

# Lokális és nemlokális keveredési sémák a határréteg modellezésében

Bordás Árpád

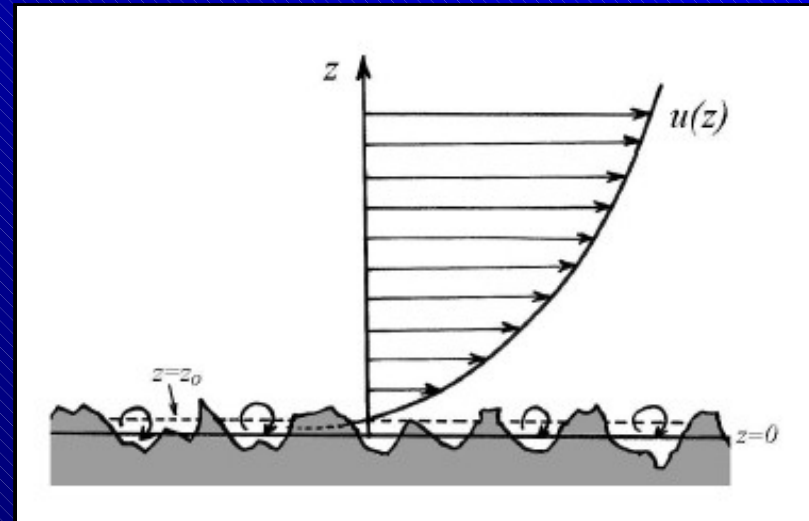
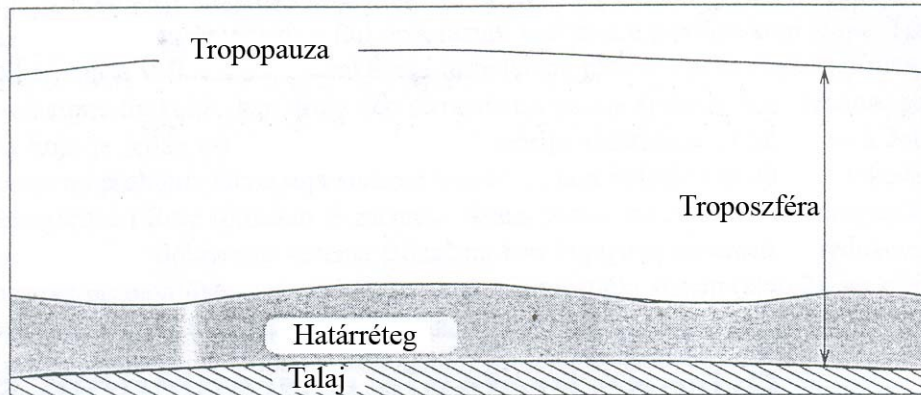
Témavezető: Dr. Weidinger Tamás

# Tartalom

1. Röviden a plenetáris határrétegről
2. A tutatási terv rövid ismertetése
3. A lokális és nemlokális vertikális keveredési sémák és az alkalmazott parametrizációs eljárások ismertetése
4. Publikációs lista

# 1. Röviden a planetáris határrétegről

- A planetáris határréteg a légkör alsó 0,3-2 km-es része, ahol a felszín mint mechanikus és termikus kényszer hatása érvényesül.



- A planetáris határréteg szerkezetét, a turbulens áramok magasságszerinti változását a felszínről induló turbulens örvények és a légkör stabilitási viszonyai határozza meg.
- A határréteggutatás fontos eszközei az 1D vertikális modellek, amelyek segítségével egyszerűen írható le a határréteg szerkezete és az itt lejátszódó turbulens keveredési folyamatok.



## 2. A kutatási terv rövid ismertetése

1. év

Lokális és nemlokális keveredési sémák vizsgálata és összehasonlítása.

2. év

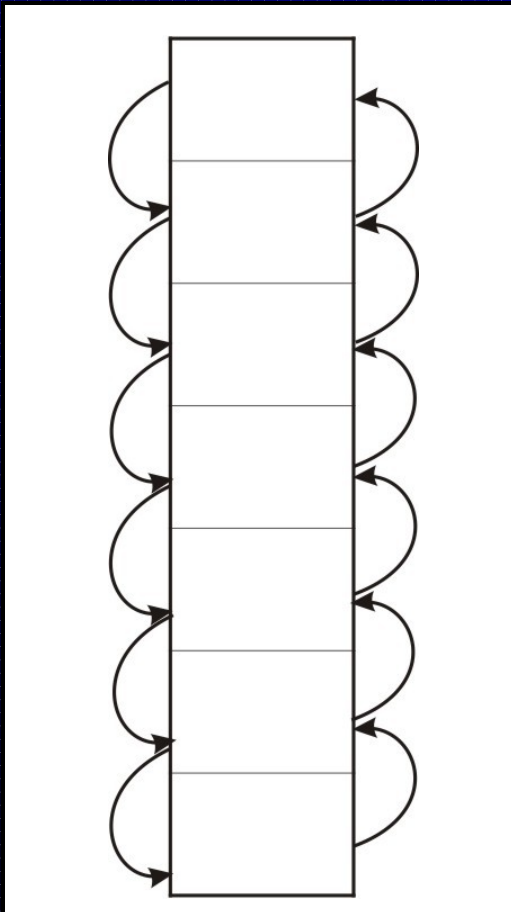
Saját 1D határrétegmodell kifejlesztése és érzékenységi vizsgálata.

3. év

Az 1D határrétegmodell beágyazása a 3D WRF modellbe.

# 3. Lokális és nemlokális vertikális keveredési sémák

## 3.1.1. Diffúziós séma

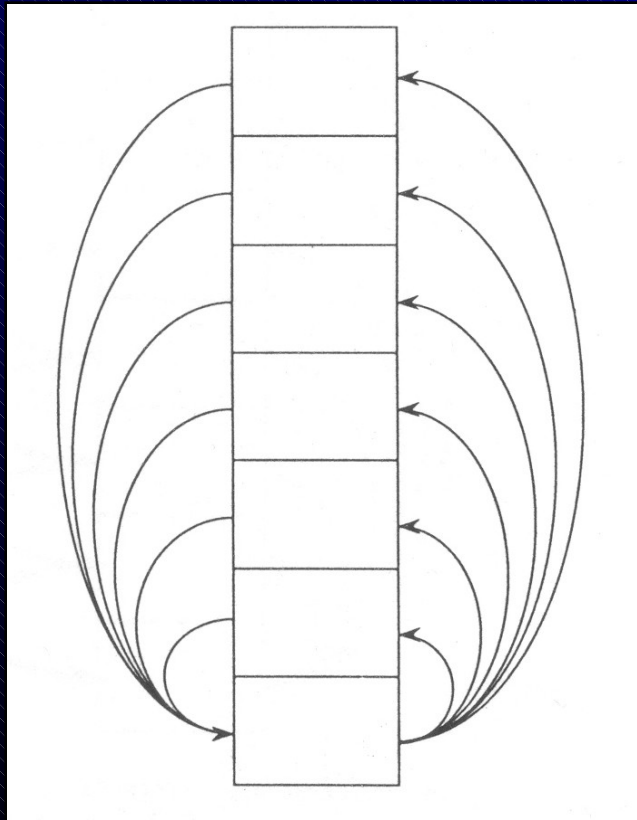


$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial q}{\partial z}$$

$$\begin{pmatrix} d_1 & c_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_2 & d_2 & c_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_3 & d_3 & c_3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & a_{m-1} & d_{m-1} & c_{m-1} \\ 0 & \dots & 0 & 0 & a_m & d_m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1^{n+1} \\ q_2^{n+1} \\ q_3^{n+1} \\ \vdots \\ q_{m-1}^{n+1} \\ q_m^{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_{m-1} \\ b_m \end{pmatrix}$$

### 3.1.2. Blackadar-féle séma

(Backadar, 1976)



$$\frac{\partial q_1}{\partial t} = \int_{j=2}^m M_u \frac{\Delta z_j}{\Delta z_1} (q_j - q_1)$$

$$\frac{\partial q_j}{\partial t} = M_u \frac{\Delta z_1}{\Delta z_j} (q_1 - q_j)$$

$$\begin{pmatrix} d_1 & f_2 & f_3 & \cdots & f_{m-1} & f_m \\ e_2 & d_2 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ e_3 & 0 & d_3 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{m-1} & \cdots & 0 & 0 & d_{m-1} & 0 \\ e_m & \cdots & 0 & 0 & 0 & d_m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1^{n+1} \\ q_2^{n+1} \\ q_3^{n+1} \\ \vdots \\ q_{m-1}^{n+1} \\ q_m^{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_{m-1} \\ b_m \end{pmatrix}$$



### 3.1.3. Transilient elmélet

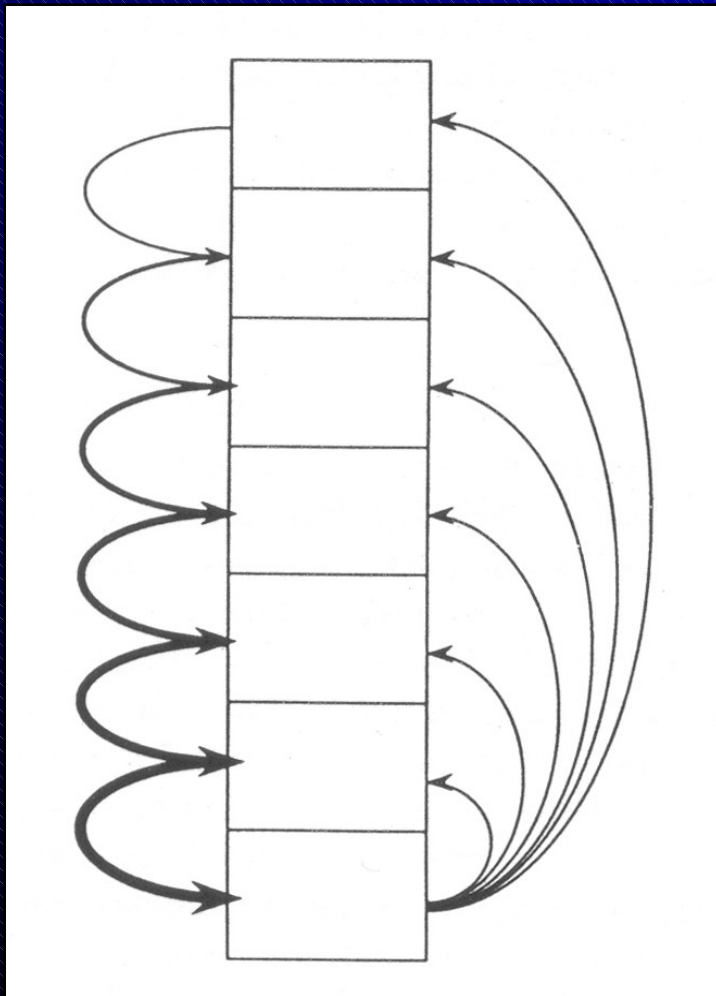
(Stull, 1984)

$$\frac{\partial q_i}{\partial t} = \sum_{j=1}^m \mathbf{M}_{ij} q_j$$

### 3.1.4. Aszimmetrikus konvektív keveredési modell

Asymmetric Convective Modell – ACM

(Pleim and Chang, 1992)



$$\frac{\partial q_1}{\partial t} = \frac{\Delta z_2}{\Delta z_1} M_{d2} q_2 - \frac{1}{\Delta z_1} M_u q_1 \sum_{j=2}^m \Delta z_j$$

$$\frac{\partial q_j}{\partial t} = M_u q_1 - M_{dj} q_j + M_{dj+1} q_{j+1} \frac{\Delta z_{j+1}}{\Delta z_j}$$

$$M_{dj} = \frac{z_m - z_{j-1}}{\Delta z_j} M_u$$

$$\begin{pmatrix} d_1 & c_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ e_2 & d_2 & c_2 & 0 & \dots & 0 \\ e_3 & 0 & d_3 & c_3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{m-1} & \dots & 0 & 0 & d_{m-1} & c_{m-1} \\ e_m & \dots & 0 & 0 & 0 & d_m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1^{n+1} \\ q_2^{n+1} \\ q_3^{n+1} \\ \vdots \\ q_{m-1}^{n+1} \\ q_m^{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_{m-1} \\ b_m \end{pmatrix}$$

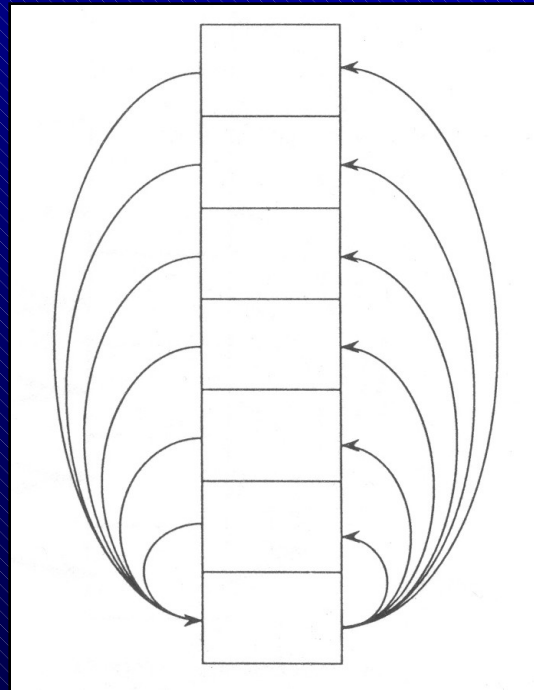
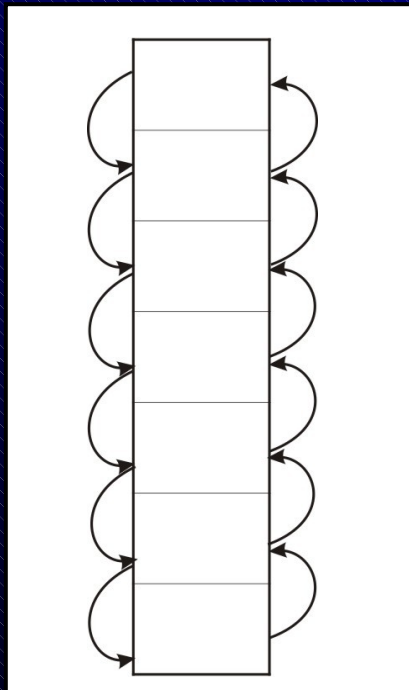


### 3.1.5. Szeletelésen alapuló keveredési séma

Mixing scheme based on operator splitting method – OSM scheme

(Bordás, 2008)

$$\frac{\partial q}{\partial t} = L + N$$



## 3.2. A keveredési sémák összehasonlítása

A határrétegben a keveredést a fel- és leáramlás összegzésével tudjuk leírni  
(*Wyngaard and Brost, 1984*)

$$\frac{q}{q^*} \text{ – relatív koncentráció}$$

$$q^* = \frac{F}{\bar{e}_*}$$

$$\frac{t}{t^*} \text{ – dimenziótlan idő}$$

$$t^* = \frac{h}{\bar{e}_*}$$

$F$  – beáramló fluxus

$h$  – a keveredési réteg vastagsága

$\bar{e}_*$  – a vertikálisan átlagolt turbulens sebesség

---

$$M_u = \frac{\bar{e}_*}{h}$$

$$K = \bar{e}_* \kappa z \left[ \frac{z}{h} \left( 1 - \frac{z}{h} \right) \right]^2 \quad (\text{Alapaty, 2005})$$

$\kappa$  – Kármán-féle állandó ( $\kappa = 0,4$ )

### 3.2.1. Az alkalmazott parametrizációs eljárás leírása

$$\bar{e}_* = \frac{1}{h} \int_0^h \sqrt{e(z)} \Psi(z) dz \quad (\text{Alapaty, 2003})$$

$e(z)$  – turbulens kinetikus energia

$\Psi(z)$  – a turbulens kinetikus energia vertikális profillfüggvénye

$$e(z) = 0.5 \left( \frac{L_E}{h} \right)^{2/3} \left[ 0.4 w_* + u_*^3 (h - z) \frac{\Phi_m}{kz} \right]^{2/3} \quad (\text{Zhang et al., 1996})$$

$u_*$  – dinamikus sebesség

$w_*$  – konvektív sebesség  $w_* = ((g/T) w \theta_0 h)^{1/3}$  (Hotslag et al., 1990)

$\Phi_m$  – univerzális függvény  $\Phi_m = (1 - 15z/L)^{-1/4}$  (Businger et al., 1971)

$L_E$  – disszipációs mértékskála  $L_E = 2,6 h$  (Moeng and Sullivan, 1994)



### 3.2.2. A keveredési rétegvastagság meghatározása

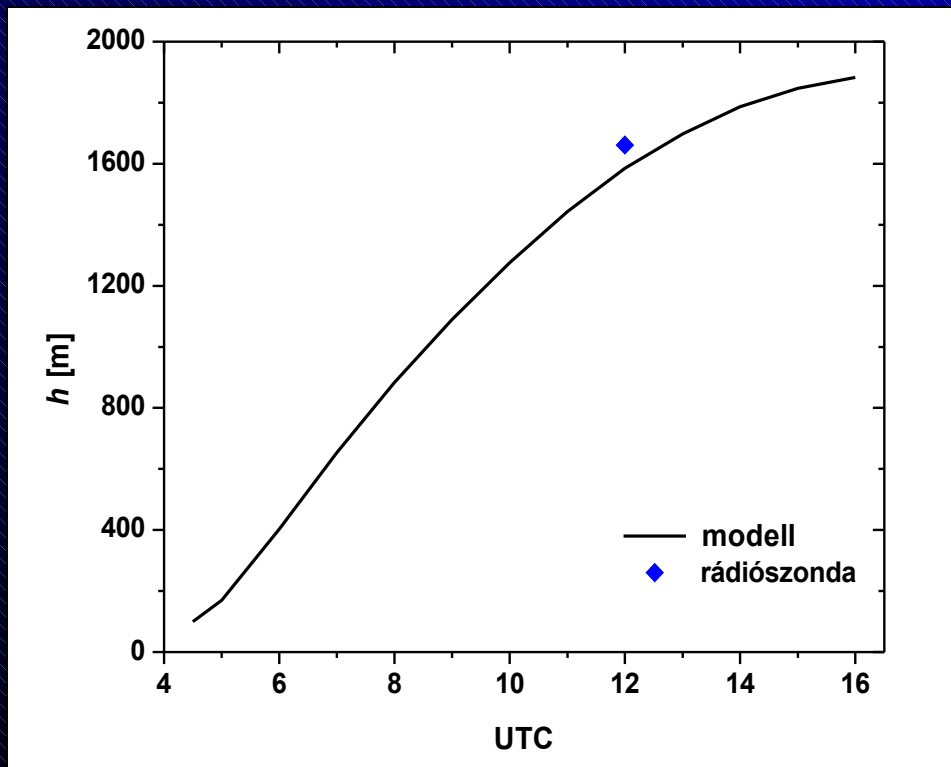
$$\frac{\partial h}{\partial t} = \left(1 + 2X\right) \frac{(-u_* T_*)}{\gamma_\theta h} + 2Y \frac{u_*^3}{\gamma_\theta \beta h^2} \quad (\text{Batchvarova and Gryning, 1991})$$

$T_*$  – dinamikus hőmérséklet

$\beta$  – stabilitási paraméter

$\gamma_\theta$  – keveredési réteg fölött mért virtuális potenciális hőmérsékleti gradiens

$X$  és  $Y$  – állandók ( $X = 0,2$ ;  $Y = 2,5$ )

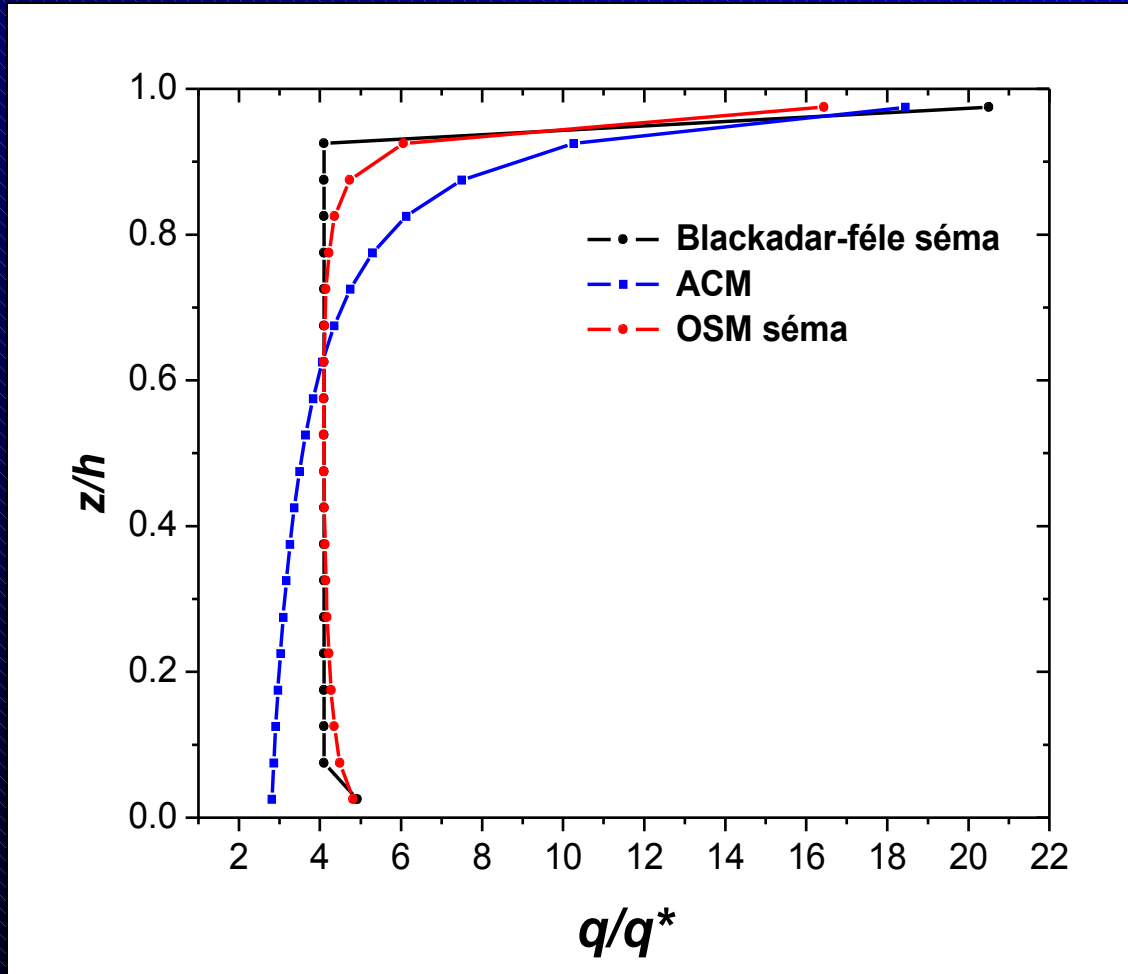


(Weidinger et al., 2008)



Leáramlás (top-down experiment)

$t = 6t^*$





## 4. Publikációs lista

- Bordás, Á., 2008: One-column vertical turbulent mixing model for the atmospheric convective layer, *Phys. Scr.* **T132**, 014032.