

**PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM**  
Természettudományi Kar  
Földtudományi Doktori Iskola

**Az aeroszol részecskék és a stratocumulus felhők  
kölcshatása különböző típusú légtömegekben**

Szabó- Takács Beáta

Doktori értekezés tézisei

PÉCS, 2011

A doktori iskola címe: Földtudományok Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője:

Prof. Dr. Dövényi Zoltán DSc, egyetemi tanár  
PTE-TTK Földrajzi Intézet, Magyarország  
Földrajza Tanszék

A doktori témacsoport neve: Meteorológia, éghajlatváltozás

Vezetője:

Prof. Dr. Geresdi István, egyetemi tanár  
PTE-TTK Környezettudományi Intézet  
Talajtani és Klimatológiai Tanszék

A disszertáció tudományága: Meteorológia

Témavezetője:

Prof. Dr. Geresdi István, egyetemi tanár  
PTE-TTK Környezettudományi Intézet  
Talajtani és Klimatológiai Tanszék

## **Bevezetés**

A klímánk jövőbeli alakulásában sok más tényező mellett fontos szerepet játszanak a felhőkben lejátszódó dinamikai és mikrofizikai folyamatok. Napjainkban a kutatók nem csak az üvegházhatású gázok szerepét vizsgálják, hanem egyre inkább előtérbe kerül az aeroszol részecskék hatásainak kutatása is. Az aeroszol részecskék éghajlati hatásainak modellezése jóval összetettebb feladat, mint az üvegházhatású gázoké, mivel az aeroszol részecskék mérete, formája és kémiai összetétele igen nagymértékben befolyásolja az éghajlatra gyakorolt hatását. Az aeroszol részecskék nem csak közvetlenül befolyásolják a Föld-légkör rendszer sugárzás egyenlegét, de a felhőkben lejátszódó folyamatok szabályozásán keresztül közvetve is. Ezen hatás mértékét tekintve még napjainkban is nagy a bizonytalanság (IPCC, 2007). A nehézségek ellenére az aeroszol részecskék hatását néhány mérési és modell eredmény alátámasztani látszik.

Az aeroszol részecskék jelenléte nem csak az éghajlatváltozás szempontjából fontos, hanem a légkör szennyezettségét is jellemzi. Mérésekkel alátámasztható, hogy milyen óriási hatást gyakorol a légkör összetételére egy iparterület, vagy akár csak egy légifolyosó jelenléte. Ezek a kibocsátási források az aeroszol részecskék koncentrációjára és kémiai összetételére és ezen keresztül a felhők optikai tulajdonságára és a csapadékképződésre is hatással vannak. Nemcsak az aeroszol részecskék jellemzői befolyásolják a felhőkben lejátszódó folyamatokat, hanem a felhő- és a csapadékképződés is hatással van a légköri aeroszol részecskék jellemzőire.

Dolgozatomban ezt a komplex kölcsönhatást kívánom vizsgálni annak a felhő típusnak (stratocumulus) a kapcsán, amely relatíve nagy gyakorisággal figyelhető meg a légkörben, és emiatt fontos szerepe van az aeroszol részecskék körforgásában.

## **Célkitűzés**

A kutatásom során számítógépes modell segítségével vizsgáltam a stratocumulus felhőkben lejátszódó folyamatokat és az aeroszol részecskék és a felhő közötti kölcsönhatást különböző dinamikai feltételek mellett.

## **Kutatási módszerek**

Az aeroszol részecskék stratocumulus felhőkben lejátszódó körfolyamatát egy idealizált kétdimenziós kinematikai modellel vizsgáltuk. A kétdimenziós domain tartalmazza a feláramlási és leáramlási tartományokat. A számításokat két, eltérő intenzitású vertikális áramlás esetén végeztük el. A modell horizontális és vertikális kiterjedése 2000 m és 750 m, felbontása horizontális irányban 20 m vertikális irányban 15 m.

A mikrofizikai folyamatok vizsgálatához az aeroszol részecskéket vízben jól oldódó, illetve vízben oldhatatlan kategóriákra osztottuk. A vízben jól oldódó részecskékről feltételeztük, hogy teljes egészében ammónium-szulfátból állnak. A kutatás során a vízben oldódó részecskéknek a vízcsepp kialakulásában játszott szerepét, valamint a nem aktivizálódott, vízben oldódó, és a vízben oldhatatlan aeroszol részecskéknek vízcseppekkel történő ütközéses mechanizmusok során történő kimosódást tanulmányoztuk. Az aeroszol részecskék kezdeti méret szerinti eloszlását a tengeri, a vidéki és a város környéki levegőben, a Jaenicke által javasolt lognormális méret szerinti eloszlással határoztuk meg. A számításokhoz a részletes mikrofizikai sémát alkalmaztuk.

A vizsgálat során figyelembe vettük: (i) a vízcseppek kialakulását vízben oldódó aeroszol részecskéken; (ii) a vízcseppek diffúziós növekedését/párolgását; (iii) a vízcseppek ütközéses növekedését; (iv) az aeroszol részecskék kimosódását a vízcseppekkel való Brown-féle, foretikus és gravitációs ütközése során. A modell eredményeit mérési eredményekkel hasonlítottam össze, mellyel teszteltem a modell alkalmasságát a stratocumulus felhőkben lejátszódó mikrofizikai folyamatok leírására.

## **Eredmények**

A kutatás célja az aeroszol részecskék és a stratocumulus felhők közötti kölcsönhatásnak a vizsgálata különböző típusú légtömegekben különböző dinamikai feltételek mellett. A folyamatok tanulmányozásához vízben jól oldódó ammónium-szulfát és vízben nem oldódó részecskéket vettünk alapul, melyeket 36 méretintervallumra osztottunk. A  $0,12\ \mu\text{m}$ -nél kisebb részecskék 50%-a, az ennél nagyobb sugarú részecskék 70%-a volt vízben oldható. A vizsgálatokat két különböző, időben állandó áramlási tér esetén végeztük. A kölcsönhatások közül a felhőképződést, a vízcseppek párolgását, továbbá a vízcseppek egymás közötti, valamint a vízcseppek és az aeroszol részecskék közötti ütközést vizsgáltuk.

1. A stratocumulus felhőkben a kondenzációs folyamat játszik döntő szerepet. Az ütközéses növekedés, mely jelentősen módosítja az aeroszol részecskék kezdeti méret szerinti eloszlását, elhanyagolható szerepet játszik. Ezért a vízcseppek elpárolgását követően kialakult regenerálódott aeroszol részecskék méret szerinti eloszlását összehasonlítva a vízben oldódó aeroszol részecskék kezdeti méret szerinti eloszlásával jó egyezést mutattak. Ez azt bizonyítja, hogy a modell helyesen írja le az aeroszol részecskék körforgását.
2. A vízben oldódó aeroszol részecskék számának 93%-a, tömegének 99%-a mosódott ki a felhőképződés során függetlenül a vertikális irányú áramlás intenzitásától. A nukleációs kimosódáshoz képest a vízcseppekkel való ütközés során bekövetkező koncentráció csökkenés elhanyagolható mértékű volt.
3. A vízben nem oldódó aeroszol részecskéket a vízcseppek aeroszol részecskékkel történő Brown, foretikus és gravitációs ütközéssel gyűjtötték össze. A gyengébb feláramlás esetén a kimosódás csak a felhőkben volt tapasztalható, a csapadék zónában nem. Ezzel szemben az erősebb feláramlás esetén a vízcseppek mind a felhőkben, mind a leáramlási zónában is gyűjtötték a részecskéket. A kimosódott aeroszol részecskék koncentrációjának tér és idő szerinti integrált értéke alapján, a kimosódás a város környéki légtömegben volt a leghatékonyabb. Ez az eredmény azzal magyarázható, hogy a vízcseppek térfogategységnyi levegőre eső teljes felülete ebben az esetben volt a legnagyobb.
4. A Brown-, a foretikus-, és a gravitációs ütközések jelentős szerepet játszanak az aeroszol részecskék kimosódásban. A kimosódás mértéke erősen függ az aeroszol részecskék méretétől. A Brown ütközéssel a 0,1  $\mu\text{m}$ -nél kisebb sugarú, illetve a gravitációs ütközéssel az 1  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb sugarú részecskék mosódtak ki a leghatékonyabban. Figyelembe véve a feláramlás okozta koncentrációváltozást is a 0,2–3  $\mu\text{m}$ -es méret intervallumban a kimosódás nem kompenzálta a felszín közeli konvergencia okozta koncentrációnövekedést. A modell eredményei alátámasztják azt a megfigyelést, miszerint a 0.1–1  $\mu\text{m}$  sugarú részecskék légköri tartózkodási ideje a leghosszabb.

## **A kutatás további irányai**

A további céloom az, hogy minél pontosabb és a természetben lejátszódó folyamatokat vizsgáló modell megalkotására törekedjem. Az eddigi kutatásaim bebizonyították, hogy a modell tökéletesítéséhez, a kapott eredmények teszteléséhez nélkülözhetetlen a mérési eredményekkel végzett kontroll.

A közeljövőben az elsődleges feladatommak tekintem, hogy a modell komplexitásának növelésével a fent említett célt elérjem, vagyis minél pontosabb modell kifejlesztésében vegyek részt. Szeretném a modellbe beépíteni a természetben előforduló egyéb, a légköri folyamatokat befolyásoló, komplex kölcsönhatásokat is, valamint az összetettebb kémiai részecskék légköri viselkedését is.

Ezen eredmények későbbi tesztelése is a terveim között szerepel, melyre kiváló lehetőség kínálkozik a 2011 szeptemberétől folyamatban lévő „AEGEAN Pollution: Gaseous and Aerosol airborne MEasurements” projekt. A projekt vizsgálati célja az Égei-tenger felett, körülbelül május közepétől, szeptember közepéig tartó, ÉK irányú mediterrán (Ethesian) szél által szállított aeroszol transzport fizikai és kémiai hatásainak vizsgálata. A vizsgálat során Lészvosz és Kréta szigetek közötti útvonalon a felszínhez és a planetáris határréteghez (PBL) közeli szintek közötti repülőgépes adatgyűjtéssel a légköri paraméterek és a különböző kémiai összetételű részecskék térbeli struktúrájáról szerzünk információkat. A repülőgépes mérések értelmezéséhez hozzájárul még a Lészvosz és Kréta szigeteken végzett folyamatos in situ meteorológiai és légszennyezettségi mérések elemzése. Ezen kívül az Égei-tengeren közlekedő kereskedelmi hajókon használt mérőeszközök segítségével kapott adatokat is felhasználjuk. A mért fizikai és aeroszol kémiai- és koncentráció paramétereket összevetjük a modellbecslésekkel, hogy kiértékeljük, hogy a modellek mennyire alkalmasak az Égei-tenger feletti levegőben lejátszódó különböző folyamatok vizsgálatára. A mérések során kapott adatbázis megfelelő eszközt nyújt a későbbi parametrizációs eljárás fejlesztésében.

## Publikációk jegyzéke

### 1. A disszertáció alapjául szolgáló publikációk

1. **SZABÓ–TAKÁCS B.** 2011: *Numerical simulation of cycle of aerosol particles in stratocumulus clouds with a two-dimensional kinematic model.* Időjárás, vol. 115, No. 3, pp. 147–165, (várható IF= 0.6)
2. **TAKÁCS B., GERESDI I.** 2009: *A légköri aeroszolrészecskék kialakulása, hatásai és azok vizsgálatai.* In: SZABÓ–KOVÁCS B.–TÓTH J.–WILHELM Z.: *Környezetünk természeti-társadalmi dimenziói.* Tanulmánykötet Fodor István tiszteletére. Publikon Kiadó, Pécs, pp. 79-89
3. **SZABÓ – TAKÁCS B.** 2009: *Cirrus felhőkben végzett repülőgépes felhőfizikai mérések és ezek kiértékelése.* Légkör, 54, pp. 15–20
4. **GERESDI I., TAKÁCS B.** 2008: *Numerical study of atmospheric aerosol scavenging by water drops.* Geographia Pannonica Nova III. Imediars Publisher, pp. 315–321

### 2. konferencia előadásokhoz kapcsolódó publikációk

1. **TAKÁCS B.** 2007: *Szilárd halmazállapotú aeroszolrészecskék kimosódása a légkörből.* In: MÁTÉ CSONGOR [ET. AL.]: III. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Kolozsvár, pp. 80–85
2. **TAKÁCS B.** 2007: *Numerical simulation of atmospheric aerosol collection efficiencies of water drops.* In.: LEHOCZKY L. – KALMÁR L. (EDS.): 6th International Conference of PhD Students, Miskolc, pp. 139–143
3. **SZABÓ-TAKÁCS B.** 2011: *Csapadékképződés hatása az aeroszol részecskék körforgására,* In. Szappanyos Melinda: IX. Grastyán Konferencia, PTE Grastyán Endre Szakkollégium, Pécs, pp. 430–435

### 3. Egyéb publikációk

1. CLAVO A., BLACKETT M., CHOU C., FREY W., MARKAKIS K., **TAKÁCS B.** 2008: *EUFAR Summer school, 16 – 24 April 2008, Utrecht, Flight mission B359 (22 – April – 2008), Group B Final Report.* In <http://bo.eufar.net/document/project/1253271950486b2aecb61c1:t.pdf>

2. **TAKÁCS B.** GERESDI I. 2008: *Részvétel az EUFAR Phd iskolán A 2008 április 23-i repülőgépes mérés eredményei.* Egyetemi Meteorológiai Füzetek, No. 22, pp. 180–184
3. BOLBASOVA L., FIORI E., KATZWINKEL J., MALLAUN C., **SZABO-TAKACS B.** 2010: *TETRAD Scientific report - Group 3 – Flight 53, Turbulence and aerosol (TAA) project.* In [http://bo.eufar.net/document/project/TETRAD\\_scientific\\_report\\_group3\\_20110105115845.pdf](http://bo.eufar.net/document/project/TETRAD_scientific_report_group3_20110105115845.pdf)