

# Részletes mikrofizikai séma alkalmazása a hosszúhullámú sugárzásátvitel modellezésében

*Lábó Eszter, Geresdi István*

**Országos Meteorológiai Szolgálat**

**Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar**

*38. Meteorológiai Tudományos Napok*

*2012. november 22-23.*

# Az előadás vázlatja

- 1. A felhő-sugárzás kölcsönhatás áttekintése, motiváció**
  - A felhők hatása a hosszuhullámú sugárzásra
  - Részletes mikrofizikai (bin) leírás bevezetése numerikus modellekben
- 2. A vízfelhők optikai tulajdonságainak számítására kidolgozott módszer**
- 3. Eredmények**
  - Gyengülési együtthatók összehasonlítása az új (bin) és a régi számítás alapján
- 4. Kitekintés**
  - A séma alkalmazási lehetőségei:
    - felhő-sugárzás modell összekapcsolása
    - numerikus modell-szimulációk



# A felhő-sugárzás kölcsönhatás



- A felhők határozzák meg, mennyi napsugárzást nyel el az éghajlati rendszer
- És azt, mennyi termikus sugárzást bocsát ki az űrbe
- Műholdas mérések alapján határozzák meg\* (ERBE mérési program):
- Föld felszínére lejutó napsugárzást a felhők globálisan  $44.5 \text{ W/m}^2$ -rel csökkentik
- A világűrbe kimenő hosszú hullámú sugárzást  $31.3 \text{ W/m}^2$ -rel csökkentik
- Globális hűlést eredményez:  $\sim 13.2 \text{ W/m}^2$

\*FOUQUART, Y. – BURIEZ, J.C. – HERMAN, M. – KANDEL, R.S. 1990: *The Influence of Clouds on Radiation: A Climate-Modeling Perspective*, *Rev. Geophys.*, 28(2), pp. 145–166.

# Felhő-sugárzás kölcsönhatás modellezés

**A '90-es évektől kezdve foglalkoznak a felhő-sugárzás pontosabb leírásával a numerikus modellekben**

- főként az optikai tulajdonságok számítását pontosították – folyékony víztartalom prognosztikai változó (de pl. nem vették figyelembe a szórást)

## **Felhők:**

- meghatározó szerep a légköri folyamatokban:
  - eltérő vertikális sugárzási profilok eltérő légköri instabilitást eredményeznek, amelyek megváltoztatják az áramlási viszonyokat
  - pl. felhő és felhőmentes területek közötti különbség
  - éghajlati vizsgálatoknál még kiemelkedőbb fontossága van

*Felhők általi sugárzási kényszer* = a derült és felhős esetben tapasztalható sugárzások különbsége

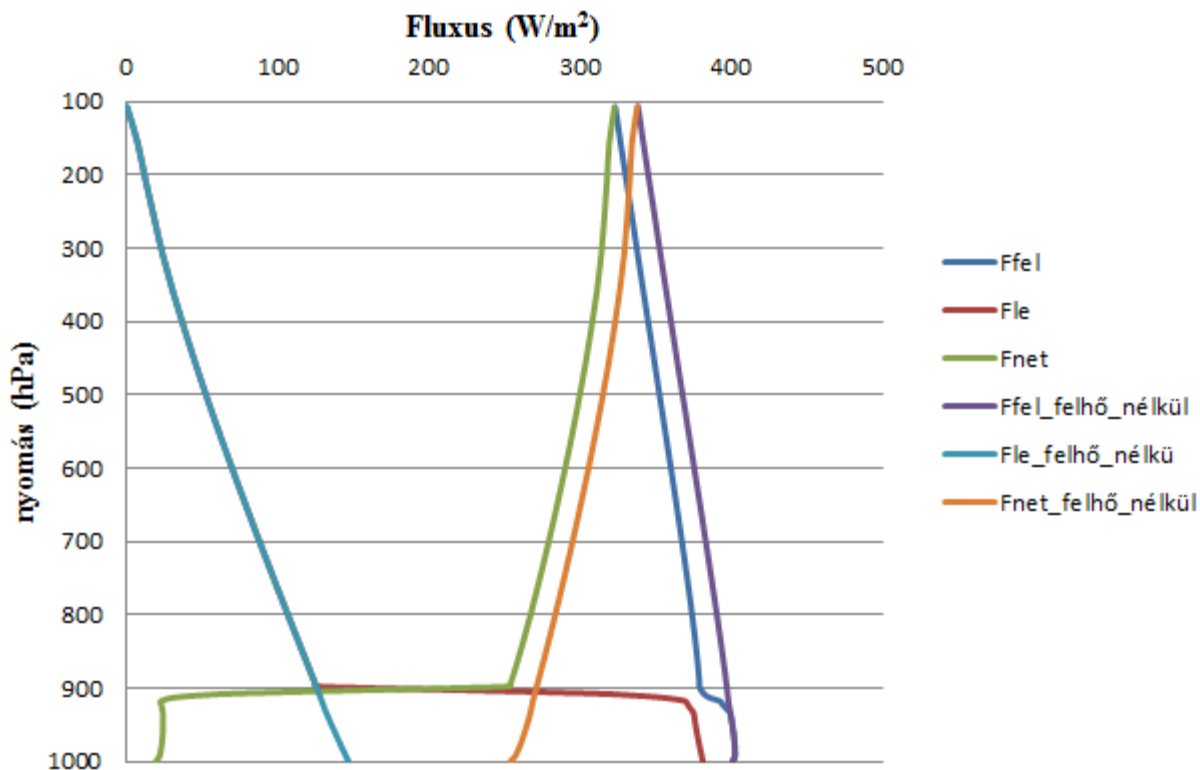
- A különböző modellek eltérő mértékű kényszert számolnak, de a legtöbb 0 és  $-40 \text{ W/m}^2$  között



# A felhők hatása a hosszúhullámú sugárzásra

STRATUS2 – 500-750m között LWC=0.05 g/m<sup>3</sup>

RRTM sugárzási profil stratus2



Összesen a hosszúhullámú sugárzási kényszer a hosszúhullámú spektrumra:

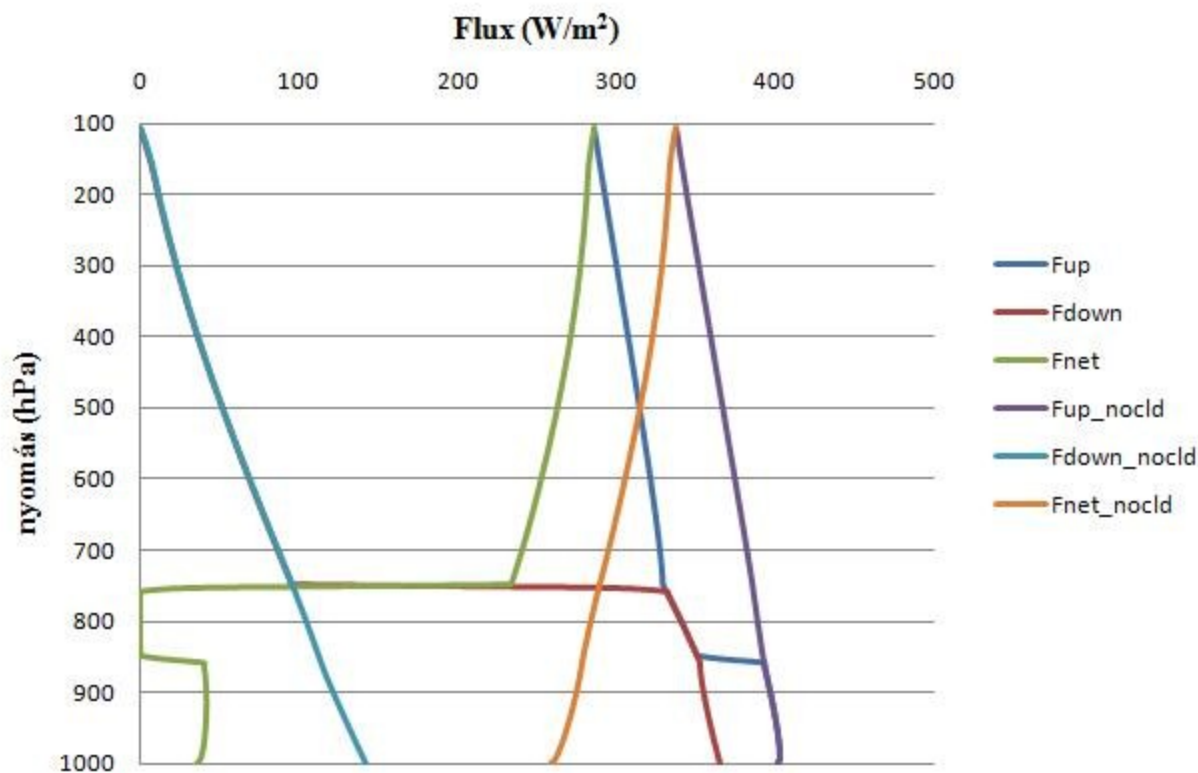
$$F_{TOA} = -11.6 \text{ W/m}^2$$

$$F_{felszín} = 180.3 \text{ W/m}^2$$

# A felhők hatása a hosszúhullámú sugárzásra

CUMULUS2 - 1000-2000m között LWC=1 g/m<sup>3</sup>

RRTM output cumulus2



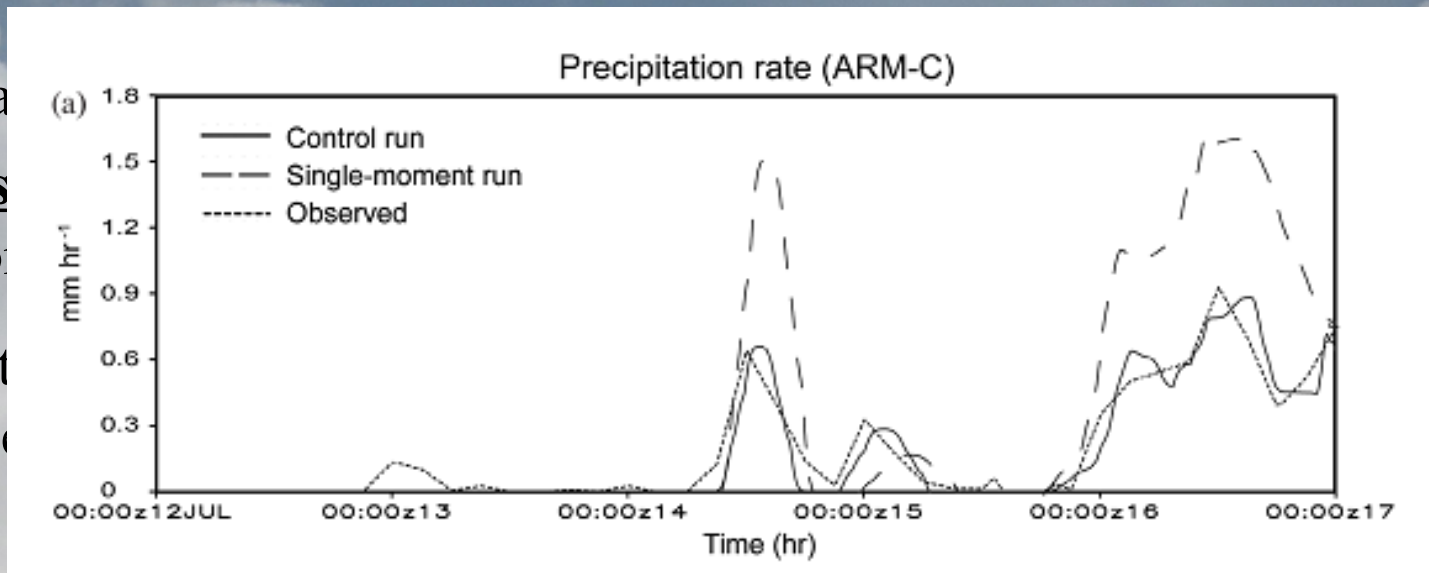
Összesen a hosszúhullámú sugárzási kényszer a hosszúhullámú spektrumra:

$$F_{TOA} = -51.1 \text{ W/m}^2$$

$$F_{felszín} = 222.6 \text{ W/m}^2$$

# Mikrofizikai parametrizációk a numerikus modellekben

- operatív
- A rész
- felhő
- Kutat
- konve



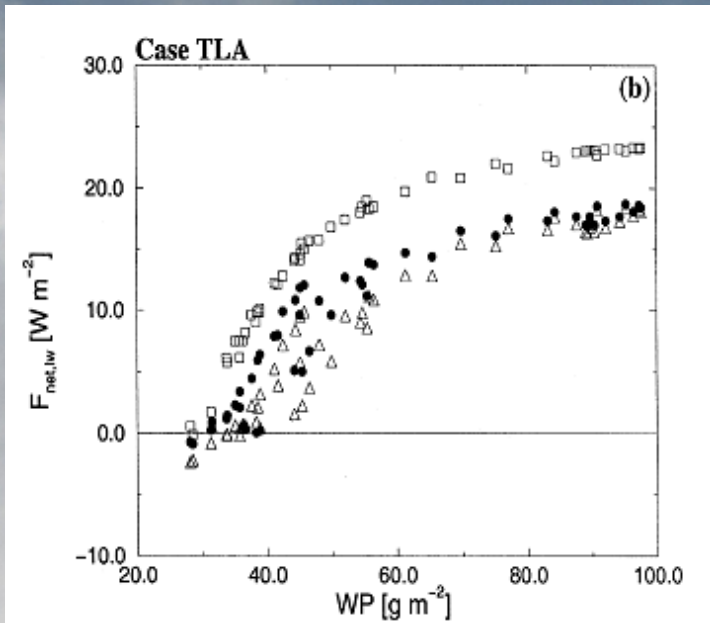
mezoskálájú  
a.

- Sugárzás esetében is igazolták, hogy a pontosabb (két-momentumos) mikrofizikai séma esetében a légkör tetején a hosszúhullámú sugárzás különbsége a két séma esetében  $16 \text{ W/m}^2$ \*

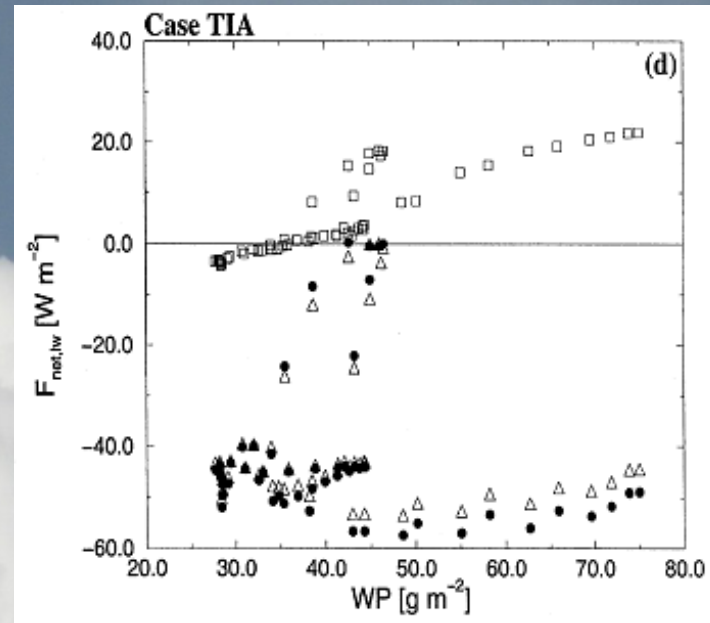
\*Lee, S. S. and L. J. Donner, 2011: Effects of cloud parameterization on radiation and precipitation: A comparison between single-moment microphysics and double-moment microphysics. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 22, 403-420



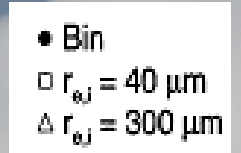
# A mikrofizikai parametrizáció fontossága



*TLA – kevert fázisú vízfelhő*



*TIA – jégfelhő*



- vízfelhő esetén  $5 \text{ W/m}^2$  különbséget ad a részecskeméret eltérése
- jégfelhő esetén azonban a felszín érő nettó sugárzás előjele is megváltozhat!

\* *J. Harrington: A method for the parameterization of cloud optical properties in bulk and bin microphysical models. Implications for arctic cloudy boundary layers, Atmospheric Research, Vol. 57, No. 1. (February 2001), pp. 51-80.*



# A bulk és a bin mikrofizikai parametrizációk összehasonlítása

A felhők optikai tulajdonságait az alábbiakkal jellemzik:

- Gyengülési együttható ( $\beta_{\text{ext}}$ )
- Egyszeri szórási albedó ( $\omega$ )
- Asszimetria paraméter ( $g$ ):

A számításoknál a bulk (effektív sugár szerinti) parametrizációt használják:

$$\beta_{\text{ext}}/\text{LWC} = a_1 r_e^{D_1} + c_1,$$

$$1 - \omega = a_2 r_e^{D_2} + c_2,$$

$$g = a_3 r_e^{D_3} + c_3,$$

hol

$$\beta_{\text{ext}} = \frac{\pi}{k^3} \int_0^{\infty} n(r) r^2 Q_{\text{ext}}(r) dr,$$

$$\beta_{\text{sca}} = \frac{\pi}{k^3} \int_0^{\infty} n(r) r^2 Q_{\text{sca}}(r) dr,$$

$$\omega = \frac{\beta_{\text{sca}}}{\beta_{\text{ext}}},$$

$$g = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 p(\mu) \mu d\mu,$$

$$r_e = \frac{\int_0^{\infty} n(r) r^3 dr}{\int_0^{\infty} n(r) r^2 dr}.$$

- $a_i, b_i, c_i$  együtthatókat 3 hullámhossz –integrálra osztják : 2.5  $\mu\text{m}$ -12  $\mu\text{m}$ ; 12  $\mu\text{m}$  -30 $\mu\text{m}$ ; és 30  $\mu\text{m}$  -60  $\mu\text{m}$

- RRTM (Rapid Radiative Transfer Model) által használt kód

\*Hu, Y. X., and K. Stamnes: An accurate parameterization of the radiative properties of water clouds suitable for use in climate models. *J. Climate*, Vol. 6, 728-742, 1993

# A bulk és a bin mikrofizikai parametrizációk összehasonlítása

- A Geresdi-féle bin séma 36 db részecskeméret-intervallumot tartalmaz
- $r_0=1.5625 \mu\text{m}$ ,  $r_{36}=5.07968 \text{ mm}$ ,  $m_k=m_{k-1} * 2$ ,  $n_k(D)=A_k+D*B_k$
- A gyengülési együttható számítása:

$$\bar{\beta}_{\text{ext}} = \int_{\Delta\lambda} \left[ \int_0^\infty A(D) Q_{\text{ext}}(D, m, \lambda) n(D) dD \right] E_\lambda d\lambda / \int_{\Delta\lambda} E_\lambda d\lambda,$$

- Bin –séma esetén

$$\bar{\beta}_{\text{ext}} = \int_{\Delta\lambda} E_\lambda \sum_{k=1}^{N_{\text{bins}}} A(\bar{D}_k) Q_{\text{ext}}(\bar{D}_k, m, \lambda) N_k d\lambda / \int_{\Delta\lambda} E_\lambda d\lambda,$$

, ahol

- $E_\lambda$  a hőmérsékleti sugárzás-intenzitás,  $A(D)$  a vízcseppek keresztmetszete,
- $m$  a komplex törésmutató,  $T_s=273 \text{ K}$  a Planck-függvény referencia-hőmérséklete
- A gyengülési hatáskeresztmetszet közelítése\*:

$$Q_{\text{ext},m}(D, \lambda, m) = \left( 1 + \frac{C_{\text{res}}}{2} \right) Q_{\text{ext}} + Q_{\text{edge}}$$

\* Mitchell, D.L., 2000: Parameterization of the Mie extinction and absorption coefficients for water clouds. *J. Atmos. Sci.* 57, pp. 1311–1326



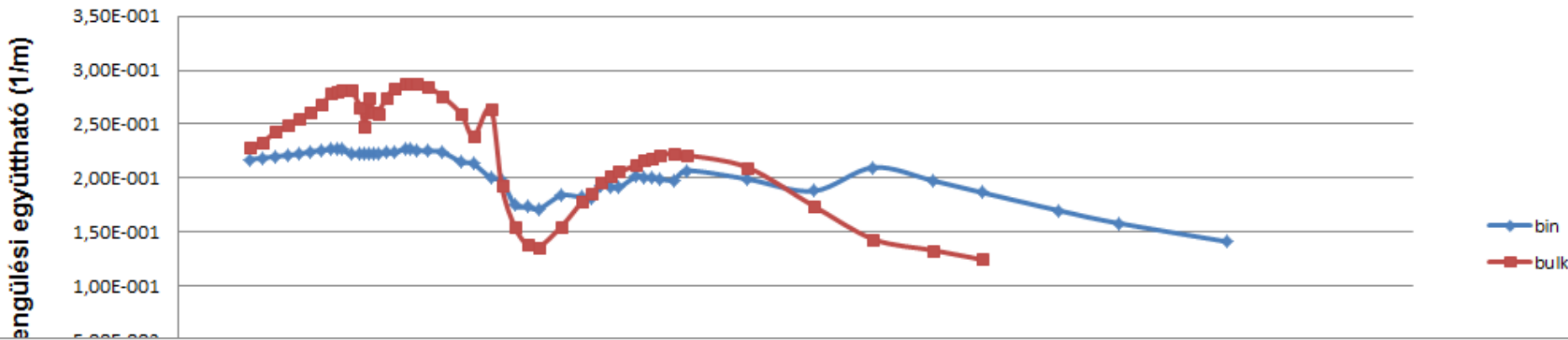
# Gyengülési együtthatók összehasonlítása bin és bulk számítás alapján

- $LWC=10^{-3} \text{ kg/m}^3$
- Részecske-koncentrációk, és effektív sugarak különböző  $\gamma$ -eloszlásokra:

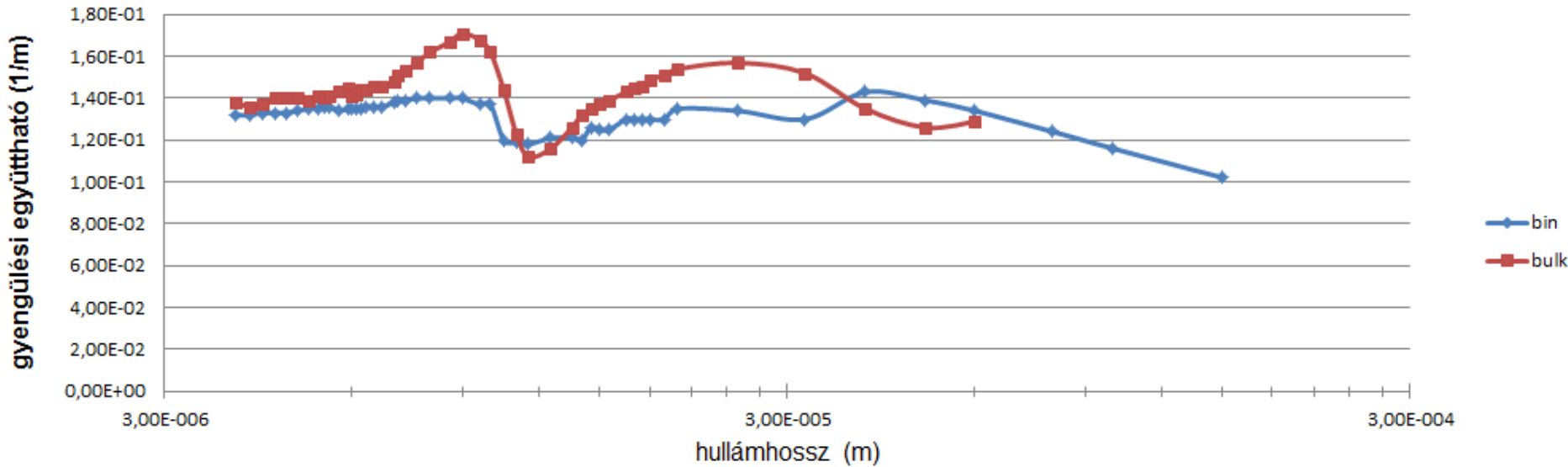
$N (*10^6)$	$r_{\text{eff}} (*10^{-6}) \text{ m}$
1000	7,92
500	9,98
300	11,83
250	12,57
50	21,5
20	29,18
15	32,12
5	46,33

# Gyengülési együtthatók összehasonlítása bin és bulk számítás alapján

LWC=10(-3) kg/m<sup>3</sup>, N=1000\*10(6) 1/m<sup>3</sup>, reff=7,92 \*10(-6) m



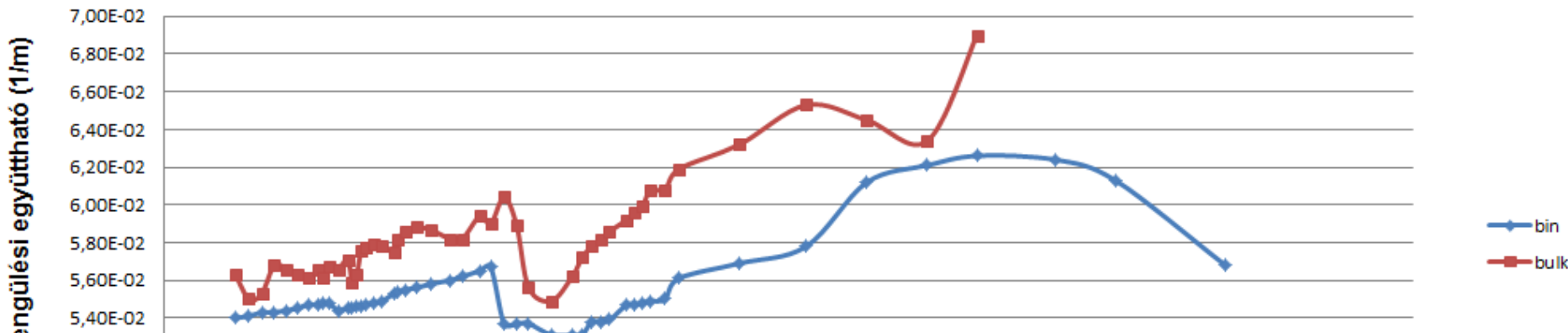
LWC=10(-3) kg/m<sup>3</sup>, N=250\*10(6) 1/m<sup>3</sup>, reff=12,57 \*10(-6) m



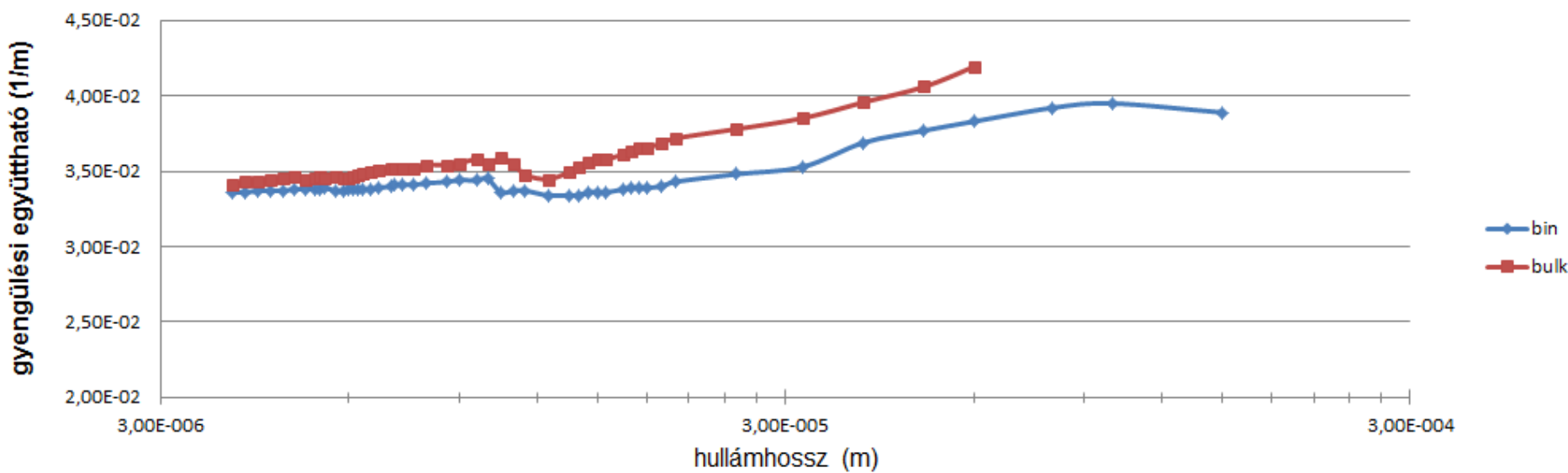


# Gyengülési együtthatók összehasonlítása bin és bulk számítás alapján

LWC=10(-3) kg/m<sup>3</sup>, N=20\*10(6) 1/m<sup>3</sup>, reff=29,18 \*10(-6) m



LWC=10(-3) kg/m<sup>3</sup>, N=5\*10(6) 1/m<sup>3</sup>, reff=46,33 \*10(-6) m



# A bin-séma hatása a hosszúhullámú sugárzásra

- Három idealizált felhő esetén számoltuk ki a hosszúhullámú sugárzás gyengülésének különbségét a két sémát alkalmazva:

**Köd:** 100m vastagságú,  $LWC=5 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  a két szélén (25 m-25 m), és  $LWC=1 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$  a belsejében (50m)

**Felhő1:** 200m vastagságú,  $LWC=1 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  a két szélén (50 m-50 m), és  $LWC=1 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$  a belsejében (100m)

**Felhő2:** 200m vastagságú,  $LWC=1 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  a két szélén (50 m-50 m), és  $LWC=5 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$  a belsejében (100m)

Felhő típusa	Intenzitás-változás ( $\text{W/m}^2$ )
Köd	-8,05 $\text{W/m}^2$
Felhő1	-1,82 $\text{W/m}^2$
Felhő2	0,046 $\text{W/m}^2$



# Kitekintés – felhőfizikai vizsgálatok

- A sugárzási hűlés hatását vizsgálták a vízcseppek növekedésére\*

$$L_e \frac{dm}{dt} - R = 4\pi r K (T_r - T_\infty),$$

- A vízcseppek méret szerinti eloszlása bimodálissá válik (a nagyobb cseppek gyorsabban nőnek)
- Akár 20-50 perccel előbb is elérhetik a vízcseppek a  $>20\mu\text{m}$  nagyságot

## Terv:

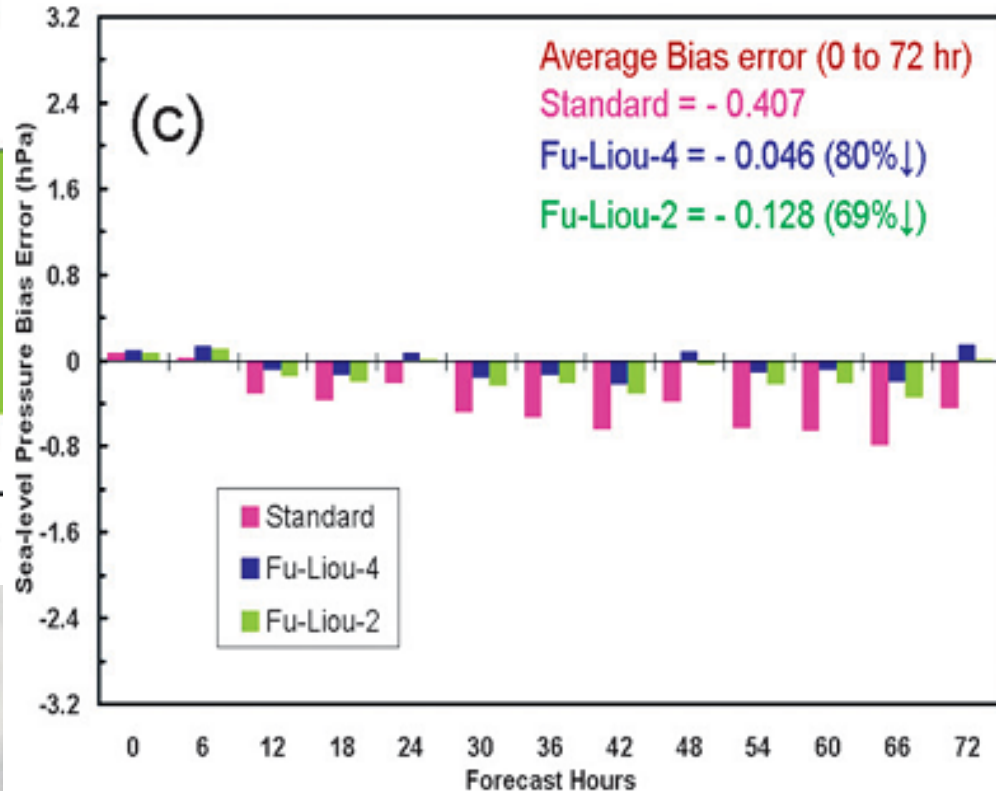
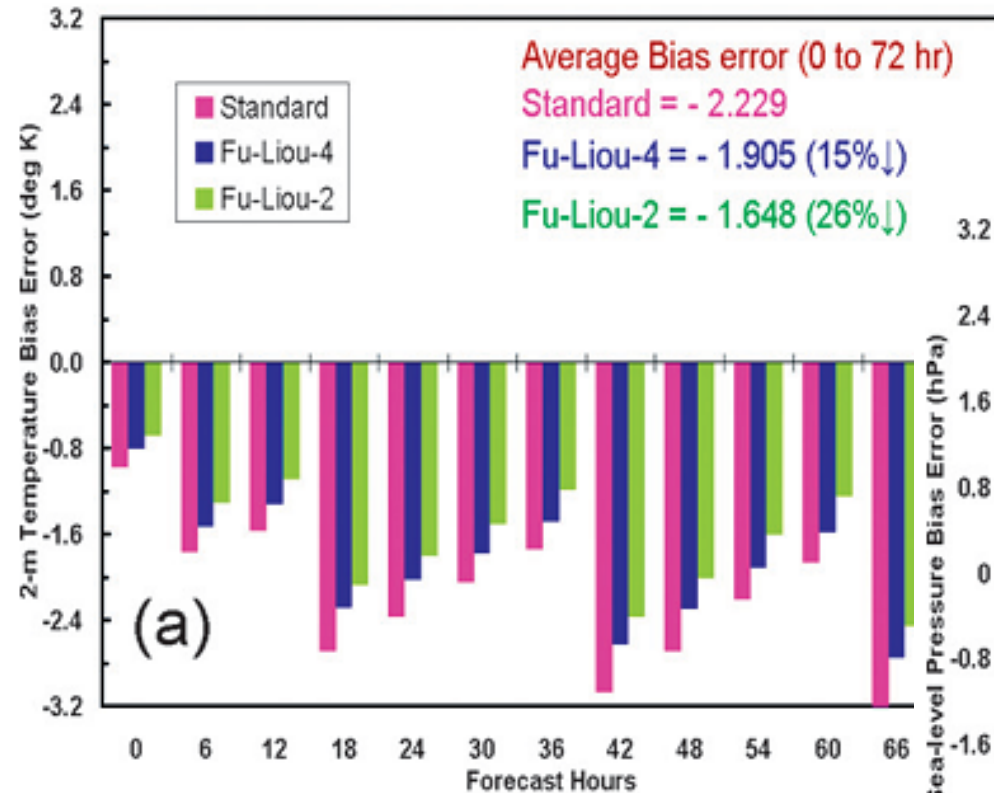
- A részletes sugárzási séma 2D-s felhőmodellel való összekapcsolása
- Köd esetén zajló folyamatok vizsgálatát lehetővé teszi

\* Harrington, J. Y., Feingold, G., Cotton, W.R., 2000: Radiative Impacts on the Growth of a Population of Drops within Simulated Summertime Arctic Stratus, *Journal of Atmospheric Sciences*, vol. 57, Issue 5, pp.766-785

# Kitekintés – numerikus előrejelzési vizsgálatok

és érhető el egy részletesebb sugárzási

here Mesoscale Prediction System



\* Liu, M., Nachamkin, J.E., Westphal, D.L., 2009: On the Improvement of COAMPS Weather Forecasts Using an Advanced Radiative Transfer Model, *Weather and Forecasting*, vol. 24, issue 1, pp. 286.



# Összefoglalás

- Lehetőség van a felhő-sugárzás kölcsönhatás leírásának pontosítására a felhő-vízcseppek részletes méret szerinti eloszlását figyelembe vételével
- Kidolgozásra került egy új módszer a vízfelhők gyengülési együtthatójának meghatározására a hosszúhullámú tartományban
- A hagyományos séma és az új bin-séma gyengülési együtthatóinak eltérése általában 10% alatti, néhol nagyobb csak ennél
- Részletes felhőfizikai kutatások végezhetőek a sugárzási és 2D felhőmodell összekapcsolásával





*Köszönöm a figyelmet!*

*38. Meteorológiai Tudományos Napok*

*2012. november 22-23.*