

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR 9/78
REFERANSE: 21377
DATO: MARS 1978

MALINGER AV OZON I OSLO
SOMMEREN 1977

AV
JØRGEN SCHJOLDAGER

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG	5
1 INNLEDNING	7
1.1 Generelt om fotokjemiske oksydanter	7
1.2 Formålet med undersøkelsen	8
2 GJENNOMFØRING AV PROSJEKTET	9
3 MÅLEMETODER	11
4 GRENSEVERDIER FOR OZON	12
5 RESULTATER OG DISKUSJON	13
5.1 Ozonmålinger, Maridalen og Stovner	13
5.1.1 Datatilgjengelighet	13
5.1.2 Overskridelser av grenseverdier	14
5.1.3 Frekvensfordeling og midlere døgnforløp	17
5.1.4 Representativitet av sommeren 1977	19
5.1.5 Samvariasjon mellom ozonkonsentrasjon og timevise meteorologiske data	22
5.2 Ozonmålinger fra fly	34
5.3 Enkelte ozonepisoder	37
5.4 Drøfting av ozondannelsen	45
5.5 Forslag til fortsatte undersøkelser	48
5.5.1 Utslippsoversikter	49
5.5.2 Meteorologiske målinger	49
5.5.3 Målinger av luftkvalitet	49
5.5.4 Modellberegninger	50
5.5.5 Kartlegging av virkninger	51
6 KONKLUSJON	52
7 REFERANSELISTE	54

VEDLEGG A:	Kortfattet kjemisk beskrivelse av dannelsen av fotokjemiske oksydanter	57
VEDLEGG B:	Utskrift av timesverdier for ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Maridalen og Stovner sommeren 1977.	65
VEDLEGG C:	Timesverdier for ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Maridalen og Stovner sommeren 1977, tegnet med plotter	77

SAMMENDRAG

Fotokjemiske oksydanter dannes ved kjemiske reaksjoner mellom nitrogenoksyder, organiske stoffer og oksygen under påvirkning av solstråling. Ozon er den viktigste av de fotokjemiske oksydantene og brukes derfor gjerne som en indikator på den fotokjemiske aktiviteten i atmosfæren.

Sommeren 1977 ble det målt ozon på to steder i Oslo: Maridalen (like nord for Maridalsvatnet) og Stovner (i Groruddalen). Målestedene ble valgt nord og øst for bykjernen, fordi sør- og sørvestlige vinder er framherskende om ettermiddagen, som er den tid på døgnet en venter høyest konsentrasjoner.

Måleresultatene er sammenliknet med vanlig brukte grenseverdier for ozon. Verdens helseorganisasjon (WHO) anbefaler $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som maksimal timesverdi, mens den amerikanske grenseverdien er på $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Både i Maridalen og på Stovner ble det målt konsentrasjoner høyere enn disse grenseverdiene.

Det ble målt høyest verdier i Maridalen. Der var høyeste timesverdi $218 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (15.6 kl 14). 14.3% av timene hadde høyere konsentrasjon enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og 2.7% av timene hadde høyere konsentrasjon enn $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Maridalen. Tilsvarende tall for Stovner var 2.6% og 0.4%.

Måleperiodens lengde var 119 dager i Maridalen og 107 dager på Stovner. I Maridalen hadde 39% av dagene en eller flere timesverdier over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og 15% av dagene en eller flere verdier over $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tilsvarende tall for Stovner var 9% og 2%.

De fleste høye verdier forekom om ettermiddagen, mellom kl 13 og 18 og ved høytrykk, lave vindhastigheter og høy temperatur og innstråling. Dette er i samsvar med resultater fra andre byer både i Amerika og Europa.

I de fleste tilfeller er det lite trolig at transport fra fjerntliggende kilder har vært det viktigste bidraget til høye ozonverdier, selv om en også har hatt noen episoder med transport fra Storbritannia og det europeiske kontinentet. Det er sannsynlig at hovedårsaken til de høye ozonverdiene er reaksjoner mellom nitrogenoksyder og organiske stoffer sluppet ut i Oslo og innenfor en avstand av 50-100 km fra byen.

Sommeren 1977 er sammenliknet med gjennomsnitt for tidligere år med hensyn til solstråling og temperatur, og en fant at avvikene fra en normal sommer var relativt små, sommeren sett under ett. Det var imidlertid noe lavere hyppighet enn normalt av sørlig og sørvestlig vind.

Denne undersøkelsen er ikke fullstendig for å kartlegge oksydantdannelsen i Oslo-området, og det er viktig at arbeidet videreføres.

MALINGER AV OZON I OSLO SOMMEREN 1977

1 INNLEDNING

1.1 Generelt om fotokjemiske oksydanter

Fotokjemiske oksydanter er et fellesnavn på sterkt oksyderende stoffer som dannes i atmosfæren fra nitrogenoksyder, organiske stoffer og oksygen med solstråling som drivende kraft. Ozon er den viktigste av oksydantene og brukes derfor gjerne som indikator for fotokjemiske oksydanter, men det dannes også bl.a. hydrogenperoksyd og organiske peroksy-forbindelser. Den best kjente organiske peroksy-forbindelsen er peroksyacetyl-nitrat (PAN). Andre stoffer dannes også, for eksempel salpetersyrling, salpetersyre, formaldehyd og akrolein.

Begrepet fotokjemisk smog dukket opp i 1940-åra i Los Angeles som uttrykk for en forurensningssituasjon der oksydanter var hovedbestanddelen. Symptomene var ellers:

- Nedsatt sikt (disdannelse)
- Stikkende lukt
- Irritasjon av slimhinner
- Skader på vegetasjon og materialer.

Seinere har en målt høye oksydantverdier mange steder uten at en direkte har observert "smog", dvs nedsatt sikt. Dette har bl.a. skjedd i lå av større byer og industristeder. I USA er oksydantene i dag både et lokalt og et regionalt problem, og høye konsentrasjoner er også målt i Australia, Canada, England, Italia, Japan, Nederland og Sverige. Selv om disse nyere tilfellene ofte ikke er spesielt karakterisert ved dis og lukt, har vegetasjonsskader funnet sted, og en har også potensielle helseeffekter.

De kjemiske reaksjonene som fører til oksydantdannelsen er av samme type i alle tilfellene, så det er mer gradforskjell enn vesensforskjell mellom fotokjemisk oksydantdannelselse og fotokjemisk smog.

Følgende forhold er karakteristiske for de kjemiske reaksjonene:

- Fotokjemisk dissosiasjon av nitrogendioksyd (NO_2) og andre lysabsorberende gasser.
- Hurtig oksydasjon av nitrogenoksyd (NO) til NO_2 .
- Oksydasjon av hydrokarboner til aldehyder, ketoner og syrer.
- Dannelse av oksydanter og organiske nitritter og nitrater.

En kortfattet kjemisk beskrivelse av oksydantdannelsen er gitt i vedlegg A.

1.2 Formålet med undersøkelsen

I Stortingsmelding nr. 44 (1975-76), "Tiltak mot forurensninger", uttaler Miljøverndepartementet blant annet (1):

"Muligheten for dannelse av fotokjemiske oksydanter eksisterer i flere norske byer, men foreløpig mangler en de nødvendige måledata for å kunne uttale seg mer bestemt om forholdene".

En av hensiktene med dette prosjektet, som er blitt finansiert av Miljøverndepartementet, er å framskaffe slike måledata.

En viktig problemstilling i denne sammenhengen er om høye konsentrasjoner av ozon i Oslo-området i hovedsak skyldes lokale utslipp av nitrogenoksyder og organiske stoffer, eller om ozon også transporteres til Oslo fra andre områder. Det er påvist at nitrogenoksyder og organiske stoffer transporteres på liknende måte som svoveldioksyd og svovelsyre over store avstander, så det er grunn til å anta at Norge vil få del i et europeisk oksydantproblem.

2 GJENNOMFØRING AV PROSJEKTET

To kontinuerlig registrerende ozonmålere ble plassert på steder det var rimelig å vente høye konsentrasjoner. Sørlige og sørvestlige vinder er framherskende i Oslo om sommeren, særlig ved klarvær om dagen. Det tar videre en viss tid (fra $\frac{1}{2}$ til noen timer) for fotokjemiske oksydanter å dannes. Målestedene ble derfor valgt nord og øst for bykjernen og i noen kilometers avstand fra sentrum.

Målestasjonene fikk navnene "Maridalen" og "Stovner" og er vist i figur 1. Den nøyaktige lokaliseringen var følgende:

Maridalen : Sander gård, på nordsiden av Maridalsvatnet, 165 m over havet, luftinntak 2 m over bakkenivå.

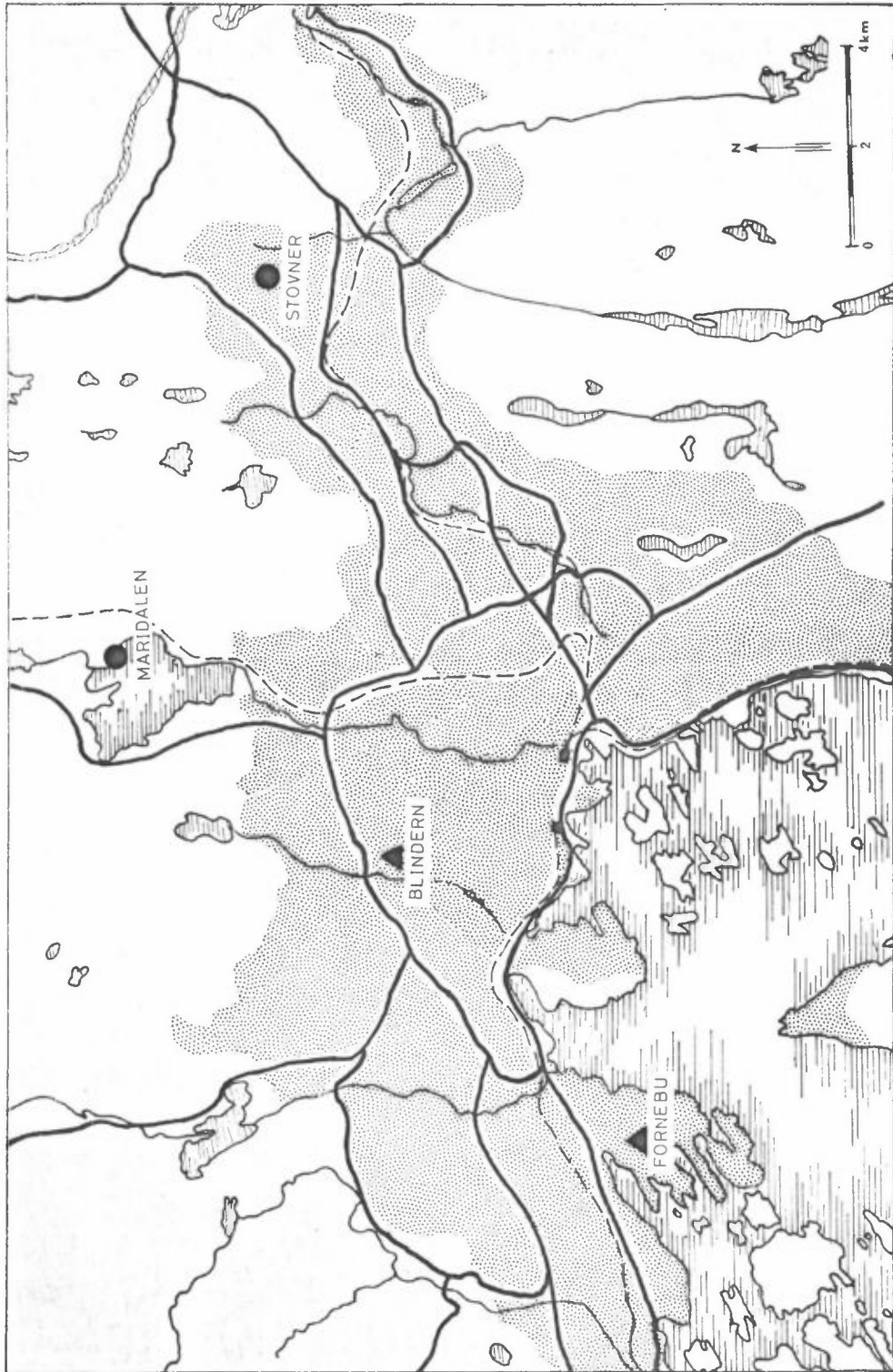
Stovner : På taket av en boligblokk (9 etasjer), Tante Ulrikkes vei 48, 205 m over havet, luftinntak 25 m over bakkenivå.

Målesteder ble tatt ut med velvillig assistanse fra gårdbruker Einar Klever, Maridalen og representanter fra Fossumsletta borettslag, Stovner.

Måleperioden var planlagt fra 1. mai til 1. oktober, men på grunn av praktiske problemer kom en ikke i gang med målingene før ved månedsskiftet mai/juni.

Det ble gjennomført to tokter med ozonmålinger fra fly, 21.6 og 23.6.

Ved hjelp av meteorologiske data fra Fornebu og Blindern (stilt til disposisjon av Meteorologisk institutt) og beregninger av vindbaner (trajektorier) over Nord-Europa, har en søkt å bestemme hvordan forurensningene er blitt transportert.



Figur 1: Kartskisse over Oslo-området. Ozonmålinger er foretatt i Maridalen og på Stovner. Meteorologiske målinger er foretatt av Meteorologisk institutt på Blindern og Fornebu.

3 MÅLEMETODER

To målemetoder for ozon har vært i bruk. Den ene er basert på såkalt kjemiluminescens ved reaksjon mellom ozon og etylen, og det ble nyttet et "BENDIX" måleinstrument. Den andre er basert på at ozon absorberer ultrafiolett stråling, og et "DASIBI" måleinstrument ble brukt.

Målerne ble brukt som følger:

Maridalen : BENDIX måleinstrument hele perioden,
26.5 - 27.9.77.

Stovner , : BENDIX måleinstrument 9.6 - 30.6.77
DASIBI måleinstrument, 1.7 - 30.9.77

Begge instrumentene ble kalibrert på målestedet ved hjelp av ozongenerator, i begynnelsen av måleperioden en gang pr. uke, seinere en gang hver 4. uke. Før og etter måleperioden ble ozongeneratoren kalibrert ved en standard våtkjemisk metode, (nøytralt bufret kaliumjodid (2)).

4 GRENSEVERDIER FOR OZON

Flere land har satt grenseverdier for ozon i uteluft. I tabell 1 er det gjengitt noen grenseverdier fra USA (2), Canada, Japan, samt fra Nederland (Rotterdam-området) og Verdens helseorganisasjon (WHO) (3). I Norge er det ennå ikke foreslått retningslinjer for ozon.

Tabell 1: Grenseverdier for ozon.

	Grenseverdi timesmiddel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Merknader
USA	160	Tillatt overskredet en gang pr. år
Canada	100 160 300	"Maximum desirable level" "Maximum acceptable level" "Maximum tolerable level"
Japan	120	
Verdens helseorganisasjon	120	"Recommended long term goal"
Rotterdam-området, Nederland	200	Laveste "alarmnivå", myndighetene kan anmode om utslippsreduksjoner.

I tabellen er det gjengitt ulike typer av grenseverdier. Canadas "maximum desirable level" er noe lavere enn WHO's "recommended long term goal" og Japans grenseverdi. Disse representerer en ønsket situasjon, dvs den som planleggingen bør rettes inn mot.

USAs grenseverdi og Canadas "maximum acceptable level" kan sies å representere grenseverdier i dagens situasjon, dvs det som bør oppnås på relativt kort sikt.

Canadas "maximum tolerable level" og Rotterdam-området alarmnivåer representerer situasjoner som er klart uønsket.

Den naturlige bakgrunnskonsentrasjon av ozon er relativt høy, 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette betyr at grenseverdiene for ozon ligger nær det naturlige bakgrunnsnivået.

5 RESULTATER OG DISKUSJON

5.1 Ozonmålinger, Maridalen og Stovner

En fullstendig liste over måleresultatene (timesverdier) er gjengitt i vedlegg B. I vedlegg C er timesverdiene tegnet opp med plotter.

5.1.1 Datatilgjengelighet

I tabell 2 er gitt måleperiodens lengde samt antall timer med ozondata. På grunn av tekniske problemer var det avbrudd i målingene 14-21.9 i Maridalen, og på Stovner var det avbrudd 22-28.7 og 28-31.8. En hadde i alt målinger i henholdsvis 94.4% av tiden (Maridalen) og 92.0% (Stovner). Dette må regnes som rimelig god datatilgjengelighet.

Tabell 2: *Datatilgjengelighet, ozonmålinger i Oslo sommeren 1977.*

Målested	Måleperiode	Totalt antall timer	Antall timer med data	Data-tilgjengelighet %
Maridalen	26.5 - 27.9.77	2975	2807	94.4
Stovner	9.6 - 30.9.77	2721	2504	92.0

5.1.2 Overskridelser av grenseverdier

I tabell 3 har en sammenliknet måleresultatene med to grenseverdier, nemlig $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO) og $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (USA). Begge grenseverdiene ble overskredet på begge målestedene, og verdiene i Maridalen var høyere enn på Stovner. Grenseverdien til WHO ble overskredet 14.3% av tiden i Maridalen og 2.6% på Stovner. Den amerikanske grenseverdien ble overskredet 2.7% av tiden i Maridalen og 0.4% på Stovner.

Tabell 3: Timesverdier av ozon høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (grenseverdi, WHO) og $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (grenseverdi, USA) sommeren 1977.

Målested	Totalt antall timesverdier	Verdier høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		Verdier høyere enn $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Antall timer	%	Antall timer	%
Maridalen	2807	402	14.3	77	2.7
Stovner	2504	65	2.6	9	0.4

I tabell 4 er de høye timesverdiene fordelt på de enkelte måneder. En hadde flest høye verdier i juni. I Maridalen var det i tillegg mange høye verdier i juli. Høyeste timesverdi forekom på begge målesteder 15.6 kl 14 (kl 1330-1430) og var $218 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Maridalen og $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Stovner. Denne og andre dager med høye verdier vil bli nærmere diskutert med hensyn til meteorologiske forhold i avsnitt 5.3.

Tabell 4: Timesverdier av ozon høyere enn 120 og 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fordelt på de enkelte måneder.

Målested	Grenseverdi	Antall timesverdier høyere enn grenseverdien					
		Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Sum
Maridalen 26.5 - 27.9.77	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29	180	140	34	19	402
	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	38	35	3	1	77
Stovner 9.6 - 30.9.77	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	64	0	1	0	65
	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	9	0	0	0	9

I tabell 5 er de høye verdiene fordelt på ulike tider på døgnet. Flest høye verdier forekom om ettermiddagen, mellom kl 13 og 18. Over halvparten av verdiene over 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ble målt i dette tidsrommet.

Tabell 5: Timesverdier av ozon høyere enn 120 og 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fordelt på tid på døgnet.

Målested	Grenseverdi	Antall timesverdier høyere enn grenseverdien				Sum
		kl 01-06	kl 07-12	kl 13-18	kl 19-24	
Maridalen	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	47	93	194	68	402
	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5	13	50	9	77
Stovner	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	14	42	9	65
	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	2	7	0	9

I tabell 6 er gjengitt antall døgn der en eller flere timesverdier var høyere enn 120 og 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fordelt på de enkelte måneder. I alt 18 døgn i Maridalen og 2 døgn på Stovner ble det målt timesverdier over 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En oversikt over de aktuelle datoene er gitt i tabell 7.

Tabell 6: Antall døgn med en eller flere timesverdier høyere enn 120 og 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fordelt på de enkelte måneder.

Målested	Grenseverdi	Antall døgn med timesverdi(er) høyere enn grenseverdien					
		Mai	Juni	Juli	August	September	Sum
Maridalen	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3	19	14	7	4	47
26.5- 27.9.77	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	9	7	1	1	18
Stovner	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	9	0	1	0	10
9.6-30.9.77	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	2	0	0	0	2

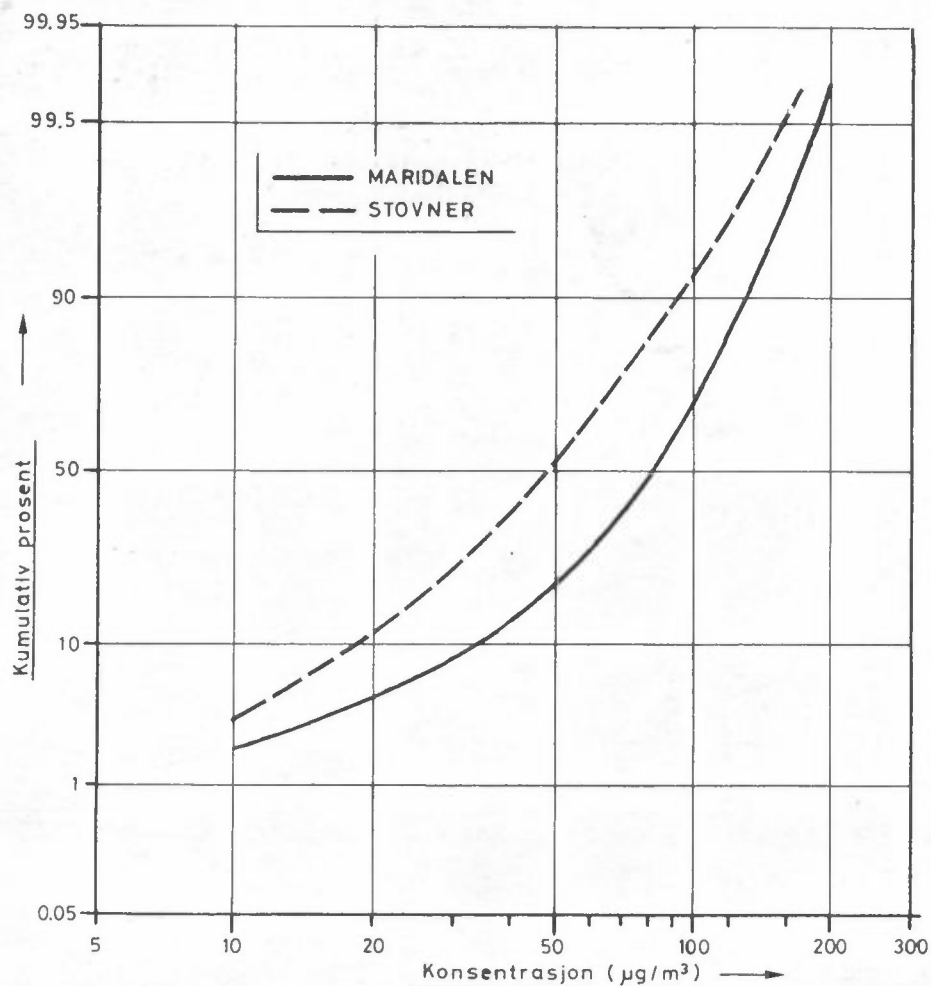
Tabell 7: Datoer med maksimal timeskonsentrasjon av ozon høyere enn 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Maridalen	Juni : 2, 3, 12, 14, 15, 17, 19, 25, 26 Juli : 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10 August : 17 September : 2
Stovner	Juni : 14, 15

Måleperiodens lengde var 119 dager i Maridalen og 107 dager på Stovner. I Maridalen hadde 39% av dagene en eller flere timesverdier over 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og 15% av dagene en eller flere verdier over 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tilsvarende tall for Stovner var 9% og 2%.

5.1.3 Frekvensfordeling og midlere døgnforløp

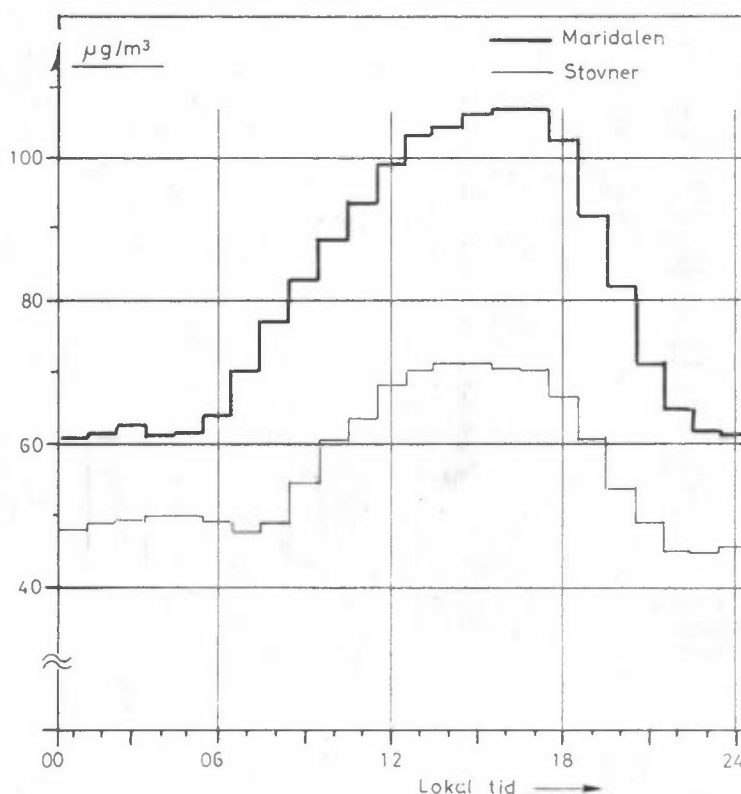
I figur 2 er gitt kumulative frekvensfordelinger av ozon på de to målestedene. Abscissen er konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) og ordinaten gir prosent av målingene mindre eller lik en viss konsentrasjon. Dersom konsentrasjonene hadde vært "log-normalfordelte", dvs at logaritmen til konsentrasjonene hadde vært normalfordelte, hadde de kumulative frekvensfordelingene vært rette linjer. Det er ikke tilfellet her, og en hadde en overvekt av lave verdier (eller få høye verdier) i forhold til en log-normalfordeling.



Figur 2: Kumulativ frekvensfordeling (%) av timevise ozonkonsentrasjoner, Maridalen og Stovner, sommeren 1977.

I figur 3 er gitt gjennomsnittlig døgnforløp for ozon på de to målestedene. Det framgår tydelig også her at verdiene i Maridalen systematisk var høyere enn på Stovner.

Det markerte maksimum mellom kl 13 og 17 stemmer godt overens med det som er målt i andre områder. Et liknende forløp ble observert i Porsgrunn i 1976 (4). Også i andre byer i Europa og USA varierer ozonkonsentrasjonen over døgnet slik som i figur 3. Figur 3 kan også sammenliknes med figur A1 i vedlegg A, som viser hvordan blant annet ozonkonsentrasjonen varierer under et laboratorieforsøk: Etter noen få timers bestråling skjer dannelsen av ozon. På begge målestedene i Oslo forekom maksimal ozonkonsentrasjon vanligvis få timer etter kl 12 som er omtrent det tidspunkt da innstrålingen fra sola er på sitt høyeste.



Figur 3: Døgnfordeling av gjennomsnittlige, timevise ozonkonsentrasjoner, Maridalen og Stovner, sommeren 1977.

På begge målestedene var det et lite, sekundært ozonmaksimum mellom kl 03 og 05. Et liknende maksimum er observert andre steder, blant annet ved Toronto og Montreal i Canada (5) og i Sverige (6). En mulig forklaring er at når bakken avkjøles om natta, vil blandingshøyden avta, slik at ozon som ble dannet i løpet av dagen, føres ned til overflaten om natta (5).

5.1.4 Representativitet av sommeren 1977

Globalstrålingen, som er totalt innfallende kortbølget stråling på en horisontal flate, måles ved hjelp av solarimeter rutinemessig på endel av værstasjonene til Meteorologisk institutt (MI). I tabell 8 er det gitt månedsmiddelverdier for sommeren 1977 samt gjennomsnitt for 10 års-perioden 1966-75 på Blindern. Det framgår av tabellen at juni og august hadde lavere verdier enn 10 års-perioden 1966-75, mens mai, juli og september hadde høyere.

Tabell 8: Globalstråling (W/m^2 , på en horisontal flate).
Middelverdier på Blindern for månedene mai-september 1977
og gjennomsnitt for 1966-75. (Kilde: Meteorologisk institutt).

	Mai	Juni	Juli	August	Sept.
1977	221	227	229	179	125
Middel 1966-75	197	251	223	185	107

"Relativ solskinnstid" er en annen måte å angi solstrålingen på. Relativ solskinnstid måles med solskinnsautograf på endel av MIs værstasjoner og angir tiden med direkte solskinn i prosent av maksimalt mulig tid med direkte solskinn. I tabell 9 er det gitt relativ solskinnstid for sommermånedene i 1977 på Blindern sammenliknet med gjennomsnitt for 10 års-perioden 1966-75 og 25 års-perioden 1953-77. Det første en skal merke seg i tabell 9, er forskjellen mellom de to langtidsmidlene. Av tabell 9 framgår at mai, juli og september hadde mer solskinn enn begge langtidsmidlene, juni hadde mindre, mens verdien for august 1977 lå mellom de to langtidsmidlene.

Tabell 9: *Relativ solskinnstid (%)*.
Middelverdier på Blindern for månedene mai-september 1977 og gjennomsnitt for 1966-75 og 1953-77. (Kilde: Meteorologisk institutt).

	Mai	Juni	Juli	August	Sept.
1977	55.5	50.4	55.7	52.3	56.0
Middel 1966-75	42.9	56.6	50.1	55.4	40.9
Middel 1953-77	44.7	51.7	47.4	48.8	39.3

Tabell 8 og 9 uttrykte altså i hovedsak det samme: mai, juli og september hadde noe mer stråling enn "normalt", juni hadde noe mindre og august hadde stråling omtrent som "normalt", eller muligens noe mindre.

I tabell 10 er angitt middeltemperaturen for månedene mai-september 1977 på Blindern sammenliknet med 10 års-middelverdiene for 1966-75 og normalen 1931-60 som er MIs offisielle normalperiode. Av tabellen framgår at mai 1977 var varmere enn normalt mens juli, august og september var kaldere. Juni var varmere enn normalen 1931-60, men kaldere enn 10 års-midlet 1966-75.

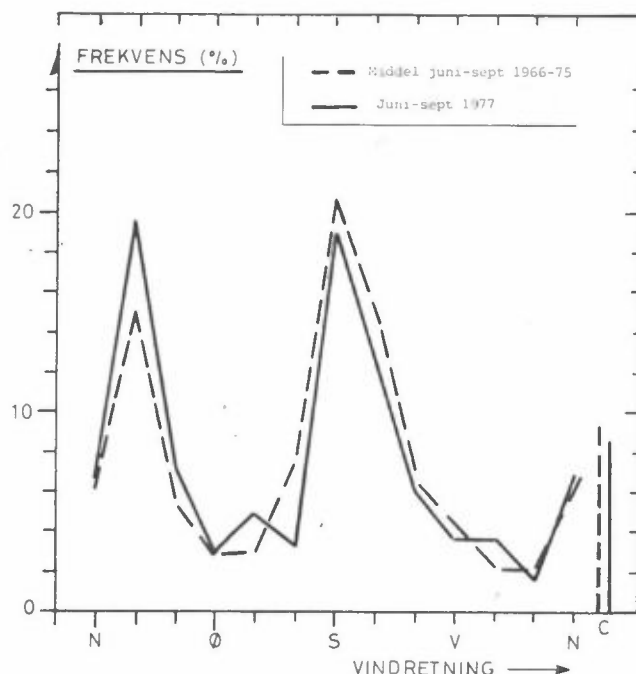
Tabell 10: Middelterperaturer på Blindern for månedene mai-september 1977 og gjennomsnitt for 1966-75 og 1931-60. (Kilde: Meteorologiske institutt).

	Mai	Juni	Juli	August	Sept.
1977	11.3	15.3	16.4	15.5	10.2
Middel 1966-75	10.6	15.7	16.7	15.9	11.1
Normal 1931-60	10.7	14.7	17.3	15.9	11.3

Tabellene 8-10 viser som ventet at det ikke var noen direkte sammenheng mellom temperatur og stråling. Juli var kaldere, men hadde mer stråling enn normalt, mens det omvendte var tilfellet for september. For mai avvek stråling og temperatur fra normalen på samme måte, og det samme var til en viss grad tilfellet for juni og august.

Ut fra en samlet vurdering av månedene mai-september synes det som om stråling og temperatur avvek lite i 1977 fra det en kan regne som normalt.

I figur 4 er det gitt vindretningsfordelingen for perioden juni-september 1977 og 10 års-midlet 1966-75, basert på daglige observasjoner kl 07, 13 og 19 på Blindern. Av figuren framgår at det sommeren 1977 var høyere frekvens av vind fra nordlig og nordøstlig kant, og lavere fra sørlig og sørvestlig kant enn gjennomsnittlig for sommermånedene 1966-75. De to ozonmålerne var plassert nord og øst for bykjernen, og det var altså lavere frekvens av vind fra bykjernen til målestedene sommeren 1977 enn gjennomsnittlig for somrene 1966-75.



Figur 4: Vindretningsfordeling på Blindern for månedene juni-september 1977 og 1966-75, basert på observasjoner kl 07, 13 og 19. C betyr vindstille. (Kilde: Meteorologisk institutt).

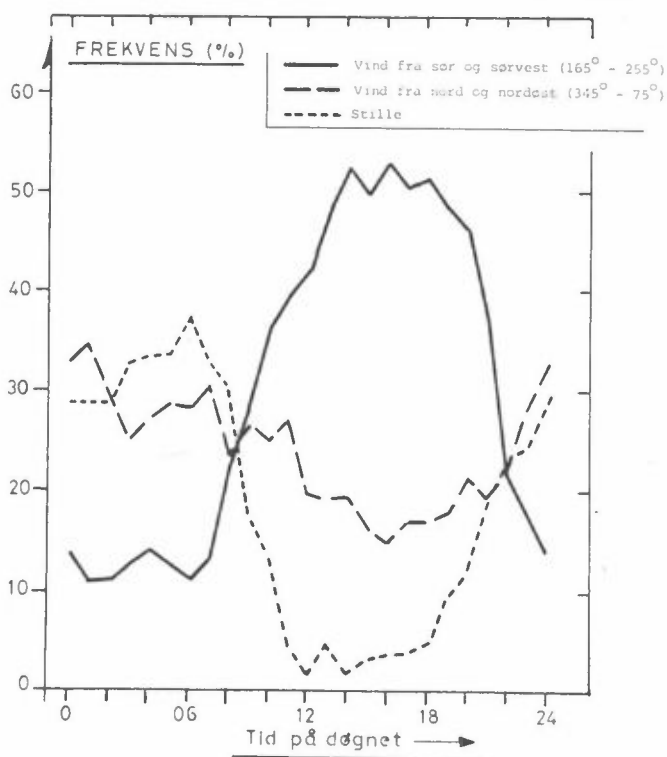
5.1.5 Samvariasjon mellom ozonkonsentrasjon og timevise meteorologiske data

På Fornebu observeres en rekke meteorologiske parametre hver time. En vil her diskutere ozonkonsentrasjonens variasjon med vindretning- og hastighet, temperatur og globalstråling. Timesverdier av globalstråling er ikke målt på Fornebu, men beregnet i dette prosjektet ved hjelp av en metode utviklet ved Meteorologiska institutet i Finland (7).

Vindretning

Om sommeren varierer vindretningen over døgnet i Oslo-området slik at vind fra nord- og nordøstlig kant er framherskende om natta, og vind fra sør- og sørvestlig kant framherskende om dagen. Dette er vist i figur 5 som gir midlere døgnsforløp for frekvens av vind fra nord og nordøst (345° - 75°), sør og sørvest (165° - 255°) og stille (vindhastighet mindre enn 0.5 m/s) på Fornebu, midlet over perioden 26.5-30.9.77, dvs. i den perioden ozonmålinger ble foretatt. Slike vindretningsvariasjoner er vanlige i kyststrøk og skyldes forskjell i oppvarming og avkjøling av sjø og land. Pålandsvind forekommer oftest om dagen og fralandsvind oftest om natta. Stille vær forekommer langt oftere om natta enn om dagen.

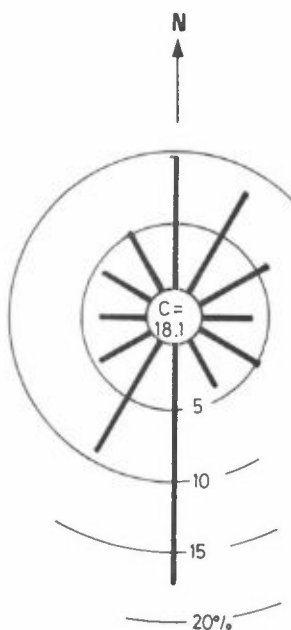
Av figur 5 ser en at frekvensen av sør- og sørvestlig vind på Fornebu varierer over døgnet på liknende måte som ozonkonsentrasjonen i Maridalen og på Stovner (figur 3). Dette resultatet er ikke uventet. Sør- og sørvestlig vind bringer forurensninger fra bykjernen til målestedene, og denne vinden forekommer gjerne på ettermiddagen når land oppvarmes i forhold til sjø, dvs. ved klarvær. En kan imidlertid ikke av dette slutte at utslipp i Oslo sentrum er eneste årsak til høye ozonverdier, fordi sørlige og sørvestlige vinder også kan føre med seg forurensninger fra andre områder.



Figur 5: Fordeling over døgnet for frekvensen av vind fra sektorene sør og sørvest (165° - 255°) og nord og nordøst (345° - 75°), samt frekvensen av stille (mindre enn 0.5 m/s) på Fornebu i perioden 26.5-30.9.77. (Datagrunnlag: Meteorologisk institutt).

Det er viktig å være klar over at vinden målt på Fornebu ikke nødvendigvis er representativ for hele Oslo-området. En får kanalisering i dalene (Groruddalen, Maridalen, Sørkedalen og Lommedalen) både ved pålandsvind og fralandsvind. Dette er grunnen til at en i figur 5 har brukt brede vindsektorer (90°). Disse skulle være representative for det meste av Oslo-området. Imidlertid kan en ikke en bestemt time vite om det for eksempel ved vind fra sør på Fornebu har vært vind fra sør, sørvest eller vest på Stovner.

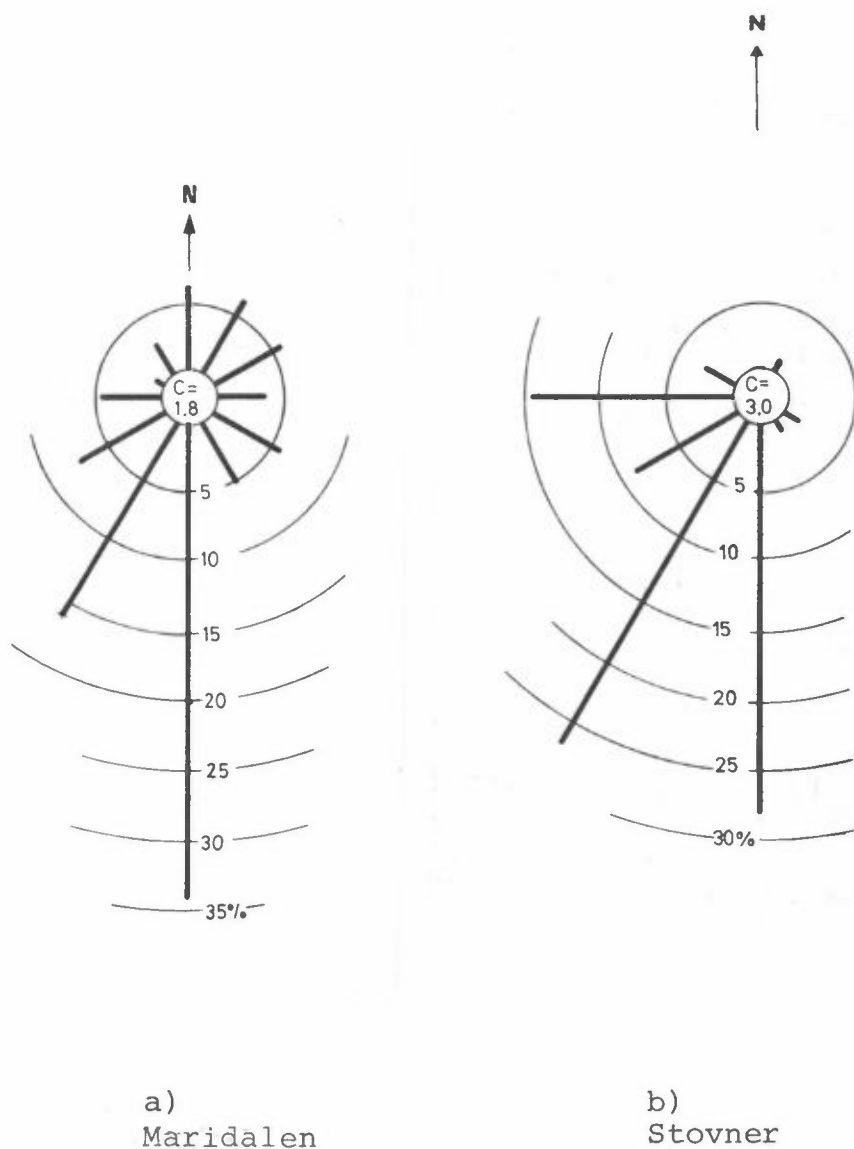
I figur 6 er gjengitt vindrosen for Fornebu for perioden 26.5-30.9.77. Hver strek representerer en sektor på 30° symmetrisk om streken. Lengden av hver strek er lik frekvensen (%) av vind fra den aktuelle retningen. Det framgår at de to 90 grader-sektorene, 345° - 75° og 165° - 255° , omfatter hovedvindretningene på Fornebu.



Figur 6: Vindrose for timevise vindobservasjoner på Fornebu, 26.5-30.9.77. C betyr frekvens av vindstille, dvs. vindhastighet mindre enn 0.5 m/s. (Datagrunnlag: Meteorologisk institutt).

I figur 7 er gjengitt frekvens av timesverdier av ozon høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fordelt på ulike vindsektorer (observert på Fornebu). Langt de fleste høye verdier i Maridalen forekom ved vind fra sør og sørvest på Fornebu. Det samme var tilfellet på Stovner, men her var det også et visst bidrag ved vind fra vest på Fornebu. Fordi det ialt var mer enn tre ganger flere verdier over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Maridalen enn på Stovner (tabell 3), kan en ikke av figur 7 slutte at det ved vestlig vind på Fornebu var

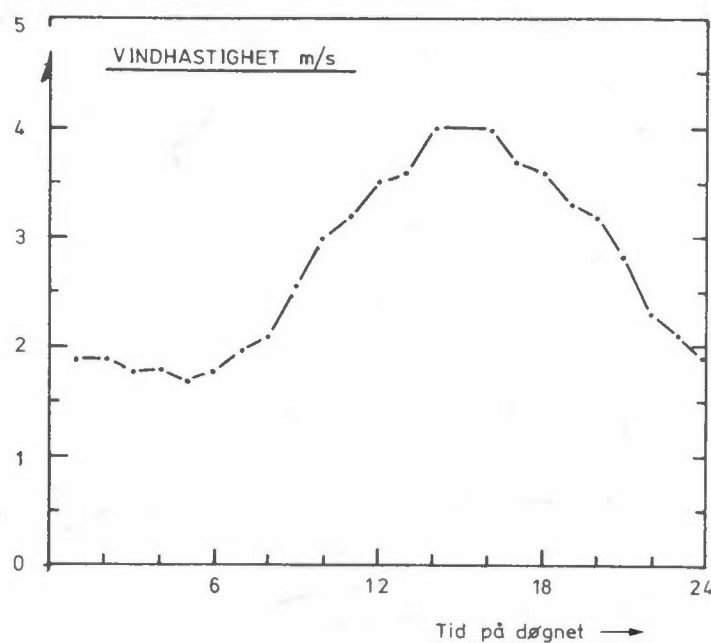
høyere verdier av ozon på Stovner enn i Maridalen. Imidlertid peker figur 7 i retning av at utslipp i Oslo sentrum utgjør et viktig bidrag til ozondannelsen i området.



Figur 7: Frekvens av ozonkonsentrasjoner høyere enn $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, i Maridalen (a) og Stovner (b) fordelt på samtidige vindretninger målt på Fornebu.

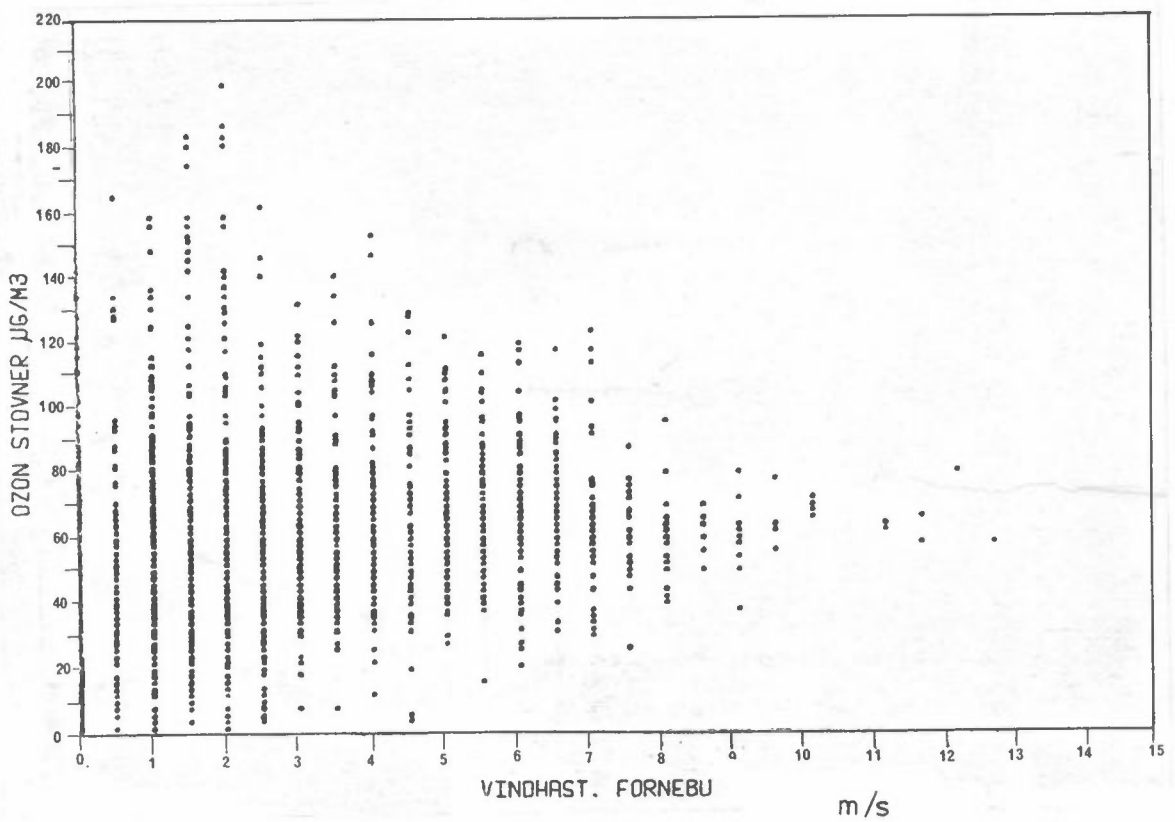
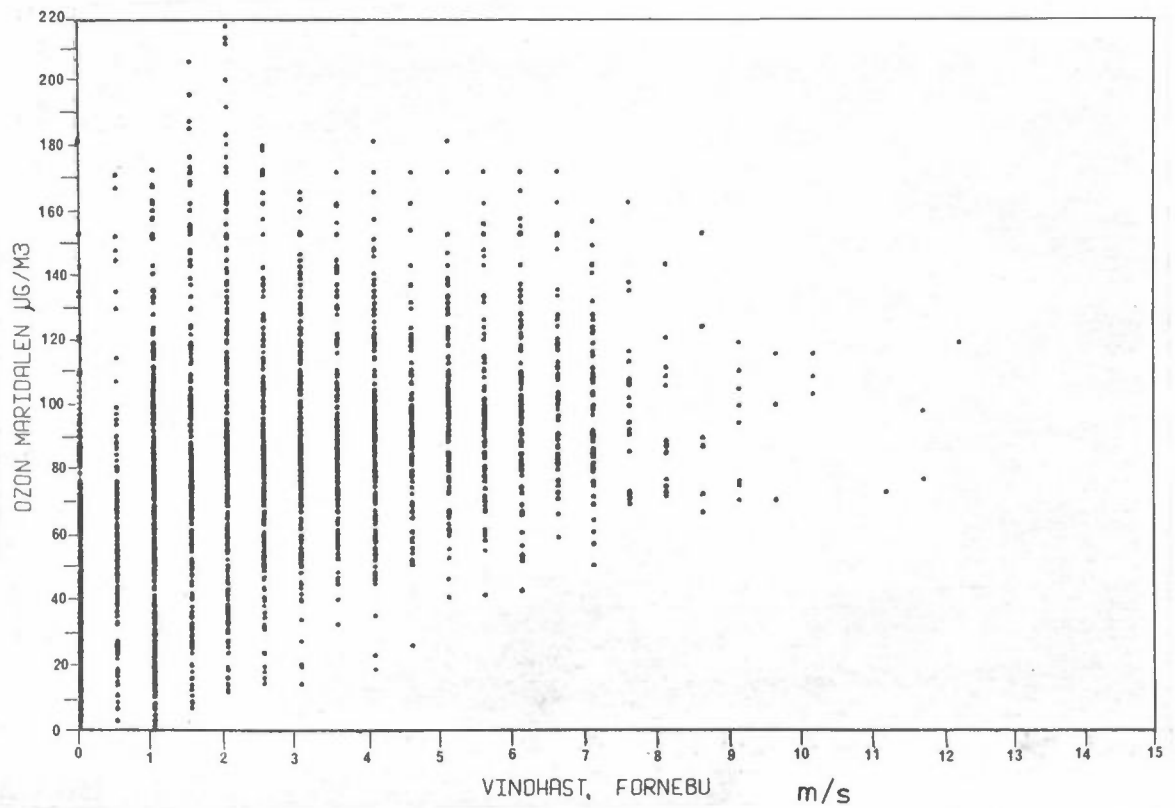
Vindhastighet

Vindhastighetens midlere fordeling over døgnet er gjengitt i figur 8. De høyeste vindhastighetene forekom mellom kl 12 og kl 18, og dette skyldes at da er det størst forskjell i oppvarming mellom sjø og land.



Figur 8: Midlere vindhastighet på Fornebu fordelt over døgnet i perioden 26.5-30.9.77.
(Datagrunnlag: Meteorologisk institutt).

Midlere vindhastighet varierte over døgnet på samme måte som midlere ozon-konsentrasjon (figur 3). Dette viser imidlertid ikke nødvendigvis at ozonkonsentrasjonen øker med økende vindhastighet. I figur 9 er det plottet samhoørende verdier av vindhastighet på Fornebu og ozonkonsentrasjon i Maridalen og Stovner. Alle punktene ligger langs rette, vertikale linjer fordi vindhastigheten er avlest i hele knop (1 knop = 0.514 m/s). Av figur 9 framgår at de høyeste ozonkonsentrasjonene forekom ved lave vindhastigheter, særlig var dette tilfellet for Stovner. I Maridalen forekom endel høye verdier også ved vindhastigheter over 5 m/s.



Figur 9: Timesverdier for ozon (Maridalen og Stovner) plottet imot samtidige observasjoner av vindhastighet på Fornebu.

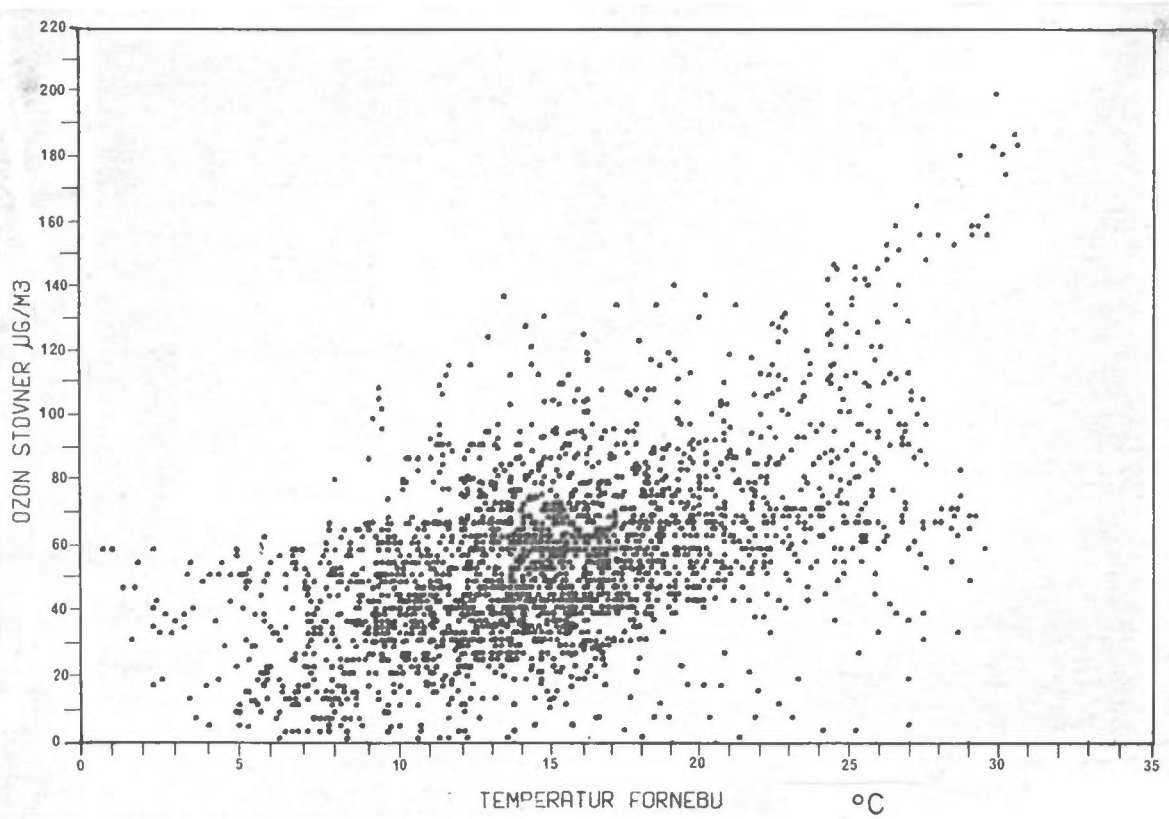
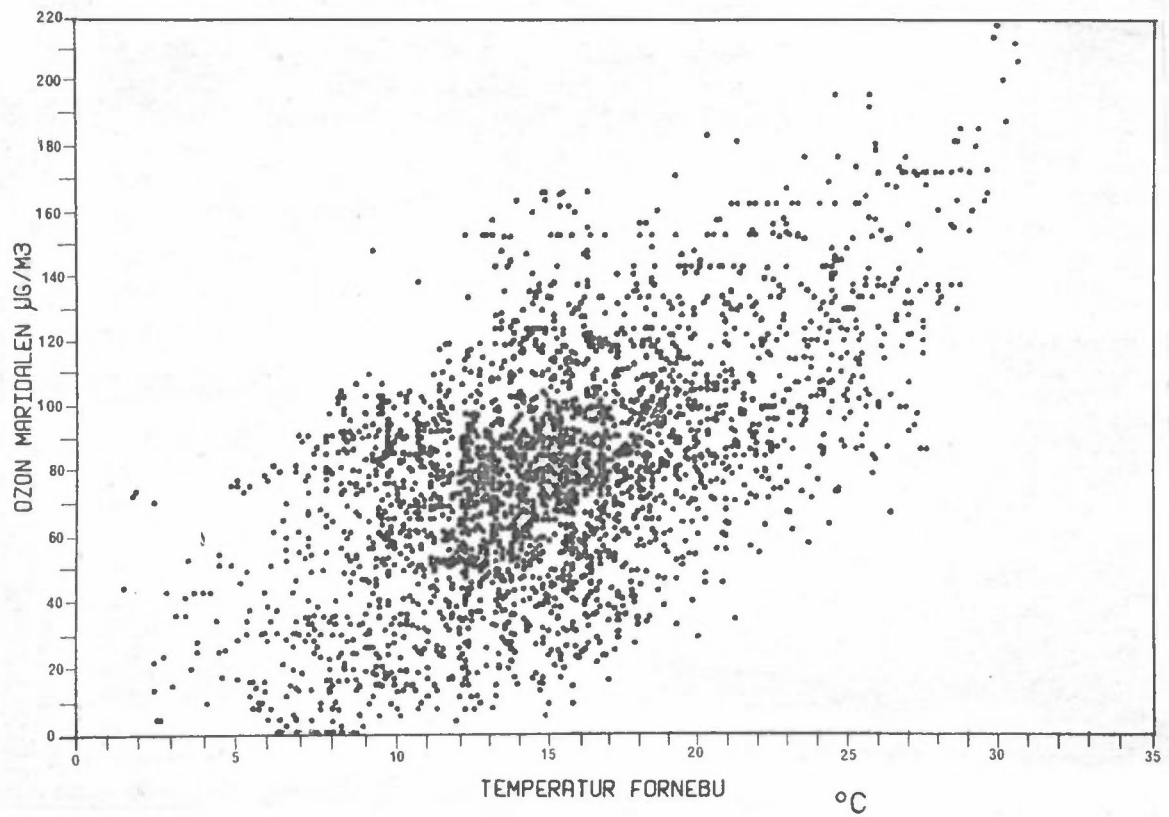
Temperatur

Ozonkonsentrasjonens samvariasjon med temperaturen er plottet i figur 10. Få høye ozonverdier ble målt ved lavere temperatur enn ca 15°C.

Temperaturen er avhengig av strålingen, men maksimal- og minimalverdiene er forskjøvet med noen timer slik at maksimumstemperaturen forekommer om ettermiddagen. På Fornebu forekom maksimumstemperaturen kl 15 og minimumstemperaturen kl 04 i middel for perioden 26.5 30.9.77.

Stråling

Timevise verdier for globalstrålingen er beregnet for Fornebu ved en metode utviklet i Finland (7), på grunnlag av solhøyden og observasjoner av temperatur, relativ fuktighet, mengden av og høyden til lave skyer, samt total skymengde. I tabell 11 har en sammenliknet beregnede månedsmiddelverdier for Fornebu med målinger (solarimeter) på Blindern. De beregnede verdiene er systematisk 35-40% høyere enn de observerte, noe som klart tyder på at den beregnete globalstrålingen er for høy. Dette støttes av at den høyeste timesverdien, 1025 W/m², som ble beregnet for 9.7.77 kl 12, var 33% høyere enn det Johannessen (8) har oppgitt som gjennomsnitt midt på dagen i juli, nemlig 772 W/m².



Figur 10: Timesverdier for ozon (Maridalen og Stovner) plottet imot samtidige observasjoner av temperatur på Fornebu.

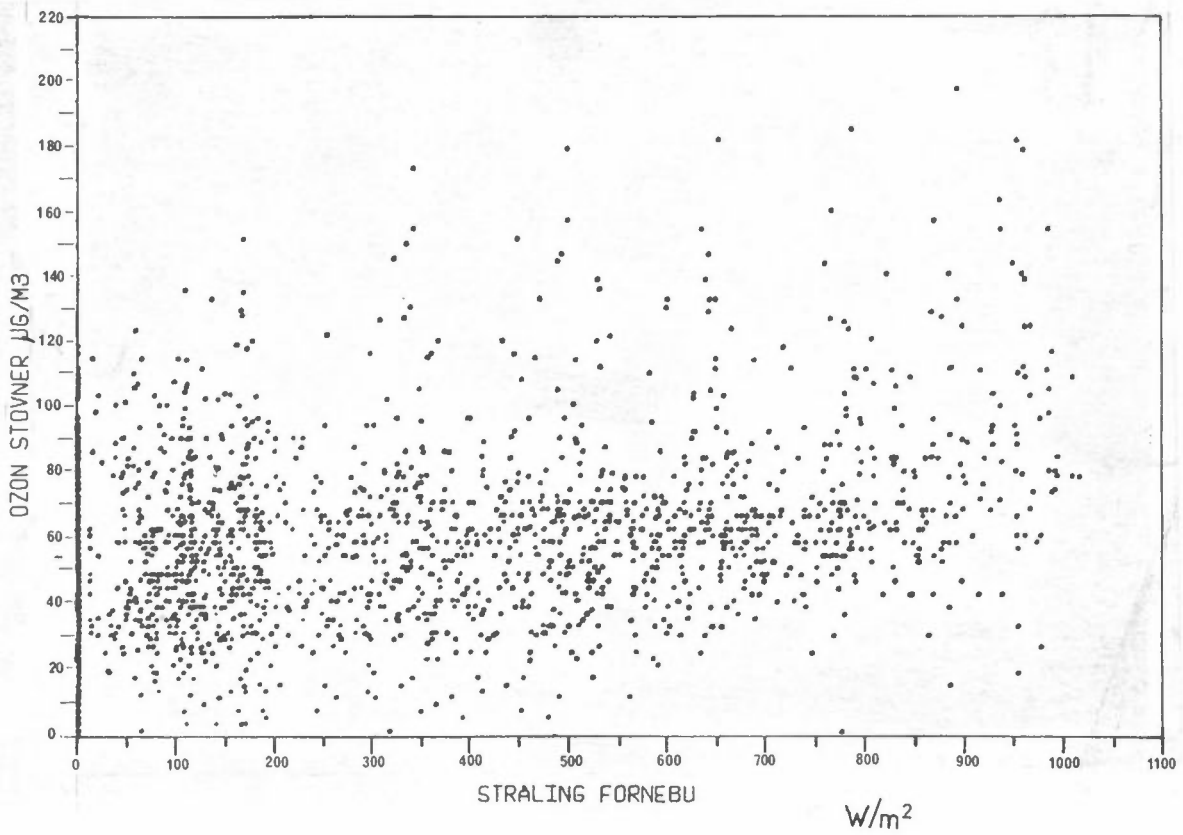
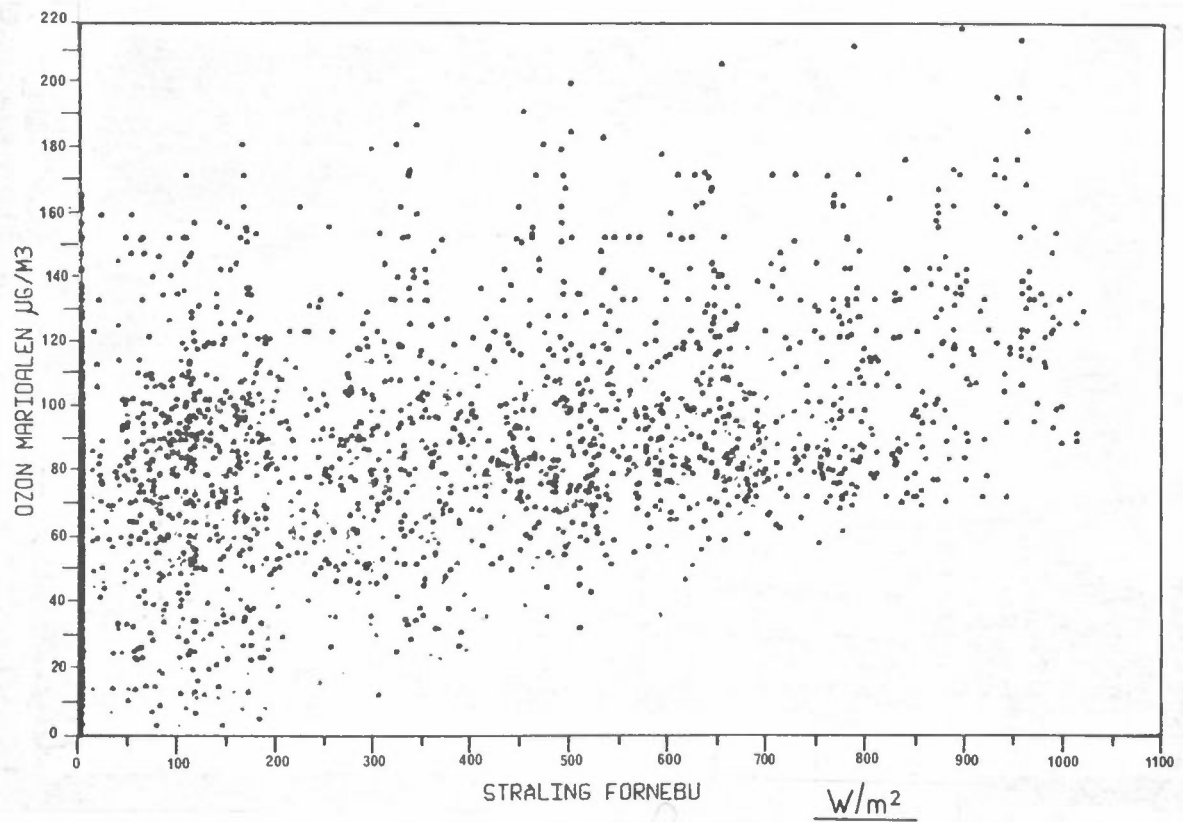
Tabell 11: Globalstråling (W/m^2 , på en horisontal flate).
Sammenlikning mellom beregnete verdier for
Fornebu og målte verdier på Blindern,
mai-september 1977.

	Mai	Juni	Juli	August	Sept.
Beregnet på Fornebu	308	312	314	240	164
Målt på Blindern	221	227	229	179	125

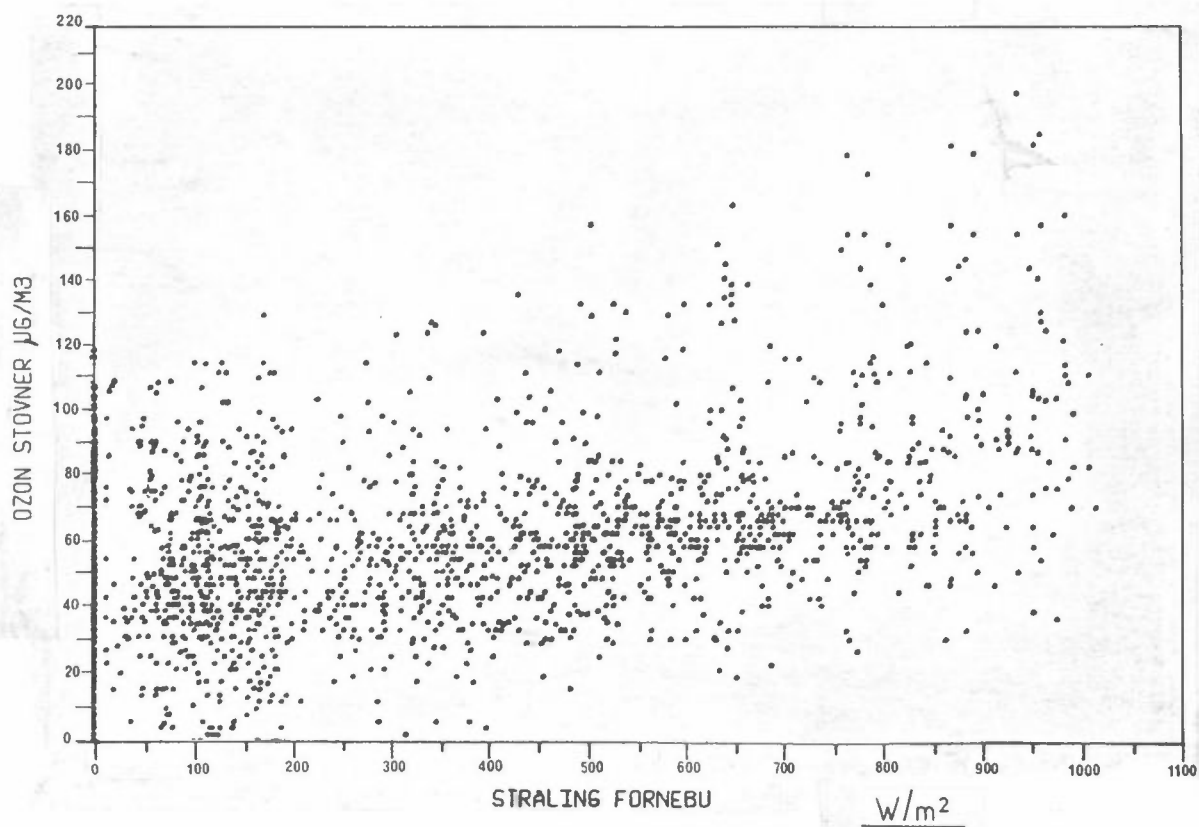
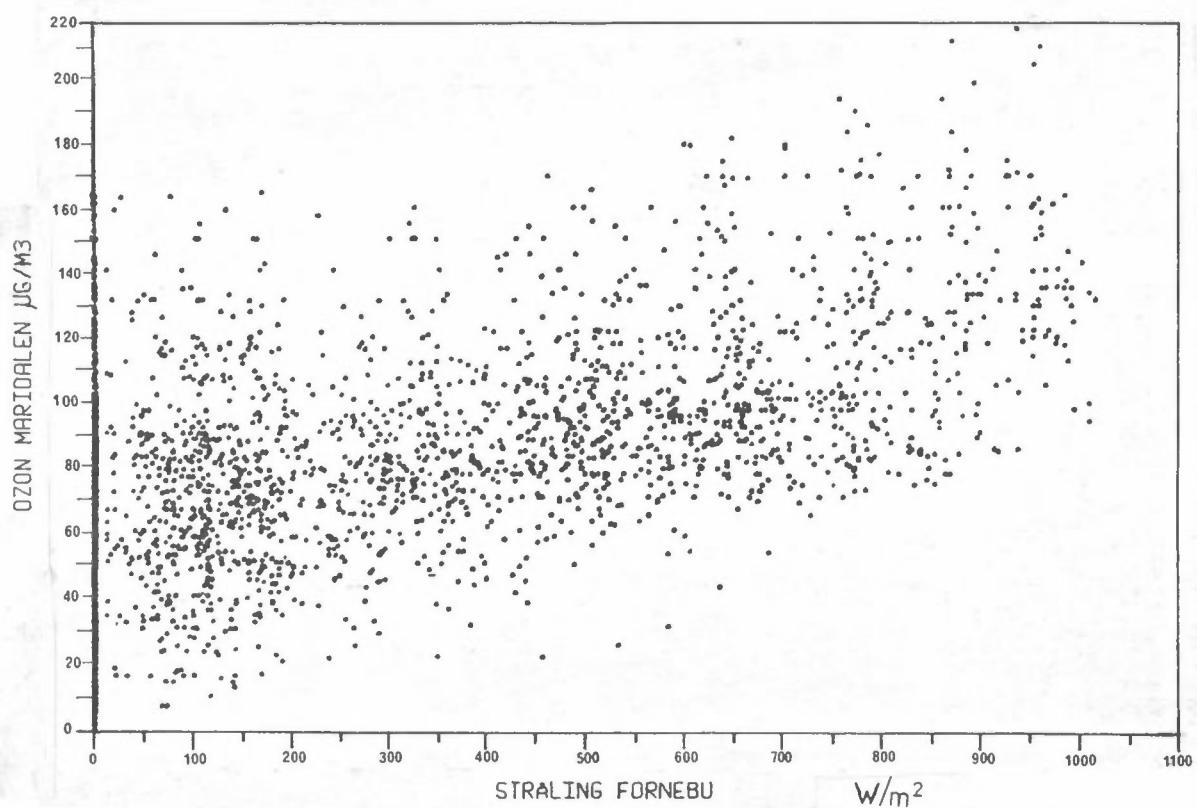
Imidlertid er det grunn til å anta at de beregnete timesverdiene beskriver den relative variasjonen i globalstrålingen, selv om de absolutte verdiene er for høye.

I figur 11 er ozonkonsentrasjonen plottet sammen med beregnet globalstråling. Samvariasjonen var dårligere enn mellom ozon og temperatur. Det samme ble funnet for Grenland sommeren 1976 på grunnlag av observerte verdier for globalstråling (4). I figur 12 er ozonkonsentrasjonen plottet sammen med globalstråling beregnet for et tidspunkt 3 timer før målt ozonkonsentrasjon. Dette ble gjort for å ta hensyn til at ozonmaksimum gjerne forekommer 3-4 timer etter strålingsmaksimum. Heller ikke i figur 12 er det særlig god samvariasjon mellom ozon og stråling.

Dette viser at situasjoner med sterk stråling ikke nødvendigvis har høy ozonkonsentrasjon. Dette kan for eksempel være tilfellet på dager med klart vær og med vind fra nordlig kant.



Figur 11: Timesverdier for ozon (Maridalen og Stovner) plottet imot samtidige verdier for beregnet globalstråling på Fornebu.



Figur 12: Timesverdier for ozon (Maridalen og Stovner) plottet imot verdier for beregnet globalstråling på Fornebu 3 timer tidligere.

5.2 Ozonmålinger fra fly

Måling av ozon fra NILUs fly ble foretatt på dagene 21.6 og 23.6.77. Et DASIBI instrument ble brukt.

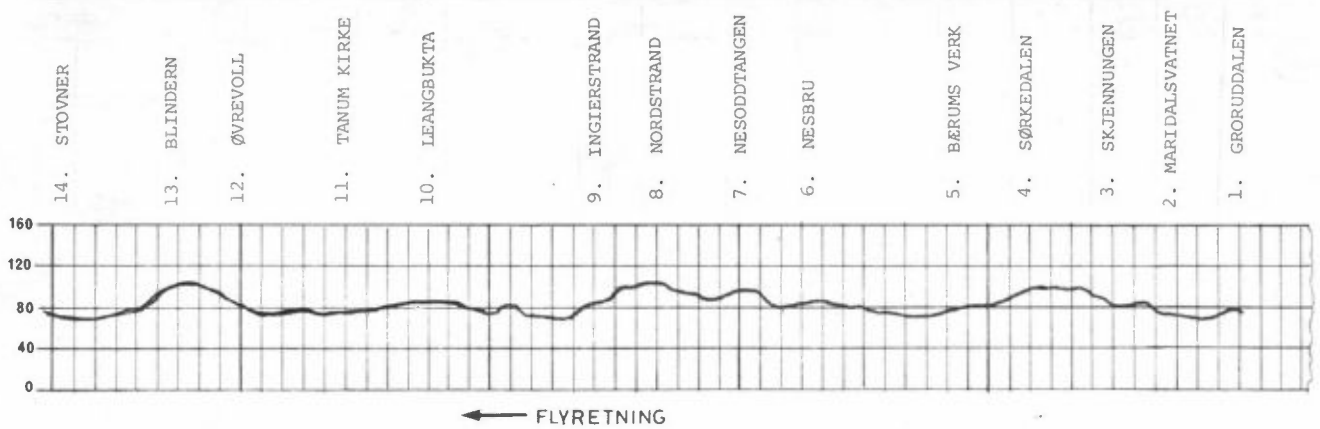
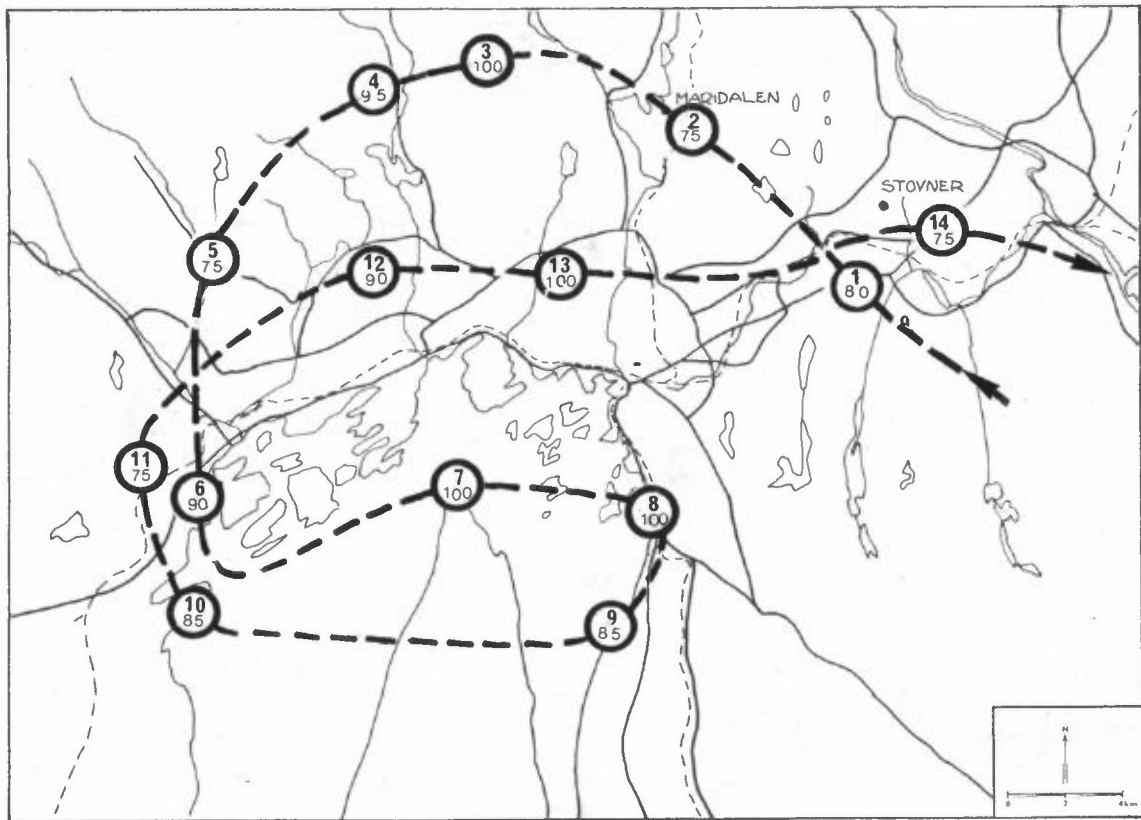
Den 21.6 lå et høytrykk nordvest for Storbritannia og et lavtrykk over Nord-Finland. Den 23.6 lå en høytrykksrygg mellom Storbritannia og Norge. Begge dager var det svak nordvestlig vind i høyden over Oslo. Bakkevinden målt på Fornebu var svak og fra nord om natta. Om dagen dreide vinden til sør og sørøst. Det var lettskyet, pent vær og maksimumstemperatur 23-25°C begge dager.

Målingene ble foretatt i 150-300 m høyde over bakken. På grunn av flytrafikken til og fra Fornebu var det noe begrenset hvilke høyder og områder en kunne operere i.

Flyruter og måleresultater er gitt i figur 13 og 14. I ringene langs ruta på kartet er det to tall; Det ene gir lokaliseringen, og samme tall fins på konsentrasjonskurven. Det andre gir konsentrasjonen av ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). I figurene er det også gitt måleresultater for Maridalen og Stovner på samme tid som flygingene pågikk.

Ozonkonsentrasjonen målt fra flyet var begge dagene vesentlig lavere enn tilsvarende målt i Maridalen og Stovner. Ca 300 m over målestedet i Maridalen ble det 21.6 kl 1530 målt ca $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mens bakkekonsentrasjonen kl 16 (timesmiddel) var $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tilsvarende tall for Stovner var $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fly) og $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (bakke). Den 23.6 ble det målt i Maridalen $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fly) og $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (bakke) og på Stovner $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fly) og $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (bakke).

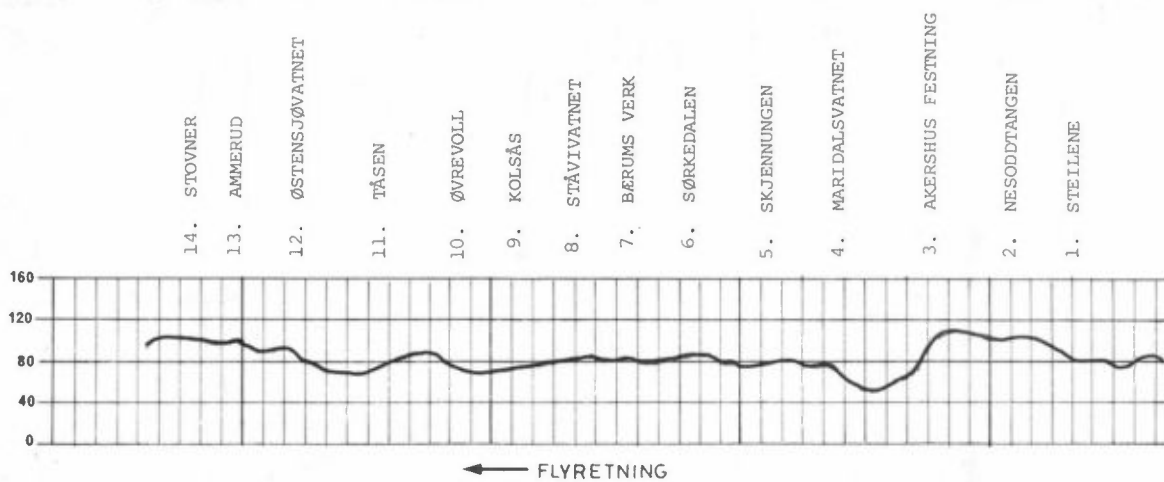
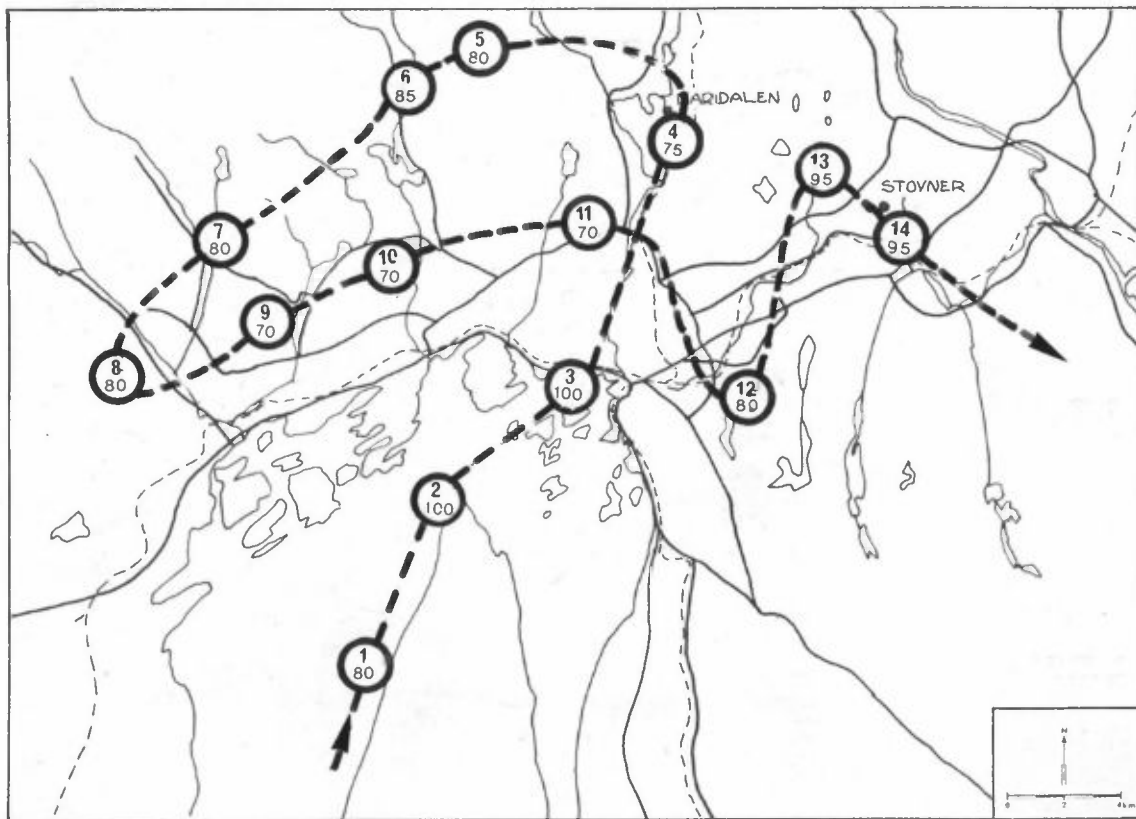
En har ikke noen brukbar forklaring på disse avvikene, idet det begge dager var høy innstråling og sannsynligvis god vertikal blanding.



Figur 13: Flyging 21.6.77 kl 1530-1610. Inntegnet flyrute med lokalisering (1-14) og ozonkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Flygehøyde 150-300 m over bakken.

Observasjoner kl 16:

Vind: 2.6 m/s 130° ; temperatur: 22.4°C (Fornebu).
Ozon: $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Maridalen), $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stovner).



Figur 14: Flyging 23.6.77 kl 1310-1330. Inntegnet flyrute med lokalisering (1-14) og ozonkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Flygehøyde 150-300 m over bakken.

Observasjoner kl 13:

Vind: 2.0 m/s 180° ; temperatur 23.0°C (Fornebu).

Ozon: $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Maridalen) $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stovner).

Flymålingene var stort sett i området 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, og dette er typiske bakgrunnsverdier for ozon. Det ble ikke undersøkt hvordan ozonkonsentrasjonen varierte med høyden.

Begge dager ble de høyeste konsentrasjonene stort sett målt langs en nord/sør-akse mellom Nesodden og Tryvasshøgda, men variasjonen over Oslo-området var generelt liten. Den 23.6 avtok ozonkonsentrasjonen markert idet en passerte over bykjernen på vei fra Nesodden til Maridalen. Dette kan forklares ved at utslipp av nitrogenmonoksyd (NO) fra biltrafikken i sentrum lokalt reduserte ozonkonsentrasjonen (se vedlegg A).

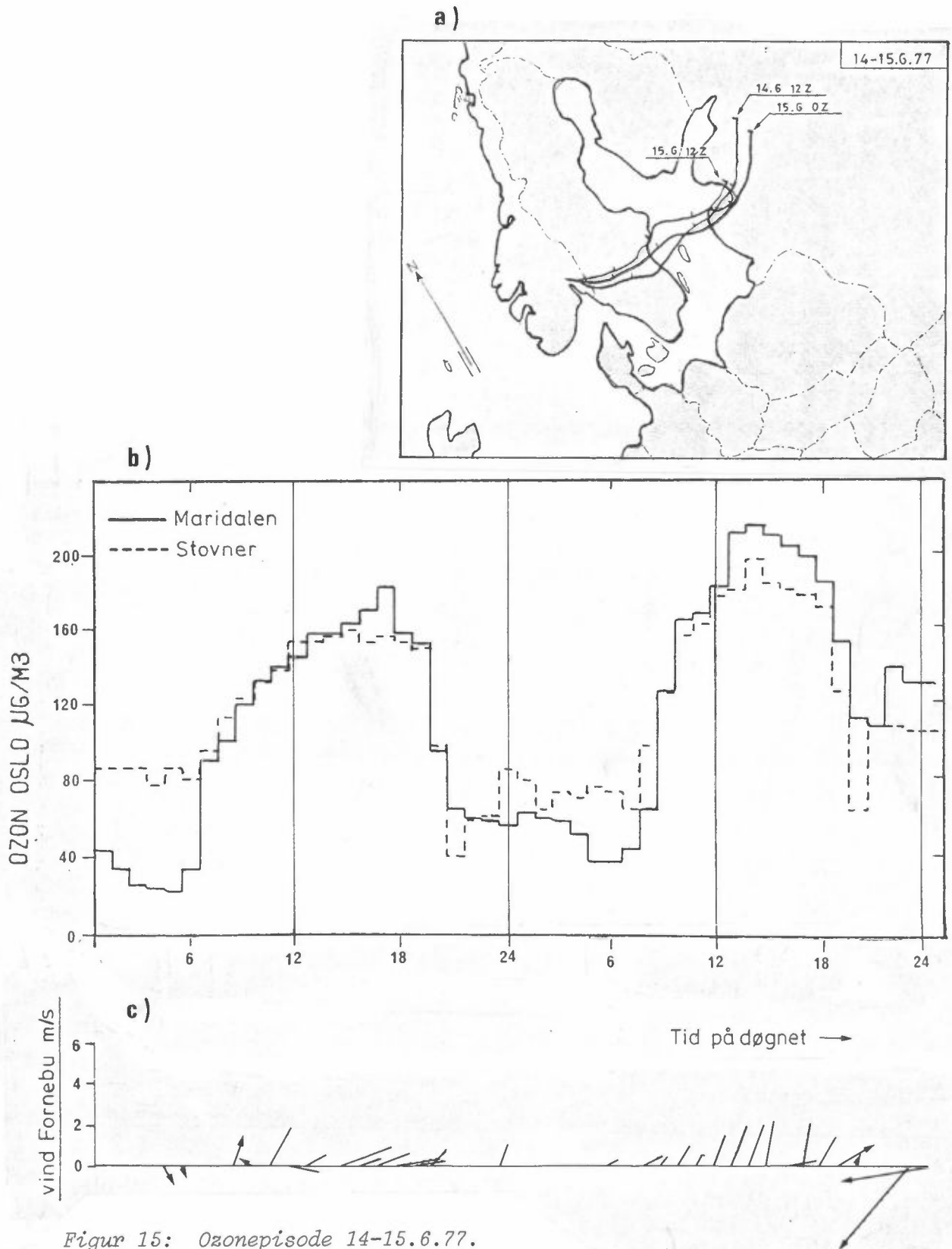
5.3 Enkelte ozonepisoder

I dette avsnittet vil en kort drøfte enkelte episoder med høy ozonkonsentrasjon. På grunnlag av de meteorologiske forholdene på stor skala (9) og trajektoriene i 850 mb-nivå (dvs vindbanene i 1200-1400 m høyde over havet), kan en i store trekk angi luftmassenes bevegelser de siste 48 timer. Sammen med timevise lokal-meteorologiske data (vind, skydekke og temperatur) fra Fornebu får en derved grunnlag for å si noe om hvilke utslippsområder som kan ha bidratt til ozondannelsen.

14-15.6.77 (figur 15)

En høytrykksrygg fra Sovjetunionen strakk seg vestover mot Sør-Skandinavia og ga en svak østlig vind i høyden over Oslo-området. En svak kaldfront passerte Oslo om dagen 15.6. Bak fronten nærmet et høytrykk seg fra vest og ga fortsatt klarvær og svak østlig vind i høyden.

Trajektoriene indikerer at transporten i høyden har skjedd fra Sovjetunionen over Østersjøen og Sverige. Denne retningen er ikke blant de dominerende med hensyn til langtransport av luftforurensninger til Østlandet (10).



Figur 15: Ozonepisode 14-15.6.77.

- a) Trajektorier i 850 mb-nivå med tidspunkt for ankomst til Oslo-området (Z = GMT, Greenwich Mean Time).
- b) Timevise konsentrasjoner av ozon, Maridalen og Stovner.
- c) Timevise vindobservasjoner (hastighet og retning), Fornebu. Lengden av pila tilsvarer vindhastigheten, vindretningen regnes fra absissen (tidsaksen).

Bakkevinden på Fornebu var sørlig og seinere vestlig om ettermiddagen begge dagene, og det var nærmest stille vær om natta. Vindhastigheten var lav, mindre enn ca 2.5 m/s begge døgn. I hele perioden var det nærmest skyfritt. Maksimumstemperaturen på Fornebu var 30°C begge dagene.

Ozonkonsentrasjonen var høy, og verdiene 15.6 kl 14, 218 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Maridalen og 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på Stovner, var de høyeste som ble målt på de respektive målestedene. Det er grunn til å anta at utslipp i Oslo-området har vært en hovedårsak til disse konsentrasjonene, men fordi vindretningen i bakkenivå har variert slik som det er vanlig ved land/sjøbris, kan også andre kilder innenfor 50-100 km fra Oslo ha gitt bidrag.

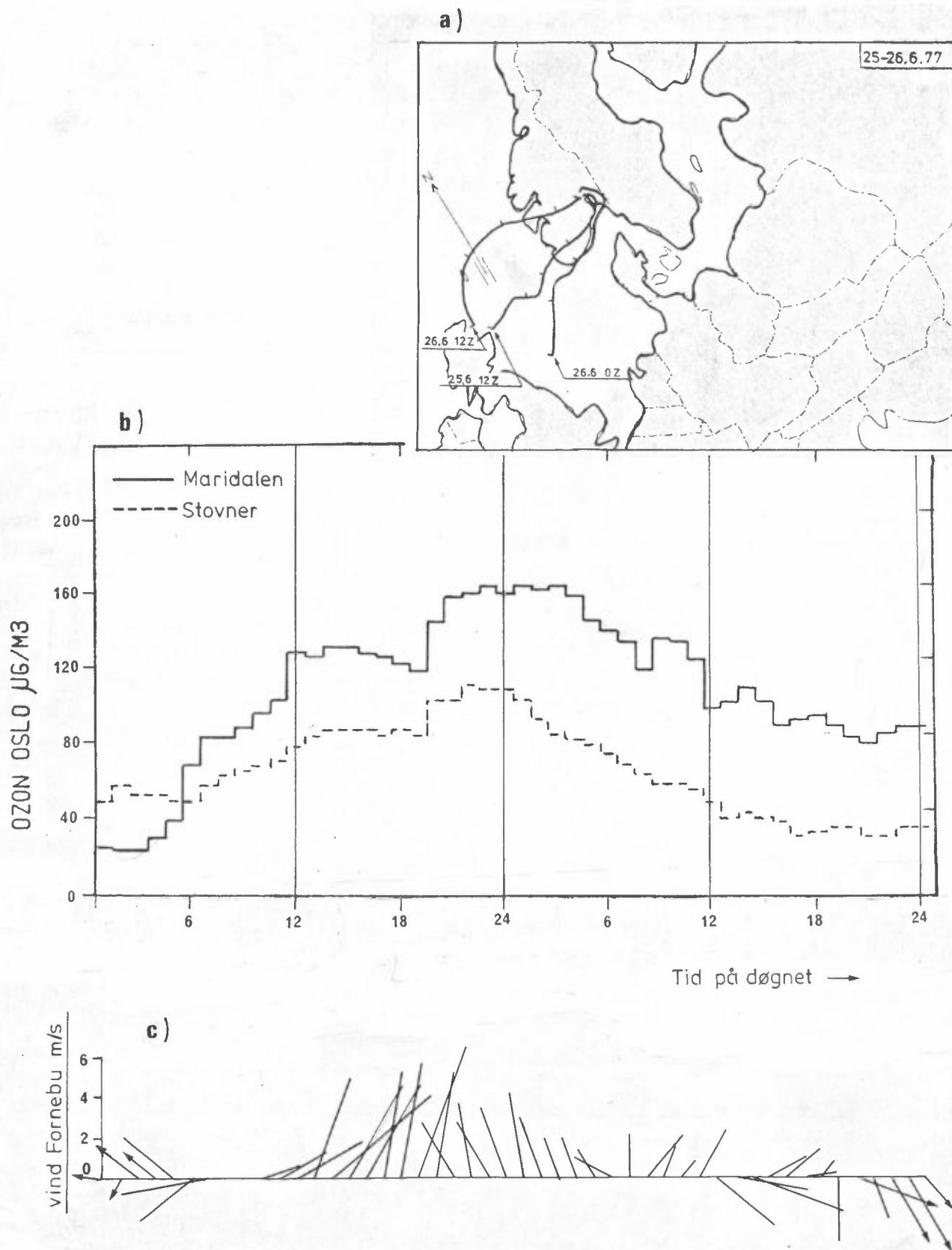
25-26.6.77 (figur 16)

Den 25.6 lå Oslo-området i varmektoren mellom to fronter. Dette ga transport i høyden fra sørvest, mens transporten i bakkenivå var mer fra sørlig kant. Natt til 26.6 passerte kaldfronten, og vinden i høyden dreide til vest og seinere nordvest.

Trajektoriene i 850 mb-nivå indikerer transport fra Storbritannia. I bakkenivå skjedde transporten sannsynligvis fra kontinentet. Bakkevinden (Fornebu) var fra sørlig og sørøstlig kant om natta og dreide vest, seinere nordvest den 26.6. Vindhastigheten var gjennomgående 2-5 m/s. Det var stort sett overskyet vær i perioden. Maksimumstemperaturen på Fornebu var 21°C den 25.6 og falt til 15°C den 26.6.

Ozonkonsentrasjonen var ikke over 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ om dagen, men derimot om natta (Maridalen) 8 timer mellom kl 20 den 25.6 og kl 04 den 26.6.

Det er meget sannsynlig at ozonkonsentrasjonen i dette tilfellet skyldes transport av forurensninger fra andre land, særlig fra Storbritannia og det europeiske kontinentet.



Figur 16: Ozonepisode 25-26.6.77. (Figurtekst ellers som figur 15).

4-5.7.77 (figur 17)

En høytrykksrygg over Norskehavet og Vest-Norge bygde seg opp bak et frontsystem som passerte natt til 4.7. Høytrykket ga et svakt nordlig drag i høyden over Østlandet.

Trajektoriene var relativt korte og kom i hovedsak fra nord.

I bakkenivå kom vinden fra sør og sørvest den 4.7 om dagen og fra nordøst den 5.7 om dagen. Vindhastigheten var opptil 2.5 m/s den 4.7 og opptil 6.5 m/s den 5.7. Det var et svakt nordlig trekk om natta. Det var relativt lite skyer begge dagene, og maksimumstemperaturen var 27°C den 4.7 og 29°C den 5.7.

Ozonverdiene i Maridalen var over 160 µg/m³ begge dagene, og det må anses lite sannsynlig at kilder i andre land kan ha bidratt.

17.8.77 (figur 18)

Et høytrykk med sentrum over Norskehavet ga svak nordlig vind i høyden over Østlandet. Trajektoriene kom fra nord.

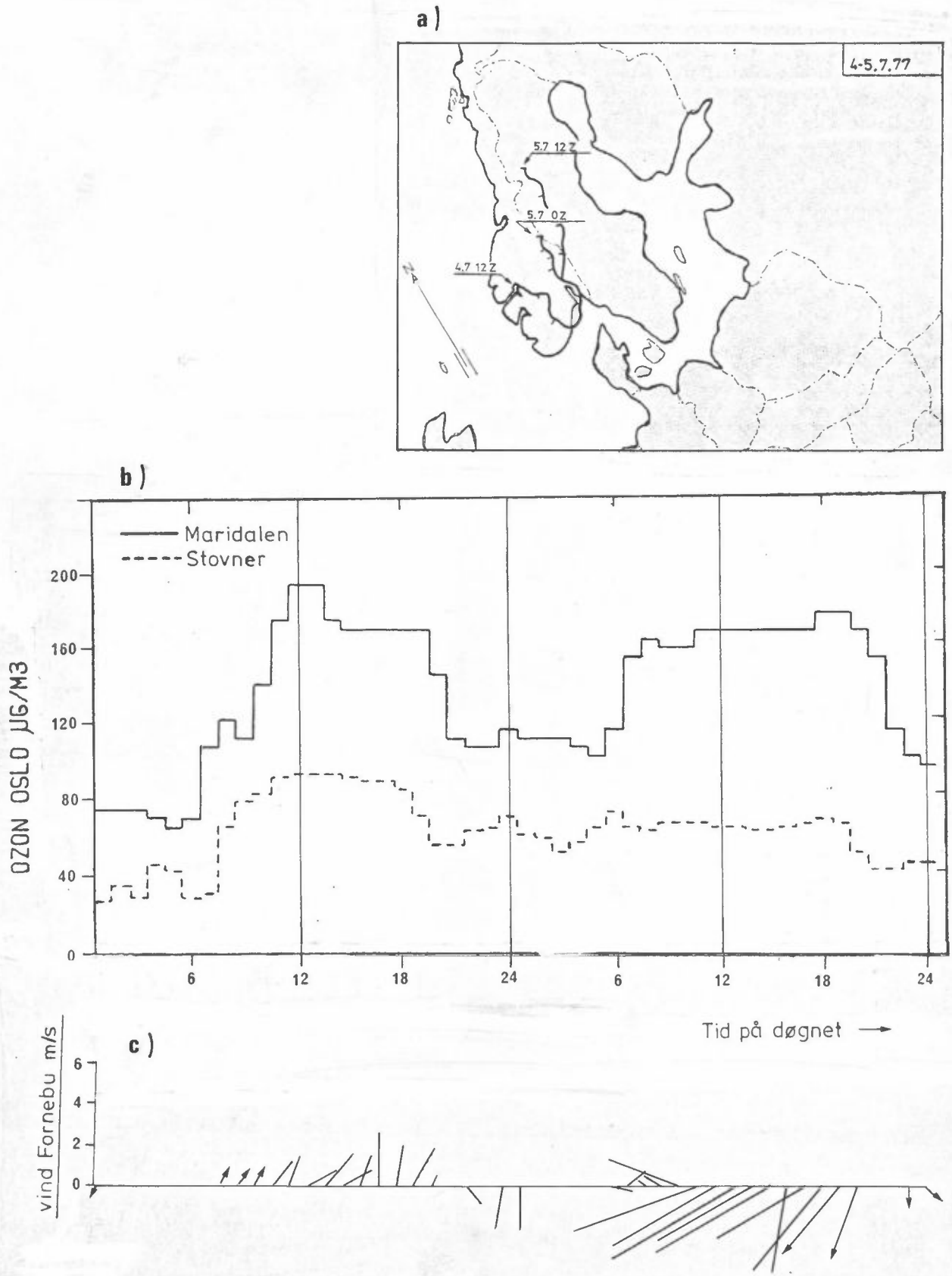
I bakkenivå var det typisk land/sjøbris med nordlig vind om natta og sørlig vind om dagen. Vindhastigheten var mindre enn 2.5 m/s hele døgnet. Det var klarvær, og maksimumstemperaturen var 26°C. Ozonkonsentrasjonen i Maridalen økte sterkt utover dagen og 193 µg/m³ ble målt kl 16. Kilder i Oslo- og Oslofjordområdet peker seg ut.

1-2.9.77 (figur 19)

Et kraftig lavtrykk i Atlanterhavet var på vei mot Norskehavet og ga sørvestlig vind i Nordsjøen og sørlig vind i Oslofjorden. Trajektoriene indikerer transport fra Storbritannia.

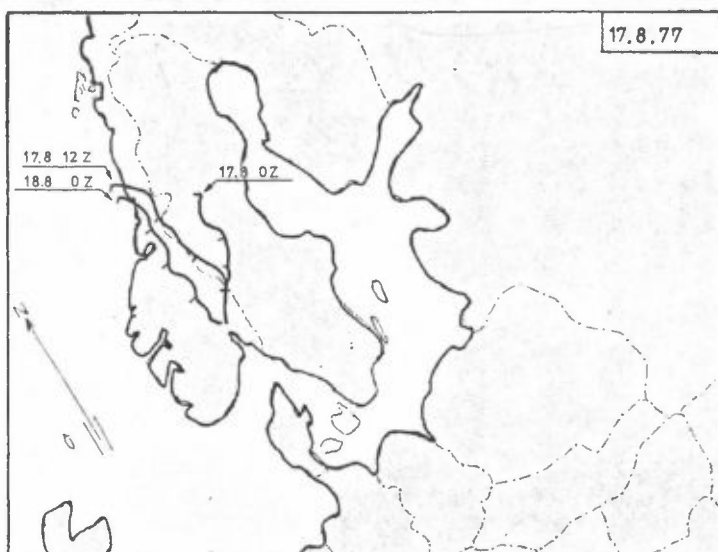
Bakkevinden var fra sør og opptil 7 m/s om natta. Det var overskyet. Maksimumstemperaturen den 1.9 var 20°C og den 2.9 17°C.

Ozonkonsentrasjonen i Maridalen var høyere enn 160 µg/m³ en time i løpet av natta. Kilder i Storbritannia og det europeiske kontinentet peker seg ut.

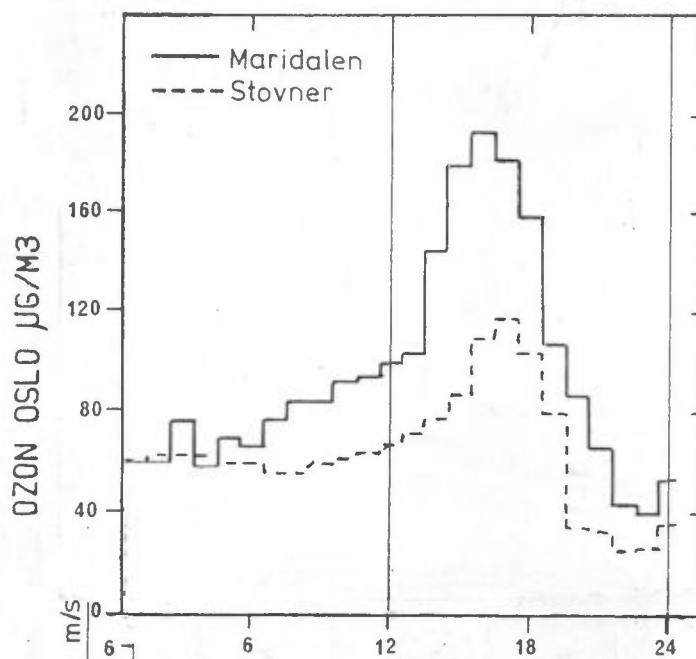


Figur 17: Ozonepisode 4 - 5.7.77. (Figurtekst ellers som figur 15).

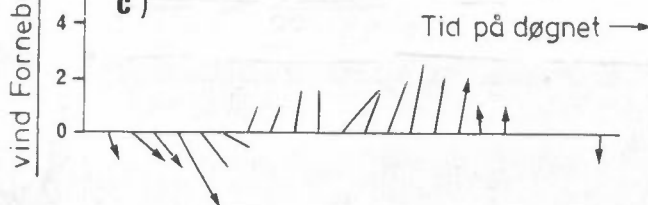
a)



b)

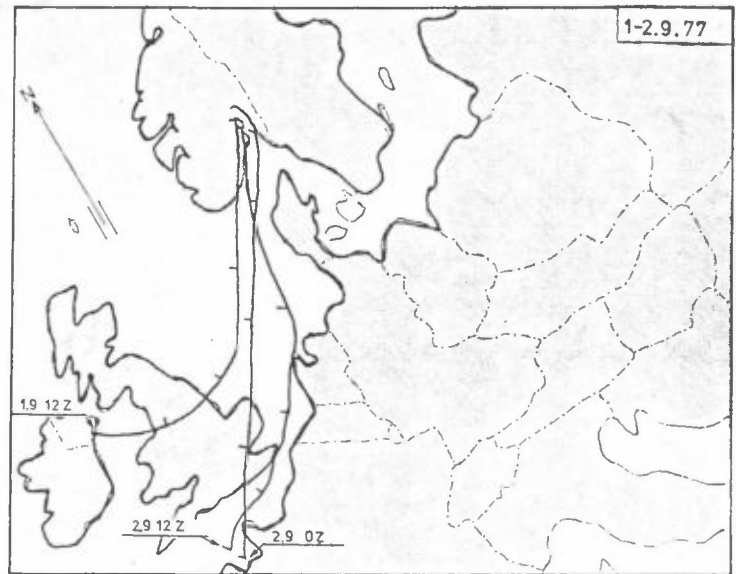


c)

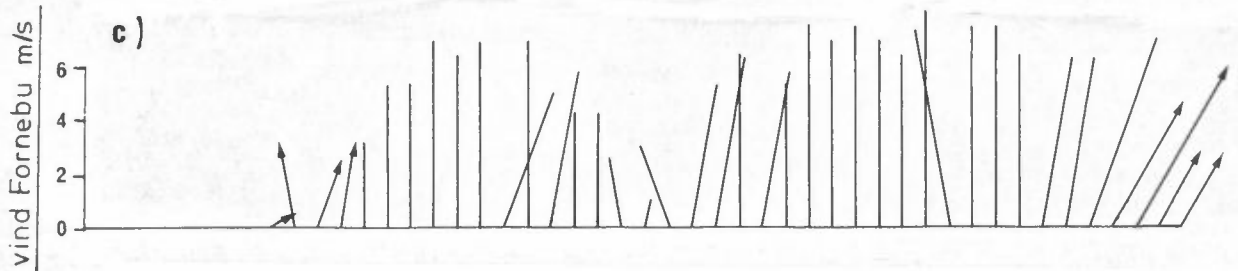
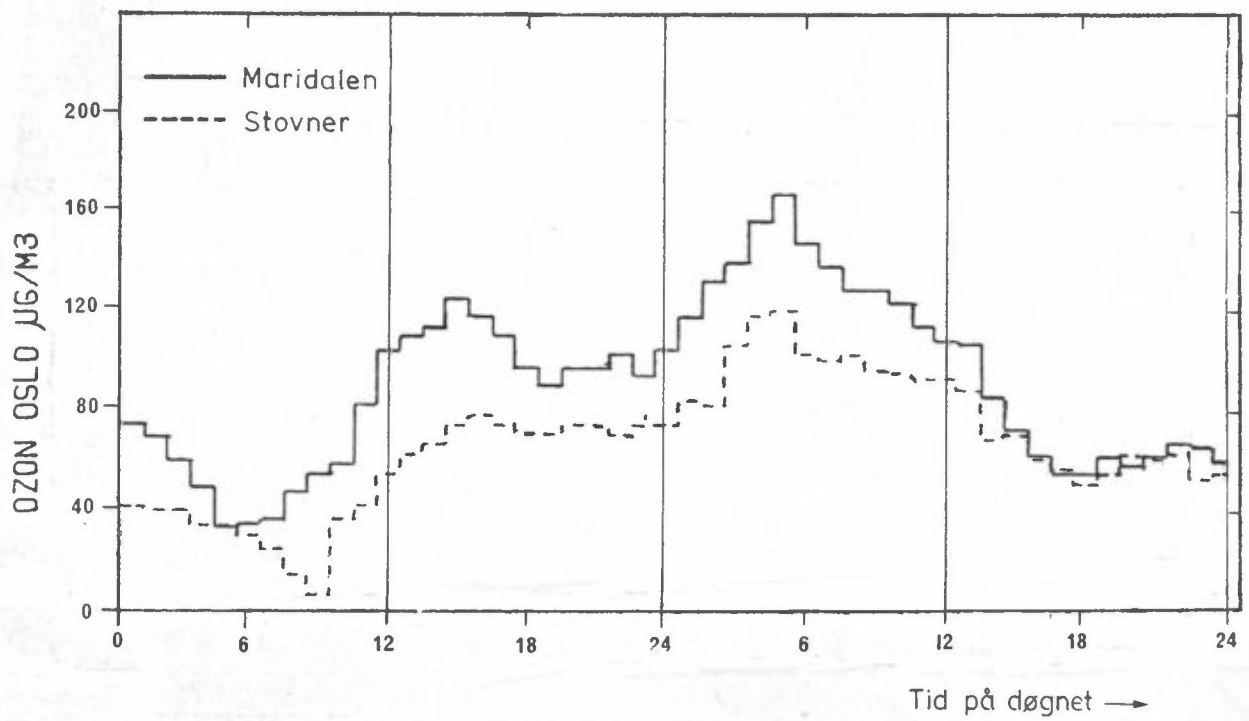


Figur 18: Ozonepisode 17.8.77. (Figurtekst ellers som figur 15).

a)



b)



Figur 19: Ozonepisode 1 - 2.9.77. (Figurtekst ellers som figur 15).

5.4 Drøfting av ozondannelsen

I figur 20 er hvert tilfelle (dag eller natt) med en eller flere ozonverdier over $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ representert med en trajektorie (i alt 16). Bortsett fra sektoren mellom sørøst og sørvest forekom trajektorier i alle retninger. De fleste av trajektoriene indikerer transport fra nordvest, nord, nordøst og øst. Disse transportretningene er ikke typiske for langtransport av svovel- forurensninger (14).

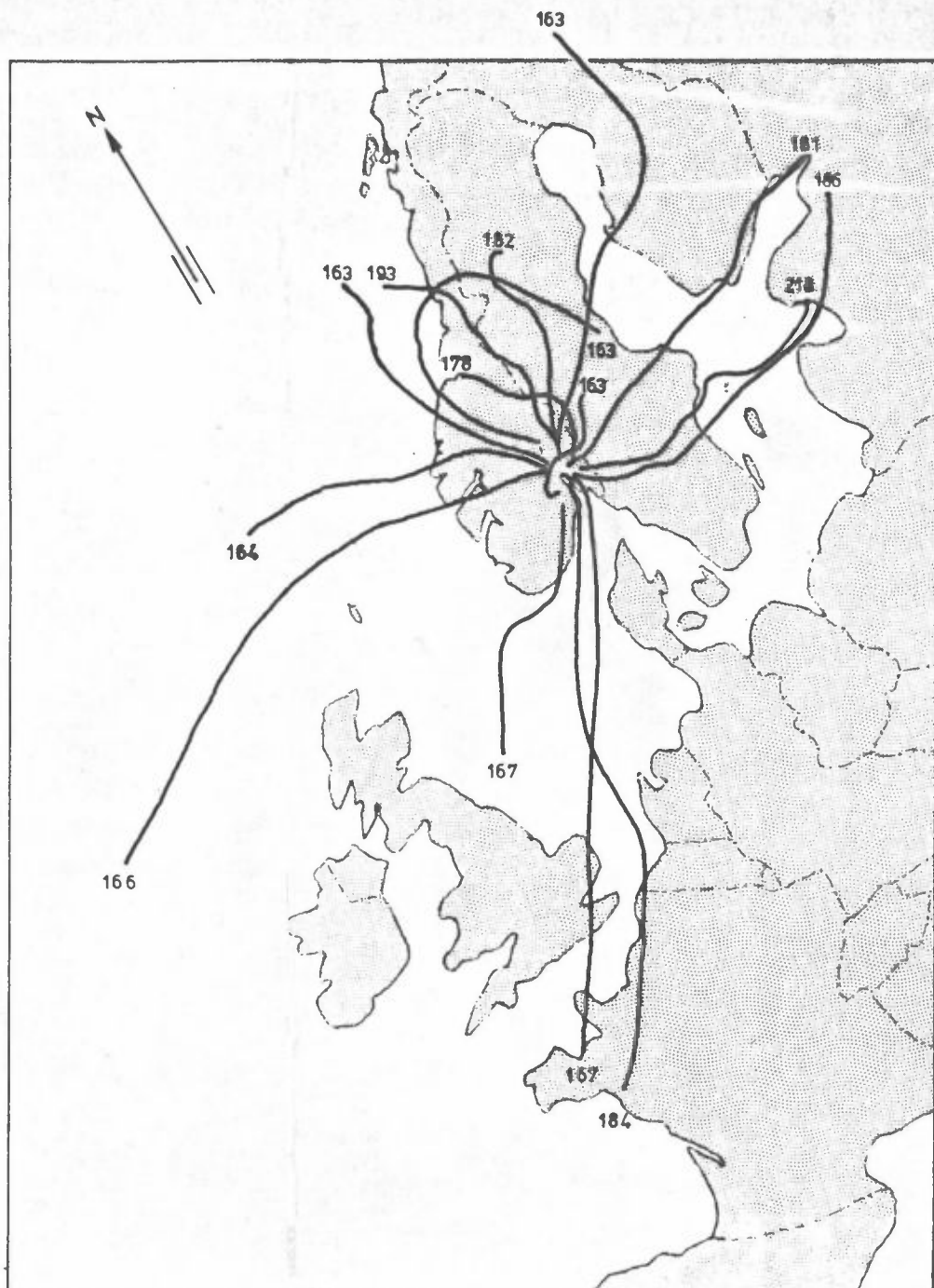
De største utslippene av nitrogenoksyder og organiske stoffer i Europa er i de samme områdene som de største utslippene av svoveldioksyd, nemlig i Storbritannia og på det europeiske kontinentet på steder med store industri- og befolkningskonsentrasjoner. Målingene av ozon sommeren 1977 tyder på at de fleste tilfellene av høye ozonkonsentrasjoner ikke kan skyldes langtransport.

Den gjennomsnittlige døgnlige variasjonen av ozonkonsentrasjonen (figur 3) var svært lik den som er rapportert fra andre områder, både i Nord-Amerika og Europa (5, 11).

De fleste tilfeller av høye ozonverdier forekom ved høytrykk, høy temperatur, relativt lav vindhastighet og sørlig og sørvestlig vind i bakkenivå.

Ved hjelp av en fotokjemisk modell utviklet ved Institutt for geofysikk ved Universitetet i Oslo (12), som beskriver reaksjonene mellom nitrogenoksyder og organiske stoffer, er det for et byområde av Oslos størrelse beregnet ozonvariasjoner som har store likhetstrekk med målingene en rekke døgn sommeren 1977.

Alt dette peker i retning av at de høye ozonkonsentrasjonene sommeren 1977 best kan forklares ved fotokjemiske reaksjoner mellom nitrogenoksyder og organiske stoffer innenfor en avstand på 50-100 km fra Oslo.

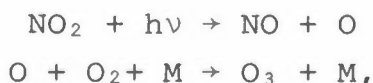


Figur 20: 48 timers trajektorier (vindbaner) for alle episoder der ozonkonsentrasjonen i Maridalen har vært høyere enn $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tallene gir maksimal timesverdi for ozon i Maridalen under episoden.

Konsentrasjonen i Maridalen var systematisk høyere enn på Stovner. En har ikke noen sikker forklaring på dette, men flere hypoteser er mulige. Målestedet i Maridalen ligger 3-4 km fra de nærmeste utslippene av nitrogenoksyder og organiske stoffer, mens målestedet på Stovner ligger i et kildeområde med høy konsentrasjon av industri og biltrafikk (Groruddalen). Nitrogenmonoksyd (NO) slippes altså ut nær Stovner, mens luftmassene får noe lenger tid til å reagere uten ny tilførsel i Maridalen. NO reagerer i løpet av få minutter med ozon etter følgende likning:



dvs O_3 brukes opp og NO_2 dannes. NO_2 vil danne ny ozon gjennom likningene



men denne dannelsen skjer gjennom nedbrytning av organiske stoffer (se vedlegg A), og typisk reaksjonstid er noen få timer. Det er mulig at utslippene av NO i Groruddalen reduserer ozonkonsentrasjonen lokalt. Måleren på Stovner er plassert på taket av en boligblokk på 9 etasjer, men om ettermiddagen om sommeren er det ofte instabil luft nær bakken og god vertikal blanding. Utslipp i bakkenivå kan derfor raskt bringes opp i 20-30 m høyde.

En annen mulig forklaring på konsentrasjonene på Stovner er at ved pålandsvind, dvs sør eller sørvest på Fornebu, trekker luftmassene fra Oslo sentrum opp Nydalen og Maridalen og i mindre grad opp Groruddalen. Også Groruddalen kan få vind fra sør og sørvest, dvs at luftmassene transporteres fra Østmarka. Hvis dette er riktig, kan målingene på Stovner gi en indikasjon på det regionale ozonnivået i indre Oslofjord-området, dvs i de områdene som ikke direkte er influert av utslippene i Oslo.

For å fastslå om en av de nevnte forklaringene er riktig eller ikke, vil en måtte foreta måling av ozon på flere steder både i og utenfor Oslo-området og gjøre en detaljundersøkelse av vindforholdene i Oslo om sommeren.

En kjenner i dag ikke til hvilke områder på Østlandet en vil kunne måle høye ozonkonsentrasjoner. Fordi vindretningen varierer over døgnet under land/sjøbris, kan både områdene sør for Oslo og lenger nord for byen være utsatte. Dette er av de ting som bør undersøkes nærmere.

5.5 Forslag til fortsatte undersøkelser

De målingene som er drøftet i denne rapporten gir bare en ufullstendig beskrivelse av ozondannelse og fotokjemisk aktivitet i Oslo-området. Det er en rekke spørsmål som er ubesvarte. Særlig gjelder dette utbredelsen av høye ozonverdier og bidragene fra ulike utslipp som biltrafikk og industri i og utenfor Oslo.

En beskrivelse av et luftforurensningsproblem bør i prinsippet inneholde følgende:

- Utslippsoversikter
- Meteorologiske målinger
- Målinger av luftkvalitet
- Modellberegninger
- Kartlegging av virkninger

En vil kort drøfte disse punktene med tanke på ozondannelsen i Oslo.

5.5.1 Utslippsoversikter

NILU har nylig utarbeidet utslippsoversikter fra biltrafikk og oljefyring i Oslo (13). Utslippene er regnet som gjennomsnitt for sommer- og vinterhalvåret og fordelt over et rutenett med rutestørrelse 1 km². Nitrogenoksyder og hydrokarboner er inkludert i utslippsoversikten. Utslipp av hydrokarboner og andre organiske stoffer fra industri er ikke med. NILU har i samarbeid med SINTEF utarbeidet et prosjektforslag "Organiske stoffer i luft" (14) som blant annet tar sikte på å bestemme utslipp av organiske stoffer fra ulike industrier. En kjenner i dag ikke til hvor stor del av utslippene av organiske stoffer i Oslo som kommer fra biltrafikk/oppvarming og industri.

5.5.2 Meteorologiske målinger

Vindforholdene i Oslo, særlig i høytrykksituasjoner med land/sjøbris, er viktige for utbredelsen av fotokjemiske oksydanter. Det bør foretas en detaljert lokalmeteorologisk undersøkelse i slike situasjoner. Vinddata fra Fornebu, Blindern og Tryvasshøgda blir samlet av MI. Vindmålinger i Groruddalen vil også være nødvendige.

5.5.3 Målinger av luftkvalitet

NILU har foreslått at ozonmålingene i Oslo fortsettes sommeren 1978 (15). Målestedet i Maridalen vil bli beholdt, men et nytt sted i Groruddalen vil bli vurdert. En har også foreslått at NO og NO₂ måles samtidig med ozon på et av stedene.

Det vil også være viktig å måle ozon i større avstand fra Oslo. Et målested bør være sør for byen ved Oslofjorden, og et lenger nord for byen der luftmassene fra sentrum transporteres ved sjøbris.

Peroksyacetylnitrat (PAN) bør måles på stikkprøvebasis under episoder med høy ozonkonsentrasjon.

Organiske stoffer er nødvendige for dannelsen av fotokjemiske oksydanter, men måleteknisk er de noe problematiske. Den totale mengden av organiske stoffer kan måles relativt enkelt, men viktigst er det å måle reaktive hydrokarboner, og dette har i Norge hittil bare vært gjort på stikkprøvebasis.

Målinger av ozon fra fly er også foreslått for sommeren 1978 (15). Som nevnt ga flymålingene sommeren 1977 vesentlig lavere verdier enn det som samtidig ble målt i bakkenivå, og det er viktig å få fastslått om dette resultatet er typisk for Oslo-området eller ikke. En kan heller ikke utelukke at avviket skyldes målefeil.

5.5.4 Modellberegninger

Ved hjelp av fotokjemiske spredningsmodeller kan konsentrasjonsfordelingen av ozon og andre oksydanter beregnes. Som nødvendig datagrunnlag inngår utslippsmengder og vindforhold. De beregnete konsentrasjonene sammenliknes med målinger. Beregningene kan brukes til å forutsi effekten av utslippsendringer og å angi de relative bidragene fra ulike lokale kildetyper og fra fjerntliggende kilder.

Sammen med Institutt for geofysikk ved Universitetet i Oslo har NILU laget et prosjektforslag for å beregne dannelsen av oksydanter i Grenland (16). Dette forslaget tar sikte på å bygge videre på modeller utarbeidet ved Institutt for geofysikk (12) og NILU (13). Et liknende prosjekt bør kunne utføres for Oslo-området, og det vil gi viktig informasjon om oksydantdannelsen som målinger alene ikke kan gi.

5.5.5 Kartlegging av virkninger

Skadevirkninger av fotokjemiske oksydanter kan være av tre typer:

Helseskader

Vegetasjonsskader

Skader på materialer

En har målt klart høyere ozonverdier enn grenseverdien til Verdens helseorganisasjon, og en kan ikke utelukke at f.eks. astmapasienter har hatt økte plager. Av tidligere epidemiologiske undersøkelser av oksydanters helseeffekter, særlig i USA, har det vært vanskelig å trekke sikre konklusjoner. Det pågår nå flere større studier i USA, og resultater ventes å foreligge omkring 1980 (17).

Ved de konsentrasjoner en har målt i Oslo, er planteskader mest aktuelt, særlig på grønnsaker som tomat, bønne, spinat, reddik og salat (17). Visse bartrær er også omfintlige for fotokjemiske oksydanter. En kjenner ikke til om kommersielle grønnsakdyrkere eller andre har konstatert skader som kan skyldes ozon. Skader kan imidlertid ikke utelukkes fordi de vanlige grenseverdiene for ozon har små marginer med hensyn til planteskader.

6 KONKLUSJON

Målingene av ozon i Oslo-området sommeren 1977 har klart vist at det foregår fotokjemisk aktivitet i lufta over Oslo, og at grenseverdien for ozon fra USA og fra Verdens helseorganisasjon (WHO) overskrides.

Av målinger i Maridalen, nord for sentrum, var 14.3% av timesverdiene høyere enn WHOs grenseverdi som er på $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 2.7% av verdiene var over $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er USAs grenseverdi. Tilsvarende tall for Stovner, Groruddalen, var 2.6% og 0.4%.

I alt 39% av dagene ble det i Maridalen målt en eller flere verdier over $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og 15% av dagene en eller flere verdier over $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tilsvarende tall for Stovner var 9% og 2%.

Ozonkonsentrasjonen varierte over døgnet, og høyest verdier ble oftest målt om ettermiddagen mellom kl 13 og 18 ved sørlig og sørvestlig vind. Konsentrasjonen i Maridalen var systematisk høyere enn på Stovner. Høyeste timesverdi var i Maridalen $218 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og på Stovner $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sommeren 1977 er sammenliknet med gjennomsnitt for tidligere år med hensyn til solstråling og temperatur, og en fant at avvikene fra en normal sommer var relativt små, sommeren sett under ett. Det var imidlertid noe lavere hyppighet enn normalt av sørlig og sørvestlig vind.

De fleste høye ozonkonsentrasjoner ble målt ved relativt lave vindhastigheter, høy temperatur og høy innstråling. Det var imidlertid ingen enkel sammenheng mellom ozonkonsentrasjon og meteorologiske variable.

Målinger av ozon fra fly ga systematisk lavere verdier enn i bakkenivå. En har ikke funnet noen brukbar forklaring på dette.

De fleste høye ozonkonsentrasjoner forekom når luftmassene på stor skala var transportert fra nordvest, nord, nordøst eller øst. Disse retningene er ikke de som vanligvis fører med seg forurensninger fra fjerntliggende områder. Det synes derfor som om ozondannelsen i hovedsak ikke kan skyldes utslipp i andre land, selv om en også har hatt noen episoder med transport fra Storbritannia og det europeiske kontinentet.

Den rimeligste forklaringen er at utslipp i Oslo- og Oslofjordområdet av nitrogenoksyder og organiske stoffer danner ozon under påvirkning av solstråling. Det viktigste utslippsområdet er sannsynligvis Oslo by med sin høye konsentrasjon av biltrafikk og industri.

Fordi en ofte har land/sjøbris i klarværsituasjoner om sommeren, kan utslipp i hele Oslofjordområdet bidra til de ozonnivåer som er målt i Oslo, og utslipp i Oslo kan forårsake ozon over andre områder som luftmassene transporteres til. En kjenner idag ikke til utstrekningen av høye ozonverdier på Østlandet.

Denne undersøkelsen er ufullstendig når det gjelder studiet av fotokjemiske oksydanter i Osloområdet. Det er viktig at arbeidet videreføres, både ved å kartlegge utslipp, studere vindforholdene i Oslo om sommeren, måle forurensningene, og å knytte sammen utslipp, meteorologi og konsentrasjoner i lufta ved hjelp av fotokjemiske spredningsmodeller.

7 REFERANSELISTE

- (1) Miljøverndepartementet Tiltak mot forurensninger
St. meld. nr. 44 (1975-76)
Oslo, s. 19.
- (2) National primary and secondary
ambient air quality standards,
Washington D.C. 1971.
Federal register 36, no 84,
part 410, s. 8187-8197.
- (3) Manual on urban air quality
management. Copenhagen 1976.
(WHO Regional Publications
European Series no. 1.)
- (4) Hanssen, J.E.
Sivertsen, B. Bamble-undersøkelsen. Måling av
luftforurensning i Grenland 1975/
1976. Lillestrøm 1977.
(NILU OR 2/77.)
- (5) Chung, Y.S. Ground-level ozone and regional
transport of air pollutants.
J. Appl. Met. 16, 1127-1136 (1977).
- (6) Grennfelt, P. Institutet för vatten- och luft-
vårdsforskning, Göteborg.
Meddelelse 13.2.78.
- (7) Enhetliga nordiska ventilations-
klimatologier. Red. Roland Krieg.
Helsinki 1977. (NORDFORSK, Miljø-
vårdssekretariatet, Publikation
1977:1.)
- (8) Johannessen, T.W. Varmeutvekslingen i bygninger og
klimaet. Oslo, Tanum, 1956, s 187.
- (9) Europäischer Wetterbericht. Vol. 2.
Offenbach am Main 1977.
- (10) The OECD programme on long range
transport of air pollutants.
Measurements and findings.
Paris, OECD, 1977.

- (11) Ball, D.J. Photochemical ozone in the atmosphere of Greater London.
Nature, 263, 580-582 (1976).
- (12) Hov, Ø.
Isaksen, I.S.A.
Hesstvedt, E. Diurnal variations of ozone and other pollutants in an urban area. Oslo 1977. (Universitetet i Oslo, Institutt for geofysikk, Report no.24.)
- (13) Grønskei, K.E. Regionale luftforurensninger fra vegtrafikk i Oslo-området. Lillestrøm 1977. (NILU OR 30/77.)
- (14) Hagen, R.I.
Schjoldager, J. Organiske stoffer i luft. Prosjektforslag fra NILU/SINTEF 20.7.1977.
- (15) Schjoldager, J. Måling av ozon i Oslo- og Kragerø-området sommeren 1978. Prosjektforslag fra NILU 24.1.1978.
- (16) Fotokjemiske oksydanter i Grenland. Modellberegninger. Prosjektforslag fra Institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo, og NILU 7.10.1977.
- (17) Ozone and other photochemical oxidants. Washington D.C., National Academy of Sciences, 1977.

VEDLEGG A

KORTFATTET KJEMISK BESKRIVELSE AV
DANNELSEN AV FOTOKJEMISKE OKSYDANTER

Nitrogendioksyd (NO_2) dissosieres av solstråling til nitrogenmonoksyd (NO) og atomært oksygen (O):



Atomært oksygen forbinder seg med molekylært oksygen til ozon (O_3):



der M er et tredje molekyl (f.eks. N_2) som mottar energi. Ozon oksyderer NO tilbake til NO_2 :



Hvis bare disse reaksjonene fant sted, ville en fått dannet en likevekt, der ozonkonsentrasjonen var gitt ved:

$$\text{O}_3 = \frac{k_1}{k_3} \frac{[\text{NO}_2]}{[\text{NO}]} \quad (4)$$

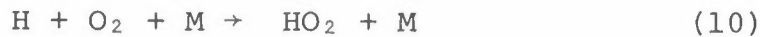
Selv om andre reaksjoner finner sted, uttrykker likning (4) ozonkonsentrasjonen rimelig nøyaktig, særlig når konsentrasjonen av NO og NO_2 ennå er relativt høy, dvs. før nitrogenoksydene er omdannet til salpetersyre (HNO_3). Dette er tilfellet fordi atomært oksygen og ozon er i tilnærmet kvasistasjonær tilstand, og likningene 1-3 er det viktigste for dannelse og forbruk av O og O_3 .

Av likning (4) framgår at ozonkonsentrasjonen blir høy når forholdet NO_2/NO er høyt. Det vil si at NO må oksyderes til NO_2 på andre måter enn ved reaksjon (3), som jo forbruker ozon. Følgende likninger beskriver den hurtige oksydasjonen av NO til NO_2 uten at ozon forbrukes:



Radikalene HO_2 , HO, RO_2 og RO (og andre) er altså avgjørende for ozondannelsen. Disse radikalene dannes dels ved

fotodissosiasjon og dels ved nedbrytning av organiske stoffer (særlig umettete hydrokarboner).

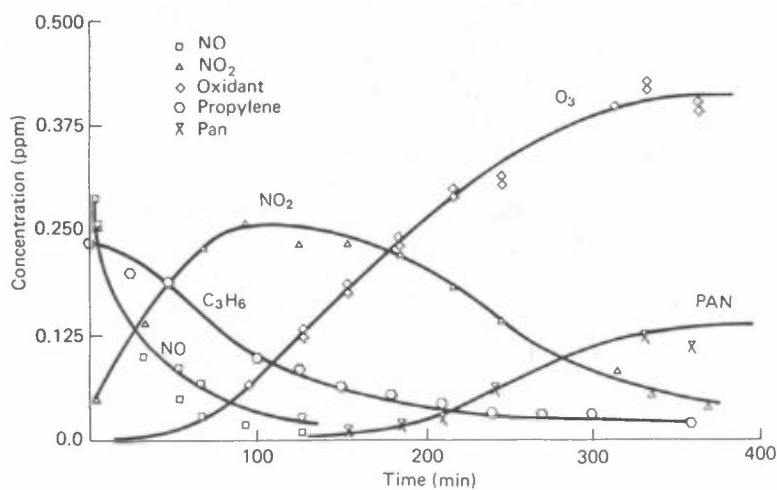


Likningene 7-9 viser fotodissosiasjon av salpetersyrling (HNO_2), hydrogenperoksyd (H_2O_2) og formaldehyd (HCHO). Likning 10 viser dannelse av et HO_2 -radikal. Likningene 11-12 viser reaksjon mellom hydroksylradikal (OH) og propylen (C_3H_6) til formaldehyd og et etylradikal (C_2H_5), og videre til et peroksyetylradikal ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OO}$). Peroksyetylradikalet er av typen RO_2 , som oksyderer NO til NO_2 etter likning (6).

Et detaljert reaksjonsskjema for dannelsen av fotokjemiske oksydanter kan bestå av 50-200 enkeltreaksjoner; de mest detaljerte skjemaene har inntil 500 reaksjoner. De kinetiske hastighetslikningene kan i prinsippet løses dersom alle hastighetskonstantene er gitt og det er kjent hvordan stoffene transporteres. I praksis lar likningene seg løse bare under forenklete forhold.

Ved bestråling av en blanding av nitrogenoksyder og organiske stoffer i et reaksjonskammer gjennomløper stoffene typiske konsentrasjonsendringer med tiden. Et eksempel på dette er gitt i figur A1, som illustrerer reaksjoner mellom propylen og nitrogenoksyder. Konsentrasjonen av propylen avtar, og det samme gjør konsentrasjonen av NO . Konsentrasjonen av NO_2 øker først og avtar deretter. Ozon blir dannet, og dannelsen er særlig rask når NO_2 er ved sitt maksimum. Peroksyacetylnitrat (PAN) dannes noe langsommere enn ozon.

Ved fotokjemisk ozondannelse i atmosfæren er bildet oftest mer komplisert enn i figur A1, men hovedtrekkene er de samme.

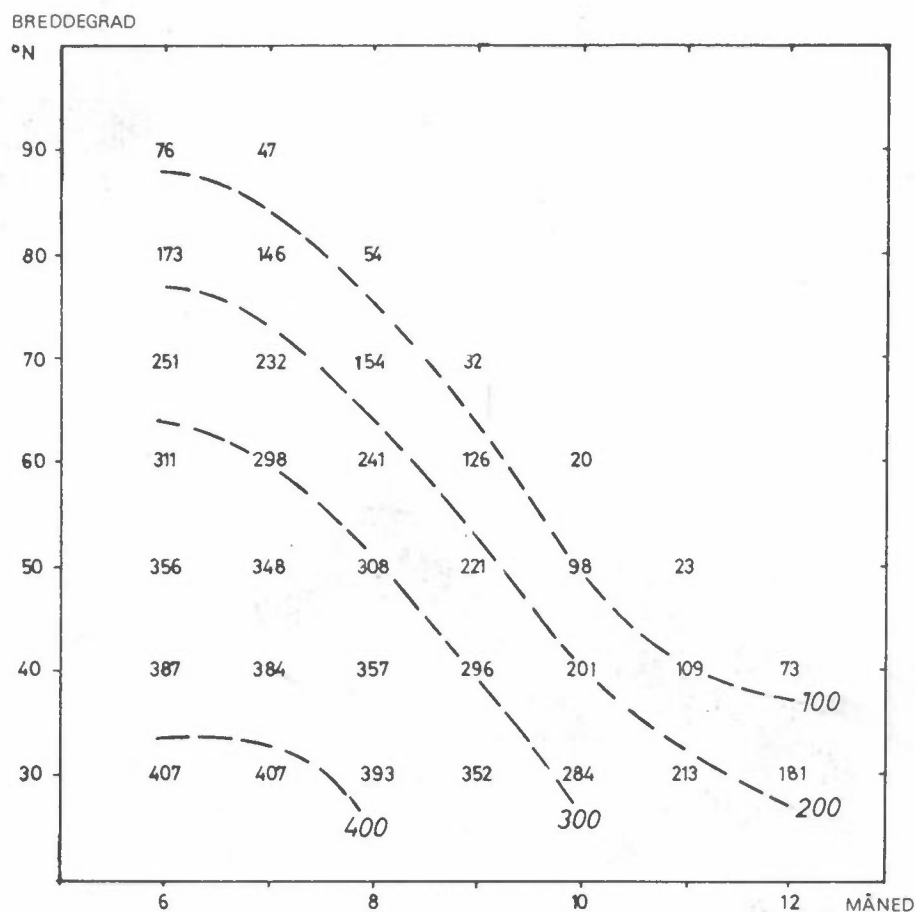


Figur A1: Bestråling i reaksjonskammer av 0.25 ppm propylen, 0.26 ppm NO og 0.05 ppm NO₂ i luft. (Kilde: S.L. Kopczynski, U.S. Environmental Protection Agency, figur gjengitt av Seinfeld (1975)).

Solstrålingen er altså den drivende kraften ved reaksjonene. Det er derfor av interesse å undersøke hvordan potensialet for oksydantdannelse varierer med årstid og breddegrad. Et eksempel på dette er vist i figur A2. Naturlig bestråling av en blanding av nitrogenoksyder og hydrokarboner i en homogen reaktor ble simulert ved lokal soltid 0900-1200 for ulike årstider og breddegrader. Utgangsblandingen besto av

- 0.15 ppm propylen (C₃H₆)
- 0.45 ppm n-butan (C₄H₁₀)
- 0.15 ppm nitrogenmonoksyd (NO)
- 0.10 ppm nitrogendioksyd (NO₂)

I figur A2 har en tegnet opp ozonkonsentrasjonen (ppb) etter 3 timers bestråling, uttrykt som et "kart" der aksene er breddegrad (30-90°N) og måned (6-12, dvs. juni-desember). Linjene i figuren er isokonsentrasjonskurver for ozon. (Ved å multiplisere tallene i figuren med 2 får en konsentrasjonen i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.)



Figur A2: Eksempel på dannelse av ozon (ppb) ved simulert bestråling av nitrogenoksyder og hydrokarboner, som funksjon av breddegrad og måned ved lokal soltid 0900-1200.

Figuren kan brukes til å sammenlikne områder og årstider med hensyn til strålingspotensial. For eksempel har en hatt flere tilfeller av fotokjemisk smog i Rotterdam-området (52°N) i september måned, og smog-sesongen i Los Angeles (34°N) varer til langt ut i november. En ser at strålingspotensialet ved 60°N om sommeren er minst like høyt som de nevnte områder/tider der fotokjemisk smog har vært observert.

Figuren refererer seg imidlertid bare til strålingspotensialet og ikke til andre faktorer som også er viktige for oksydant-dannelsen. I hvilken grad en i praksis vil observere fotokjemiske oksydanter, vil være avhengig av utslippene av nitrogenoksyder og organiske stoffer samt de meteorologiske forholdene.

Litteraturliste

Nedenfor er det henvist til noen rapporter og bøker der dannelse av fotokjemiske oksydanter er nærmere beskrevet.

Demerjian, K.L.
Kerr, J.A.
Calvert, J.G.

The mechanism of photochemical smog formation.
I: *Advances in environmental science and technology*, vol. 4, Ed. by James N. Pitts and Robert L. Metcalf. New York 1974, s. 1-262.

Hesstvedt, E.
Hov, Ø.
Isaksen, I.S.A.

On the chemistry of mixtures of hydrocarbons and nitrogen oxides in air. Oslo 1976. (Universitetet i Oslo. Institutt for geofysikk. Report no 16.)

Schjoldager, J.

The influence of latitude and season on photochemical smog formation. Lillestrøm 1977. (NILU TN 2/77.)

Seinfeld, J.H.

Air pollution. Physical and chemical fundamentals. New York, McGraw-Hill, 1975, s. 142-186.

VEDLEGG B

UTSKRIFT AV TIMESVERDIER FOR OZON ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
MARIDALEN OG STOVNER SOMMEREN 1977

406 MARIDALEN

ENHET: OZON $\mu\text{G}/\text{M}^3$

MAI 1977

DATO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

406 MARIDALEN

ENHET: OZON $\mu\text{G}/\text{M}^3$

MAI 1977

DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
TIME															
1											138.	35.	90.	80.	62.
2											136.	56.	90.	80.	47.
3											116.	63.	90.	82.	43.
4											93.	67.	88.	82.	43.
5											88.	104.	91.	82.	37.
6											95.	116.	91.	82.	63.
7											123.	116.	91.	86.	84.
8											123.	117.	91.	86.	71.
9											129.	119.	90.	84.	71.
10											117.	119.	82.	84.	78.
11											132.	123.	82.	86.	80.
12											136.	131.	82.	86.	86.
13											140.	142.	86.	86.	97.
14											144.	144.	86.	86.	95.
15											145.	144.	84.	88.	90.
16											153.	127.	86.	90.	97.
17										144.	157.	121.	90.	91.	97.
18										145.	155.	127.	86.	90.	97.
19										145.	144.	106.	86.	88.	90.
20										136.	110.	101.	88.	84.	71.
21										110.	69.	95.	86.	84.	67.
22										131.	54.	90.	75.	76.	82.
23										138.	58.	90.	80.	75.	58.
24										138.	39.	91.	56.	75.	58.

406 MARIDALEN

ENHET: OZON µG/M3

JUNI 1977

DATO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TIME																
1	69.	123.	164.	130.	88.	100.	13.	102.	102.	29.	84.	106.	54.	45.	66.	138.
2	48.	108.	153.	125.	86.	105.	16.	100.	107.	30.	81.	100.	63.	36.	63.	136.
3	26.	84.	153.	116.	86.	103.	27.	107.	104.	43.	72.	102.	88.	27.	61.	134.
4	34.	82.	145.	112.	86.	103.	54.	107.	104.	66.	86.	97.	86.	25.	54.	131.
5	26.	71.	136.	118.	81.	102.	65.	98.	104.	84.	81.	95.	91.	23.	39.	127.
6	62.	86.	134.	110.	81.	98.	67.	95.	102.	93.	81.	97.	75.	36.	39.	123.
7	91.	117.	134.	108.	85.	93.	62.	82.	93.	100.	75.	93.	86.	93.	47.	119.
8	93.	119.	132.	110.	81.	87.	54.	75.	81.	91.	70.	93.	88.	104.	68.	119.
9	95.	108.	131.	110.		80.	54.	70.	97.	86.	63.	100.	95.	124.	131.	119.
10	97.	121.	129.	114.		78.	53.	91.	102.	95.	68.	109.	97.	136.	168.	119.
11		134.	129.	118.	92.	80.	49.	100.	102.	79.	79.	118.	107.	143.	172.	125.
12	117.	140.	131.	119.	88.	82.	49.	98.	104.	79.	75.	125.	116.	149.	186.	127.
13	114.	147.	132.	119.	89.	82.	47.	93.	109.	70.	72.	141.	113.	161.	214.	129.
14	119.	142.	132.	121.	91.	91.	47.	100.	109.	73.	63.	161.	116.	161.	218.	134.
15	119.	142.	130.	123.	98.	82.	86.	84.	118.	81.	79.	172.	127.	167.	213.	136.
16	116.	142.	140.	125.	105.	87.	86.	84.	122.	82.	91.	184.	143.	174.	207.	140.
17	119.	144.	127.	118.	94.	80.	90.	107.	124.	72.	97.	183.	152.	186.	201.	149.
18	112.	132.	119.	105.	87.	69.	93.	109.	122.	72.	111.	154.	141.	161.	188.	153.
19	101.	119.	132.	103.	93.	54.	93.	104.	124.	75.	111.	136.	64.	156.	157.	155.
20	123.	101.	141.	103.	91.	62.	84.	68.	115.	79.	111.	122.	86.	98.	116.	132.
21	134.	71.	116.	96.	91.	24.	93.	79.	77.	61.	115.	66.	75.	68.	112.	73.
22	131.	50.	110.	66.	93.	15.	97.	95.	45.	59.	120.	52.	64.	63.	144.	62.
23	129.	84.	121.	77.	93.	20.	98.	95.	41.	48.	118.	48.	52.	61.	134.	63.
24	134.	166.	130.	86.	96.	18.	95.	100.	36.	56.	111.	56.	50.	59.	134.	56.

406 MARIDALEN

ENHET: OZON µG/M3

JUNI 1977

DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TIME														
1	54.	40.	29.	100.	57.	97.	11.	9.	26.	167.	93.	102.	57.	15.
2	47.	37.	20.	98.	59.	99.	24.	4.	24.	165.	97.	83.	47.	15.
3	45.	35.	15.	98.	54.	99.	41.	24.	24.	167.	104.	80.	61.	15.
4	35.	29.	9.	98.	57.	94.	35.	13.	32.	161.	104.	76.	61.	13.
5	28.	31.	22.	91.	52.	90.	32.	21.	41.	148.	93.	45.	61.	13.
6	47.	50.	35.	87.	66.	89.	37.	63.	71.	142.	91.	53.	61.	36.
7	117.	72.	75.	87.	75.	85.	71.	80.	86.	136.	83.	64.	53.	59.
8	145.	96.	96.	87.	79.	85.	71.	84.	86.	121.	80.	64.	53.	51.
9	153.	101.	108.	87.	81.	85.	90.	90.	91.	138.	76.	66.	64.	62.
10	159.	103.	119.	91.	91.	89.	110.	93.	99.	136.	74.	61.	76.	125.
11	170.	108.	116.	91.	95.	89.	134.	97.	106.	127.	81.	78.	93.	125.
12	178.	125.	124.	90.	102.	89.	155.	101.	132.	100.	83.	97.	89.	125.
13	175.	138.	134.	93.	108.	97.	157.	103.	129.	104.	81.	91.	95.	120.
14	165.	138.	138.	97.	120.	101.	144.	108.	134.	112.	80.	83.	85.	130.
15	173.	152.	138.	100.	128.	101.	149.	116.	134.	104.	78.	85.	100.	134.
16	169.	147.	154.	102.	144.	101.	138.	125.	131.	91.	78.	87.	98.	134.
17	169.	127.	163.	106.	152.	101.	136.	136.	129.	95.	83.	85.	97.	125.
18	175.	116.	142.	106.	135.	101.	134.	140.	125.	97.	95.	97.	91.	125.
19	152.	88.	109.	102.	106.	99.	112.	129.	121.	91.	87.	98.	74.	144.
20	108.	75.	93.	90.	90.	86.	106.	110.	148.	85.	66.	91.	85.	154.
21	77.	66.	96.	63.	83.	62.	103.	103.	161.	81.	61.	78.	91.	125.
22	64.	26.	113.	56.	53.	50.	82.	71.	163.	87.	38.	57.	57.	130.
23	57.	17.	111.	48.	64.	37.	48.	47.	167.	91.	44.	70.	27.	149.
24	44.	37.	105.	50.	96.	35.	26.	45.	163.	91.	93.	87.	21.	144.

406 MARIDALEN

ENHET: OZON µG/M3

JULI 1977

DATO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TIME																
1	154.	82.	144.	77.	115.	106.	83.	36.	86.	91.	86.	58.	86.	73.	62.	77.
2	154.	82.	120.	77.	115.	106.	81.	38.	80.	97.	86.	65.	86.	70.	72.	77.
3	158.	91.	106.	77.	115.	125.	86.	44.	76.	86.	86.	54.	86.	68.	73.	73.
4	154.	91.	91.	72.	110.	154.	88.	44.	71.	91.	60.	47.	86.	68.	72.	73.
5	154.	82.	96.	67.	106.	154.	75.	36.	58.	101.	52.	35.	86.	66.	66.	73.
6	154.	91.	120.	72.	120.	154.	98.	35.	48.	110.	58.	30.	80.	66.	68.	73.
7	134.	110.	134.	110.	158.	154.	119.	83.	65.	117.	69.	56.	80.	70.	70.	73.
8	120.	115.	134.	125.	168.	154.	123.	100.	108.	121.	78.	73.	78.	72.	70.	73.
9	144.	120.	134.	115.	163.	154.	123.	100.	116.	134.	82.	73.	80.	73.	73.	73.
10	144.	130.	134.	144.	163.	163.	119.	104.	125.	138.	95.	75.	82.	73.	73.	73.
11	154.	134.	139.	178.	173.	123.	117.	111.	127.	138.	108.	75.	80.	73.	73.	73.
12	154.	144.	154.	197.	173.	123.	115.	125.	131.	136.	114.	80.	79.	73.	79.	73.
13	149.	144.	163.	197.	173.	119.	121.	140.	134.	136.	125.	86.	79.	72.	81.	79.
14	154.	144.	163.	178.	173.	117.	123.	136.	132.	157.	125.	88.	81.	73.	83.	88.
15	139.	154.	163.	173.	173.	138.	121.	132.	134.	164.	123.	88.	81.	75.	81.	88.
16	144.	154.	163.	173.	173.	133.	109.	132.	138.	164.	129.		81.	77.	83.	92.
17	125.	154.	163.	173.	173.	123.	119.	136.	181.	155.	140.	101.	86.	75.	83.	92.
18	125.	163.	163.	173.	182.	125.	109.	138.	173.	131.	134.	101.	96.	77.	81.	92.
19	120.	163.	158.	173.	182.	121.	102.	138.	138.	127.	131.	104.	97.	68.	85.	103.
20	149.	154.	149.	149.	173.	111.	108.	129.	95.	108.	121.	99.	97.	44.	83.	99.
21	110.	154.	106.	115.	158.	73.	79.	110.	82.	93.	90.	78.	86.	33.	81.	68.
22	91.	154.	91.	110.	120.	42.	65.	88.	82.	88.	69.	78.	83.	53.	73.	72.
23	77.	154.	77.	110.	106.	42.	58.	90.	88.	88.	62.	82.	77.	51.	77.	79.
24	77.	139.	77.	120.	101.	65.	48.	88.	91.	88.	60.	84.	79.	51.	72.	79.

406 MARIDALEN

ENHET: OZON µG/M3

JULI 1977

DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
TIME															
1	79.	46.	40.	28.	88.	34.	52.	82.	19.	33.	7.	79.	58.	11.	32.
2	81.	53.	31.	50.	86.	34.	54.	82.	17.	42.	7.	72.	54.	7.	57.
3	81.	50.	33.	51.	75.	28.	52.	78.	15.	75.	11.	64.	54.	17.	62.
4	72.	50.	35.	51.	79.	27.	41.	73.	11.	81.	15.	66.	26.	62.	59.
5	55.	51.	29.	51.	73.	21.	35.	62.		81.	40.	42.	62.	69.	53.
6	70.	51.	37.	53.	77.	21.	37.	60.		79.	35.	62.	62.	73.	55.
7	79.	53.	62.	55.	70.	55.	58.	58.		75.	57.	66.	63.	84.	57.
8	77.	51.	83.	57.	64.	64.	69.	56.		72.	70.	68.	67.	86.	59.
9	79.	53.	77.	64.	70.	68.	76.	52.		75.	66.	72.	78.	93.	68.
10	81.	57.	77.	81.	64.	70.	82.	52.	34.	83.	81.	75.	90.	90.	68.
11	83.	61.	77.	92.	77.	74.	84.	54.	45.	79.	85.	77.	97.	101.	80.
12	97.	61.	73.	97.	89.	85.	78.	52.	52.	75.	86.	76.	101.	109.	80.
13	101.	66.	81.	107.	89.	82.	84.	48.	59.	75.	97.	84.	106.	123.	80.
14	101.	70.	86.	114.	85.	65.	88.	50.	62.	79.	96.	84.	112.	121.	81.
15	101.	73.	77.	105.	85.	76.	90.	56.	66.	85.	86.	76.	112.	121.	85.
16	99.	81.	77.	103.	95.	84.	99.	62.	70.	97.	86.	76.	116.	114.	87.
17	88.	86.	97.	103.	102.	80.	93.	56.	64.	103.	105.	80.	119.	106.	81.
18	83.	83.	107.	107.	93.	73.	88.	50.	68.	96.	99.	84.	123.	102.	83.
19	81.	81.	101.	110.	72.	73.	82.	50.	57.	96.	94.	75.	121.	102.	78.
20	72.	75.	94.	110.	49.	60.	82.	52.	46.	92.	90.	73.	110.	95.	57.
21	50.	70.	85.	119.	42.	48.	95.	35.	28.	59.	83.	78.	76.	91.	36.
22	37.	66.	66.	121.	36.	63.	101.	19.	33.	33.	85.	91.	41.	85.	32.
23	33.	61.	59.	118.	44.	63.	93.	19.	59.	20.	86.	80.	34.	40.	42.
24	37.	53.	37.	103.	47.	60.	95.	15.	37.	11.	88.	56.	22.	28.	30.

406 MARIDALEN

ENHET: OZON $\mu\text{G}/\text{M}^3$

AUG. 1977

DATO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TIME																
1	40.	13.	47.	27.	33.	71.	66.	13.	32.	50.	33.	66.	66.	48.	50.	35.
2	47.	15.	49.	17.	27.	71.	45.	23.	47.	48.	24.	62.	68.	43.	45.	41.
3	40.	11.	45.	21.	17.	73.	36.	28.	88.	56.	26.	62.	68.	50.	56.	43.
4	32.	8.	53.	17.	12.	60.	30.	28.	80.	47.	26.	61.	77.	45.	48.	39.
5	32.	8.	53.	15.	8.	58.	27.	25.	60.	37.	29.	59.	85.	56.	50.	37.
6	25.	6.	40.	15.	17.	67.	25.	28.	58.	35.	46.	73.	88.	63.	69.	28.
7	40.	32.	44.	31.	31.	77.	28.	27.	63.	37.	66.	79.	85.	63.	69.	32.
8	70.	61.	76.	56.	48.	73.	53.	70.	73.	56.	70.	86.	92.	73.	73.	52.
9	76.	62.	72.	79.	46.	73.	78.	85.	71.	67.	77.	99.	88.	71.	80.	86.
10	72.	85.	108.	88.	67.	71.	85.	98.	75.	69.	81.	96.	86.	75.	78.	82.
11	87.	98.	115.	108.	85.	71.	89.	98.	82.	80.	88.	94.	86.	86.	86.	91.
12	102.	121.	102.	123.	123.	72.	91.	100.	78.	90.	90.	90.	83.	86.	93.	99.
13	108.	125.	103.	134.	144.	76.	97.	101.	71.	97.	92.	88.	82.	86.	93.	97.
14	106.	127.	117.	134.	144.	78.	100.	101.	56.	88.	88.	108.	78.	95.	90.	95.
15	104.	127.	115.	131.	154.	87.	106.	99.	62.	92.	88.	108.	73.	99.	99.	103.
16	115.	127.	121.	131.	150.	87.	106.	97.	34.	90.	92.	108.	62.	97.	93.	104.
17	119.	121.	133.	129.	158.	91.	106.	95.	28.	81.	88.	103.	56.	101.	101.	101.
18	98.	115.	123.	123.	158.	91.	106.	71.	24.	73.	85.	105.	52.	101.	97.	101.
19	97.	106.	108.	125.	136.	89.	104.	35.	39.	72.	75.	99.	54.	88.	86.	75.
20	93.	68.	108.	100.	133.	72.	51.	41.	54.	55.	59.	55.	56.	73.	47.	58.
21	87.	49.	77.	75.	117.	47.	42.	39.	62.	53.	75.	48.	41.	73.	41.	54.
22	42.	44.	50.	60.	96.	55.	28.	34.	28.	59.	77.	48.	47.	67.	39.	56.
23	23.	51.	63.	48.	83.	57.	19.	24.	37.	42.	72.	46.	47.	50.	41.	56.
24	17.	45.	42.	44.	71.	61.	19.	26.	45.	44.	66.	55.	60.	58.	35.	54.

406 MARIDALEN

ENHET: OZON $\mu\text{G}/\text{M}^3$

AUG. 1977

DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
TIME															
1	62.	64.	80.	32.	21.	0.	17.	47.	15.	70.	101.	68.	51.	118.	20.
2	62.	70.	80.	27.	15.	0.	15.	50.	17.	90.	99.	66.	59.	125.	57.
3	78.	74.	78.	25.	21.	0.	13.	47.	9.	88.	99.	62.	53.	125.	103.
4	60.	68.	74.	28.	19.	4.	15.	48.	7.	88.	96.	59.	44.	116.	51.
5	71.	64.	74.	61.	15.	4.	15.	47.	7.	88.	96.	64.	48.	112.	83.
6	67.	76.	66.	57.	21.	4.	13.	45.	13.	92.	92.	61.	42.	101.	72.
7	78.	78.	68.	61.	28.	13.	17.	50.	51.	88.	88.	61.	20.	85.	96.
8	86.	81.	61.	61.	37.	41.	37.	54.	68.	94.	90.	66.	35.	83.	62.
9	86.	83.	64.	64.	39.	73.	60.	54.	86.	88.	92.	72.	44.	92.	70.
10	93.	85.	68.	59.	45.	69.	58.	62.	96.	83.	99.	75.	55.	99.	55.
11	95.	87.	68.	57.	63.	60.	78.	71.	107.	77.	108.	81.	72.	108.	66.
12	101.	89.	64.	60.	73.	63.	103.	78.	112.	73.	114.	83.	85.	114.	72.
13	104.	100.	61.	62.	84.	99.	110.	96.	107.	96.	108.	81.	92.	114.	42.
14	146.	106.	61.	60.	90.	106.	104.	103.	92.	112.	86.	81.	90.	114.	40.
15	180.	106.	61.	58.	95.	110.	103.	108.	79.	121.	68.	81.	77.	110.	97.
16	193.	106.	59.	52.	99.	104.	97.	112.	92.	116.	66.	85.	57.	105.	118.
17	182.	106.	53.	50.	80.	106.	93.	116.	101.	110.	66.	85.	55.	92.	110.
18	159.	104.	53.	48.	90.	73.	93.	101.	86.	110.	70.	66.	62.	86.	105.
19	108.	97.	51.	26.	52.	41.	63.	85.	88.	103.	70.	48.	70.	81.	99.
20	87.	81.	47.	19.	28.	32.	39.	48.	110.	99.	66.	62.	92.	77.	92.
21	66.	72.	44.	17.	17.	19.	39.	33.	114.	97.	70.	62.	110.	68.	81.
22	44.	85.	42.	19.	9.	9.	45.	29.	112.	94.	70.	61.	116.	73.	86.
23	40.	95.	38.	17.	6.	15.	54.	20.	105.	97.	70.	61.	108.	57.	79.
24	53.	87.	32.	19.	2.	22.	43.	15.	85.	103.	70.	61.	112.	48.	68.

406 MARIDALEN

ENHET: OZON µG/M3

SEP. 1977

DATO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TIME																
1	75.	118.	54.	7.	124.	72.	68.	28.	28.	79.	41.	60.	46.	0.		
2	70.	132.	62.	7.	122.	79.	54.	30.	25.	70.	35.	55.	53.	19.		
3	61.	140.	60.	16.	124.	68.	56.	39.	14.	53.	32.	49.	44.	35.		
4	50.	156.	67.	16.	125.	75.	54.	25.	12.	49.	33.	60.	74.	67.		
5	33.	167.	74.	13.	129.	79.	50.	23.	4.	51.	39.	79.	70.	67.		
6	35.	147.	80.	9.	127.	61.	34.	21.	4.	74.	33.	78.	72.	65.		
7	37.	138.	74.	14.	120.	59.	57.	19.	9.	62.	30.	76.	51.	51.		
8	48.	129.	83.	25.	102.	57.	77.	33.	25.	69.	41.	76.	78.	53.		
9	55.	129.	90.	60.	98.	68.	82.	33.	62.	88.	55.	76.	90.	60.		
10	59.	123.	92.	67.	109.	82.	86.	53.	78.	92.	62.	78.	95.	67.		
11	83.	114.	94.	80.	111.	86.	77.	72.	86.	88.	62.	81.	97.	69.		
12	105.	108.	98.	92.	116.	91.	90.	90.	90.	95.	70.	83.	99.	116.		
13	110.	107.	99.	97.	106.	93.	93.	100.	90.	99.	76.	86.	100.	120.		
14	114.	85.	101.	102.	100.	81.	100.	95.	86.	95.	78.	88.	102.	120.		
15	125.	72.	107.	109.	90.	77.	104.	88.	56.	95.	81.	92.	104.	104.		
16	118.	62.	90.	107.	88.	63.	99.	90.	46.	92.	83.	92.	104.	109.		
17	110.	54.	81.	102.	91.	66.	99.	81.	81.	86.	83.	92.	93.	99.		
18	97.	54.	83.	91.	88.	73.	97.	79.	81.	79.	72.	92.	53.	97.		
19	90.	62.	67.	86.	86.	75.	56.	69.	46.	62.	51.	41.	25.	93.		
20	97.	58.	51.	104.	68.	77.	37.	56.	42.	51.	35.	41.	19.			
21	97.	62.	31.	120.	63.	86.	33.	41.	85.	30.	32.	39.	26.			
22	103.	67.	14.	136.	59.	88.	33.	33.	62.	30.	25.	74.	16.			
23	94.	65.	5.	132.	68.	81.	30.	32.	65.	30.	25.	60.	4.			
24	105.	60.	5.	127.	70.	77.	28.	30.	81.	35.	33.	51.	0.			

406 MARIDALEN

ENHET: OZON µG/M3

SEP. 1977

DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TIME														
1						68.	34.	7.	9.	0.	0.			
2						86.	38.	11.	66.	0.	0.			
3						90.	43.	16.	86.	2.	0.			
4						98.	43.	25.	52.	4.	5.			
5						98.	43.	34.	75.	7.	2.			
6						75.	43.	36.	47.	9.	16.			
7						70.	41.	36.	36.	13.	20.			
8						77.	34.	30.	47.	14.	39.			
9						86.	39.	54.	50.	9.	27.			
10						91.	72.	70.	102.	13.	20.			
11					84.	95.	38.	75.	107.	43.	27.			
12					91.	104.	48.	81.	107.	52.	54.			
13					100.	113.	70.	90.	106.	64.	79.			
14					102.	115.	75.	100.	109.	38.	95.			
15					98.	115.	81.	100.	113.	48.	104.			
16					104.	115.	75.	100.	118.	63.				
17					90.	100.	68.	100.	116.	73.				
18					34.	93.	64.	90.	93.	82.				
19					25.	45.	23.	54.	73.	77.				
20					25.	36.	18.	30.	30.	56.				
21					23.	36.	21.	23.	14.	29.				
22					20.	34.	16.	23.	4.	11.				
23					20.	30.	5.	18.	0.	4.				
24					23.	30.	7.	9.	0.	0.				

405 STOVNER

ENHET: OZON µG/M3

JUNI 1977

DATO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TIME																
1										38.	81.	98.	98.	89.	83.	109.
2										88.	81.	95.	92.	89.	67.	109.
3										100.	81.	92.	86.	89.	77.	109.
4										103.	81.	92.	86.	80.	74.	109.
5										106.	81.	92.	86.	89.	80.	106.
6										109.	78.	89.	83.	83.	77.	91.
7										97.	69.	92.	77.	98.	67.	91.
8										75.	69.	92.	74.	116.	101.	94.
9										81.	59.	98.	86.	126.	129.	97.
10										88.	69.	104.	89.	135.	159.	91.
11										78.	66.	113.	101.	141.	166.	100.
12										78.	68.	126.	113.	156.	181.	111.
13										69.	61.	135.	113.	156.	184.	107.
14										81.	55.	135.	123.	159.	200.	113.
15										78.	80.	141.	135.	162.	187.	113.
16																
17									97.	56.	98.	138.	141.	156.	184.	116.
18									122.	56.	104.	135.	153.	159.	181.	122.
19									128.	59.	116.	129.	147.	156.	175.	122.
20									131.	66.	113.	120.	135.	153.	130.	122.
21									138.	75.	116.	92.	98.	101.	66.	86.
22									125.	88.	116.	40.	107.	43.	112.	39.
23									94.	94.	113.	46.	104.	61.	112.	18.
24									78.	91.	110.	64.	98.	64.	109.	36.
									81.	88.	107.	71.	92.	89.	109.	24.

405 STOVNER

ENHET: OZON µG/M3

JUNI 1977

DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TIME														
1	42.	54.	20.	92.	68.	77.	19.	46.	51.	105.	37.	37.	31.	18.
2	68.	77.	23.	92.	68.	82.	38.	22.	59.	94.	42.	34.	26.	5.
3	95.	80.	20.	83.	68.	82.	49.	27.	54.	86.	42.	39.	26.	13.
4	95.	57.	17.	81.	62.	82.	51.	27.	54.	84.	42.	37.	26.	13.
5	86.	57.	26.	81.	62.	77.	49.	43.	51.	81.	42.	31.	24.	16.
6	107.	77.	41.	81.	65.	77.	46.	51.	51.	76.	42.	31.	21.	16.
7	116.	89.	70.	81.	68.	77.	54.	54.	59.	70.	37.	26.	16.	18.
8	131.	92.	90.	81.	62.	77.	62.	59.	65.	65.	31.	26.	18.	16.
9	128.	95.	99.	81.	65.	79.	73.	65.	67.	59.	31.	26.	26.	18.
10	131.	95.	114.	81.	73.	82.	92.	70.	70.	59.	31.	31.	26.	26.
11	143.	98.	111.	81.	82.	82.	105.	70.	73.	57.	34.	31.	37.	54.
12	146.	109.	113.	81.	86.	85.	119.	76.	81.	51.	34.	31.	34.	56.
13	143.	111.	127.		93.	88.	127.	76.	86.	42.	34.	37.	39.	50.
14	143.	111.	129.	85.	93.	86.	127.	78.	89.	44.	34.	31.	39.	56.
15	146.	114.	124.	85.	101.	81.	111.	81.	89.	42.	31.	31.	44.	56.
16	149.	117.	132.	88.	107.	81.	105.	86.	89.	39.	31.	24.	37.	58.
17	149.	117.	147.	90.	107.	78.	102.	92.	86.	31.	29.	34.	39.	60.
18	152.	105.	132.	88.	104.	76.	97.	89.	89.	34.	31.	37.	39.	56.
19	137.	108.	121.	90.	93.	78.	97.	89.	86.	37.	31.	37.	29.	64.
20	116.	85.	78.	76.	93.	70.	86.	86.	105.	37.	29.	34.	31.	70.
21	42.	85.	66.	40.	90.	38.	62.	78.	105.	31.	18.	31.	37.	62.
22	39.	67.	89.	23.	71.	13.	73.	73.	113.	31.	21.	18.	26.	68.
23	45.	32.	92.	37.	27.	11.	57.	78.	111.	37.	21.	5.	16.	74.
24	48.	29.	92.	45.	77.	16.	51.	65.	111.	37.	26.	37.	16.	74.

405 STOVNER

ENHET: OZON $\mu\text{G}/\text{M}^3$

JULI 1977

DATO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TIME																
1	76.	8.	72.	28.	64.	52.	56.	82.	88.	46.	8.	44.	96.	90.	40.	40.
2	80.	14.	66.	36.	62.	50.	60.	88.	88.	50.	8.	56.	96.	88.	46.	40.
3	80.	16.	66.	30.	54.	56.	60.	64.	86.	48.	8.	52.	94.	88.	54.	42.
4	80.	46.	68.	48.	60.	54.	58.	68.	68.	48.	8.	48.	92.	88.	56.	40.
5	74.	54.	64.	44.	68.	52.	62.	74.	84.	52.	4.	50.	92.	88.	50.	40.
6	76.	56.	62.	30.	76.	48.	66.	80.	80.	50.	2.	52.	92.	84.	48.	40.
7	70.	56.	64.	32.	68.	52.	68.	82.	84.	52.	0.	60.	92.	86.	46.	42.
8	68.	58.	62.	68.	66.	50.	68.	86.	84.	56.	0.	64.	92.	84.	44.	42.
9	74.	62.	62.	82.	70.	56.	72.	94.	86.	56.	2.	70.	96.	86.	44.	44.
10	76.	64.	66.	86.	70.	60.	80.	98.	86.	60.	16.	78.	96.	82.	44.	44.
11	76.	66.	70.	94.	70.	62.	90.	102.	82.	62.	20.	76.	96.	78.	44.	44.
12	76.	70.	82.	96.	68.	62.	98.	114.	80.	60.	28.	78.	100.	74.	44.	44.
13	76.	72.	90.	96.	68.	68.	106.	112.	76.	58.	34.	84.	100.	72.	46.	48.
14	72.	72.	90.	96.	66.	66.	108.	114.	72.	56.	40.	86.	100.	64.	48.	48.
15	48.	78.	90.	94.	66.	78.	106.	106.	72.	64.	38.	90.	100.	60.	48.	52.
16	52.	80.	94.	92.	68.	76.	100.	100.	72.	60.	40.	94.	100.	60.	46.	52.
17	64.	80.	94.	92.	70.	72.	100.	100.	70.	50.	60.	98.	98.	46.	44.	54.
18	64.	80.	86.	88.	72.	72.	98.	100.	76.	34.	56.	98.	96.	42.	44.	56.
19	58.	80.	82.	74.	70.	54.	96.	98.	84.	32.	52.	102.	100.	44.	44.	58.
20	68.	78.	76.	58.	54.	54.	100.	92.	62.	20.	54.	102.	96.	38.	42.	64.
21	50.	76.	52.	58.	46.	12.	82.	92.	48.	6.	46.	96.	88.	32.	40.	56.
22	34.	76.	48.	66.	46.	14.	72.	88.	12.	4.	28.	82.	88.	30.	40.	40.
23	14.	74.	42.	68.	50.	52.	76.	88.	18.	4.	34.	88.	88.	36.	36.	42.
24	12.	72.	30.	74.	50.	52.	76.	92.	52.	8.	26.	94.	90.	36.	36.	44.

405 STOVNER

ENHET: OZON $\mu\text{G}/\text{M}^3$

JULI 1977

DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
TIME															
1	46.	34.	22.	32.	68.	42.							48.	30.	42.
2	44.	36.	18.	28.	62.	40.							42.	38.	38.
3	48.	34.	24.	28.	56.	48.							32.	44.	40.
4	48.	32.	26.	28.	56.	46.							34.	46.	38.
5	46.	28.	28.	28.	50.	50.							40.	40.	38.
6	46.	32.	28.	30.	48.	48.							30.	42.	40.
7	50.	32.	26.	32.	48.	44.							40.	44.	32.
8	48.	32.	36.	36.	38.	44.							44.	54.	40.
9	48.	30.	38.	42.	48.	50.							48.	56.	46.
10	44.	32.	44.	50.	40.	52.							58.	56.	48.
11	48.	34.	38.	58.	50.	52.							58.	60.	54.
12	60.	36.	46.	64.	56.	54.							58.	62.	64.
13	64.	34.	50.	70.	58.	60.							64.	72.	82.
14	64.	34.	50.	72.	60.	54.							66.	80.	74.
15	64.	40.	44.	70.	52.	48.						44.	70.	72.	84.
16	60.	48.	50.	66.	64.	56.						36.	74.	72.	76.
17	60.	48.	56.	64.	70.	48.						40.	76.	68.	70.
18	56.	46.	62.	70.	66.	46.						48.	76.	64.	66.
19	50.	38.	62.	72.	60.	48.						44.	76.	62.	58.
20	48.	36.	60.	74.	50.	40.						42.	70.	60.	50.
21	42.	32.	56.	80.	42.	38.						48.	44.	56.	52.
22	44.	38.	50.	80.	22.	42.						54.	38.	50.	54.
23	38.	40.	42.	78.	50.							50.	36.	44.	54.
24	34.	36.	34.	74.	50.							48.	24.	32.	60.

405 STOVNER

ENHET: OZON µG/M3

AUG. 1977

DATO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TIME																
1	68.	36.	44.	24.	54.	60.	34.	6.	42.	48.	38.	44.	48.	42.	46.	12.
2	68.	34.	36.	30.	50.	64.	26.	4.	28.	50.	36.	44.	50.	44.	50.	10.
3	66.	36.	40.	26.	54.	68.	24.	20.	20.	52.	36.	44.	46.	40.	52.	2.
4	60.	32.	44.	28.	28.	64.	26.	24.	48.	48.	34.	44.	48.	42.	52.	2.
5	68.	34.	44.	22.	28.	64.	26.	28.	48.	46.	42.	40.	50.	42.	48.	2.
6	48.	32.	42.	22.	34.	64.	26.	38.	48.	40.	42.	46.	56.	48.	46.	12.
7	52.	42.	48.	16.	32.	64.	26.	46.	42.	34.	40.	54.	60.	50.	42.	20.
8	54.	40.	54.	8.	36.	64.	40.	40.	42.	30.	48.	58.	60.	52.	42.	40.
9	54.	46.	62.	32.	50.	64.	48.	40.	44.	30.	56.	66.	60.	52.	48.	50.
10	56.	60.	70.	68.	62.	58.	48.	52.	46.	44.	56.	68.	60.	58.	50.	54.
11	64.	80.	66.	76.	84.	56.	54.	56.	52.	54.	64.	64.	60.	64.	52.	60.
12	70.	86.	66.	86.	120.	54.	60.	62.	56.	64.	60.	62.	60.	68.	56.	68.
13	72.	82.	68.	86.	112.	54.	64.	70.	58.	68.	64.	56.	56.	68.	58.	70.
14	72.	90.	72.	86.	114.	58.	64.	72.	52.	64.	62.	70.	54.	72.	60.	68.
15	72.	88.	68.	86.	118.	58.	68.	72.	48.	64.	64.	72.	46.	74.	60.	68.
16	70.	82.	72.	88.	118.	58.	68.	68.	50.	62.	64.	70.	42.	72.	60.	68.
17	74.	82.	80.	88.	124.	60.	68.	66.	36.	56.	56.	68.	40.	74.	60.	68.
18	78.	74.	66.	86.	106.	58.	68.	60.	30.	44.	52.	70.	40.	70.	60.	64.
19	64.	72.	64.	88.	96.	56.	68.	64.	50.	44.	50.	60.	44.	62.	54.	38.
20	60.	52.	56.	78.	92.	48.	54.	60.	34.	48.	44.	48.	48.	48.	18.	22.
21	62.	50.	40.	68.	78.	46.	14.	42.	40.	46.	44.	40.	46.	36.	28.	24.
22	50.	56.	38.	44.	70.	40.	2.	22.	42.	42.	44.	54.	46.	42.	14.	8.
23	38.	34.	28.	30.	62.	42.	0.	18.	44.	38.	44.	54.	44.	46.	14.	28.
24	24.	32.	22.	34.		32.	0.	20.	44.	44.	42.	48.	44.	42.	20.	54.

405 STOVNER

ENHET: OZON µG/M3

AUG. 1977

DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
TIME															
1	62.	66.	54.	24.	34.	0.	34.	40.	42.	68.	72.	42.			
2	64.	60.	52.	22.	36.	8.	40.	38.	30.	66.	72.	44.			
3	64.	60.	54.	24.	36.	16.	46.	32.	14.	68.	68.	42.			
4	64.	58.	52.	46.	40.	28.	40.	32.	20.	64.	66.	42.			
5	60.	56.	50.	48.	36.	20.	36.	32.	20.	64.	64.	44.			
6	60.	52.	44.	44.	32.	12.	26.	30.	22.	64.	66.				
7	56.	48.	44.	40.	30.	12.	8.	28.	12.	58.	68.				
8	56.	48.	44.	38.	28.	8.	14.	28.	38.	56.	72.				
9	60.	54.	46.	46.	32.	22.	28.	30.	68.	56.	72.				
10	62.	58.	46.	44.	32.	50.	46.	38.	70.	60.	64.				
11	64.	56.	48.	36.	38.	52.	50.	40.	68.	60.	40.				
12	68.	60.	48.	44.	50.	64.	56.	42.	66.	62.	42.				
13	72.	66.	46.	44.	50.	68.	70.	72.	74.	68.	40.				40.
14	78.	70.	38.	40.	56.	68.	70.	76.	70.	78.	42.				28.
15	88.	74.	38.	46.	58.	68.	66.	78.	58.	80.	44.				72.
16	110.	72.	36.	40.	66.	68.	68.	82.	56.	76.	44.				82.
17	118.	74.	36.	36.	66.	68.	60.	84.	54.	76.	44.				68.
18	104.	68.	36.	36.	62.	66.	60.	76.	42.	76.	48.				66.
19	80.	62.	34.	34.	50.	30.	34.	58.	58.	70.	48.				60.
20	34.	58.	26.	32.	20.	12.	22.	32.	78.	70.	48.				56.
21	32.	50.	26.	32.	4.	6.	40.	54.	80.	72.	46.				58.
22	24.	58.	24.	32.	4.	16.	44.	38.	78.	72.	44.				48.
23	26.	64.	24.	32.	8.	30.	48.	28.	76.	72.	44.				44.
24	36.	56.	24.	30.	6.	28.	44.	26.	72.	76.	42.				40.

405 STOVNER

ENHET: OZON µG/M3

SEP. 1977

DATO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TIME																
1	42.	84.	54.	18.	76.	50.	52.	14.	10.	52.	18.	26.	52.	22.	66.	58.
2	40.	82.	54.	4.	74.	56.	50.	16.	8.	52.	30.	32.	52.	42.	64.	60.
3	40.	106.	54.	0.	76.	54.	48.	20.	34.	52.	40.	38.	48.	48.	66.	60.
4	34.	118.	62.	4.	82.	54.	50.	20.	42.	48.	44.	36.	48.	48.	62.	60.
5	34.	120.	64.	12.	80.	52.	58.	20.	44.	36.	42.	50.	36.	46.	66.	58.
6	30.	102.	68.	20.	86.	50.	50.	18.	34.	42.	32.	60.	32.	44.	62.	60.
7	24.	100.	68.	24.	84.	32.	46.	14.	18.	34.	38.	58.	44.	34.	38.	54.
8	14.	102.	70.	24.	68.	26.	32.	10.	24.	36.	32.	52.	54.	28.	38.	52.
9	6.	96.	70.	32.	72.	46.	50.	24.	42.	50.	38.	50.	58.	40.	54.	54.
10	36.	94.	74.	46.	78.	52.	64.	44.	58.	52.	40.	52.	62.	40.	66.	62.
11	42.	92.	78.	58.	80.	58.	66.	56.	64.	52.	42.	56.	68.	38.	64.	68.
12	54.	92.	74.	58.	78.	60.	64.	62.	62.	58.	42.	60.	68.	68.	60.	66.
13	62.	88.	64.	60.	72.	60.	66.	68.	60.	60.	54.	60.	70.	80.	60.	62.
14	66.	68.	64.	60.	62.	60.	70.	64.	48.	60.	60.	62.	72.	80.	62.	60.
15	74.	70.	72.	64.	58.	50.	68.	60.	42.	60.	60.	60.	72.	72.	64.	62.
16	78.	60.	66.	68.	56.	22.	66.	62.	22.	62.	60.	58.	72.	70.	66.	60.
17	74.	56.	50.	60.	54.	50.	64.	60.	30.	64.	58.	52.	70.	66.	66.	62.
18	70.	50.	46.	58.	52.	46.	58.	60.	46.	60.	50.	48.	34.	66.	60.	56.
19	70.	54.	46.	60.	50.	38.	42.	54.	14.	52.	24.	34.	6.	58.	52.	54.
20	74.	62.	34.	68.	50.	48.	42.	40.	16.	50.	16.	36.	18.	56.	52.	60.
21	74.	60.	26.	76.	48.	56.	40.	36.	52.	52.	10.	40.	28.	58.	52.	62.
22	70.	62.	22.	76.	42.	64.	4.	22.	50.	24.	22.	46.	14.	60.	54.	66.
23	74.	52.	12.	90.	42.	60.	10.	18.	52.	34.	16.	48.	12.	60.	56.	66.
24	74.	54.	14.	76.	48.	60.	18.	18.	52.	28.	22.	52.	8.	64.	56.	68.

405 STOVNER

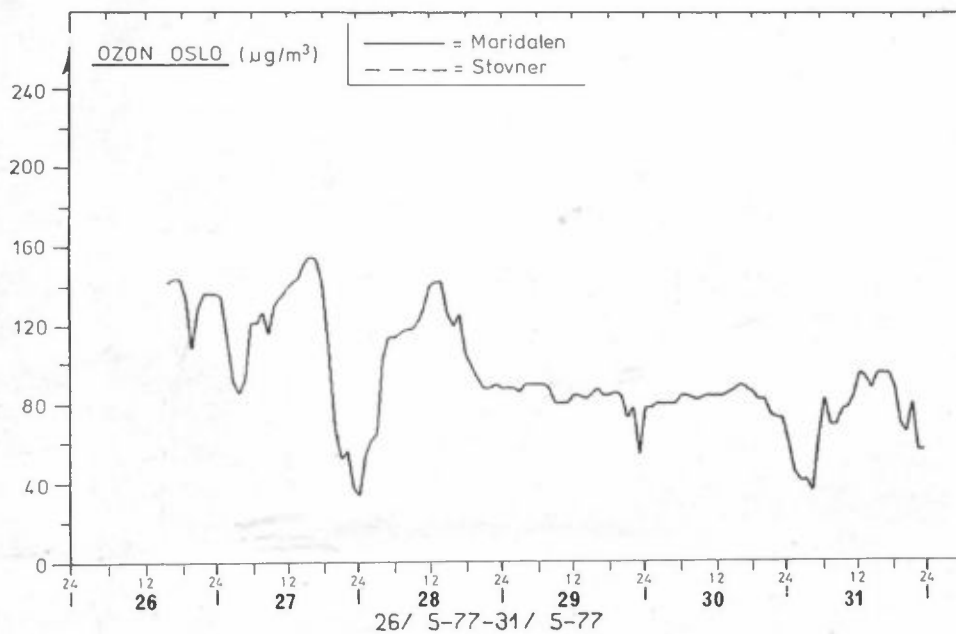
ENHET: OZON µG/M3

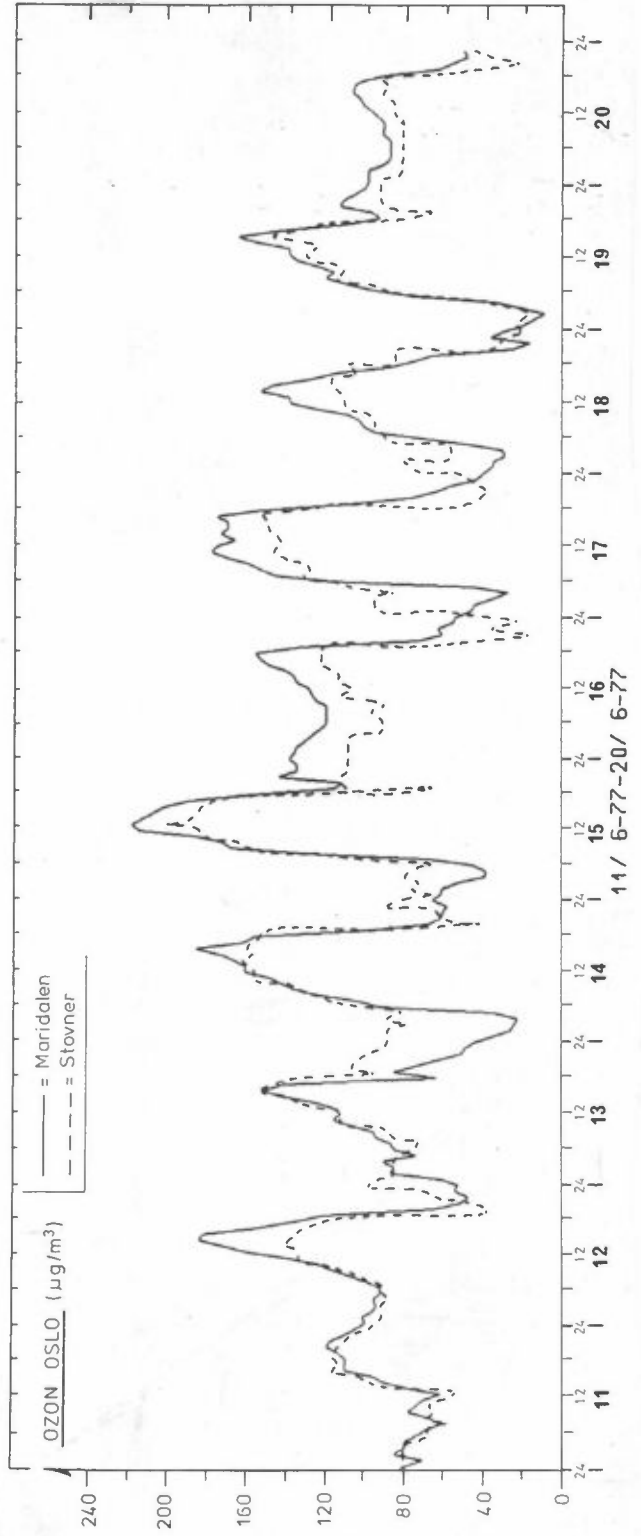
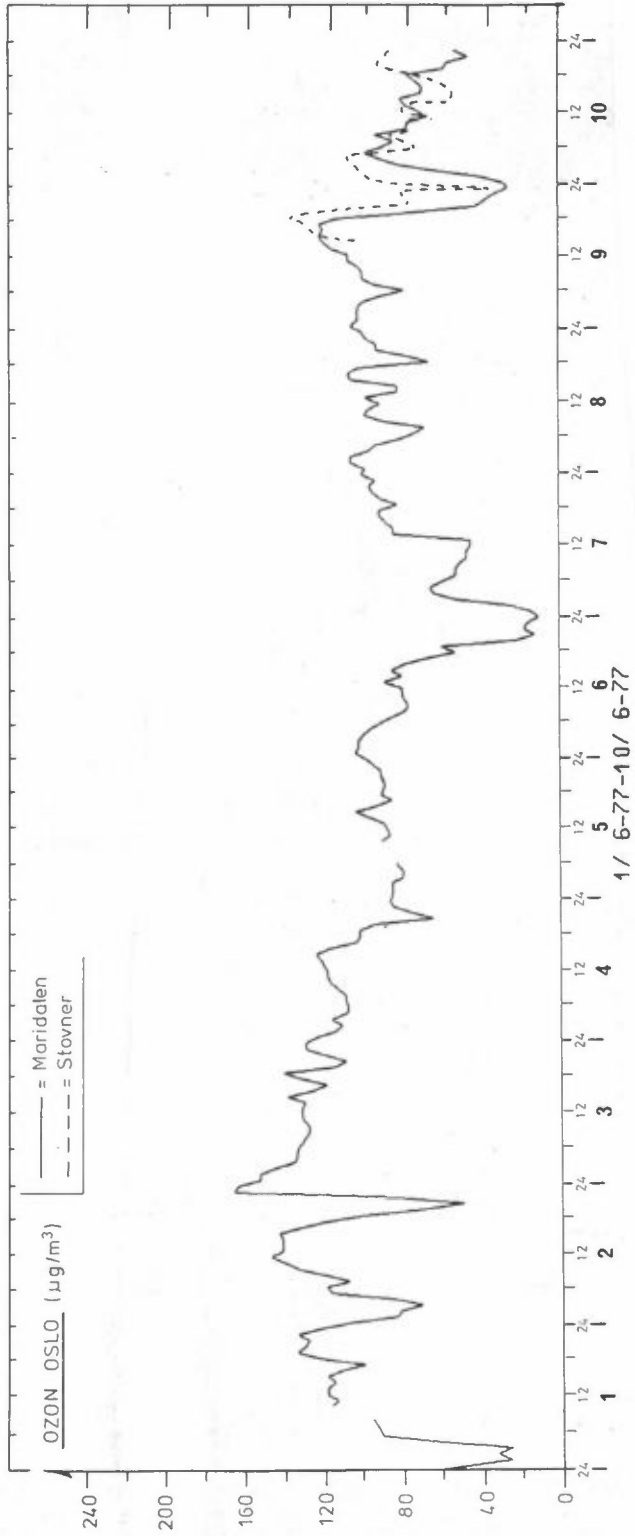
SEP. 1977

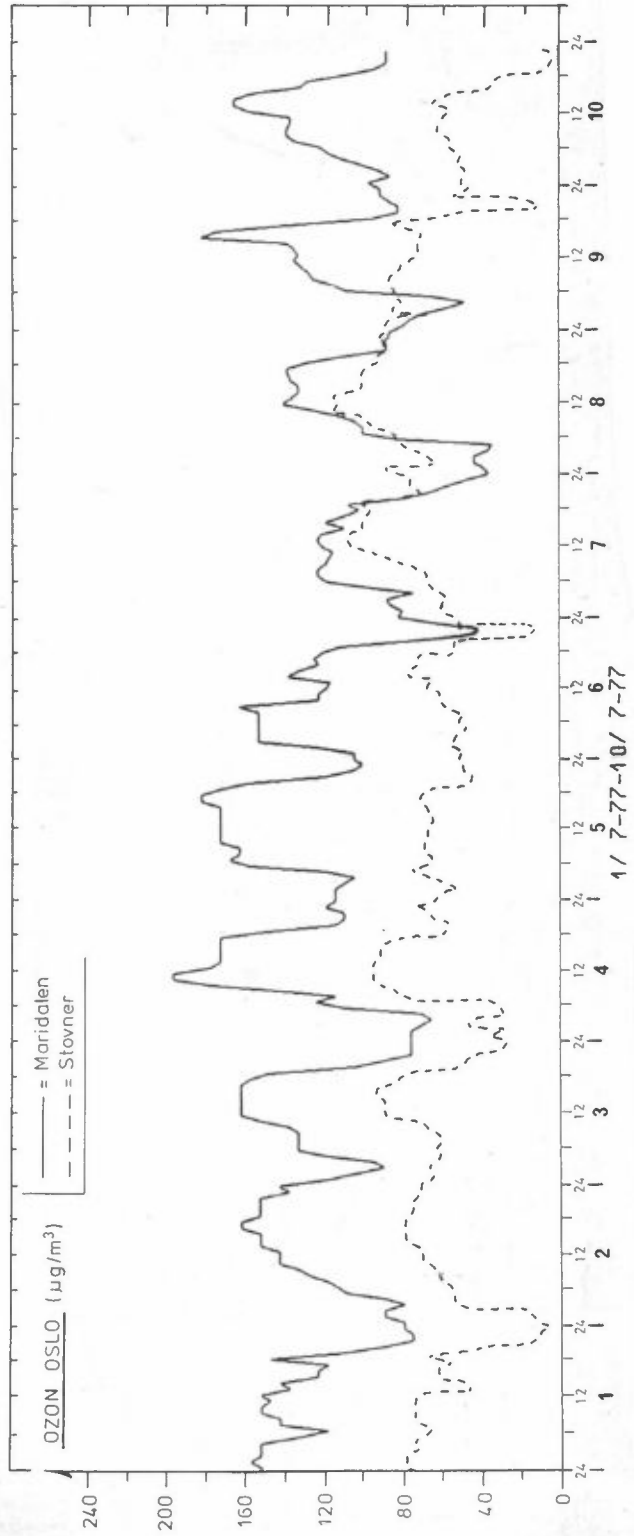
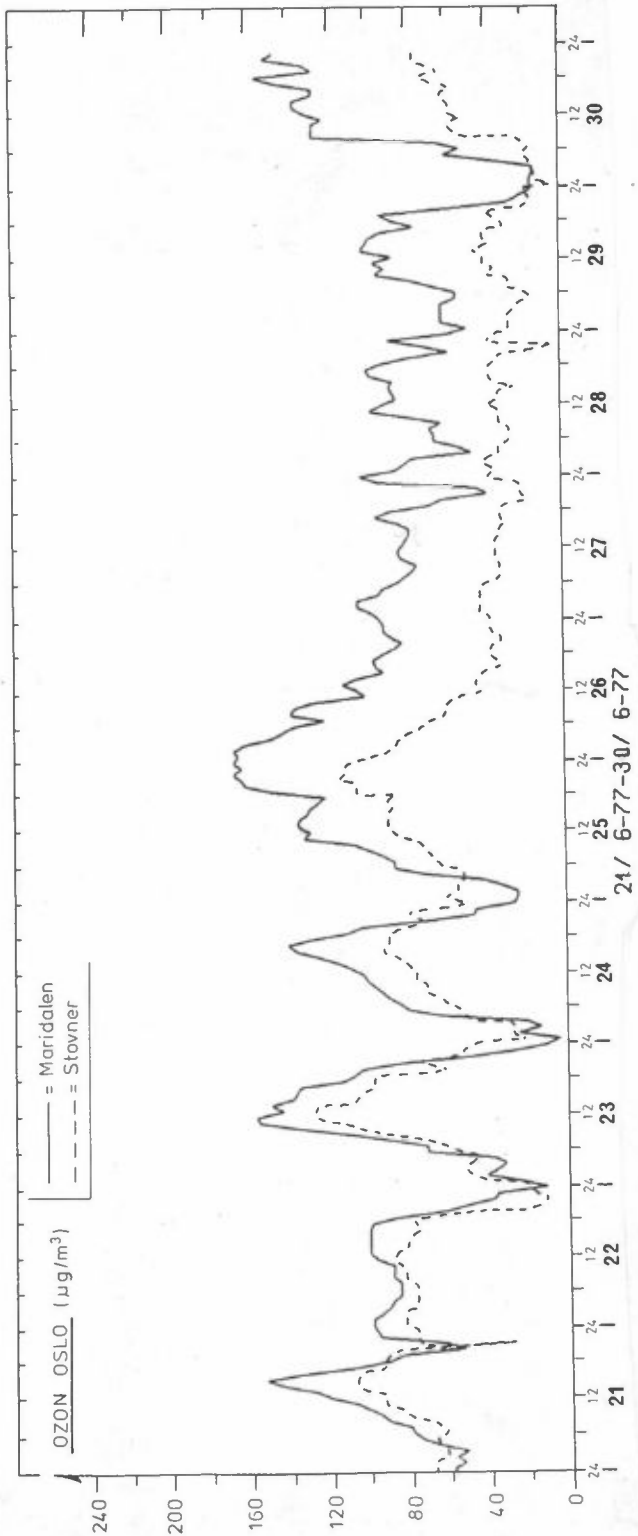
DATO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TIME														
1	64.	28.	16.	58.	60.	48.	56.	30.	56.	2.	36.	70.	46.	46.
2	56.	50.	24.	52.	60.	50.	54.	26.	60.	8.	22.	68.	48.	38.
3	56.	8.	34.	56.	60.	60.	52.	24.	64.	14.	26.	68.	32.	34.
4	56.	18.	32.	48.	40.	62.	50.	30.	52.	22.	44.	62.	56.	34.
5	60.	12.	6.	46.	40.	68.	42.	38.	52.	24.	46.	54.	60.	28.
6	60.	16.	6.	52.	40.	62.	40.	36.	62.	22.	38.	50.	58.	14.
7	60.	22.	10.	52.	30.	58.	40.	38.	34.	18.	14.	36.	46.	4.
8	66.	34.	14.	50.	16.	52.	6.	38.	22.	14.	34.	32.	44.	4.
9	66.	40.	12.	54.	42.	46.	26.	40.	56.	8.	38.	30.	60.	0.
10	70.	36.	12.	68.	56.	50.	56.	44.	68.	4.	44.	40.	62.	6.
11	68.	32.	12.	62.	64.	54.	52.	46.	72.	8.	58.	48.	56.	18.
12	68.	34.	24.	74.	60.	66.	50.	54.	72.	22.	68.	50.	58.	26.
13	66.	34.	42.	80.	66.	72.	54.	58.	72.	28.	68.	50.	62.	44.
14	62.	60.	46.	80.	66.	72.	58.	62.	74.	34.	66.	50.	62.	44.
15	64.	60.	64.	70.	68.	72.	56.	64.	72.	46.	58.	52.	54.	34.
16	62.	62.	66.	70.	56.	68.	42.	64.	64.	32.	56.	54.	50.	30.
17	60.	64.	72.	72.	40.	36.	26.	56.	54.	48.	58.	60.	40.	32.
18	56.	60.	72.	58.	6.	20.	4.	28.	30.	38.	56.	64.	34.	28.
19	56.	38.	34.	38.	0.	20.	4.	32.	10.	12.	60.	66.	34.	24.
20	40.	30.	24.	38.	2.	2.	4.	38.	0.	4.	64.	66.	42.	22.
21	42.	36.	42.	52.	0.	14.	8.	42.	0.	0.	68.	64.	42.	38.
22	52.	6.	56.	44.	16.	14.	8.	46.	0.	0.	68.	54.	32.	42.
23	52.	8.	50.	50.	22.	34.	12.	38.	0.	10.	68.	38.	32.	36.
24	36.	24.	52.	48.	44.	56.	12.	28.	0.	32.	68.	36.	38.	18.

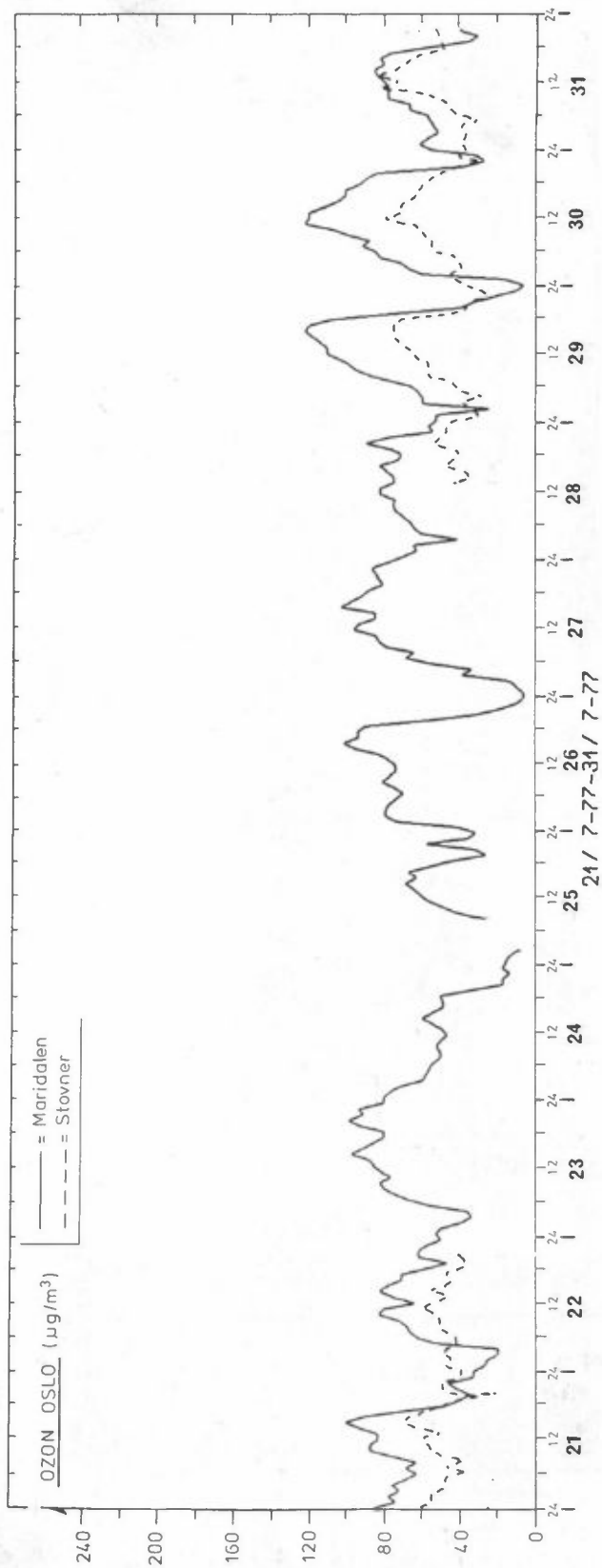
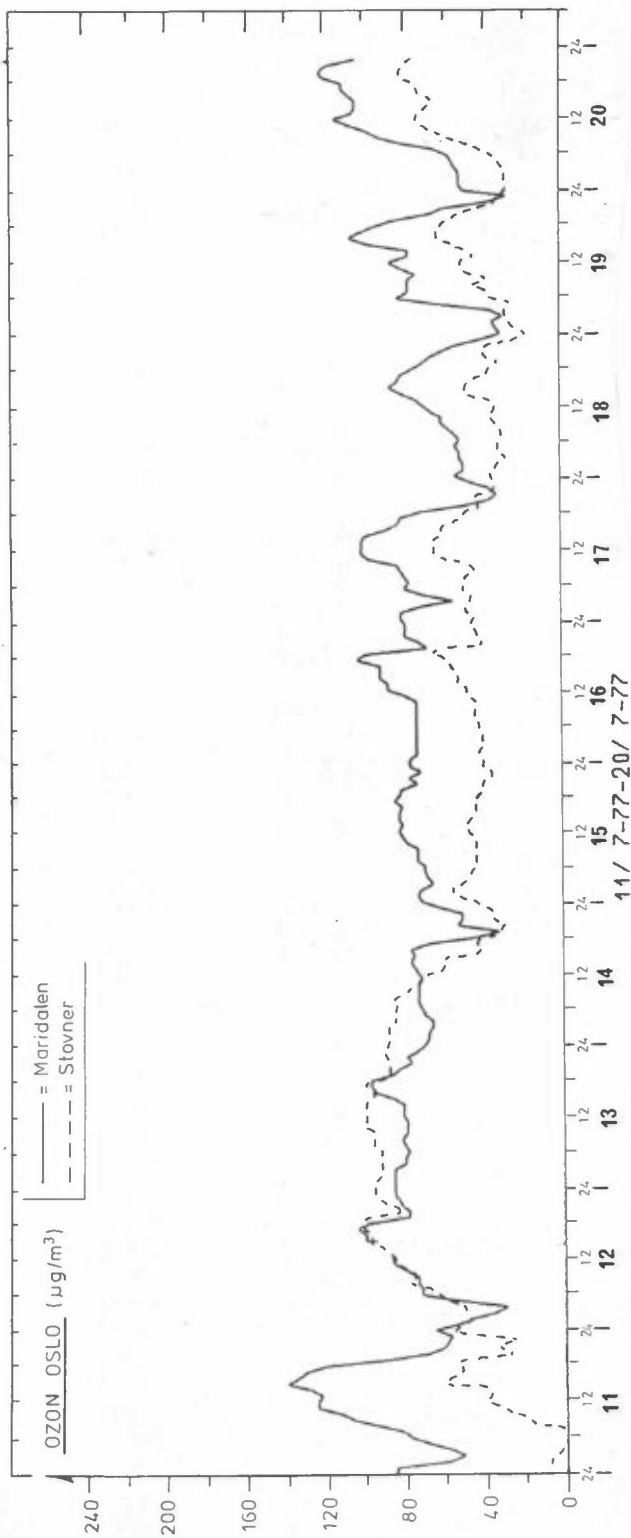
VEDLEGG C

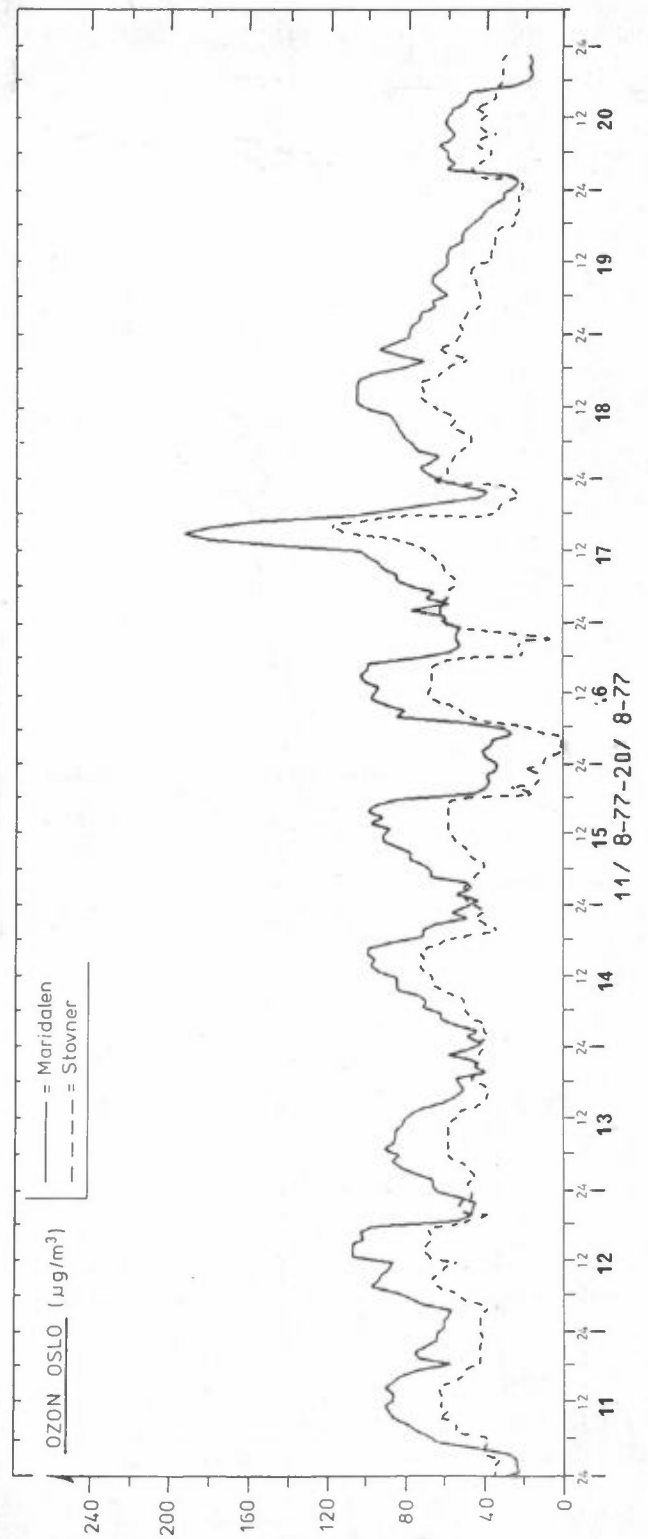
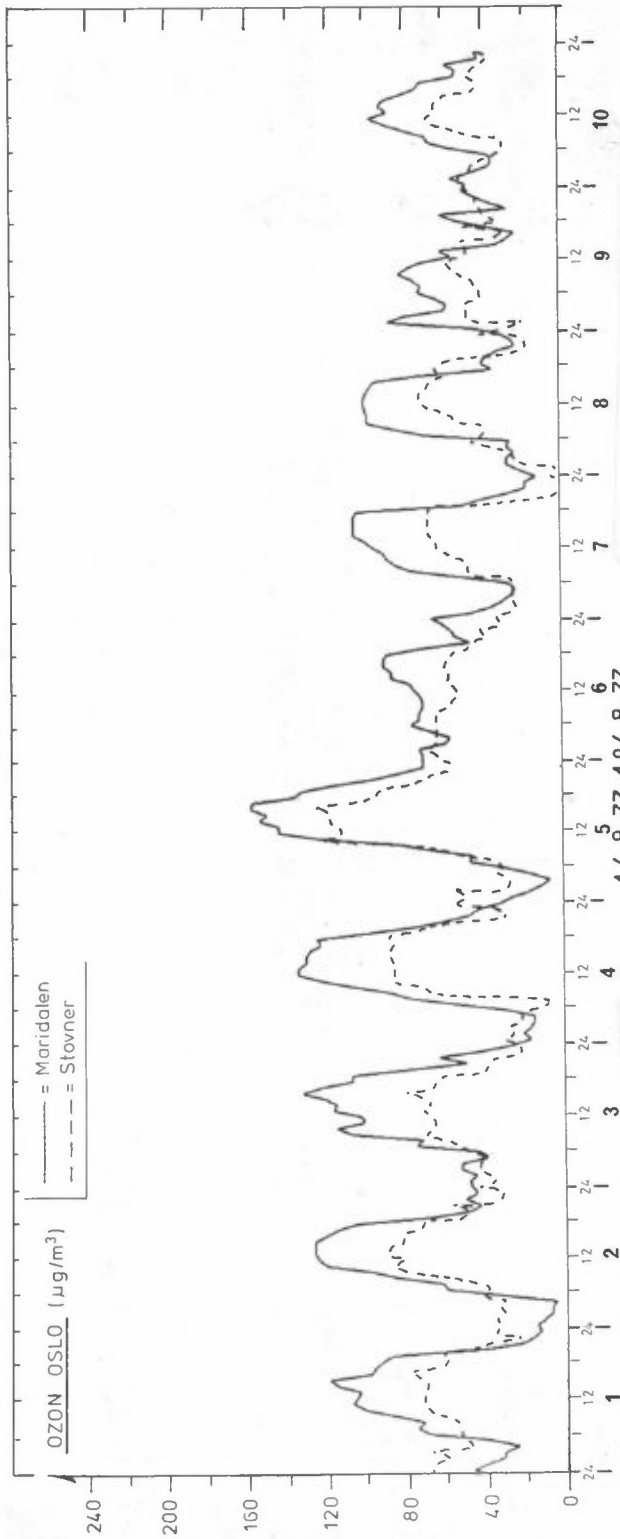
TIMESVERDIER FOR OZON ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
MARIDALEN OG STOVNER SOMMEREN 1977,
TEGNET MED PLOTTER

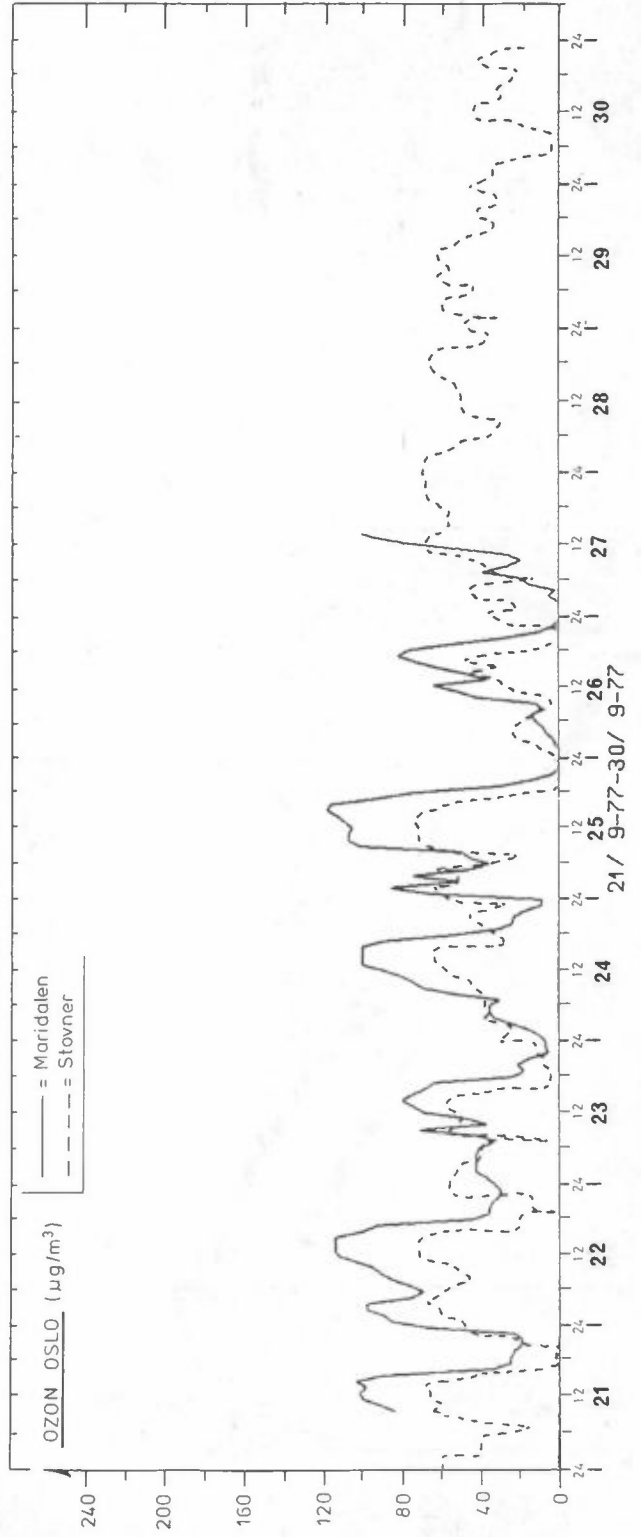
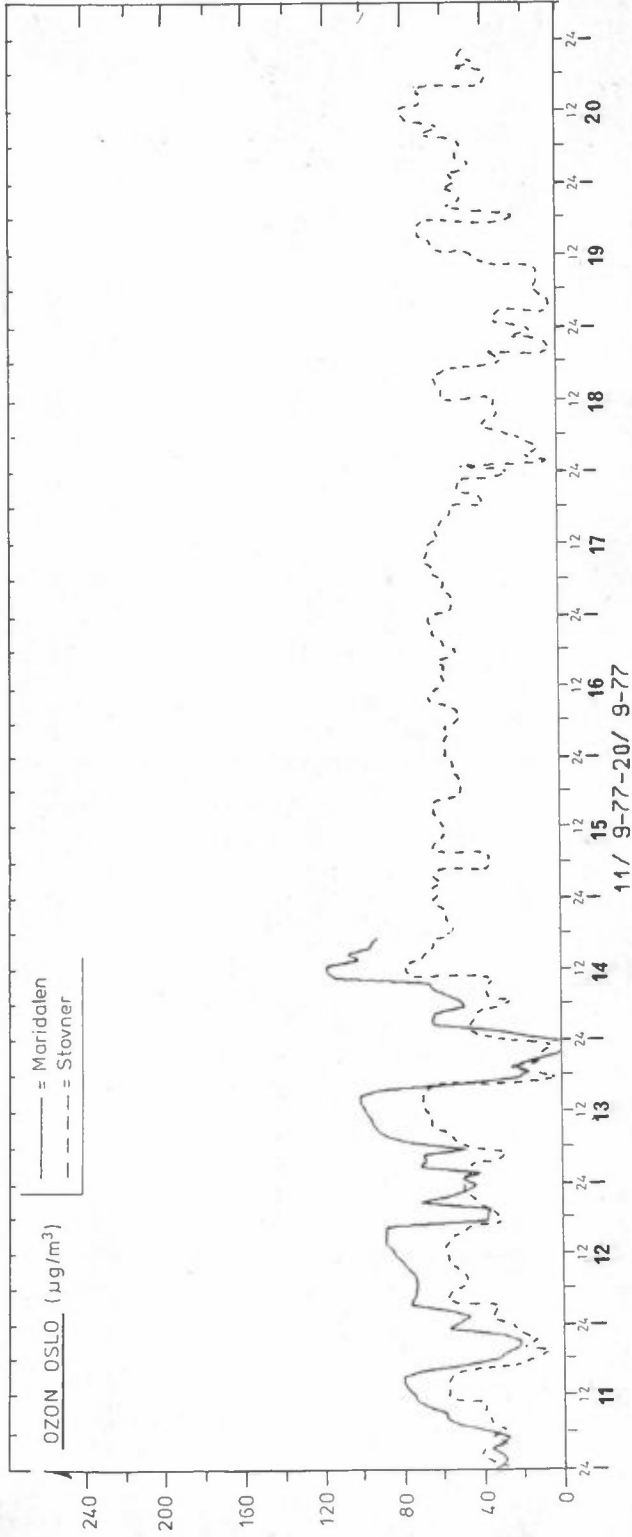














NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)
 POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
 ELVEGT. 52.

TLF. (02) 71 41 70

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORTNR. 9/78	ISBN--82-7247-010-1
DATO Mars 1978	ANSV. SIGN. <i>O.F.G.</i>	ANT. SIDER OG BILAG 85
TITTEL Målinger av ozon i Oslo sommeren 1977		PROSJEKTLEDER Jørgen Schjoldager
		NILU PROSJEKT NR 21377
FORFATTER(E) Jørgen Schjoldager		TILGJENGELIGHET ** A
		OPPDRAAGSGIVERS REF.
OPPDRAAGSGIVER Miljøverndepartementet		
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Ozon	Målinger	Oslo
REFERAT (maks. 300 anslag, 5-10 linjer) Ozonmålinger i Maridalen og Groruddalen (nord og øst for Oslo sentrum) pågikk i månedene juni-september. I Maridalen var 14% av timesverdiene høyere enn 120 µg/m ³ (grenseverdi WHO) og 3% høyere enn 160 µg/m ³ (grenseverdi USA). Konsentrasjonen var noe lavere i Groruddalen. Målingene indikerer fotokjemisk aktivitet i lufta over Oslo, som i hovedsak skyldes utslipp av nitrogenoksyder og organiske stoffer i Oslofjord-området. Enkelte tilfeller av transport fra andre land er også registrert.		
TITTEL Ozone measurements in Oslo during the summer 1977		
ABSTRACT (max. 300 characters, 5-10 lines) Ozone measurements 5-15 km downwind of Oslo (60°N) at two sites indicated photochemical activity in the air. At one site 14% of the hourly values were higher than 120 µg/m ³ and 3% higher than 160 µg/m ³ . The elevated ozone concentrations seem to be caused by local sources of nitrogen oxides and organics, but episodes with long range transport of oxidants and precursors have also occurred.		

**Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C