



Ozonlagets sande tilstand

Foto: Tore Andreassen.

Selvom de første tiltag for at redde ozonlaget ser ud til at bære frugt, er der nye trusler på vej. Dermed er der ingen sikkerhed for, at ozonlaget helbredes fuldstændigt – og i givet fald hvornår.

■ Efter flere årtier med en faldende mængde ozon i atmosfæren ser situationen nu til at være stabiliseret. Det betyder med andre ord, at ozonlaget ikke længere bliver tyndere og tyndere. Ozonlaget beskytter alt levende mod solens UV-stråling, der forårsager hudkræft og belaster øjne og immunsystem.

At tale om ozonlaget, som om det er en tynd skal i en bestemt højde, er i øvrigt en smule meningsforstyrrende. Sandheden

er, at der er ozon i hele atmosfæren – lige fra jordoverfladen og til 100 kilometers højde. Mest er der i intervallet 15-25 kilometer over Jorden, så her siger vi, at ozonlaget befinder sig.

Montreal-protokollen virker

Ozonlaget er blevet nedbrudt af ozon-skadelige stoffer fra menneskeskabte kilder. De mest kendte af dem er de såkaldte CFC (KlorFlourCarbon)-gasser, der blandet andet indgik som

drivmiddel i spray-flasker og i køleskabe (se boks).

Ozonlagets udtynding førte i 1980'erne til, at FN udarbejdede *Montreal-protokollen*, som begrænser udledningerne af ozon-nedbrydende stoffer. Montreal-protokollen blev vedtaget og er tilsyneladende en succes, fordi mængden af ozonlags-nedbrydende stoffer i atmosfæren vitterligt er begyndt at aftage.

Den stabilisering i ozonned-

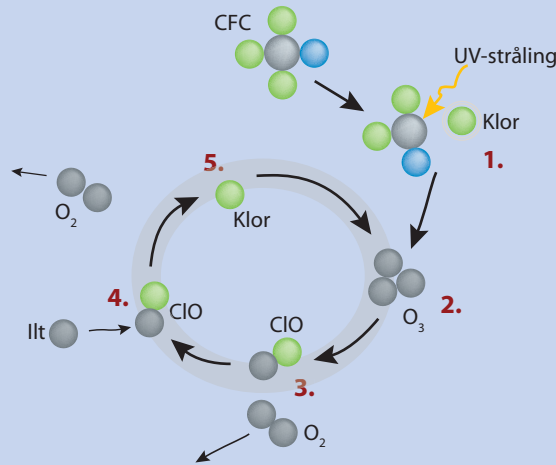
brydningen, vi ser, svarer til, hvad vi kan forvente som følge af Montreal-protokollen. Men det er endnu for tidligt at råbe hurra. Mange faktorer indvirker nemlig på gendannelsen af ozonlaget.

Også drivhuseffekten gør skade

Drivhuseffekten varmer den nederste del af atmosfæren (troposfæren) op, men dette fører til en afkøling højere oppe – i stra-

← Polarstratosferiske skyer over Illoqqortoormiut (Scoresbysund), Grønland i december 2002. På overfladen af skyerne aktiveres klor og brom, hvilket kan føre til kraftig ozonnedbrydning.

Nedbrydning af ozon



Ozonlaget beskytter alt levende mod solens UV-stråling, der forårsager hudkræft og belaster øjne og immunsystem. Ozonlaget de seneste årtier blevet kraftigt udtyndet på grund af udledninger CFC gasser, som indeholder klor og haloner, som indeholder brom. Det værste eksempel er det Antarktiske ozonhul. På figuren ses den vigtigste kemiske reaktion, der fører til nedbrydning af ozon.

1. UV-stråling spalter et klor-atom (Cl) fra et CFC-molekyle.
2. Klor-atomet (Cl) reagerer med et ozon-molekyle (O_3).
3. Dette resulter i et ilt-molekyle (O_2) og et klor-monooxid-molekyle (ClO).
4. klor-monooxid-molekylet (ClO) reagerer med et ilt-atom (O) og danner et oxygen-molekyle (O_2) og et frit klor atom (Cl).
5. Klor-atomet (Cl) er nu frit til at nedbryde endnu et ozon-molekyle (O_3). Trin to til fem kan gentage sig mange gange med det samme klor-atom.

Under normale betingelser begrænses ozonnedbrydningen, fordi det meste klor og brom findes i inaktive forbindelser (som HCl og $ClONO_2$). Men på overfladen af polarstratosferiske skyer omdannes klor- og bromforbindelserne effektivt til reaktivt klor og brom, så ozonnedbrydningen accelererer. Polarstratosferiske skyer dannes, når temperaturen er under $-78^\circ C$. Disse betingelser er til stede i polarområderne i vintermånederne.

rosfæren – hvor hovedparten af ozonen befinder sig. Ved lavere temperaturer i stratosfæren dannes der flere skyer i denne del af atmosfæren ved polerne (såkaldte polarstratosferiske skyer). På overfladen af disse skyer aktiveres de ozonskadelige stoffer, hvilket kan føre til kraftig ozonnedbrydning over polarregionerne. I de kommende år vil ozonlaget i det Arktiske område være stærkt påvirket af temperaturen i stratosfæren, hvilket kan forsinke gendannelsen af ozonlaget eller betyde rekordlave ozonværdier.

Ozonlaget på vore breddegrader er til gengæld blevet hurtigere de seneste år end forventet. Dette skyldes delvist naturlige variationer som temperaturen i ozonlaget, global transport

af ozon, solindstråling og fra-vær af kraftige vulkanudbrud. Udbruddet af Mount Pinatubo vulkanen på Filippinerne i 1991 betød for eksempel, at ozonlaget i en periode var meget tyndt. Svoldioxid-partikler fra vulkanudbruddet medvirkede nemlig til at aktivere de ozon-skadelige stoffer på tilsvarende måde som polarstratosferiske skyer.

Fremtiden er usikker

De ozonskadelige stoffer har en levetid i atmosfæren på 50-100 år. Derfor er deres mængde kun langsomt på vej ned. Men om 50 år vil CFC-gasser ikke længere være dominerede. Til den tid vil drivhusgasser som N_2O og metan formentlig være vigtigst.

Ozonlaget skal altså genop-

rettes i en atmosfære, som er påvirket af menneskelig aktivitet – herunder forandringer i klimaet. Dermed er der ingen sikkerhed for, at ozonlaget nogensinde når op på niveauerne fra omkring 1980, hvor ozonlagets udtynding først kunne observeres – og i givet fald hvornår.

Mens ozonnedbrydningen har været kraftigst i polarområderne, har vi også på mellembreddegrader eksempelvis over Danmark set en udtynding af ozonlaget på omkring 8 %. Da en fuldstændig gendannelse af ozonlaget ikke kan ventes de første årtier, vil mængden af skadelig UV-stråling, som når jordens overflade sandsynligvis være forøget i de kommende år. ■

Om forfatteren



Signe Bech Andersen er ansat i sektionen for atmosfæreprocesser ved Danmarks Meteorologiske Institut, DMI
Tlf: 3915 7409
E-mail: sba@dmi.dk



Signe Bech Andersen fra DMI og kollegaen Elizabeth Weatherhead fra University of Colorado var den 4. maj 2006 på forsiden af tidsskriftet Nature med en artikel om netop ozonlagets sande tilstand: Weatherhead, E. C. & Andersen, S. B. 2006: The search for signs of recovery of the ozone layer. Nature 441, 39-45.