så den lokalt frembragte forurening ikke kan undslippe. Forskellen på de to typer er, at den fotokemiske aktivitet i den lyse tid giver en hurtig omdannelse af NO til NO₂. Det er under disse episoder, der er størst risiko for at Miljøstyrelsens smog-varslingsgrænser overskrides.

Fjerntransport

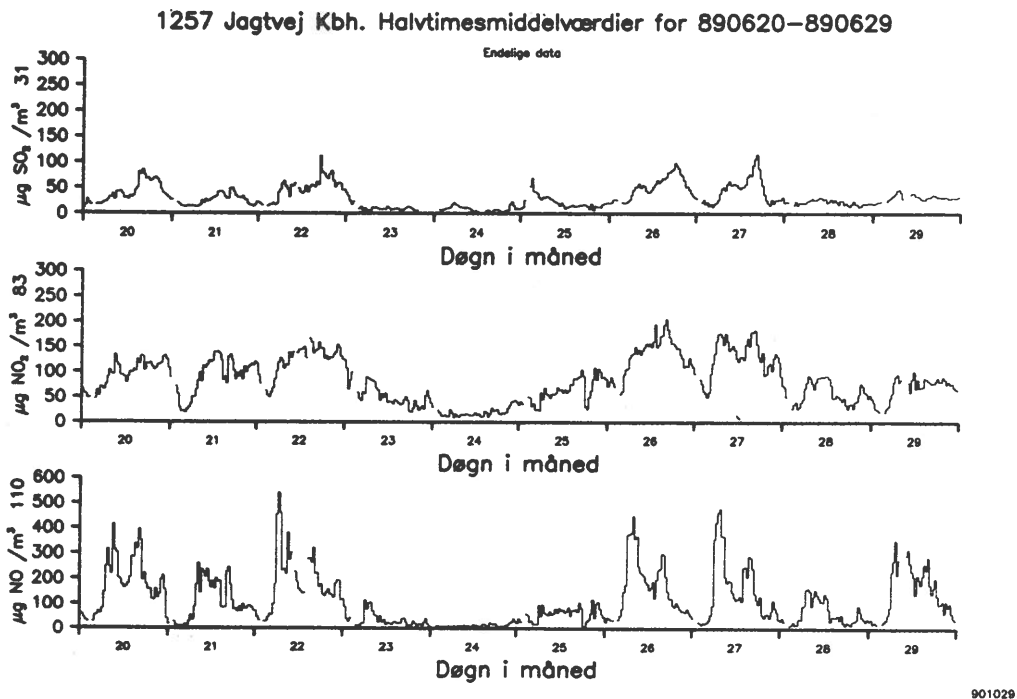
Den tredje episodetype vil indeholde et meget væsentligt bidrag af langtransporteret forurening, som med den stabile vind føres fra de meget forurenede industriområder i Central- og Østeuropa.

Figur 14 og 15 viser tilfælde med episoder med af type 1) og 2). Den 6. november 1989 (figur 14) var vindhastigheden det meste af døgnet under 2 m/sek og den registrerede vindretning svingede først fra vest mod syd for til sidst at ende i nord. Tilsvarende forhold fandtes 26.-27. juni 1989 samtidig med meget høje NO₂ koncentrationer.

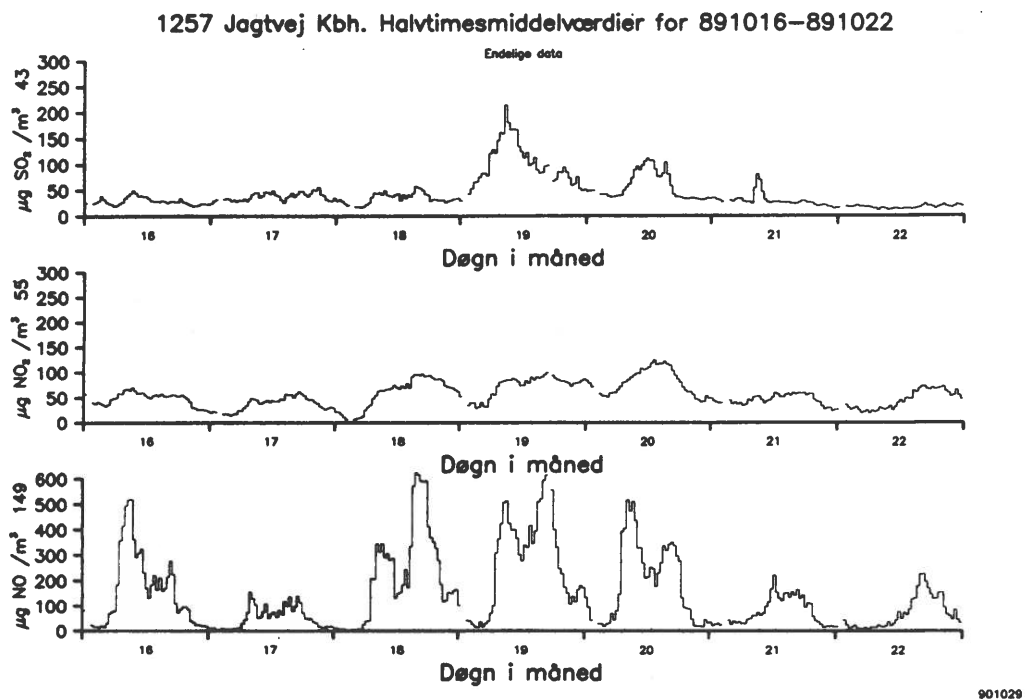
På figur 16 ser man væsentlig forhøjede koncentrationer af SO₂ den 19. oktober 1989 som indikation af en langtransportepisode. Vinden kom i dagene omkring den 19. oktober fra retninger mellem syd og sydøst med en hastighed på omkring 5 m/sek. De meget høje værdier af NO skyldes sandsynligvis ikke langtransport, men de er en følge af den stabile vind på tværs af "gadekløften" (sml. bilagsrapportens kapitel 5).



Figur 14. SO_2 -, NO - og NO_2 -målinger fra Jagtvej i København i perioden 4. - 11. november 1989. Til illustration af en lokalt betinget forureningsepisode.



Figur 15. SO_2 -, NO - og NO_2 -målinger fra Jagtvej i København i perioden 20.- 29 juni 1989. Til illustration af en lokalt betinget forureningsepisode med høj fotokemisk aktivitet.



Figur 16. SO_2 -, NO - og NO_2 -målinger fra Jagtvej i København i perioden 15.-25. oktober 1989. Til illustration af en langtransportepisode.

4. KONKLUSION

Grænseværdier

Resultaterne viser, at niveauerne af de forureningskomponenter, der findes bindende grænseværdier for, i alle tilfælde ligger under grænseværdierne. Ud over de bindende grænseværdier har Danmark, EF og WHO angivet vejledende grænseværdier for en række stoffer. Hvis disse vejledende grænseværdier overskrides anbefales det, at der tages forholdsregler så forholdene på længere sigt forbedres. Af de stoffer, som er omfattet af måleprogrammet er kun NO_2 koncentrationerne så store, at der er alvorlige overskridelser af de vejledende værdier. Bl.a. for at nedsætte NO_2 koncentrationerne har Folketinget vedtaget, at alle nye benzindrevne biler skal udstyres med katalysatorer fra oktober 1990 og at der senest fra 2005 skal ske en reduktion af NO_x emissionen fra kraftværkerne. Selv om disse foranstaltninger på længere sigt vil virke i positiv retning, er der ikke udsigt til en øjeblikkelig forbedring.

Udviklingen

Man kan konstatere en yderst gunstig udvikling af koncentrationen af bly i luften, idet den er faldet med mere end en faktor 4 siden begyndelsen af 1980'erne. Det er sket i takt med fjernelsen af bly i benzin. I løbet af de næste 10 år vil bly forsvinde fuldstændig fra benzin. Allerede på nuværende tidspunkt er man på grund af de lave niveauer i byområder begyndt at kunne identificere andre kilder til bly end den lokale trafik. SO_2 koncentrationerne er i samme periode faldet med en faktor to, Det skyldes ikke mindst nedsættelsen af svovlindholdet i olieprodukter fra 1986. Indførelsen af naturgas og bedre røg-

rensning har også bidraget til dette fald og kan ventes i de kommende år at bidrage til en fortsat gradvis mindskelse af SO₂ niveauerne.

Kilder

Selv om den lokale trafik utvivlsomt er den væsentligste kilde til luftforurening i gadeniveau, viser målingerne også betydelige bidrag fra såvel lokale kilder, såsom kraftværker, erhvervsvirksomheder og boligopvarmning, som langtransporteret forurening. I boligområderne i og omkring byerne er det ikke, på det foreliggende grundlag, muligt at angive en enkelt kildetype som dominerende.

Behov for yderligere målinger

De stoffer, der har været målt i LMP programmerne, udgør kun en lille del af de toksiske stoffer der findes i atmosfæren. De stoffer, der har været valgt, har imidlertid sat os i stand til at give en vurdering af de væsentligste forureningskilder og deres bidrag. De vil sammen med de meteorologisk baserede modeller, der er udviklet, gøre det muligt at beskrive udbredelsen af andre stoffer. Det er især organiske stoffer man bør måle bl.a. fordi kendskabet til emissionerne og omdannelserne er mangelfuldt.

ENGLISH SUMMARY

The monitoring programme

In 1980 a Danish Air Quality Monitoring Programme was established as a cooperative effort between the authorities of the government, counties, municipalities and Greater Copenhagen Council. The programme was carried out in 7 Danish cities including Greater Copenhagen (PALMGREN JENSEN and KEMP, 1986, 1987, 1988). In addition to the monitoring, the programme included emission inventories and meteorological model calculations of sulphur dioxide (BERKOWICZ et al., 1986).

In 1987 the network has been revised. Greater importance is now attached to monitoring of air pollutant from the traffic. The network includes monitoring of gasses and particulates, generally at kerb side. Data from the monitoring stations are transmitted directly to NERI.

The report

The present report is divided into two parts. The main report includes a description of the programme, a description of the data treatment, selected data presented in graphs and tables and the conclusions drawn on the measurements. The annex report includes all collected data from all urban areas reduced and presented in graphs and tables.

Limit values

The measurements showed that no Danish (EEC) air quality limits values were exceeded at the monitoring sites. However, Danish (EEC and WHO) guidelines for NO₂ were exceeded in the centre of Copenhagen.

NO_x

During the monitoring programme the measurements showed slightly increasing concentrations of NO and NO₂ in most of the urban areas in Denmark. This was due to increasing traffic.

In the long term the emission of NO_x will be reduced due to limits on the emission from power plants and especially due to introduction of catalysts on all new cars from October 1990.

Lead

A very clear reduction in the concentration of lead in urban air was observed since the late seventies, i.e. a factor of 5 corresponding to the reduction of lead content in petrol from approx. 0.56 g lead/liter to approx. 0.12 g lead/liter.

SO₂

In the same period the concentration of SO₂ was reduced a factor of 2 due energy saving, more district heating (with tall stacks instead of small chimneys), generally higher stacks, limits on sulphur content in fuel, increasing use of natural gas and more efficient combustion.

Sources

The local traffic was generally the most important air pollution source in Danish urban areas in the period 1982-89. However, other sources gave considerable contributions to the air pollution from e.g. power plants, industries, house heating and distant sources in our neighbour countries. The contributions from different sources were demonstrated by analyses of the measured concentration in relation to meteorological data.

Other components

In the programme only the traditional components were measured. In the future the monitoring programme must include more components. The greatest emphasis must be laid on components describing the atmospheric processes to be included in air quality models and the toxic/carcinogenic substances, e.g. O₃ and organics.

REFERENCER

- BERKOWICZ, R., RØRDAM OLESEN, H. AND TORP, U. (1986). The Danish Gaussian air pollution model (OML), in Proceedings of the 15'th International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, St. Louis, USA 1985.
- EF-DIREKTIV (1980) om grænseværdier og vejledende værdier for luftkvaliteten med hensyn til svovldioxid og svævestøv, (80/779/EØF) af 15. juli.
- EF-DIREKTIV (1982) om grænseværdi for bly i luften, (82/884/EØF) af 3. december.
- EF-DIREKTIV (1985) om luftkvalitetsnormer så vidt angår nitrogen-dioxid, (85/884/EØF) af 7. marts.
- EF-DIREKTIV (1989) om ændring af direktiv 80/779/EØF om svovldioxid og svævestøv, (89/427/EØF) af 21. juni.
- JOHANSON, S.A.E. and CAMPBELL, J.L. (1989), PIXE a Novel Technique for Elemental Analysis. John Willey and Sons, Chichester.
- KEIDING, K., og HANSEN A.M. (1983). Opsamling og analyse SO₂ i det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram. MST LUFT-A66.
- KEMP, K. (1985), Report on the joint measurement program, undertaken by Denmark in cooperation with the Commission during 1984-85. MST LUFT-A100.
- LØFSTRØM, P. and RØRDAM OLESEN, H. (1988), User's Guide for OML-MULTI. MST LUFT-A126.
- MILJØMINISTERIET (1986). Bekendtgørelse om grænseværdier for luftens indhold af svovldioxid og svævestøv, bekendtgørelse nr. 836 af 10. december.
- MILJØMINISTERIET (1987). Bekendtgørelse om grænseværdier for luftens indhold af nitrogendioxid, bekendtgørelse nr. 119 af 12. marts.
- PALMGREN JENSEN, F. OG KEMP, K. (1986) Det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram. Luftkvalitetsmålinger, Årsrapport 1984. MST LUFT-A101.
- PALMGREN JENSEN, F. (1987). Sammenfatning af hovedresultaterne i det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram. MST LUFT-A120.

- PALMGREN JENSEN, F. OG KEMP, K. (1987) Det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram. Luftkvalitetsmålinger, Årsrapport 1985. MST LUFT-A113.
- PALMGREN JENSEN, F. OG KEMP, K. (1988) Det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram. Luftkvalitetsmålinger, Årsrapport 1986. MST LUFT-A123.
- PALMGREN JENSEN, F. (1989). Status for luftkvaliteten i Danmark. Miljø & Energi 89/90. Teknisk Forlag, København.
- RØRDAM OLESEN, H. (1988). User's Guide to OML-Point. MST LUFT-A125.
- WESTERBERG, B. (1983). Kontinuert registrerende udstyr til måling af SO₂ og NO_x i det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram. MST LUFT-A76.
- WESTERBERG, B. and LUND THOMSEN, E. (1983). Calibration of chemiluminescent ambient air monitors by gas phase titration techniques. MST LUFT-A79.
- WHO (1987). Air Quality guidelines for Europe, WHO regional Publications, European series No. 23, København 1987.

Danmarks Miljøundersøgelser

Direktionen

Sekretariat

Forsknings- og Udviklingssekretariat

Danmarks Miljøundersøgelser

Thoravej 8, 2400 København NV

Tlf. 31 18 77 44 Telefax 38 33 26 44

Afd. for Forureningskilder og

Luftforurening

Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde

Tlf.: 46 30 12 00. Telefax: 46 30 11 14

Afd. for Miljøkemi

Mørkhøj Allé 26H, 2860 Søborg

Tlf.: 31 69 70 88. Telefax: 31 69 09 06

Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi

Jægersborg Allé 1B, 2920 Charlottenlund

Tlf.: 31 61 14 00. Telefax: 89 81 49 90

Afd. for Ferskvandsøkologi

Lysbrogade 52, 8600 Silkeborg

Tlf.: 86 20 14 00. Telefax: 89 20 14 14

Afd. for Terrestrisk Økologi

Vejlæssøvej 11, bygn. J., 8600 Silkeborg

Tlf.: 86 81 60 99. Telefax: 86 81 49 90

Afd. for Flora- og Faunøkologi

Kalsø, 8410 Rønde

Tlf.: 89 20 14 00. Telefax: 89 20 15 14

Afd. for Systemanalyse

Thoravej 8, 2400 København NV

Tlf.: 31 19 77 44. Telefax: 38 33 26 44

Publikationer

DMU udgiver: faglige rapporter, tekniske anvisninger, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, danske vildtundersøgelser og Danish Review of Game Biology samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer kan fås ved henvendelse til telefon: 31 19 77 44, lok. 54.