

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR 25/78
REFERANSE: 21373
DATO: JUNI 1978

REGIONALE LUFTFORURENSNINGER FRA
VEITRAFIKK I OSLO-OMRÅDET

AV
KNUT ERIK GRØNSKEI

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
P.O. BOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

FORORD

Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) fikk i april 1973 av Miljøverndepartementet (MD) i oppdrag å utføre en undersøkelse av luftforurensninger fra biltrafikk (MD Ref. 589/73 F PAG/JW, 12. april 1973).

Undersøkelsen har omfattet:

- undersøkelse av forurensningsnivået ved typiske trafikkårer i tettbygde strøk
- undersøkelse av forurensningenes avhengighet av faktorer som trafikk tetthet, meteorologiske forhold og gatetverrsnittets utforming
- undersøkelse av spredningen av forurensning fra biltrafikk på regional skala (middelverdier pr.km²).

Prosjektplanen er beskrevet i brev fra NILU til MD av 6. februar 1973.

Måleprogrammet ble gjennomført i løpet av perioden desember 1973-mars 1974.

De to første punktene er allerede behandlet i rapporten: "Undersøkelser av luftforurensning fra biltrafikk i Norge" av Steinar Larssen. I denne del av undersøkelsen er hovedvekten lagt på anvendelse av numeriske spredningsmodeller for beregning av forurensningskonsentrasjoner over byregioner, her kalt regionale forurensninger, som skyldes det samlede utslipp fra biltrafikk i området. Modellene er anvendt på Oslo-området, hvor det også er utført kontinuerlige målinger ved en stasjon (St.Hanshaugen). Disse målingene danner grunnlag for å vurdere anvendbarheten av de enkelte modelltyper til å beregne regionalforurensninger som forårsakes av utslipp fra biler. En detaljert utslippsoversikt for Oslo er utarbeidet i forbindelse med modellberegningene. Modellene kan også anvendes på andre byområder i Norge.

OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

For å klarlegge de regionale forurensningskonsentrasjoner fra biltrafikk i Oslo (middelverdier innen hver km²) har en i denne rapporten:

- 1) estimert forurensningsutslippene fra biltrafikk og oljefyring.
- 2) estimert forurensningskonsentrasjoner ved hjelp av eksisterende spredningsmodeller.
- 3) sammenlignet simulerte og målte konsentrasjoner av NO_x på St. Hanshaugen.

Utslippsoversikten fra biltrafikken bygger på trafikktellingsdata og på data for totalsalget av bensin og dieselolje. Utslipet fra fyringsolje er estimert fra oljeforbruket innen hver km². Middelutslippet i vinterhalvåret og i sommerhalvåret av komponentene CO, HC, NO_x, SO₂ og partikler er gitt i hver km². Resultatene viser at biltrafikken forårsaker det største forurensningsutslippet for samtlige av disse komponentene unntatt SO₂, mens utslippet fra oljefyringen er mer konsentrert i sentrumssonen.

For å estimere forurensningskonsentrasjonene har en benyttet resultatene av flere typer beregningsmetoder:

- 1) detaljerte numeriske transport- og spredningsberegninger i episoder
- 2) beregninger av statistiske fordelinger ved en "Gaussisk" spredningsmodell
- 3) beregninger av langtidsmiddelverdier og variasjoner i døgnverdiene ved en forenklet modell.

Metodene utfyller hverandre idet de bygger på forskjellige forutsetninger.

Sammendrag av resultater

NO_x: Målingene av NO_x-konsentrasjonene (St.Hanshaugen) er høyere enn de beregnete verdiene for metode 2 og 3.

Spredningsmodellene ble først utviklet og tilpasset for SO₂-forurensninger, og uoverensstemmelsen kan dels skyldes at den midlere utslippshøyden for NO_x (bilutslipp) er lavere enn for SO₂. Det bør også pekes på den store usikkerheten i utslippsestimatene for NO_x fra boligoppvarming, og årsakene til uoverensstemmelsen bør klarlegges nærmere.

CO: Den regionale CO-forurensningen kommer opp i noen ppm, men vil med nåværende utslippsmengde sannsynligvis ikke overskride rådgivende grenseverdier som gjelder i andre land. Når årsaken til CO-forurensningen i bygater skal beskrives, bør bidraget fra omgivelsene (10-50%) tas med i vurderingen.

HC: Døgnverdiene vil sannsynligvis i enkelte perioder om vinteren være større enn 200 µg/m³ i sentrumssonen. Beregningene tyder på at også i kortere perioder om sommeren, vil konsentrasjonene være større enn 160 µg/m³ i tidsrommet 0600-0900 og dermed større enn EPA's rådgivende norm for luftkvalitet. Normen tar sikte på å redusere mulighetene for dannelselse av fotokjemiske oksydanter. Forholdet mellom hydrokarboner og nitrogenoksyder ligger for øvrig godt til rette for dannelselse av ozon når solintensiteten er sterk nok og spredningen tilstrekkelig langsom.

Partikler - sot: Utslippsestimatene tyder på at partikkelinnholdet i Osloluften er forholdsvis lite. Sotmålingene fra Oslo vinteren 76/77 viser også verdier under rådgivende normer (40 µg/m³ som middelvei i vinterhalvåret). Tidligere års målinger (før 1976) viser betydelig høyere konsentrasjoner, men en kan ikke peke på at det har foregått en tilsvarende utslippsreduksjon i de siste årene. Veistøv og støvutslipp fra industri er ikke med i utslippsoversikten. En vil anbefale at det blir utført mer spesifikke målinger av luftens partikkelinnhold (totalt svevestøv bestemt gravimetrisk), og at estimater for veistøv og industriutslipp arbeides inn i utslippsoversikten.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1 <u>INNLEDNING</u>	7
2 <u>UTSLIPP SOVERS IKT</u>	8
2.1 <u>Grunnlaget for utslippsoversikten</u>	8
2.2 <u>Utslipp fra biltrafikken i Oslo</u>	9
2.3 <u>Utslipp fra oljefyring i Oslo</u>	15
2.4 <u>Totalutslippet av forurensningskomponenter over Oslo-området</u>	18
2.5 <u>Oppsummering</u>	18
3 <u>BEREGNINGER AV REGIONALE FORURENSNINGSKONSENTRASJONER</u>	19
3.1 <u>Detaljerte transport- og sprednings- beregninger den 19. desember 1973</u>	21
3.2 <u>Beregninger ved bruk av den Gaussiske spredningsmodellen, KILDER</u>	23
3.3 <u>Forenklete beregninger av regionale forurensningskonsentrasjoner</u>	25
3.4 <u>Oppsummering av beregningsresultatene</u>	27
4 <u>REFERANSER</u>	28
 DATAVEDLEGG A : Forurensning fra biltrafikk og fra oljefyring	 31
 DATAVEDLEGG B : Spredningsdata fra 1974/75	 45

1 INNLEDNING

Forurensning fra biltrafikk kan gi både lokale problemer nær ved trafikkårer og regionale problemer over større byområder. NILU tar i sine undersøkelser sikte på å belyse begge problemtyper. De fleste målingene ble utført nær sterkt trafikkerte gater. Ved en målestasjon på St. Hanshaugen ble konsentrasjonen av nitrogenoksyder registrert for å undersøke de regionale forurensninger i Oslo-området forårsaket av biltrafikk. For å klarlegge forholdene nærmere har en benyttet kjennskapet til utslippet fra biltrafikk og fra oljeforbrenning og kjennskapet til spredningsforholdene over Oslo til å beregne det generelle forurensningsnivå for de viktigste komponenter i bilutslippet. For nitrogenoksyder er resultatene av beregningene sammenlignet med måleresultatene fra St. Hanshaugen.

En slik regional spredningsmodell for trafikale forurensninger kan anvendes til:

- 1) å klarlegge den totale virkningen på luftkvaliteten av motorveiprosjekter (gjennomfartsårer) og samtidige endringer i trafikkavviklingen i byområdet (sentrumstrafikken). Erfaringsmessig brukes en slik modell til å beregne 8-timers CO-konsentrasjoner, 3-timers (06-09) HC-konsentrasjoner og årsmiddelkonsentrasjoner av NO_x . I Norge bør en også beregne midlere døgnkonsentrasjon i forurensningsepisoder.
- 2) å indikere utviklingen av trafikale forurensninger i området på grunnlag av prognoser for
 - områdets vekst
 - trafikkutvikling og trafikkavvikling
- 3) å bruke utslippsoversikten til å utfylle og å ekstrapolere måledata. Som eksempel kan nevnes at i Nordrhein-Westfalen hvor enkelte komponenter i luftforurensningen (SO_2 , fluorider, organiske komponenter og støvnedfall) registreres ved et stort antall målestasjoner (1 i hver km^2), har en brukt regionale spredningsmodeller til å simulere konsentrasjonene av i alt 10 forurensningskomponenter som ikke ble målt (1). Blant disse var trafikale forurensninger som

karbonmonoksyd, nitrogenoksyder og spesielle hydrokarboner.

I denne rapporten tar en sikte på å:

- 1) gi et første estimat av utslippene av trafikale forurensningskomponenter
- 2) bruke eksisterende spredningsmodeller til å beregne forurensningskonsentrasjoner
- 3) sammenligne beregnede konsentrasjoner med målte konsentrasjoner av NO_x på St. Hanshaugen.

I konklusjonen spesifiseres de trafikale forurensningskomponentene som har et totalutslipp over Oslo som forårsaker regional belastning av betydning. For disse komponentene bør en ikke se bort fra bakgrunnskonsentrasjonene når en vurderer målinger i gatenivået. Regionale belastninger kan også være av betydning i andre byområder i Norge, avhengig av totalutslippet, områdets størrelse og spredningsforholdene.

2 UTSLIPPSOVERSIKT

2.1 Grunnlaget for utslippsoversikten

Følgende utgangsdata er brukt:

- 1) Trafikktellinger langs hovedveiene i Oslo (2). Dataene er tilrettelagt av Hygieneavdelingen, Oslo Helseråd, for å estimere utslippet innen hver km^2 i Oslo-området.
- 2) Utslippsfaktorer fra Tyskland (1), USA (3) og Sverige (4). Utslippsfaktorene ble sammenholdt med resultater fra målingene i Oslo (5) og på den måten tilpasset forholdene her.
- 3) Befolkningstettheten innen hver km^2 i Oslo. Oversikten er utarbeidet på grunnlag av data fra Oslo Statistiske kontor (6), (7).
- 4) Utslippsoversikten for SO_2 fra oljefyring i hver km^2 i Oslo (8).
- 5) Totalsalg og midlere svovelinnhold i oljen, samt totalsalget av bensin og dieselolje i Oslo-området de siste årene (9).

2.2 Utslipp fra biltrafikken i Oslo

Fra oljeselskapene ble det i 1976 solgt 192 000 m³ bensin og 61 000 m³ autodiesel til bensinstasjoner i Oslo. En har antatt at drivstoff som kjøpes andre steder, men forbrennes i Oslo, oppveies av den mengden som kjøpes i Oslo, men forbrennes andre steder.

Veiene i Oslo er delt inn i følgende klasser:

A-veier: Store hovedveier hvor det er få hindringer og hvor det stort sett er god trafikkflyt. En har regnet hovedtilførselsårene og ringveiene til denne klassen, bortsett fra området ved Sinsenkrysset.

B-veier: Bygater hvor trafikken stoppes ofte av trafikklys og kryssende veier. Alle sentrumsgater og smågater med årsdøgntrafikk (ÅDT) større enn 2000 klassifiseres som B-veier. Totalutslippene fra hver bil er vesentlig større på B-veiene enn på A-veiene.

C-veier: Smågater med ÅDT mindre enn 2000.

Detaljerte data for trafikkavviklingen kan gi grunnlag for en finere oppdeling og en nøyaktigere utslippsoversikt enn den som er brukt her.

Dataene for årsdøgntrafikken er multiplisert med veilengden og summert innen hver km² i Oslo-området for henholdsvis A-veier og B-veier. Resultatet er vist i figurene 1 og 2.

Sentrumssonen er valgt å omfatte de 9 km² som er innrammet i figur 1 og 2 av følgende grunner:

1. Det er størst befolkningstetthet og et stort antall B-veier i området.
2. A-veiene går omkring området.
3. Området angir sentrum for konvergensen av luftstrømmer over Oslo-området. Det sammenfaller også med sentrumssonen definert i tidligere undersøkelser. (8).

Det samlede trafikkarbeidet (produktsummen av veilengden ganger biltettheten) er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Trafikkarbeidet i Oslo (enhet: 10^3 bil·km/døgn):

	A-veier	B-veier	Sum
I Oslo-området	1111.6	1971.2	3082.8
I Sentrumssonen	0	507.5	507.5

Trafikkarbeidet på C-veiene er ikke kjent fordi denne trafikken ikke fanges opp av trafikkteilingene.

Tabell 2 viser utslippsfaktorene som en har benyttet for A og B-veiene.

Tabell 2: Utslippsfaktorer for A og B-veier i Oslo-området i g/km.

*Fordelingen bensin/dieseldrevne biler er anslått fra trafikkteilinger.

Komponent	Bensinbiler		Dieselbiler		85%bensin + 15% diesel *	
	A	B	A	B	A	B
CO	20	46	2.3	5.4	19.9	39.9
HC	1.2	2.3	3.2	6.1	1.5	2.9
NO _x	1.6	1.7	4.6	4.7	2.1	2.2
SO ₂	0.07	0.11	2.0	2.0	0.36	0.39
Partikler	0.18	0.28	2.0	2.0	0.61	0.78

Utslippsfaktorene fra Tyskland (1) og USA (3) og Sverige (4) varierer betydelig. Forskjellen i utslippsfaktorene for A og B-veier er estimert ut fra resultater av målinger utført i Rådhusgaten (A-vei) og i Torggaten (B-vei) i Oslo (5).

Biltrafikken som går på småveier (C-veier) i Oslo-området, fanges ikke opp av trafikkteilinger på A-veiene og B-veiene. For å bestemme denne delen av forurensningsutslippet har en estimert drivstofforbruket langs A og B-veiene og trukket dette fra totalforbruket for bensin og dieselolje.

Manuelle trafikktellinger, som skiller mellom forskjellige typer biler, viser at ca 15% av trafikken utgjøres av dieseler biler og 85% av bensindrevne biler.

Midlere drivstofforbruk er anslått til 1.2 l/10km for bensindrevne biler og 2.5 l/10km for dieseldrevne. Forbruket regnes å være det samme for A og B-veier. Forbruket er i overensstemmelse med tekniske opplysninger om bilene og gir en rimelig andel bensin og diesel som forbrukes på C-veiene. I Tabell 3 viser en antall kjørte kilometer på A og B-veier til bruk for beregning av drivstofforbruket.

Tabell 3: Trafikkarbeidet utført av bensin og dieseler biler på A og B-veiene.
Enhet: 10^3 bil·km/døgn.

	Bensin	Dieseler
A-veier	945	167
B-veier	1675	296
Sum	2620	463

Drivstofforbruk pr. døgn:

Bensin: $2620 \cdot 10^3$ bil km/døgn \cdot 1.2 l/10bil·km = 314.4 m³/døgn

Dieseler: $463 \cdot 10^3$ bil km/døgn \cdot 2.5 l/10bil·km = 115.75 m³/døgn

Totaltallene for et år er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Årlig forbruk av bensin og dieseler olje.
Enhet: m³.

	Bensin	Dieseler
Totalsalget	192 000	61 000
Forbruket på A og B-veier	114 442	42 133
Rest	77 558	18 867

Til å beregne restutslipp som skal fordeles etter befolknings-
tettheten som vist i Figur 3, har en benyttet utslippsfaktorene
vist i Tabell 5. (4).

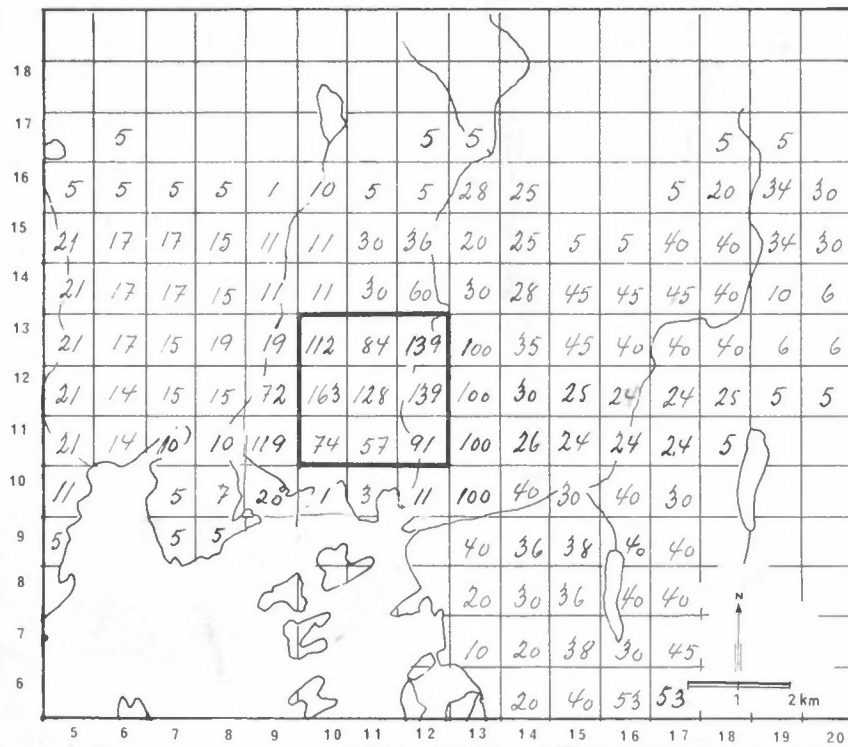
*Tabell 5: Utslippsfaktorer til beregning av forurensningsutslippet
på trafikken som ikke fanges opp av trafikktelegningene.*

Komponent	Kjemisk betegnelse	kg utslipp pr 10 ³ l drivstoff	
		bensin	diesel
Karbonmonoksyd	CO	350	20
Hydrokarboner	HC	50	39
Nitrogenoksyder	NO _x	17	23
Svoveldioksyd	SO ₂	0.6	8
Partikler		1.5	8

Faktorene i Tabell 5 er estimerte gjennomsnittstall for by-
kjøring, og de gir restutslippet vist i Tabell 6 til fordeling
etter befolkningstettheten.

*Tabell 6: Utslippet av trafikkale forurensninger som fordeles
etter befolkningstettheten.*

Komponent	Bensin kg/døgn	Diesel kg/døgn	Sum kg/døgn	Samlet utslipp i kg/time
CO	74575	1037	75612	3151
HC	10654	2021	12675	528
NO _x	3622	1192	4814	201
SO ₂	414	127	541	22.5
Partikler	320	414	734	30.6

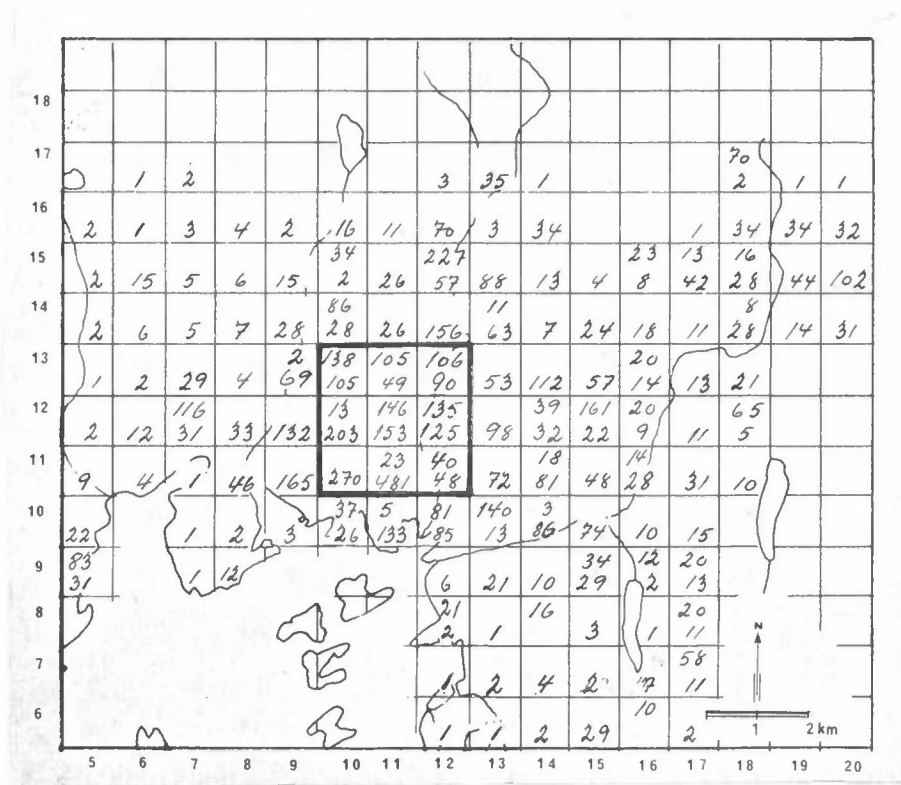


Figur 3: Befolkningstettheten i Oslo brukt ved fordeling av restutslippet.
 Enhet: 100 personer/km².

Utslippsfaktorene som er gitt på side 13, er basert på undersøkelser fra andre land. Videre undersøkelser bør ta sikte på å undersøke hvor representative de er for Oslo-området.

2.3 Utslipp fra oljefyring i Oslo

Forbrenning av olje forårsaker også utslipp av NO_x og i mindre grad CO og HC, de samme komponenter som også skyldes biltrafikken. For å gi en oversikt over bidraget fra oljefyring har en tatt utgangspunkt i utslippsoversikten for SO_2 , gitt i figur 4 (8).



Figur 4: Beregnet svovelutslipp i Oslo 1. kvartal 1975.
 Enhet: 100 kg S/km².
 Øverste tall i hver rute angir utslippet fra store kilder. Nederste tall angir utslippet fra små kilder.
 Multiplisert med 2 gir tallene utslippet i 100 kg SO₂/km².

Tallene i figuren skiller mellom utslipp fra store og fra små kilder i Oslo-området.

Estimatet av utslippet som skyldes oljefyring er basert på denne oversikten, samt utslippsfaktorer angitt av EPA (3).

Ifølge data for totalforbruket i Oslo (9), var 25% av oljesalget i 1974 tungolje (5-6) og A-kvaliteter med midlere svovelprosent på ca 0.8. 75% av oljesalget var lettoljer (1-2) med midlere svovelprosent på ca 0.5. Det gir et veiet svovelinnhold på 10.2 kg SO₂/m³.

Ved beregning av de øvrige utslippene har en benyttet dataene fra figur 4 som forholdstall F som angir forholdet mellom utslippsmengden av de enkelte forurensningskomponenter og den tilsvarende utslippsmengden av SO₂. Verdiene for F som er benyttet, er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Forholdet F mellom utslippet av enkelte forurensningskomponenter ved forbrenning av olje og tilsvarende utslippsmengde av SO₂.

Komponent	Utslipp (kg/m ³ olje)	F
SO ₂	10.2	1
CO	0.6	0.059
NO _x (som NO ₂)	1.8	0.18
HC	0.35	0.034
Partikler	2.0	0.2

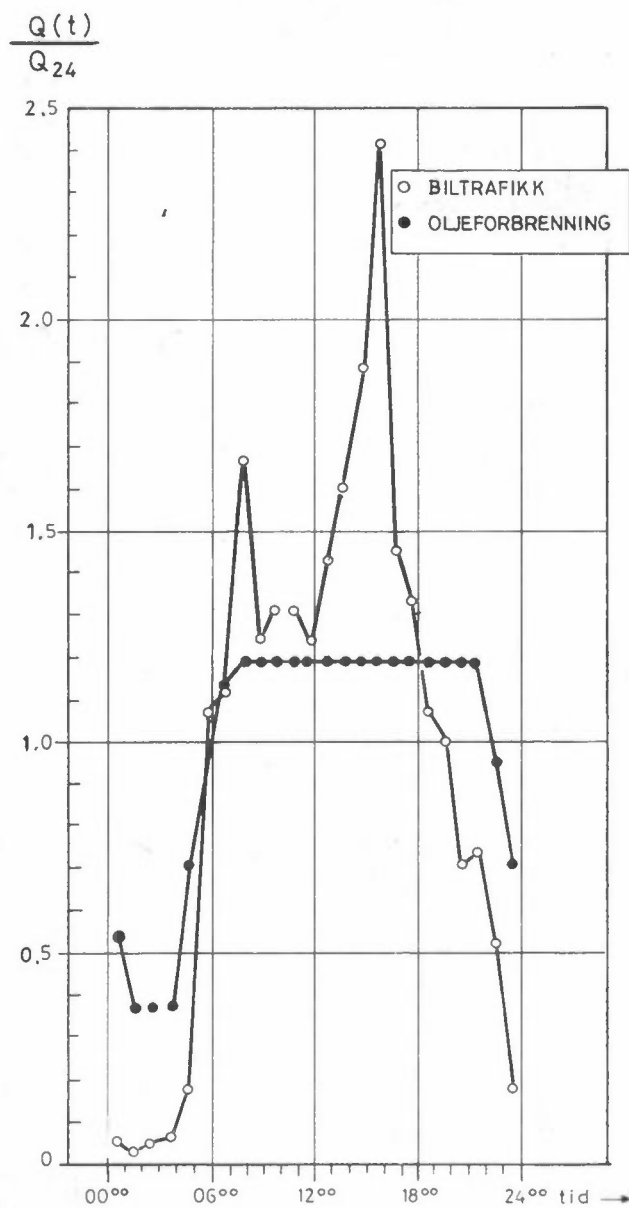
I Tyskland regner en med utslippsfaktorer som gir et høyere CO-utslipp og et lavere NO_x utslipp enn gitt i Tabell 7. Uoverensstemmelsen mellom utslippsfaktorene fra USA og Vest-Tyskland gjør at aktuelle forhold i Oslo bør undersøkes nærmere.

Den relative utslippsvariasjonen fra oljefyring over døgnet angis i figur 5. Variasjonen i utslippet fra biltrafikk baseres på døgnavariasjonen av timesvise trafikktegninger i typiske gater i Oslo og Drammen. Variasjoner i utslippet fra oljebrenning baseres på empiriske data fra USA og på målinger av variasjoner i SO₂-konsentrasjonene med tid på døgnet i Oslo (11).

Utslippet fra oljefyringen varierer med årstiden. I 1970 var totalsalget av olje:

1. kvartal	41.7%
2. "	17.1%
3. "	11.2%
4. "	30.0%

En antar at dette uttrykker årstidsvariasjonen av utslippet.



Figur 5: Relativ variasjon i utslippet over døgnet for biltrafikk og oljeforbrenning.

2.4 Totalutslippet av forurensningskomponenter over Oslo-området

Typiske timesvise utslipp av de enkelte komponenter fra oljefyring og biltrafikk er gitt i vedlegg A. Disse utslippene varierer med årstiden og tid på døgnet som beskrevet ovenfor. I oversikten gir en midlere timesutslipp fra biltrafikk og fra oljefyring for sommer- og vinterhalvåret. Oversikten er utarbeidet for fem forurensningskomponenter (CO, HC, NO_x, SO₂, partikler).

I Tabell 8 gis det samlede utslippet vinterstid i sentrumssonen og i hele Oslo-området for hver av komponentene fra biltrafikk og fra oljefyring. Tallene representerer midlere timesutslipp over vinterhalvåret oktober-mars. For å finne typiske utslipp som funksjon av tid på døgnet må verdiene multipliseres med de relative utslippstallene gitt i figur 5. Variasjonene i utslippsforholdene over døgnet omtales under pkt. 2.3.

*Tabell 8: Midlere forurensningsutslipp om vinteren fra biltrafikk og oljefyring i 1975.
Enhet: kg/time*

Komponent	Hele Oslo-området		Sentrumssonen	
	Biltrafikk	Oljefyring	Biltrafikk	Oljefyrin
CO	7350	32	1534	10
HC	836	19	177	6
NO _x	479	97	91	31
SO ₂	71	537	13	175
Partikler	123	107	23	35

2.5 Oppsummering

Basert på eksisterende data gir utslippsoversikten grunnlag for å angi typiske timesvise utslipp av forskjellige forurensningskomponenter innen hver km² i Oslo. En vil imidlertid peke på at detaljerte data for trafikkavviklingen kan gi grunnlag for en finere oppdeling og en nøyaktigere oversikt over utslippene fra biltrafikken.

3 BEREGNINGER AV REGIONALE FORURENSNINGSKONSENTRASJONER

Følgende beregningsmetoder er benyttet til å finne forurensningskonsentrasjonene:

a. Numeriske transport- og spredningsberegninger av forurensningskonsentrasjonene i episoder

Beregningsmetoden er beskrevet i andre rapporter (11). Metoden bygger på massebalanse av forurensningene over Oslo-området (endelig differensstilnærmelse).

Fordeler: Detaljerte endringer i forurensningskonsentrasjonene, som følge av endringer i utslipp og spredningsforholdene kan estimeres fra time til time. Samtidige målinger kan derfor brukes til å kontrollere beregningsmetoden, og også til en viss grad utgangsdataene. Modellen er egnet til å klarlegge årsakssammenhengen mellom utslipp og luftkvalitet i forurensningsepisoder.

Ulemper: Det stilles store krav til utgangsdataene, som må registereres med tidsopløsning bedre enn 1 time.

b. Forenklet modell for estimat av langtidsmiddelverdier og variasjoner i døgnverdiene (8)

Idet den vertikale luftutvekslingen er av stor betydning for spredning over Oslo-området, er det nær sammenheng mellom forurensningskonsentrasjonene, temperaturen og temperaturvariasjonen med høyden. Tidligere utslippsoversikter og målinger av SO₂-konsentrasjonene er benyttet til å estimere spredningsfaktorenes endring med temperaturskiktningen. Bidraget fra omgivelsene er estimert ved en enkel metode, som tar hensyn til horisontal transport og vertikal diffusjon over byområdet. På dette grunnlaget finner en så middelkonsentrasjonen over sentrumssonen.

Fordeler: Metoden er enkel og fordrer ikke bruk av elektronisk regnemaskin. Den er egnet til å gi en grov oversikt over

forurensningsforholdene, samt å anslå den årlige utviklingen i forurensningsforholdene justert for meteorologiske forhold.

Ulemper: Metoden er ikke egnet til å vurdere bidraget fra store enkeltkilder, og effekten av store kortperiodiske vindvariasjoner er ikke tatt med. Effekten av utslippsendringer og av endringer i spredningsforholdene er ikke kombinert på en tilfredsstillende måte.

c. Beregninger ved den Gaussiske spredningsmodellen, KILDER (10)

Metoden adderer forurensningsbidraget fra enkeltkilder og arealkilder ved bruk av en spredningsformel for enkeltkilder.

Fordeler: Bidraget fra enkeltkilder kan spesifiseres og virkningen av endringer i utslippsforholdene derfor lett vurderes. Modellen er for øvrig benyttet i et stort antall byer og beskriver med rimelig nøyaktighet frekvensfordelingen av konsentrasjonene.

Ulemper: Modellen bygger på forutsetninger om meteorologiske spredningsforhold som i Oslo-området bare er oppfylt anslagsvis 50% av tiden i vinterhalvåret.

d. Oppsummering

Fordelene ved bruk av de forskjellige modellene er at de utfyller hverandre, og alle resultatene bør tas med i en totalvurdering. Ideelt sett bør de forskjellige modellene anvendes når deres respektive forutsetninger er oppfylt, og resultatene bør knyttes sammen i en enhetlig og samlet beskrivelse.

3.1 Detaljerte transport- og spredningsberegninger den 19. desember 1973

Utslippsdataene (gitt i vedlegg A) er benyttet sammen med meteorologiske data fra 19. desember 1973 til å beregne tidsforløpet av NO_x-konsentrasjonen og av CO-konsentrasjonen.

Fordelingen over Oslo av NO_x-konsentrasjonen (døgnmiddel) og CO-konsentrasjonen (8t middel kl 07-15) er vist i figurene 6 og 7.

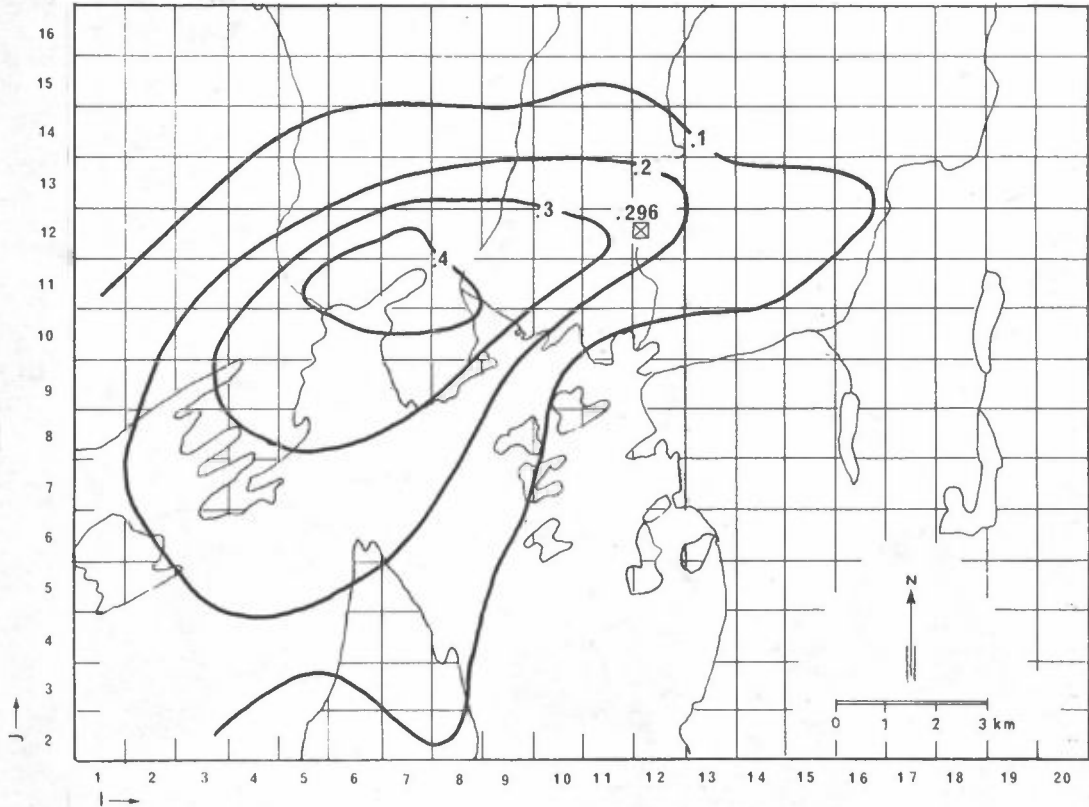
NO_x-måleren på St.Hanshaugen registrerte døgnverdien 296 µg/m³ som faller godt inn i den beregnede fordelingen. Beregningene gir, som figuren viser, betydelig høyere konsentrasjoner vest for målestasjonen. Forurensningskonsentrasjonene den 19.12.73 må betegnes som høye. De er ikke ekstremt høye, fordi vindøkning midt på dagen førte til bedret utlufting i noen timer. For øvrig kan situasjonen betegnes som en typisk forurensningssituasjon med inversjon og kaldluftstrømmer ned dalene mot Oslo sentrum.

Av verdiene i figurene 6 og 7 ser en at forurensningene over Oslo-området også langt fra sterkt traffikerte enkeltgater kan være betydelige sett i relasjon til rådgivende normer for luftkvalitet som vist i Tabell 9.

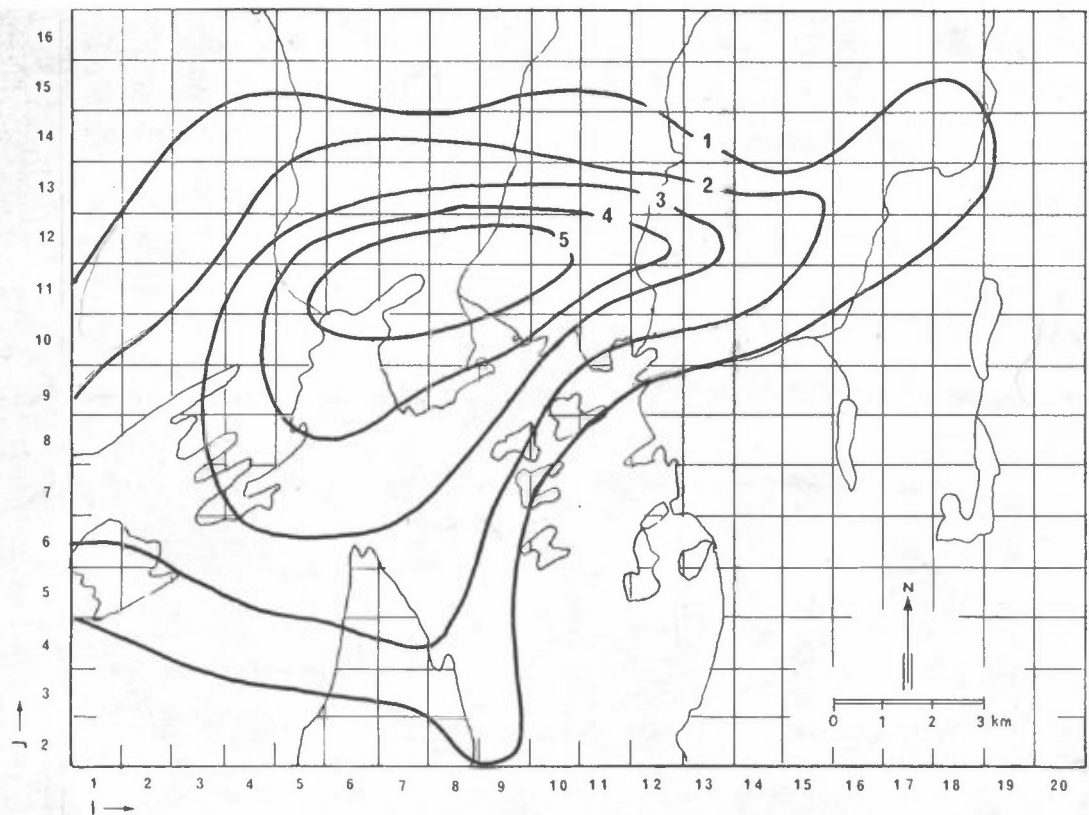
Tabell 9: Retningslinjer for luftkvalitet - Veiledende normer.
Enhet: mg/m³. Midlingstid i parentes.

<u>Karbonmonoksyd (CO):</u> USA og WHO Vest-Tyskland	40 (1 time)	10 (8 timer)	10 (1 år)
<u>Nitrogenoksyd (NO₂):</u> Norge* ¹ og Canada USA og Vest-Tyskland	0.40 (1 time)	0.20 (24 timer)	0.10 (½ år) 0.10 (1 år)
<u>Hydrokarboner (HC):</u> USA	0.16 (middel mellom kl 06 og 09)		
<u>Svevestøv:</u> Norge og Sverige WHO		0.12 (24 timer)	0.04 (½ år) 0.04 (1 år)
<u>Svoveldioksyd (SO₂):</u> Norge og Sverige		0.20 (24 timer)	0.06 (½ år)

*¹ Verdiene som angis for Norge foreligger som forslag til veiledende normer.



Figur 6 : Beregnet fordeling av døgnmidlere NO_x -konsentrasjon over Oslo-området den 19. desember 1973. Observasjonen fra St.Hanshaugen er avsatt på figuren. (X) Enhet: mg/m^3 (som NO_2).



Figur 7 : Beregnet fordeling av midlere CO-konsentrasjon (8 timer) over Oslo-området i perioden kl 08-15 den 19. desember 1973. Enhet: mg/m^3 .

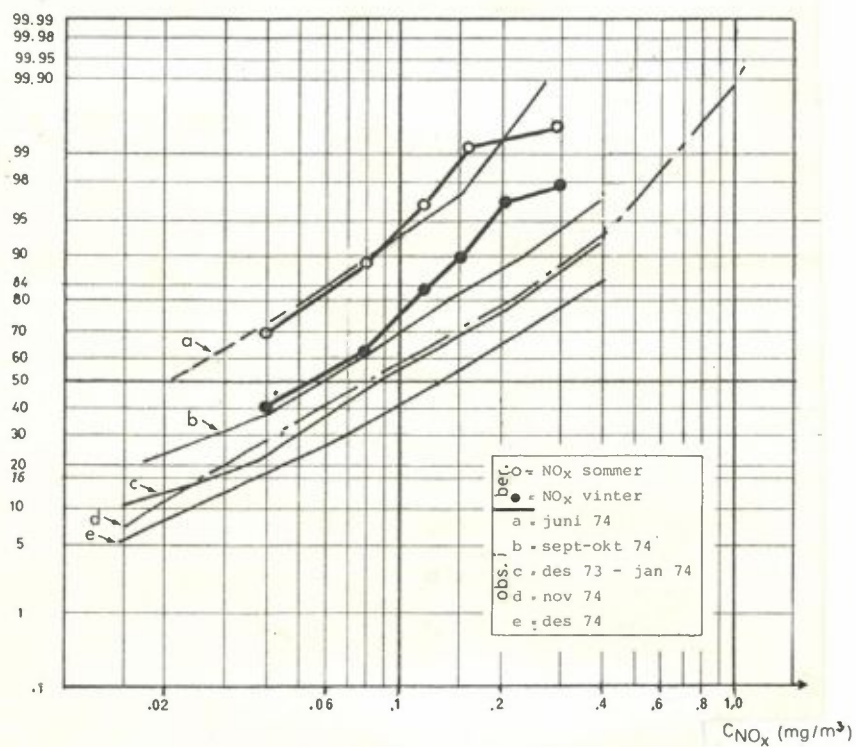
3.2 Beregninger ved bruk av den Gaussiske spredningsmodellen, KILDER

Beregninger er utført ved hjelp av modellen KILDER som er beskrevet i andre rapporter (10). En kan regne med at forutsetningene tilfredstilles når vindstyrken er over 2 m/s og at den kan brukes for noe lavere vindstyrker på korte avstander for utslipp som ligger nær stedet hvor vindmåleren er plassert. Til å karakterisere spredningsforholdene har en benyttet vinddata fra Rådhusgata (montert på taket av Rådhusgt. 10, Viktoriagården). Temperaturmålinger fra Tryvasshøgda og Blindern kl 07, 13 og 19 ble brukt til å gi stabilitetsforholdene og derved den vertikale blanding. Idet utslippet skjer fra mange små kilder i forskjellige høyder har en regnet med volumkilder for hver kvadratkilometer. En regner med at utslippet er jevnt fordelt i volumet. Spredningsdataene fra 1974/75 og høyden av volumkildene er vist i datavedlegg B.

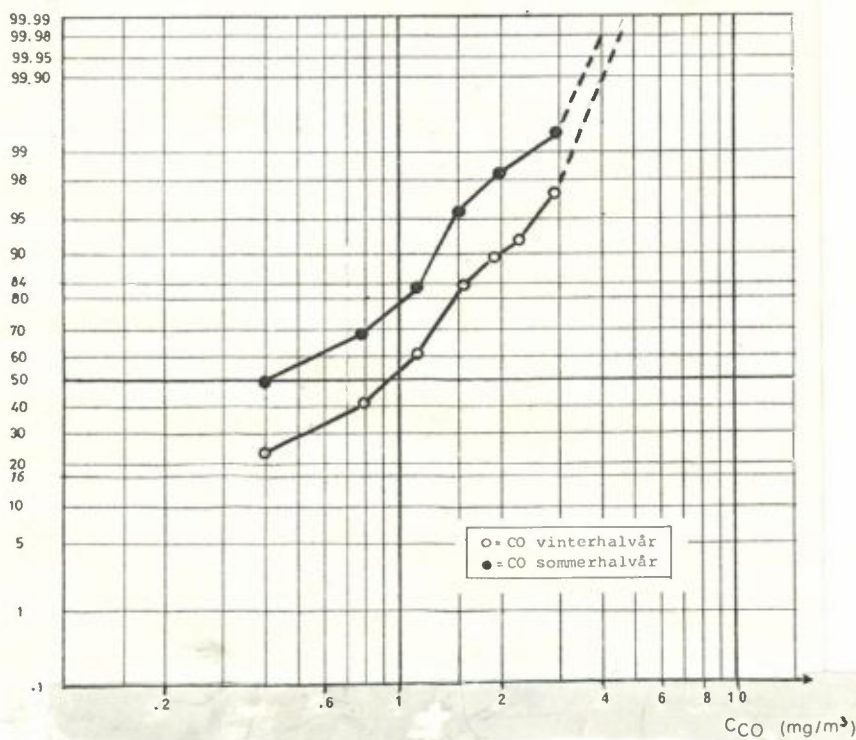
Vanlig brukte spredningsparametre gir frekvensfordelingen av NO_x -konsentrasjoner som vist i figur 8. Beregningene underestimerer konsentrasjonene i vinterhalvåret, mere jo høyere verdiene er over $100 \mu\text{g NO}_x/\text{m}^3$. Denne uoverensstemmelsen kan skyldes dels at en har regnet med middelutslipp for halvåret, dels at hyppigheten av situasjoner med dårlige vertikale blandingsforhold (inversjoner) underestimeres når en bruker temperaturdifferensen mellom Blindern og Tryvasshøgda som mål for stabiliteten.

Observasjonene i juni måned stemmer godt overens med de beregnede verdiene, men beregningene underestimerer maksimalkonsentrasjonene på samme måte som om vinteren.

Beregnet frekvensfordeling av CO-konsentrasjoner på St.Hanshaugen er vist i figur 9. Her finnes ikke målinger for sammenligning. En ser at CO-konsentrasjonene neppe overskrider rådgivende normer ($10 \text{ mg CO}/\text{m}^3$), men at de bør tas med i betraktning når en skal vurdere forurensningsforholdene i en gate.



Figur 8: Frekvensfordelingene av beregnede og observerte NO_x-verdier på St. Hanshaugen i 1974.



Figur 9: Frekvensfordelingen av beregnede CO-konsentrasjoner på St. Hanshaugen i 1974.

3.3 Forenklete beregninger av regionale forurensningskonsentrasjoner

For SO₂ i Oslo eksisterer en sammenheng mellom døgnkonsentrasjoner målt i sentrumssonen og temperaturmålinger fra Blindern og Tryvann (8). Temperaturforskjellen mellom Blindern og Tryvann kl 19 (T_{Bl19} og T_{Tr19}) gir et godt mål på vertikalblandingen, og brukes derfor til å estimere variasjoner i konsentrasjonene med de vertikale spredningsforholdene. For SO₂ kan 24-timers midlere konsentrasjoner, R, estimeres ved ligningen:

$$c = A (T_{Tr19} - T_{Bl19}) + \frac{B(T_{Tr19} + T_{Bl19})}{2} + C$$

Her er A, B og C lineære regresjonskoeffisienter. Regresjonsligningen er basert på målinger av SO₂, men antas å beskrive sammenhengen mellom temperaturmålingene og regionale forurensninger av andre komponenter. Ved statistisk analyse av sammenhengen mellom NO_x-målingene fra St.Hanshaugen og meteorologiske parametre, finner en samme type regresjonsligning som for SO₂.

På grunnlag av utslippstallene for de forskjellige forurensningskomponentene fra olje og biltrafikk, har en beregnet verdier for A, B og C, som er gitt i tabell 4. Metoden er begrunnet i ref. (8).

Tabell 4: Estimerte lineære regresjonskoeffisienter for sammenhengen mellom forurensningskonsentrasjoner og temperaturmålinger (døgnmidler). c(stor) og c(liten) angir henholdsvis stor og liten verdi for beregnede forurensningskonsentrasjonene som forekommer.

	A µg/m ³ ·°C	B µg/m ³ ·°C	C µg/m ³	c stor µg/m ³	c liten µg/m ³
SO ₂ -vinter	6.6	1.4	81	207	42
CO-vinter	65	13.9	800	2050	409
NO _x -vinter	5.1	1.1	63	161	32
HC-vinter	7.7	1.6	94	239	48
Part-vinter	2.2	0.5	27	70	14

Foruten de beregnede koeffisientene viser tabellen store og små døgnkonsentrasjoner på grunn av utslippet fra oljefyring og biltrafikk. Verdiene er beregnet på grunnlag av realistisk forekommende temperaturer i Oslo-området ved sterk inversjon i kuldeperioder (c stor) og ved nøytral temperaturskikking i milde vinterperioder (c liten). En må regne med at konsentrasjonene om dagen på grunn av større utslipp kan bli omtrent dobbelt så store som døgnmiddelkonsentrasjonen.

Disse enkle beregninger viser blant annet følgende:

- NO_x : Målingene av NO_x -konsentrasjonene på St.Hanshaugen ligger høyere enn beregnede verdier (c stor). Dette kan skyldes at den midlere utslippshøyden er lavere for NO_x enn for SO_2 som ligningen er utviklet for. Forholdene bør imidlertid klarlegges nærmere, idet også den store usikkerheten i utslippstallene for NO_x fra boligoppvarming kan være en vesentlig årsak til uoverensstemmelsen.
- CO: Konsentrasjonene kan komme opp i noen mg/m^3 , men vil med nåværende totalutslipp sannsynligvis ikke overskride rådgivende grenseverdier. Når konsentrasjonen i gatenivået skal beskrives, bør bidraget fra omgivelsene tas med i vurderingen. Disse kan utgjøre 10-50% av totalnivået.
- HC: Døgnverdiene vil sannsynligvis i enkelte perioder kunne bli større enn $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over sentrumssonen. Rådgivende normer fra USA som tar sikte på å redusere muligheten for dannelse av fotokjemiske oksydanter vil derfor overskrides forholdsvis hyppig om vinteren. Forholdet mellom hydrokarboner og nitrogenoksyder ligger for øvrig godt til rette for dannelse av ozon og andre fotokjemiske oksydanter når solintensiteten er sterk nok og spredningen tilstrekkelig langsom.

Partikler - sot:

Basert på utslippsoversikten beskrevet foran synes partikkelinnholdet i Oslo-luften å være forholdsvis lavt. Tidligere års målinger ved stasjoner i Oslo, gir sotverdier vesentlig høyere enn resultatene i tabell 4 (c max) antyder. Målinger fra St.Olavs plass vinteren 1976/77 viser imidlertid lavere verdier, med bare ca 7% av døgnverdiene høyere enn $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I utslippsoversikten er veistøv og industriutslipp ikke tatt med fordi det er vanskelig å gi noenlunde sikre estimater for disse utslippene. Utslippsoversikten bør likevel kompletteres med estimater av bidraget fra industri og fra veistøv. Likeledes bør støvmålingene utvides til også å omfatte totalt svevestøv bestemt ved gravimetrisk analyse, for å få direkte sammenlignbare emisjons og immisjonsverdier.

3.4 Oppsummering av beregningsresultatene

De detaljerte numeriske beregningene tyder på at i forurensnings-episoder er utbredelsen av høye CO- og NO_x -konsentrasjoner stor. Konsentrasjonene av henholdsvis karbonmonoksyd og nitrogenoksyd er av samme størrelsesorden som EPA's 8-timers norm for CO og som norsk forslag til 24-timers norm for NO_2 . Utstrekningen av området med høye konsentrasjoner kan være større enn sentrumssonen i Oslo.

Beregningene ved den Gaussiske spredningsmodellen viser at under vanlige meteorologiske forhold er konsentrasjonene lave ved St.Hanshaugen og også i andre områder av Oslo, når en ikke befinner seg nær sterkt trafikkerte gater.

På St.Hanshaugen gir beregningsmetodene lavere NO_x -konsentrasjoner enn de målte verdiene.

Den forenklete beregningsmetoden er benyttet til å angi variasjonen i konsentrasjonene med de meteorologiske forholdene. Metoden tar sikte på å estimere middelkonsentrasjonene over sentrumssonen, og en finner rimelig overensstemmelse med de mer kompliserte metodene for beregning av NO_x og CO-konsentrasjonene.

4 REFERANSER

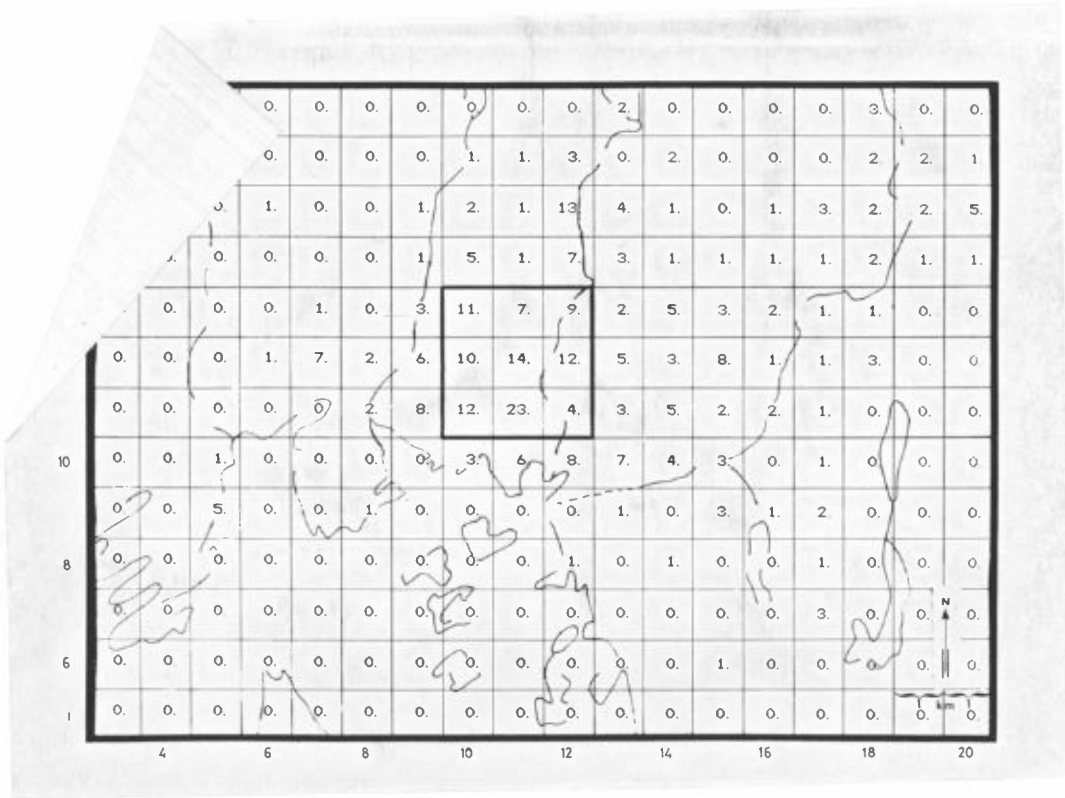
- (1) Tyskland. Ministerium
für Arbeit, Gesundheit
und Soziales des Landes
Nordrhein-Westfalen Luftreinhalteplan Rheinschiene
Süd (Köln) 1977-1981.
Köln, Verlag TÜV Rheinland,
1977. 237 s.
- (2) Oslo kommune,
Byplankontoret Trafikkundersøkelser i Oslo.
- (3) U.S. Environmental
Protection Agency Compilation of air pollutant
emission factors (Revised).
Research Triangle Park, N.C.,
Office of Air Programs, 1972.
- (4) Frøysadal, E. Luftforurensning fra bil-
trafikk.
Et litteraturstudium.
Oslo, TØI, 1973.
- (5) Larssen, S. Undersøkelse av luftforurens-
ninger fra biltrafikk i Norge.
Lillestrøm 1977.
(NILU OR 10/77).
- (6) Oslo kommune
Byplankontoret Oslo, det sentrale byområdet.
Befolkningens fordeling 1970.
Oslo 1973.
- (7) Oslo kommune
Statistisk kontor Oslo-Statistikken.
Folkemengden i Oslo pr.31.12.76.
Soner og roder. Oslo 1977.
(Særtrykk nr. 4/77).
- (8) Gram, F.,
Grønskei, K.E. Forurensninger av svoveldi-
oksyd og sot i Oslo - bruk
av fyringsoljer.
Lillestrøm 1977.
(NILU OR 5/77).
- (9) Samtaler med Norsk Petroleums-
institutt og med Hygiene-
avdelingen i Oslo Helseråd.

- (10) Schjoldager, J. PROGRAM KILDER.
Beregning av spredning fra punkt-
kilder og volumkilder.
Programbeskrivelse og bruker-
veiledning. Kjeller 1975.
(NILU TN 2/75).
- (11) Grønskei, K.E. Comparison between a physical
dispersion model and a statistical
model for ambient SO₂ concen-
tration in Oslo.
I: *International Clean Air Congress*,
3. Proceedings.
Düsseldorf, VDI-Verlag, 1973,
s. B3-B6.

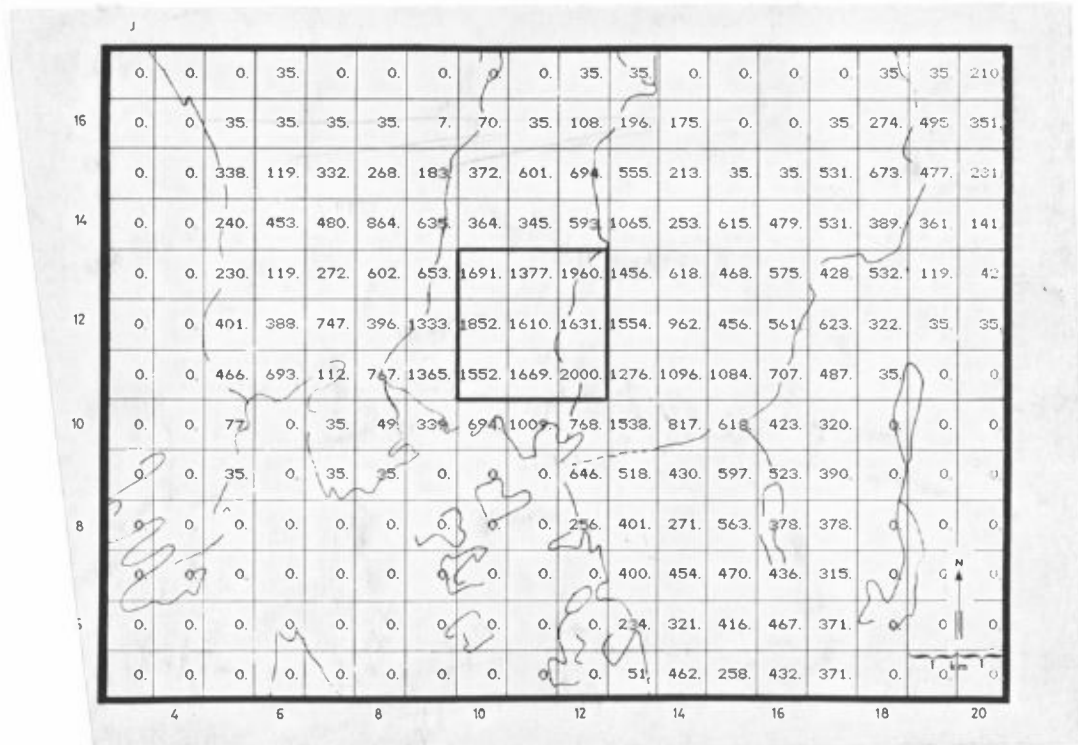
DATAVEDLEGG A
FORURENSNING FRA BILTRAFIKK OG
OLJEFYRING

I figurene A1-10 angis det midlere timesvise utslipp av forskjellige forurensningskomponenter innenfor hver km² i Oslo-området. På hver figur spesifiseres utslippet fra oljefyring og fra biltrafikk innen hver km². Det midlere utslippet er spesifisert for henholdsvis vinterhalvåret og for sommerhalvåret.

Fig A1	Utslippet av CO	i vinterhalvåret
Fig A2	" " CO	i sommerhalvåret
Fig A3	" " HC	i vinterhalvåret
Fig A4	" " HC	i sommerhalvåret
Fig A5	" " NO _x	i vinterhalvåret
Fig A6	" " NO _x	i sommerhalvåret
Fig A7	" " SO ₂	i vinterhalvåret
Fig A8	" " SO ₂	i sommerhalvåret
Fig A9	" " part.	i vinterhalvåret
Fig A10	" " part.	i sommerhalvåret



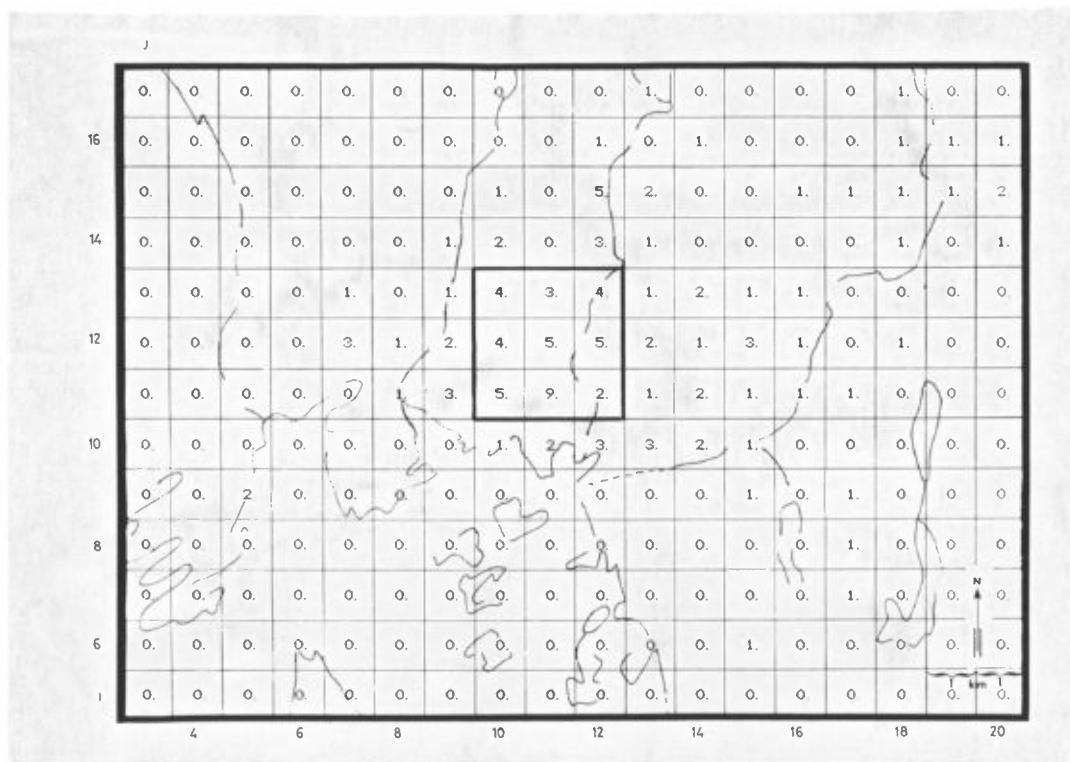
Utslipp fra oljefyring



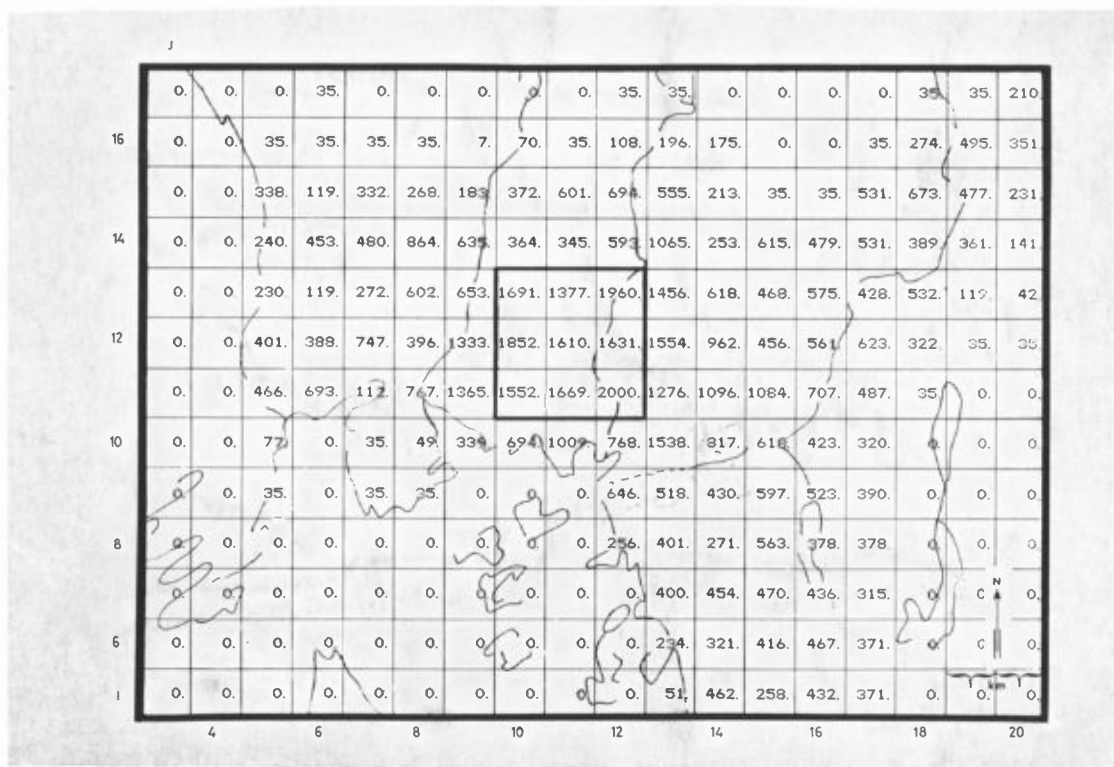
Utslipp fra biltrafikk

Figur A1: Utslipet av CO i vinterhalvåret.

Enhet: 10^{-1} kg CO/time.

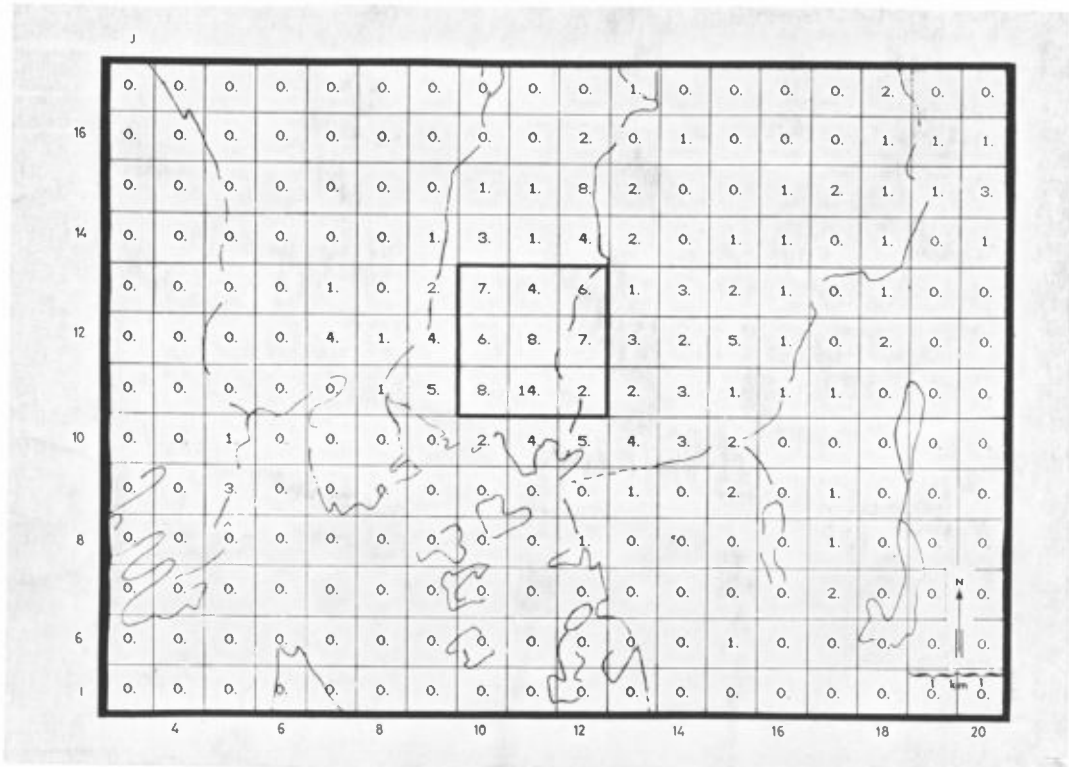


Utslipp fra oljefyring

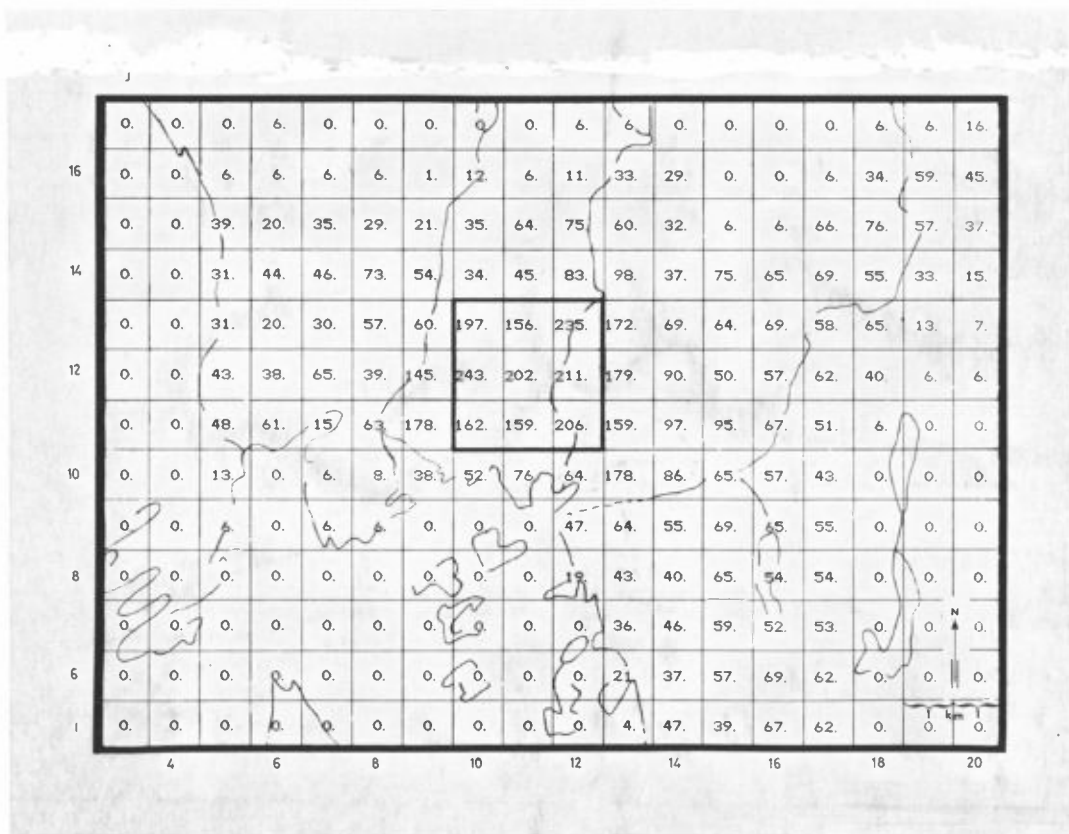


Utslipp fra biltrafikk

Figur A2: Utslippet av CO i sommerhalvåret.
 Enhet: 10^{-1} kg CO/time.

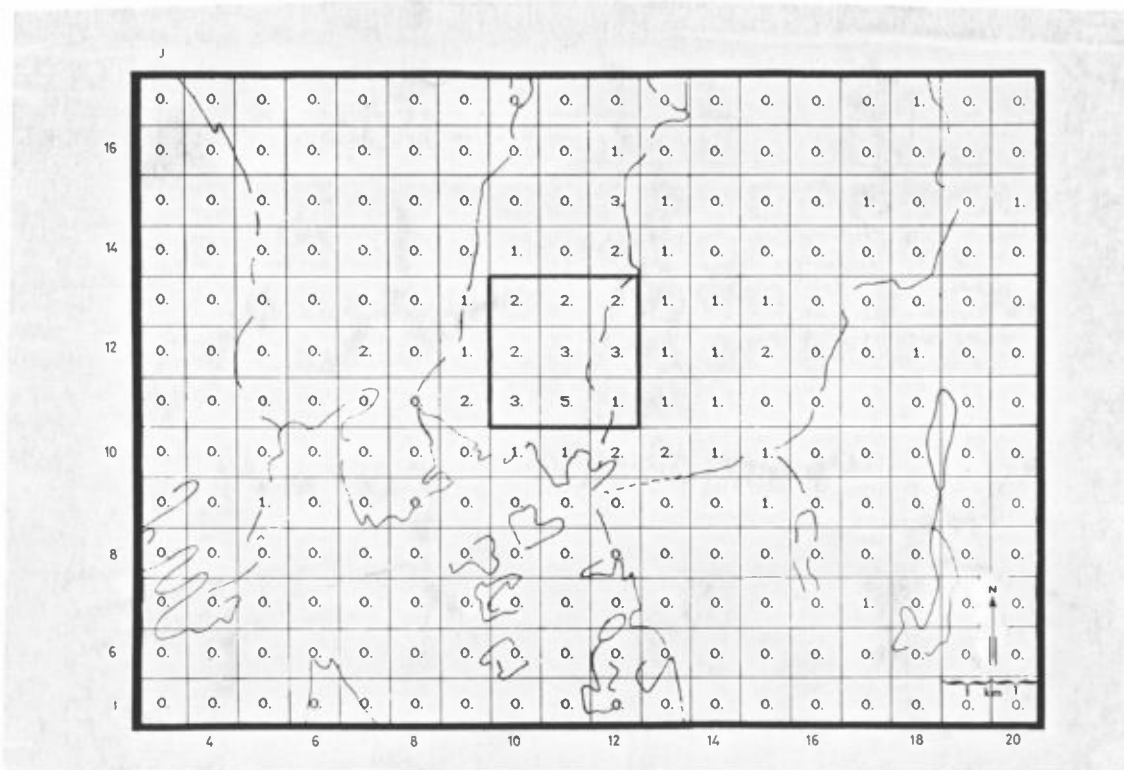


Utslipp fra oljefyring

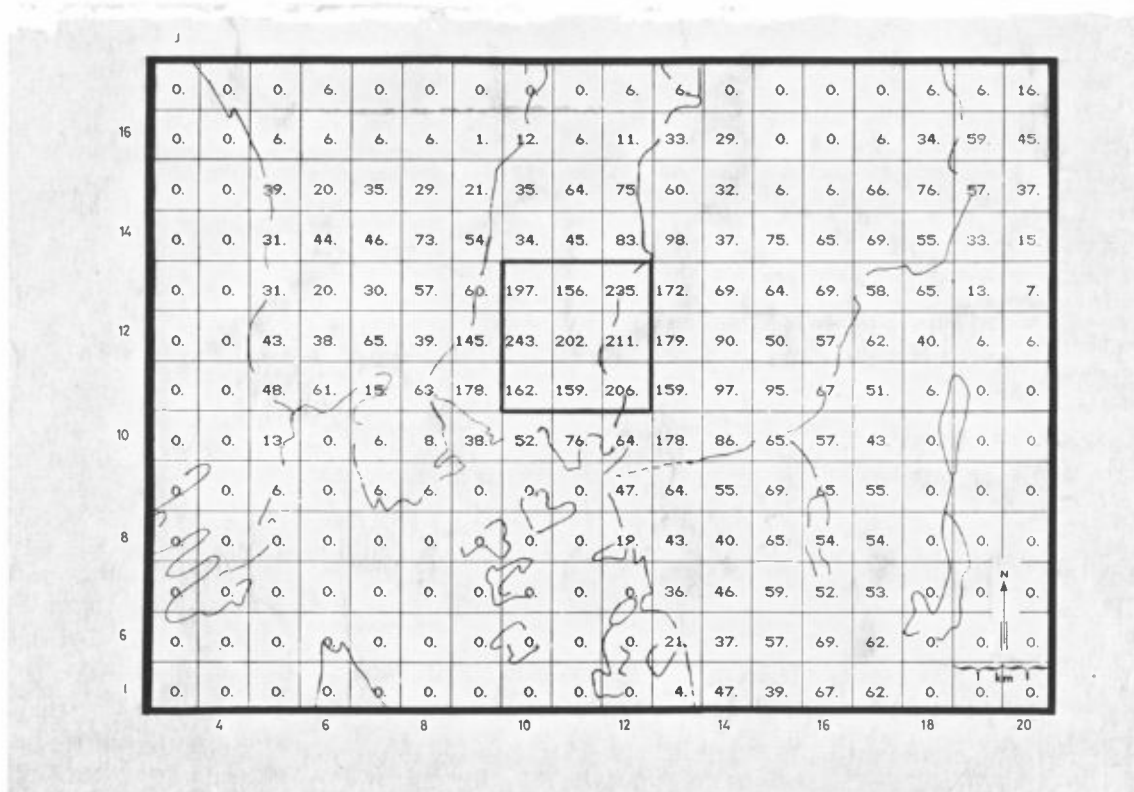


Utslipp fra biltrafikk

Figur A3: Utslippet av HC i vinterhalvåret.
Enhet: 10^{-1} kg HC/time.



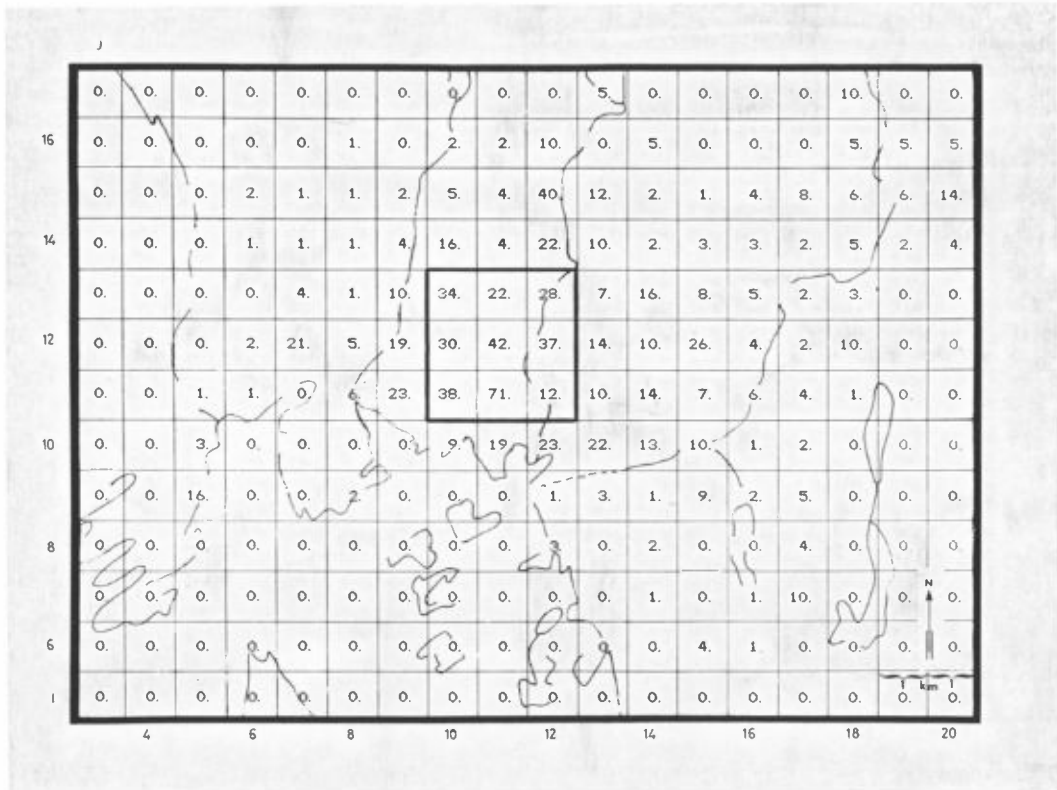
Utslipp fra oljefyring.



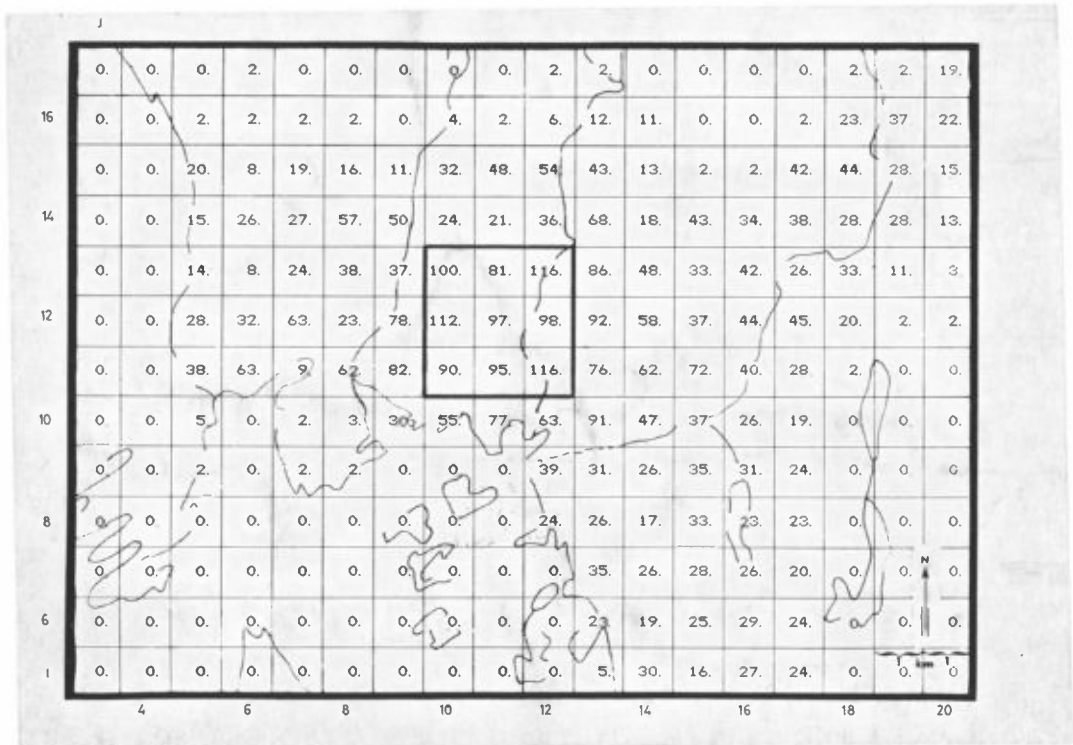
Utslipp fra biltrafikk

Figur A4: Utslippet av HC i sommerhalvåret.

Enhet: 10^{-1} kg HC/time.

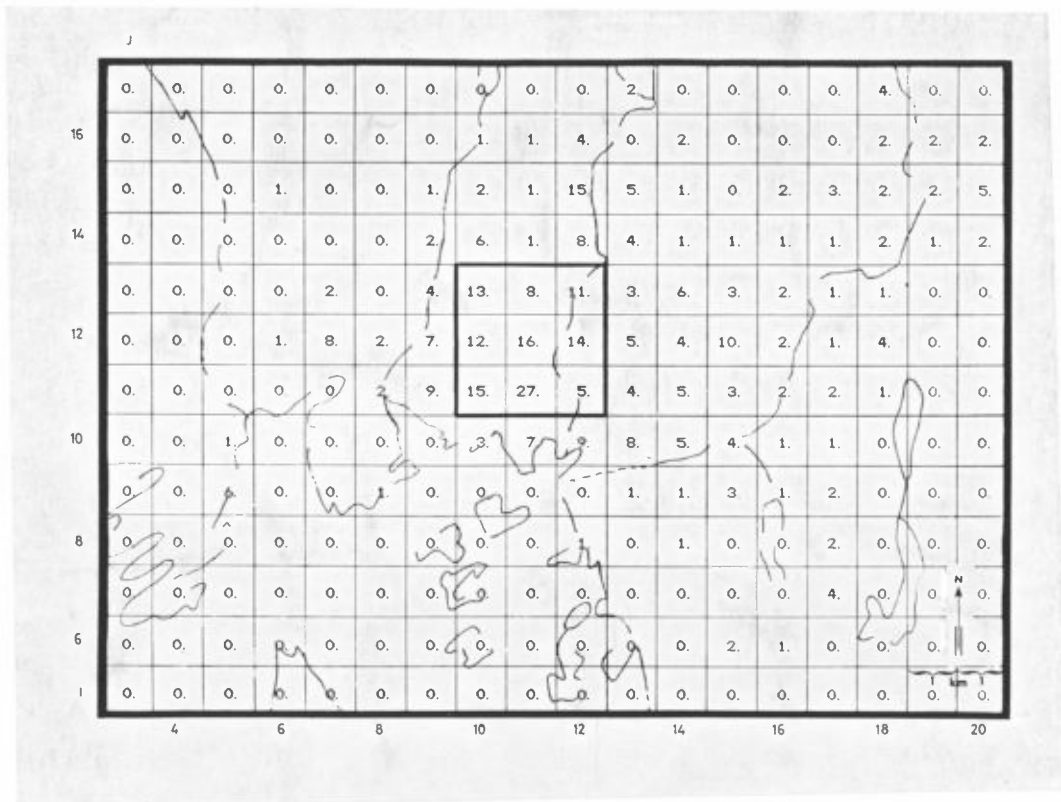


Utslipp fra oljefyring



Utslipp fra biltrafikk

Figur A5: Utslipet av NO_x i vinterhalvåret.
 Enhet: 10⁻¹ kg NO_x/time.

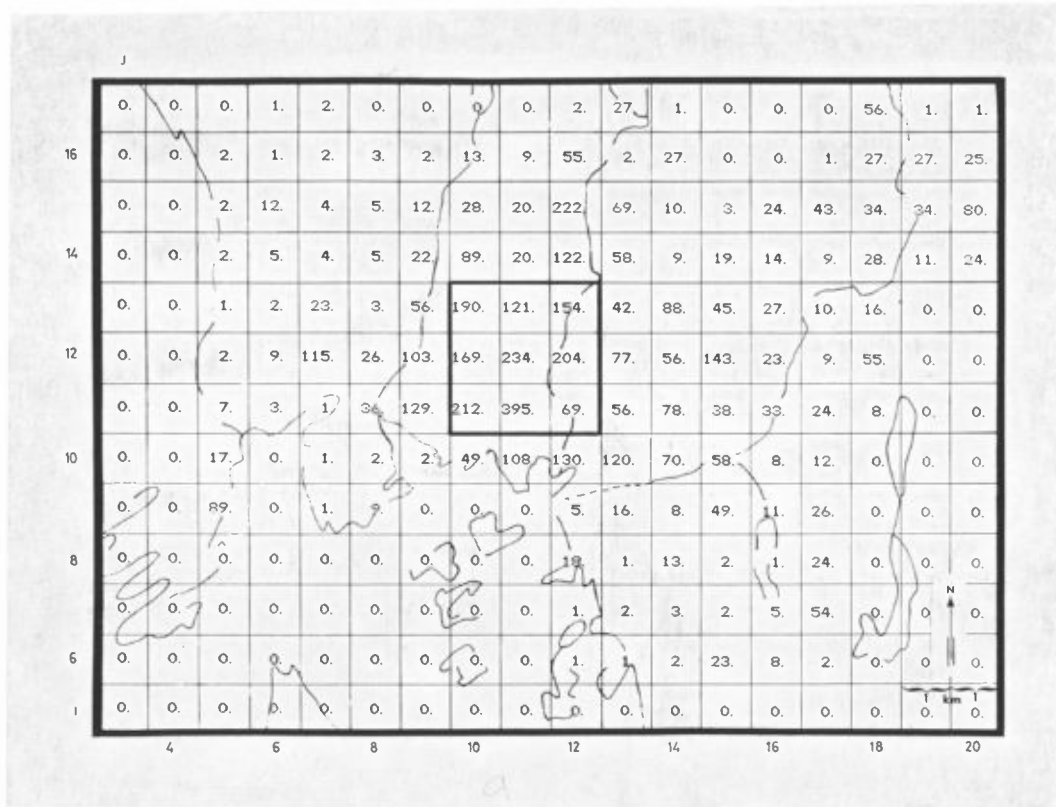


Utslipp fra oljefyring

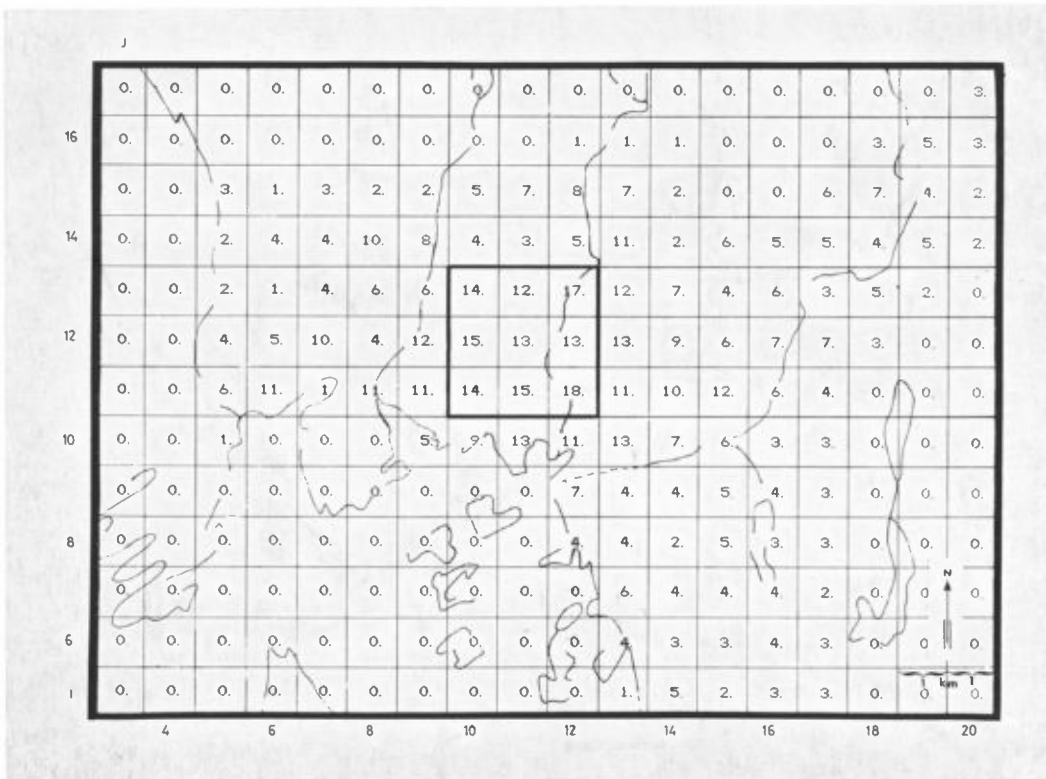


Utslipp fra biltrafikk

Figur A6: Utslippet av NOx i sommerhalvåret.
Enhet: 10^{-1} kg NO_x/time.

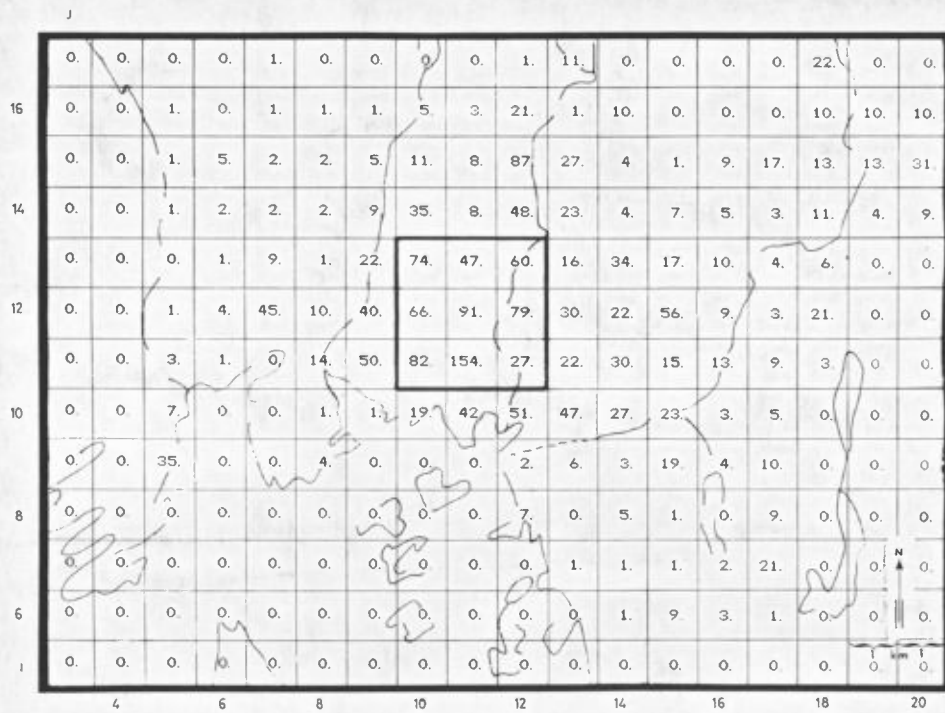


Utslipp fra oljefyring

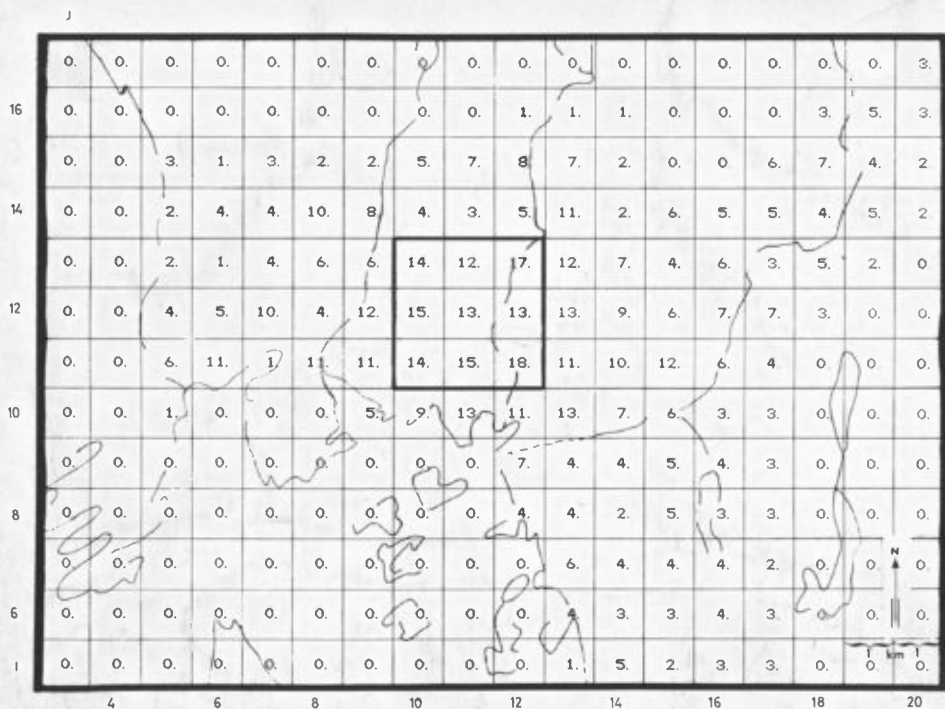


Utslipp fra biltrafikk

Figur A7: Utslippet av SO₂ i vinterhalvåret.
 Enhet: 10⁻¹ kg SO₂/time.



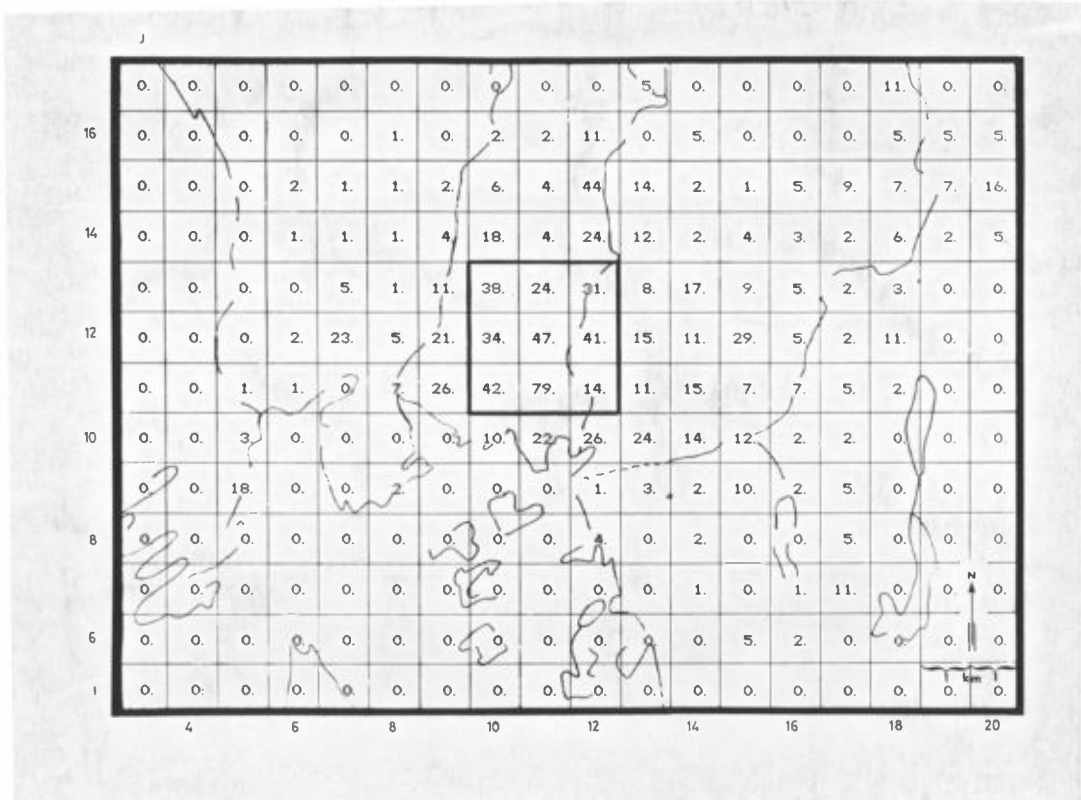
Utslipp fra oljefyring



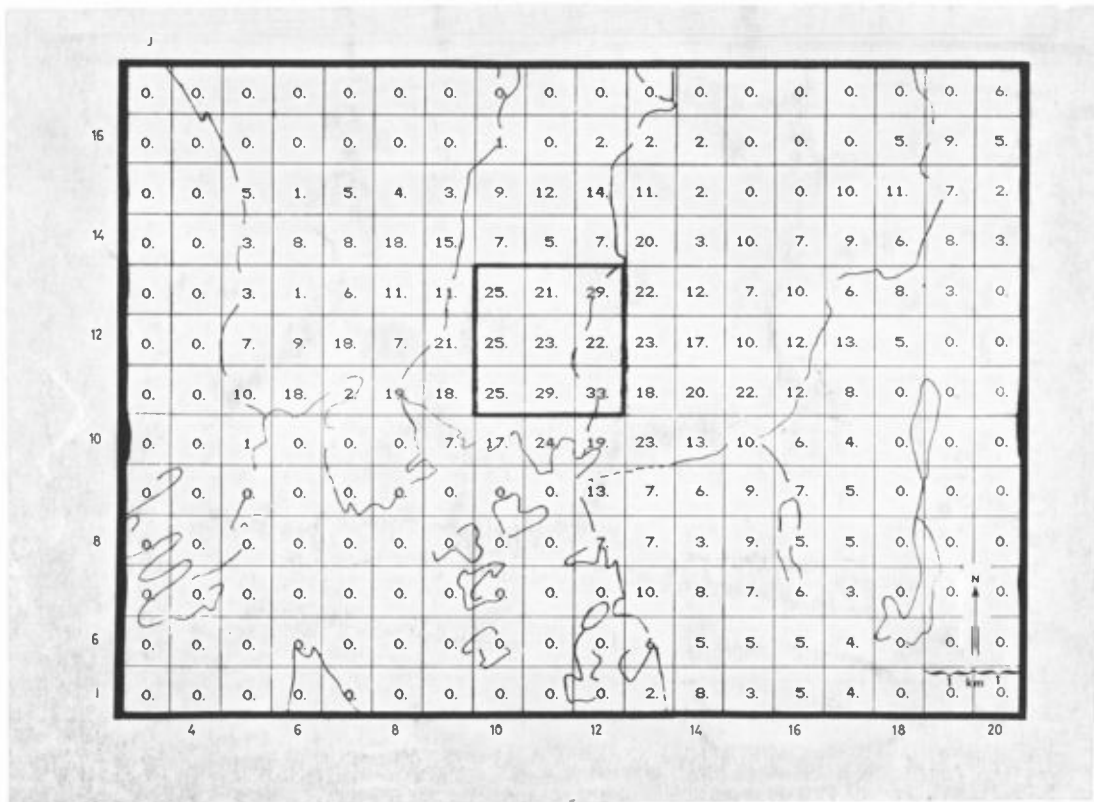
Utslipp fra biltrafikk

Figur A8: Utslipet av SO₂ i sommerhalvåret.

Enhet: 10⁻¹ kg SO₂/time.

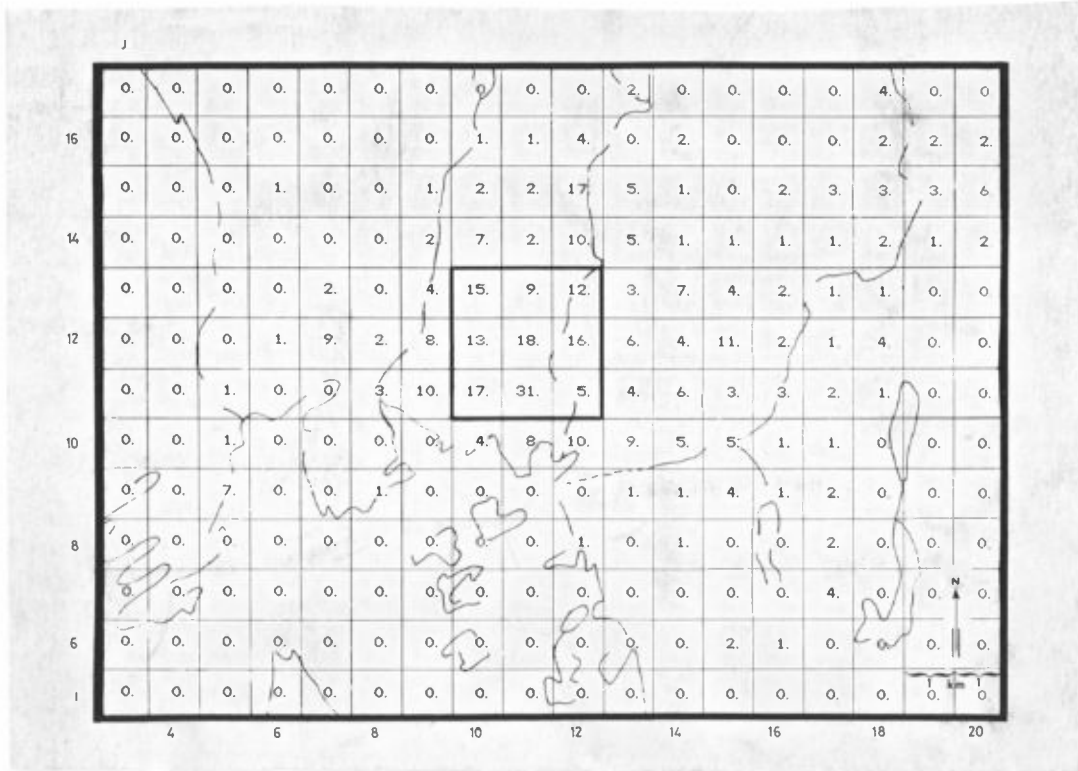


Utslipp fra oljefyring

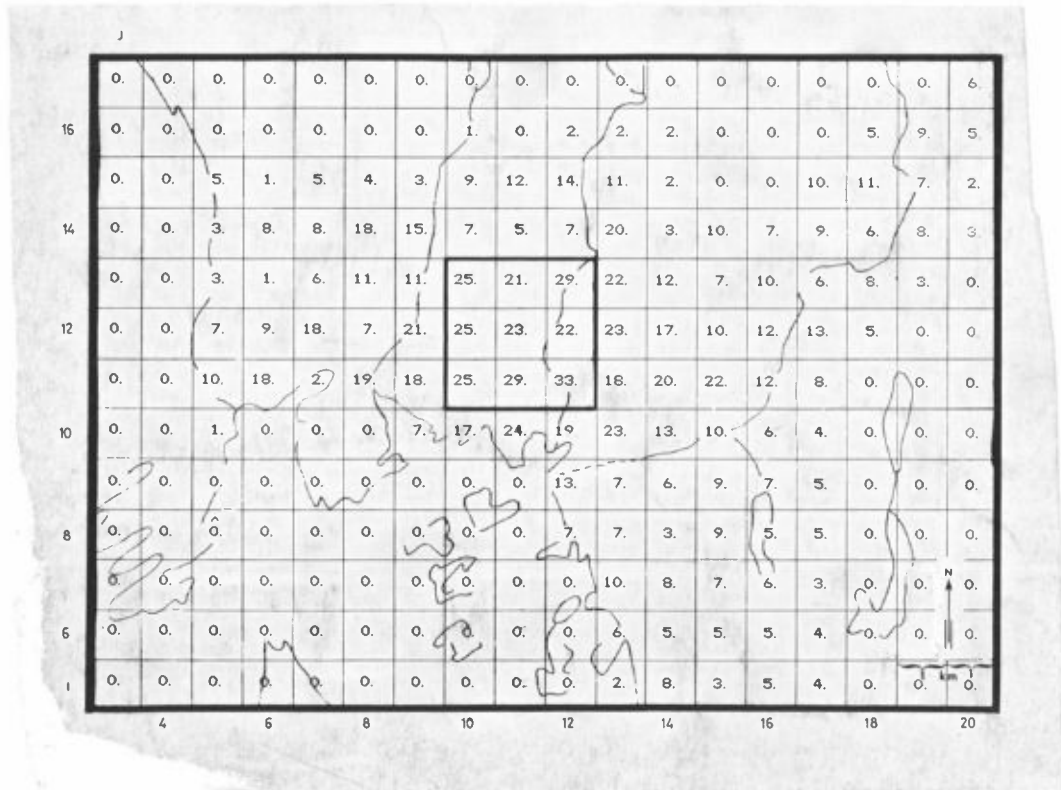


Utslipp fra biltrafikk

Figur A9: Utslippet av part. i vinterhalvåret.
Enhet: 10^{-1} kg partikler/time.



Utslipp fra oljefyring



Utslipp fra biltrafikk

Figur A10: Utslippet av part. i sommerhalvåret.

Enhet: 10^{-1} kg partikler/time

DATAVEDLEGG B

SPREDNINGSDATA FRA 1974/75

I tabellene B1 og B2 angis frekvensene av vind og stabilitetsdata som er benyttet i Gaussmodellen KILDER. En har benyttet vindmålingene fra Oslo sentrum (taket av Rådhusgaten 10, Victoriagården). Temperaturmålingene fra Tryvasshøgda og Blindern kl 07, 13 og 19 ble brukt til å karakterisere stabiliteten.

I tabell B1 angis verdiene for sommerhalvåret.

I tabell B2 angis verdiene for vinterhalvåret.

I figur B3 angis verdier for initial spredning (σ_0) som skyldes vertikalspredningen av punktkildene innen hver km^2 . Verdiene er benyttet i Gaussmodellen KILDER, og er estimert som halve høyden av volumkildene som benyttes i de detaljerte transport og spredningsberegningene.

Tabell B1: Vind : Viktorigården
 Stabilitet: Tryvasshøgda-Blindern
 Periode : 1.3-31.3.74 og 1.10.74-28.2.75

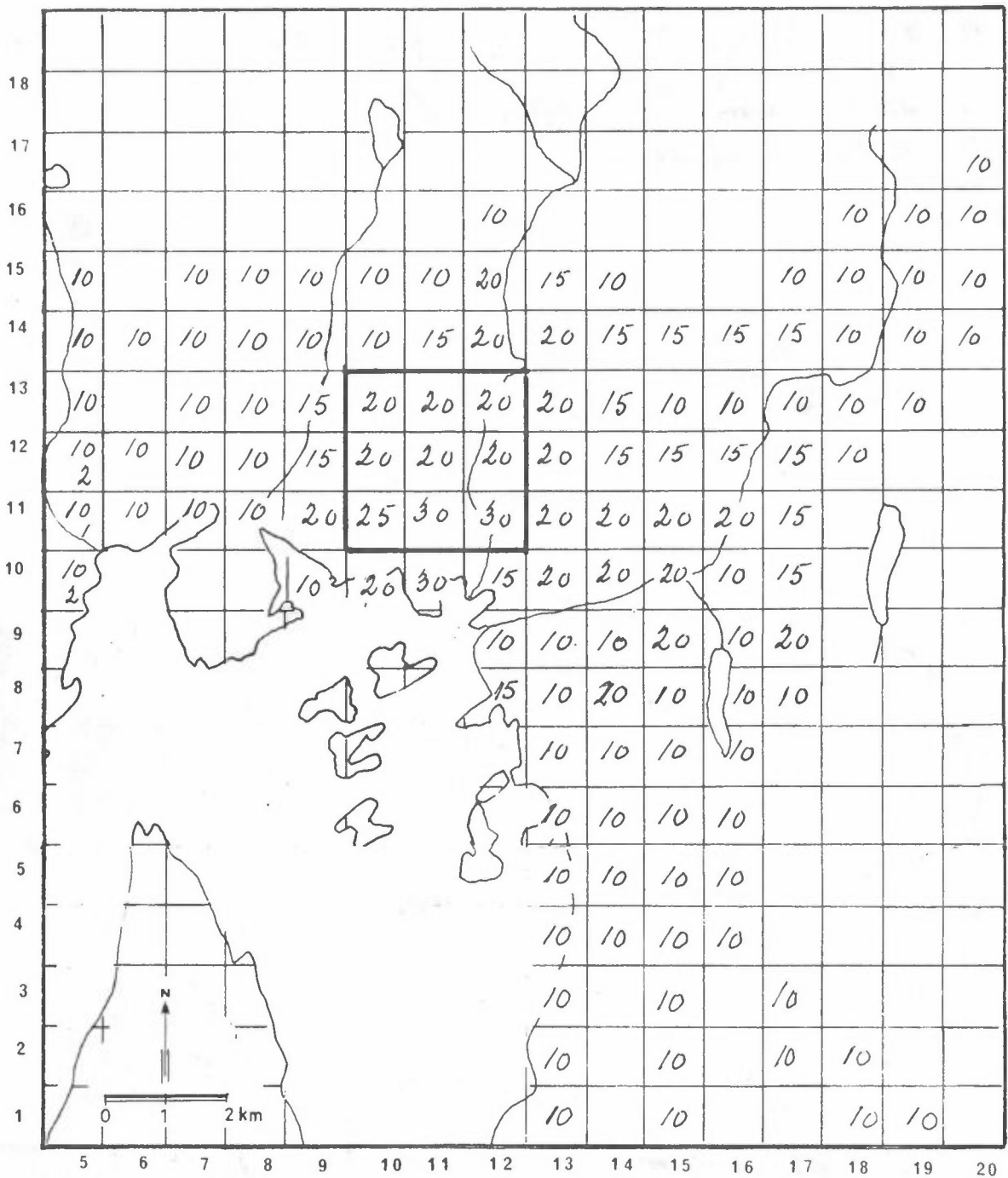
	0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4 ROSE								
30	6	1	1	0	0	1	1	3	0	2	0	2	4	0	0	0	0	6	7					
60	0	1	5	0	2	1	3	5	3	0	0	6	1	1	0	0	0	0	10	1				
90	6	2	5	8	2	6	5	9	2	0	0	2	8	0	0	0	0	2	11	8				
120	6	2	1	1	3	4	1	1	1	0	0	0	6	0	0	0	0	2	7	4				
150	0	1	0	4	0	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3				
180	0	3	6	1	7	0	1	0	3	3	0	2	2	9	0	0	2	0	12	0				
210	1	1	4	3	1	1	1	7	2	2	0	4	5	1	0	0	6	1	3	0	0	23	2	
240	1	0	3	8	2	0	1	3	4	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0	11	2			
270	2	3	0	4	0	0	1	1	2	5	0	0	2	8	0	0	0	0	0	8	2			
300	2	4	0	0	0	4	1	7	0	0	0	2	6	0	0	2	0	0	0	3	6			
330	0	4	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0			
360	0	4	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	7			
STILLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	4	2	24	5	5	9	1	0	11	2	34	3	6	2	2	3	12	7	0	0	0	0	0	0
FØRDELING PÅ VINDHASTIGHET																								
0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S												
35.6				46.8				15.0				2.7												
FØRDELING AV STABILITETSKLASSENE																								
18.6				73.8				6.5				1.1												

STABILITETSKLASSE
 1 UNDER -1.0 DEG/100M
 2 -1.0-> 0.0 DEG/100M
 3 0.0-> 1.0 DEG/100M
 4 OVER 1.0 DEG/100M

Tabell B2: Vind. : Viktorigården
 Stabilitet: Tryvasshøgda-Blindern
 Periode : 1.3-31.3.74 og 1.10-28.2.75

	0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S										
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4 ROSE							
30	0	2	3	0	0	1	7	2	9	0	0	4	6	0	0	0	0	0	7	9			
60	0	2	9	6	0	1	2	6	9	2	4	2	2	7	0	0	2	4	0	0	15	5	
90	0	6	4	1	7	0	0	6	1	4	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	15	7	
120	4	4	4	2	8	1	3	0	8	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	10	2		
150	0	3	3	1	5	8	0	4	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	1		
180	0	4	0	1	3	2	2	3	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4	0	0	7	3	
210	0	7	2	2	1	1	2	8	4	4	0	0	6	1	9	0	0	1	9	0	0	20	3
240	0	6	2	2	4	4	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	9	8	
270	2	3	1	4	2	2	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	4	8	
300	2	8	2	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	
330	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
360	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
STILLE	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	
TOTAL	8	41	5	13	1	4	0	4	0	23	2	6	6	1	7	3	0	0	0	0	0	100	0
FØRDELING PÅ VINDHASTIGHET																							
0.00- 2.00 M/S				2.01- 4.00 M/S				4.01- 6.00 M/S				OVER 6.00 M/S											
59.3				28.4				9.0				3.3											
FØRDELING AV STABILITETSKLASSENE																							
6.7				75.0				13.6				4.6											

STABILITETSKLASSE
 1 UNDER -1.0 DEG/100M
 2 -1.0-> 0.0 DEG/100M
 3 0.0-> 1.0 DEG/100M
 4 OVER 1.0 DEG/100M



Figur B1: Initialspredningen (σ_0) over Oslo-området.
Enhet: m

