



# LUND UNIVERSITY

## Atmosfäriska aerosoler

Luftburna partiklar och gaser bildar tillsammans aerosoler - med betydelse för hälsa och klimat.

Svenningsson, Birgitta; Swietlicki, Erik; Martinsson, Bengt; Forkman, Bengt; Holmin Verdozzi, Kristina

*Published in:*

Fysik i Lund i tid och rum

2016

*Document Version:*

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Svenningsson, B., Swietlicki, E., Martinsson, B., Forkman, B. (Red.), & Holmin Verdozzi, K. (Red.) (2016). Atmosfäriska aerosoler: Luftburna partiklar och gaser bildar tillsammans aerosoler - med betydelse för hälsa och klimat. I *Fysik i Lund i tid och rum* Gidlunds förlag i samarbete med Fysiska institutionen, Lunds universitet.

*Total number of authors:*

5

*Creative Commons License:*

CC BY

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

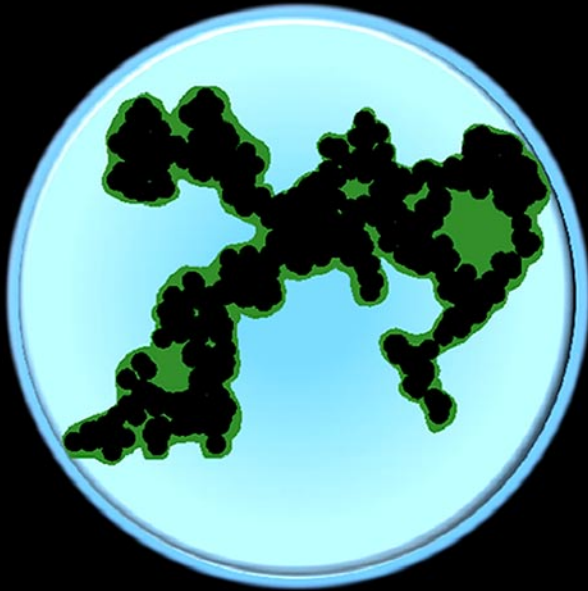
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00



## Atmosfäriska aerosoler

Luftburna partiklar och gaser bildar tillsammans aerosoler – med betydelse för hälsa och klimat.

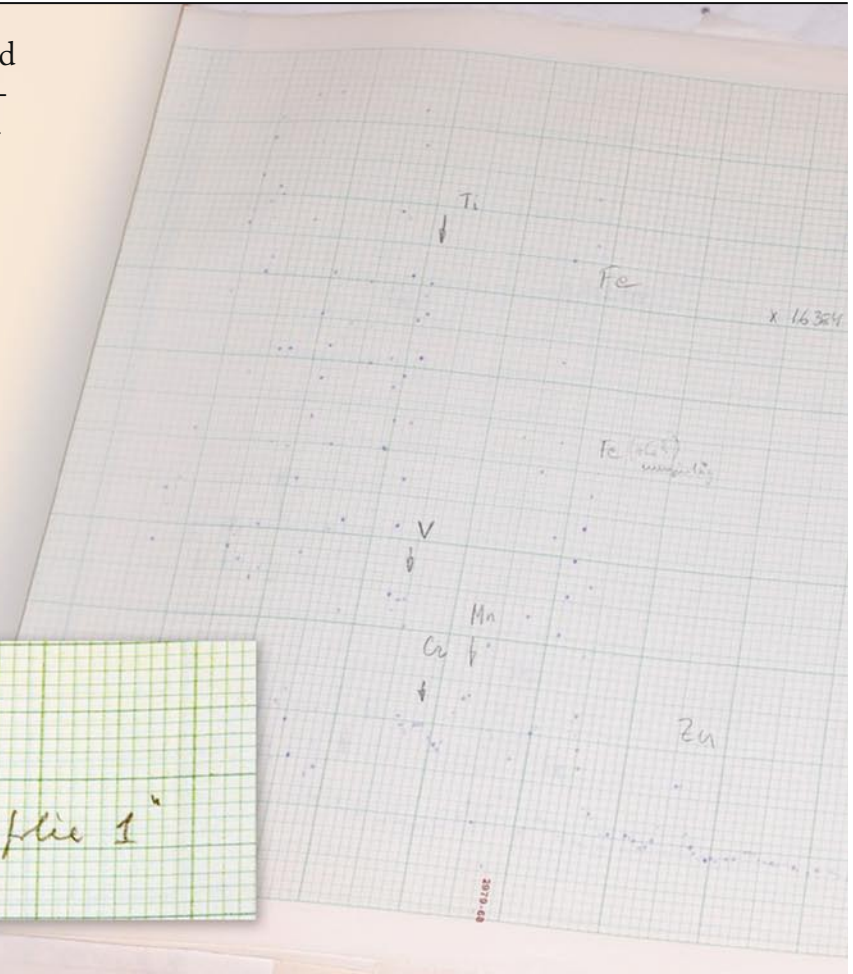


## PIXE och aerosoler i begynnelsen

En stor fördel med PIXE-metoden (particle-induced X-ray analysis) är att den möjliggör snabba multielementanalyser av mycket små prov. Detta gör metoden särskilt lämplig för aerosolprov och i slutet av 1960-talet byggdes ett aerosollaboratorium upp vid avdelningen för kärnfysik. 1973 inleddes ett nära samarbete med en forskargrupp vid Florida State University i Tallahassee, USA. Detta bidrog starkt till en snabb utveckling av insamlingsteknik och användningen av PIXE i studier av luftföroreningar i både Sverige och USA.

*Aerosol* (från grekiska: *aer*, luft och latin: *solutio*, lösning) är små partiklar som är finfördelade i en gas. Partiklarna kan endera vara fasta eller flytande, och aerosolen innefattar både gasen och partiklarna. Typiska exempel på aerosoler är rök, dimma och luftföroreningar.

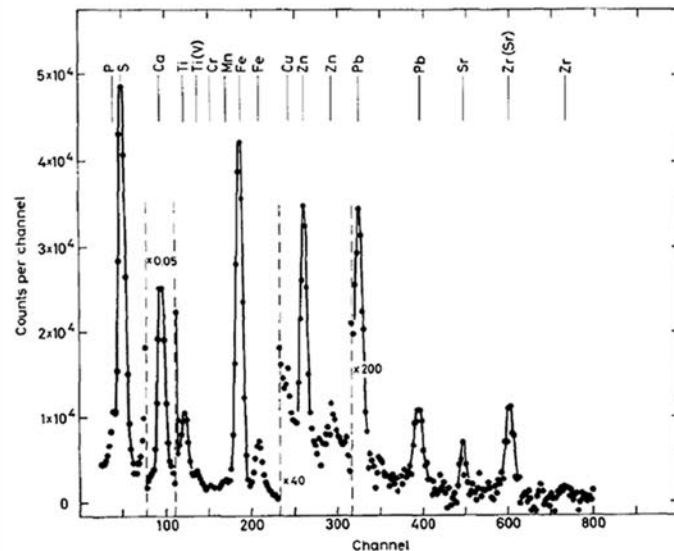
691215  
 Vorn 8  
 "Balkongflis 1"





## Originalmätning

När de miljöengagerade innovatörerna av PIXE-metoden, professor Sven Johansson och de dåvarande doktoranderna Roland Akselsson och Thomas B Johansson, i början av 1970-talet sökte tillämpningsområden blev partikulära luftföroreningar det område som utvecklades snabbast.



Originalutskrift från den första serien PIXE-analyser av aerosolprov som gjordes 15 december 1969. Resultaten publicerades i den första PIXE-artikeln 1970.



## Aerosolverksamheten vid avdelningen Kärnfysik



Hans-Christen Hansson, professor på Stockholms universitet sedan 1994.



Bengt Martinsson



Erik Swietlicki



Birgitta Svenningsson

Bengt Martinsson, Erik Swietlicki och Birgitta Svenningsson blev Fysicum i Lund trogna och de bedriver idag arbete kring atmosfärsaerosolens effekter på klimat och hälsa. Aerosoler i inomhusmiljö studeras numera inom avdelningen för ergonomi och aerosolteknik. Det finns ett fortsatt starkt samarbete mellan de två grupperna.

Ur det tidiga arbetet inom PIXE växte en forskargrupp fram inriktad mot aerosolpartiklar i atmosfären där bland andra Hans-Christen Hansson, Bengt Martinsson, Erik Swietlicki och Birgitta Svenningsson ingick. Till en början siktade man in sig på långdistanstransport av aerosol över nationsgränser och käll-receptorstudier relaterade till försurning av marker. Senare kom aerosolens roll i klimatet mer i fokus, med bland annat samspelet mellan moln och partiklar.





## Käll-receptor-modellering

Ett sätt att med hjälp av PIXE-metoden spåra källor till partiklar i utomhusluften är att leta efter karakteristiska *fingeravtryck* i sammansättningen hos de partiklar som samlas in. Man utgår då från att de partiklar som släpps ut från olika källor skiljer sig åt vad gäller deras grundämnessammansättning. Redan 1978 gjorde Hans Lannefors och Hans-Christen Hansson de första studierna i Landskrona för att utröna vilka källor som påverkade luften i staden, och flera uppföljande studier har gjorts där under åren.

Examensarbetare Hanna-Maria Frankman ser till provtagningsutrustningen i Lundåkrahamnen i Landskrona 2008. I bakgrunden syns Boliden Bergsöe AB som återvinner bly ur gamla batterier.





## Isbrytarfärder till Arktis

Aerosolgruppen har deltagit i expeditioner till Arktis med isbrytaren *Ymer* 1980 och *Oden* 1991, 1996, 2001 och 2008. Syftet med dessa expeditioner var att studera hur partiklar bildas och påverkar den rena arktiska bakgrundsluften som återfinns över packisen under sommaren. Dessa partiklar påverkar i sin tur molnen och därmed även strålningsbalansen och issmältningen. Det är en stor utmaning att mäta partiklarnas antal och fysikaliska och kemiska egenskaper i en ovanligt ren luft som nästan är fri från partiklar.



Isbrytaren Oden under expeditionen till högarktis under sommaren 2001.



## Molndroppar

Molndroppar bildas genom kondensation av vattenånga på aerosolpartiklar och partikulära luftföroreningar påverkar molnens ljusspridning vilket utgör en stor osäkerhet i klimatmodellerna. Aerosolgruppen har deltagit i flera internationella molnexperiment och har då bidragit med unika specialbyggda instrument som uppfanns och utvecklades av Bengt Martinsson och vidareutvecklades av Göran Frank. För förorenade moln fann man bland annat att de kan innehålla betydligt fler droppar än som tidigare påvisats samt att moln med svag dynamik kan ha låg visibilitet utan att termodynamiskt aktiverade molndroppar bildas.

Molnstudier med DAA på berget Brocken i Tyskland 2010. DAA:n uppställd för fältmätning.







## Partikelegenskaper



Aerosolforskare från Lund var också föregångare inom mätningar av partiklars vattenupptag genom att utveckla Europas första H-TDMA (Hygroscopicity Tandem Differential Mobility Analyzer) under ledning av Hans-Christen Hansson. Inom flera internationella projekt undersökte Birgitta Svenningsson och Erik Swietlicki partiklarnas vattenupptag vid undermättnad med avseende på vattenånga (relativ luftfuktighet 85 % eller 90 %) och kunde bland annat visa att denna partikelegenskap, tillsammans med partikelstorlek, är viktig för att beskriva vilka och hur många partiklar som agerar kondensationskärnor för molndroppar.

Vid mätningarna på Great Dun Fell, Cumbria, England 1993 var H-TDMA-instrumentet placerat vid Fell Gate, en bit under toppen på bergsryggen som syns i bakgrunden. På så sätt kunde vi karakterisera de aerosoler ur vilken molnen bildades. På bilden ser vi moln vars bas var högre än toppen, men när toppen var i moln kunde mätinstrumenten där ge information om molnegenskaper (se tex DAA i tidigare avsnitt).



## Fältstationen Vavihill

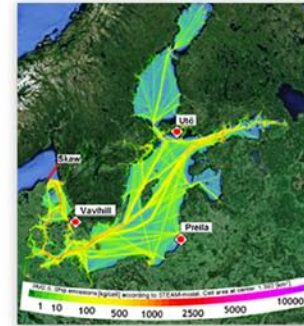
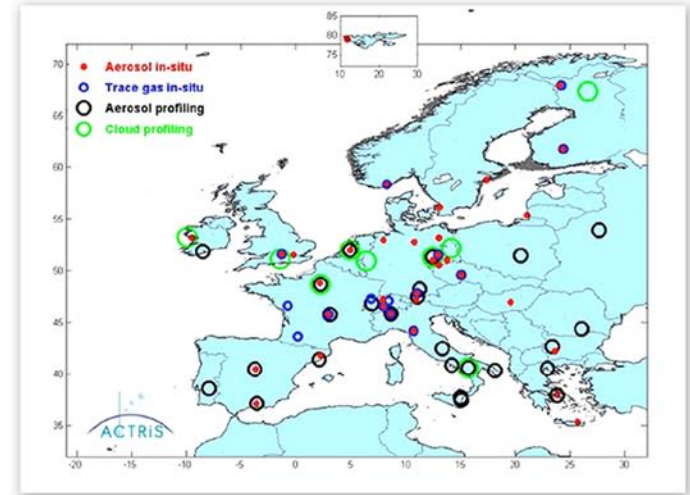


Redan på 1990-talet insåg Erik Swietlicki och kolleger från kärnfysikavdelningen att det fanns ett behov av stationer i Sverige för att mäta hur mycket gränsöverskridande partikelföreningar påverkar vår hälsa och klimatet. Ett arbete påbörjades för att få till stånd mätningar vid stationen Vavihill på Söderåsen. Denna station har sedan 1999 blivit en permanent del av verksamheten och ingår i ett större europeiskt nätverk av mätstationer (ACTRIS), och har visat sig vara mycket viktig för många forskare i hela Europa och i det globala klimatarbetet.



## Fördubbling av partiklar

Ett exempel på forskning från Vavihill är studien av Adam Kristensson som visar att fartygsemissioner i Östersjön ger upphov till en fördubbling av antals-halten av partiklar när luften färdas över havet.



Bilden visar emissioner av partiklar (mindre än 2,5 mikrometer i diameter, PM<sub>2.5</sub>) längs med trafikerade fartygsstråk i Östersjön.





## Flygmätningar

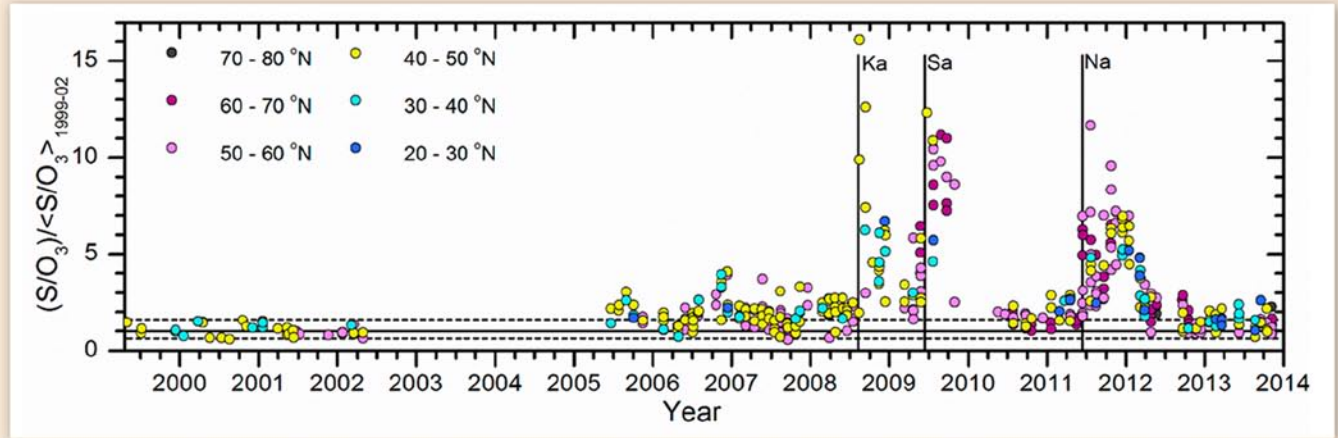


Detalj från den Airbus 340-600 från Lufthansa som används av IAGOS-CARIBIC. I mitten syns intaget för luft och aerosolpartiklar (orange) för atmosfärisk provtagning.

Kärnfysikavdelningen har under ledning av Bengt Martinsson sedan 1990-talet varit del av det europeiska konsortiet CARIBIC (numera IAGOS-CARIBIC) där övre troposfären och lägsta stratosfären regelbundet undersöker aerosoler och spårgaser från ett interkontinentalt passagerarflygplan.



## Aktiva vulkaner



Tidsserie för svavel (S) i stratosfärens aerosolpartiklar. Vulkanism leder till förhöjd kvot till ozonkoncentrationen ( $S/O_3$ ) pga ökad S-koncentration. Markörernas färg visar latitudområde för mätningen. Vertikala linjer markerar de kraftigaste vulkanutbrotten under perioden: Kasatochi (Ka), Sarychev (Sa) och Nabro (Na).

Aerosolgruppen samlar prov som analyseras med de acceleratorbaserade metoderna PIXE och PESA. Arbetet har resulterat i unika tidsserier av aerosolens elementkoncentrationer. Resultaten har sedan i kombination med mätningar från satelliterna CALIPSO och MODIS bland annat använts för att bättre beskriva den naturliga klimatvariationen i samband med vulkanism.





## Partikelstudier i aerosollaboratoriet

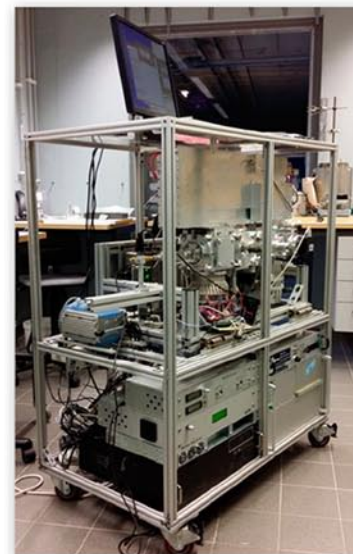
På senare år har flera studier av sot, molndropps-bildning och simulerad atmosfärisk åldring genomförts i det aerosollaboratorium av mycket hög internationell klass som är en gemensam resurs för CAST (Consortium for Aerosol Science and Technology at Lund University). Tack vare direktvisande instrument är det möjligt att detaljstudera processer såsom sotpartiklars transformation till molndroppar och partikelbildning av flyktiga kolväten från vegetation och mänskliga aktiviteter.

Konceptuell bild av en kärna bestående av en agglomererad sotpartikel med kondenserat organiskt material som börjat ta upp vatten för att bilda en molndroppe. Denna bild utgör grund för den teoretiska modell som utvecklats för att beskriva de experimentella resultaten.



Aerosolmasspektrometern som slår sönder partiklarna och visar deras kemiska sammansättning.

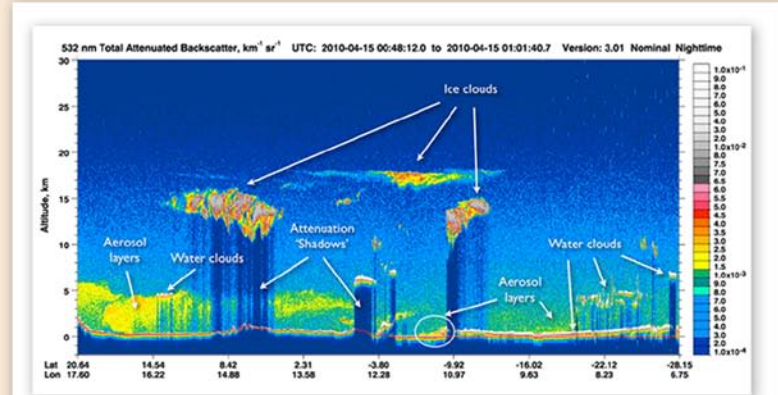
PAM (*Potential Aerosol Mass*)-reaktorn används för att snabbspola den atmosfäriska åldring av gaser och partiklar som sker naturligt genom oxidation.



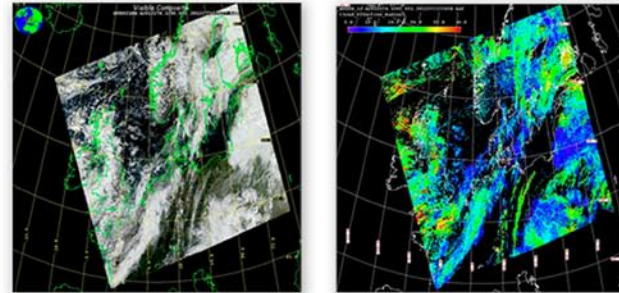


## Satelliter som verktyg i aerosolforskningen

Satellitmätningar kan användas för att få en global bild av hur aerosolpartiklar påverkar moln och klimat. Aerosolgruppens direkta mätningar på marken eller från flygplan kan jämföras med satelliternas fjärranalys. Exempelvis har man studerat hur antalet partiklar i den luft som går in i molnet inverkar på molndropparnas storlek och molnens förmåga att reflektera solstrålning tillbaka ut i rymden. På så vis kan man undersöka om luftföroreningar i form av små aerosolpartiklar faktiskt bidrar till att kyla ner jorden och i så fall i vilken utsträckning. Även vulkaniska aerosolpartiklar i stratosfären kan påverka de höga cirrusmolnen och klimatet.



Vertikal profil av atmosfären tagen med hjälp av en lidar (laser-radar) på satelliten CALIPSO. Både varma (vatten) och kalla (is) moln bildas på aerosolpartiklar.

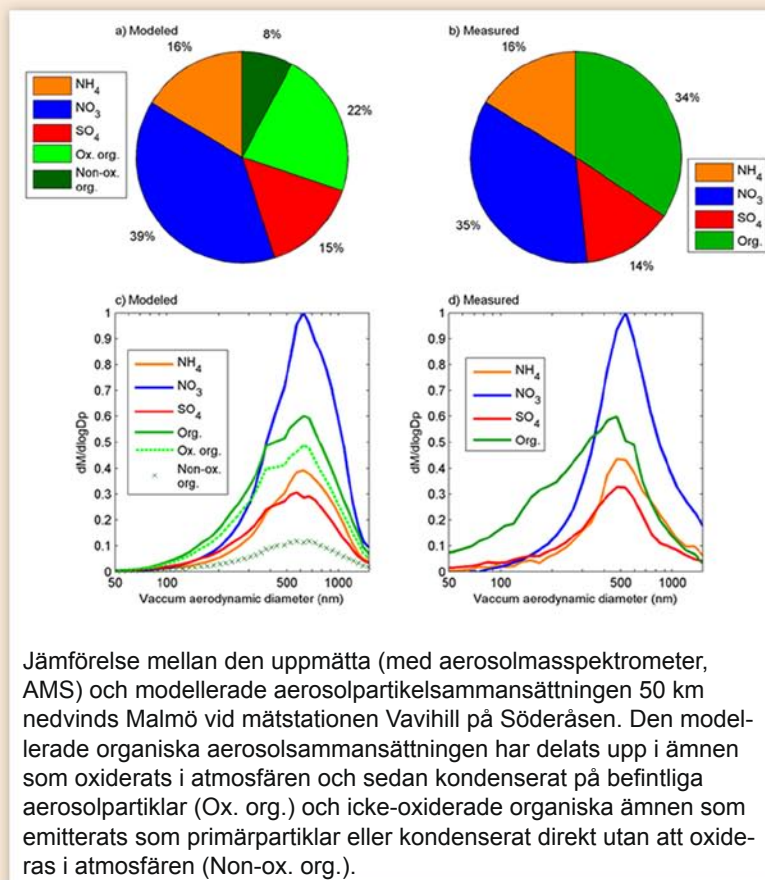


Exempel på molnbilder från satellitinstrumentet MODIS.



# Aerosoldynamiska modeller

Utvecklingen av två aerosoldynamiska modeller (ADCHEM och ADCHAM) startades av Pontus Roldin 2008. ADCHEM används för att modellera aerosolsammansättningen i atmosfären. Modellen har bland annat använts för att studera spridningen av luftföroreningar från städer som Köpenhamn och Malmö. ADCHAM används som ett verktyg vid design och analys av aerosolexperiment i smogkammare. Ett viktigt tillämpningsområde är studier av sekundär organisk aerosolbildning. Båda modellerna bidrar till arbetet inom MERGE, ett strategiskt forskningsområde inom klimatmodellering.



Jämförelse mellan den uppmätta (med aerosolmasspektrometer, AMS) och modellerade aerosolpartikelsammansättningen 50 km nedvind Malmö vid mätstationen Vavihill på Söderåsen. Den modellerade organiska aerosolsammansättningen har delats upp i ämnen som oxiderats i atmosfären och sedan kondenserat på befintliga aerosolpartiklar (Ox. org.) och icke-oxiderade organiska ämnen som emitterats som primärpartiklar eller kondenserat direkt utan att oxideras i atmosfären (Non-ox. org.).