

Beskrivning av delprogrammet Ozonnedbrytande ämnen

1 Övergripande beskrivning av delprogrammet, förutsättningar m.m.

1.1 Kort beskrivning av delprogrammet

Inom det globala nätverket NDACC (Network of the Detection of Atmospheric Composition Change- <http://www.ndacc.org>), vilket är aktivt sedan 1991, mäts idag den totala mängden av olika ämnen i atmosfären. Detta görs genom att mäta infraröda spektra av solen och ur dessa utvärdera den totala mängden (totalkolumnen) av ämnet som solljuset passerat. Ämnena som mäts är relevanta för det stratosfäriska ozonet men har i många fall även påverkan på klimat och luftkvalitet.

I Harestua (10.75 O, 60.2 N), 50 km norr om Oslo, har solabsorptionsmätningar inom NDACC bedrivits sedan 1994, men några av de 17 stationer i nätverket, bl.a. Jungfraujoch, har varit verksamma sedan 1986. I atmosfären varierar kolumnerna av olika ämnen starkt med nordlig breddgrad vilket försvårar att beräkna atmosfäriska trender från en enstaka mätstation, eftersom dess värden i viss mån beror på den atmosfäriska cirkulationen och trendanalys i ett nätverk är sålunda mer tillförlitligt. I den övre atmosfären ovan 10 km, vid ca 60 N, uppstår varje år en polarvirvel vilken bildar en transportbarriär mellan den arktiska och mellanlatitudinella luften. Innanför denna polarvirvel uppstår ozonuttuning beroende på att klor, som transporterats upp till stratosfären (med hjälp av så kallade freoner), reagerar på ispartiklar och övergår från de kemiskt inaktiva formerna väteklorid (HCl) och klornitrat (ClONO₂) till klormonoxid (ClO) vilken bryter ner ozon katalytiskt. Summan av HCl och ClONO₂ står för merparten av allt klor i den övre atmosfären, ovan 10 km, på mellanlatitud. Ungefär 20-30 % av ozonkolumnen i Arktis bryts på detta sätt ner under kalla vintrar.

Utföraren mäter ca 1 gång i veckan den atmosfäriska kolumnen (den totala mängden som solljuset passerat) samt i vissa fall den vertikala koncentrationsprofilen av följande ämnen:

- HCl- Väteklorid (vertikal kolumn och profil)
- HF – Vätefluorid (vertikal kolumn)
- HNO₃ - Salpetersyra (vertikal kolumn)
- ClONO₂ –Klornitrat (vertikal kolumn)
- N₂O- Dikväveoxid (lustgas) (vertikal kolumn och profil)
- O₃- Ozon (vertikal kolumn och profil)
- HCClF₂- Klordifluormetan (HCFC-22) (vertikal kolumn)

- CCl_2F_2 - Difluordiklormetan (CFC-12) (vertikal kolumn)
- CH_4 – Metan (vertikal kolumn och profil)
- C_2H_6 – Etan (vertikal kolumn)
- CO – Kolmonoxid (vertikal kolumn och profil)

1.2 Mål och syfte

I samband med att hotet mot ozonskiktet blev alltmer uppenbart under 1970–80-talen tillkom Wienkonventionen till skydd av ozonskiktet 1985 samt Montrealprotokollet 1987 och senare dess tillägg. Inom ramen för dessa behövdes nationella och internationella mätningar av de ämnen som bryter ner ozonskiktet. Detta för att få en uppfattning om hur stor omfattningen är av dessa ämnen och hur snabbt deras koncentrationer i atmosfären ändras.

För närvarande behövs mätningarna av följande skäl:

- utföra och rapportera högupplösta atmosfärskolumnmätningar med FTIR av flera olika föroreningar i de övre luftlagren vid Harestua solobservatorium
- ingå i ett globalt nätverk för att följa upp internationella konventioner
- använda den databas med mätdata som byggts upp av nätverket som underlag till WMO:s utvärdering av Montrealprotokollet som återkommer vart fjärde år
- använda nätverkets data för validering av satellitmätningar
- ge underlag för miljö kvalitetsmålet Skyddande ozonskikt
- ge forskningsunderlag för kolumner av ozonnedbrytande gaser (HCl, ClONO₂, HNO₃, CFC)
- ge forskningsunderlag för kolumner av klimatgaserna N₂O, CH₄ metan och CFC:er
- ge forskningsunderlag för förändringar av gaser med relevans för atmosfärskemi: CO och etan

Riksdagen har beslutat om sexton nationella miljö kvalitetsmål varav ett är Skyddande ozonskikt. Indikatorer på tillståndet är att fortlöpande mäta de ämnen som bryter ner ozonskiktet. I ett annat delprogram mäts ozonskiktets tjocklek och i ytterligare ett delprogram mäts mängden UV-strålning. En mycket viktig komponent är också att tillhandahålla aktuell och korrekt information till beslutsfattare, media och allmänheten. Det senare har drivit på framtagandet av ett UV-index och att informationen löpande görs tillgänglig via Internet.

1.3 Styrdokument

1.3.1 Undersökningar/undersökningstyper

Delprogrammet ligger inom programområdet Luft och heter Ozonnedbrytande ämnen. Någon undersökningstyp är inte framtagen.

1.3.2 Övriga styrdokument

De mätningar som utförs i Harestua ska vara ackrediterade enligt NDACC:s kriterier (<http://www.ndaccdemo.org/data/protocols>) Interkalibreringar görs inom nätverket för att kunna jämföra data från olika stationer. Dessutom används mätningar av gasceller som kvalitetsindikatorer.

Chalmers svarar för att mätosäkerhet kontinuerligt kvantifieras och dokumenteras. Alla sådana kvalitetsdata ska finnas tillgängliga för Naturvårdsverket vid behov. Utföraren kommer även att delta i ett årligt arbetsmöte för NDACC, ett möte där forskare inom nätverket träffas och diskuterar kvalitetssäkrings- och teknikfrågor, förutom faktiska resultat.

1.4 Beställare, ansvarig utförare samt styrning och förankringsprocesser

IVL Svenska Miljöinstitutet AB och Rymd-, Geo- och Miljövetenskap vid Chalmers Tekniska Högskola ansvarar, på uppdrag av Naturvårdsverket, för delprogrammets genomförande.

I avsnitt 1.7 framgår behovet för att övervaka det ozonnedbrytande ämnen. För Naturvårdsverkets uppföljning av det nationella miljökvalitetsmålet är halten av ozonnedbrytande ämnen lämpliga indikatorer på tillståndet; detta inkluderar specifikt HCl, ClONO₂ vilket motsvarar mängden klor i den övre atmosfären, HCFC-22 vilket motsvarar en av de viktigaste ersättningsfreonerna samt CFC-12 vilket motsvarar den ursprungliga freonen.

Att IVL/Chalmers fått uppdraget beror på innehavet av ett lämpligt instrument och erfarenhet att bedriva denna typ av mätningar regelbundet samt att forskargruppen på Avdelningen för Mikrovågs- och Optisk fjärranalys på Chalmers tekniska högskola har utfört mätningar med högupplöst sol-FTIR vid Harestua solobservatorium inom ramen för det globala nätverket NDACC sedan 1994.

1.5 Finansiering och kostnad

Delprogrammet ingår i den nationella miljöövervakningen och finansieras inom ramen för Naturvårdsverkets verksamhet. Den årliga totala kostnaden för mätningarna under år 2019 är 634 000 kr (49 000 kr går till IVL projektledning och resterande 585 000 kr går till Chalmers mätningar).

1.6 Användare och användningsområden

Den långsiktiga användningen är mätningar av ozonnedbrytande ämnen i syfte att efterleva Wienkonventionen och Montrealprotokollet samt uppföljning av det nationella miljökvalitetsmålet Ett skyddande ozonskikt.

Data som levererats till NDACC kan även användas av vem som helst. Tänkbara områden är

- använda nätverkets data för validering av satellitmätningar
- ge forskningsunderlag för förekomsten av stratosfärsgaser
- ge forskningsunderlag för förekomsten av klimatgaserna N₂O, CH₄ och CFC:er
- ge forskningsunderlag för förekomsten av gaser med relevans för atmosfärskemi: CO
- För att studera andra ämnen vars förekomst i atmosfären kommer att öka och då kunna utvärderas i solspektra, tex SF₆

1.7 Uppföljning av syfte

Atmosfärsgaserna som mäts inom detta program uppvisar stor variabilitet över tid (årstidvariation), latitud och höjd i atmosfären. Den stora naturliga variabiliteten i både i rum och i tid medför att man måste ha tillgång till ett stort antal mätplatser i världen och långa tidsserier för att säkert kunna uttala sig om eventuella trender. Detta understryker betydelsen av internationellt samarbete och datautbyte och detta görs inom NDACC.

Under senare år har det uppmärksammats alltmer att den pågående klimatförändringen påverkar förhållandena i stratosfären där ozonskiktet befinner sig. Temperaturen där har sjunkit vilket påverkar de ozonnedbrytande processerna. Det finns alltså en koppling mellan ozon och de substanser som bryter ner ozon och klimatfrågan, som inte bara berör de potenta växthusgaserna CFC (klor-fluor-karboner), vilka fasas ut som en följd av Montrealprotokollet. En annan intressant ozon-klimat-koppling som uppmärksammats på senare år är att den pågående klimatförändringen kommer att öka atmosfärens cirkulation i stratosfären. Enligt atmosfärsmodellerna kommer transporten av nybildat ozon över tropikerna att föras allt snabbare mot polerna; inom forskningsområdet kallas detta för att Dobson-Brewer-cirkulationen förstärks. Följden av detta blir att vi i framtiden kommer att få aningen tjockare ozonskikt över högre breddgrader medan det samtidigt blir lite tunnare över lägre breddgrader.

2 Information som erhålls inom delprogrammet

2.1 Design och Stationsnät

Inom NDACC(<http://www.ndacc.org>) finns det 23 mätstationer med infraröd sol absorptionsmätning (sol FTIR). Nätverket har förhållandevis god täckning på den norra hemisfären vid mellan- och nordlig latitud men det är betydligt glesare vid ekvatorn. Harestua (60.2 N, 10.7 O) kringgärdas av Kiruna (67.8 N, 20.4 O), Sankt Petersburg (59.9 N, 29.8 O) och Bremen (53.1 N, 8.8 O).

2.2 Variabler

Storheten totalcolumn är ett mått på den integrerade mängden gas i en vertikal pelare på mätplatsen. Den anges i enheten molekyler per ytenhet (molekyler/cm³). Koncentrationsprofiler ges generellt som relativ enhet, dvs ppb (parts per billion 10⁻⁹). Osäkerheten i kolumnmätningarna beror på flera faktorer och är bland annat beroende av molnigheten och solhöjden. Enskilda värden i databasen har därför varierande osäkerhet, sannolikt i intervallet 2-5%. Precisionen är något bättre. Se artiklar i referenslista för en mer detaljerad beskrivning.

Koncentrationsprofilerna är behäftade med större fel än kolumnerna och generellt kan endast ett fåtal oberoende höjdlager plockas ut ur data. För varje koncentrationsprofilmätning anges en s.k averaging kernel (Rodgers 2000). Dessa kan användas av avancerade användare för att simulera hur mycket information man koncentreringshöjdprofiler det är möjligt att erhålla ur mätningen (Rodgers 2003) samt hur modelldata skall modifieras för att bäst motsvara mätningen.

Vid mätplatsen i Harestua utför Chalmers även mätning av tryck, temperatur och fuktighet.

2.3 Information som krävs från andra delprogram

Det finns för närvarande inga krav på information från andra delprogram.

3 Organisation och kvalitetsrutiner

3.1 Ansvar för delprogrammets utformning samt administration och genomförande

Projektansvarig: Karin Sjöberg, IVL

Kvalitetsansvarig: Johan Mellqvist Chalmers

Utvärdering: Johan Mellqvist och Glenn Persson, Chalmers

Resultatredovisning: Johan Mellqvist (Kortfattad statusrapport)

3.2 Kvalitetsrutiner

3.2.1 Provtagning och analys

Spektrala mätningarna med FTIR instrumentet i Harestua genomförs av Glenn Persson (Chalmers) samt personal på Harestua-observatoriet (Vegard Lundby Rekaa).

Mätningarna är inte helautomatiska utan kräver en operatör som genomför manuella mätningar. Dock görs detta generellt från fjärran via internet. Ca. en gång per månad genomförs en resa till mätstationen för att fylla flytande kväve, genomföra mer omfattande instrumentkalibreringar och tanka av data.

Under en typisk mättag mäter man solspektra i flera olika våglängdsområden genom att rotera in ett filter framför solljuset. Varje spektrum tar ca 2 min att mäta och man mäter 3 sådana spektra per filterområde. Hela proceduren tar ca 1 timme och den genomförs generellt vid låg solhöjd, ca kl 8-10 på morgonen samt hög solhöjd kl 12-14. Vid varje mättillfälle mäts också ett absorptionspektrum genom att skicka ljus från en infraröd lampa genom en gascell som fyllts med en bestämd mängd kalibrergas (HBr). Från analys av denna cellmätning kan man verifiera att instrumentet fungerar tillfredställande. En liknande, men mer avancerad mätning, görs manuellt ca en gång i månaden.

3.2.2 Utvärdering och resultatredovisning

Ur de uppmätta solspektra analyseras kolumnen av olika ämnen. Analysen görs generellt med en avancerad programvara som tagits fram inom NDACC (SFIT 2). En ny mjukvara (SFIT 4) har dock tagits fram och vi är i färd med att implementera denna under de närmsta åren för Harestua mätstationen. Resultaten publiceras på NDACC databasen inom ett år från att spektra har mätts. Eftersläpningen beror på att man behöver ta fram komplementär information (tryck, luftfuktighet) samt kvalitetsgranska data. Detta förfarande är mer rationellt att genomföra för en större mängd spektra än för få, men vid önskemål kan ”nära realtidsinformation” tas fram.

Spektralanalysen görs av Glenn Persson medan metodutveckling genomförs av Johan Mellqvist i samarbete med Glenn.

3.2.3 Datalagring

Rådata inklusive testdata och de dagliga filerna lagras varje månad i Chalmers databas. Mätdata utvärderas inom ett år från de mätts för att sedan laddas upp på NDACCs databas (<http://www.ndacc.org>). Datahantering, utvärdering samt uppladdning till NDACC databasen sköts av Glenn Persson och kvalitetsgranskning av Johan Mellqvist.

3.2.4 Kvalitetskontroller

FTIR-instrumenten är sofistikerade med omfattande styr- och reglerteknik och med sensorer som identifierar hårdvaruproblem.

Ur de uppmätta spektra kan man identifiera huruvida instrumentet bibehåller sin optiskt linjaritet och har erforderlig spektral upplösning och ljusinsläpp. Som en parameter används den s.k. RMS värdet vilket motsvarar roten av den kvadratiska skillnaden mellan det uppmätta och spektralt anpassade spektret. När RMS värdet når ett tröskelvärde så filterar man bort data.

För att kunna korrigera mätningarna för att instrumentet inte funkar perfekt så används en gascell som är fylld med ämnet HBr till lågt tryck. Sådana celler har tagits fram av NCAR i Boulder och används nu av alla FTIR-mätstationer. Cellen sätts in i ljusstrålen från en infraröd källa och sedan mäts absorptionsspektra av HBr med FTIR-instrument. Från dessa mätningar tas korrektionsfaktorer fram med en mjukvara (linefit) som utvecklats av Helmholtzinstitutet i Karlsruhe.

Inom NDACC används ofta s.k. ”Round robin tester” där spektra av ett ämnen skickas runt till hela nätverket för spektralutvärdering och jämförelse av resultat.

3.3 Åtkomst av grunddata

Harestua data lagras på NDACC databasen, med ca 1 års fördröjning. För Harestua-stationen finns kolumndata för 11 ämnen lagrade för perioden 1994 tom 2016 i ASCII formatet NASA Ames (<ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/ndacc/station/harestua/ames/ftir/>). Notera att vi befinner oss i en övergångsperiod då samtliga data kommer att utvärderas med en ny mjukvara (SFIT4) och sedan lagras som HDF 4 (<ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/ndacc/station/harestua/hdf/ftir/>) Detta format ger användaren möjlighet att få tillgång till koncentrationsprofiler i tillägg till kolumn, samt bättre information om datakvalitet. Denna övergång kommer att genomföras gradvis och först bli färdig under 2020. Idag finns ozon och CH4 tillgängligt mellan 2009 och 2019. För att hantera HDF4 behövs en speciell mjukvara (HDF viewer) vilken kan laddas ner kostnadsfritt från internet. Om data saknas kan man kontakta johan.mellqvist@chalmers.se.

3.4 Rapporter/Produkter

Aktiviteterna i Harestua rapporteras i en årlig rapport som färdigställs senast 31 Mars, dvs 3 månader efter avslutad mätning. Förutom en beskrivning av hur mätningarna fungerat kommer den att inkludera viss analys av trender från data.

4 Definitioner

FTIR: Fourier Transform Infra Red

5 Referenser

1. Chipperfield M.P., Burton, M., Bell, W., Paton-Walsh, C., Blumenstock, T., Coffey, M.T., Hannigan, J.W., Mankin, W.G., Galle, B., Mellqvist, J., Mahieu, E., Zander, R., Notholt, J., Sen, B., and Toon (1997), On the use of HF as a reference for stratospheric observations, G.C., JGR, 102, D11, 12,901-12,919.
2. Paton-Walsh C., W. Bell, T. Gardiner, N. Swann, P. Woods, J. Notholt, H. Schutt, B. Galle, W. Arlander and J. Mellqvist (1997). An uncertainty budget for ground-based FTIR column measurements of HCl, HF, N₂O and HNO₃ deduced from results of side-by-side instrument intercomparisons. J. Geophys. Res., vol 102, 8867 - 8873, 1997.
3. Galle, B., Mellqvist, J., Arlander, D.W., Fløisand, I., Chipperfield, M., and Lee (1999), Ground based FTIR measurements of stratospheric species from Harestua, Norway during Sesame and comparison with models, A.M., J. Atmos. Chem., 32, 1, 147-164, Journal of Atmospheric Chemistry
4. Mellqvist, J. (2002) Ground-based FTIR observations of chlorine activation and ozone depletion inside the Arctic vortex during the winter of 1999/2000. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres* D20, no. 107, pp. 2156-2202. DOI: 10.1029/2001JD001080.
5. Yurganov, L., Blumenstock, T., Grechko, T., Hase, E., Hyer, E., Kasischke, E., Koike, M., Kondo, Y., Kramer, I., Leung, F., Mahieu, E., Mellqvist, J., Notholt, J., Novelli, P., Rinsland, C., Scheel, H., Schulz, A., Strandberg, A., Sussmann, R., Tanimoto, H., Velazco, V., Zander, R. & Zhao, Y. (2004) A Quantitative Assessment of the 1998 Carbon Monoxide Emission Anomaly in the Northern Hemisphere Based on Total Column and Surface Concentration Measurements. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres* 109, pp. D15305. DOI: 10.1029/2004JD004559.
6. Yurganov, L., Duschatelet, P., Dzhola, A., Edwards, D., Hase, F., Kramer, I., Mathieu, E., Mellqvist, J., Notholt, J., Novelli, P., Rinsland, C., Scheel, H., Schulz, A., Strandberg, A., Sussmann, R., Tanimoto, H., Velazco, V., Zander, R. & Zhao, Y. (2004) Increased Northern Hemispheric Carbon Monoxide Burden in the Troposphere in 2002 and 2003 Detected from the Ground and from Space. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 4, pp. 4999-5017.
7. Dils, B., De Mazière, ..& Mellqvist, J. (2005) Comparisons between SCIAMACHY and ground-based FTIR data for total columns of CO, CH₄, CO₂ and N₂O. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 5, pp. 2677-2717.
8. Strong, K., Wolff, M., Kerzenmacher, T., Walker, K., Bernath, P., Blumenstock, T., Boone, C., Catoire, V., Coffey, M., Mazière, M., Demoulin, P., Duchatelet, P., Dupuy, E., Hannigan, J., Höpfner, M., Glatthor, N., Griffith, D., Jin, J., Jones, N., Jucks, K., Kuellmann, H., Kuttippurath, J., Lambert, A., Mahieu, E., McConnell, J., Mellqvist, J., Mikuteit, S., Murtagh, D., Notholt, J., Piccolo, C., Robert, C., Schneider, M., Schrems, O., Semeniuk, K., Senten, C., Stiller, G.,

- Strandberg, A., Taylor, J., Tètard, C., Toohey, M., Urban, J., Warneke, T. & Wood, S. (2008) Validation of ACE-FTS N₂O measurements. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8, pp. 4759-4786. DOI: 10.5194/acp-8-4759-2008.
9. Vigouroux, C., De Maziere, M., Demoulin, P., Servais, C., Hase, F., Blumenstock, T., Kramer, I., Schneider, M., Mellqvist, J., Strandberg, A., Velasco, V., Notholt, J., Sussmann, R., Stremme, W., Rockmann, A., Gardiner, T., Coleman, M. & Woods, P. (2008) Evaluation of tropospheric and stratospheric ozone trends over Western Europe from ground-based FTIR network observations. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8, no. 23, pp. 6865-6886. DOI: 10.5194/acp-8-6865-2008.
 10. Dupuy, E., Walker, K., Mellqvist, J. (2009) Validation of ozone measurements from the Atmospheric Chemistry Experiment (ACE), *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 287–343
 11. de Laat A. T. J.; Gloudemans A. M. S.; Schrijver H....Mellqvist, J., et al. (2010), Validation of five years (2003-2007) of SCIAMACHY CO total column measurements using ground-based spectrometer observations, *ATMOSPHERIC MEASUREMENT TECHNIQUES* 3(5), 1457-1471
 12. de Laat, A., Gloudemans, A., Schrijver, H., Aben, I., Nagahama, Y., Suzuki, K., Mahieu, E., Jones, N., Paton-Walsh, C., Deutscher, N., Griffith, D., De Maziere, M., Mittermeier, R., Fast, H., Notholt, J., Palm, M., Hawat, T., Blumenstock, T., Hase, F., Schneider, M., Rinsland, C., Dzhola, A., Grechko, E., Poberovskii, A., Makarova, M., Mellqvist, J., Strandberg, A., Sussmann, R., Borsdorff, T. & Rettinger, M. (2010) Validation of five years (2003-2007) of SCIAMACHY CO total column measurements using ground-based spectrometer observations. *Atmospheric Measurement Techniques* 3, no. 5, pp. 1457-1471. DOI: 10.5194/amt-3-1457-2010.
 13. Angelbratt, J., Mellqvist, J., Simpson, D., Jonson, J., Blumenstock, T., Borsdorff, T., Duchatelet, P., Forster, F., Hase, F., Mahieu, E., De Maziere, M., Notholt, J., Petersen, A., Raffalski, U., Servais, C., Sussmann, R., Warneke, T. & Vigouroux, C. (2011) Carbon monoxide (CO) and ethane (C₂H₆) trends from ground-based solar FTIR measurements at six European stations, comparison and sensitivity analysis with the EMEP model. *Atmospheric Chemistry and Physics* 11, no. 17, pp. 9253-9269. DOI: 10.5194/acp-11-9253-2011.
 14. Johansson, J., Mellqvist, J., Samuelsson, J., Offerle, B., Lefer, B., Rappengluck, B., Flynn, J. & Yarwood, G. (2014) Emission measurements of alkenes, alkanes, SO₂, and NO₂ from stationary sources in Southeast Texas over a 5 year period using SOF and mobile DOAS. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 119, no. 4, pp. 1973-1991. DOI: 10.1002/2013jd020485.
 15. Johansson, J., Mellqvist, J., Samuelsson, J., Offerle, B., Moldanova, J., Rappengluck, B., Lefer, B. & Flynn, J. (2014) Quantitative measurements and modeling of industrial formaldehyde emissions in the Greater Houston area during campaigns in 2009 and 2011. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 119, no. 7, pp. 4303-4322. DOI: 10.1002/2013JD020159.
 16. Rodgers, C. D. (2000): Inverse methods for atmospheric sounding – theory and practice, Series on Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics, World Scientific Publishing, Singapore.
 17. Rodgers, C. D. and Connor, B. J (2003):. Intercomparison of Remote Sounding Instruments, *J. Geophys. Res.*, 108, doi:10.1029/2002JD002299.

18. Vigouroux, C., Blumenstock, T., Coffey, M., Errera, Q., Garcia, O., Jones, N., Hannigan, J., Hase, F., Liley, B., Mahieu, E., Mellqvist, J., Notholt, J., Palm, M., Persson, G., Schneider, M., Servais, C., Smale, D., Tholix, L. & De Maziere, M. (2015) Trends of ozone total columns and vertical distribution from FTIR observations at eight NDACC stations around the globe. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, no. 6, pp. 2915-2933. DOI: 10.5194/acp-15-2915-2015.

Bilaga 1.

Ozonnedbrytande ämnen			
Mål	Övervakning av <i>Ozonnedbrytande ämnen</i>		
Preciserat syfte	Mätning av kolumnen av ozonnedbrytande ämnen (mängd, trend) samt spridning av information om läget via nätet. Underlag för uppföljning av miljömålet Skyddande ozon.		
Undersökningar	Högupplöst infraröd solaabsorptionsmätning med FTIR		
Stationsnät	Harestua (60.2 N, 10.7 O)-NDACC (23 stationer globalt)		
Variabler	HCl kolumn och profil, HF kolumn, HNO ₃ kolumn, N ₂ O kolumn och profil, O ₃ kolumn och profil, HCFC-22 kolumn CFC-12) kolumn, CH ₄ kolumn och profil, C ₂ H ₆ kolumn, CO kolumn och profil		
Styrdokument	Undersökningstyper	Namn	
		Namn	
	Kvalitetsdeklaration	Versionsnr.:	
	Övrigt	Namn	
		Namn	
Utvärderingsverktyg	-		
Underlag till nationella indikatorer	För miljömål skyddand ozonskikt kommer mätningar ge underlag till preciseringarna: Vändpunkten och återväxt Ofarliga halter ozonnedbrytande ämnen		
Dataleveranser	Nationellt	Internationellt	
		http://www.ndacc.org	
Rapporter/produkter	Statusrapport varje år.		
Ansvarig utförare år 2019	Organisation	Projektledare	Kvalitetsansvarig
	IVL/Chalmers	Karin Sjöberg (IVL)	Johan Mellqvist (Chalmers)