



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: kesää lukuun ottamatta 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 mittausmenetelmiä. Analysoimamme satelliittihavainnot osoittavat, että varsin suuri osa arktisen alueen pilvistä on ns. sekafaasipilviä, joissa pilven yläosissa on enemmän nestemäisiä pisaroita, ja alaosissa jääkiteitä. Havaintojen perusteella aerosolien vaikutus pilvien jäätyislämpötilaan on muutamia asteita. Projektin aikana olemme kehittäneet mallin, joka kytkee yhteen pilvien dynamiikan, sekä aerosolihiukkasten ja pilvien mikrofysikaaliset ominaisuudet. Projektin seuraavassa vaiheessa analysoimme havaintoja kyseisen mallin avulla, ja selvitämme pilven dynamiikan ja aerosolin ominaisuuksien suhteellisen merkityksen pilvien jäätymisessä. 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 mittauksen perusteella keskeisessä roolissa ilmakehän jäänukleaatioissa. Olemme myös suorittaneet piipinnoille etsatuilla nanorakenteilla yhden ensimmäisistä suorista vertailuista jäänukleaatiosimulaatioiden ja -kokeiden välillä, millä kokeiden ja simulaatioiden yhtäpitävyys voidaan varmentaa.

Simulaatiomallien vastaavuus todellisuuden kanssa varmistetaan myös ytiminä toimivilla hiukkasilla tehtävillä kokeilla käyttäen SPectrometer for Ice Nuclei –jäänukleaatiomittauslaitetta (SPIN), jota on onnistuneen käyttöönoton jälkeen käytetty neljässä suuressa mittauskampanjassa. Näissä on mitattu, kuinka nykyaikaisen bensiniin sekä erityyppisten puupolttoaineiden päästöt toimivat jääytiminä yläilmakehän olosuhteissa tuoreina ja ikääntymisen jälkeen. Näiden lisäksi mustan hiilen aktiivisuus jääytiminä on selvitetty puupolttoaineen päästöistä erotetusta noesta, ja laitetta on käytetty onnistuneesti kenttäolosuhteissa

Hyytiälässä keväällä 2018 ilmakehässä todellisesti esiintyvien hiukkasten mittauksissa. Jäätymätoimivien hiukkasten erittelyä 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 laitteistosta saadaan näytteistettyä jäätymätoimivia aktivoituneita pienhiukkasia. Läpi tulleiden jäädinhiukkasten analyysia varten on kehitetty sähköiseen hiukkaslevitaatioon (EDB = electrodynamic balance) ja laser-avusteiseen emissiospektrometriaan (LIBS = laser-induced breakdown spectroscopy) perustuva laitekoonpano, jolla voidaan selvittää niiden alkuainekoostumus.

Tutkimuskokonaisuudessa yhdistyvät teoriaosaaminen, kokeellisten mittausten kehitys ja ilmastomallintaminen. Ne auttavat ennustamaan miten arktisten pilvien synty ja ominaisuudet muuttuvat tulevaisuudessa, kehittävät ymmärrystä siitä, miten nämä muutokset heijastuvat takaisin arktisen ilmastoon, 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)

Professori Annele Virtanen, Itä-Suomen yliopisto

Dosentti Sami Romakkaniemi, Ilmatieteen laitos

Professori Jorma Keskinen, Tampereen teknillinen yliopisto