



Statlig program for forurensingsovervåking

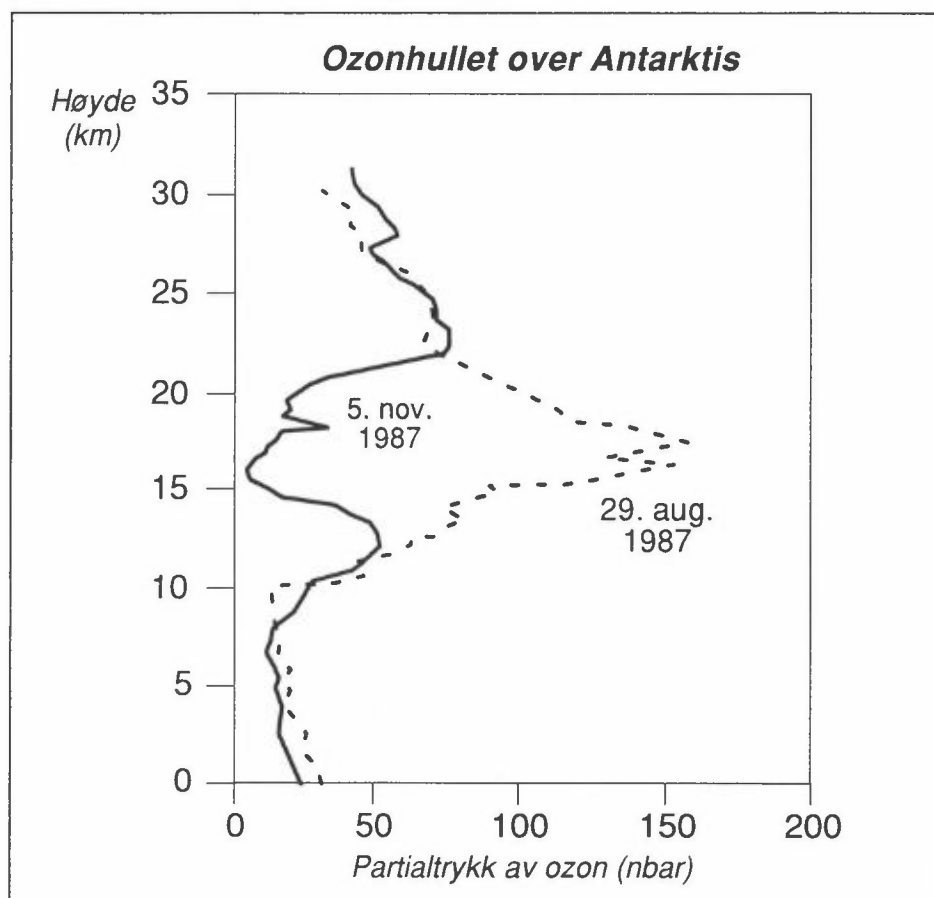
Rapport nr.: 494/92

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

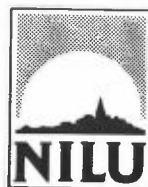
Deltakende institusjon: NILU

Overvåking av ozonlaget

Et norsk og et globalt perspektiv



TA - 856/1992



Norsk institutt for luftforskning

NILU OR : 53/92
REFERANSE: O-8985
DATO : JULI 1992
ISBN : 82-425-0392-3

OVERVÅKING AV OZONLAGET
ET NORSK OG ET GLOBALT PERSPEKTIV

F. Stordal, G.O. Braathen og A. Dahlback

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM
NORGE

INNHOLD

	Side
SAMMENDRAG	2
1 INNLEDNING	4
2 OZONHULLET I ANTARKTIS	5
3 OZONMÅLINGER PÅ DEN NORDLIGE HALVKULE	7
4 OZONTREND OVER OSLO	9
5 KLOR OG BROM I ATMOSFÆREN	12
6 RESULTATER FRA MÅLINGER I ARKTIS VINTEREN 1991/1992 .	14
7 OZONOVERVÅKING	16
8 REFERANSER	17

SAMMENDRAG

Bakke-baserte målinger over Oslo viser en nedgang i totalozon om vinteren. Dette er klart etter at dataene nå er analysert på nytt. Nedgangen har vært på omkring 3 % pr. tiår siden 1979. Målinger over Oslo foretatt med et satellitt-instrument viser en nedgang på omkring 6 % pr. tiår. Dette avviket mellom bakke- og satellitt-baserte målinger er ikke vesentlig større enn det som er tilfelle en del andre steder i Europa.

Høye konsentrasjoner av klormonoksid ClO , en gass som bryter ned ozon svært effektivt, har vært observert over Europa vinteren 1991/92. Denne gassen, hvis klorinnhold vesentlig stammer fra utslipp av klorfluorkarboner (KFK), ble dannet i forbindelse med skyer i stratosfæren i den kalde polarnatten og i forbindelse med utbruddet fra vulkanen Pinatubo på Filippinene i juni 1991. Dette kunne, hvis været hadde utviklet seg annerledes enn det gjorde våren 1992, ha ført til omfattende nedbrytning av ozon. I 1990-årene kan det altså ventes stor ozonnedbrytning på vårparten dersom værforholdene ligger til rette for det.

Satellittmålinger, som har vært foretatt siden 1979, viser at ozonlaget er svekket over store deler av den nordlige halvkule. Svekkingen skyldes sannsynligvis økningen i atmosfærens innhold av klor og brom, som i det alt vesentlige stammer fra industrielle utslipp av KFK og haloner.

Alvorligere er situasjonen over Antarktis, der det såkalte "ozonhullet" har utviklet seg som en følge av økningen av klor og brom i stratosfæren. Ozonmengden er redusert med mer enn 50 % på vårparten over store deler av det antarktiske kontinentet.

Til tross for internasjonale avtaler som regulerer utslippene av KFK og haloner, vil klor- og brom-mengden i stratosfæren øke i flere år. Klormengden vil antakelig nå et maksimumsnivå mot slutten av 1990-årene. Den økende mengden av klor og brom i

atmosfæren gir grunn til å vente en fortsatt nedgang i ozon, både på den nordlige og sydlige halvkule.

Svekkingen av stratosfærens ozonlag er et alvorlig globalt luftforurensningsproblem. Globale overvåkingsdata har spilt en viktig rolle i kartleggingen av problemet. Fordi den negative utviklingen trolig vil fortsette utover i 1990-årene, er fortsatt overvåking av ozonlaget nødvendig. NILU har, på oppdrag fra SFT, ansvaret for å koordinere ozonlagsovervåkingen i Norge.

OVERVÅKING AV OZONLAGET ET NORSK OG ET GLOBALT PERSPEKTIV

1 INNLEDNING

Reduksjoner i stratosfærens ozonlag har vakt bekymring de siste årene. En svekking av ozonlaget fører til økning i ultrafiolett (UV) stråling, noe som kan skade mennesker, planter og dyr.

Denne rapporten beskriver utviklingen av ozonlaget, slik den er observert med instrumenter fra bakken og fra en satellitt (WMO/UNEP, 1992). Utviklingen er beskrevet for Antarktis, der situasjonen er mest prekær, for den nordlige halvkule som helhet og for Europa og Norge spesielt.

Det har vært en viss diskusjon om ozonmålingene i Oslo, fordi det tidligere har sett ut som om det har vært en stor uoverensstemmelse mellom data observert med bakke- og satellitt-instrumenter. Dette problemet, som diskuteres i denne rapporten, ansees nå i hovedsak å være løst.

For å kartlegge og forklare endringene i ozonlaget på vår halvkule ble en europeisk og en amerikansk målekampanje gjennomført i nordområdene vinteren 1991/92. Enkelte konklusjoner kan trekkes allerede nå, men er rekke viktige måledata fra disse kampanjene er ennå ikke ferdig analysert.

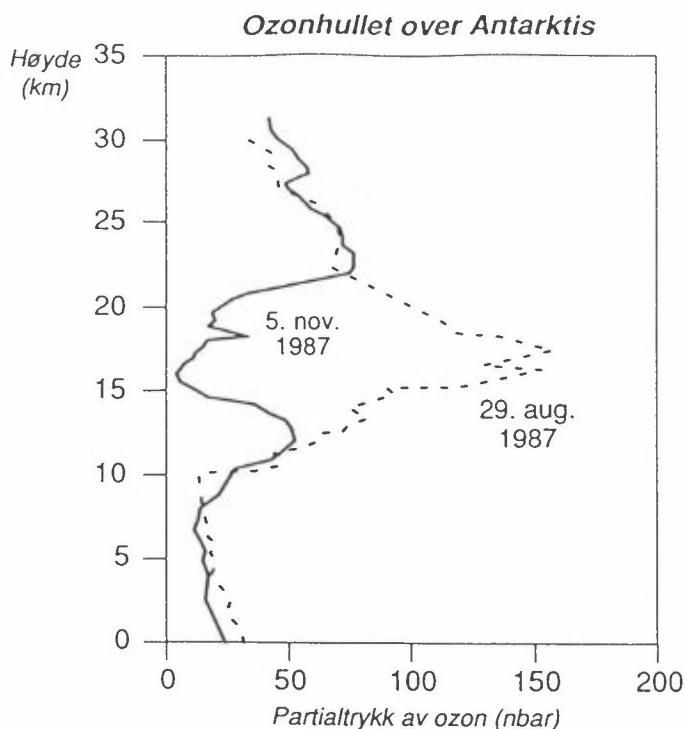
Klor og brom, fra menneskelige utslipp, viser seg å spille en viktig rolle for svekkingen av ozonlaget. Kildene til stratosfærisk klor og brom blir beskrevet i rapporten. Den fremtidige utviklingen for disse stoffene blir også diskutert, i lys av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslippene.

2 OZONHULLET I ANTARKTIS

Den mest markerte svekkingen av ozonlaget finner sted over Antarktis, der det såkalte "ozonhullet" har utviklet seg som en følge av økningen av klor og brom i stratosfæren. Ozonmengden er redusert med mer enn 50 % på vårparten over store deler av det antarktiske kontinentet. Det har ført til større doser av UV-stråling, noe som kan skade en rekke organismer. I Antarktis er man særlig bekymret for plankton i havet som omgir ismassene. Nye forskningsresultater (Smith et al., 1992) viser en reduksjon i primær-produksjonen i havet. Hvilke konsekvenser dette får for den økologiske balansen i denne issonen er ennå ikke kjent.

Ozonhullet dukker opp hvert år i oktober måned, altså når det er vår på den sydlige halvkule. De første årene var det mest utpreget annet hvert år pga. et meteorologisk fenomen som fører til variasjoner i transporten av ozon og varme fra ekvatoriale strøk til Antarktis. Situasjonen er stadig blitt forverret, og ozonhullet har vært av stort omfang i fire av de fem siste år. På det verste er reduksjonen i totalozon (den totale mengden av ozon i en vertikal søyle fra bakken og gjennom hele atmosfæren) på ca. 50%. I et høydeintervall fra 15-20 km er det store deler av våren praktisk talt ikke noe ozon over mesteparten av Antarktis. Dette har vært observert i en rekke ozonsonde-eksperimenter (Figur 1).

Ozonhullet i Antarktis ble første gang rapportert i 1985 av britiske forskere som registrerte unormalt lave mengder av ozon vha. målinger med et Dobson-spektrofotometer. Nøyere analyse av satellittmålinger utført med instrumentet TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer), som er ombord i Nimbus 7, bekreftet disse målingene og viste at betydelig ozonreduksjon hadde funnet sted siden slutten av 70-årene over hele det antarktiske kontinentet.



Figur 1: Ozonmengden (partialtrykk, nbar) målt med ozonsonder over McMurdo i Antarktis, fra bakken til ca. 30 km høyde. Figuren viser at en stor del av ozonlaget ble brutt ned fra vinteren (29. august) til våren (5. november).

Oppdagelsen av ozonhullet kom som en overraskelse på forskerne. Riktignok ble det allerede tidlig i 1970-årene fremsatt teorier om at klorfluorkarboneer kunne bryte ned ozonlaget, men på langt nær i et slikt omfang som man ser i Antarktis i oktober måned. Man kunne tenke seg både meteorologiske og kjemiske forklaringer på fenomenet. Målinger utført fra bakken, fra ballonger og fra fly som bl.a. kan fly opp til 18 km høyde og foreta målinger der ozon er sterkest uttynnet, har vist med stor grad av sikkerhet at det er en nøye sammenheng mellom høye konsentrasjoner av klormonoksid og lav konsentrasjon av ozon. Basert på felt-data og laboratorie-eksperimenter der man simulerer forholdene i stratosfæren, kan man nå med stor grad av sikkerhet slå fast at det er klor- og brom-holdige forbindelser som er ansvarlige for nedbrytningen av ozon over Antarktis.

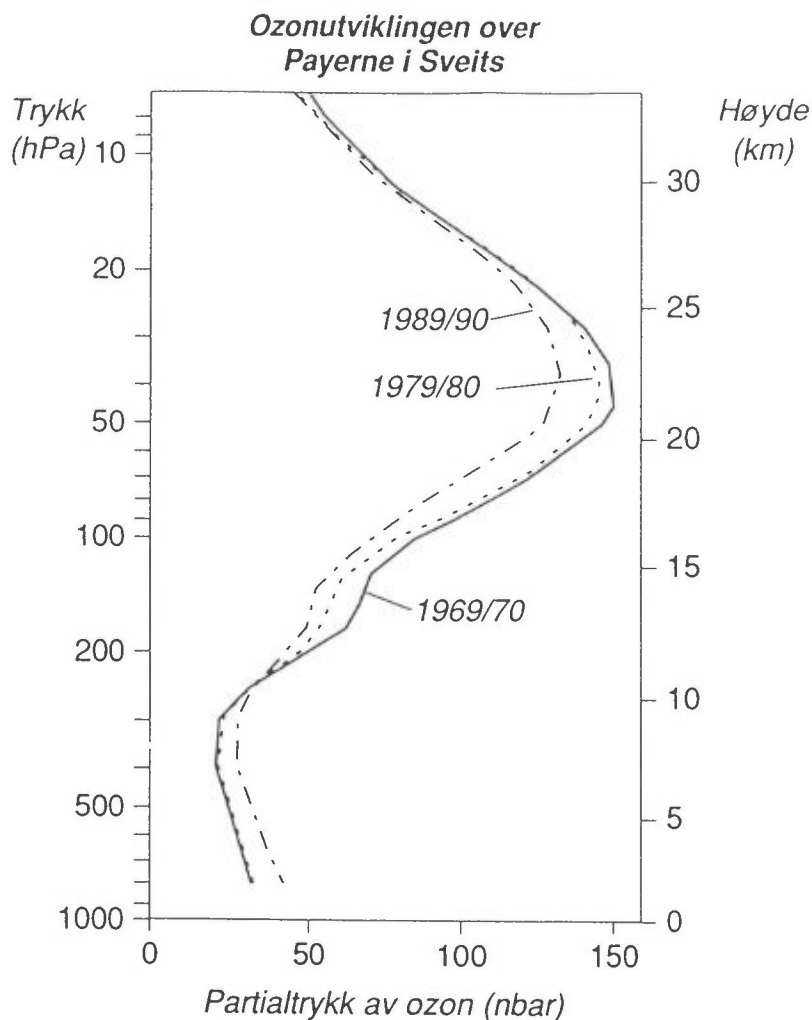
Årsaken til at ozon brytes ned i så stort omfang nettopp i Antarktis har sammenheng med at det foregår kjemiske reaksjoner i de såkalte polare stratosfæriske skyer. Selv om man i grove trekk kjenner mekanismene som får klor og brom til å bryte ned ozon, gjenstår det imidlertid fortsatt mye forskning før man har tilstrekkelig kunnskap om alle de prosesser som inngår.

3 OZONMÅLINGER PÅ DEN NORDLIGE HALVKULE

Satellittmålinger (TOMS), som har vært foretatt siden 1979, viser at ozonlaget er svekket over store deler av den nordlige halvkule. Svekkingen skyldes sannsynligvis økningen i atmosfærens innhold av klor og brom, som i det alt vesentlige stammer fra industrielle utslipp av KFK og haloner. Målingene viser at det på den nordlige halvkule på europeiske breddegrader har vært en nedgang i totalozon på 5-6% pr. tiår i vintermånedene i tidsrommet 1979-1991 (WMO/UNEP 1992; Tabell 1). Også i sommermånedene er det nå påvist en nedgang, som er på ca. 3% pr. tiår. I analysen som ligger til grunn for disse tallene har man fjernet bidraget fra kjente naturlige svingninger, bl.a. årstidsvariasjon og solflekksyklus. Det gir en større statistisk sikkerhet i resultatene. Ozonnedgangen bekreftes av bakke-målinger av total-ozon og av tyske og sveitsiske målinger utført med ozonsonder, som viser at konsentrasjonen av ozon i 20 km høyde er gått ned med ca. 0.5% pr. år fra slutten av 60-tallet og frem til idag (Figur 2).

Tabell 1: Trender i totalozon (%/tiår med 95% konfidensintervall).

Sesong	TOMS: 1979-91			Bakke-basert: 26°N-65°N	
	45°S	Ekvator	45°N	1979-1991	1970-1991
Des-Mar	-5,2±1,5	+0,3±4,5	-5,6±3,5	-4,7±0,9	-2,7±0,7
Mai-Aug	-6,2±3,0	+0,1±5,2	-2,9±2,1	-3,3±1,2	-1,3±0,4
Sep-Nov	-4,4±3,2	+0,3±5,0	-1,7±1,9	-1,2±1,6	-1,2±0,6



Figur 2: Ozonmengden (partialtrykk, nbar) målt med ozonsonder over Payerne i Sveits fra bakken til ca. 30 km høyde. Figuren viser at gjennomsnittsmengden har gått ned i stratosfæren fra 1970 til 1990.

Årsaken til ozonnedgangen på den nordlige halvkule kan være nedbrytning pga. klor og brom som kommer fra klorfluorkarboner og haloner. Dette er ett av de spørsmål forskerne internasjonalt i dag er opptatt av å finne et sikrere svar på. Fordi det er en stor naturlig variasjon i ozonlaget, bl.a. på våre bredder, på grunn av variasjoner i transporten som styres av været, kan det ikke helt utelukkes at de observerte ozonreduksjonene skyldes naturlige svingninger. Nyere forskningsresultater (WMO/UNEP, 1992, Browell et al., 1990, Kyrö et al., 1992)

har imidlertid styrket antakelsen om at også nedgangen på den nordlige halvkule skyldes klor og brom.

4 OZONTREND OVER OSLO

De bakke-baserte Dobson-målingene over Oslo viser en nedgang i ozonmengden om vinteren. Dette er klart etter at dataene nå er analysert på nytt. Nedgangen har vært på omkring 2.7 % pr. tiår siden 1979 (Tabell 2). Målinger over Oslo foretatt med et satellitt-instrument (TOMS) viser en nedgang på 6.5 % pr. tiår. Dette avviket mellom bakke- og satellitt-baserte målinger skiller seg ikke vesentlig fra det som er tilfelle en del andre steder i Europa. I sommerhalvåret viser Dobson-målingene en meget svak oppgang, mens TOMS viser en svak nedgang.

Tabell 2: Endring i ozonmengde i prosent pr. år for perioden 1.1.1979 til 31.12.1991. Tallene i parentes angir usikkerheten (standardavviket).

	Oslo	
	Dobson	TOMS
des-mar	-0,27 (0,23)	-0,65 (0,29)
mai-aug	0,05 (0,16)	-0,33 (0,15)
hele året	-0,15 (0,10)	-0,52 (0,12)

Det har tidligere vært oppgitt større uoverensstemmelser mellom Dobson- og TOMS-målingene for Oslo. Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo og NILU har samarbeidet om å gå gjennom Dobson-dataene på nytt (Dahlback et al., 1992).

Vi vil forsøke å forklare årsaken til at det tidligere har sett ut til ikke å være noen nedgang i totalozon over Oslo.

Før måleserien ble påbegynt i 1978 var Dobson-instrumentet til overhaling og kalibrering i Boulder, Colorado i 1977. Her ble

instrumentet reparert og kalibrert mot primærstandarden for Dobson-nettverket. Vi må derfor anta at instrumentet målte riktig i 1978.

Ozonverdiene som måles blir rapportert til WMOs database i Toronto, noe som rutinemessig gjøres annenhver måned. Kalibreringstabellen fra 1977 ble brukt frem til sommeren 1986, da instrumentet deltok i en kalibrering i Arosa i Sveits. Det ble da utarbeidet nye kalibreringstabeller. Disse ble tatt i bruk fra august 1986. Tidligere data (dvs. 1977-1986), slik de var blitt rapportert til WMO, ble ikke korrigert. Man kan imidlertid tenke seg at instrumentet har forandret seg langsomt fra 1977 til 1986. Det er denne antakelsen som er gjort i den analysen som nå er utført i et samarbeid mellom Fysisk institutt og NILU. Vi har altså innført en lineær endring i kalibreringstabellen fra 1977 til 1986, og vi har holdt kalibreringen fra 1986 fast fram til i dag. Ozonutviklingen får dermed et noe annerledes forløp, og en statistisk analyse av materialet viser altså en signifikant nedgang i totalozon over Oslo i vintermånedene. Antakelsen om lineær endring fra 1977 til 1986 og ingen endring etter 1986 er bare én mulig antakelse for instrumentets utvikling. En annen mulighet ville være å anta at instrumentet har en fortsatt lineær drift også etter 1986. Dette er mer inngående diskutert i en annen rapport (Dahlback et al., 1992).

Analysen av Oslo-målingene er ikke slutført, og det vil bli arbeidet videre med dataene i månedene som kommer. Vi tenker oss å utvikle en statistisk modell som kan utelukke effekten av langtidssvingninger som f.eks. variasjon i antall solflekker. Dette vil kunne øke sikkerheten i analysene. Vi tenker også å se på alternative endringer i instrumentets kalibrering. Detaljer i den data-analysen som er utført så langt finnes i en annen rapport (Dahlback et al., 1992).

Analyser av ozontrender observert med Dobson- og TOMS-instrumentene (Stolarski et al., 1992) viser at det også andre

steder, bl.a. i Europa, er visse forskjeller mellom de to teknikkene. Etter justeringene av Oslo-dataene skiller disse seg ikke lenger fra mange andre europeiske stasjoner når det gjelder avvik fra TOMS-baserte trendanalyser. For Europa har det samlet vært en nedgang på 3.8 % (Dobson) og 5.1 (TOMS) % pr. tiår om vinteren i perioden november 1978 - mars 1991. Tilsvarende reduksjoner for sommeren er 4.0 og 4.3 % pr. tiår. Tallene er klart signifikante, og det er således ingen tvil om at ozonlaget er svekket også i våre områder.

Årsaken til avviket mellom Dobson og TOMS skyldes antakelig i hovedsak det faktum at TOMS er ufølsom for variasjoner i mengden av ozon i troposfæren (Heese et al., 1992). I tidsrommet 1978-1991 har mengden av troposfæreozon vært økende, mens man for TOMS antar en konstant ozonmengde i troposfæren. Dette fører til at bakkeinstrumenter (som altså er følsomme for ozon både i troposfæren og stratosfæren) registrerer en noe mindre nedgang enn TOMS. Sagt på en annen måte, kan vi si at nedgangen i stratosfæreozon er blitt delvis maskert av en oppgang i troposfæreozon. Økningen i troposfæren skyldes utslipp av NO_x og hydrokarboner i forbindelse med forbrenning av fossilt brensel (f.eks. biltrafikk). Dette er også en uønsket utvikling da ozon er en giftig gass som vil kunne forårsake skade på mennesker, dyr og planter.

Satellittmålingene med TOMS-instrumentet har vært av stor betydning for bestemmelse av endringer i ozonlaget, særlig fordi disse dataene dekker hele jorden med ganske god romlig oppløsning. Bakkeinstrumentene, særlig Dobson-spektrometrene, er også av vital betydning i overvåkingen. Begge instrumentene har sine sterke og svake sider. Uavhengige målinger med disse to teknikkene øker sikkerheten i trendanalysene. Det viser seg at det er betydelige geografiske variasjoner i forskjellene mellom TOMS- og Dobson-målingene. Det er derfor nødvendig med bakkeinstrumenter plassert på ulike steder.

Ozonreduksjonene som ble beskrevet i foregående seksjon (Tabell 1) gjaldt sonale midler, dvs. midler i ulike breddegradsbånd.

På den nordlige halvkule er det imidlertid tildels store lokale variasjoner ved ulike lengdegrader i de observerte trendene. TOMS-instrumentet viser en klar reduksjon i ozontykkelsen over Oslo. Reduksjonen er mest markert om vinteren (6.5 % pr. tiår), men signifikant også om sommeren (3.3 % pr. tiår) dersom lang-siktige (ikke bare årlige) naturlige variasjoner i ozonlaget (solsyklus) ikke tas hensyn til i analysen (Dahlback et al., 1992). Trenden blir jevnere over hele året når naturlige variasjoner tas hensyn til (Stolarski et al., 1992), omkring -5 % pr. tiår både vinter og sommer.

5 KLOR OG BROM I ATMOSFÆREN

Til tross for internasjonale avtaler som regulerer utslippene av KFK og haloner vil klor- og brom-mengden i stratosfæren øke i flere år. Klormengden vil antakelig nå et maksimumsnivå mot slutten av 1990-årene. Den økende mengden av klor og brom i atmosfæren gir grunn til å vente en fortsatt nedgang i ozon, både på den nordlige og sydlige halvkule.

Den samlede konsentrasjonen av klorholdige forbindelser i stratosfæren (den delen av atmosfæren som strekker seg fra ca. 10 til ca. 50 km, og som bl.a. inneholder ozonlaget) har økt fra ca. 0.6 ppb (milliardtedeler) i 1960 til 3.5 ppb i dag. Det aller meste av det klor som fantes i stratosfæren i 1960 skyldtes naturlige kilder, bl.a. alger som slipper ut metylklorid, CH_3Cl . Økningen som har funnet sted fra 1960 og fram til i dag skyldes i det alt vesentlige menneskelige utslipp av klorfluorkarboner og andre halokarboner. Alle disse stoffene er kjemisk sett lite reaktive, og de må blandes opp i stratosfæren for å brytes ned. Omkring 80% av det klor som i dag finnes i stratosfæren er altså menneskeskapt.

Vulkanutbrudd kan også tilføre stratosfæren noe klor, men dette bidraget er lite. Det er anslått at vulkanen El Chichón (1982) sendte ca. 40.000 tonn klor i form av saltsyre (HCl) direkte opp i stratosfæren. Dette blir lite sammenlignet med den årlige

tilførsel av klor bundet i klorfluorkarboner som beløp seg til ca. 780.000 tonn i 1990. I tillegg kommer klor bundet i forskjellige andre halokarboner som tilsammen utgjør ca. 740.000 tonn, hvorav en god del når stratosfæren. Vulkanen Pinatubo på Filippinene hadde utbrudd i juni 1991. Svake økninger i stratosfærens innhold av klor ble observert etter de to nevnte vulkanutbruddene, men tilførselen av klor fra vulkaner til stratosfæren har vært liten i forhold til det menneskelige bidrag.

Konsentrasjonen av klorfluorkarboner i troposfæren er godt kjent gjennom målinger en rekke steder i verden (også i Norge). Med kjennskap til hvor raskt disse forbindelsene siver opp i stratosfæren, og til hvordan de brytes ned av UV-strålingen der oppe, er det beregnet hvilke konsentrasjoner man forventer av klor i stratosfæren. Slike beregninger stemmer godt overens med de målinger som er utført. Målinger utført fra ballonger siden midten av 1970-tallet viser at konsentrasjonen av klorholdige stoffer i stratosfæren har økt jevnt og i takt med den økende konsentrasjon av klorfluorkarboner i troposfæren.

I dag er det totalt ca. 0.015-0.020 ppb bromholdige forbindelser i stratosfæren. Av dette regner man med at det menneskelige bidraget er på minst 30%, som stammer fra de to forbindelsene halon 1211 og halon 1301. Haloner anvendes i brannslukningsanlegg, og konsentrasjonen i atmosfæren av disse forbindelsene har i det siste økt med 15-20% pr. år. En annen viktig kilde for stratosfærisk brom er metylbromid, CH_3Br . Dette stoffet produseres naturlig i havet, men det slippes også ut i industrielle prosesser.

Siden 1987 har det foregått internasjonale forhandlinger (Montreal-protokollen) om reduksjoner i utslipp av klorfluorkarboner og haloner. Fordi utslippene inntil for få år siden økte raskt, og fordi det er en viss treghet i atmosfærens tilpasning til nye utslipp, vil klormengden i stratosfæren øke ennå noen år framover, til tross for at utslippene allerede avtar noe, og til tross for at reduksjonene vil bli sterkere i årene som kommer. Vi venter derfor en ytterligere svekking av

ozonlaget utover i 1990-årene. Med de utslippene som er beregnet når Montreal-protokollen er lagt til grunn, vil klorinnholdet nå et maksimum på 4.1 ppb på slutten av 1990-tallet. I år 2027 vil mengden være redusert til 3 ppb, og først i år 2061 vil den være redusert til 2 ppb, som var nivået på den tiden da ozonhullet i Antarktis begynte å utvikle seg. Det er derfor trolig at ozonhullet ikke vil forsvinne helt før om ca. 70 år.

Det er under utvikling en rekke erstatningsstoffer for de regulerte klorfluorkarbonene. Noen slike inneholder også klor. Disse velges blant stoffer som lettere brytes ned i atmosfæren, og som derfor ikke vil bygge seg opp i så store konsentrasjoner. Derved får de også en kortere oppholdstid i atmosfæren, slik at effekten av utslipp vil være begrenset til en kortere periode. Effekten av slike utslipp vil imidlertid ikke være ubetydelig innen tisdrom på noen få tiår. Med forventede utslipp av slike erstatningsstoffer vil det maksimale klornivå bare i svært liten grad påvirkes av utslipp av erstatningsstoffer. Avtaket av klormengden rundt århundreskiftet vil imidlertid bli forsinket med noen år. De akkumulerte skadevirkningene vil derfor bli større.

6 RESULTATER FRA MÅLINGER I ARKTIS VINTEREN 1991/1992

Høye konsentrasjoner av klormonoksid, ClO, en gass som bryter ned ozon svært effektivt, har vært observert over Europa vinteren 1991/92. Denne gassen, hvis klorinnhold vesentlig stammer fra utslipp av klorfluorkarboner (KFK), ble dannet i forbindelse med skyer i stratosfæren i den kalde polarnatten og i forbindelse med utbruddet fra vulkanen Pinatubo på Filippinene i juni 1991. Disse skyene, som dannes når temperaturen synker under ca. -80°C , virker som katalysatorer for ozonedbrytning. Dette kunne, hvis temperaturen i stratosfæren hadde vært lavere enn den var våren 1992, ha ført til omfattende nedbrytning av ozon. Januar og februar i 1992 var ved 80°N og i ca. 20 km høyde noe varmere enn gjennomsnittet for 1978-1992 (NOAA, 1992). I 1990-årene kan det derfor ventes stor ozonedbrytning

på vårparten dersom temperaturforholdene i stratosfæren ligger til rette for det.

Det var vinteren 1991/92 to store målekampanjer for stratosfæreozon, en europeisk (European Arctic Stratospheric Ozone Experiment, EASOE) og en amerikansk (Airborne Arctic Stratospheric Experiment II, AASE II). I tillegg skjøt NASA i september 1991 opp en ny satellitt (Upper Atmosphere Research Satellite, UARS) med en rekke instrumenter for måling av mange gasser, bl.a. ozon og ClO. Resultater fra begge målekampanjer viser at det var lite nitrogenoksider (NO_x) i de deler av stratosfæren som er påvirket av vulkanen Pinatubo. Denne vulkanen slapp i juni 1991 ut store mengder svoveldioksid, som etter hvert er omdannet til sulfatpartikler. Den europeiske ozonkampanjen har vist at det i de høydesjikt man finner høy konsentrasjon av partikler er det lav konsentrasjon av NO_x , som beskytter ozonlaget ved at det binder aktivt klor i en form (ClONO_2) som ikke bryter ned ozon. Dette betyr at klorete får større spillerom enn vanlig til å bryte ned ozon.

Begge kampanjer og UARS melder om høye konsentrasjoner av klor i formen ClO, som er en klor-komponent som bryter ned ozon effektivt. Over østkysten av USA og over Sibir er det målt konsentrasjoner av ClO opp til 1.5 ppb. Dette er mer enn hva som er målt noen gang tidligere, selv i ozonhullet i Antarktis. ClO dannes ved reaksjoner i de polare stratosfæriske skyer. De høye konsentrasjonene kunne opprettholdes på grunn av partiklene fra Pinatubo, som forklart ovenfor.

I begge kampanjene ble det samlet store mengder data som det vil ta lang tid å analysere i sin fulle bredde. Et hovedspørsmål man stiller seg er hvor store ozonreduksjoner som har vært forårsaket av klor og brom ved kjemisk nedbrytning. Dette er et fenomen som er vanskelig å observere, bl.a. fordi de naturlige variasjonene i ozon er betydelige. Resultater av slike analyser ventes ikke å foreligge før mot slutten av 1992.

7 OZONOVERVÅKING

Svekkingen av stratosfærens ozonlag er et alvorlig globalt luftforurensningsproblem. Globale overvåkingsdata har spilt en viktig rolle i kartleggingen av problemet. Fordi den negative utviklingen trolig vil fortsette utover i 1990-årene, er fortsatt overvåking av ozonlaget nødvendig.

Reduksjoner i stratosfærens ozonlag har vakt bekymring de siste årene. Det globale overvåkingsnettverket har vist seg å være av svært stor betydning, langt større enn det man kunne se for seg da nettverket ble etablert på 1950-tallet. Svekkelsen av ozonlaget, som særlig utviklet seg på 1980-tallet, er det første eksempel på et genuint globalt luftforurensningsproblem. Global overvåking er derfor nødvendig.

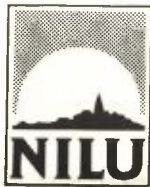
Nettverket av Dobson-spektrofotometere, et instrument som ble utviklet på 1920-tallet, utgjør ryggraden i det globale nettverket, som koordineres av World Meteorological Organization (WMO) ved deres World Ozone Data Center (WODC) i Toronto. Et annet instrument som også har vært i bruk lenge, særlig i det tidligere Sovjet, er M-83 filter-instrumentet. I den senere tid er Brewer-instrumentet tatt i bruk mange steder. Satellitt-instrumenter har spilt en viktig rolle i den globale overvåkingen siden slutten av 1970-tallet, særlig TOMS-instrumentet. Bakke- og satellitt-instrumentene utfyller hverandre i dagens overvåking. Ozonsonde-observasjoner spiller også en viktig rolle da de gir informasjon om høydefordelingen av ozon.

Ozonlagsforskning foregår ved en rekke institusjoner i Norge. Målinger av totalozon utføres i Oslo og Longyearbyen av forskere ved Universitetet i Oslo (Fysisk institutt), i Tromsø av Universitetet i Tromsø og i Ny-Ålesund av NILU. Ozonsonderinger som måler ozonets fordeling med høyden utføres av NILU i samarbeid med Det norske meteorologiske institutt. Teoretiske beregninger som støtte for måleresultater og for prognoser for ozonlagets utvikling foretas ved Universitetet i Oslo (Institutt for Geofysikk) og ved NILU. Analyse av

satellitt-data gjøres ved Nansensenteret for miljø og fjernmåling i Bergen. Alle de ovennevnte institusjoner deltok i den europeiske ozonkampanjen (EASOE) vinteren 1991/92, der NILU også spilte en sentral rolle som data- og koordineringssenter. NILU har på oppdrag fra SFT ansvaret for å koordinere ozonlagsovervåkingen i Norge.

8 REFERANSER

- Browell, E.V., Butler, C.F., Ismail, S., Fenn, M.A., Kooi, S.A., Carter, A.F., Tuck, A.F., Toon, O.B., Proffitt, M.H., Loewenstein, M., Schoeberl, M.R., Isaksen, I. Braathen, G. (1990) Airborne Lidar Observations in the Wintertime Arctic Stratosphere: Ozone. Geophys. Res. Lett., 17, 4, 325-328.
- Dahlback, A., Braathen, G.O., Kåstad, B.A. og Stordal, F. (1992) Overvåking av ozonlaget. Årsrapport 1991. Lillestrøm (NILU OR 52/92).
- Heese, B., Barthel, K. and Hov, Ø. (1992) A Comparison of Total Ozone Data from Satellite and Ground-Based Observations at Northern Latitudes. J. Geophys. Res., 97, D4, 3825-3830.
- Kyrö, E., Taalas, P., Jørgensen, T.S., Knudsen, B., Stordahl, F., Braathen, G., Dahlback, A., Neuber, R., Krüger, B.C. Dorokhov, V., Yuskov, V.A., Rudakov, V.V., Torres, A. (1992) Analysis of the Ozone Soundings Made During the First Quarter of 1989 in the Arctic, J. Geophys. Res., 97, D8, 8083-8091.
- NOAA (1992) Northern Hemisphere Winter Summary 1991-1992. Selected Indicators of Stratospheric Climate. Camp Springs, Maryland, National Oceanic and Atmospheric Administration, Climate Analysis Center.
- Smith, R.C., Prezelin, B.B., Baker, K.S., Bidigare, R.R., Boucher, N.P., Coley, T., Karentz, D, MacIntyre, S., Matlick, H.A., Menzies, D., Ondrusek, M., Wan, Z. and Waters, K.J. (1992) Ozone Depletion: Ultraviolet Radiation and Phytoplankton Biology in Antarctic Waters. Science, 255, 952-959.
- Stolarski, R., Bojkov, R., Bishop, L., Zerefos, C., Staehelin, J. and Zawodny, J. (1992) Measured Trends in Stratospheric Ozone. Science, 256, 342-349.
- WMO/UNEP (1992) Assessment of Stratospheric Ozone. Geneva, World Meteorological Organization.



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 53/92	ISBN-82-425-0392-3	
DATO 17/7-92	ANSV. SIGN. P. Berg	ANT. SIDER 17	PRIS NOK 30,-
TITTEL OVERVÅKING AV OZONLAGET: Et norsk og et globalt perspektiv		PROSJEKTLEDER G.O. Braaathen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8985	
FORFATTER(E) F. Stordal, G.O. Braaathen og A. Dahlback		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100, Dep. 0032 OSLO			
STIKKORD Ozonlaget Forurensning Overvåking			
REFERAT Rapporten beskriver den observerte svekkingen av ozonlaget. Det blir fokusert på globale endringer og på endringer over Europa og Norge. Utviklingen av atmosfærens innhold av klor og brom, som bryter ned ozonlaget, blir diskutert.			

TITLE Monitoring of the Ozone Layer: A Norwegian and Global Perspective.
ABSTRACT The observed reduction of stratospheric ozone is described. The focus is on global changes and changes over Europe and Norway. The development of the atmospheric contents of chlorine and bromine compounds, which deplete the ozone layer, is discussed.

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