Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport nr. 155/84

Oppdragsgiver	Statens forurensningstilsyn
Deltagende institusjoner	NILU Statens forurensningstilsyn

MÅLINGER AV OZON, ØSTLANDET - TELEMARK - SØRLANDET 1981-1983.

MÅLINGER AV PAN, TELEMARK 1983.

NILU

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 130 - 2001 Lillestrøm

NILU OR : 34/84
REFERANSE: O-8306
DATO : AUGUST 1984

MÅLINGER AV OZON, ØSTLANDET - TELEMARK - SØRLANDET, 1981-1983. MÅLINGER AV PAN, TELEMARK, 1983.

av

Jørgen Schjoldager, Rolf Dreiem, Bente M. Wathne*
Tor Johannessen, Leif Stige, Bjørn Tveita**

*Norsk institutt for luftforskning
Postboks 130, 2001 Lillestrøm

**Statens forurensningstilsyn
Kontrollseksjonen for industriforurensning i nedre Telemark
Postboks 402, 3701 Skien

ISBN-82-7247-503-0

SAMMENDRAG

De høyeste konsentrasjonene av ozon ble målt i Aust-Agder i 1981 og i nedre Telemark i 1982. Disse var over 200 $\mu g/m^3$, som blir klassifisert som "mye luftforurensning". De høye ozonkonsentrasjonene ble målt ved transport av luftforurensninger fra Storbritannia og det europeiske kontinent, men utslipp i Sør-Skandinavia og i nedre Telemark har sannsynligvis også bidratt til ozondannelsen.

Høyeste timesverdi for PAN i nedre Telemark var 30 $\mu g/m^3$ i 1983. Dette er mindre enn halvparten av høyeste timesverdi i 1982 (68 $\mu g/m^3$), men likevel av samme størrelse som de høyeste verdiene som er målt andre steder i Skandinavia. De høye konsentrasjonene av PAN i nedre Telemark skyldes antakelig lokale utslipp.

Fotokjemiske oksidanter dannes ved kjemiske reaksjoner mellom nitrogenoksider, organiske stoffer og oksygen under påvirkning av solstråling. Ozon er den viktigste av oksidantene og dannes i størst mengde. En annen viktig oksidant er peroksyacetylnitrat (PAN).

Somrene 1981-83 ble det målt ozon på til sammen åtte steder, to steder i Oslofjord-området (Maridalen og Jeløya), fire i nedre Telemark (Langesund, Klyve, Haukenes og Gvarv) og to i Aust-Agder (Grimstad og Nelaug). PAN ble målt på Klyve i nedre Telemark. Målingene i nedre Telemark og Aust-Agder er utført av Statens forurensningstilsyn (SFT), Kontrollseksjonen for industriforurensning i nedre Telemark. Målingene i Oslofjord-området er utført av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på oppdrag fra SFT.

Måleresultatene for ozon er sammenliknet med vanlig brukte grenseverdier. Verdens helseorganisasjon (WHO) anbefaler 120 $\mu g/m^3$ som maksimal timesverdi, mens den amerikanske grenseverdien er på 240 $\mu g/m^3$. En arbeidsgruppe nedsatt av SFT anbefaler en grenseverdi på 100-200 $\mu g/m^3$.

På alle målestedene ble det hvert år målt ozonkonsentrasjoner over WHOs grenseverdi. Verdier over 200 $\mu g/m^3$ ble målt på to steder i 1981, et sted i 1982 og ingen steder i 1983. Høyeste timesverdi de tre åra var henholdsvis 220 $\mu g/m^3$ (Grimstad), 225 $\mu g/m^3$ (Haukenes) og 157 $\mu g/m^3$ (Jeløya). NILU og SFT har klassifisert ozonkonsentrasjoner over 120 $\mu g/m^3$ og 200 $\mu g/m^3$ som henholdsvis "middels" og "mye" luftforurensning.

De viktigste episodene med høye ozonkonsentrasjner forekom i mai 1981 og i juni og august 1982. Da var luftmassene på stor skala som oftest transportert fra sørøst, sør eller sørvest, men det var også en del tilfeller da luftmassene ikke kom fra én bestemt retning. Som i tidligere år forekom de høyeste konsentrasjonene ved transport fra Storbritannia og det europeiske kontinent samtidig med solstråling, høy temperatur og land/sjøbris i Sør-Skandinavia.

Ozonmålinger fra fly har vist at konsentrasjonen 200-500 m over et målested som oftest er 10-50 $\mu g/m^3$ høyere enn på målestedet. I noen tilfeller har forskjellene vært enda større. Ved noen flyginger har de horisontale konsentrasjonsvariasjonene vært relativt store, mer enn 100 $\mu g/m^3$ innenfor noen ti-talls kilometer. Enkelte ganger økte konsentrasjonen nordvest for industriområdene i nedre Telemark. Økningen var på inntil 25 $\mu g/m^3$ og strakte seg til de midtre delene av Norsjø.

Samlet for åra 1980-83 var det større tendens til lokal ozondannelse i nedre Telemark enn i Oslofjord-området og Aust-Agder.

Konsentrasjonen av PAN i nedre Telemark var atskillig lavere i 1983 enn i 1982. I 1983 var det én time med konsentrasjon over 30 $\mu g/m^3$, mens tilsvarende tall for 1982 var 55 timer. Også ozonkonsentrasjonen i nedre Telemark var lavere i 1983 enn i 1982, men den relative forskjellen var langt større for PAN enn for ozon. Dette kan skyldes at utslippet av klor fra Herøya var atskillig lavere i 1983 enn i 1982.

INNHOLD

		Side
	SAMMENDRAG	3
1	INNLEDNING	9
2	MÅLEMETODER	11
3	GRENSEVERDIER	12
4	RESULTATER OG DISKUSJON	13
	4.1 Datatilgang	13
	4.2 Overskridelse av grenseverdier for ozon	13
	4.3 Ozonepisoder	15
	4.4 Ozonmålinger fra fly	17
	4.5 Drøfting av ozondannelsen	19
	4.6 Måleresultater for PAN	24
5	KONKLUSJON	27
6	REFERANSER	28
	VEDLEGG A: Kart over målestedene	31
	VEDLEGG B: Referansemetoder for måling av ozon	37
	VEDLEGG C: Ozonmålinger fra fly 1981-83	41

MÅLINGER AV OZON, ØSTLANDET - TELEMARK - SØRLANDET, 1981-1983
MÅLINGER AV PAN, TELEMARK, 1983.

1 INNLEDNING

Fotokjemiske oksidanter er et fellesnavn på sterkt oksiderende stoffer som dannes i atmosfæren fra nitrogenoksider, organiske stoffer og oksygen med solstråling som energikilde. Ozon er den viktigste av oksidantene og fins i høyeste konsentrasjoner. I tillegg til ozon dannes bl.a. organiske peroksyforbindelser, og den best kjente av disse er peroksyacetylnitrat (PAN).

Ozon er målt i nedre Telemark siden 1975 og i Oslofjordområdet siden 1977. PAN er målt siden 1980, dels i Osloområdet og dels i nedre Telemark. Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Statens forurensningstilsyn (SFT), Kontrollseksjonen for industriforurensning i nedre Telemark, samarbeider om målingene av ozon og PAN. Det er tidligere rapportert ozonmålinger til og med 1980 og PAN-målinger til og med 1982 (1,2).

Somrene 1981-83 ble det målt ozon på i alt åtte steder, som vist i tabell 1. Målingene i Maridalen og Jeløya er utført av NILU på oppdrag fra SFT. På de øvrige stedene er målingene utført av SFTs Kontrollseksjon for industriforurensning i nedre Telemark. Disse målingene er også omtalt i årsrapportene fra Kontrollseksjonen (3). I tillegg har NILU foretatt ozonmålinger fra fly i enkelte episoder med mye forurensning. Oversiktskart over målestedene er vist i figur 1. Mer detaljerte kart er gitt i vedlegg A.

Målestedene Langesund, Haukenes, Gvarv, Jeløya og Maridalen var også i drift i 1980. Målestedet Gvarv ble nedlagt i 1981,

Tabell 1: Oversikt over målesteder og måleperioder for ozonmålinger 1981-83.

Målested	1981	1982	1983
Maridalen	28.4-30.9	1.4-29.9	6.4-28.9
Jeløya	29.4-30.9	1.4-27.9	13.4-29.9
Langesund	1.4-11.8	1.4-27.9	11.4-30.9
Klyve	-	1.4-30.9	1.5-10.9
Haukenes	1.4-18.9	5.4-30.9	13.4-30.9
Gvarv	19.5-23.9	-	-
Grimstad	10.4-18.9	2.4-30.9	6.4-30.9
Nelaug	12.5-14.9	2.4-24.9	-

Figur 1: Kartskisse over målesteder for ozon 1981-1983.

og målestedet Klyve ble opprettet i 1982. De to målestedene i Aust-Agder, Grimstad og Nelaug, ble opprettet i 1981. Nelaug ble nedlagt i 1982.

I 1983 ble PAN målt på Klyve i perioden 26.4-30.9.

2 MÅLEMETODER

NILUs målinger ble utført med målere av type Bendix og CSI, basert på kjemiluminescens mellom ozon og etylen. På SFTs målesteder ble det brukt ozonmålere av type Philips, basert på kjemiluminescens mellom ozon og fargestoffet Rhodamin B, og av type Monitor Lab, basert på kjemiluminescens mellom ozon og etylen.

Alle målerne ble hvert år kalibrert ved hjelp av samme referansemetode. I 1981 og 1982 var refereansemetoden "KIBRT-metoden" som baserer seg på ozontitrering i en bufret løsning av kaliumiodid, kaliumbromid og natriumthiosulfat (4).

Våren 1983 tok NILU i bruk en ny referansemetode for måling av ozon. Den nye metoden ble innført med økonomisk støtte fra SFT og er basert på UV-absorpsjon av ozon. Denne metoden er internasjonalt regnet som den mest pålitelige og brukes bl.a. som referansemetode i USA (5).

I vedlegg B er KIBRT-metoden og UV-metoden sammenliknet. De to metodene var svært godt korrelert (korrelasjonskoeffisient r=0.999), og avviket i intervallet 100-300 $\mu g/m^3$ var på mindre enn 5%. Dette intervallet har størst forurensningsmessig betydning i Norge.

I denne rapporten er data fra 1981 og 1982 rapportert etter KIBRT-metoden, mens data for 1983 er rapportert etter UV-metoden. Usikkerheten i målingene kan anslås til ca. 5%.

Målemetoden for PAN var den samme i 1983 som i 1982, dvs. automatisk prøvetaking og analyse med gasskromatograf og "electron capture"-detektor (2).

3 GRENSEVERDIER

I mai 1982 la en arbeidsgruppe, nedsatt av SFT, fram grenseverdier for luftkvalitet for seks vanlige luftforurensninger, bl.a. ozon (6). Disse grenseverdiene, som også kan kalles luftkvalitetsmål, er gjengitt i tabell 2 sammen med verdier fra Canada, Japan, USA og Verdens helseorganisasjon (WHO).

Tabell 2: Grenseverdier for ozon.

	Grenseverdi, timesmiddel ($\mu g/m^3$)	Merknader
Norge	100-200 200	Virkning på helse. Virkning på vegetasjon (6).
Canada	100 160 300	"Maximum desirable level". "Maximum acceptable level". "Maximum tolerable level".
Japan	120	Virkning på helse
Sverige	120	Virkning på helse. En tillatt overskridelse pr. måned.
USA	240	Virkning på helse Tillatt overskridelse en gang pr. år (5).
Verdens helseorganisasjon (WHO)	120	"Recommended long term goal" (7).

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

Ingen av de land og organisasjoner som er nevnt i tabell 2, har satt grenseverdier for PAN.

4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Datatilgang

Datatilgang defineres som tid med data i prosent av måleperiodens lengde. Datatilgangen for PAN-målingene på Klyve var 88%. I tabell 3 er datatilgangen for ozon gitt for de åtte målestedene. Med unntak av Nelaug i 1981 og Jeløya i 1982 var datatilgangen svært god.

Tabell 3: Datatilgang (%) av ozonmålinger 1981-83.

Målested	1981	1982	1983
Maridalen	94	98	93
Jeløya	97	73	99
Langesund	99	97	92
Klyve	-	95	96
Haukenes	87	88	93
Gvarv	96	-	-
Grimstad	94	94	94
Nelaug	73	97	-

4.2 Overskridelse av grenseverdier for ozon

På alle målestedene ble det hvert år målt konsentrasjoner over WHOs grenseverdi på 120 $\mu g/m^3$. I 1981 og 1982 ble det målt konsentrasjoner over 200 $\mu g/m^3$, som er øvre grense for de norske grenseverdiene. Det ble ikke målt konsentrasjoner over den amerikanske grenseverdien på 240 $\mu g/m^3$.

I tabell 4-6 er det vist antall timer og døgn med konsentrasjoner over 120, 160 og 200 $\mu g/m^3$ på de ulike målestedene.

Høyeste konsentrasjoner i de tre åra var henholdsvis 220 µg/m^3 (Grimstad, 1981), 225 µg/m^3 (Haukenes, 1982) og 157 µg/m^3 (Jeløya, 1983).

Tabell 4: Antall timer og døgn med ozonkonsentrasjon over 120, 160 og 200 µg/m^3, samt høyeste timesverdi på hvert målested, 1981.

1981 Målested	Totalt antall		Antall timer og døgn med timesverdier over						Høyeste timesverdi	
			120 µg/m^3		160 µg/m^3		200 µg/m^3			
	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Kons.	Tidspunkt
Maridalen	3518	148	136	27	12	2	0	0	182	22.5 kl 17
Jeløya	3581	150	280	39	33	5	2	1	209	11.9 kl 03
Langesund	3170	133	102	15	0	0	0	0	154	22.5 kl 16
Haukenes	3545	155	77	15	0	0	0	0	160	22.5 kl 16
Gvarv	2941	125	13	3	0	0	0	0	144	5.9 kl 16
Grimstad	3640	153	304	24	94	7	19	4	220	16.5 kl 15-16
Nelaug	2198	93	37	8	0	0	0	0	140	22.5 kl 16-17

Tabell 5: Antall timer og døgn med ozonkonsentrasjon over 120, 160 og 200 µg/m^3, samt høyeste timesverdi på hvert målested, 1982.

1982 Målested	Totalt antall		Antall timer og døgn med timesverdier over						Høyeste timesverdi	
			120 µg/m^3		160 µg/m^3		200 µg/m^3			
	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Kons.	Tidspunkt
Maridalen	4465	189	43	10	2	2	0	0	167	3.6 kl 14
Jeløya	3293	141	128	19	20	4	0	0	190	4.6 kl 02
Langesund	4192	175	155	25	14	3	0	0	183	3.6 kl 16
Klyve	4189	174	173	28	33	9	0	0	195	4.6 kl 16
Haukenes	3753	156	271	43	49	11	13	4	225	4.6 kl 17
Grimstad	4093	170	96	18	1	2	0	0	163	3.8 kl 17
Nelaug	4039	168	88	8	15	3	0	0	174	4.6 kl 16

Tabell 6: Antall timer og døgn med ozonkonsentrasjon over 120, 160 og 200 µg/m^3, samt høyeste timesverdi på hvert målested, 1983.

1983 Målested	Totalt antall		Antall timer og døgn med timesverdier over						Høyeste timesverdi	
			120 µg/m^3		160 µg/m^3		200 µg/m^3			
	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Timer	Døgn	Kons.	Tidspunkt
Maridalen	3898	164	2	1	0	0	0	0	122	9.7 kl 17-18
Jeløya	4036	167	31	7	0	0	0	0	157	27.7 kl 18
Langesund	3821	162	43	11	0	0	0	0	150	1.9 kl 17
Klyve	3064	130	19	3	0	0	0	0	153	1.9 kl 18
Haukenes	3789	162	31	7	0	0	0	0	148	1.9 kl 17-18
Grimstad	4009	168	58	14	0	0	0	0	152	8.6 kl 22-23

4.3 Ozonepisoder

En ozonepisode kan defineres som et tilfelle med

a) middels høye konsentrasjoner på flere steder samtidig og/eller

b) høye konsentrasjoner på ett sted.

Det må da angis nærmere hva som menes med "middels høye" og "høye" konsentrasjoner.

På oppdrag fra SFT har NILU inndelt konsentrasjonen av en del vanlige luftforurensninger i klassene "lite", "middels" og "mye" (8). Grunnlaget for inndelingen var de vanlig brukte grenseverdiene for luftkvalitet med særlig vekt på det norske framlegget fra mai 1982 (6). For ozon ble det satt disse grensene for maksimal timesverdi:

Lite	forurensning	< 120	$\mu g/m^3$
Middels	"	120-200	"
Mye	"	> 200	"

På dette grunnlaget er det naturlig å definere en ozonepisode som et tilfelle med konsentrasjon høyere enn 120 $\mu g/m^3$ på flere målesteder og/eller konsentrasjon høyere enn 200 $\mu g/m^3$ på ett målested. Med denne inndelingen blir antall ozon-episode-døgn i åra 1980-83 som vist i tabell 7.

Tabell 7: Antall døgn med ozonkonsentrasjon over 120 $\mu g/m^3$ på flere steder samtidig, og/eller over 200 $\mu g/m^3$ på ett sted, 1980-83.

År	1980	1981	1982	1983
Antall døgn	75	17	27	9

En del av episodene i 1980 er omtalt tidligere (1). I åra 1981-83 forekom de viktigste episodene i 1981 og 1982.

I tabell 8 er det gitt en oversikt over døgn i 1981-83 med maksimal timesverdi over 200 $\mu g/m^3$. Det var fem slike døgn i 1981, fire i 1982 og ingen i 1983.

Tabell 8: Maksimale timesverdier av ozon for døgn med ozonkonsentrasjon over 200 $\mu g/m^3$ på minst ett av målestedene.

Målested	1981					1982			
	15.5	16.5	20.5	22.5	11.9	2.6	3.6	4.6	7.8
Maridalen	141	145	148	182	50	155	167	146	125
Jeløya	117	134	145	170	209	127	162	190	
Langesund	123	140	116	154		146	183	180	161
Klyve						177	186	195	186
Haukenes	91	137	137	160	68	203	216	225	203
Gvarv			108	129	57				
Grimstad	203	220	215	213	113				148
Nelaug	129	129	121	140	90	164	164	174	152

Tabell 8 viser at konsentrasjonen kan variere atskillig fra sted til sted i en ozonepisode. Dette stemmer med erfaringer fra tidligere år. Ozonmålinger fra fly, som omtales i pkt. 4.4, viser også at store horisontale konsentrasjonsvariasjoner forekommer i enkelte episoder.

Episoden i begynnelsen av august 1982 hadde svært høye konsentrasjoner av PAN i nedre Telemark. Episoden er nærmere omtalt i PAN-rapporten fra 1980-82 (2). Det ble målt ozon fra fly både i begynnelsen av juni og begynnelsen av august 1982, nemlig dagene 3.6, 4.6, 5.8 og 7.8, se pkt. 4.4.

Ozonverdiene fra nedre Telemark i tabell 8 fra sommeren 1982 kan tyde på ozondannelse fra utslipp i området, fordi de høyeste konsentrasjonene forekom på Haukenes. Dette er drøftet nærmere i pkt. 4.5.

4.4 Ozonmålinger fra fly

Ozon ble målt fra fly på dager og over områder som vist i tabell 9. Det var tre flyginger i 1981, seks i 1982 og en i 1983. De fleste flygingene skjedde langs Oslofjorden og Sørlandskysten til Kristiansand og langs Telemarksvassdraget mellom Langesund og Gvarv. To ganger ble det fløyet over det indre av Østlandet. En gang ble det fløyet langs svenskekysten til Göteborg, og en gang over Danmark og langs hele den svenske vestkysten.

Det ble målt høyere ozonkonsentrasjoner fra fly enn ved bakken. Inntil 290 $\mu g/m^3$ ble målt under episoden i begynnelsen av juni 1982, da høyeste konsentrasjon ved bakken var 225 $\mu g/m^3$. Høye konsentrasjoner ble også målt i mai og august 1982. De enkelte flytoktene er nærmere beskrevet i vedlegg C.

Tabell 9: Oversikt over ozonmålinger fra fly 1981-83.

Dato	Strekning	Høyeste målte konsentrasjon µg/m^3
13. 5.81	Kjeller-Fredrikstad-Ferder t/r	145
09. 7.81	Kjeller-Oslofjorden-Sørlandskysten-Farsund-Sørlandskysten-Langesund-Gvarv-Kjeller	189
10. 7.81	Fornebu-Oslofjorden-Sørlandskysten-Kristiansand- Sørlandskysten-Langesund-Gvarv-Fornebu	123
18. 5.82	Kjeller-Oslofjorden-Sørlandskysten-Kjevik t/r	204
31. 5.82	Kjeller-Oslofjorden-Sørlandskysten-Kjevik t/r	164
03. 6.82	Kjeller-Oslofjorden-Sveriges vestkyst til sør for Göteborg t/r	290
04. 6.82	Fornebu-Oslofjorden-Larvik-Porsgrunn-Gvarv-Notodden-Kongsberg-Hokksund-Jevnaker-Dokka-Lillehammer-Minnesund-Fornebu	290
05. 8.82	Kjeller-Oslofjorden-Langesund-Gvarv-Risør-Skagerrak-Sveriges vestkyst-Strømstad-Askim-Skarnes-Kjeller	182
07. 8.82	Kjeller-Oslofjorden-Langesund-Gvarv-Sørlandskysten-Kjevik-Sørlandskysten-Oslofjorden-Holmestrand-Hokksund-Hønefoss-Brandbu-Minnesund-Kjeller	229
22-23. 8.83	Kjeller-Oslofjorden-Sørlandskysten-Kristiansand-Jylland-Århus-Fredricia-Fyn-Langeland-Malmö-Sveriges vestkyst-Oslofjorden-Kjeller	162

De viktigste konklusjonene fra flymålingene er følgende:

Ozonkonsentrasjonen i lufta 200-500 m over et målested var som oftest 10-50 µg/m^3 høyere enn på målestedet. I enkelt tilfelle kunne forskjellen være atskillig større.

Ved enkelte flyginger var det horisontale konsentrasjonsvariasjoner på mindre enn 20 $\mu g/m^3$, men som oftest var variasjonene mer enn 50 $\mu g/m^3$. I enkelte tilfeller var variasjonene på mer enn 100 $\mu g/m^3$.

På kyststrekningen Oslo-Kristiansand forekom ofte de høyeste konsentrasjonene mellom Horten og Grimstad, men oftest ikke på samme sted fra gang til gang.

Konsentrasjonen i det indre av Telemark og Østlandet var 30-70 $\mu g/m^3$ lavere enn i områdene nærmest kysten.

Flyging langs Telemarksvassdraget fra Langesund til Gvarv viste enkelte ganger økning av ozonkonsentrasjonen i lè av industrien i Grenland. Denne økningen, som var inntil 25 $\mu g/m^3$, strakte seg ikke forbi de midtre delene av Norsjø. Videre innover var konsentrasjonen av samme størrelse som ellers i innlandet.

Det ble ikke funnet noen tydelig økning av ozonkonsentrasjonen i lè av Oslo.

4.5 Drøfting av ozondannelsen

Målingene i åra 1981-83 har som tidligere vist at ozonforekomsten er episodisk, og at antall episoder varierer atskillig fra et år til det neste. Målingene har dessuten vist at konsentrasjonen ofte er høy over store områder i en episode, men likevel kan de horisontale variasjonene være betydelige over distanser på noen ti-talls km eller mindre.

Skalaen for dannelse av ozon og andre oksidanter kan variere sterkt. Noe forenklet kan en si at tre skalaer er aktuelle:

	Romlig utstrekning	Tid for dannelse
Lokal skala	3-30 km	Noen få timer
Regional skala	30-300 "	Timer-døgn
Kontinental skala	300-3000 "	Døgn

Figur 2 viser et sammendrag av sektorvise trajektoriebereg-ninger for alle døgnene med maksimal timesverdi over 160 $\mu g/m^3$. Hvert døgn er tilordnet en 45^0 sektor med den beting-else at trajektoriene har vært i sektoren i minst 50% av tiden de siste 96 timer. Hvis denne betingelsen ikke er oppfylt for noen sektor i et aktuelt døgn, kalles døgnet "ubestemt". Til-ordningen til sektorene er beregnet av Meteorologisk institutt.

Figur 2 viser at høye ozonkonsentrasjoner oftest forekom når luftmassene på stor skala var transportert fra sørøst, sør eller sørvest. Dette tyder på at kontinental skala har vært viktig for ozondannelsen. Figur 2 utelukker imidlertid ikke at mindre skalaer også har vært viktige. De relativt store hori-sontale variasjonene i enkelte episoder kan tyde på dannelse på mindre skala, men ikke nødvendigvis. Det er mulig at "foru-rensnings-faner" av bredde fra ca 10 km og oppover, forekommer under langtransport fra kontinentet og Storbritannia. Det er også mulig, men mindre trolig, at størstedelen av de horison-tale variasjonene skyldes lokal nedbrytning av ozon.

En engelsk forskergruppe har undersøkt forurensnings-faner ved langtransport av forurensninger fra England (9). Det ble målt svoveldioksid, nitrogenoksider og ozon fra fly langs vest-kysten av Danmark i en situasjon i januar 1981 med luft-transport fra England, 650 km unna. Det var flere tydelige forurensningsfaner, som vist i figur 3. En av dem ble bestemt ved hjelp av sporstoff-utslipp (SF_6) til å komme fra et kraft-verk i Yorkshire. Konsentrasjonen av SO_2 og NO_x varierte i hovedsak på samme måte, og motsatt til konsentrasjonen av ozon. Dette viser nedbrytning av ozon i forurenset luft, noe som er typisk om vinteren, men ikke om sommeren (10).

Figur 2: Sektorvis fordeling (%) av 850 mb-trajektorier for dager med ozonkonsentrasjon høyere enn 160 µg/m^3, 1981-83. U betyr ubestemt sektor.

Flymålingene langs vestkysten av Danmark støtter antakelsen om at store konsentrasjonsvariasjoner av ozon langs Sørlands-kysten og Sveriges vestkyst kan forekomme uten at utslipp i Skandinavia har hatt innvirkning.

I situasjoner som den i juni 1982, med sterk innstråling og land/sjøbris flere dager i trekk sammen med transport fra sørlig kant, er det vanskelig å skille mellom ozondannelse på

kontinental og regional skala. I slike situasjoner er sannsynligvis utslippene i Sør-Skandinavia av betydning for det regionale konsentrasjonsnivået, selv om bidragets størrelse er vanskelig å fastslå.

Spørsmålet om lokal oksidantdannelse fra utslipp i Norge har vært særlig aktuelt for nedre Telemark og Oslo-området. Det ble målt høye PAN-konsentrasjoner i Oslo sommeren 1980 og i nedre Telemark sommeren 1982. Lokale utslipp av oksidantdannere (organiske stoffer, nitrogenoksider og til dels klor) ble antatt å være den viktigste årsaken (2, 11).

Figur 3: Flymålinger av SO_2, NO_x og O_3 i Nordsjøen langs Danmarks vestkyst, ca 650 km frå England (9).

Lokal dannelse av ozon kan studeres i enkeltepisoder som vist i tabell 8 og vedlegg C. På de fire døgnene i 1982 med konsentrasjon på Haukenes over 200 µg/m^3 (tabell 8) var maksimal konsentrasjon i middel 44 µg/m^3 høyere der enn i Langesund. Dette kan tyde på lokal dannelse. Døgnene i 1981 i tabell 8 viser ingen tilsvarende effekt.

Det var fire flyginger langs Telemarksvassdraget mellom Langesund og Gvarv. I tre av disse var det høyere konsentrasjon nordvest for Porsgrunn enn i Langesund, som vist i tabell 10. Økningen var 16 µg/m^3 i gjennomsnitt på de tre flygingene. I alle tilfellene var konsentrasjonen over Gvarv lavere enn over Langesund.

Tabell 10: Sammendrag av flymålinger av ozon langs Telemarksvassdraget.

Dato	Konsentrasjon av ozon (µg/m^3)		
	Langesund	Maksimalverdi nordvest for Porsgrunn	Gvarv
9.7.1981	140	<140	127
10.7.1981	104	121	95
5.8.1982	160	171	146
7.8.1982	138	159	122

I tabell 11 er tre "stasjonspar" sammenliknet, nemlig Jeløya/Maridalen, Langesund/Haukenes og Grimstad/Nelaug. For 4 årsperioden 1980-83 er det summert antall dager med maksimal timesverdi over 120 µg/m^3 på minst ett av målestedene i stasjonsparet. Videre er antallet av disse dagene med høyest konsentrasjon på det nordligste, henholdsvis sørligste, målestedet summert. Fordi hovedvindretningen ved middels og høye ozonkonsentrasjoner er sørlig, kan en slik sammenlikning gi informasjon om oppbygning og nedbrytning av ozon mellom de to målestedene.

Tabell 11: Sammenlikning mellom stasjonspar på dager med maksimal timesverdi over 120 µg/m^3.

Stasjonspar	Sted med høyest konsentrasjon	Antall dager				Sum
		1980	1981	1982	1983	
Jeløya/ Maridalen	Jeløya	45	30	16	6	97
	Maridalen	43	15	3	0	61
Langesund/ Haukenes	Langesund	10	12	6	9	37
	Haukenes	11	8	40	4	63
Grimstad/ Nelaug	Grimstad		19	14		33
	Nelaug		1	3		4

Tabell 11 viser at for to av stasjonsparene, Jeløya/Maridalen og Grimstad/Nelaug, hadde det sørligste stedet oftere høyere konsentrasjon enn det nordligste. For stasjonsparet Langesund/Haukenes var det motsatt, 4 års-perioden sett under ett, men forholdene i 1982 var her utslagsgivende.

Tabell 11 viser de samme tendensene som flymålingene har vist, nemlig at konsentrasjonen avtar innover i landet (jfr. Grimstad/Nelaug), at det er tilfeller med lokal oppbygning i nedre Telemark (jfr. Langesund/ Haukenes) og at denne oppbygningen har forekommet oftere enn i Oslofjordområdet (jfr. Jeløya/Maridalen). Men flymålingene har også vist at de horisontale variasjonene ellers langs kysten kan være minst like store som variasjonene innenfor stasjonsparene i tabell 11.

4.6 Måleresultater for PAN

Sammendrag av PAN-målingene er gitt i tabell 12. Konsentrasjonene i 1983 var atskillig lavere enn i 1982. I 1982 var høyeste timesverdi 68 µg/m^3, og det var 55 timer med konsentrasjon over 30 µg/m^3 (2). Også forholdstallet ozon/PAN var

forskjellig de to åra, som vist i tabell 13. Den relative nedgangen i konsentrasjon var altså vesentlig større for PAN enn for ozon. Dette kan skyldes at utslippet av klor fra Herøya var atskillig lavere i 1983 enn i 1982. Dessuten er bakgrunnskonsentrasjonen av ozon høyere enn av PAN. I tillegg forekom flesteparten av de høye PAN-verdiene i 1982 i forurensningsepisoden fra 31.7 til 8.8, som var ualminnelig varm og solrik. Det var ikke noen tilsvarende episode i 1983.

Tabell 12: Antall timer og døgn med timesverdier av PAN høyere enn 10, 20 og 30 $\mu g/m^3$, samt høyeste timesverdi, Klyve 1983.

	Totalt antall	Antall timer/døgn med timesverdier over			Høyeste timesverdier
		10 $\mu g/m^3$	20 $\mu g/m^3$	30 $\mu g/m^3$	
Timer	3329	22	3	1	30 $\mu g/m^3$ 9.8.83 kl 12
Døgn	138	12	2	1	

Tabell 13: 95-prosentiler av timesverdier for ozon og PAN, Klyve 1982-83, samt forholdstall mellom 95-prosentilverdiene.

År	95-prosentil ($\mu g/m^3$)		Forholdstall ozon/PAN (vektbasis)
	Ozon	PAN	
1982	125	24	5,2
1983	90	5	18,0

De høyeste PAN-konsentrasjonene i 1983 forekom som oftest tidligere på dagen enn de høyeste ozonkonsentrasjonene. Dette er illustrert i figur 4 som viser gjennomsnittlig døgnvariasjon for de to stoffene.

Figur 4: Døgnfordeling av gjennomsnittlige, timevise konsentrasjoner av ozon og PAN, Klyve, april-september 1983.

De høyeste PAN-konsentrasjonene har ofte forekommet når "sjøbris-fronten" passerte målestedet. Med sjøbris-fronten menes lufta som transporteres tilbake mot nordvest etterat vindstilleperioden om morgenen er over. Forurensningene i sjøbrisfronten er for det meste av lokal opprinnelse. Fordi høye ozonkonsentrasjoner som oftest forekommer på en større skala, ble de høyeste konsentrasjonene målt mer jevnt fordelt over ettermiddagstimene mellom kl 12 og kl 18.

Til tross for at de høyeste PAN-konsentrasjonene var vesentlig lavere i 1983 enn i 1982, var de likevel like høye som de høyeste verdiene som tidligere er målt i Sverige og Danmark

(2, 10). Målingene bekrefter derfor den tidligere antakelsen om at det er særskilte forhold som bidrar til PAN-dannelsen i nedre Telemark, nemlig lokale utslipp av reaktive hydrokarboner, klor og nitrogenoksider (2).

5 KONKLUSJON

Målingene av ozon i 1981-83 viste noe lavere maksimale konsentrasjoner og færre forurensningsepisoder enn i 1980. Konsentrasjonene var høyere i 1981 og 1982 enn i 1983. I alt åtte målesteder har vært i drift, seks av disse i 1983.

På alle målestedene ble det hvert år målt timesverdier over WHOs grenseverdi, som er på 120 $\mu g/m^3$. På to målesteder i 1981 og ett målested i 1982 ble det målt timesverdier over 200 $\mu g/m^3$, som er øvre grense for framlegget til norske grenseverdier for ozon. Ozonkonsentrasjoner over 200 $\mu g/m^3$ blir av NILU og SFT klassifisert som "mye luftforurensning".

De viktigste episodene med høy ozonkonsentrasjon forekom i mai 1981 og juni og august 1982. I mai 1981 var konsentrasjonene høyest på Sørlandet, mens i juni og august 1982 var konsentrasjonene høyest i nedre Telemark.

Det er målt ozon fra fly i ti tilfeller i 1981-83. De fleste flygingene foregikk over kysten mellom Oslo og Kristiansand. Ozonkonsentrasjonen i lufta 200-500 m over et målested var som oftest 10-50 $\mu g/m^3$ høyere enn på målestedet. De horisontale konsentrasjonsvariasjonene var ofte relativt store, i noen tilfeller mer enn 100 $\mu g/m^3$. Enkelte ganger økte ozonkonsentrasjonen nordvest for industrianleggene i nedre Telemark. Økningen var på inntil 25 $\mu g/m^3$ og strakte seg til de midtre delene av Norsjø. Konsentrasjonen i det indre av Telemark og Østlandet var 30-70 $\mu g/m^3$ lavere enn i områdene nærmest kysten.

Høye ozonkonsentrasjoner forekom oftest når luftmassene på stor skala var transportert fra sørøst, sør og sørvest, dvs.

fra Storbritannia og det europeiske kontinent. Under episodene i juni og særlig i august 1982 har det også vært bidrag fra utslipp i Sør-Skandinavia. Størrelsen av dette bidraget kan ikke bestemmes på noen enkel måte. De store horisontale konsentrasjonsvariasjonene kan ha forekommet uten at utslipp i Skandinavia har hatt betydning.

Lokal dannelse av ozon i nedre Telemark forekommer sannsynligvis i en del tilfeller. I august 1982 ble det målt 40-50 $\mu g/m^3$ høyere konsentrasjon på Haukenes enn i Langesund. For 4 årsperioden 1980-83 var det større tendens til lokal ozondannelse i nedre Telemark enn i Oslo-området og i Aust-Agder.

PAN-konsentrasjonen i nedre Telemark var atskillig lavere i 1983 enn i 1982. Likevel var de høyeste PAN-konsentrasjonene i 1983 av samme størrelse som de høyeste verdiene som tidligere er målt andre steder i Skandinavia. Målingene tyder på at lokale utslipp er de viktigste for dannelsen av PAN.

6 REFERANSELISTE

(1) Schjoldager, J.
Dreiem, R.
Gundersen, G.
Stige, L.
Tveita, B.
Målinger av ozon i nedre Telemark, Oslo og Oslofjorden sommeren 1980. Lillestrøm 1981. (Statlig program for forurensningsovervåking, rapport nr. 19/81; NILU OR 42/81.)

(2) Schjoldager, J.
Wathne, B.M.
Brenna, D.
Hov, Ø.
Johannessen, T.
Stige, L.
Tveita, B.
Målinger av peroksyacetylnitrat (PAN) i Oslo og nedre Telemark 1980-82. Lillestrøm 1983. (Statlig program for forurensningsovervåking, rapport nr. 71/83; NILU OR 27/83.)

(3) Statens forurensingstilsyn
Kontrollseksjonen for industriforurensning i nedre Telemark, Skien. Årsrapporter 1981, 1982 og 1983.

(4) Bergshoeff, G.
Lanting, R.W.
Prop, J.M.G.
Reijnders, H.F.R.
Improved neutral buffered potassium iodide method for ozone in air. Anal. Chem. 52, 541-546 (1980).

(5) National primary and secondary ambient air quality standards. Washington D.C. 1979. Federal register 44, No. 28, part 50, pp. 8202-8237.

(6) Statens forurensnings-tilsyn
Luftforurensning; virkning på helse og miljø. En utrending om sammenhengen mellom konsentrasjoner og virkninger av noen vanlige forurensningskomponenter. Oslo, Statens forurensningstilsyn, 1982. (SFT-rapport nr. 38.)

(7) World Health Organization
Photochemical oxidants. Geneve, 1978. (Environmental Health Criteria 7.)

(8) Hagen, L.O.
Schjoldager, J.
Østgård, K.
Klassifisering av luftforurensning. Lillestrøm 1983. (NILU OR 62/83.)

(9) Clark, P.A.
Fisher, B.E.A.
Marsh, A.R.W.
A case study of sulphur oxides and other acid rain precursors out to 650 km from industrial areas of the United Kingdom.England, Central Electricity Generating Board, 1983.

(10) Grennfelt, P.
Schjoldager, J.
Photochemical oxidants in the troposphere: A mounting menace. AMBIO, 13, 61-67 (1984).

VEDLEGG A

Kart over målestedene

Figur A1: Maridalen

Figur A2: Jeløya

Figur A3: Langesund, Klyve, Haukenes, Gvarv

Figur A4: Grimstad, Nelaug

Figur A1: Maridalen

Figur A2: Jeløya

Figur A3: Langesund, Klyve, Haukenes, Gvarv

Figur A4: Grimstad, Nelaug

VEDLEGG B

Referansemetoder for måling av ozon

Høsten 1982 begynte NILU å undersøke en ny referansemetode for måling av ozon. Den nye metoden ble innført med økonomisk støtte fra SFT og er basert på absorpsjon av UV-stråling. Det ble anskaffet et referanseinstrument av type DASIBI 1008-PC, men dette virket ikke skikkelig ved ankomst, og det ble sendt tilbake til leverandøren i USA. Det kom tilbake til NILU i mars 1983 og virket da tilfredsstillende.

I juni 1983 ble UV-apparatet sammenliknet med den tidligere brukte referansemetoden,"KIBRT-metoden". Denne baserer seg på titrering av iodid i væskefase i en løsning av kaliumiodid, kaliumbromid og natriumthiosulfat (4,5). Tabell B1 viser resultatet av seks sammenlikninger. Sammenhengen er vist grafisk i figur B1.

Tabell B1 Eksperimentell sammenlikning mellom UV-metoden og KIBRT-metoden. Ozonkonsentrasjoner i $\mu g/m^3$.

UV-metoden	100	100	204	201	300	300
KIBRT-metoden	100	96	208	206	322	308

Den beste lineære tilpasningen var etter følgende likning

$$UV = 0.92\ KIBRT + 10.8$$

med korrelasjonskoeffisient r=0.999.

Figur B1: Sammenlikning mellom UV-metoden og KIBRT-metoden.

Den lineære sammenhengen gir følgende avvik mellom de to metodene:

UV (µg/m³)	KIBRT (µg/m³)	Relativt avvik (%)
80	75	-6,0
120	119	-1,1
160	162	1,4
200	206	2,8
240	249	3,8
280	293	4,5
320	336	5,0

I intervallet fra 100 $\mu g/m^3$ til 300 $\mu g/m^3$ er avviket mindre enn 5%. Det er dette intervallet som har størst forurensningsmessig betydning i Norge.

I denne rapporten er ozondata fra 1981 og 1982 gitt etter KIBRT-metoden, mens data for 1983 er gitt etter UV-metoden.

VEDLEGG C

Ozonmålinger fra fly 1981-83

Det er her gitt en kort beskrivelse av hvert av de ti toktene med ozonmåling fra fly, som vist i tabell 8. Det er lagt vekt på horisontale konsentrasjonsvariasjoner og sammenlikning mellom bakke- og flymålinger. Årsaken til høye konsentrasjoner er også vurdert.

C1. 13. mai 1981, kl. 1515-1620, Kjeller-Fredrikstad-Ferder-Fredrikstad-Kjeller

Et høytrykk over Nord-Finland og et lavtrykk over Tyskland dirigerte en sørøstlig luftstrøm over Sør-Norge. Trajektoriene i 850 mb-nivå viste transport fra Øst-Europa. I Oslofjord-området var det varierende skydekke, østlig vind og 15-20^{0}C.

Flygehøyden var ca. 300 m. Ozonkonsentrasjonen var 135-145 µg/m^3 uten større lokale maksima. Gjennom røykfanen fra Borregaard Fabrikker i Sarpsborg falt ozonkonsentrasjonen fra 135 µg/m^3 til 120 µg/m^3. Dette må skyldes reaksjon mellom O_3 og NO. Lokale regnbyger ved Ferder førte ikke til reduksjon av ozonkonsentrasjonen.

Følgende konsentrasjoner ble målt ved bakken kl. 1600 (timesmiddelverdier):

Maridalen	111	µg/m^3
Jeløya	101	"
Langesund	109	"

Konsentrasjonene ca. 300 m over bakken var altså 20-40 µg/m^3 høyere enn ved bakken.

Ozonforekomsten over Sør-Norge skyldtes høyst sannsynlig transport fra Øst-Europa. Konsentrasjonene var imidlertid ikke spesielt høye.

C2. 9. juli 1981, kl. 1355-1725, Kjeller-Oslofjorden-Sørlandskysten-Farsund-Sørlandskysten-Langesund-Gvarv-Kjeller

Et høytrykk over Nord-Europa flyttet seg langsomt mot nordøst. Den 9.7 lå høytrykkssentret over Finskebukta. Transporten til Sør-Skandinavia var i hovedsak fra sørvestlig kant, dvs. fra Storbritannia og Vest-Europa. I Oslofjord-området og langs Sørlandskysten var det sørlig vind, lettskyet vær og +20-25^{0}C.

Over Oslofjorden (flygehøyde 200-300 m) var konsentrasjonen 125-140 µg/m^3, høyest langs Nesodden. Konsentrasjonen økte fra 125 µg/m^3 ved Jomfruland til 175 µg/m^3 ved Arendal. Videre vestover avtok konsentrasjonen igjen og varierte mellom 140 og 165 µg/m^3, se figur C2.

Etter vending ved Farsund ble det fløyet samme strekning tilbake til Langesund. Da varierte konsentrasjonen atskillig mer, og høyeste verdi var 186 µg/m^3, som ble målt vest for Kristiansand. Det var flere markerte maksimumsoner mellom Mandal og Jomfruland som vist på figur C2. På denne strekningen varierte konsentrasjonen mellom 120 og 185 µg/m^3.

Langs Telemarksvassdraget fra Langesund til Gvarv var det små konsentrasjonsvariasjoner. Konsentrasjonen varierte mellom 120 og 140 µg/m^3, høyest ved Langesund og lavest over sørenden av Norsjø.

Fra Gvarv mot Kjeller avtok konsentrasjonen fra ca. 120 µg/m^3 til ca. 100 µg/m^3.

Figur C2: Ozonkonsentrasjon (µg/m^3) målt fra fly den 9.7.1981.

Sammenlikning mellom målinger i bakkenivå og i lufta over målestedene er vist i tabell C2. Det er viktig å merke seg at bakkemålingene er timesverdier (sentrert om hver hele time), mens flymålingene er øyeblikksverdier.

Tabell C2: Sammenlikning mellom ozonmålinger i bakkenivå og fra fly 9.7.1981.

Sted	Bakkenivå Konsentrasjon (µg/m^3)	Bakkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon (µg/m^3)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Maridalen	73	1400	130	1400	500
Jeløya	119	1400	131	1420	300
Langesund	108	1500	126	1445	300
Grimstad	85	1500	142	1510	300
"	100	1600	158	1630	300
Langesund	112	1700	140	1655	300
Haukenes	-	-	122	1700	500
Gvarv	95	1700	127	1710	300

Flymålingene viste altså konsentrasjoner ca. 10-60 $\mu g/m^3$ høyere enn ved bakken.

Ozonforekomsten denne dagen skyldtes transport på stor skala fra vestlige deler av Nord-Europa. Målingene i bakkenivå viste ikke spesielt høye verdier, mens flymålingene viste atskillig mer.

C3. 10. juli 1981, kl. 1330-1645, Fornebu-Oslofjorden-Sørlandskysten-Kristiansand-Sørlands-kysten-Langesund-Gvarv-Fornebu

Høytrykksområdet med sentrum over Finskebukta flyttet seg lite. En svak kaldfront nærmet seg Skandinavia fra vest. Vær-forholdene over Sørlandet og Østlandet var stort sett de samme som dagen før, og trajektoriene i 850 mb-nivå viste også samme hovedtransport som dagen før, dvs. fra sørvest.

Ozonmålingene fra fly viste atskillig lavere konsentrasjon enn dagen før. Høyeste konsentrasjon var 123 $\mu g/m^3$, og de horison-tale variasjonene var relativt små. Langs Telemarksvassdraget mellom Langesund og Norsjø var det enkelte mindre topper. Ozonkonsentrasjonen økte med inntil 17 $\mu g/m^3$ nordvest for industriområdene. Økningen strakte seg til søndre del av Norsjø.

Figur C3: Ozonkonsentrasjon (µg/m^3) målt fra fly den 10.7.1981.

Sammenlikning mellom bakke- og flymålinger er vist i tabell C3.

Tabell C3 Sammenlikning mellom ozonmålinger i bakkenivå og fra fly den 10.7.1981.

Sted	Bakkenivå Konsentrasjon (µg/m^3)	Bakkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon (µg/m^3)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Maridalen	65	1400	98	1340	500
Jeløya	102	1400	95	1400	200
Langesund	97	1400	102	1425	200
Grimstad	100	1500	109	1455	200
"	100	1600	109	1520	200
Langesund	97	1600	104	1555	200
Haukenes	-	-	110	1600	600
Gvarv	91	1600	95	1610	1000

C4. 18. mai 1982, kl. 1650-2115,
Kjeller-Oslofjorden-Sørlandskysten-Kjevik t/r

Et høytrykksområde over Sør-Skandinavia og Nordsjøen flyttet seg østover og ble gradvis svekket. Trajektoriene i 850 mb-nivå viste transport fra Storbritannia og Vest-Europa. Over Østlandet og Sørlandet var det delvis skyet, sørlig vind og 15-20^{0}C. Flygehøyden var 200-300 m.

Sørover langs Oslofjorden økte konsentrasjonen gradvis fra ca. 110 µg/m^3 ved Oslo til ca. 185 µg/m^3 ved Risør. Videre til Kristiansand avtok konsentrasjonen til 140-150 µg/m^3 og økte deretter til ca 170 µg/m^3.

Etter avgang fra Kjevik ble det observert et lokalt maksimum på 204 µg/m^3 sørøst for Kristiansand. Ellers varierte konsentrasjonen langs Sørlandskysten mellom 130 og 170 µg/m^3 (figur C4). Langs Oslofjorden avtok konsentrasjonen til ca. 100 µg/m^3.

Figur C4: Ozonkonsentrasjon (µg/m^3) målt fra fly den 18.5.1982.

Ozonkonsentrasjonen denne dagen skyldes sannsynligvis transport på stor skala. Men det kan ha vært bidrag fra kilder i Skandinavia, fordi det var høytrykk og land/sjøbris i de foregående dagene. Det ble bare fløyet langs kysten, og lokale variasjoner langs Telemarksvassdraget ble ikke undersøkt.

Tabell C4 viser sammenlikning mellom målinger ved bakken og fra fly. Med ett unntak var konsentrasjonen lavest ved bakken.

Tabell C4: Sammenlikning mellom ozonmålinger i bakkenivå og fra fly den 18.5.1982.

Sted	Bakkenivå Konsentrasjon ($\mu g/m^3$)	Bakkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon ($\mu g/m^3$)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Maridalen	63	1700	104	1700	500
Jeløya	75	1700	115	1720	200
Langesund	133	1800	164	1750	300
Grimstad	138	1800	145	1820	300
"	132	2000	127	1955	300
Langesund	118	2000	160	2025	300
Jeløya	76	2100	89	2055	300

C5 <u>31. mai 1982, kl. 1520-1950,</u>
<u>Kjeller-Oslofjorden-Sørlandskysten-Kjevik t/r</u>

Et høytrykk over Nord-Europa flyttet seg langsomt mot øst. Den 31.5 lå høytrykkssentret over Østersjøen. Trajektoriene i 850 mb-nivå viste transport fra sørvestlig kant, dvs. fra Storbritannia og Vest-Europa. I Sør-Norge var det lettskyet, pent vær, land/sjøbris og maksimumstemperaturer på 20-25^{0}C. Flygehøyden var 200-300 m.

Sørover langs Oslofjorden varierte konsentrasjonen i intervallet 130-160 $\mu g/m^3$. I området Tjøme-Vasser var maksimumskonsentrasjonen på 164 $\mu g/m^3$. Videre sørover avtok konsentrasjonen til ca. 90 $\mu g/m^3$ som ble målt i nærheten av Grimstad. Deretter økte konsentrasjonen til ca. 125 $\mu g/m^3$ ved Kristiansand. På strekningen tilbake var hovedtendensen den samme, men høyeste konsentrasjoner var nå ca. 140 $\mu g/m^3$ som ble målt mellom Grimstad og Kristiansand og innerst i

Oslofjorden. Også nå var det et lite lokalt maksimum ved Vasser-Tjøme, se figur C5.

Som ved tidligere flyginger var det lavere konsentrasjoner ved bakken enn det som ble målt fra fly, jfr. tabell C5.

Tabell C5: Sammenlikning mellom ozonmålinger i bakkenivå og fra fly den 31.5.1982.

Sted	Bakkenivå Konsentrasjon ($\mu g/m^3$)	Bakkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon ($\mu g/m^3$)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Jeløya	120	1600	142	1540	300
Langesund	105	1600	127	1610	300
Grimstad	-	-	100	1645	300
"	-	-	127	1830	300
Langesund	109	1900	113	1900	300
Jeløya	106	1900	124	1925	300
Maridalen	101	2000	138	1940	500

Figur C5: Ozonkonsentrasjon ($\mu g/m^3$) målt fra fly den 31.5.1982.

Ozonkonsentrasjonene denne dagen har sannsynligvis vært et resultat av transport fra kontinentet kombinert med dannelse i Sør-Skandinavia. Dette var begynnelsen til en større ozon-episode som varte fram til 5. juni, se nedenfor.

C6. 3. juni 1982, kl. 1450-2210, Kjeller-Fornebu-Oslofjorden-Sveriges vestkyst til sør for Göteborg t/r

Høytrykket over Nordøst-Europa og Sør-Skandinavia flyttet seg lite. Trajektoriene viste transport fra sør. I Sør-Norge fortsatte det pene, varme været med maksimumstemperaturer på 25-30^{0}C. Langs kysten var det land/sjøbris.

Ozonkonsentrasjonen målt fra fly var gjennomgående høy. Sørover langs Oslofjorden økte konsentrasjonen fra ca. 220 µg/m^3 til ca. 250 µg/m^3. Flygehøyden var ca. 300 m. Videre sørover langs svenskekysten holdt konsentrasjonen seg på ca. 240-260 µg/m^3 (figur C6). Ca. 30 km sør for Göteborg ble det målt 290 µg/m^3.

Etter avgang fra Säve lufthavn ved Göteborg ca. kl. 2000 varierte konsentrasjonen mye nordover langs svenskekysten. Innenfor begrensede områder kunne konsentrasjonen variere med 50-90 µg/m^3, som vist i figur C6.

Fra Strømstad og nordover var nivået mer stabilt på ca. 240 µg/m^3 hvoretter det avtok gradvis nordover Oslofjorden. Også ved Fredrikstad-Hankø var det imidlertid variasjoner på 30-50 µg/m^3.

Denne dagen var det svært store forskjeller mellom målinger i bakkenivå og fra fly, som vist i tabell C6. I tabellen er også tatt med data fra det svenske målestedet Rörvik, ca. 40 km sør for Göteborg. Her var forskjellen noe mindre.

Figur C6a: Flyrute den 3.6.1982.

Figur C6b: Ozonkonsentrasjon (µg/m^3) målt fra fly den 3.6.1982.

Tabell C6: Sammenlikning mellom ozonmålinger i bakkenivå og fra fly den 3.6.1982.

Sted	Bakkkenivå Konsentrasjon ($\mu g/m^3$)	Bakkkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon ($\mu g/m^3$)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Maridalen	167	1500	225	1455	500
Jeløya	98	1600	226	1630	300
Rörvik, Sverige	199	1800	265	1810	300
Jeløya	84	2100	225	2120	300
Maridalen	58	2200	207	2200	600

Ozondannelsen denne dagen skyldes transport på stor skala, kombinert med dannelse fra utslipp i Sør-Skandinavia. Målestedene Langesund og Maridalen hadde sine høyeste konsentrasjoner sommeren 1982 på denne dagen.

C7. 4. juni 1982, kl. 1230-1745, Fornebu-Oslofjorden-Larvik-Porsgrunn-Gvarv-Notodden-Kongsberg-Hokksund-Jevnaker-Dokka-Lillehammer-Minnesund-Fornebu

Høytrykksområdet over Sør-Skandinavia og Østersjøen flyttet seg lite. Trajektoriene viste i hovedsak transport fra sørlig kant, slik som dagen før. Over Østlandet og Sørlandet var også været omtrent det samme som dagen før, men det var atskillig mer disig.

Det ble ikke fløyet langs kysten av Telemark og Agder fordi den horisontale sikten var for dårlig. Flygehøyden var 200-400 m over Oslofjorden og 500-1000 m over land.

Sørover langs Oslofjorden var ozonkonsentrasjonen 180-200 $\mu g/m^3$. Fra Tjøme til Langangen økte konsentrasjonen, og maksimalverdi på 290 $\mu g/m^3$ ble målt ved Langangen. Forbi Porsgrunn til Gvarv avtok konsentrasjonen igjen til ca. 190 $\mu g/m^3$ (figur C7).

Figur C7: Flyrute og ozonkonsentrasjon (µg/m^3) målt fra fly den 4.6.1982.

Videre langs flyruta nordover Østlandet avtok konsentrasjonen ganske svakt. Over Hokksund var konsentrasjonen 175 $\mu g/m^3$, over Jevnaker, Dokka og Lillehammer 150 $\mu g/m^3$. Sørover forbi langs Mjøsa var det små endringer. Nærmere Oslo-området økte konsentrasjonen igjen til over 200 $\mu g/m^3$.

Sammenlikning mellom bakke- og flymålinger er vist i tabell C7. Konsentrasjonen var lavest ved bakken bortsett fra Haukenes der de to konsentrasjonene var svært like.

Tabell C7: Sammenlikning mellom ozonmålinger i bakkenivå og fra fly den 4.6.1982.

Sted	Bakkenivå Konsentrasjon ($\mu g/m^3$)	Bakkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon ($\mu g/m^3$)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Maridalen	123	1300	186	1240	500
Jeløya	160	1300	189	1305	300
Haukenes	198	1500	200	1515	600
Maridalen	130	1700	167	1730	500

Årsaken til de høye ozonkonsentrasjonene var den samme som dagen før, dvs. en kombinasjon av transport fra kontinentet og dannelse fra utslipp i Sør-Skandinavia.

Konsentrasjonen var lavere over de indre deler av Østlandet enn langs kysten, og dette var i samsvar med tidligere flymålinger (1).

C8. 5. august 1982, kl. 1115-1500, Kjeller-Oslofjorden-Langesund-Gvarv-Risør-Skagerrak-Sveriges vestkyst-Strømstad-Askim-Skarnes-Kjeller

Et større høytrykksområde med sentrum over Norskehavet flyttet seg langsomt mot øst. Et lavtrykk over Nord-Frankrike flyttet seg langsomt mot nordøst.

Trajektoriene i 850 mb-nivå viste i hovedsak transport innen Skandinavia og fra Østersjø-området.

På Østlandet og Sørlandet var det klart vær og svært varmt, med maksimumstemperaturer inntil 35^{0}C i det indre av Østlandet. Den samme værtypen varte fra 31.7 til 8.8.

Sørover langs Oslofjorden var ozonkonsentrasjonen 150-170 µg/m^3 i ca. 200 m høyde. Det var et lokalt maksimum på 175 µg/m^3 i nærheten av Tønsberg. Langs Telemarksvassdraget fra Langesund til Gvarv var det en økning nordvest for Skien. Den høyeste konsentrasjonen var 11 µg/m^3 høyere enn ved Langesund. Ved Gvarv var konsentrasjonen lavere enn ved Langesund (figur C8).

Ved Jomfruland og i Skagerrak mellom Risør og svenskekysten ble det målt 182 µg/m^3, som var høyeste målte verdi den dagen. Nordover gjennom Østfold og Akershus varierte konsentrasjonen mellom 130 og 170 µg/m^3.

Denne dagen var det liten grad av ozontransport på stor skala, og de viktigste utslippsområdene har vært innen Skandinavia. Ozonkonsentrasjonen var relativt høy, men likevel atskillig lavere enn i begynnelsen av juni 1982 da det var liknende lokale værforhold. Den viktigste forskjellen mellom de to episodene var forekomsten av langtransport i begynnelsen av juni.

Figur C8: Ozonkonsentrasjon (µg/m^3) målt fra fly den 5.8.1982.

Tabell C8: Sammenlikning mellom ozonmålinger i bakkenivå og fra fly den 5.8.1982.

Sted	Bakkenivå Konsentrasjon (µg/m^3)	Bakkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon (µg/m^3)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Maridalen	82	1100	142	1120	500
Jeløya	-	-	160	1140	200
Langesund	127	1200	160	1205	200
Haukenes	126	1200	167	1215	400
Langesund	130	1300	163	1255	200

C9. 7. august 1982, kl. 1240-1950, Kjeller-Oslofjorden-Langesund-Gvarv-Jomfruland-Sørlandskysten-Kjevik-Sørlandskysten-Oslofjorden-Holmestrand-Hokksund-Hønefoss-Brandbu-Minnesund-Kjeller

Høytrykket over Skandinavia flyttet seg videre østover og hadde sentrum sør for Kvitsjøen den 7.8. Trajektoriene viste transport fra sørøstlig kant, dvs. fra nordlige deler av Øst-Europa. Det varme været i Sør-Norge fortsatte, men det var blitt noe mer disig.

Langs Oslofjorden varierte ozonkonsentrasjonen mellom 130 og 160 $\mu g/m^3$. Konsentrasjonen økte langs Telemarksvassdraget fra Langesund til Norsjø og avtok deretter til Gvarv (figur C9).

Fra Jomfruland til Arendal økte konsentrasjonen fra 160 til 210 $\mu g/m^3$. Videre til Kjevik avtok konsentrasjonen igjen til ca. 190 $\mu g/m^3$.

Nordøstover langs Sørlandskysten varierte konsentrasjonen mellom 180 og 220 $\mu g/m^3$. De høyeste konsentrasjonene ble nå målt ved Vasser (229 $\mu g/m^3$). Konsentrasjonen avtok fra Vasser til Holmestrand og videre til Hokksund (figur C9). I det indre av Østlandet var konsentrasjonen mellom 120 og 150 $\mu g/m^3$, dvs. lavere enn langs kysten.

Figur C9: Ozonkonsentrasjon (µg/m^3) målt fra fly den 7.8.1982.

Fra Minnesund til Kjeller økte konsentrasjonen igjen fra 130 til 170 µg/m^3.

Tabell C9: Sammenlikning mellom målinger av ozon i bakkenivå og fra fly den 7.8.1982.

Sted	Bakkenivå Konsentrasjon (µg/m^3)	Bakkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon (µg/m^3)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Maridalen	103	1300	140	1245	500
Jeløya	-	-	158	1310	200
Langesund	133	1400	138	1340	200
Haukenes	149	1400	147	1345	400
Grimstad	138	1500	193	1500	200
"	140	1700	189	1725	200
Langesund	155	1800	215	1755	200

Økningen av ozonkonsentrasjonen fra 5.8 til 7.8 skyldes antakelig økende innslag av langtransport. Høytrykket flyttet seg mot øst og luftmassene kom i økende frad fra det europeiske kontinent. Økende dis tyder også på økende grad av langtransport.

C10. 22.-23. august 1983, kl. 1615-1910, Gardermoen-Oslofjorden-Sørlandskysten-Kristiansand-Skagerrak-Thisted-Ålborg. Ålborg-Århus-Lillebelt-Fyn-Langeland-Sjælland-Malmö-Sveriges vestkyst-Oslofjorden-Gardermoen

Et høytrykksområde med sentrum over Sør-Sverige og Østersjøen flyttet seg langsomt mot øst. Trajektoriene viste transport i høyden fra sørøstlig kant. I Sør-Skandinavia var det delvis skyet og noe disig med maksimumstemperaturer på ca. 20^0C.

Over Oslofjorden var ozonkonsentrasjonen 70-90 µg/m^3. Den var svakt økende langs Sørlandskysten og over Skagerrak med maksimal konsentrasjon på 135 µg/m^3. Over de nordlige delene av Jylland var det 120-130 µg/m^3. Neste dag var det store variasjoner (70-130 µg/m^3) i lé av varmekraftverk mellom Ålborg og Kattegat og deretter 60-80 µg/m^3 sørover til Århus. Videre mot sør og øst var konsentrasjonen noe økende, til 100-130 µg/m^3. Lengre øst var konsentrasjonen noe variabel, men økende, og 162 µg/m^3 ble målt sør for København. Over sørvestlige deler av Sverige avtok konsentrasjonen til 100-120 µg/m^3. Nordover langs vestkysten av Sverige var konsentrasjonen 90-125 µg/m^3. Langs Oslofjorden avtok konsentrasjonen til 80-100 µg/m^3.

Tabell C10: Sammenlikning mellom ozonmålinger i bakkenivå og fra fly 22.-23.8.1983.

Sted	Bakkenivå Konsentrasjon (µg/m^3)	Bakkenivå Kl.	Fra fly Konsentrasjon (µg/m^3)	Fra fly Kl.	Flyge-høyde (m)
Maridalen	70	1600	82	1625	500
Jeløya	83	1700	78	1650	300
Langesund	88	1700	82	1725	300
Grimstad	79	1800	102	1755	300
Jeløya	79	2100	94	2045	300

NILU

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
ELVEGT. 52.
TLF. (02) 71 41 70

RAPPORTTYPE	RAPPORT NR.	ISBN--82-7247-503-0
OPPDRAGSRAPPORT	OR 34/84	
DATO	ANSV.SIGN.	ANT. SIDER
AUGUST 1984	O.F.Skogvold	59

TITTEL	PROSJEKTLEDER
Målinger av ozon, Østlandet - Telemark - Sørlandet, 1981-1983.	J. Schjoldager
	NILU PROSJEKT NR. O-8212, O-8306
FORFATTER(E)	TILGJENGELIGHET**
J. Schjoldager, R. Dreiem, B.M. Wathne T. Johannessen, L. Stige, B. Tveita	A
	OPPDRAGSGIVERS REF.

OPPDRAGSGIVER

Statens forurensningstilsyn

3 STIKKORD (á maks. 20 anslag)		
Ozon	Østlandet	Sørlandet

REFERAT (maks. 300 anslag, 5-10 linjer)

Målinger av ozon har foregått to steder i Oslofjord-området, fire steder i nedre Telemark og to steder i Aust-Agder. På alle stedene er det hvert år målt timesverdier over WHOs grenseverdi på 120 µg/m³. På to målesteder i 1981 og ett målested i 1983 er det målt timesverdier over 200 µg/m³. De fleste høye konsentrasjoner er målt i samband med transport av forurensede luftmasser fra Storbritannia og det europeiske kontinent, men bidrag fra norske utslippskilder har antakelig vært medvirkende.

TITLE Measurement of ozone in southern Norway 1981-1983.

ABSTRACT (max. 300 characters, 5-10 lines.

Ozon measurement were carried out at eight sites during the summers of 1981-1983. At three sites ambient hourly concentrations exceeded 200 µg/m³. The high ozone concentrations were measured in connection with long range transport of air pollutants, but probably also with contribution from Norwegian precursor sources. Ozone measurements by aircraft showed considerable horizontal concentration variations during some episodes with transport of pollutants from central Europe and Great Britain.

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