



## Jääkidepilvet ja jäänukleaatio arktisella alueella (ICINA)

Kiinnostus arktisia alueita kohtaan on kasvanut huomattavasti viime vuosina ilmaston lämpenemisestä johtuen. Ilmastonmuutoksen vaikutus korostuu arktisilla alueilla, jotka lämpenevät noin kaksi kertaa nopeammin kuin maapallo keskimäärin. Maailmanlaajuisena keskiarvona pilvillä on ilmastoa jäähdyttävä vaikutus, mutta arktisilla pilvillä vaikutus on vastakkainen: ne estävät voimakkaammin infrapunasäteilyn karkaamista maan pinnalta kuin heijastavat auringon säteilyä avaruuteen. Siten ne vaikuttavat merkittävästi arktisten alueiden sulamiseen.

Arktisten pilvien vaikutuksen realistinen kuvaaminen on tärkeää sekä nykyisen että tulevan ilmaston ymmärtämiseksi. Pilvien tarkka kuvaus ilmastomalleissa vaatii perusteellista tietoa pilvien esiintymisolosuhteista ja ominaisuuksista, mukaan lukien pilvien olomuoto: sekä nestemäisen veden että jään määrä ja jakauma pilvissä on tunnettava. Sekä jääkiteet että vesipisarat tarvitsevat tiivistymisytimen muodostuakseen, joten lämpötilan ohella ilmakehän aerosolihiukkasten ominaisuudet määräävät pilvien olomuodon. Edistyneimmät ilmastomallit sisältävät parametrisaatioita, joiden perusteella mallit, kuten esimerkiksi käyttämämme ECHAM ilmakehämalli, ennustavat pilvien jäätyminen kohtalaisen hyvin nykyisessä ilmastossa. Arktisen ilmakehän hiukkasten pitoisuudet ja aktiivisuus jääkiteiden muodostumisessa eli jäänukleaatioissa tunnetaan kuitenkin huonosti. Projektin päätavoitteena on luoda kattava ja realistinen kuvaus arktisista pilvistä globaaleja ilmastomalleja varten. Selvitämme mitkä hiukkastyypit ovat merkittäviä jään synnylle ja arktisten pilvien ominaisuuksille, ja miten hiukkasten pitoisuudet muuttuvat arktisen ilmaston muuttuessa.

Projektin kuluessa olemme ottaneet käyttöön uusia laskentamenetelmiä ja havaintoaineistoja ja kehittäneet mittausten menetelmiä. Analysoimamme satelliittihavainnot antavat ristiriitaisia tuloksia liittyen ilmakehän aerosolien vaikutuksesta pilvien olomuotoon arktisella alueella. Tämä todennäköisesti johtuu havaintojen epätarkkuuksista, koska aerosolipitoisuudet alueella ovat hyvin matalat ja aerosolityypin tunnistaminen on hyvin vaikeaa. Tarvitaan siis enemmän in situ mittauksia, jotta mineraalipölyn rooli saadaan paremmin määritettyä. Tekemämme atomiskaalan simulaatiot osoittavat ilmakehärelevanttien aerosolityyppien jäänukleaatioaktiivisuuden riippuvan hiukkasten pinnan hilarakenteesta, mutta myös pintakemian yksityiskohdista ja hilavirheistä, joiden merkitystä maasälpähiukkasten aktiivisuudelle olemme valottaneet. Maasälpä on mittausten perusteella keskeisessä roolissa ilmakehän jäänukleaatioissa.

Simulaatiomallien vastaavuus todellisuuden kanssa varmistetaan ytiminä toimivilla hiukkasilla tehtävillä kokeilla käyttäen SPectrometer for Ice Nuclei –jäänukleaatiomittauslaitetta (SPIN), jota on onnistuneen käyttöönoton jälkeen käytetty kolmessa suuressa mittauskampanjassa. Näissä on mitattu, kuinka nykyaikaisen bensiniin sekä erityyppisten puupolttoaineiden päästöt toimivat jääytiminä yläilmakehän olosuhteissa tuoreina ja ikääntymisen jälkeen. Jääytiminä toimivien hiukkasten analysointia varten olemme kehittäneet Ice Nuclei Separation Interface Module (INSIM) –laitteiston, jolla voidaan eristää jääkiteet pisaroista ja tausta-aerosolista. INSIM voidaan kytkeä sarjaan SPIN-laitteiston kanssa, jolloin yhdistelmällä voidaan analysoida arktisen alueen jääytimien ominaisuuksia pilvenmuodostusmallien tueksi.

Tutkimuskokonaisuudessa yhdistyvät teoriaosaaminen, kokeellisten mittausten menetelmien kehitys ja ilmastomallintaminen. Ne auttavat ennustamaan miten arktisten pilvien synty ja ominaisuudet muuttuvat

tulevaisuudessa, kehittävät ymmärrystä siitä, miten nämä muutokset heijastuvat takaisin arktisen ilmaston muutokseen, ja mitä vaikutusta lisääntyvällä ihmistoiminnan aktiivisuudella on alueeseen, sekä parantavat ilmastomallien kykyä simuloida arktista ilmastoa.

**Lisätietoja:**

Professori Hanna Vehkamäki, Helsingin yliopisto [hanna.vehkamaki@helsinki.fi](mailto:hanna.vehkamaki@helsinki.fi)

Professori Annele Virtanen, Itä-Suomen yliopisto

Dosentti Sami Romakkaniemi, Ilmatieteen laitos

Professori Jorma Keskinen, Tampereen teknillinen yliopisto