



GÖTEBORGS UNIVERSITET

## **Water Condensation and Freezing in the Atmosphere: Exploring Deliquescence and Ice Nucleation.**

**Dimitri Castarède**

Institutionen för kemi och molekylärbiologi  
Naturvetenskapliga fakulteten

Akademisk avhandling för filosofie doktorsexamen i Naturvetenskap, som med tillstånd från Naturvetenskapliga fakulteten kommer att offentligt försvaras torsdag den 16, december, 2021 kl. 13:00 i rum KC, Institutionen för kemi och molekylärbiologi, Kemigården 4, Göteborg.

ISBN: 978-91-8009-580-8 (PRINT)

ISBN: 978-91-8009-581-5 (PDF)



# GÖTEBORGS UNIVERSITET

## Svensk summering

Atmosfäriska aerosoler spelar en nyckelroll i flera atmosfäriska processer. De påverkar människors hälsa, atmosfärisk kemi, vattnets kretslopp och jordens energibalans. Aerosolernas roll i dessa processer är förknippat med stora osäkerheter och beror delvis till viss del på okunskap kring aerosolers fastillstånd i atmosfären. När aerosoler färdas i atmosfären kan de exponeras för både temperatur och luftfuktighetsförhållanden som kan förändra deras egenskaper och några mekanismer så som hygroskopicitet före deliquescence (pre-deliquescence) och heterogen kärnbildning av is är dåligt förstådda. Denna avhandling syftar till att fylla kunskapsluckor inom dessa två teman.

### I. Pre-deliquescence

Övergången från fasta lösliga partiklar till flytande droppar är vanligtvis skildrad av Köhlers teori som beskriver bulkegenskaper av en saltvattendroppe. Emellertid utelämnar denna beskrivning förekomsten av ett pre-deliquescence stadie. Därmed utvecklar vi en mer komplett modell som tar hänsyn till krafter vid ytgränssnitt som ger upphov till pre-deliquescence, på ett sätt som liknar ytsmältning. Modellens validitet prövas mot tidigare hygroskopicitet mätningar av natriumklorid partiklar och resultatet visar att modellen kan reproducera observationerna genom att använda fysiskt realistiska parametrar. Vidare observeras den kemiska komposition hos ytan av två vanliga atmosfäriska salter, natriumacetat och ammoniumsulfat under pre-deliquescence förhållanden, genom att använda *ambient pressure X-ray photoelectron spectroscopy* metoden. Resultaten visar att pre-deliquescence stadiet kan vara ett medium för vattenhaltig kemi och kan främja specifika kemiska reaktioner.

### II. Ice Nucleation and PINCii

Is fasen representerar  $\approx 65\%$  av allt kondenserat vatten hos moln i atmosfären. Det resulterar främst från heterogen kärnbildning processer som kräver specifika partiklar. Identifiering och kvantifiering av dessa partiklar är nyckeln till förståelsen för atmosfärisk kärnbildning av is. För detta syfte har en stor del av mitt forskningsarbete varit investerat i utvecklandet av en ny portabel kammare för kärnbildning av is - PINCii. Vi presenterar detaljerna och utvärderingen av PINCii som visar att den kan reproducera väl definierade kärnbildningsprocesser som homogen frysning, deliquescence och skapandet av vattendroppar med god precision och mindre osäkerheter än tidigare instrument av samma typ. Fältkampanjen HyICE-2018 på Smear II stationen i Hyttiälä (Finland) är presenterad. Kampanjen samlade olika typer av instrument för kärnbildning av is för att kvantifiera koncentrationen och identifiera kärnbildnings partiklarnas källa i den boreala miljön. Specifika dagar valdes ut för en samtida körning av kärnbildnings instrumenten under liknande experimentella förhållanden i jämförelse syfte.

**Nyckelord:** Hygroskopicitet, pre-deliquescence, adsorption, lösliga partiklar, is kärnbildning, PINCii.