

Overvåking av ozonlaget og naturlig ultrafiolett stråling.
Årsrapport 2002

Rapport: NILU OR 33/2003
TA-nummer: (TA-1972/2003)
ISBN-nummer: 82-425-1459-3
Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn
Utførende institusjon: Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Forfattere: Britt Ann K. Høiskar, Geir O.
Braathen, Arne Dahlback, Kåre
Edvardsen, Georg Hansen, Kerstin
Stebel, Tove Svendby, Aasmund
Fahre Vik

**Overvåking av ozonlaget
og naturlig ultrafiolett
stråling.**

Årsrapport 2002

Rapport
881/2003



s ft:



Statlig program for forurensningsovervåking

Forord

Norsk institutt for luftforskning har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) ansvar for gjennomføringen av det nasjonale overvåkingsprogrammet ”Overvåking av atmosfærens ozonlag og naturlig ultrafiolett stråling”. Hensikten med overvåkingsprogrammet er å:

1. Sikre kontinuerlige målinger av ozonlagets tykkelse over Norge og naturlig ultrafiolett stråling som når bakken.
2. Fremskaffe data som kan benyttes til å beregne trender i ozonlagets tykkelse og naturlig ultrafiolett stråling.
3. Fremskaffe informasjon om status og utvikling av ozonlaget og naturlig ultrafiolett stråling.
4. Varsle SFT om uvanlige episoder.

Det skal fra og med 2003 lages tre-årige rapporter som sendes til SFT hvert tredje år. I tillegg skal det i mellomliggende år lages en kortversjon hvor hovedkonklusjoner og resultater fremkommer. I 2001 ble det laget en utførlig rapport for det samlede måleprogrammet, og årets rapport er derfor en kortversjon.

Innhold:

Sammendrag	3
1. Målinger av totalozon i 2002	5
1.1 Oslo	5
1.2 Andøya	7
1.3 Ny-Ålesund	7
2. Målinger av ozonprofiler i 2002.....	9
2.1 Ozonsonderinger i 2002	9
2.2 Lidarmålinger i 2002.....	9
3. Ozonmålinger 1979 – 2002	12
3.1 Oslo	12
3.2 Andøya	13
4. UV-målinger	16
4.1 Måleresultater 2002.....	16
4.2 Årsdoser	18
5. Referanser	19

Sammendrag

Rapporten presenterer hovedkonklusjoner og resultater fra det nasjonale overvåkingsprogrammet "Overvåking av atmosfærens ozonlag og naturlig ultrafiolett stråling" for 2002.

Målinger av totalozon i 2002

Det måles totalozon ved tre norske stasjoner: Oslo (60°N), Andøya (69°N) og Ny-Ålesund (78°N).

Vinteren 2001-2002 ble det ikke observert noen omfattende ozonnedbrytning i Arktis. Dette skyldes at det var relativt høye temperaturer i stratosfæren store deler av vinteren og våren. Lave temperaturer er nødvendig for å sette fart i ozonnedbrytningen.

Basert på bakkemålinger i Oslo er det utført en trendanalyse for perioden 1979-2002. Analysen gir en gjennomsnittlig nedgang på 0.46% per år om våren (mars-mai) og 0.17% per år om høsten (september-november). Om vinteren (desember-februar) viser analysen en nedgang på 0.35% per år, mens det på sommeren (juli-august) ikke observeres noen signifikant trend. På årsbasis er nedgangen på 0.25% per år for denne perioden.

For Andøya er det utført en trendanalyse for perioden 1979-2002, hvor man har benyttet en kombinasjon av Brewer- og TOMS målinger. Analysen viser en signifikant negativ trend på 0.15% per år.

Målinger av ozonprofiler i 2002

Fra Ørland sendes det jevnlig opp ozonsonder med ballong. Ozonsondene gir informasjon om høydefordelingen av ozon, og vil under gode forhold, måle ozonmengden opp til ca. 35 km høyde, dvs over det meste av ozonlaget. Det ble i 2002 sluppet 37 ozonsonder fra Ørland. Ozonsonde-programmet har i 2002, i tillegg til støtte fra SFT, også fått støtte fra Norges Forskningsråd og EU-kommisjonen.

Ozonlidaren på ALOMAR-observatoriet på Andøya benyttes til å måle raske variasjoner i den vertikale fordeling av ozonkonsentrasjonene. Ozonlidaren måler den vertikale fordelingen av ozon fra ca. 10 til ca. 35 km. Både ozonsondene og ozonlidaren bidrar med målinger som er viktige for å øke forståelsen av de prosesser som forårsaker endringer i atmosfærens ozonmengde. Målinger med ozonlidaren har gitt i alt 101 dager med kvalitetskontrollerte ozonprofiler i 2002.

UV-målinger

I Oslo, på Andøya og i Ny-Ålesund måles den ultrafiolette strålingen fra sola kontinuerlig med GUV-instrumenter. For Oslo er 2002 det åttende året med komplette målinger, mens det er målt ultrafiolett stråling på Ny-Ålesund siden sommeren 1995. I perioden 1995-1999 var det plassert et GUV-instrument på Nordlysobservatoriet i Tromsø. Dette instrumentet ble, i samråd med SFT, flyttet til ALOMAR-observatoriet på Andøya i mars 2000.

I 2002 ble det målt en total årtdose i Oslo på 378.1 kJ/m², mens det på Andøya og i Ny-Ålesund ble registrert en årtdose på henholdsvis 260.0 kJ/m² og 201.8 kJ/m². Den høyeste strålingsintensiteten (dose-raten) i løpet av 2002 ble i Oslo målt 16. juli og var på 149.7 mW/m² (UV-indeks lik 6.0). På Andøya ble den høyeste dose-raten, 111.3 mW/m² (UV-indeks lik 4.5), registrert 9. juni. I Ny-Ålesund ble den høyeste dose-raten observert 10. juni

og var på 67.6 mW/m^2 (UV-indeks lik 2.7). Månedsdosene i Oslo lå i 2002 klart høyere enn på Andøya og i Ny-Ålesund.

De tre GUV-instrumentene ble i juni 2002 kalibrert mot et referanseinstrument som Statens strålevern har ansvar for.

Personell og institusjoner involvert i måleprogrammet

Ansvarlig for ozonmålingene i Oslo og i Ny-Ålesund er Arne Dahlback (UiO). Målinger med Dobson-instrumentet i Oslo i perioden 1979-1993 er utført av Søren H.H. Larsen (Larsen, S.H.H., 1993). Dataserien er nylig blitt re-analysert av Tove Svendby (UiO/NILU). Ansvarlig for ozonmålingene ved Andøya har vært Kåre Edvardsen (NILU). Aasmund Fahre Vik og Britt Ann K. Høiskar ved NILU har vært ansvarlig for ozonsonderingene ved Ørland. Britt Ann K. Høiskar er ansvarlig for driften av SAOZ-instrumentet i Ny-Ålesund. GUV-instrumentene i Oslo, på Andøya og i Ny-Ålesund følges opp av Arne Dahlback og Kåre Edvardsen. Lidar-målingene ved ALOMAR utføres som et samarbeid mellom Norsk Romsenter, NILU (Georg Hansen, Kerstin Stebel og Kåre Edvardsen) og Forsvarets forskningsinstitutt (Ulf Hoppe).

Overvåking av ozonlaget og naturlig ultrafiolett stråling.

1. Målinger av totalozon i 2002

Totalozon (mengden av ozon i en kolonne fra jordoverflaten til toppen av atmosfæren) måles daglig i Oslo, på Andøya og i Ny-Ålesund når observasjonsforholdene gjør dette mulig. I Oslo benyttes Dobson- og Brewer-instrumenter. Brewer-instrumentet er delvis automatisk og muliggjør hyppigere målinger enn det som er praktisk mulig med Dobson-instrumentet. Når måleforholdene er gode, er det god overensstemmelse mellom Brewer- og Dobson-målingene. Stabiliteten til Brewer- og Dobson-instrumentene blir regelmessig sjekket.

På Andøya benyttes et Brewer- og et GUV instrument til måling av totalozon. I tillegg måles ozonprofiler med en ozonlidar så sant været tillater slike målinger. Totalozon basert på ozonprofiler fra lidaren brukes i vintermånedene når solen står under horisonten. Begge Brewer-instrumentene ble i 2002 kalibrert av International Ozone Services (Canada) mot et internasjonalt referanse-instrument. Kalibreringen viser at stabiliteten til instrumentene har vært god.

I Ny-Ålesund er ozonverdiene basert på målinger fra tre ulike instrumenter: Dobson, SAOZ og GUV. SAOZ-instrumentet (System for Analysis of Observations at Zenith) har vært i drift i Ny-Ålesund siden 1990. Instrumentet er bygget for å bl. a. måle ozontykkelsen ved lav sol og egner seg derfor godt ved høye breddegrader. Instrumentet viser god overensstemmelse med andre instrumenter og har deltatt i flere målekampanjer (Roscoe et al., 1999, Vaughan et al., 1995). SAOZ-instrumentet er et godt supplement til Dobson-instrumentet i Ny-Ålesund siden det forlenger målesesongen med ca. 3 måneder. I sommermånedene (mai - august) er ozonverdiene basert på en kombinasjon av Dobson- og GUV-målinger. GUV-instrumentet er helautomatisk og gir målinger hvert minutt. Målingene fra GUV-instrumentet benyttes de dagene det ikke er foretatt Dobson-målinger. Ozonmålingene fra GUV-instrumentet er kalibrert mot Dobson-instrumentet, og det er derfor god overensstemmelse mellom disse to instrumentene.

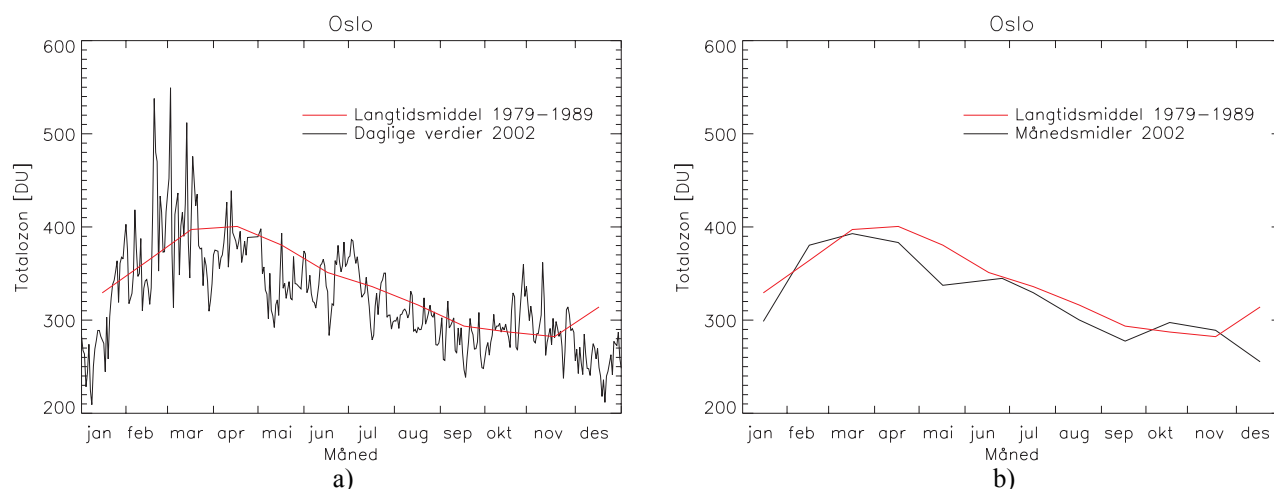
1.1 Oslo

Daglige ozonverdier for Oslo i 2002, basert på målinger med Brewer-instrumentet, er vist i Figur 1a) (Dahlback et al, 2002). Resultatene som er vist i Figur 1 er basert på Brewer irradiansforhold. Denne metoden fungerer svært bra både i overskyet vær og i klarvær og når solen står mer enn 5° over horisonten (Dahlback, personlig kommunikasjon). Dette gjør at det er svært få dager uten ozonmålinger i Oslo. Det er bare i ekstreme tilfeller (skydekke med svært stor optisk tykkelse) at man ikke får pålitelige målinger. Slike dager er ikke med i datasettet. Ozonverdiene fra Brewer-instrumentet er i god overensstemmelse med de man måler med Dobson- instrumentet (Høiskar et al, 2001).

Den sorte kurven viser de daglige verdiene, mens den røde kurven viser månedsmiddelverdiene for årene 1979-1989. Perioden fra 1979 til 1989 er valgt for beregning av langtidsmiddelet, siden det er en mulig sammenheng mellom solflekkaktivitet og totalozon, og denne perioden dekker én solflekksyklus. Langtids-middelet er basert på Dobson-målinger.

Store dag til dag-variasjoner i totalozon ble observert i løpet av våren 2002. Spesielt store variasjoner er observert i slutten av februar og i begynnelsen av mars. Årets laveste verdi (209 DU) ble registrert 8. januar 2002, mens årets høyeste verdi (549 DU) inntraff 2. mars 2002. De høyeste verdiene måles normalt om våren og skyldes at transporten av ozonrik luft i stratosfæren fra ekvatorområdene mot høyere breddegrader er sterkest om våren. Om høsten er denne transporten svakere, og de laveste verdiene måles derfor normalt på denne årstiden.

De lave ozonverdiene i begynnelsen av januar 2002 skyldes spesielle meteorologiske forhold. Et såkalt ozon-minihull passerte over Sør-Norge og resulterte i svært lave ozonverdier i 2-3 dager. Et ozon-minihull er et dynamisk fenomen der et kraftig høytrykk i troposfæren trykker tropopausen oppover. Dette gir igjen lave verdier for totalozon. Tidlig i desember 2002 passerte et ozon-minihull over Sør-Norge og ga lave ozonverdier i noen dager.



Figur 1a): Daglige ozonverdier målt med Brewer-instrumentet ved Universitetet i Oslo i 2002. Den røde kurven viser langtids-månedsmidler fra 1979-1989.

Figur 1b): Månedsmiddelverdiene for 2002 for Oslo.

Månedsmiddelverdiene for 2002 for Oslo er vist i Figur 1b). Avviket mellom månedmidlene for 2002 og langtidsmiddelet er vist i Tabell 1. Her går det tydelig frem at for Oslo er avviket fra langtidsmiddelet størst i januar, mai og desember.

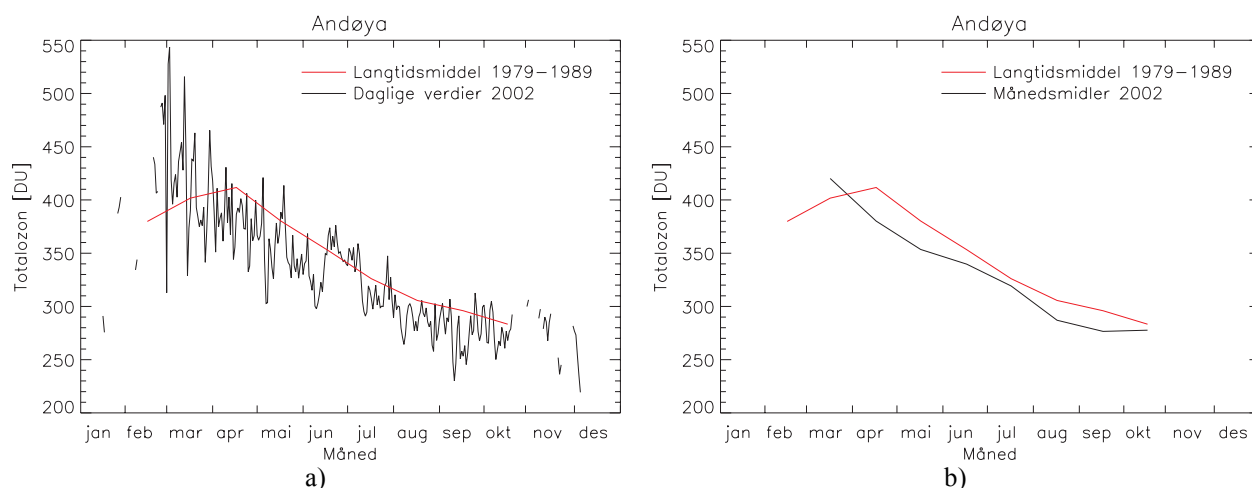
Tabell 1: Prosentvis avvik i månedsmidler for 2002 fra langtidsmiddelet for Oslo, Andøya og Ny-Ålesund.

Måned	Oslo	Andøya	Ny-Ålesund
Januar	-9%	-----	-----
Februar	+4%	-----	-----
Mars	-1%	+4%	+4
April	-4%	-8%	-5
Mai	-11%	-7%	-5
Juni	-2%	-4%	-3
Juli	-2%	-2%	-5
August	-5%	-7%	-8
September	-5%	-6%	-6
Oktober	+3%	-2%	-----
November	+2%	-----	-----
Desember	-19%	-----	-----

1.2 Andøya

Daglige ozonverdier over Andøya i 2002 er vist i Figur 2a). Målingene er i hovedsak basert på direkte-sol målinger og global irradians målinger fra Brewer-instrumentet. For de dagene det ikke finnes Brewer data benyttes data fra GUV-instrumentet. Data fra ozonlidaren er benyttet i vintermånedene når solen er under horisonten. Den røde kurven viser månedsmiddel-verdiene for årene 1979-1989 basert på TOMS-målinger. Årets høyeste verdi (544 DU) ble målt 2. mars, mens årets laveste verdi (219 DU) ble målt 4. desember.

Månedsmiddelverdier for 2002 målt over Andøya er vist i Figur 2b). I 2002 lå månedsmiddelverdiene under eller nær langtidsmiddelverdiene, se Tabell 1.



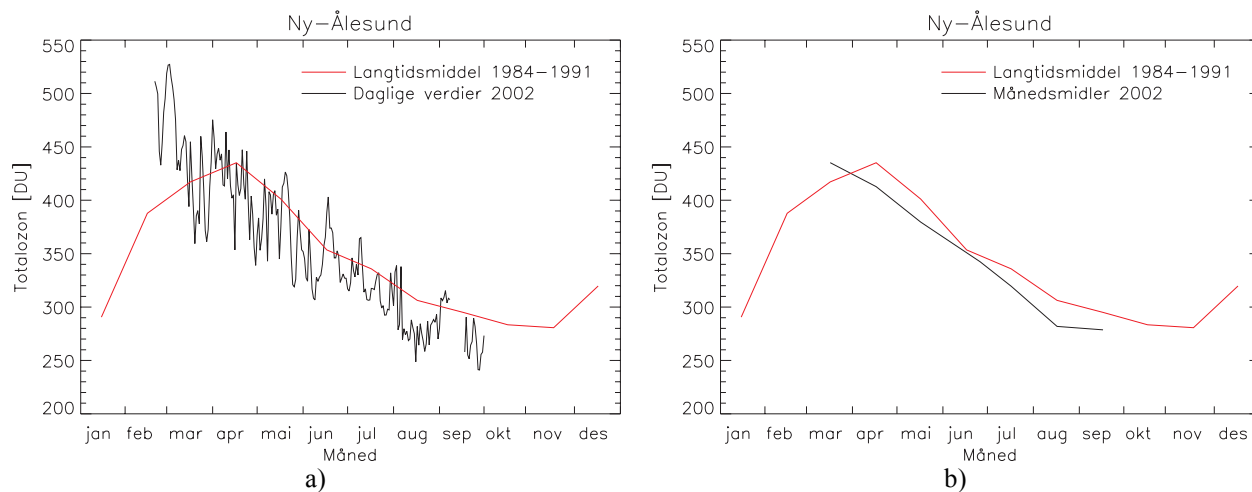
Figur 2a): Daglige ozonverdier målt med Brewer, GUV- og ozonlidar-instrumentene ved ALOMAR på Andøya i 2002. Den røde kurven viser langtids månedsmidler fra 1979-1989.

Figur 2b): Månedsmiddel-verdier for 2002 for Andøya.

1.3 Ny-Ålesund

Ozonverdiene observert i Ny-Ålesund i 2002 er vist i Figur 3 og er basert på målinger med Dobson-, SAOZ- og GUV-instrumentene. Fra begynnelsen av oktober til begynnelsen av april måles ikke totalozon med Dobson-instrumentet fordi solen står for lavt eller er under horisonten. I 2002 ble det foretatt 84 gode observasjoner med Dobson-instrumentet i perioden mars til september. For de dagene det ikke finnes Dobson-målinger benyttes målinger fra SAOZ- eller GUV-instrumentene. I mars, april og september er SAOZ-data benyttet, mens i perioden mai-august er ozonverdiene basert på målinger fra Dobson- og GUV-instrumentene. Målinger fra SAOZ- og GUV-instrumentene er i god overensstemmelse med Dobson-instrumentet, (Dahlback, 1995, Braathen et al., 1998). Den røde kurven i Figur 3 viser månedsmiddelverdiene for årene 1984-1991, og er basert på Dobson-målinger.

Månedsmiddelverdiene for Ny-Ålesund lå 3-8% under langtidsmiddelet for alle månedene bortsett fra i mars da månedsmiddelet lå 5% over langtidsmiddelet, se Tabell 1.



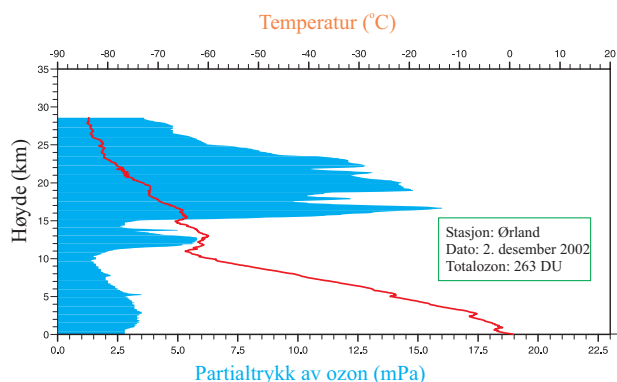
Figur 3a): Daglige ozonverdier målt med Dobson, GUV- og SAOZ-instrumentet i Ny-Ålesund 2002. Den røde kurven er månedsmidler fra 1984 til 1991.

Figur 3b): Månedsmidler for 2002 og langtids månedsmidler for 1984-1991.

2. Målinger av ozonprofiler i 2002

2.1 Ozonsonderinger i 2002

Fra Ørland sendes det jevnlig opp ozonsonder med ballong. Ozonsondene gir verdifull informasjon om høydefordelingen av ozon, og sondene vil under gode forhold nå opp til ca. 35 km høyde, dvs. over det meste av ozonlaget. Selve vertikalfordelingen av ozon gir informasjon som er nyttig for å forstå hvorvidt ozonvariasjoner skyldes meteorologiske forhold eller kjemisk nedbrytning. I 2002 ble det sluppet 37 ozonsonder fra Ørland. Figur 4 viser en ozonprofil målt med ozonsonde 2. desember 2002.



Figur 4: Høydefordelingen av ozon over Ørland 2. desember 2002 målt med ozonsonde. Integrasjon av ozonprofilen gir en total ozonverdi på 263 DU.

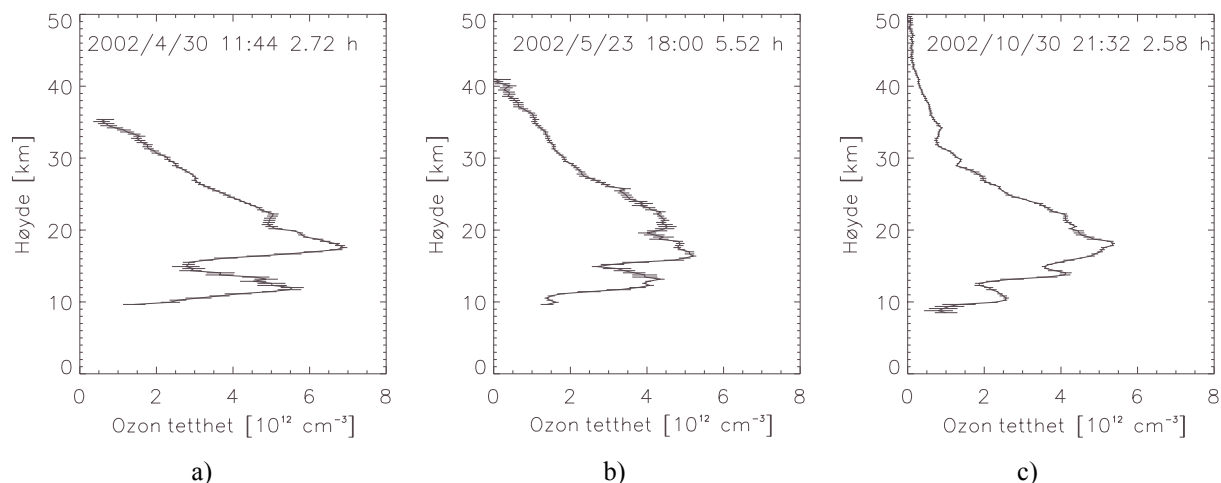
2.2 Lidarmålinger i 2002

I 2002 var ozonlidaren i drift 111 dager. Omtrent halvparten av målingene var dagslysmålinger. Disse målingene har gitt i alt 101 dager med kvalitetskontrollerte ozonprofiler. Online rådataprofiler samt de siste kvasi-online-analyserte data er å finne under: <http://alomar.rocketrange.no/alomar-lidar.html>. En oversikt over dager med lidarmålinger i 2002 er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Liste over ozonlidarmålinger ved ALOMAR i 2002. Målinger utført om natten er markert med svart skrift. Dagslysmålingene er markert med rødt, mens dager med målinger både om dagen og om natten er markert med både røde og svarte siffer. Dager med målinger som så langt ikke har kunnet danne grunnlag for ozonprofiler, er markert med klammer.

Måned	Måledager
Januar	17, 18, 22, 27, 28, 29
Februar	1, 5, 6, 8, 9, 13, 22, (27)
Mars	2, 6, 7, 12, 21, 22, 31
April	03, 5, 8, 9, 13, 14, 15, 17, (19), 30
Mai	14, 22, 23, 24, (27), 28, 29, 30, (31)
Juni	(2), (8), (9), 10, 11, 12, (13), (14), 23, 25, 26
Juli	1, 2, 4, 10, (11), 14, (15), (16), 19, 31
August	05, 11, (12), 15, 20, (21), 24
September	8, 14, 19, 20, 21, 22, 30
Oktober	3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, (12), 13, (14), (21), 23, 30, 31
November	07, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 24, 30
Desember	1, 02, 03, 4, 5, 7, 16, 25, 28

En omfattende innsats er lagt ned i å forbedre dagslyskapasiteten for lidarsystemet. Vi er meget fornøyde med instrumentets kapasitet i løpet av 2002 (For mer detaljer, se Stebel et al, 2003). Tre typiske ozonprofiler som illustrerer systemets kapasitet, målt ved ulike solhøyder: a) 30. april 2002 (solhøyde 35°-30°); b) 23. mai 2002 (solhøyde 28°-4°) og c) 30. oktober 2002 (nattsystem)) er vist i Figur 5. I 2002 kunne lidarmålinger av høy kvalitet utføres uansett tid på døgnet og året ved ALOMAR, men det kan ikke måles i skyet vær. Pålitelige ozonprofiler kan måles ved fullt dagslys opp til en maksimal høyde på 36 km (optimale forhold: 42 km). Om natten er maksimalhøyden 50 km.



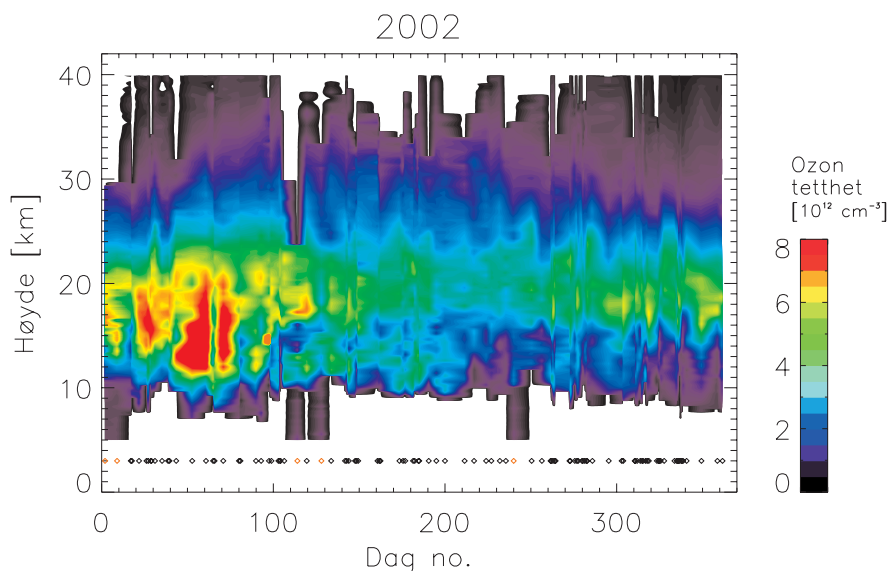
Figur 5: Ozonprofiler målt med ozonlidaren på Andøya fra a) 4. april 2002, b) 23. mai 2002 og c) 30. oktober 2002.

Utviklingen av ozonlaget over Nord-Skandinavia mellom 6 og 40 km over bakken er vist i Figur 6. De svarte diamantsymbolene nederst i figuren markerer tidspunkter med lidarmålinger. I lange perioder uten lidarmålinger ble det benyttet ozonprofiler målt med ozonsonder sluppet i Sodankylä, Finland. Disse målingene er markert med røde diamanter.

Mellom hver måling er det foretatt en lineær interpolasjon. I 2002 var det god dekning med lidaren. Det er kun få og korte perioder hvor det var nødvendig å supplere med data fra Sodankylä.

I likhet med 2001 var ozonlaget i 2002 tilnærmet normalt. Den polare stratosfæriske virvelen ble svekket på grunn av sterk oppvarming i siste halvdel av desember 2001 og fram til midten av januar 2002. Dette resulterte i høye ozonkonsentrasjoner fra ca 10 - 20 km over bakken i perioden januar til midten av mars, se de røde feltene i Figur 6. De neste to månedene lå ozon verdiene 7-8% under gjennomsnittet. Figur 6 viser også uttynningen av ozonlaget utover sommeren og høsten, spesielt under 15 km høyde, noe som er karakteristisk for polare strøk. På grunn av den tidlige etableringen av den polare vorteksen ved slutten av året lå ozonverdiene i november/desember ca. 15 % under langtidsmiddelet.

Et spesielt interessant trekk observert i denne perioden var en sekvens på tre episoder med meget lave totalozon-verdier, ett sent i november, ett tidlig i desember og ett sent i desember som forårsakes av dynamiske prosesser. Et markant mini-ozonhull ble observert 5. desember med en total ozonverdi på 219 DU. Dette skyldtes en sterk antisyklon i den øvre troposfære som løftet tropopausen opp til over 13 km. Dette resulterte i troposfæriske ozonnivåer opp til 17 km høyde.



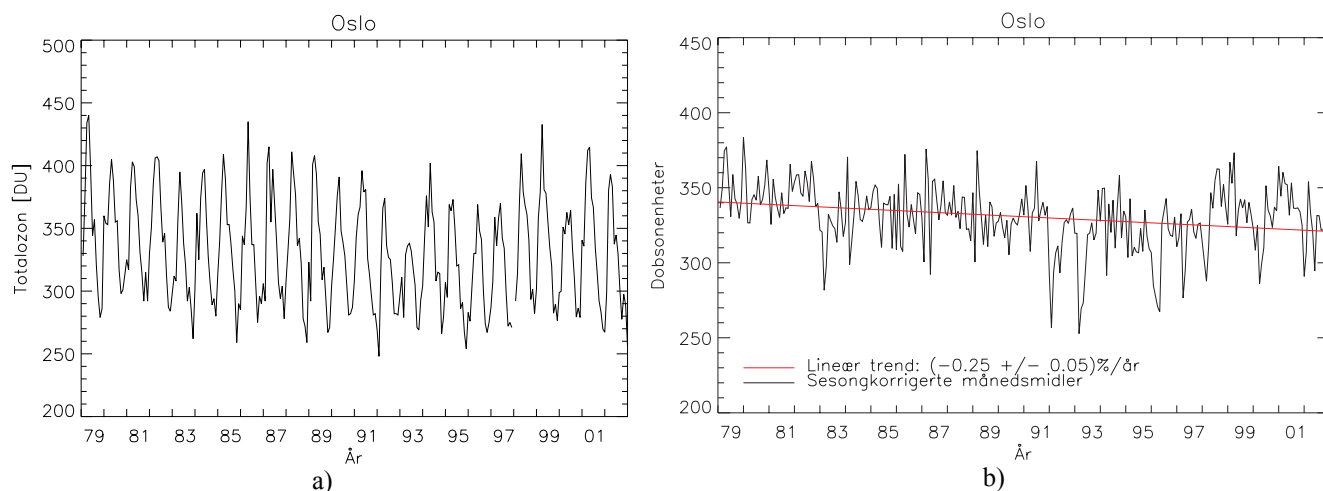
Figur 6: Ozonprofiler målt med ozonlidaren ved ALOMAR i 2002 fra januar til desember 2002. De svarte diamantsymbolene nederst markerer tidspunkter med lidarmålinger, mens de røde markerer dager hvor data fra ozonsonder sluppet i Sodankylä er benyttet. Mellom hver måling er det foretatt en lineær interpolasjon.

3. Ozonmålinger 1979 – 2002

3.1 Oslo

I Oslo har man en sammenhengende måleserie for totalozon fra 1979 til 2002. I perioden 1979-1998 er ozonverdiene basert på Dobson-målinger, mens målinger fra Brewer-instrumentet er benyttet f.o.m. 1998. Dobson-serien har nylig blitt re-evaluert i forbindelse med et doktorgradsarbeid ved Universitetet i Oslo (Svendby, 2002). I denne rapporten er den re-evaluerte måleserien benyttet.

Figur 7a) viser hvordan ozonmengden, basert på månedsmidler, har variert over Oslo i perioden januar 1979 til desember 2002. Årstidsvariasjonene kommer her tydelig frem. Den store årstids-variasjonen, som er typisk for stasjoner ved høye breddegrader, har sammenheng med transport av ozon fra kildeområdene i stratosfæren over ekvator. Denne transporten er størst om vinteren, og gir et maksimum i ozonmengden på vårparten. Svakere transport fra ekvator gir et minimum i totalmengden utpå høsten. I gjennomsnitt ligger april-middelet 40% høyere enn november-middelet.



Figur 7a): Månedsmidlede ozonverdier over Oslo i perioden 1979–2002 basert på målinger med Dobson og Brewer.

Figur 7b): Variasjon i ozonmengden over Oslo i perioden 1979-2002 når sesongvariasjonene er fjernet. På denne måten kommer trenden tydeligere frem enn i figuren til venstre. Verdiene i figuren må ikke oppfattes som reelle månedsmidler (totalozon) siden sesongvariasjonene er fjernet.

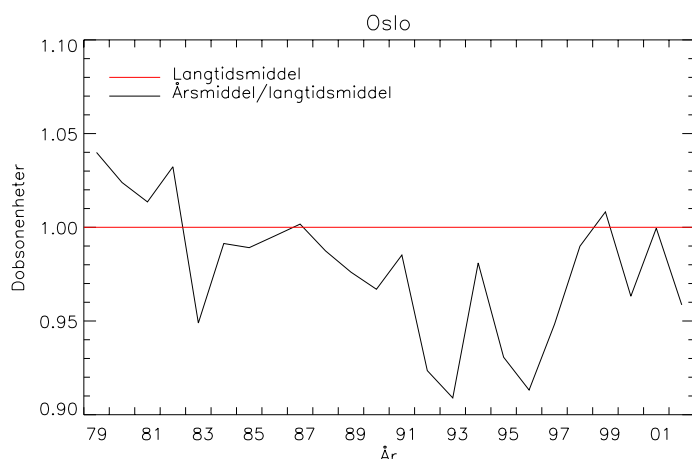
Figur 7b) viser på en annen måte enn i Figur 7a) hvordan månedsmidlene varierer fra 1979 til 2002. Her er sesongvariasjonene fjernet ved å trekke fra langtids-månedsmiddelet og å legge til langtids-årsmiddelet. På denne måten går det tydeligere frem hvordan avviket fra måned til måned varierer gjennom perioden. Merk at ozonverdiene i Figur 7b) kun illustrerer variasjonene i månedsmidlene gjennom måleperioden og må ikke oppfattes som totalozon siden sesongvariasjonene er fjernet.

Resultatene av trendanalysen er vist i Tabell 3. Som det fremgår av Figur 7b), har trenden ikke vært jevn i perioden 1979 til 2002. Dette skyldes at de meteorologiske forhold, som har betydning for ozonlagets tykkelse, varierer fra år til år.

Tabell 3: Endring i ozonmengden i prosent per år for Oslo for perioden 1.1.1979 til 31.12.2002. Tallene i parentes angir usikkerheten (1 standardavvik). Data fra Dobson- og Brewer-instrumentene er benyttet. En trend større enn to standardavvik anses for å være statistisk signifikant.

Årstid	Trend (% per år)
Vinter: desember - februar	- 0.35 (0.14)
Vår: mars - mai	- 0.46 (0.13)
Sommer: juni - august	- 0.07 (0.07)
Høst: september - november	- 0.17 (0.06)
Hele året:	- 0.25 (0.05)

Figur 8 viser årsmiddelet for hvert av årene fra 1979 til 2002 relativt til langtids-årsmiddelet (1979-1989). De lave verdiene i 1983, 1992 og 1993 har sammenheng med vulkanutbruddet fra El Chichón i Mexico i 1982 og fra Mount Pinatubo, Filippinene i 1991. Figuren illustrerer at 1990-årene bidrar sterkt til den nedadgående trenden beregnet for perioden 1979 til 2002. Årsmiddelet for 2002 lå 4% under langtids-årsmiddelet.



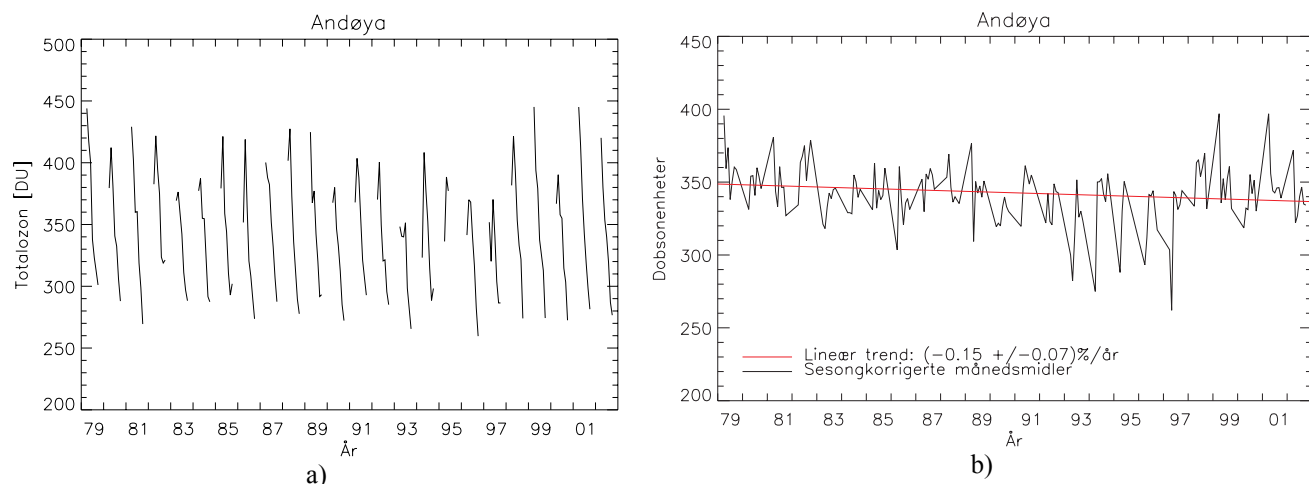
Figur 8: Forholdet mellom årsmidler i perioden 1979-2002 for Oslo og langtids-årsmiddel for 1979-1989.

3.2 Andøya

For Tromsø finnes en sammenhengende måleserie fra 1935-1972 og fra 1985-1999 basert på Dobson-målinger. Disse målingene ble re-evaluert i forbindelse med et doktorgradsarbeid ved Universitetet i Tromsø (Svenøe, 2000). I etterkant har det vist seg at dataserien ikke er konsistent i det at forskjellen mellom data fra Dobson-instrumentet og f.eks. TOMS varierer betydelig over perioden 1985-1999 (Høiskar et al, 2002). I årets rapport har vi derfor valgt å ikke benytte data fra Dobson-instrumentet. Så snart det foreligger en godt kvalitetssikret versjon av disse dataseriene vil vi inkludere disse i trendanalysen.

I årets rapport rapporteres det trend i ozonmengden over Andøya for perioden 1979-2002. Dataene fra 1979-1994 er i sin helhet basert på TOMS-målinger. Månedsmidlene for perioden 1994-1999 er basert på Brewer målinger fra Tromsø, mens månedsmidlene for 2000-2002 er basert på Brewer-målinger på Andøya.

Figur 9a) viser hvordan ozonmengden, basert på månedsmidler, har variert over Andøya i perioden januar 1979 til desember 2002. Variasjonene i ozonmengden over Andøya i perioden 1979-2002 etter at sesongvariasjonene er fjernet, er vist i Figur 9b). Pga. manglende data er vintermånedene oktober-februar utelatt for hele perioden. En trendanalyse på dette datasettet (som inkluderer mars – oktober) gir en signifikant trend på $-0.15\% \pm 0.07\%$ pr. år på årsbasis. Resultatene av trendanalysen er vist i Tabell 4.



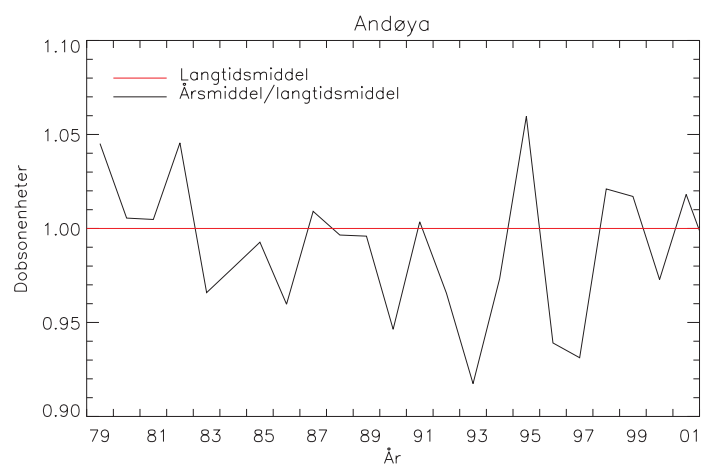
Figur 9a): Månedsmidler av ozonmengden over Andøya i perioden 1979–2002 basert på målinger med Brewer og TOMS.

Figur 9b): Variasjon i ozonmengden over Andøya i perioden 1979-2002 når sesongvariasjonene er fjernet. Verdiene i figuren må ikke oppfattes som reelle månedsmidler (totalozon) siden sesongvariasjonene er fjernet.

Tabell 4: Endring i ozonmengden i prosent per år for Andøya for perioden 1.3.1979 til 30.09.2002. Tallene i parentes angir usikkerheten (1 standardavvik). Data fra Brewer-, og TOMS-instrumentene er benyttet. En trend større enn to standardavvik anses for å være statistisk signifikant.

Årstid	Trend (% per år)
Vår: mars-mai	- 0.20 (0.14)
Sommer: juni-august	- 0.06 (0.05)
Hele året:	- 0.15 (0.07)

Figur 10 viser årsmiddel (mars til oktober) for hvert av årene fra 1979 til 2002 absert på data fra Brewer- og TOMS-instrumentene.



Figur 10: Forholdet mellom årsmidler i perioden 1979-2002 for Andøya og langtids-årsmiddel for 1979-1989.

4. UV-målinger

Det norske UV-nettverket består av 8 fem-kanals GUV-instrumenter. NILU har ansvaret for driften av instrumentene ved tre målestasjoner (Oslo, Andøya og Ny-Ålesund), mens Statens Strålevern har ansvaret for de øvrige fem instrumentene (Trondheim, Kise, Bergen, Østerås og Landvik). Nettverket ble opprettet i 1994/95.

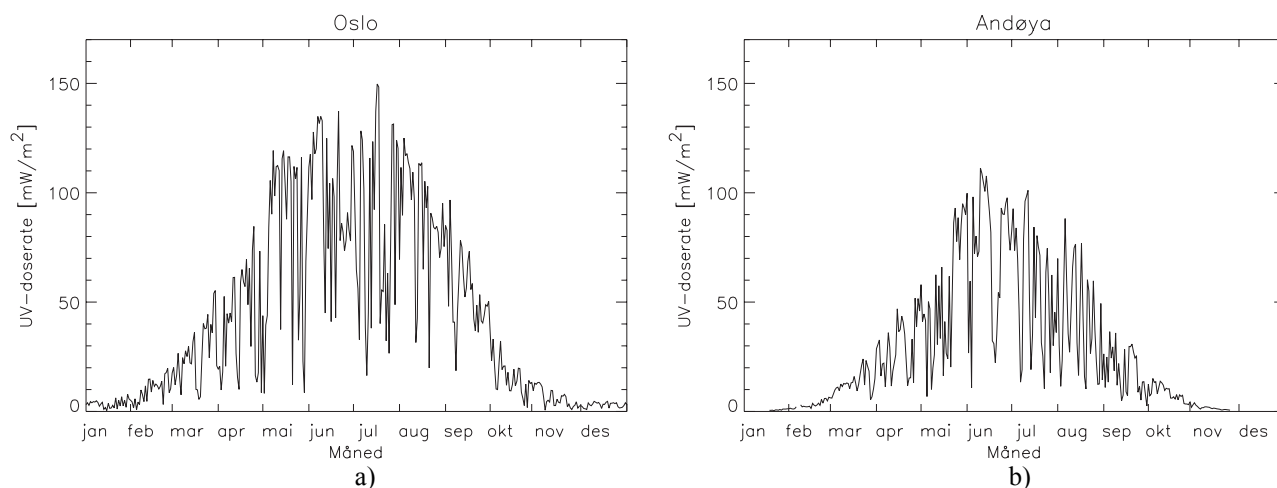
I Tabell 5 er det gitt en oversikt over antall dager det mangler UV-data hele eller deler av dagen for de tre stasjonene. Dager hvor solen står under horisonten (polarnatt) er ikke tatt med i oversikten. For Oslo og Ny-Ålesund har det vært få eller ingen dager med driftsstans i 2002. På Andøya var det i alt 16 dager med driftsstans. I de fleste tilfellene er driftsstansen tidlig om morgenen eller sent på kvelden når solen står lavt på himmelen. Av de 16 dagene med driftsstans er det 7 dager hvor mer enn 10% av dagsdosen er gått tapt.

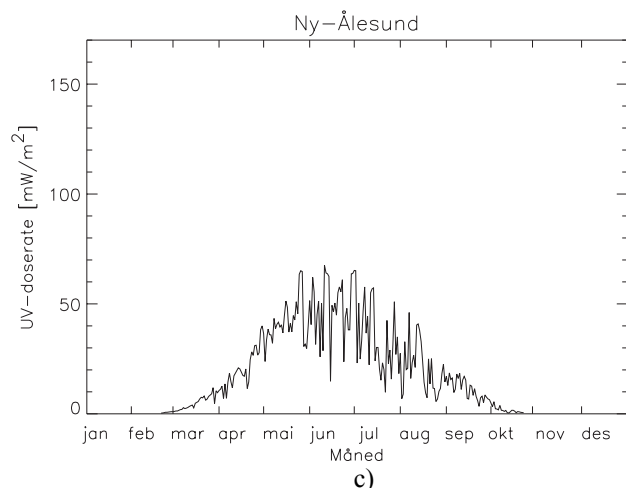
Tabell 5: Oversikt over driftsstans i 2002 ved de tre målestasjonene som måler UV. Dager hvor solen står under horisonten (polarnatt) er ikke inkludert i oversikten.

Stasjon	Antall dager som mangler data	% av årsdosen mistet
Oslo	1	~0 %
Andøya	16	~1.4 %
Ny-Ålesund	0	0%

4.1 Måleresultater 2002

Figur 11 viser timesmiddel av UV-doseraten midt på dagen (mellom 10:30 og 11:30 GMT) for Oslo, Andøya og Ny-Ålesund. UV-doseraten er et mål på den samlede biologiske effekten av UV-A og UV-B stråling. Enheten for doserate er mW/m^2 , men den kan også angis ved en UV-indeks. UV-indeks 1 tilsvarer $25\text{mW}/\text{m}^2$.





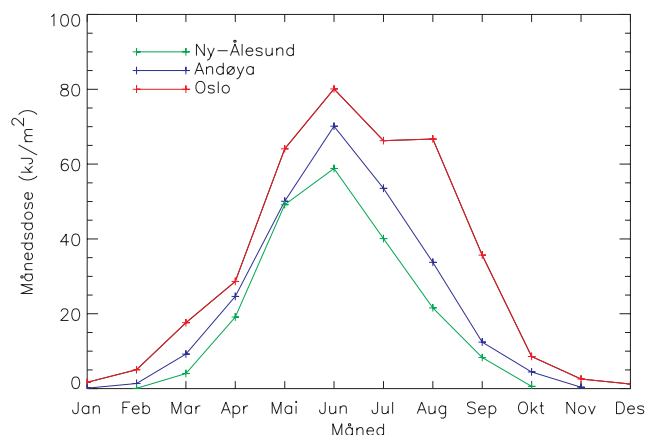
Figur 11: UV-doseraten målt midt på dagen i 2002 for a) Oslo, b) Andøya og c) Ny-Ålesund.

Tabell 6 viser høyeste UV-indeks registrert på de tre målestasjonene. De høyeste nivåene vil normalt inntreffe i sommermånedene når sola står høyest på himmelen. De viktigste faktorene som påvirker UV-strålingen er solhøyde, skyer, ozonlagets tykkelse og refleksjon fra bakken (albedo). Årstidsvariasjonen i UV-doseraten som skyldes solhøyden kommer tydelig frem i Figur 11. De store variasjonene i doseraten fra dag til dag skyldes hovedsakelig varierende skydekke, men varierende ozonmengde spiller også en viktig rolle. I 2002 er det flere eksempler på at skyer kan dempe UV-strålingen med mer enn 95%. På den andre siden har vi også eksempler på at skyer kan gi en økning i UV-strålingen på mer en 10% sammenlignet med klarvær. Dette kan inntreffe i delvis skyet vær når himmelen omkring sola er skyfri. Den direkte solstrålingen vil dermed være som i klarvær mens den diffuse stråling vil kunne øke på grunn av refleksjon fra skyer nær sola. Effekten av skyer er tilnærmet bølglengde-uavhengig slik at skyer demper UV-A og UV-B i like stor grad.

Tabell 6: Tabellen viser høyeste registrerte UV-indeks ved de tre stasjonene i UV-nettverket i 2002.

Stasjon	Høyeste registrerte UV-indeks i 2002	Dato
Oslo	6,0 (149.7 mW/m ²)	16. juli 2002
Andøya	4.5 (111.3 mW/m ²)	9. juni 2002
Ny-Ålesund	2.7(67.6 mW/ m ²)	10. juni 2002

UV-månedsdoser for Oslo, Andøya og Ny-Ålesund er vist i Figur 12. Månedsdosen er den samlede dosen i løpet av en måned. De raske dag til dag-variasjonene som skyldes varierende skydekke midles bort, og nivåforskjellene mellom stasjonene kommer tydeligere frem. Om sommeren vil dagens lengde øke med breddegraden. Derfor vil forskjellen i månedsdose være mindre enn for dose-raten midt på dagen. Oslo har klart de høyeste månedsdosene.



Figur 12: Månedlige integrerte UV-doser i 2002 målt med GUV-instrumentene i Oslo, på Andøya og i Ny-Ålesund.

4.2 Årsdoser

UV-nettverket har vært i drift siden midten av 1995. Måleseriene er for kort til å begynne rapportering av en trend, men det er nyttig å rapportere årlige UV-doser som en miljøindikator, Tabell 7. For Oslo finnes data for hele 1995, mens det for Ny-Ålesund finnes data fra og med sommeren 1995. For Ny-Ålesund rapporteres det derfor årsdoser fra og med 1996. I perioden 1996-1999 var GUV-instrumentet som nå er installert ved ALOMAR-observatoriet på Andøya, plassert i Tromsø. UV-klimatologien ved ALOMAR er forskjellig fra den som observeres i Tromsø fordi ALOMAR ligger lengre sør og fordi sky-klimatologien er forskjellig for de to målestasjonene. Dette gjør at måleserien fra Tromsø ikke kan videreføres, men starter på nytt fra og med år 2000 på ALOMAR.

Tabell 7: Årlige UV-doser (kJ/m^2) observert ved de tre stasjonene i perioden 1995-2002.

År	Oslo	Andøya	Ny-Ålesund	Tromsø
1995	385.1			
1996	380.4		218.5	253.6
1997	412.5		206.5	267.0
1998	320.3		217.7	248.4
1999	364.9		186.1	228
2000	363.2	239.7	231.0	
2001	372.3	237.0	208.6	
2002	378.1	260.0	201.8	

5. Referanser

- Braathen, G.O., Dahlback, A., Svenøe, T., Bojkov, B. og Hansen, G.H. (1998) Overvåking av ozonlaget. Årsrapport 1997. Kjeller (NILU OR 56/98).
- Dahlback, A. og Tønnessen, F. (2002) Ozonmålinger med Dobson-instrumentet i Ny-Ålesund og Brewer- og Dobson-instrumentet ved Universitetet i Oslo i 2002 (Måledata).
- Dahlback, A., Braathen, G.O. og Stordal, F. (1995) Overvåking av ozonlaget. Årsrapport 1994. Kjeller (NILU OR 20/95).
- Høiskar, B.A.K., Braathen, G.O.B., Dahlback, A., Bojkov, B.R., Edvardsen, K., Hansen, G.H., Svenøe, T. (2001) Overvåking av atmosfærens ozonlag og naturlig ultrafiolett stråling. Årsrapport 2000. Kjeller (NILU OR 35/2001).
- Høiskar, B.A.K., Braathen, G.O.B., Dahlback, A., Edvardsen, K., Hansen, G.H., Svendby, T. (2002) Overvåking av atmosfærens ozonlag og naturlig ultrafiolett stråling. Årsrapport 2001. Kjeller (NILU OR 35/2002).
- Larsen, S.H.H. (1993) Ozonmålinger med Dobson-instrumentet ved Universitetet i Oslo 1979-1993 (Måledata).
- Roscoe, H.K., Johnston, P.V., van Roozendaal, M., Richter, A., Sarkissian, A., Roscoe, J., Preston, K.E., Lambert, J.-C., Hermans, C., Decuyper, W., Dzienus, S., Winterrath, T., Burrows, J., Goutail, F., Pommereau, J.-P., d'Alemeida, E., Hottier, J., Coureul, C., Didier, R., Pundt, I., Bartlett, L.M., McElroy, C.T., Kerr, J.E., Elokhov, A., Giovanelli, G., Ravegnani, F., Premuda, M., Kostadinov, I., Erle, F., Wagner, T., Pfeilsticker, K., Kenntner, M., Marquard, L.C., Gil, M., Puentedura, O., Yela, M., Arlander, D.W., Kåstad-Høiskar, B.A., Tellefsen, C.W., Karlsen Tørnkvist, K., Heese, B., Jones, R.L., Aliwell, S.R. og Freshwater, R.A. (1999) Slant column measurements of O₃ and NO₂ during the NDSC intercomparison of zenith-sky UV-visible spectrometers in June 1996. *J. Atmos. Chemistry*, 32, 281-314.
- Stebel, K, G. Hansen, K. Edvardsen, T. Storelvmo, and M.Gausa (2003) Implementation of a daylight receiver in the ALOMAR ozone lidar, final report to ESA. Kjeller (NILU OR 32/2003). In preparation.
- Svendby, T. M. og Dahlback, A. (2002) Twenty years of revised Dobson total ozone measurements in Oslo, Norway, Accepted for publication in *Journal of Geophysical Research*.
- Svenøe, T. (2000) Re-evaluation, statistical analysis and prediction based on the Tromsø total ozone record. A dissertation for the degree of doctor scientiarum. Tromsø, Universitetet i Tromsø.

Vaughan, G., Roscoe, H.K., Bartlett, L.M., O'Connor, F.M., Sarkissian, A., Van Roozendael, M., Lambert, J-C., Simon, P.C., Karlsen, K., Kåstad Høiskar, B.A., Fish, D.J., Jones, R.L., Freshwater, R., Pommereau, J.-P., Goutail, F., Andersen, S.B., Drew, D.G., Hughes, P.A., Moore, D., Mellqvist, J., Hegels, E., Klupfel, T., Erle, F., Pfeilsticker, K., Platt, U. (1995) An intercomparison of ground-based UV-visible sensors of ozone and NO₂. *J. Geophys. Res.*, 102, 1411-1422, 1997.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORT NR. NILU OR 33/2003	ISBN 82-425-1459-3 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 20	PRIS NOK 150,-
TITTEL Overvåking av ozonlaget og naturlig ultrafiolett stråling. Årsrapport 2002.		PROSJEKTLEDER Britt Ann K. Høiskar	
		NILU PROSJEKT NR. O-8985	
FORFATTER(E) Britt Ann K. Høiskar, Geir O. Braathen, Arne Dahlback, Kåre Edvardsen, Georg Hansen, Kerstin Stebel, Tove Svendby, Aasmund Fahre Vik		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Ann-Margit Bull	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dept. 0032 Oslo			
STIKKORD Stratosfæreozon	UV-stråling	Måldata	
REFERAT Rapporten presenterer måldata for totalozon, vertikalfordelingen av ozon og UV-stråling ved norske målestasjoner i 2002. For Oslo og Andøya er trenden for tidsrommet 1979-2002 beregnet.			
TITLE Monitoring of the atmospheric ozone layer and natural ultraviolet radiation. Annual report 2002.			
ABSTRACT Data for total ozone, the vertical distribution of ozone and UV radiation at Norwegian measurement sites are given for the year of 2002. The trend in total ozone for Oslo and Andøya for the time period 1979-2002 has been calculated.			

* Kategorier: *A* Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres