

Den globale fordeling af kviksølv i troposfæren

Af projektleder, seniorforsker Henrik Skov, Danmarks Miljøundersøgelser

Gennemgående projekt

Deltagere

Deltagere om bord: Forskningsassistent Britt Tang Sørensen, seniorforsker Henrik Skov, tekniker Henrik W. Madsen og tekniker Bjarne Jensen.

Deltagere på land: En væsentlig del af aktiviteterne i projektet har været det beredskab, der har været på land for at udbedre fejl og mangler på apparaterne og sørge for at sende og modtage havarerede/reparerede instrumenter.: Forsker Axel H. Egeløv, tekniker Hans Nielsen, teknikker Jane Søfting, sekretær Maria Pedersen – alle fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU).

Endelig vil seniorforsker Jesper Christensen være involveret i udviklingen af en global model til at bestemme variationerne i atmosfærens kviksølvindhold, se senere.

Eksterne samarbejdspartnere:

Lektor Matthew Johnson, Københavns Universitet; Forsker Alexandra Steffen, MSC Canada, Projektleder Paolo Sacco, Fondazione Salvatore Maugeri, Italien.

Formål

Målet med projektet er at bestemme variationerne i atmosfærens kviksølvindhold og relatere dem til luftmassernes oprindelse og tilstedeværelsen af kilder og dræn - dvs. optag eller udfældning af kviksølv. De indsamlede data vil desuden blive anvendt til at udvikle en global model, så kilde-/drænprocesserne for kviksølv i atmosfæren kan beskrives.

Forskningsmæssig status

Under Galathea 3-ekspeditionen har projektet gennemført kontinuerte målinger af kviksølv- og andre forbindelser, som vi skal bruge for at tolke vores kviksølvdato. Målingerne er foretaget under hele togtet, idet projektet er ét af i alt fem gennemgående. Projektet har på alle (undtagen to) togtben haft én plads, på enkelte togtben to pladser. Alle vores målinger blev foretaget i en 10"-container, der var placeret på styrbord side ved siden af skibsskorstenen, se figur.

For alle monitorerne anvendte vi nul og span addition med reference gasser for at kontrollere vores kalibreringer. Data blev sendt til DMU via internet en gang i døgnet. Disse resul-



VÆDDEREN ved St. Croix. Foto: Henrik Skov



Luftcontaineren



“Luftcontaineren” udefra (til venstre). Kviksølvmonitorerne i luftcontaineren (til højre) Foto: Erika Skov

tater stiller vi også til rådighed for andre projekter, da de er til stor hjælp for tolkningen af luftmåleresultater. Der er således allerede etableret et tæt samarbejde med *Kulstofprojektet*, hvor for eksempel CO anvendes som indikator for luftmasser, der er påvirket af emissioner fra afbrænding af fossilt eller biogent brændsel.

CO (kulstof):

CO blev målt med en API CO-analysator med en detektionsgrænse på 20 ppbv. Herved var det muligt at måle alle koncentrationer af CO på ekspeditionen, da baggrundskoncentrationen af CO på den sydlige og nordlige hemisfære er henholdsvis omkring 50 ppbv og 150 ppbv. CO er vigtigt som sporstof for forbrændingsprocesser af enten fossilt brændstof eller fra biomasse, og da CO-emissionsfaktorerne generelt er meget bedre kendt end kviksølv, kan de bruges til at komme med et bud på, hvor meget kviksølv der er emitteret. Desuden kan CO sammen med NO_x (nitrogenoxider) bruges til at filtrere de kviksølvmålinger fra, der er forurenet med røg fra skibsskorstenen.

Til støtte for kulstofprojektet blev endnu en CO-analysator sat op, men ved brug af en lang slange foregik opsamlingen umiddelbart bag ved ”Monkey Island” (dæksområdet bag ved broen), hvor alle andre målinger til kulstofprojektet foregik. Denne analysator er ikke så følsom som API - den første analysator - og tjente kun til at filtrere i målinger, kontamineret med røg fra skibet. Kvaliteten af alle CO-målinger blev sikret ved dagligt at tilsætte nulluft uden CO og en gang om ugen at tilsætte en span koncentration fra en trykflaske med en certificeret CO-koncentration.

NOx (nitrogenoxider)

NOx (NO + NO₂) blev målt med en API NOx-analysator. NO har en meget kort levetid i atmosfæren (minutter), og den omdannes med ozon til NO₂. NO₂ har en levetid på typisk nogle dage, derfor er NO og NO₂ rigtigt gode sporstoffer for kontaminering fra skibet, og sammen med CO giver de stor sikkerhed for, at vi kan frasortere kontaminerede kviksølv-målinger. Kvaliteten af NOx-målingerne blev sikret ved dagligt at tilsætte nulluft uden NOx og en gang om ugen at tilsætte en span koncentration fra en trykflaske med en certificeret NO-koncentration på samme måde som for CO.

Ozon

Ozon blev målt som sporstof for fotokemisk aktivitet. Vi har tidligere vist, at kviksølv er koblet til ozon gennem konkurrerende reaktioner med halogenatomer. Ozon måles med en API ozon analysator ved brug af UV-absorption. Kvaliteten af målingerne blev kontrolleret og sikret dagligt ved at addere nulluft og en kendt koncentration fra en standard ozongenerator, der sidder i apparatet. Stabiliteten af denne generator er tjekket før afsejlingen og ved hjemkomsten.

GEM og RGM

Gasformigt elementært kviksølv (engelsk: Gaseous Elemental Mercury, GEM) blev målt med en TEKRAN 2537A Hg-analysator. Kviksølv blev opsamlet på én af to guldfælder, der sidder

Sargassohavet. Foto: Henrik Skov



parallelt i apparatet. Mens den ene opsamler kviksølv fra luft, desorberes den anden termisk i en strøm af argon. Mængden af kviksølv bestemmes ved fluorescens spektroskopi.

Desuden var Tekran 2537A Hg-analysatoren forsynet med et denudersystem, TEKRAN 1130, der gjorde det muligt også at måle oxideret gasformigt kviksølv (engelsk: Reactive Gaseous Mercury: RGM).

TAM

Den totale mængde af kviksølv blev målt ved at have et pyrolysesystem foran en TEKRAN 2537A. Pyrolysesystemet blev konstrueret umiddelbart før afgang, og vi kan allerede konkludere, at det skal udvikles yderligere.

Passiv opsamling af kviksølv

En nyudviklet passiv opsamler til måling af atmosfærisk kviksølv blev testet om bord og videreudviklet, så vi nu har en mere økonomisk version. Opsamleren kræver ikke pumpe eller anden ekstern energi. Den er udviklet i samarbejde mellem lektor Christian Lohse, institutbestyrer Michael E. Goodsite, Syddansk Universitet, og projektleder Paolo Sacco, Fondazione Salvatore Maugeri, Italien.

Tolkning af data og modeludvikling

Der vil blive udarbejdet ansøgninger med henblik på at skaffe økonomiske midler til at foretage kvalitetskontrol af hjemkomne data, databehandling og tolkning.

Der er en ph.d.-ansøgning undervejs inden for ph.d.-skolen COGCI (Copenhagen Global Change Initiativ). Her har vi allerede 50 % af finansieringen, og der er lavet en samarbejdsaftale med professor Daniel Jacobs, Harvard, USA, om at anvende deres globale model GEOS-CHEM som udgangspunkt. Samarbejdet vil bl.a. inkludere et seks månedersophold på Harvard for den ph.d.-studerende.

Formidlingsmæssig status

De generelle luftforureningsdata blev lagt på vores hjemmeside (www.dmu.dk), så folk kunne følge med i luftforureningen i de luftmasser, Galathea 3 gennemsejlede.

Projektet har haft stor interesse blandt de danske medier. Der er skrevet mindst 12 artikler i danske aviser, både landsdækkende og lokale, og et par artikler i Dansk Kemi. Desuden har der været to indlæg på TV 2. Undervisningsministeriet har lavet undervisningsmateriale, der fortæller om kviksølvproblematikken i miljøet. Endelig er der givet foredrag til en gymnasieklasse, og to gymnasieelever fra Mulernes Legatskole i Odense har vundet en pris ved en international konkurrence (<http://www.emu.dk/gym/fag/ge/uvforloeb/spacecamp.html>) med udgangspunkt i anvendelse af satellitter i forskningen af kviksølv i troposfæren. Selve opgavebesvarelsen findes på <http://www.mulerne-gym.dk>. Data vil endvidere blive anvendt i flere "peer reviewed" videnskabelige artikler.