

# Légköri szennyeződések terjedésének vizsgálata sokasági éghajlati szimulációkban változó éghajlat esetén

HASZPRA TÍMEA<sup>1</sup>, HEREIN MÁTYÁS<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ELKH–ELTE ELMÉLETI FIZIKAI KUTATÓCSOPORT

<sup>2</sup>ELTE ELMÉLETI FIZIKAI TANSZÉK

2022. NOVEMBER 17.

A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE



*Tudomány: út a világ megismeréséhez*

# Bevezetés

## ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉS SZENNYEZŐDÉSTERJEDÉS



# Bevezetés

- **éghajlatváltozás** lehetséges hatásai:
  - a ciklonok erőssége és a ciklonok száma változott az utóbbi évtizedekben [pl. Lim and Simmonds, 2007, 2009; Tilinina et al., 2013; Wang et al., 2013]
  - Változnak-e más mennyiségek, amelyeket a ciklontevékenység is befolyásol? (pl. a szennyezőanyagok **szétterjedésének intenzitása**)?
- **cél:** a globális skálájú légköri szennyeződésterjedés intenzitásában bekövetkező változások és a **relatív örvényességgel való kapcsolat** vizsgálata **sokasági éghajlati szimulációkban**

# A szétterjedés intenzitása

A VONALNYÚLÁSI ÜTEM

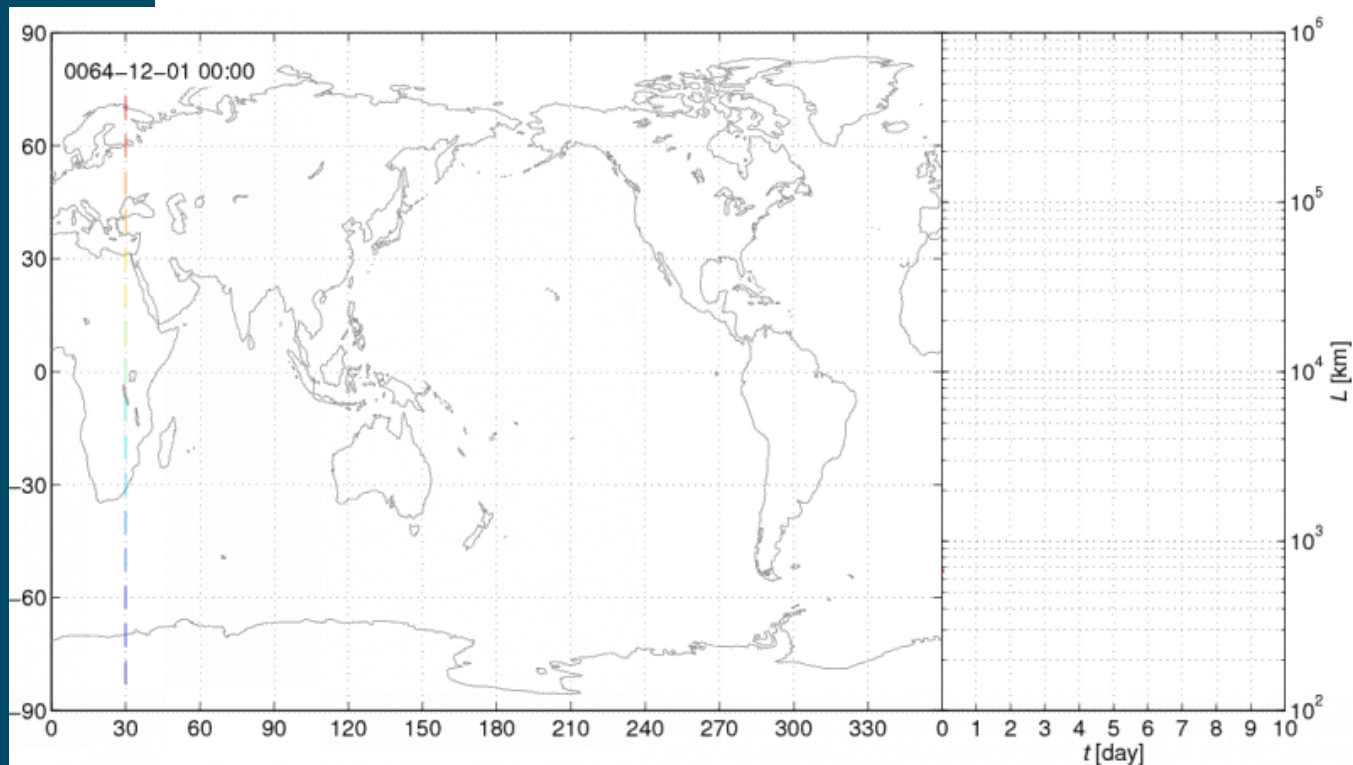


# Vonalnyúlási ütem ( $h$ )

- a káosz egy mérőszáma
- a szennyeződésfelhő **exponenciális** nyúlásának mértéke

$$L(t) \sim \exp(ht)$$

- **kapcsolat:** a szennyeződésfelhő „bonyolultságának”, „gyűrődöttségének” mértéke  $\rightarrow$  **terjedés intenzitása**, előrejelezhetetlensége



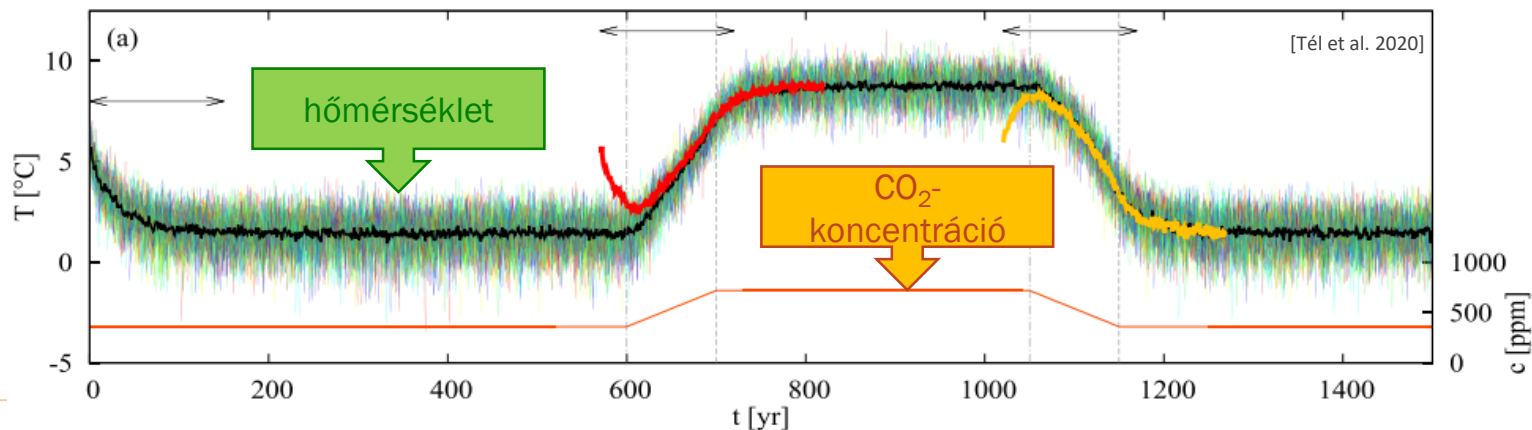
# Sokasági éghajlati szimulációk

FELHASZNÁLT MODELLEK ÉS ADATOK, KEZDŐFELTÉTELEK



# Sokasági éghajlati szimulációk

- a sokasági éghajlati szimulációk a **kezdeti feltételek „elfelejtése”** után adott pillanatban helyesen reprezentálják a **lehetséges állapotok** halmazát, azok **eloszlását (pillanatkép-attraktor elmélete)** [Ghil 2008, Tél et al. 2020]
- előnyök:
  - éghajlat belső változékonysága
  - korreláció adott változók közta sokaság elemeiből (a „sokaság-dimenzióban”) számítható adott időpillanatban



## **RePLaT** (Real Particle Lagrangian Trajectory model)

[Haszpra 2014]

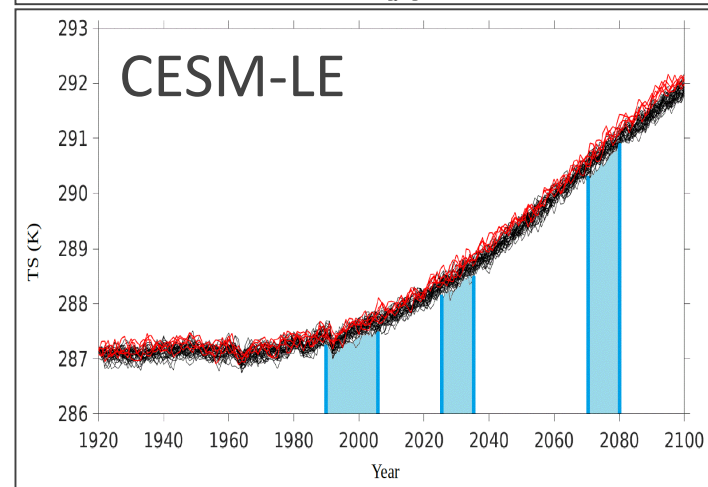
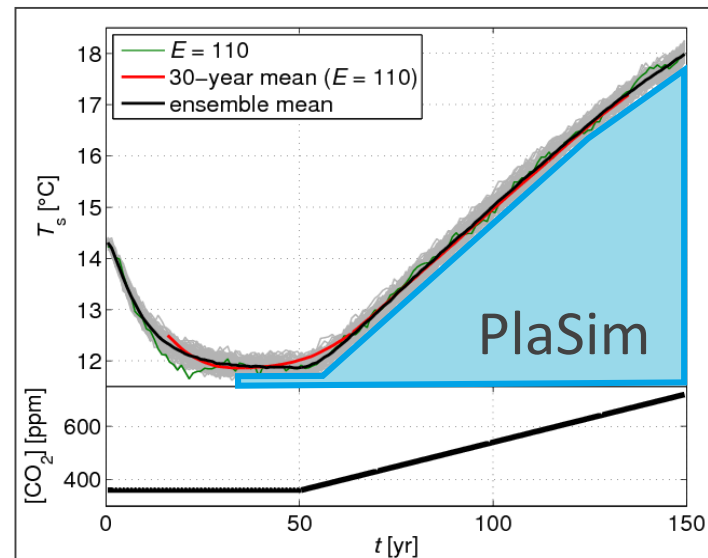
- szennyezőanyag: gáz (**ideális részecske**)
- itt: csak **advekción**

## **PlaSim** (Planet Simulator) [Fraedrich et al. 2005]

- T21 felbontás ( $\sim 5.625^\circ$ ), 10 vert. szint
- előírt  $\text{CO}_2$  forgatókönyv: 360 ppm  $\rightarrow$  720 ppm
- $\Delta T_s = +6^\circ\text{C} / 100$  év
- 110 elemű sokaság

## **CESM-LE** (Community Earth System Model – Large Ensemble Project [Hurrell et al. 2013, Kay et al. 2015])

- felbontás:  $1.25^\circ \times 0.94^\circ$ , 30 vert. szint
- $\Delta T_s = +3.5^\circ\text{C} / 1990\text{--}2080$  között
- 35 elemű sokaság (2005 előtt historikus, 2005 után RCP8.5)

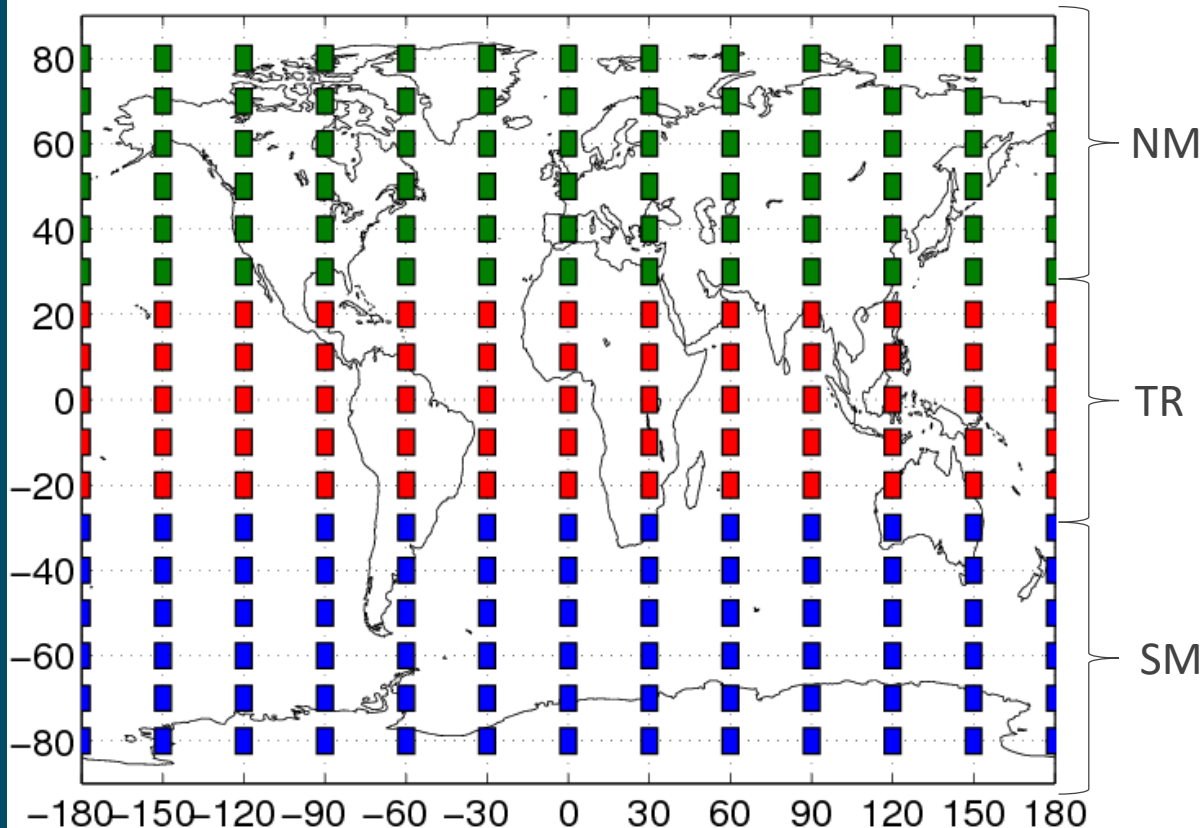




# Szennyeződésh felhők kezdőfeltételei

- 12×17 db 6°≈666 km-es 1D-s "szennyeződésh felhő" (vonaldarab)
- 10 naponta JJA-ban DJF-ban
  - PlaSim: 30–150. évekre
  - CESM: 1990–2005, 2026-2035 and 2071–2080\*

\* ezekben az intervallumokban álltak rendelkezésre 6 órás felbontásban sebességadatok



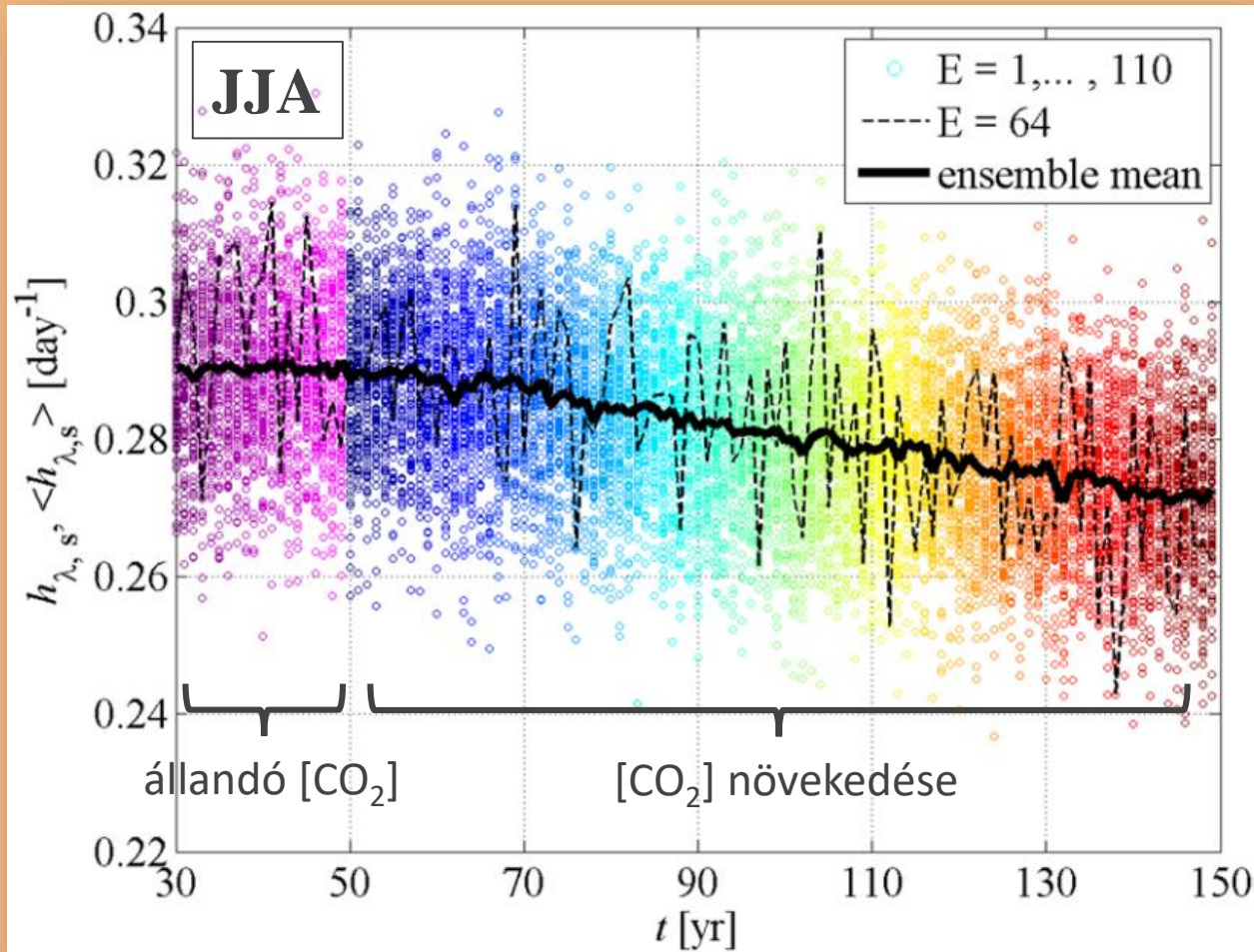
# Eredmények

A VONALNYÚLÁSI ÜTEM ZONÁLIS ELOSZLÁSA ÉS VÁLTOZÁSA



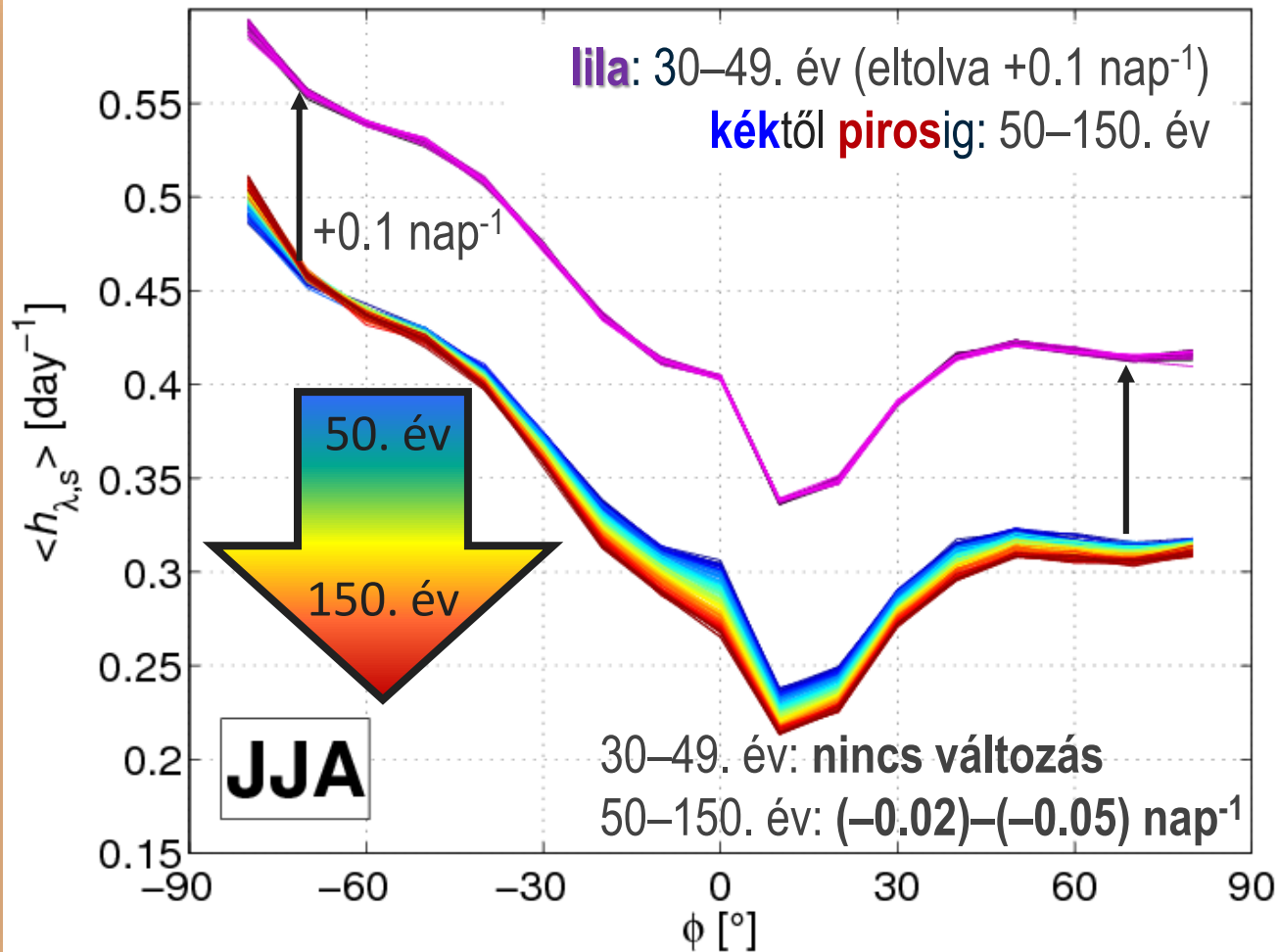
## Vonalnyúlási ütem (PlaSim)

30–49. és 50–150. évek  
zonális és évszakos átlag  
az é. sz. 30°-nál



# Vonalnyúlási ütem zonális eloszlás (PlaSim)

ensemble átlag



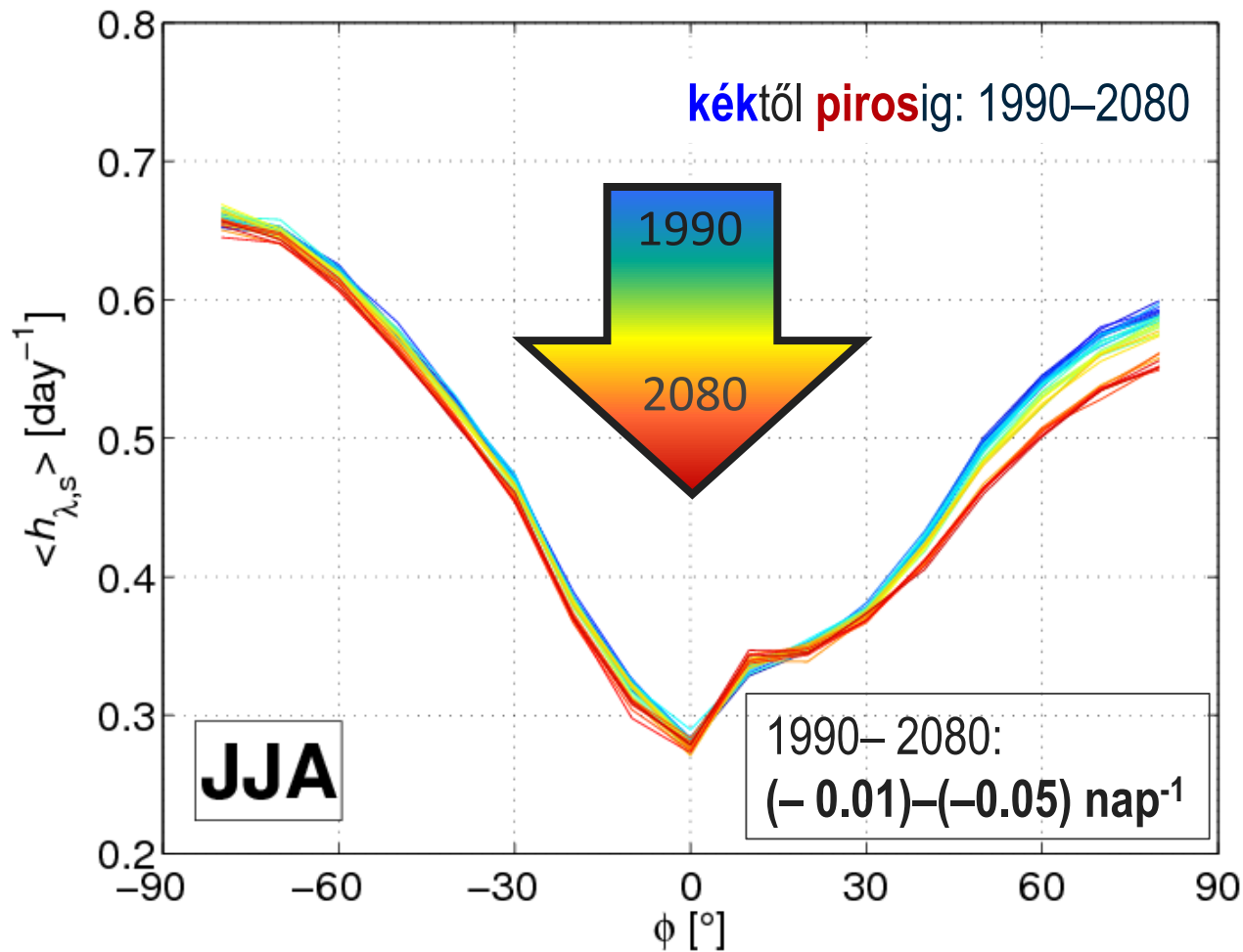
# Vonalnyúlási ütem zonális eloszlás (CESM-LE)

ensemble átlag

$$\Delta h = -0.05 \text{ nap}^{-1}$$

$t = 10$  nap:

$$\begin{aligned} L_2/L_1 &= \\ &= \exp(\Delta h * t) = \\ &= \exp(-0.5) = \\ &= \mathbf{0,61} \end{aligned}$$



# Eredmények

A VONALNYÚLÁSI ÜTEM ÉS A RELATÍV ÖRVÉNYESSÉG KAPCSOLATA

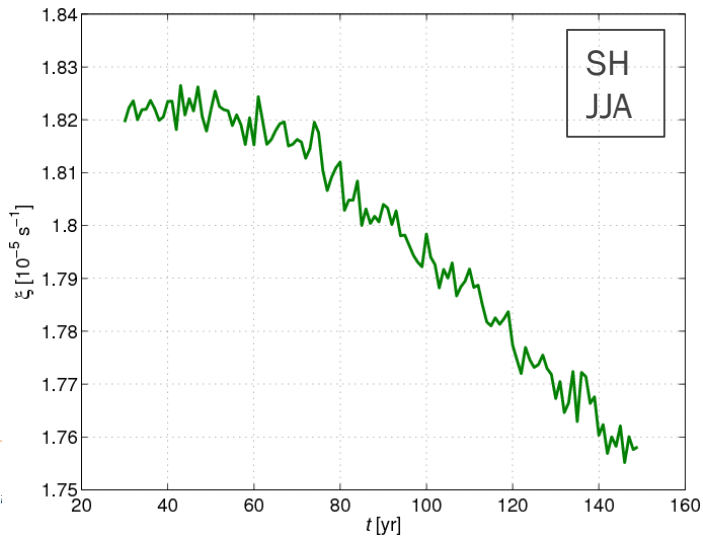
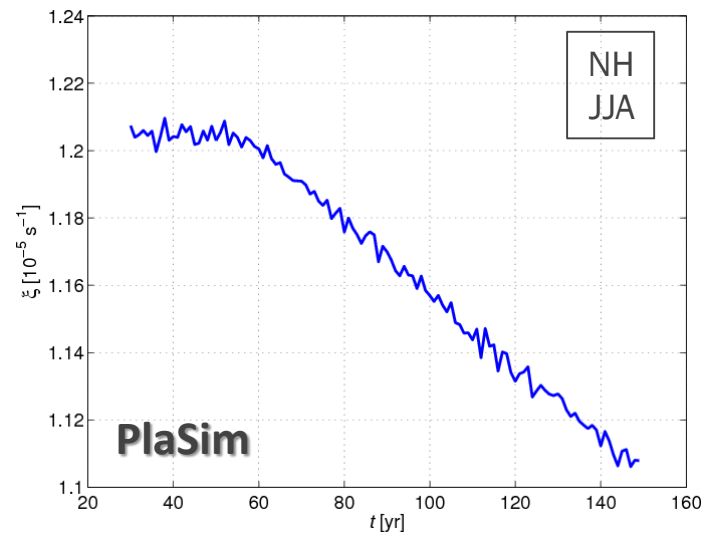


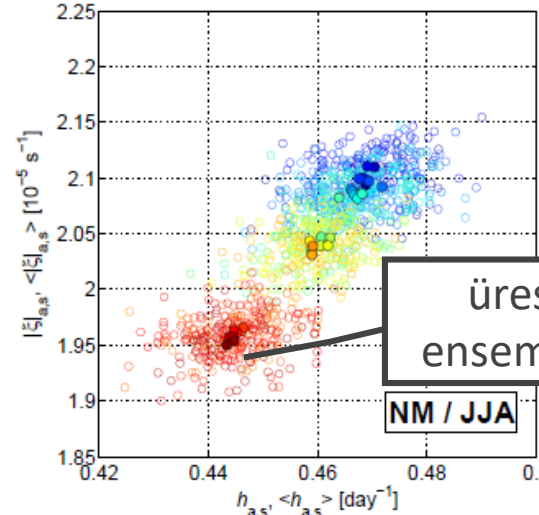
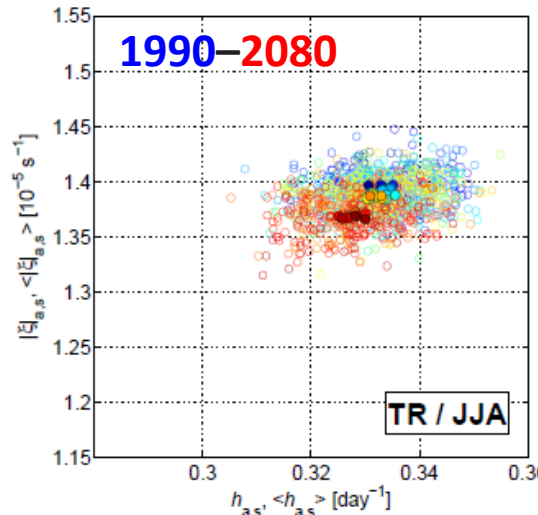
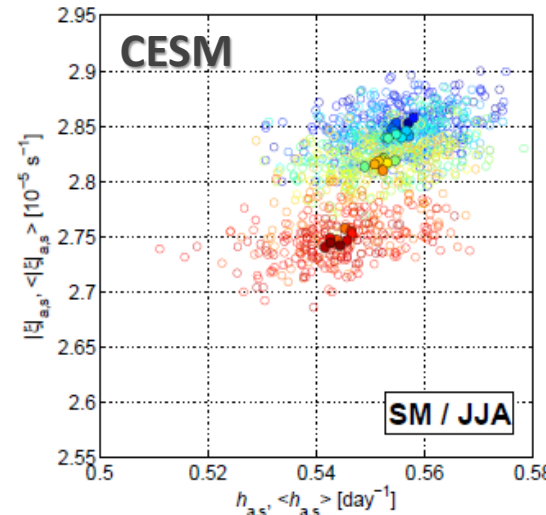
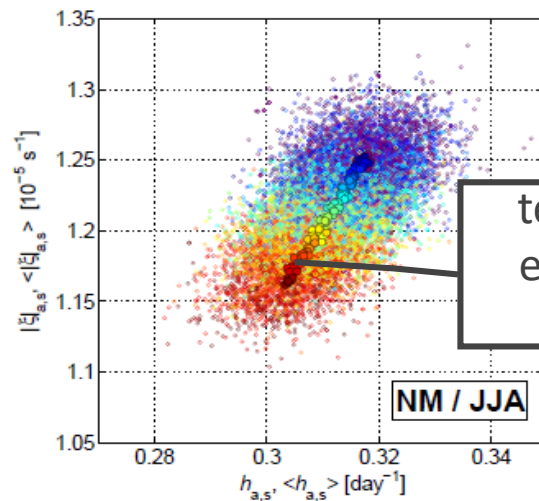
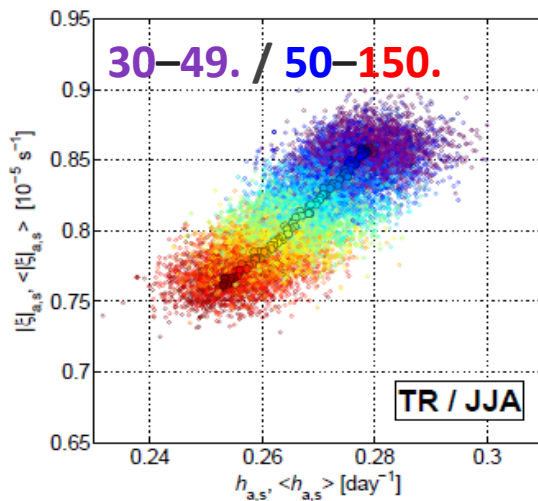
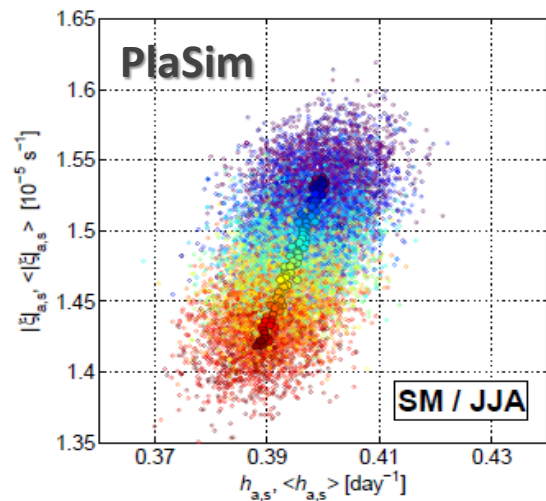
# Vonalnyúlási ütem – relatív örvényesség

- a szennyeződéshő részecskéinek helyzetét minden időpillanatban a lokális sebességmező határozza meg

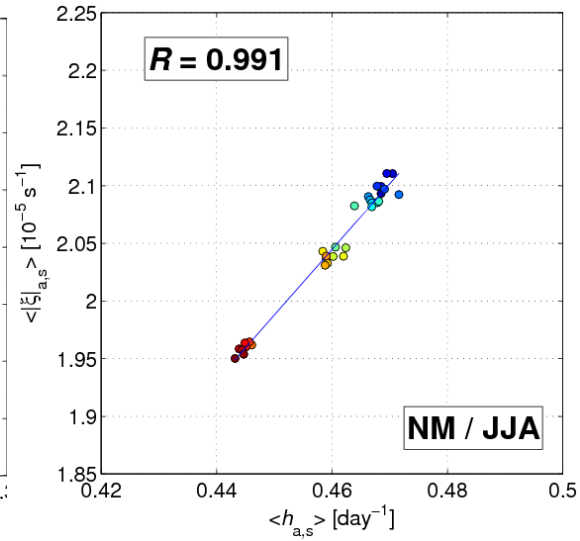
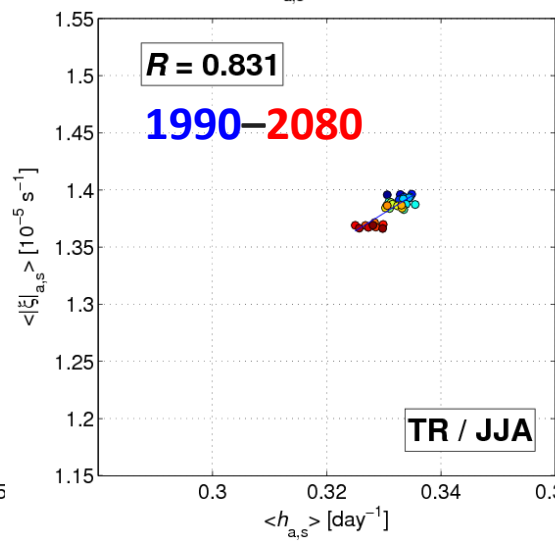
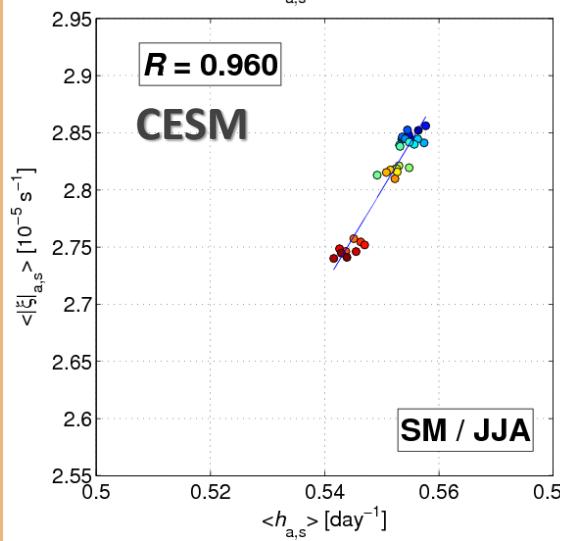
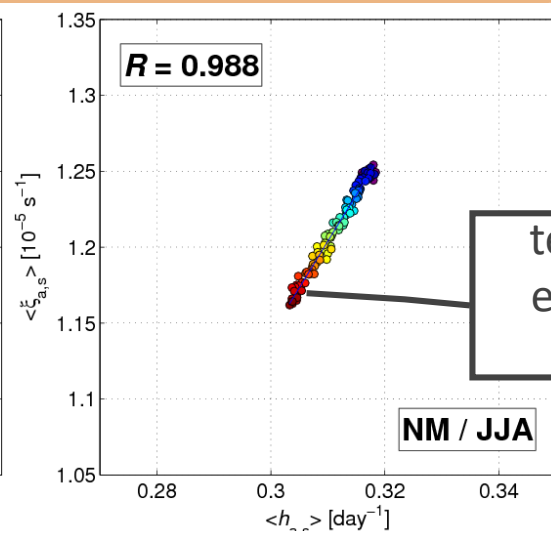
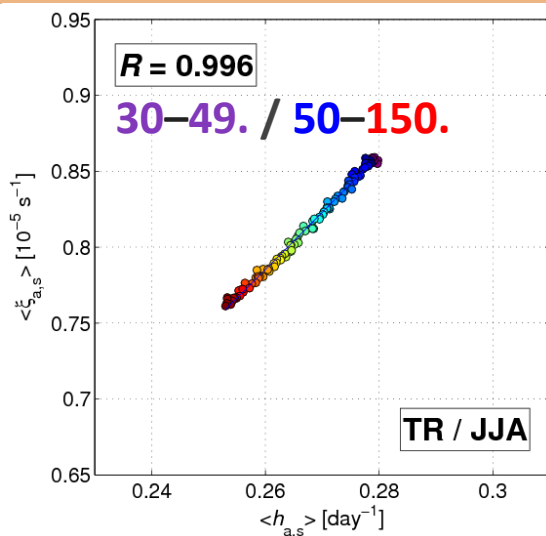
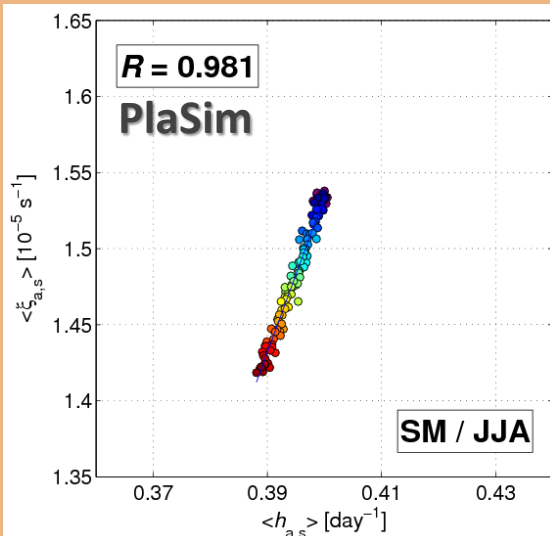


- vonalnyúlási ütem  $\leftarrow$  sebességértékek
- **relatív örvényesség abszolútértéke**  $|\xi| = \left| \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right|$   
kapcsolat a sebességkülönbségekkel, amik a felhő szétnyúlását okozzák
- becsülhetők a terjedés intenzitásában bekövetkező változások (**terjedési szimulációk nélkül**)









# Összefoglalás



# Összefoglalás

- **vonalnyúlási ütem ( $h$ ): zonális eloszlás**
    - trópusok: kisebb értékek  $\rightarrow$  lassabb nyúlás
    - trópusokon kívül: nagyobb értékek  $\rightarrow$  gyorsabb nyúlás
  - egyedi idősorokkal szemben a sokasági szimulációkban jobban elkülöníthetők a  **$h$  trendjei**
  - **$h$**  (a szétterjedés intenzitása) **csökken** majdnem minden térségben  $\rightarrow$
  - **nagyobb szennyezőanyag-koncentráció,** nagyobb környezeti terhelés
- $h \sim |\xi|$
  - a kapcsolat segítséget nyújthat abban, hogy a **terjedés intenzitásában bekövetkező változások becsülhetők** legyenek külön elvégzendő, számításigényes terjedési szimulációk nélkül is

[Haszpra, T., Herein, M. (2019): [Ensemble-based analysis of the pollutant spreading intensity induced by climate change](#). *Sci. Rep.* 9, 3896]

# Hivatkozások

Fraedrich, K., Jansen, H., Kirk, E., Luksch, U., & Lunkeit, F. (2005). The Planet Simulator: Towards a user friendly model. *Meteorologische Zeitschrift*, 14(3):299–304.

Ghil, M., Chekroun, M. D., & Simonnet, E. (2008). Climate dynamics and fluid mechanics: Natural variability and related uncertainties. *Physica D*, 237(14-17), 2111-2126.

Hurrell, J. W., Holland, M. M., Gent, P. R., Ghan, S., Kay, J. E., Kushner, P. J., ... & Marshall, S. (2013). The Community Earth System Model: a framework for collaborative research. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 94(9), 1339-1360.

Kay, J. E., Deser, C., Phillips, A., Mai, A., Hannay, C., Strand, G., ... & Vertenstein, M. (2015). The Community Earth System Model (CESM) Large Ensemble Project: A community resource for studying climate change in the presence of internal climate variability. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 96(8), 1333-1349.

Lim, E. P., & Simmonds, I. (2007). Southern Hemisphere winter extratropical cyclone characteristics and vertical organization observed with the ERA-40 data in 1979–2001. *J. Climate*, 20(11), 2675-2690.

Lim, E. P., & Simmonds, I. (2009). Effect of tropospheric temperature change on the zonal mean circulation and SH winter extratropical cyclones. *Climate Dyn.*, 33(1), 19-32.

Tél, T., Bóday, T., Drótos, G., Haszpra, T., Herein, M., Kaszás, B., & Vincze, M. (2020). The theory of parallel climate realizations. *J. Stat. Phys.*, 179(5), 1496-1530.

Tilinina, N., Gulev, S. K., Rudeva, I., & Koltermann, P. (2013). Comparing cyclone life cycle characteristics and their interannual variability in different reanalyses. *J. Climate*, 26(17), 6419-6438.

Wang, X. L., Feng, Y., Compo, G. P., Swail, V. R., Zwiers, F. W., Allan, R. J., & Sardeshmukh, P. D. (2013). Trends and low frequency variability of extra-tropical cyclone activity in the ensemble of twentieth century reanalysis. *Climate Dyn.*, 40(11), 2775-2800.



A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

Az MTA programsorozata



KÖSZÖNÖM  
A FIGYELMET!

[mta.hu](http://mta.hu)

