

Fra Aerosollaboratoriet til ATMI

DMU

En uformel beretning om ATMI's historie 1970 - 2002

Af Niels Z. Heidam og Jes Fenger

Danmarks Miljøundersøgelsers afdeling for Atmosfærisk Miljø har på baggrund af sin mere end 30 år lange historie erkendt, at det forestående generationsskifte kan betyde tab af erindringen om afdelingens rødder.

Derfor er denne uformelle beretning om ATMIs historie de første tre årtier et forsøg på – medens tid er – at fastholde nogle markante træk i den voldsomme udvikling som afdelingen har gennemløbet under årenes skiftende vilkår. Formålet er at bibringe læseren en indsigt i baggrunden for afdelingens nuværende faglige profil og traditioner. Det er samtidigt hensigten at beretningen kan tjene som en præsentation eller en introduktion til ATMI ikke mindst overfor nye medarbejdere.

Beretningen forløber i alt væsentligt kronologisk og dækker stort set perioden 1970 - 2002. Men udviklingen har været mangesidig og beretningen er derfor opdelt i en række parallelle forløb.

Afdelingen startede omkring 1970 under navnet Aerosollaboratoriet med nogle ganske få medarbejdere under det daværende Forsøgsanlæg Risø's Helsefysiske afdeling. Laboratoriet voksede i takt med den voksende miljøbevidsthed og blev efter ca. 10 år inddraget under Miljøstyrelsen under navnet Luftforureningslaboratoriet. Denne administrative tilknytning blev ændret efter yderligere et årti og laboratoriet har nu i mange år fungeret som en afdeling under Danmarks Miljøundersøgelser, der blev oprettet som en styrelse under Miljøministeriet. Afdelingen fik først det lidt besynderlige navn Afdelingen for Forureningskilder og Luftforurening, FOLU, men har siden midten af 1990'erne udgjort Afdelingen for Atmosfærisk Miljø, ATMI.

Opgavernes antal og art har udviklet sig meget gennem tiden, men den integrerede overvågning af Danmarks forureningssituation på luftområdet er forblevet den centrale opgave. Her benytter man sig af en kombination af målinger og modelberegninger.



Laboratoriets nye bygning, 1980.

Aerosollaboratoriet

Luftforurening har formodentlig været kendt lige siden ilden blev taget i anvendelse, og historieskrivningen og litteraturen vrimler lige fra oldtiden med hentydninger til den dårlige luft i byerne.

I Danmark var det dog først omkring 2. Verdenskrig, at der blev gjort seriøse forsøg på at belyse problemerne. I 1944-45 iværksatte Akademiet for de Tekniske Videnskaber således målinger af støvfald i København. I årene 1965-67 og i 1970 blev der også målt svovldioxid. Også i provinsen – specielt i Fredericia – blev der på dette tidspunkt foretaget undersøgelser ved Dansk Kedelforening (senere dk-Teknik, nu Force Technology).

På Forsøgsanlæg Risø havde Fysikafdelingen allerede i 1967 stillet forslag om undersøgelser af luftforurening i forbindelse med afdelingens arbejde med meteorologi. Et problem man ventede ville vokse i Danmark, hvor angiveligt "luftforureningen indtil videre kun sporadisk og relativt lokalt har været et problem". Det blev dog Risø Helsefysiske Afdeling, der i 1969-1970 tog opgaven op med oprettelse af et Aerosollaboratorium. Ledelsen blev overgivet til civ.ing. Hans Flyger, som i mange år havde interesseret sig for atmosfæriske partikler og som havde været med i den danske delegation som skulle undersøge brintbombelykken på Thule Airbase i 1968. Medarbejderstaben var ganske lille og omfattede laborant Birthe Vaabengaard og laboratoriemester Knud Hansen. I 1972 blev også Niels Z. Heidam og Finn Palmgren Jensen ansat.



Hans Flyger

Laboratoriet beskæftigede sig som navnet antyder især med partikler. Blandt andet forsøgte man med kampagneagtige målinger på Flakfortet at kortlægge partikelforekomsten i Københavnsområdet. Til kalibrering af partikeltællerne anvendtes manuelt betjente Nolan-Pollack tællere, som var tidens mest pålidelige instrumenter.

Flybårne målinger i Grønland



C-54 flyet med besætning og "støvsugerbande". Østgrønland 1973.

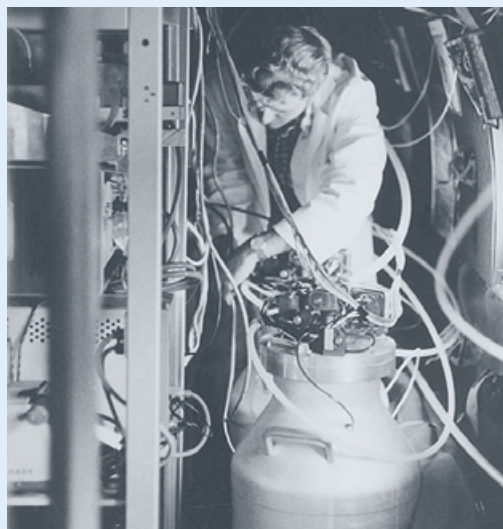
Et af dette laboratoriums første større projekter var flybårne undersøgelser af forekomst og fordeling af partikler og gasser over det nordlige Atlanterhav og Grønland. Det udsprang af ønsket om at fastlægge egenskaberne for "den naturlige eller globale baggrunds aerosol" som referencetilstand for den omsiggribende luftforurening i de industrialiserede lande. Ifølge gældende opfattelse omkring 1970 måtte denne "baggrunds aerosol" kunne findes i atmosfæren langt fra de industrielle kildeområder, altså bl.a. i Grønland.

Aerosollaboratoriets første ekspedition fandt sted i sommeren 1971 med et lille to-motors Cessna-fly under Hans Flygers ledelse. Instrumenterne, som hovedsagelig var til måling af partikler i atmosfæren, kunne ikke købes og var derfor selvkonstruerede og hjemmebyggede. Ekspeditionen havde store problemer med at få instrumenterne til at fungere under de vanskelige forhold i et lille fly. Disse første målinger viste dog, som ventet, meget lave koncentrationer af Aitken kim og "cloud-condensation nuclei".

Den næste ekspedition i august 1973 var støttet af Carlsbergfondet og Risø. Den blev ledet af Niels Z. Heidam og var langt større anlagt, både med hensyn til instrumentering, fly og antal deltagere som kom fra både Danmark, Canada og USA. Der blev opnået en aftale med Flyvevåbnet om, at ekspeditionen kunne foregå som en ekstra aktivitet under de flyvninger til isrekognoscering og fiskeriinspektion, som Flyvevåbnet var forpligtet til at gennemføre i Grønland i

sommerperioden. Aerosollaboratoriet indledte her et samarbejde med Flyvevåbnet, som skulle vise sig både meget nyttigt og meget langvarigt.

Til disse flyvninger anvendtes et C-54 fly, en militær udgave af DC4 – et propeldrevet fly med fire motorer, som viste sig både meget velegnet og meget behageligt. Ved denne og den følgende ekspedition var det igen Knud Hansen som stod for størstedelen af arbejdet med konstruktion, opbygning og installering af instrumenter. Til prøvetagning af luften konstruerede han således et sindrigt system med 4 ombyggede mælkejunger, som automatisk, men trinvis forskudt, gennemløb cyklussen indtag, tryksætning, måling og afkast af prøveluft. Gennem mange uger lykkedes det "Støvsugerbanden", som den blev kaldt af flybesætningen, at foretage målinger over hele Grønland fra Thule i nord til Narsarsuaq i syd og fra Sønder Strømfjord i vest til Kulusuk og Mestersvig i øst af både små partikler med kondensationskintællere og af store partikler med optiske tællere. Helt uventet blev der bl.a. fundet en meget stærk lagdeling af den arktiske atmosfære, hvor koncentrationerne af de små partikler i velafgrænsede lag kunne nå så forbavsende højder, at ideen om en upåvirket arktisk atmosfære fik et grundskud.



Henrik Christiansen kontrollerer mælkejungerne i C-54 flyet.

Projektet var af en sådan karat at Aerosollaboratoriet fik den ære at bidrage med en artikel om ekspeditionen og dens resultater til Carlsbergfondets festskrift ved fondets 100 års jubilæum i 1976.

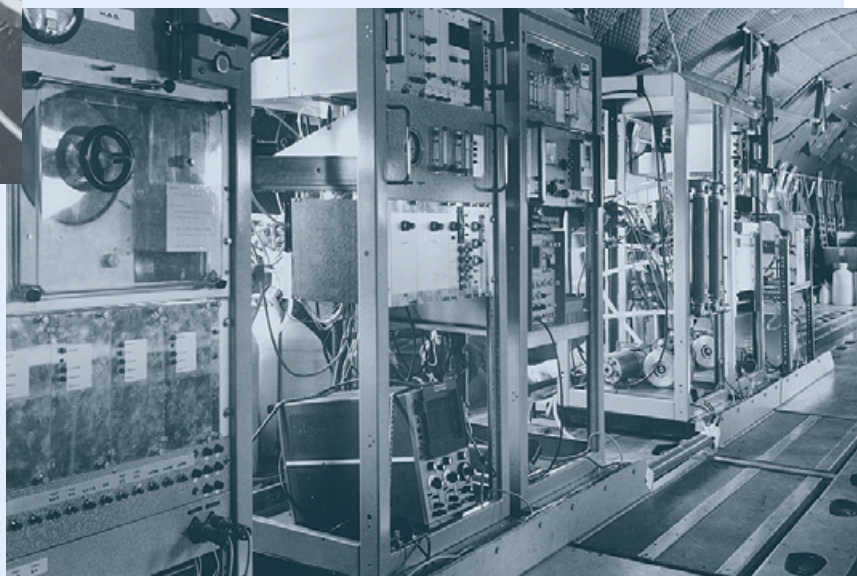
Målingerne blev gentaget ved en ekspedition i juli 1976, denne gang med et af de dengang nye Hercules C130 fly. Det var dog et så støjende fly, at det var nødvendigt for ekspeditionens deltagere at

kommunikere med et professionelt intercomudstyr. Resultaterne adskilte sig imidlertid ikke væsentligt fra dem fra 1973 og bragte ikke meget nyt. Det var bl.a. en konsekvens af det meget omskiftelige vejr i Grønland, som på forhånd gjorde udbyttet af en sådan ekspedition temmeligt tilfældigt. Det var desuden en meget stor belastning for laboratoriet at instrumentere sådan et fly og gennemføre en langvarig ekspedition i Grønland, og derfor blev yderligere flybårne undersøgelser opgivet. Men disse ekspeditioner, som etablerede gode relationer til Flyvevåbnet, lagde grunden til laboratoriets stadigt eksisterende engagement i Grønland.

Tidlige målinger i København

Allerede i midten af 1960'erne havde Københavns kommune startet luftforureningsmålinger. De blev udført af Dansk Kedelforening og omfattede måling af sod og svovldioxid ved hjælp af den såkaldte OECD metode med sværtning af filtre. Metoden var enkel og gav de første data om udviklingen i luftforureningen, som på det tidspunkt var stigende på grund af voksende biltrafik og svovlholdigt brændsel til opvarmning og elproduktion. I 1971 fik Aerosollaboratoriet i samarbejdet med DtH (nu DTU) til opgave at analysere disse data under et eksamensprojekt (se side 4). Det var den første systematiske analyse af luftdata fra København.

I 1972 havde Risø og Storkøbenhavns Luftforureningsudvalg aftalt at kortlægge luftforureningen i København. Måleprogrammet blev lagt i hænderne på Finn Palmgren Jensen, og der skulle nu også lægges særlig vægt på at bestemme luftens indhold af bly og vanadium, som hoved-



Måleudstyr i C-54 flyet.

sagelig stammede fra hhv. bilernes benzin og kraftværkernes svære brændselolie. Man analyserede metalindholdet i de luftfilterprøver der var indsamlet til sodbestemmelse. Da der ikke var indsamlet meget stof, måtte der anvendes meget følsomme metoder. Det førte bl.a. til at man tog Niels Bohr Instituttets gamle van de Graaff generator i brug til PIXE (Proton Induceret X-ray Emission). Det er en metode der stadig anvendes – dog med mere tidssvarende udstyr (se side 5).

PIXE kan bruges til analyse af grundstofindholdet i mange forskellige slags prøver – biologisk materiale, sediment, meteoritter, plast etc. Men til analyse af aerosoler opsamlet på filtre er PIXE uovertruffen. I hver enkelt prøve kan der typisk påvises ca. 20 forskellige grundstoffer. Derfor blev PIXE-gruppen, bestående af Kåre Kemp og Niels Henrik Bastholm samt laboratoriemester Jens Tscherning Møller, på Hans Flyers initiativ administrativt integreret i Aerosollaboratoriet i 1973. I de følgende år blev analysegangen automatiseret hvorved kapaciteten blev øget så meget, at alle aerosolprøver i luftforureningsprogrammerne kunne analyseres med PIXE. Endvidere supplerede man med neutronaktiveringsanalyse udført på Risø Reaktor DR2 og senere, da DR2 blev lukket, på DR3.

Disse på det tidspunkt ret avancerede metoder omfattede altså flere forurenende stoffer i hver prøve. Det førte i løbet af nogle år til anvendelse af receptormodeller, der kunne knytte forureningen i målepunktet til bestemte kildetyper såsom udslip fra benzinbiler og kraftværker.

I løbet af 1970'erne udvidede man målenettet til ca. 30 målestationer og en målevogn, hvilket naturligvis krævede mere personale og flere prøvetagere og analyser. Man startede også målinger af CO, NO_x og kulbrinter ved hjælp af monitorer samt svævestøv opsamlet på filtre som efterfølgende blev vejjet og analyseret med PIXE.

Det lykkedes efterhånden at overbevise Storkøbenhavn Luftforureningsudvalg ved afdelingsingeniør T. C. Windfelt Lund om, at der skulle tages mere avancerede metoder i brug. Bl.a. byggede man kaskadeimpaktorer til 6 størrelsesfraktioner. De blev anvendt til målekampagner i København og analyserne blev gennemført med PIXE. Da målingerne skulle udføres manuelt og med en ret stor tidsopløsning for at vurdere kilderne, måtte der skiftes prøver hver anden time både nat og dag. Det foregik ved at 4 mand havde hver 6 timers arbejde med skift på 3 målestationer i København. I den sammenhæng gennemførte stud. scient. Peter Wåhlin 1973-74 det første eksamensprojekt på Aerosollaboratoriet med netop disse og lignende kaskadeimpaktorer.

Undersøgelserne blev mere og mere avancerede, bl.a. i form af en speciel undersøgelse omkring Poul Bergsøes oparbejdningsfabrik for bly i Glostrup. Den skabte en del presseomtale, og i forbindelse med faldende blypriser førte det til at fabrikken efter nogle år blev lukket.

Det blev efterhånden klart at tilsvarende målinger også skulle foretages i andre danske byer, så man begyndte at diskutere mulighederne for at etablere et landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram, LMP (se senere).

Analyse af målinger af svovldioxid og svævestøv i København

Samarbejdet mellem Risø og Storkøbenhavns Luftforureningsudvalg førte i 1971 til et samarbejde med laboratoriet for Varme- og Klimateknik på DTH (nu DTU) om et 1-årigt afgangprojekt på civilingeniørstudiet for Erik Lyck (nu DMU-SYS) og Sven-Erik Gryning (nu RISØ-DTU). Emnet var luftforureningen i København. Siden 1968 havde dk-Teknik udført døgnmålinger for luftforureningsudvalget af svovldioxid og svævestøv på 24 lokaliteter. Disse målinger forelå ved projektets start som håndskrevne skemaer.

Afgangprojektet drejede sig om en systematiseret gennemgang af målingerne 1968-1971. Projektet, hvor Risø havde vejlederrollen, blev som noget nyt gennemført under anvendelse af maskinel databehandling. Det skal forstås i forhold til

det teknologiske stade i starten af 70'erne, hvor stort set ingen havde computere, medens de to ingeniørstuderende på DTH fik adgang til de nyeste mainframe computere. Resultaterne afslørede henover måleperioden en stigning i koncentrationen af svovldioxid og viste at koncentrationen af svævestøv var ret høj. Da resultaterne af projektet kom frem i sommeren 1972 fik det Politiken til i en leder dels at kræve nærmere undersøgelser, idet man jo ikke kendte kilderne og ikke kendte svævestøvens sammensætning, dels at kræve flere indgreb mod luftforurening i byerne. Der blev i lederen appelleret til Jens Kampmann, som var forureningsminister, som det hed dengang, om at gøre noget mere for luften i byerne. For som Politiken skrev: 'Vi kan ikke alle sammen bo på landet'.

PIXE

På Niels Bohr Institutet, NBI på Blegdamsvej i København blev der frem til midten af 50'erne bygget flere partikelacceleratorer, som blev brugt til kernefysiske undersøgelser. Den sidste i rækken var en 4,5 MV van de Graaff accelerator, men omkring 1970 måtte man erkende at mulighederne for anvendelse af denne accelerator indenfor moderne kernefysik var ved at være udtømte. Man stod derfor overfor enten at måtte lukke acceleratoren eller at finde andre anvendelser for den.

Det kom Aerosollaboratoriet til gode idet acceleratoren viste sig velegnet til analyser af sammensætningen af svævestøv indsamlet på filtre. Med van de Graaff acceleratoren kan man udnytte et af de bedst kendte kvantemekaniske fænomener – at elektroner i atomerne bevæger sig i bestemte baner omkring atomkernerne – til at måle meget små mængder af grundstoffer. Ved at beskyde en prøve med energirige protoner fra en accelerator kan der løsriver elektroner fra atomernes indre skaller. Når de igen fyldes op produceres der røntgenstråling med energier, som er karakteristiske for grundstofferne i prøven.

Samtidig gjorde den ny halvlederteknologi det muligt at fremstille røntgendetektorer, som i en enkelt måling kan optage et helt energispektrum. Metoden kaldes Proton Induced X-ray Emission spectroscopy – eller PIXE – og kan i praksis bruges til at bestemme alle grundstoffer fra og med atomnummer 13 (aluminium) i en meget lille mængde (ned til nogle få µg) fast stof.

Van de Graaff gruppen på NBI var aktiv ved udviklingen af både den teoretiske baggrund for metoden og den praktiske udformning. Fra den spæde start i 1972 er der nu på verdensplan ca. 100 aktive PIXE laboratorier.

I begyndelsen af 1990-erne var acceleratoren dog så nedslidt at en forsættelse på NBI ville kræve en omfattende restaurering. Derfor søgte og fik ATMI af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd (SNF) en bevilling på ca. 6 mio. kr til indkøb af en ny og mere moderne accelerator. Den blev i 1996 installeret i kælderen i ATMIs bygning ved Roskilde. Den gamle accelerator er nu – efter mere end 40 års aktiv tjeneste på NBI – opstillet på Elmuseet ved Tange.

PIXE har altså fulgt med fra Aerosollaboratoriet over Miljøstyrelsens Luftforureningslaboratorium til DMUs Afdeling for Atmosfærisk Miljø. I de forløbne over 30 år har PIXE været en integreret del i så godt som alle laboratoriets luftkvalitetsprogrammer, ikke blot i Danmark men også i Grønland, Malaysia og det nordligste Canada. Analyserne har givet informationer om niveauerne for toksiske grundstoffer, specielt tungmetaller, og deres udvikling gennem mere end 3 dekader. De mange resultater bliver især brugt i multivariate statistiske receptormodeller, som har givet og giver oplysninger om kilder for og udbredelse af forskellige typer forurening – fra trafikforureningen i gadeplan til grænseoverskridende forurening.



PIXE detektor



PIXE vaccumtank.

Atmosfærisk langtransport

I 1972 afholdt FN sin første store miljøkonference i Stockholm. Nogle fremsynede forskere fra Sverige benyttede her lejligheden til under stor bevågenhed at præsentere resultaterne fra en omfattende undersøgelse af luftforureningens forekomst i Europa. Resultaterne gav meget stærke indicier for at udslip af svovldioxid rundt om i Europa gav sur regn i Skandinavien og bevirkede fiske- og skovdød i både Norge og Sverige. Det gav anledning til en stor fælles europæisk undersøgelse i OECD-regi. Undersøgelsen, som blev offentliggjort i 1977, kunne overraskende, men ganske utvetydigt fastslå, at luftforurening kunne transporteres mange hundrede, endda op

til tusind kilometer i atmosfæren og give skader meget langt fra kilderne. Hermed blev den grænseoverskridende atmosfæriske langtransport af forureningskomponenter bredt accepteret som et fænomen af stor miljømæssig betydning. Disse observationer førte i løbet af de følgende år til etablering af det europæiske monitorings- og evalueringsprogram EMEP, som i Danmark blev forløberen for det senere Baggrundsovervågningsprogram for atmosfæren, BOP (se senere), og fælles internationale emissionsbegrænsninger.

Flybårne målinger ved Stignæs

I begyndelsen af 1970'erne havde det stigende forbrug af fossilt brændsel medført et stigende indhold af svovldioxid i atmosfæren. Svovldioxid oxideres i atmosfæren til sulfatholdige partikler, men omdannelseshastigheden var kun ufuldstændigt kendt. I et forsøg på at få bedre data startede laboratoriet undersøgelser af røgfanen fra Stignæsværket nær Skælskør under anvendelse af Flyvevåbnets C47, den militære udgave af den tidligere meget populære DC3.

Da emnet især var svovlkemien i røgfanen, var det oprindelig tanken at mærke røggassen med en ufarlig mængde radioaktivt svovl, men det blev efter en heftig offentlig debat stoppet af daværende miljøminister Ritt Bjerregård. I øvrigt havde Aerosollaboratoriet under ventetiden på tilladelse til et radioaktivt udslip selv opgivet denne mærkning af røggassen, men det var dog mere fordi den valgte svovlforbindelse, CS_2 viste sig at være en meget giftig gas.

Trods mangel på sporstof lykkedes det alligevel at følge røgfanen og gennemføre prøvetagning af SO_2 og SO_4^{2-} langt udover Nordsøen. Senere blev sporstofteknikken dog indført med den inaktive gas svovlhexafluorid SF_6 og en specielt følsom detektionsmetode udviklet af Erling Lund Thomsen. SF_6 har dog langt senere også vist sig at være problematisk, idet den både er en udpræget drivhusgas, og medvirker til nedbrydningen af ozon i stratosfæren. Det er nu ikke længere tilladt at udlede SF_6 til atmosfæren.



Mennesket i centrum



Det seneste fremskridt inden for forskningen med spredning af radioaktivt stof er, at man har fundet mere velegnede forsøgsdyr end de gængse hvide mus.

Niels Heidam
ved flydør med
luftindtag til
C-47.

Forsøget med
radioaktive spor-
stoffer i røgfa-
nen fra Stignæs-
værket vakte
debat i dags-
pressen.

Dansk miljølovgivning, energikrise, kulkonsekvenser og forsøringsudvalg

I 1971 oprettedes Ministeriet for Forureningsbekæmpelse, der i 1973 skiftede navn til Miljøministeriet. Herunder etableredes Miljøstyrelsen.

I 1972 året kom det første vigtige danske lovindgreb over for luftforurening: "Grænser for svovl i olie". I 1973 kom Miljøbeskyttelsesloven, der trådte i kraft i 1974. Den medførte bl.a. miljøgodkendelse af – og begrænsning af luftforurening fra – virksomheder.

Efter den omfattende energikrise i 1973 og senere også i 1979 påbegyndtes i Danmark en målrettet omlægning af energiproduktionen fra olie til kul. Laboratoriet blev her inddraget i Miljøstyrelsens intense arbejde med at kortlægge de miljømæssige konsekvenser heraf. Arbejdet på luftforureningsområdet resulterede i de to vigtige rapporter: *Kulkonsekvensredegørelsen, 1980 og Mellemstore kulfyrede anlæg, 1982*.

Det danske gennembrud i reguleringen af svovldioxid og kvælstofoxider kom i 1982 med nedsættelsen af det såkaldte "Forsøringsudvalg". I forbindelse med det udredningsmæssige arbejde spillede Luftforureningslaboratoriet en central rolle og medvirkede ved udgivelsen af en række af udvalgets rapporter. Flere medarbejdere fra andre institutioner og private firmaer, herunder den senere chef for laboratoriet Lars Moseholm, var gennem et par år udstationeret på laboratoriet i et multikontor indrettet i ATMIs store mødelokale.

Miljøstyrelsens laboratorier

I begyndelsen af 1970'erne blev der ført en række forhandlinger om oprettelse af statslige miljølaboratorier. Et af problemerne var, hvor de skulle placeres. Universiteterne var ikke meget for at være værter for noget så anvendt, derfor oprettedes i april 1977 formelt en række sektorlaboratorier under Miljøstyrelsen, bl.a. et Ferskvandslaboratorium, et Havforureningslaboratorium, et Kemisk-Analytisk Laboratorium og et Luftforureningslaboratorium. Alle laboratorierne havde i virkeligheden eksisteret i forvejen i forskellig regi, men blev nu efter en række diskussioner samlet administrativt, dog stadig med forskellig placering.

Luftforureningslaboratoriet blev placeret på Risø som en fusion mellem Risø Aerosollaboratorium, luftforureningsgruppen på Meteorologisk Institut og PIXE-gruppen på Niels Bohr Institut. Laboratoriets opgaver skulle være såvel målrettede forskningsopgaver som undersøgelses- og udredningsvirksomhed, laboratoriefaglig bistand samt rekvireret arbejde.

I første omgang ansatte man alle de 22 medarbejdere som

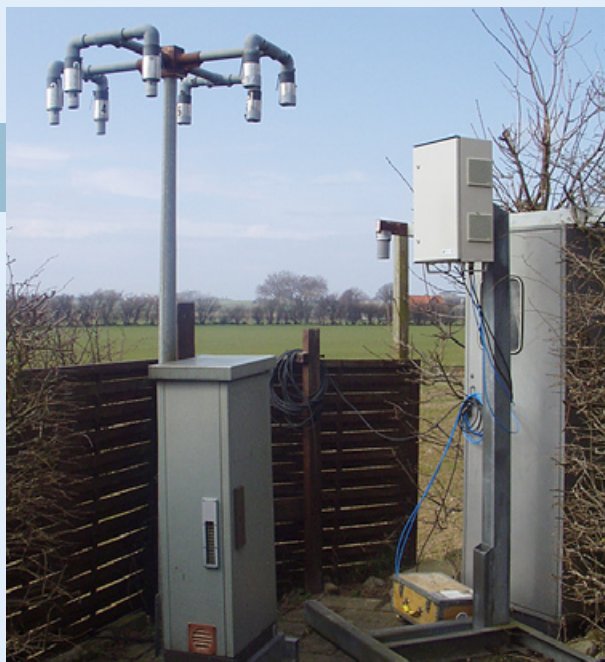
laboratoriet var vokset til: En forstander, 11 AC medarbejdere, 5 tekniske medarbejdere og 4 kontomedarbejdere på halvtid samt en lånt jurist på halvtid. Budgettet var på 4 mio. kroner – i det væsentlige i form af finanslovsbevilling. Med oprettelsen af Luftforureningslaboratoriet og den faste bevilling sluttede en pionertid som for mange medarbejders vedkommende havde været temmeligt belastende. De havde ofte måttet acceptere skiftende tidsbegrænsede ansættelser hos diverse samarbejdspartnere, hvor det ikke altid var klart, hvorfra og hvornår næste månedsløn dukkede op. Indtægten fra rekvireret arbejde var dengang meget beskedent, men dette forhold skulle senere ændre sig drastisk.

Laboratoriets første chef blev Laboratorieforstander Hans Flyger, der hidtil havde ledet Risø Aerosollaboratorium. Der blev endvidere oprettet en Styregruppe for laboratoriet, hvis skiftende formænd bl.a. blev Risø daværende underdirektør Niels Busch og senere Mogens Bundgård Nielsen og derefter Henrik Sandbech, begge fra Miljøstyrelsen.

I de år hvor laboratoriet var en del af Miljøstyrelsen, var der et snævert samarbejde om mange miljøfaglige projekter, bl.a. om luftvejledningen, kulkonsekvensredegørelserne og den senere omtalte dioxinundersøgelse. Laboratoriets chef var medlem af chefgruppen i Miljøstyrelsen og der var desuden fælles udvalg til behandling af både faglige og personalemæssige emner, fælles personalekonference etc.

Baggrundsovervågningsprogrammet BOP

Med baggrund i de tidligere omtalte svenske resultater fra Stockholmkonferencen 1972 om langtransport af luftforurening var der på norsk-svensk initiativ i de følgende år blevet afholdt en række uformelle møder mellem fremtrædende forskere og beslutningstagere fra mange europæiske lande samt USA og Sovjetunionen. Formålet var at få etableret et samarbejde om kortlægning og bekæmpelse af den grænseoverskridende luftforurening i Europa, specielt den forsurende svovldioxid. Trin for trin førte det i perioden 1974–1978 til oprettelsen af det fælles europæiske overvågningsprogram EMEP, European Monitoring and Evaluation Programme med en international styregruppe under FN's økonomiske kommission for Europa i Geneve, UNECE. Desuden fortsatte under konstant pres fra de skandinaviske lande diskussionerne også på højere niveau under internationale møder og nedrustningskonferencer. Det førte i 1979 til oprettelsen og underskrivelsen i Geneve af Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP.



Målestation ved Keldsnor.

Efter et intenst lobbyarbejde fra Hans Flygers side lykkedes det i 1977 for det nyetablerede Luftforureningslaboratorium at få tildelt ansvaret for gennemførelse af den danske del af luftovervågningen under EMEP. Under ledelse af Niels Z. Heidam startede arbejdet i januar 1978 ved kun to stationer, Tange og Keldsnor, og med et begrænset måleprogram, som dog omfattede både luft og nedbør. EMEP programmet blev starten på laboratoriets overvågningsprogram af luftforurening i baggrundsområder som siden er udbygget kraftigt og navngivet Baggrundsovervågningsprogrammet. BOP blev efterhånden udvidet til 6 hovedstationer med et omfattende måleprogram i både luft og nedbør. Resultaterne rapporteres til EMEPs datacenter. ATMI's forbindelse til det internationale samarbejde i Geneve blev gennem alle årene frem til 2005 varetaget af Niels Z. Heidam.

Parallelt hermed havde Mads Hovmand fra IØB, Institut for Økologisk Botanik ved Københavns Universitet, og senere ATMI startet undersøgelser af skovforsuring både i Jylland og på Sjælland. Der blev i dette Ionbalanceprogram bl.a. opsamlet regnvand i skov, dels som dryp fra trækroenerne, dels som stammenedløb, der blev opsamlet i specielt opsatte gummirender.

I forbindelse med Vandmiljøplanen blev BOP i 1990'erne en del af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet, NOVA.

Bymåleprogrammet LMP

På baggrund af de mange målinger i København og de første EU direktiver om luftkvalitet begyndte Miljøstyrelsen at overveje etablering af et landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram LMP, som det af politiske grunde kom til at hedde, selvom det faktisk kun dækkede byområder. Man talte i første omgang om 12 byer, men efter lange diskussioner endte det med kun 7. Også den gang manglede der finansiering, men efter at Miljøstyrelsens direktør Jens Kampmann under en frokost i Roskilde blev overbevist af Hans Flyger om nødvendigheden af et sådant måleprogram, lykkedes det at frem-



Regnvandsopsamling under Ionbalance-projektet.

skaffe midler både fra kommunerne og fra staten, dels som en finanslovsbevilling og dels som et bidrag fra Miljøstyrelsen. Programmet blev i 1981-82 etableret under ledelse af Finn Palmgren Jensen og kom til at omfatte i alt 30 målestationer, foreløbig for en periode på 5 år. Det var i den periode man kunne se, at bly for alvor begyndte at falde, fordi indholdet i benzin blev reduceret. Også SO_2 var begyndt at falde på grund af reduceret svovlindhold i kul og olie.

I forbindelse med problemerne med bly i benzin besluttede man at ville påvise, at indholdet af bly i levnedsmidler afhæng af udslippet af bly til atmosfæren. Risø havde en samling gamle, foraskede prøver af levnedsmidler indsamlet til måling af radioaktivitet. De blev nu undersøgt for bly, men mærkværdigvis viste det sig, at større indhold i atmosfæren svarede til mindre bly i levnedsmidlerne. Det kunne der være flere interessante grunde til, men problemet blev aldrig løst. Undersøgelserne blev stoppet med den begrundelse at de jo bare "forplumrede problemstillingen"!



LMP station ved Limfjordsbroen i Ålborg.

LMP blev revideret adskillige gange op igennem 1980'erne og 1990'erne, så det dækkede Danmarks forpligtelser i relation til EU's direktiver om luftkvalitet.

I tiden efter 2002 er både BOP og LMP blevet en del af det reviderede overvågningsprogram NOVANA, som også omfatter naturen.

Grundlaget

De to overvågningsprogrammer, BOP og LMP har igennem årene været uhyre centrale for afdelingen. Det er herfra afdelingen har hentet de vitale måleresultater og den viden som efterspørges på politisk og administrativt hold og som placerer ATMI som den centrale nationale institution på luftforureningsområdet.

Det har således vist sig at være særdeles effektivt at udnytte den synergi der ligger i en intensiv vekselvirkning mellem målinger og modelberegninger: Måleprogrammerne leverer data til udvikling og validering af modellerne og omvendt kan modellerne anvendes til generalisering af måledata i både tid og rum, vurdering af befolkningens eksponering samt til optimering af måle-nettene. De to programmer har derfor udgjort den basis som har gjort det muligt for ATMI at udvikle sig til en international anerkendt og førende institution på både måle- og modelområdet.

Analyselaboratorier og værksted

Analyselaboratoriet blev oprettet i første halvdel af 1970'erne med to medarbejdere, Ella Lewin og Birgit Zachau Christiansen. Pga. pladsmangel fik laboratoriet først til huse i en skurvogn placeret omtrent der hvor nu ATMIs cykelskur befinder sig. Senere blev det udbygget med et såkaldt monitorlaboratorium til service og kalibrering af monitører, dvs. kontinuert registrerende instrumenter, til målinger i byerne af svovldioxid og nitrogenoxider. Monitorerne producerede måleresultater hver halve time og alle måledata blev opsamlet på hulstrimler. Hulstrimlerne blev indsamlet og sendt til laboratoriet hvor "hullerne" blev konverteret til koncentrationer.

Laboratoriets værksted blev i samme periode placeret i en af de små pavilloner ved den lange glasgang mellem Risøs afdelinger suppleret med en skurvogn bagved. Hovedopgaven for værkstedet, hvis medarbejdere var Knud Hansen, Hans Ahleson og Morten Hildan, var konstruktion og bygning af prøvetagningsudstyr. Dette omfattede prøve-

tagere til LMP, bestående af en filterholder med to filtre i serie til henholdsvis partikler og gas. De var monteret i otte "arme" til hver sin filterholder, hvor prøvetagning med automatisk prøveskift blev styret elektronisk. Med døgnopsamling var det derfor kun nødvendigt at skifte prøvemateriale én gang om ugen. Men der var mange andre opgaver såsom instrumentering af flybårne undersøgelser.

Sidst i 1970'erne fik værkstedet nye opgaver fordi der også blev oprettet målestationer i baggrundsområder, fjernet fra lokal forurening. Her blev den samme slags prøveopsamler som i LMP opsat, dog udstyret med fire filtre efter hinanden for at udvide målingerne med ammoniak og salpetersyre. Endvidere varetog værkstedet også bygning og service af de regnopsamlere, der blev opstillet på baggrundsstationerne.

Alt dette prøveopsamlingsudstyr blev produceret eller tilpasset og vedligeholdt af afdelingens værksted, der i sine velmagtsdage havde 10 medarbejdere, heriblandt et par lærlinge og flere langtidsledige. Udover bygning af prøveopsamlingsudstyr var de involveret i bygning og drift af de senere omtalte åbne top kamre samt bygning af udstyr til og gennemførelse af de senere omtalte sporstof-forsøg, konstruktion og bygning af udstyr og deltagelse i diverse øvrige målekampagner, samt vedligeholdelse af huset indvendigt.

Egen bygning på Risø

Laboratoriet voksede kraftigt op gennem 1970'erne i takt med nye opgaver og var efterhånden placeret spredt på mange lokaliteter, både flere steder på Risø men også på NBI og DTH. I foråret 1978 blev der bevilget 8 mio. kroner til opførelse af en selvstændig laboratoriebygning i for-



Rejsegilde på det nye hus, 1980.

længelse af Risøs kemiafdeling. Bygningen var på 960 m² kontorer og laboratorier og fremtidssikret med fuld kælder og blev opført i stort set samme stil som Risøs øvrige bygninger – dog med et andet modul. Byggeriet, der blev forestået af arkitekt m.a.a. Kurt Moll startede i foråret 1979 og blev færdigt i efteråret 1980.

Udvidelsen af antallet af prøveopsamlere medførte en øget mængde analyser på analyselaboratoriet, og antallet af laboranter og teknikere blev øget i takt hermed. Der var derfor god brug for den bedre plads i det nye hus. Kravene til effektivitet på analyseområdet pressede på og analyserne blev, hvor det var muligt, automatiseret og dataopsamlingen udført via edb.

Med Lone Grundahl som leder gennemgik laboratoriet op gennem 1980'erne løbende en udvikling for at kunne leve op til de stadig større krav til analysekvaliteten. Det var en naturlig fortsættelse af denne udvikling at laboratoriet under hendes ledelse i 1998 blev akkrediteret (dvs. godkendt) af DANAK til en lang række prøveopsamlings- og analysemetoder. Denne akkreditering er i dag et krav i mange sammenhænge, bl.a. i forbindelse med EU ansøgninger.

Værkstedet flyttede også ind i det nye hus i 1980 til nye lokaler som der var meget brug for. Men i 1991 måtte værkstedet igen flytte midlertidigt i skurvogn nord for ATMI for at gøre plads til den glasgang som nu forbinder ATMI med DMUs hovedbygning.

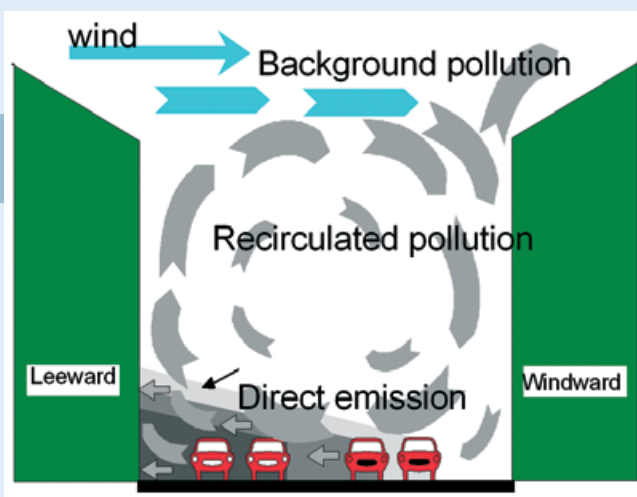
Modelgruppen og PIXE-gruppen måtte dog endnu i adskillige år leve deres eget liv på henholdsvis NBI og DtH. Men i 1986 blev kælderetagen i Luftforureningslaboratoriet ombygget og inddraget til kontorer, bl.a. blev der under megen støj savet huller til vinduer. Hermed kunne modelgruppen så flytte ind. I 1996 flyttede også PIXE-gruppen fra NBI-instituttet ind i forbindelse med anskaffelse af en ny van de Graaff accelerator og Luftforureningslaboratoriet var endeligt samlet under ét tag.

I 2002 flyttede et antal medarbejdere fra DMUs nedlagte afdeling for Miljøkemi til ATMI. Laboratoriet fik derved tilført ekspertise og laboratoriefaciliteter til organiske analyser. Med sammenlægningen af de uorganiske og organiske laboratorier var DMUs 4 akkrediteringer i Roskilde også kommet under samme hat, dog med forskelligt administrativt tilhør. Det var derfor en stor rationaliseringsgevinst at alle akkrediteringer under Lone Grundahls ledelse blev samlet til én med fælles kvalitetshåndbog og procedurer.

Modelgruppen

Allerede før Luftforureningslaboratoriets start i 1977 blev der arbejdet med computermodeller til beregning af spredning og omdannelse af luftforurening, men gennem årene har arbejdet gennemgået en voldsom udvikling.

Indtil 1980 var kun få medarbejdere beskæftiget med området. Gruppen, som omfattede Lars Prahm – senere direktør

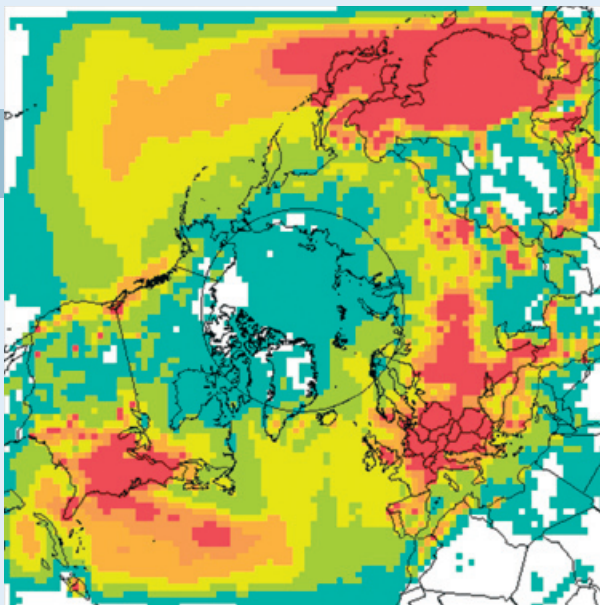


Skitse af forureningens spredning i et gaderum. Figuren illustrerer grundprincippet i DMU's gaderumsmodel OSPM. Figuren er siden sin fremkomst i en DMU-rapport i 1989 blevet en klassiker, der optræder i utallige varianter rundt om i den internationale litteratur.

for DMI, Ulrik Torp og Ruwim Berkowicz, havde til huse på loftetagen i Meteorologisk Institut, hvor de delte kontor med Meteorologisk Instituts Luftforureningsgruppe. I 1979 lykkedes det imidlertid med Hans Flyger og Lars Prahm i spidsen at få finansiering til et stort, flerårigt projekt Operationelle Meteorologiske Luftkvalitetsmodeller, OML til udvikling af modeller til beregning af spredning af luftforurening fra enkeltkilder. Miljøstyrelsen, Teknologirådet og kraftværkerne bidrog til projektet. Hermed steg antallet af medarbejdere til omkring 10, og gruppen måtte flytte til mere rummelige lokaliteter på DtH. Adskillige af de nye medarbejdere, bl.a. Helge Rørdam Olesen og Ruwim Berkowicz, måtte af formelle grunde ansættes hos projektpartneren IMSOR, Institut for Matematisk Statistik og Operationsanalyse på DtH. Desuden havde Dansk Kedelforening og Cowiconsult i en årrække et par medarbejdere udstationeret i OML-modelgruppen.

På DtH havde modelgruppen god adgang til den store regnemaskine hos NEUCC, Northern European University Computing Center. Kommunikationen foregik dels via terminaler, dels ved personlig indlevering af magnetbånd og afhentning af stakke af udskrifter og store papirruller med diagrammer. Regnecenteret blev benyttet af en stor skare forskere og studerende, både fra DtH og udefra, men regnekapaciteten var faktisk kun en beskednen brøkdel af den kapacitet, man får i dag ved at gå hen i et supermarked og købe en PC.

I årene på DtH var der sammenlignet med nutidens situation uhørt gode muligheder for at fokusere på opgaven fordi der var en pose penge til at finansiere en hel gruppes arbejde i en 3-4 års periode. Den OML-model som var resultatet af disse års arbejde var da også en markant nyskabelse i forhold til den tids gængse modeller. Arbejdet dannede delvist grundlag for en doktordisputats som Lars Prahm forsvarede ved Københavns Universitet i 1978. Efter OML-modellens fremkomst er adskillige beslægtede udenlandske modeller fulgt i dens fodspor.



Beregning med DEHM-modellen af depositionen af kviksølv på den nordlige halvkugle.

I 1986 blev modelgruppen flyttet til Luftforureningslaboratoriets bygning på Risø. Den basale udvikling af OML-modellen var da nogenlunde afsluttet, og det videre arbejde med modellen blev i årene derefter især lagt i hænderne på Helge Rørdam Olesen og Per Løfstrøm. De stod bl.a. for forberedelse af modellen til salg, til bl.a. amter og kommuner, og for udarbejdelse og afholdelse af både praktiske og teoretiske kurser for kunderne, startende i 1987-89.

Parallelt med arbejdet med OML foregik der i modelgruppen arbejde med storskalamodeller og langtransport. Her har især Zahari Zlatev bidraget med mangfoldige nykabelser og publikationer siden starten af 1980'erne.

Arbejdet på modelområdet har udvidet sig gradvist siden slutningen af 1980'erne. Trafik blev et vigtigt emne, og udviklingen af gadeforureningsmodellen OSPM blev påbegyndt i 1989 af Ruwim Berkowicz og Ole Hertel. Desuden var der i forbindelse med projekterne på Grønland et stigende behov for modeller på virkelig stor skala. Her udviklede Jesper Christensen Dansk Hemisfærisk Euler Model – DEHM, som viste sig helt uundværlig for fortolkningen af resultaterne. Modellen omfattede i begyndelsen kun svovl, men kan i dag også håndtere tungmetaller, kvælstofforbindelser, ozon og det gasformige tungmetal kviksølv.

Modelgruppen har i hele sin levetid haft studentermedhjælpere tilknyttet. De har ikke blot udgjort en nødvendig arbejdskraft men også et uundværligt rekrutteringsgrundlag. Adskillige studentermedhjælpere er gennem tiden optaget som PhD-studerende og derefter rekrutteret til staben af forskere, hvor de bragte nye ideer med sig. Een af dem var Jørgen Brandt som lancerede ideen om Thor-systemet, et integreret system af luftforureningsmodeller suppleret med en vejprognosemodel.

I 1998 påbegyndte han sammen med Jesper Christensen udviklingen af Thor-systemet som efterhånden er blevet et flagskib for ATMI, da det kan håndtere mange forskellige forureningstyper på både lokal, regional og hemisfærisk skala. Een af de markante anvendelser af Thor-systemet er den automatiske produktion fire gange i døgnet af 3-døgns luftforureningsprognoser.

ATMI's modelgruppe består i dag af over 20 medarbejdere, og arbejdet med luftforureningsmodeller på ATMI er mangesporet.

Åben top kamre

I begyndelsen af 1980'erne startede Lisbeth Mortensen fra IØB forsøg på at kvantificere skadevirkninger af luftforurening på vegetation i almindelighed – specielt træer og afgrøder. Projektet var affødt af et eksamensprojekt om skader på tobaksplanter fra høje ozonkoncentrationer i luften. Det væsentligste eksperimentelle udstyr var et antal OTC'er eller "Åben top kamre", der er en art drivhuse uden tag, hvor planter kan eksponeres til luftforurening under naturlignende forhold. En overgang fandtes der en hel park af disse OTC placeret på marken øst for Luftforureningslaboratoriet, hvor DMU nu har sin hovedbygning.

Undersøgelserne, viste at udbyttet fra danske afgrøder kunne reduceres med op til 10 % som følge af luftforurening og påkaldte sig megen offentlig opmærksomhed. Forsøgene måtte pga. byggeriet af DMU i 1991 flyttes til et areal ved Risø's landbrugsafdeling. Projektet fortsatte i nogle år i samarbejde med Risø, men stoppede dog i sidste halvdel af 1990'erne som følge af en omlægning af laboratoriets arbejdsopgaver.



Åben top kamre som forsynes med kontrolleret luftforurening.

Dioxinundersøgelser

Luftforureningslaboratoriet fik i 1986 til opgave at forestå en feltundersøgelse af udslip til atmosfæren af dioxiner og furaner fra danske affaldsforbrændingsanlæg. Denne undersøgelse skulle vise sig at blive en af de bedste og mest omfattende af sin art nogensinde. Den resulterede i nogle meget velfunderede konklusioner, fordi den helt fra starten blev baseret på en grundig statistisk forsøgsplanlægning.

Baggrunden var en ganske heftig samfundsdebat op gennem 1980'erne om risikoen ved mulige dioxinudslip fra sådanne anlæg. Der fandtes ikke på det tidspunkt veldokumenteret kvantitativ viden om størrelsen af disse eventuelle udslip, kun resultater baseret på litteraturundersøgelser som Miljøstyrelsen havde fået gennemført. Da man her af forsigtighedshensyn konsekvent havde anvendt ganske konservative estimater, så problemet ud til at være temmeligt alvorligt. Folketinget vedtog derfor i 1985 et aktstykke med en bevilling på 7,5 mio. kr til Miljøstyrelsen og dens laboratorier.

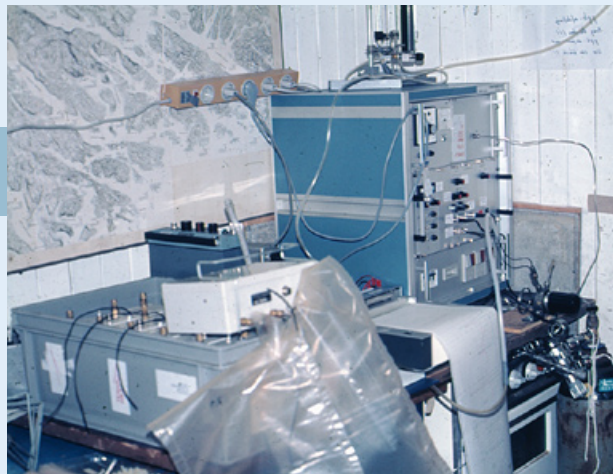
Luftforureningslaboratoriet fungerede som projektkoordinator og ansvaret blev overgivet til Niels Z. Heidam og den nyligt tiltrådte Ole H. Manscher (siden DMU-MAR) som forestod gennemførelsen af forsøgene ude på de udvalgte anlæg. Den faktiske prøvetagning blev foretaget af Dansk Kedelforening efter anvisning fra Luftforureningslaboratoriet og de kemiske analyser blev foretaget på Miljøstyrelsens Kemisk-Analytiske Laboratorium af Jørgen Vikelsøe (senere ATMI) samt ved et velrenommeret laboratorium i USA.

Projektgruppen var opsat på ikke blot at bestemme en pålidelig gennemsnitsværdi for udslippene i Danmark men også at forsøge at identificere sammenhængen mellem dioxin-emissionen og anlæggenes driftsparametre. For at få optimal information fra det omkostningstunge datamateriale blev der i et samarbejde med rådgivende civilingeniør Lars Pallesen, lektor ved IMSOR på det daværende DTH og senere rektor for samme (DTU) opstillet en matematisk driftsmodel med tilhørende forsøgsplan.

Det blev hurtigt klart at der kun var 3 parametre at regulere et anlæg på: Iltoverskud, anlægsbelastning eller -ydelse og fordeling mellem primær og sekundærluft. Der kunne derfor opstilles en statistisk forsøgsplan baseret på et fuldstændigt faktorforsøg i disse tre aktive parametre. Det kaldes også en kubisk forsøgsplan eftersom de undersøgte driftstilstande grafisk kan fremstilles som hjørnerne i en terning. Til fastlæggelse af et pålideligt emissionsniveau blev der også foretaget målinger under normale driftsbetingelser, altså i kubens centrum.

Forsøgene blev gennemført efter et randomiseret valg af rækkefølgen af de ni driftssituationer. Herved blev de fundne virkninger på emissionen af dioxin kausale, så man kunne være sikker på at de netop skyldtes de påtrykte driftsændringer. Ved hvert anlæg forelå der således fra forsøgets start en fuldstændig forsøgsplan for rækkefølgen af målingerne.

Undersøgelserne gennemførtes i 1987-1988 ved 10 an-



SF₆ analyseudstyr i Grønland (Kvanefjeld, 1981). 'Laboratoriet' var ikke forbeholdt analyser, men blev også brugt, når der skulle renses fisk.

læg og omfattede 6 forskellige ovntyper. Samlet blev der i 160 driftssituationer udtaget ca. 200 dioxinprøver fra røggassen, som det dog takket være forsøgsplanen ikke var nødvendigt at analysere alle sammen.

Resultatet var kort fortalt at kun parametrene luftoverskud og ydelse havde en signifikant og i øvrigt positiv betydning for udslippene af dioxin. Desuden viste det sig at det totale nationale udslip fra affaldsforbrænding svarede til ca. 50 g Sevesodioxin, hvilket – til Miljøstyrelsens store bestyrtelse (!) – var mange gange mindre end de tidligere teoretiske estimater.

Målinger med sporstofteknik

I forbindelse med de flybårne målinger ved Stigsnæs var der som tidligere nævnt udviklet en analyseteknik til måling af sporgassen, SF₆. For at udnytte den udviklede teknik til jordbaserede spredningsforsøg blev der under ledelse af Erik Lyck og i nært samarbejde med Hans Ahleson på værkstedet iværksat et projekt til udvikling af små radiostyrede målestationer, der kunne opsamle luftprøver til analyse for indhold af sporgassen. Som resultat blev der bygget 60 sådanne stationer, som var lette og nemt kunne flyttes og placeres i terrænet efter behov. Luftforureningslaboratoriet gennemførte i samarbejde med Risø Meteorologisektion en lang række måleprojekter i ind- og udland.

Her kan specielt nævnes:

- Københavnforsøgene i slutningen af 1970'erne med udslip fra Gladsaxemasten og målinger i kæder på tværs af vinden og op til ca. 6 km's afstand fra masten; disse målinger indgår i det "validation kit" som anvendes i et europæisk harmoniseringsprojekt for modeller.
- Øresundsforsøgene med udslip i både Danmark og Sverige til belysning af spredning hen over Øresund.
- Måling af spredning omkring en bakke i Tyskland.
- Kortlægning i Schweiz af kanaliseringseffekter i en dal op til 90 km fra udslippet.
- Kvantificering af forureningsbidraget fra Enstedværket ved Åbenrå.
- Kortlægning i Narssaq i Grønland af spredning fra den påtænkte, men aldrig oprettede, uranmine i Kvanefjeldet.



Automatisk sporstofstation ved Kvanefjeld i Sydgrønland.

I årene efter DMUs oprettelse fulgte en heftig aktivitetsperiode, hvor sporstofteknikken blev udvidet til at omfatte andre sporstoffer såsom perfluorcarbon, PFC, der kunne måles i endnu lavere koncentrationer. PFC blev med stor

succes anvendt under det første Strategiske Måleprogram, bl.a. i det Europæiske Tracer Project ETEX, hvor formålet var at studere atmosfærisk spredning over meget store afstande.

Herefter aftog efterspørgslen imidlertid, og sporstofteknikken på ATMI blev efter år 2000 lagt i mølpose.

Grønlandsundersøgelser i 1980'erne

De uventede resultater fra de flybårne undersøgelser i 1970'erne som viste, at også luften over Grønland var forurenet, medførte naturligvis et ønske om at studere dette emne nærmere. Men erfaringen havde også vist at flyundersøgelser kun gav et helt tilfældigt øjebliksbillede af forureningstilstanden i den arktiske atmosfære. For at få et repræsentativt billede af forureningsniveauerne og deres sæsonvariationer var der behov for en langt bedre dækning i både tid og rum. Det var med andre ord nødvendigt at oprette en række faste målestationer rundt om i Grønland. Da de nødvendigvis skulle passes af lokale folk uden faglig indsigt måtte de være af simpel konstruktion. Med bevillinger fra både SNF og Miljøministeriet gennemførte Niels Z. Heidam og Knud Hansen i 1978 en stor besigtigelsesrejse til Grønland, som rakte både fra

Elektronisk databehandling

Behandlingen af egentlige måledata fandt i Aerosollaboratoriets dage sted på Risøs centrale mainframe computer. Her kunne man indlevere sine hulkort med programmer og data til kørsel Resultaterne kunne så hentes dagen efter! Af og til bestod udbyttet blot i en lakonisk besked "Stopped due to syntax error"!

Omkring 1980 begyndte denne teknik at blive decentral og Luftforureningslaboratoriet fik rådighed over en terminal til mainframen. Det var næsten bare en avanceret skrivemaskine men havde den fordel at man slap for hulkortene. Men da der kun var én terminal til rådighed kunne der være lang ventetid på at komme til.

Omtrent samtidigt dukkede en helt ny anvendelse og dermed også en helt speciel maskine op på Luftforureningslaboratoriet: Et tekstbehandlingsanlæg. Og navnet anlæg var velvalgt, for maskinen var stor som et klaver, og betjeningen krævede specialuddannelse, så anlægget blev placeret centralt i sekretariatet. Men det kunne minsandten gemme dokumenter og litteraturlister – i begrænset antal – som derfor kunne genbruges eller udbygges.

Modelberegningerne blev som nævnt andetsteds gennemført på de store maskiner under DTHs regnecenter

NEUCC. Luftforureningslaboratoriet fik i 2. halvdel af 1980'erne egen regnemaskine, en VAX som under Niels Henrik Bastholms kyndige styring var til stor nytte for afdelingen – og senere også for hele DMU. Op gennem 1990'erne sørgede han for en løbende fornyelse af disse maskiner indtil DMUs IT-sektion overtog driften.



Niels Heidam ved skrivemaskineterminal, 1980.



Strandet isbjerg ved Godhavn på Vestkysten.

nord til syd og fra øst til vest og som resulterede i oprettelsen af 4 semi-automatiske stationer ved Qaanaaq (Thule) i nordvest, Station Nord i nordøst, Godhavn på Disko i vest og Kap Tobin ved Scoresbysund i øst (med de da gældende officielle geografiske navne). Projektet som fik navnet SAGA, Studier af Aerosoler i Grønlands Arktis, startede i 1979. På stationerne blev der blev indsamlet prøver af partikler med automatisk filterskift to gange om ugen. Filtrene blev sendt hjem til laboratoriet og analyseret med PIXE for deres indhold af grundstoffer. Resultaterne viste overraskende at det nordlige Grønland år efter år var udsat for en efter forholdene kraftig sæsonbetinget forurening. Koncentrationerne af svovl og tungmetaller havde i perioden marts-april et udpræget maksimum, som ved Station Nord var mere end to størrelsesordener over sommerniveauerne og sammenlignelig med de niveauer der kunne findes i Danmark.

I projektet blev der for første gang i Danmark anvendt avanceret multivariat statistik til behandling af luftforureningsdata. Det kunne sammen med sæsonvariationen i koncentrationsniveauerne udnyttes til at vise at forureningen i Nordøstgrønland stammede fra atmosfærisk langtransport fra by- og industriområder i Rusland og Europa. Projektet løb frem til 1983, hvor prioriteringerne i Miljøministeriet skiftede. SAGA-projektet dannede grundlag for en doktor-disputats som Niels Z. Heidam forsvarede ved Københavns Universitet i 1990.

Danmarks Miljøundersøgelser

Den 1. januar 1989 blev Danmarks Miljøundersøgelser, DMU oprettet som en styrelse under Miljøministeriet ved en sammenlægning af Miljøstyrelsens sektorlaboratorier. Et af argumenterne for oprettelsen var at laboratorierne skulle stå mere frit i forhold til Miljøstyrelsen. Laboratorierne var spredt omkring i Danmark, og måtte samles geografisk for at DMU skulle kunne fungere. Efter en række undersøgelser af forskellige muligheder blev det besluttet at placere ledelse samt afdelinger for hav, kemi og systemanalyse ved Luftforureningslaboratoriet på Risø. Der blev i den forbindelse bevilget 100 mio. kr. til nybyggeri. At valget faldt på Risø skyldtes ikke mindst forventninger om store synergieffekter både fagligt og administrativt med fælles bibliotek, edb og kantine – forventninger som desværre ikke fuldt ud er blevet indfriet.

Luftforureningslaboratoriet blev herved til DMUs afdeling for Forureningskilder og Luftforurening, forkortet FOLU. Opgaver og beliggenhed forblev stort set uændrede. Andre

afdelinger af DMU for ferskvand og jord blev samlet i Silkeborg og på Vildtbiologisk station på Kalø ved Aarhus.

Oprettelsen af DMU og placeringen på Risø havde for Luftforureningslaboratoriet også den konsekvens, at den planlagte og meget påkrævede bygningsudvidelse mod nord, som der var opnået ministeriel tilslutning – og næsten også bevilling til – blev standset. Hans Flyger blev kort efter oprettelsen af DMU afløst af Christian Lohse som forskningschef. I 1994 trådte Gary Geernaer til på denne post, og i 1995 skiftede FOLU navn til ATMI, Afdeling for atmosfærisk miljø. ATMI ligger stadig i det væsentlige i den oprindelige bygning med en forbindelsesgang til hovedbygningen. I forbindelse med en strukturændring i 2002, hvor DMUs Afdeling for Miljøkemi blev nedlagt, overtog ATMI både noget af personalet og en række lokaler i den nye bygning med tilhørende analysekemiske opgaver. Internt har ATMIs struktur gennem tiden undergået forskellige ændringer for at forbedre kommunikation og information, højne den faglige profil og ikke mindst effektivisere arbejdet.

Grønlandsundersøgelser i 1990'erne

Grønlandsmålingerne på Station Nord blev genoptaget i 1990 fordi dannelsen af DMU igen satte forskningen i højsædet. Projektet hed igen SAGA, dog nu med betydningen Studier af Arktiske Gasser og Aerosoler, og omfattede med støtte fra SNF ugentlige filtermålinger ved Station Nord. I perioden fra 1994 til 2002 var SAGA finansieret af Miljøstyrelsen som en del af det nationale Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP. Målingerne var fra 1995 placeret ved en til formålet specielt indrettet målehytte. Hytten ved Station Nord fik navnet "Flygers Hytte".

Projektet blev gennemført i et meget positivt samarbejde med Flyvevåbnet. Således havde ATMIs personale vederlagsfri transport til Station Nord ved de to årlige besøg som var nødvendige, og den fornødne elektricitet til driften blev leveret til favørpris. Pga. det omskiftelige og voldsomme vejr i Grønland kunne rejserne til, og især fra, Station Nord godt blive meget mere langvarige og forløbe ad helt andre ruter



Flygers Hytte



end planlagt. Den flittigste gæst på Station Nord var Hans Ahleson, som med årene fik en helt særlig og betroet status på Station Nord, nærmest som en del af stationens faste personel.

Desuden startede den arktiske gruppe på ATMI med støtte fra SNF forskningsprojektet The Icecap Experiment ved Summit på den centrale indlandsis. Projektet blev med støtte fra SNF gennemført som et nutidigt supplement til det store retrospektive iskerneprojekt Greenland Icecore Project, GRIP som Glaciologisk afdeling ved Københavns Universitet på den tid var primus motor for og som bl.a. studerede fortidens urenheder afsat i isen.

Projektet levede i 10 år fra 1989 til 1998. Her oprettedes en batteridrevet automatisk feltstation, som året rundt, dvs. også i den meget kolde vinter, indsamlede ugentlige filterprøver til grundstofanalyse med PIXE. Hensigten var at karakterisere den arktiske aerosol midt på indlandsisen mht. sæsonvariationer, sammensætning og oprindelse. Projektet var baseret på en automatisk prøvetager, en Streaker som var udviklet af PIXE-gruppen. Projektet blev gennemført med Peter Wåhlin som ankermand. Han rejste igennem disse år til Summit hver sommer for at hente det forløbne års indsamlede prøver. Men de klimatiske forhold for automatisk instrumentdrift var meget barske på Summit, hvor vintertemperaturen kan falde til -65°C . Så det var altid spændende at se hvordan den automatiske drift var gået og adskillige gange var der desværre kun få prøver at hente. Projektets ambitiøse målsætning om pålidelige helårige koncentrationsmålinger gennem flere år blev derfor kun delvist opfyldt, og projektet blev standset i 1998.

Systemeksport og bistandsopgaver

Allerede i 1985 påbegyndte Luftforureningslaboratoriet de første indtægtsgivende aktiviteter udenfor Danmarks grænser i form af en bistandsopgave for EF omkring overvågning af luftkvalitet i ASEAN landene i Sydøst Asien. Det blev senere fulgt op af tilsvarende opgaver for PHARE, først i Ungarn i 1990-91 og derefter i "Den Sorte Trekant" ved grænserne mellem Polen, Tjekkioslovakiet og Østtyskland. Det førte op gennem 1990'erne til opgaver for FNs udviklingsprogram UNDP såvel som for forskellige danske bistandsorganisationer, DANCED, DANCEE, DANIDA, og i så forskellige lande som Sydafrika, Vietnam, Malaysia, Nepal, Rumænien og Letland.



Peter Wåhlin tilser målestation ved Indlandsisen.

Før, nu og i fremtiden

Luftforureningen er i dag af en anden karakter end for blot nogle årtier siden. Dengang var det store problem svovlforurening fra fyringsanlæg, nu er det, specielt i vore byer, partikler og kvælstofforbindelser fra biler. I baggrundsområder og over havet er det bl.a. eutrofiering (overgødskning). Afdelingens arbejde har derfor ændret sig og er generelt blevet udvidet gennem årene.

Der er endvidere sket en forskydning fra målinger til modelberegninger, delvis affødt af udviklingen af EDB. Herved er det blevet muligt at udvikle modeller for spredning af forurening på alle skalaer. Centralt står dog stadig måleprogrammerne, og ATMI lægger vægt på at arbejde med "integreret overvågning", hvor målinger og modeller går i spænd.

På længere sigt er det væsentligste miljøproblem muligvis ikke den egentlige forurening, men dens klimatiske virkninger såsom forøgelsen af drivhuseffekten og de deraf følgende globale klimaændringer.

Klimaproblemer har ikke været et primært område for ATMI i den periode, der beskrives her. Men allerede i 1987 arrangerede Jes Fenger en konference om emnet for Europaparlamentets informationskontor. Han har siden da fulgt indsatsen op primært på det formidlingsmæssige område med en række bøger og rapporter. Den første bog, der blev skrevet sammen med Peter Laut fra Danmarks Ingeniørakademi, blev præsenteret ved et pressemøde på Marienborg i 1989. Den daværende miljøminister Lone Dybkjær udtalte dengang, at man ikke burde satse på tilpasning til klimaændringer. Ved passende udslipsbegrænsninger skulle klimaændringer helt kunne undgås. Først i de senere år er det politisk erkendt, at så enkelt går det ikke. I de kommende år vil opgaver affødt af klimaproblematikken sætte deres markante præg på afdelingens arbejde.

ATMIs status med udgangen af 2002

Denne beretning har hovedvægten på tiden frem til år 2002. Ved udgangen af 2002 havde ATMI i alt en omsætning på 33 mio. kr, hvoraf 34 % hidrørte fra eksternt finansierede projekter. ATMI havde 63 fastansatte medarbejdere fordelt som 29 AC-medarbejdere, 25 laboranter og teknisk personale, 6 kontor- og regnskabsmedarbejdere samt 3 ph.d. studerende, foruden studerende og gæsteforskere med kortere eller længere ophold.

Laboratoriets chefer



Laboratorieforsker, senere
Forskningschef Hans Flyger

- Risø's Aerosollaboratorium ca. 1970-1977
- Miljøstyrelsens Luftforureningslaboratorium 1977-1989
- DMUs afdeling for Forureningskilder og Luftforurening, FOLU 1989-1990



Forskningschef Christian Lohse

- DMUs afdeling for Forureningskilder og Luftforurening, FOLU 1990-1994



Forskningschef Gerald (Gary) Geernaert

- DMUs afdeling for Forureningskilder og Luftforurening, FOLU 1994
- DMUs afdeling for Atmosfærisk Miljø, ATMI 1995-2002



Forskningschef Lars Moseholm

- DMUs afdeling for Atmosfærisk Miljø, ATMI 2002 –

DMU med
ATMI tv.,
2005



Tak til alle nuværende og tidligere medarbejdere på ATMI, som har hjulpet med at huske, hvad der skete for længe siden.



Danmarks Miljøundersøgelser

Aarhus Universitet

Afdeling for Atmosfærisk Miljø, ATMI

Frederiksborgvej 399, postboks 358, 4000 Roskilde

Telefon 4630 1200, Fax 4630 1214, e-mail: dmu@dmu.dk, hjemmeside: www.dmu.dk

Denne pjece kan downloades fra DMU's intranet (Bazaren):

<http://Afdelinger//Atmosfaerisk+Miljoe/Afdelingsbeskrivelse>