

Programområde: **Luft**

Undersökningstyp: **Totalozon**

Författare: Se avsnittet ”Författare och övriga kontaktpersoner”.

Bakgrund och syfte med undersökningstypen

Miljö kvalitetsmålet Skyddande ozonskikt:

Ozonskiktet skall utvecklas så att det långsiktigt ger skydd mot skadlig UV-strålning.

Undersökningstypen syftar till:

- att långsiktigt kunna följa utvecklingen av det stratosfäriska ozonskiktet
- att kortsiktigt kunna följa utvecklingen vid episoder
- att ge indata till beräkningsmodeller
- att bidra till det internationella utbytet av data

Den direkta kopplingen till UV-strålning medför att verksamhet inom det nationella miljömålet *Säker strålmiljö* måste beaktas.

Strategi

Det finns dels ett kortsiktigt och dels ett långsiktigt perspektiv i övervakningen av ozonskiktet. Vid episoder krävs att man snabbt kan gå ut till allmänhet, media och beslutsfattare och ge relevant information om det aktuella tillståndet. Mätdata måste därför vara tillgängliga och av tillräcklig kvalitet för att möta dessa krav. På lång sikt krävs bestämd och bibehållen kvalitet, säker datalagring för att variationer skall kunna följas. Grundbultarna kan sägas vara kvalitet i mätningarna, säker lagring och tillgänglighet.

Övervakningen av ozonskiktet har bäring mot krav i

- Wienkonventionen 1985
- Montrealprotokollet 1987 (och dess efterföljare)

Statistiska aspekter

Med den kunskap och de förutsättningar som föreligger idag förmodas ozonskiktet att ha tunnats ut maximalt under innevarande decennium (2001-2010). Utgångspunkterna kan emellertid förändras exempelvis vad gäller användningen av vissa ozonnedbrytande ämnen i delar av världen. Det är därför viktigt att se långsiktigheten i mätningarna för att kunna säkerställa förändringar.

För att säkert kunna bedöma utvecklingen är kvaliteten av stor betydelse.

I Sverige står solen lågt under vinterhalvåret. De noggrannaste mätningarna erhålls genom mätning direkt mot solskivan när solen inte står för lågt. Därför erhålls de bästa mätningarna vid middagstid under vintern. För att inte snedfördela urvalet rapporteras mätningarna i huvudsak för tiden nära sann middag (när solen står som högst). Om det finns noggrannare mätningar vid annan tidpunkt under dygnet kan dessa komma ifråga. Tidpunkten för mätningen anges.

Mätningarna resulterar alltså i ett värde per dygn. Om instrumentet inte fungerat så kan det ibland vara aktuellt att interpolera från andra närliggande mätplatser eller att föra in ett värde från exempelvis satellitmätningar i databasen. Ursprunget är alltid angivet i databasen. Anledningen till att införa dessa värden är att erhålla en komplett databas. Eftersom värdena används för att beräkna månadsmedelvärden och om det saknas några dygn, vanligen i följd, kan medelvärdet bli något fel eftersom autokorrelationen är signifikant för ett par konsekutiva dygn. Ett annat motiv är att databasen kan användas för modellering av exempelvis UV-strålning och att det då är bra att ha en komplett serie.

Plats/stationsval

Inom miljöövervakningens ram mäts totalozon vid två platser i Sverige, Vindeln och Norrköping. Att det inte är fler platser kan utöver kostnadsskäl motiveras av att ozonskiktets variationer sker på en lång respektive stor skala i tid och rum. Den typiska tidsskalan är dygn och den typiska rumsskalan ligger i intervallet 100-1000 km. Att ha färre än två platser i Sverige vore inte bra med tanke på landets storlek samt behov av uppbackning i händelse av avbrott på endera platsen.

Vid valet av mätplatserna har man beaktat fördelningen av totalozonstationer i det internationella nätet och tillgången till personal för övervakning av utrustningen. För att själva mätningen skall kunna utföras frekvent krävs en placering som ger en så fri horisont som möjligt.

Mätprogram

Variabler

Det som mäts är totalozon (D.U.) där enheten D.U. står för Dobson Unit (dobsonenhet). Totalozon är den integrerade mängden ozon i en vertikal pelare genom hela atmosfären, från jordytan till atmosfärens yttre gräns. Om alla ozonmolekyler i denna pelare samlades till jordytan med det tryck och den temperatur som råder där skulle skiktet med ren ozongas bli mycket tunt. Ett typiskt mätvärde 300 DU motsvarar ett skikt på endast 3 mm. Merparten av totalozonet, ca 90%, befinner sig i stratosfären mellan 10 och 50 km höjd. Därav har begreppet ozonskiktet uppkommit.

Område	Företeelse	Determinand (Mätvariabel)	Metodmoment	Enhet / klassade värden	Prioritet	Frekvens och tidpunkter	Referens till provtagnings- eller observationsmetodik	Referens till analysmetod
Vindeln	Atmosfären (huvudsakligen ozonskiktet)	Totalozon	Observationstyp	DU	1	Dagligen vid tillräcklig signal	Komhyr (1980)	Basher (1982)
Norrköping	Atmosfären (huvudsakligen ozonskiktet)	Totalozon	Observationstyp	DU	1	Dagligen vid tillräcklig signal	Komhyr (1980)	Basher (1982)

Frekvens och tidpunkter

Mätningar utförs flera gånger per dygn. Efter manuell granskning väljs ett värde per dygn. Företrädesvis ett värde nära sann middag då mätsignalen (UV-strålningen) är som starkast.

Observations/provtagningsmetodik

Både Dobsonozonspektrofotometern och Brewer-ozonspektrofotometern, som används för mätning av totalozonet är beprövade instrument.

Mätningarna är en form av fjärranalys. I princip analyseras hur mycket UV-strålningen reduceras på grund av ozonets absorption vid sin passage genom atmosfären. Mätmetoden utvecklades av Dobson under 1920-talet. Den fundamentala mätningen sker emot solen när denna inte är skymd av moln. Mätningar går även att utföra under natten mot månen och under dagen mot zenit. Den senare mätmetoden bygger på empiriska relationer mellan de så benämnda zenitmätningarna och direktsolmätningarna. Mätmetoder, felkällor och kalibreringsförfarande för Dobsoninstrumentet finns beskrivet av Komhyr (1980) och Basher (1982). I stort gäller principerna i dessa referenser även för Brewerinstrumentet, men skillnader finns, se exempelvis Kerr et al. (1984).

Det som egentligen mäts är relationen mellan radiansten av UV-strålningen vid ett antal utvalda våglängder. Genom att våglängderna är valda på ett smart sätt kan inflytandet av spridning och absorption av luftens molekyler och aerosoler elimineras och kvar blir effekten av absorptionen i ozon. Mängden av ozon i atmosfären räknas om till att motsvara mängden i en vertikal pelare.

För att kunna mäta totalozon noggrant med Dobson och Brewer-instrumenten krävs att solen kan observeras och att mätsignalen är tillräckligt stark. Under en stor del av vinterhalvåret är detta inte möjligt dels på grund av molnighet med även på grund av den lågt stående solen (svag signal). För att öka chansen till goda observationer med lågt stående sol utvecklades den så kallade fokuserade sol-metoden Josefsson (1992), (2003).

Utrustningslista

Vindeln:

1. Dobsonozonspektrofotometer #30 (lån från MIUU)
2. Kalibreringslampor till Dobson

3. Brewerzonspektroradiometer #006
4. PC och telefonmodem till Brewern.

Norrköping:

1. Brewerzonspektroradiometer #128
2. PC

Tillvaratagande av prov, analysmetodik

Mätvärdena av totalozon plottas regelbundet (ca en gång per vecka) och ställs i relation till långtidsmedelvärden för att notera tillfälliga episoder och långsiktiga trender. Vid dessa tillfällen lagras även värdena hos datavärden (=utföraren) på en speciell filtjänst med uppbackning samt läggs ut på internet.

Ungefär varannan månad överförs data till WOUDC (World Ozone and Ultraviolet Data Centre) vilket gör dem internationellt tillgängliga.

Bakgrundsinformation

Data från närliggande mätplatser för totalozon och satellitmätningar av totalozon är värdefulla som komplement till övervakningen. I ett vidare perspektiv finns ett stort antal andra variabler som är av intresse för processtudier. Exempel på detta är UV-strålning, snötäcke, aerosoler.

Kvalitetssäkring

Eftersom både hotet mot och påverkan av ozonskiktet är av global natur krävs att monitoring eller övervakning av det stratosfäriska ozonet bedrivs med långsiktighet och med god kvalitet som mål. Dessutom är det av största vikt att data är tillgängliga genom det internationella utbyte av data som existerar.

Internationella interkomparationer med tre till fem års mellanrum är basen för kvalitetssäkringen. På detta sätt blir de svenska mätningarna direkt spårbara till internationella referenser.

Där emellan utförs regelbundna mätningar mot lampor, så kallade standardlamptester. För Brewerinstrumentet utförs dessa mot en i instrumentet inbyggd lampa och kan därför göras minst en gång per dygn. För Dobsoninstrumentet utförs lampmätningarna manuellt en gång per månad. Denna metodik har visat sig ge en god beskrivning av instrumentens eventuella förändringar under tiden mellan interkomparationerna. Resultaten lagras på fil och plottas regelbundet. Manuell granskning och bedömning sker i samband med detta.

Även jämförelser med data från satellit och andra närliggande stationer ger indikationer på om problem kan föreligga. Framförallt har data från TOMS-instrumentet använts och s.k. overpass data för Norrköping och Vindeln plottas regelbundet. På senare tid har det europeiska instrumentet SCIAMACHY börjat leverera intressanta data. Större avvikelser analyseras för att utröna orsaken.

I Vindeln mäts totalozon både med Dobson- och Brewerinstrument. Denna redundans är mycket värdefull för att säkerställa obruten tillgång till data och även för att övervaka kvaliteten. Spännande är att data har använts i en internationell studie, där Dobson och Brewerinstrument har jämförts, Staehelin et al. (2003).

Den dagliga tillsynen av instrumenten är mycket viktig. Kontroll att solföljningen fungerar och daglig rengöring av ingångsoptiken är grunden för goda observationer. Snö, regn och smuts kan spolia kvaliteten.

Databehandling, datavärd

Först beskrivs behandlingen av data från Brewerspektrometrarna. När data samlats in för en specifik dag görs manuellt en rimlighetskontroll samt en bedömning av instrumentets stabilitet. Målet är att välja ut den observation med bäst kvalitet och som ligger närmast sann middag för dygnet. Detta värde tillsammans med observationsmetod och tidpunkten för observationen förs in i en fil och lagras därefter hos datavärden. Denna information läggs direkt ut på en webb-sida tillsammans med en enkel plott. Samma information skickas i efterhand till WOUDC enligt av dem specificerat format.

Rutinen för Dobsoninstrumentet är något annorlunda. Mätproceduren är manuell, vilket medför en avsevärt lägre frekvens av mätningar. Efter manuell nedteckning av mätvärden följer en bearbetning i PC och värdena förs in i en tabell. Dessa data levereras ungefär en gång i kvartalet till datavärden och till WOUDC. Formatet är enligt WOUDC.

Efter en interkomparation kan det finnas anledning till justering av data. Om detta sker skickas de korrigerade värdena både till datavärden och till WOUDC.

En förteckning över datavärden finns att hitta på Naturvårdsverkets webbplats under adressen <http://www.naturvardsverket.se/tillstandet-i-miljon/miljoovervakning/miljoovervakningsdata/>.

Rapportering, utvärdering

Sedan 1996 finns alla data tillgängliga via internet i "nästan realtid":

http://www.smhi.se/kund_t/ozon/main.htm. De presenteras dessutom i form av grafer. Tidigare har projektets data och kvalitetssäkring rapporterats i form av en i efterhand utgiven årsrapport. Dessa finns samlade nedan under Referenser.

Data rapporteras till WOUDC och finns därför även tillgängliga från deras webbplats <http://www.woudc.org/>.

De plottningar av dygnsvärden, som görs löpande, visar direkt läget relativt historiska data. På detta vis kan man följa episoder men även den långsiktiga utvecklingen. En gång i månaden plottas månadsvärdena och sätts i relation till tidigare observationer. Detta för att tydligare illustrera de långsiktiga variationerna. Dessa plottningar läggs också ut på webbsidan.

På webbplatsen finns även en sida där aktuella läget för ozonskiktet beskrivs med ord och med länkar till andra relevanta sajter. Det kan tex röra sig om läget för årets ozonhål eller USA administrationens önskemål om avsteg från Montrealprotokollet.

Kostnadsuppskattning

Att bedriva kvalitativa mätningar är inte bara resurskrävande det är även tidsödande. Nuvarande budget är 430 kkr från Naturvårdsverket under år 2005. Den egentliga kostnaden för att driva två mätplatser för långsiktig övervakning av totalozonet är cirka 500 kkr per år.

Fasta kostnader

Konsult Vindeln har länge varit 80 kkr men borde höjas till 100 kkr/år.

Regelbunden interkomparation vartannat år av två instrument i snitt ca 50 kkr per år

Övriga hårdvarukostnader 10 kkr per år.

Utföra mätningar och delta i interkomparationer. Kontrollera data och eventuellt korrigera dem. Uppdatera webbplats och skicka data till datavärd och WOUDC. Kostnaden 250 kkr/år motsvarar ca 360 timmar per år.

Analyskostnader

Kvalitetsgranska och ta fram månadssammanställningar. Plotta data och göra dessa tillgängliga. Utföra speciella studier av intressanta fall. Undersöka att mätmetodiken är den bästa möjliga. Skriva rapporter. Här skulle mycket kunna göras. Kostnaden var år 2003 ca 100 kkr (150 tim), men kan bli mycket högre allteftersom ambitionsnivån höjs.

Tidsåtgång uppskattning för BÅ2005

Kostnadsslag	Tid (tim)	Kostnad (kkr) BÅ 2005
Vindeln konsult		84
Interkomparation	120	134
Övrig hårdvara		10
Datahantering m.m.	200	140
Analys (höjd ambition+++)	160	112
Summa	480	470

Övrigt

Ett generellt problem med övervakningen är att bibehålla kvaliteten i data. Grunden för detta är regelbundna interkomparationer. Budgeten har tyvärr inte medgett den frekvens som vore önskvärd, nämligen vartannat år för varje Brewerinstrument. Genom samordning med andra aktiviteter (UV-mätkampanjer) har vi lyckats att få till en interkomparation var tredje år.

I Europa pågår diskussioner om att etablera en regional referens för Brewerzon-spektroradiometern. För närvarande sker interkomparationer på konsultbasis med hjälp av en kanadensisk privat firma. På sikt kan detta system förändras och mer likna det som finns för Dobsoninstrumenten.

Eftersom dessa interkomparationer är fundamentala för kvaliteten i mätningarna så följs utvecklingen noggrant.

Idag är tekniken i instrumenten att anse som gammal. Med tanke på att Brewerinstrumenten står ute året runt så kan man förvänta sig att påfrestningarna kommer att sätta sina spår. Under år 2002 hade vi tex läckage i Brewern i Vindeln. Under 2003 blev det oxid på ett kretskort i

samma instrument vilket orsakade en lång period med underliga resultat. Risken för problem kan förväntas öka med tiden.

Det är därför dags att fundera på en uppgradering av bl.a. elektroniken, allmän översyn av hårdvaran och en uppgradering av mjukvaran för att kunna lämna Windows 3.11.

Författare och övriga kontaktpersoner

Programområdesansvarig, Naturvårdsverket:

Yngve Brodin

Miljöövervakningsenheten

Naturvårdsverket

106 48 Stockholm

Tel: 08-698 13 06

E-post: yngve.brodin@naturvardsverket.se

Författare och expert, SMHI:

Weine Josefsson

SMHI

601 76 Norrköping

tel. 011-495 8183

E-post: weine.josefsson@smhi.se

Referenser

1. Basher R. E. (1982), Review of the Dobson spectrophotometer and its accuracy, Global Ozone Research and Monitoring Project report No.13, Geneva. WMO
2. Josefsson W. (1988), Measurements of the Total Ozone in the Nordic Countries, SMHI, April 1988.
3. Josefsson W. (1988), Mätning av totalozon, SMHI, December 1988.
4. Josefsson W. (1990), Measurements of Total Ozone 1989, SMHI, March 1990.
5. Josefsson W. (1990), Upprustning av Ozonspektrofotometern Dobson #30, SMHI, No.51, Oktober 1990.
6. Josefsson W. (1991), Measurements of total ozone 1990. Rapport / Naturvårdsverket 3944, 68 p..
7. Josefsson W. (1992), Measurements of total ozone 1991. Rapport / Naturvårdsverket 4093, 56 p.
8. Josefsson W.A.P. (1992), Focused Sun Observations Using a Brewer Ozone Spectrophotometer, *J. Geoph. Res.*, Vol. 97, No.D14, pp.15,813-15,817, Oct 20.
9. Josefsson W. (1993), Measurements of total ozone : rapport från verksamheten 1992. Rapport / Naturvårdsverket 4216, 62 p.
10. Josefsson W. (1996), Measurements of total ozone, National Environmental Monitoring 1993/94. Rapport / Naturvårdsverket 4405, 63 p..

11. Josefsson, W. (2000), Measurements of total ozone 1997-1999. SMHI rapporter. Meteorologi och klimatologi 91, 38 p.
12. Josefsson, W., 2003. Quality of Total Ozone Measured by the Focused Sun Method Using a Brewer Spectrophotometer, *J. Appl. Meteor.*, Vol. 42., No.1, pp.74-82.
13. Josefsson, W. and Karlsson, J.-E. (1997) Measurements of total ozone 1994-1996. SMHI rapporter. Meteorologi och klimatologi 79, 31 p.
14. Josefsson W. och Zuber A. (1993), Ozonskiktet, vårt livsviktiga skydd - övervakas varje dag, pp.1-4, *Mätbladet*, Nr 15, Nov 93, Statens naturvårdsverk.
15. Komhyr W. D. (1980), Operations handbook - Ozone observations with a Dobson spectrophotometer. Global Ozone Research and Monitoring Project report No.6, WMO. (Published by) NOAA, ERL-ARL, Boulder, Colorado, 125 p..
16. Staehelin J., J.Kerr, R. Evans, and K. Vanicek, (2003). Comparison of total ozone measurements of Dobson and Brewer spectrophotometers and recommended transfer functions., Global Atmosphere Watch report, No.149. WMO TD No. 1147. World Meteorological Organization

Uppdateringar, versionshantering

Version 1:1, 2005-03-17. Omfattande uppdateringar av arbetsmaterial daterat 1997-05-26