

A vízgőz koncentrációjának trendje a sztratoszférában és globális ózon idősorok korrelációja

Homonnai Viktória

Témavezető: Dr. Jánosi Imre

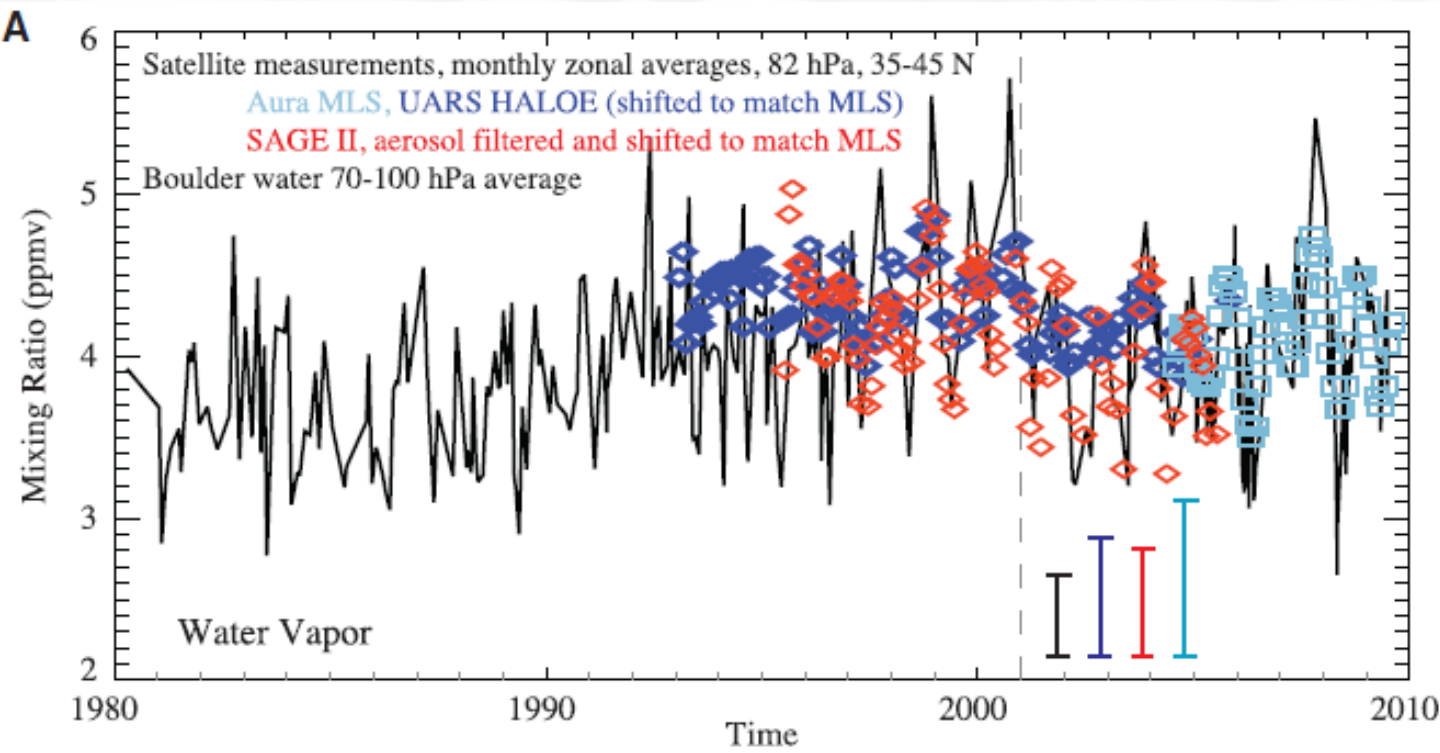
ELTE TTK

Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

**Sztratoszférikus vízgőz vertikális
profilokból előállított idősorok
trendjeinek vizsgálata**

Motiváció

- *Solomon et al., Science, 2010*: a sztratoszférikus vízgőzmennyiség befolyásolja az évtizedes globális felszíni klímaváltozást
- az elérhető ballonszondás adatok ritkák és zajosak → gyenge trendek problémásak
- **Cél**: a lineáris illesztések statisztikai szignifikanciájának vizsgálata külön minden egyes légköri szintre

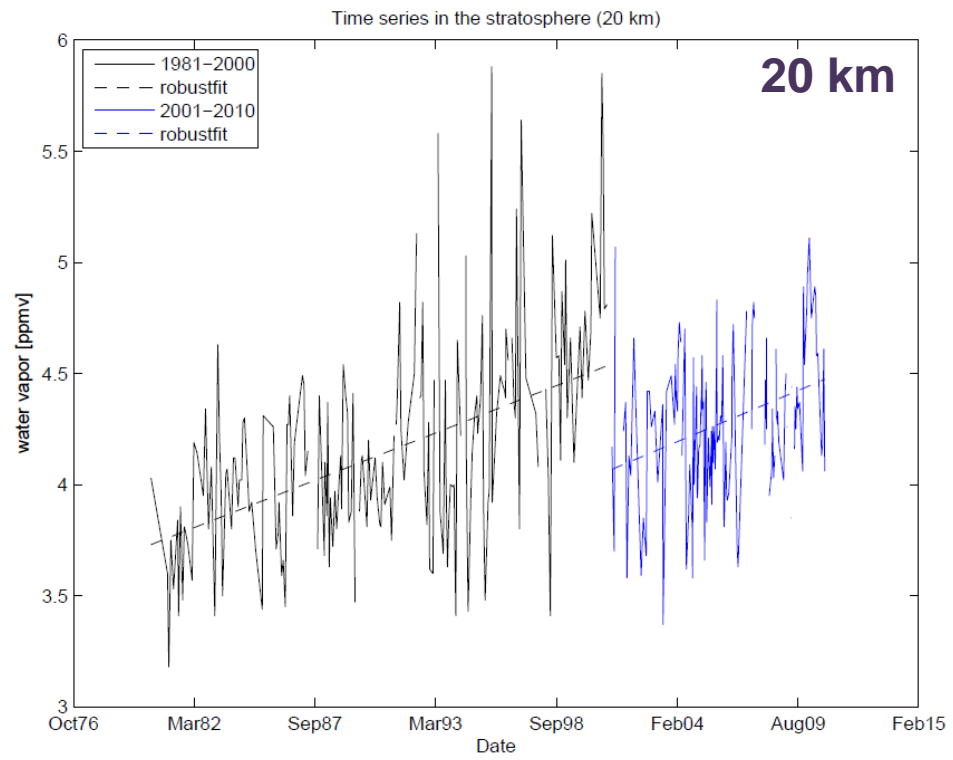
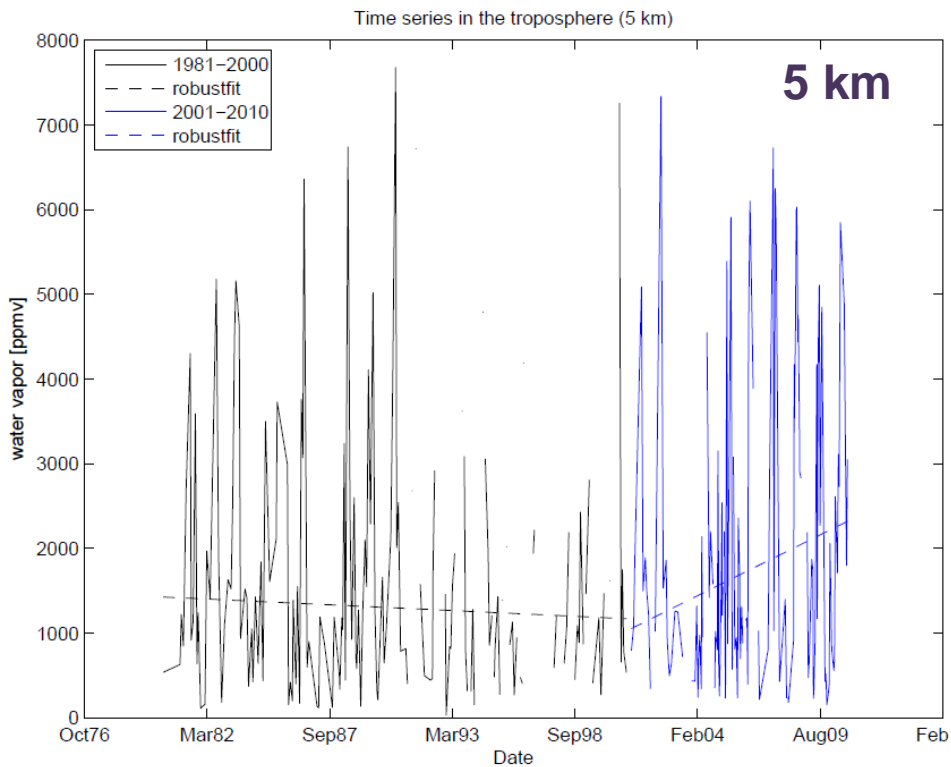


Solomon, S., K. H. Rosenlof, R. W. Portmann, J. S. Daniel, S. M. Davis, F. J. Sanford, and G.-K. Plattner (2010), Contributions of stratospheric water vapor to decadal changes in the rate of global warming, *Science*, 327, 1219–1223.

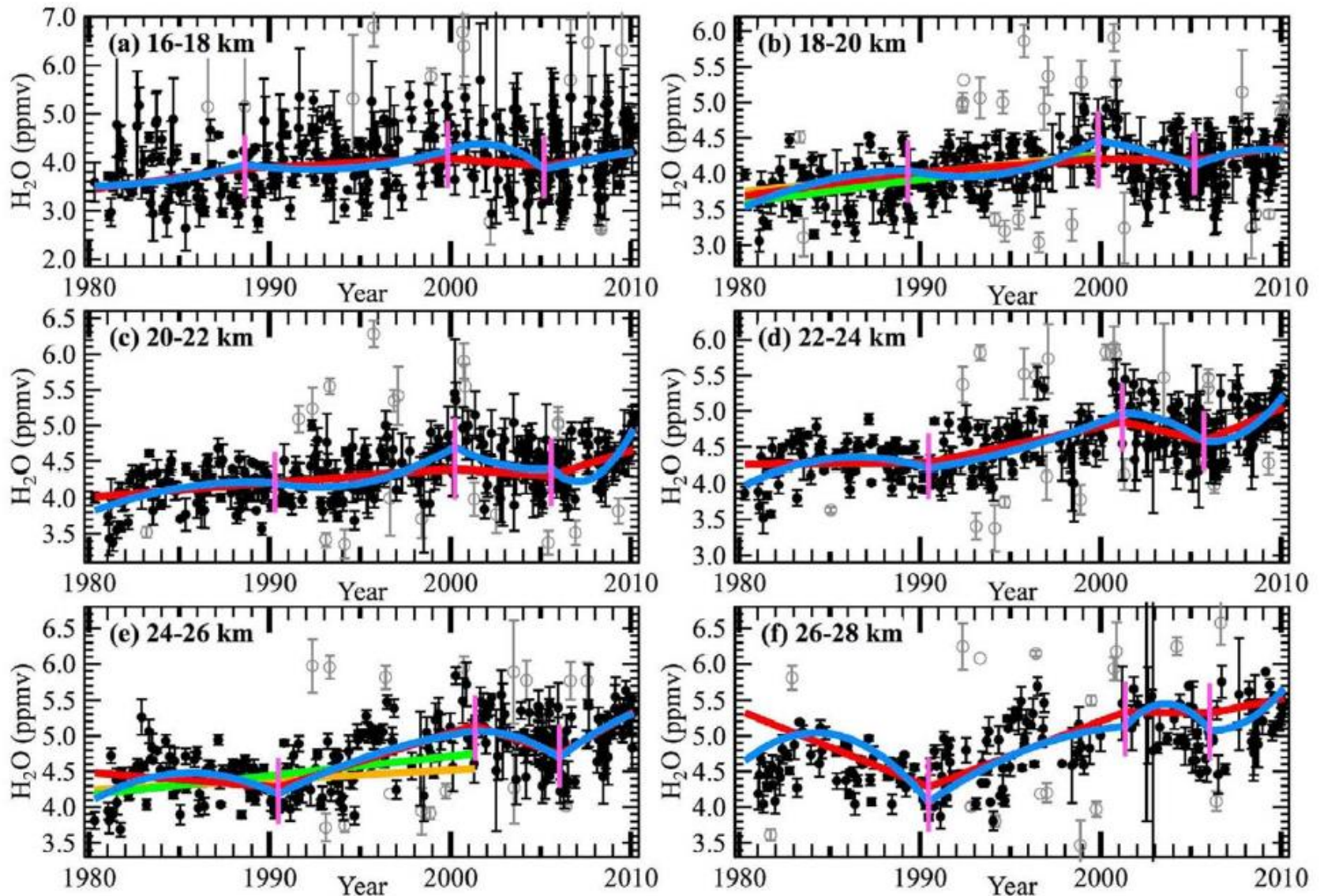
Adatok



- ballonszonda mérések Boulder (USA) felett ($40^{\circ}\text{N}, 105^{\circ}\text{W}$)
- 1981 és 2010 között 347 megfigyelés
(1981-2000 között : 195 db; 2001-2010 között: 152 db)



Motiváció

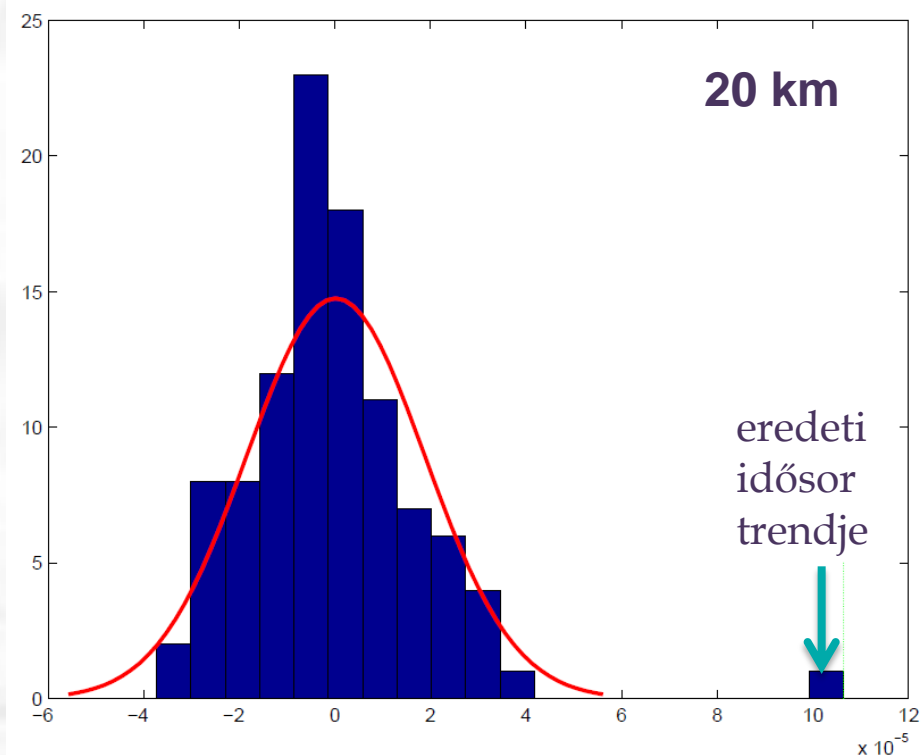
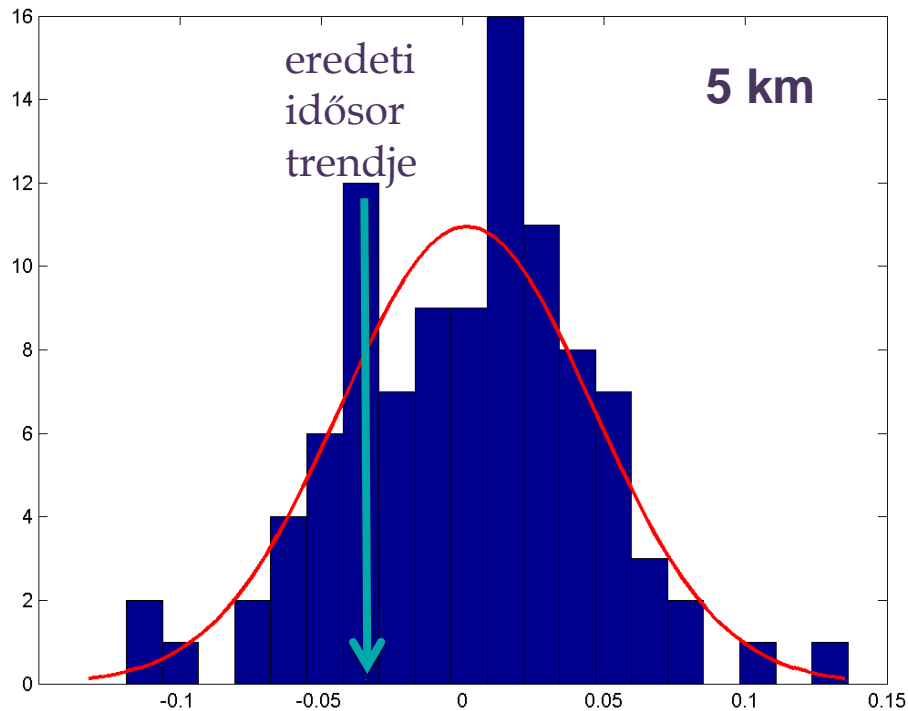


Hurst, D. F., S. J. Oltmans, H. Vömel, K. H. Rosenlof, S. M. Davis, E. A. Ray, E. G. Hall, and A. F. Jordan (2011), Stratospheric water vapor trends over Boulder, Colorado: Analysis of the 30 year Boulder record, *J. Geophys. Res.*, 116, D02306, doi:10.1029/2010JD015065.



Módszer: adatkeverés

- **Eszköz:** adatkeverés módszere – az eredeti idősből az értékek véletlenszerű megkeveréséből újabb idősorok előállítása (100 db) és trendjeinek eloszlása összehasonlítva az eredeti trenddel

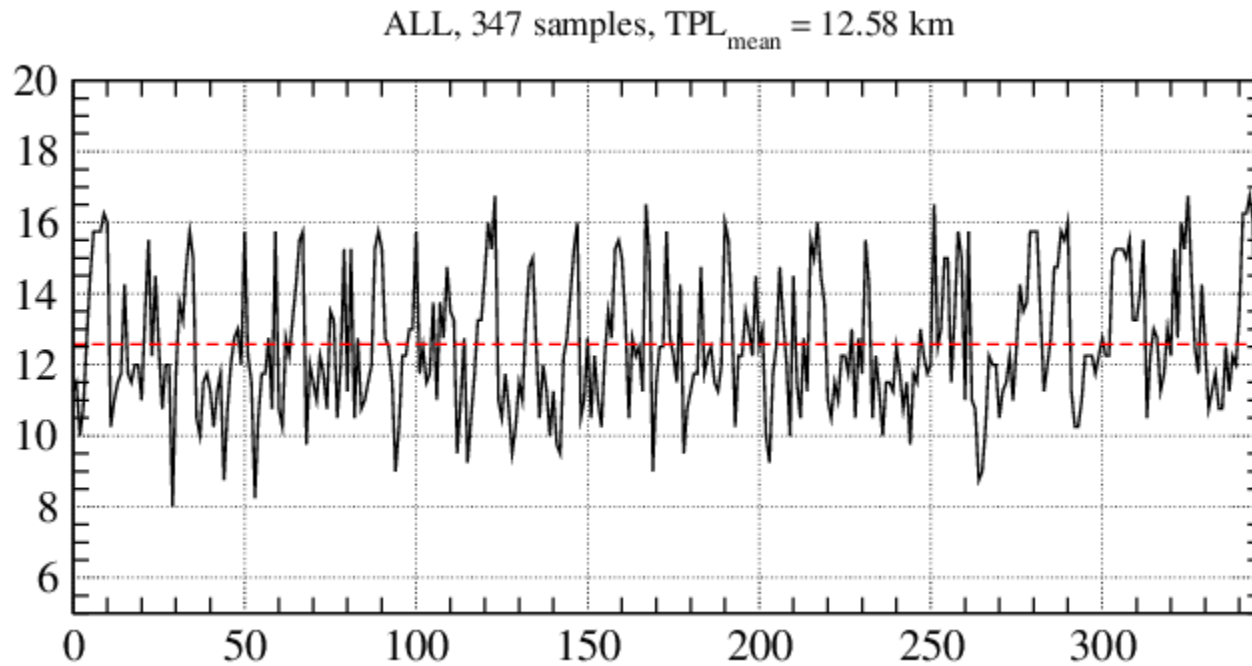


Vizsgált idősorok szintjeinek definíciói

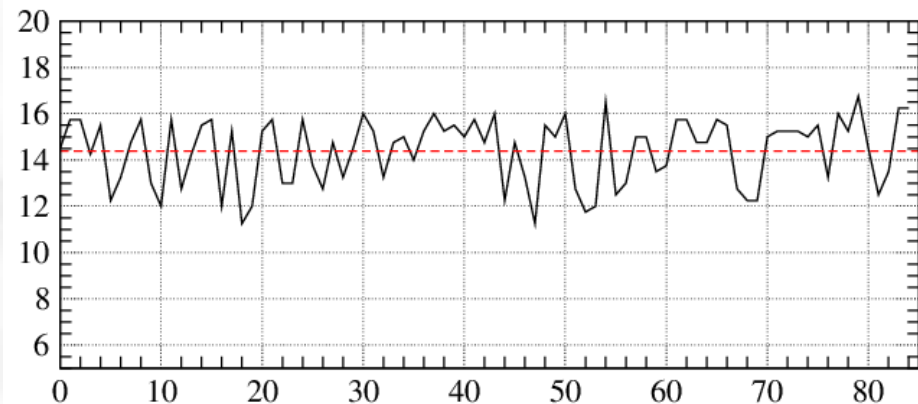
- *tengerszinthez viszonyított magasságokon (SL) alapuló idősorok:* ugyanabban a magasságban mért adatok kigyűjtése (250 m-enként)
- *tropopauza magasságához viszonyított szintek (TPL) idősorai:*
tropopauza: vertikális transzport és keveredés erősen gátolt, eltérő dinamikai folyamatok a troposzférában és a sztratoszférában → a tropopauza magassága változik
tropopauza (WMO def.): $2^{\circ}\text{C}/\text{km}$ -nél kisebb hőmérsékleti gradiens 2 km-en át
- *higropauza magasságához viszonyított szintek (HPL) idősorai:*
troposzférában a legtöbb nedvesség, nagy változékonyság; sztratoszféra szárazabb, kis változékonyság
higropauza: 10 ppmv alá csökken a vízgőz keverési arány



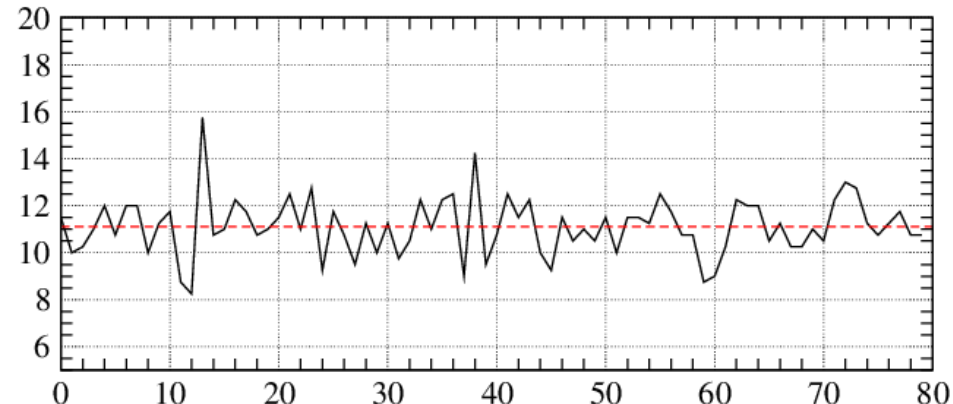
A tropopauza magassága



SUMMER, 85 samples, $TPL_{\text{mean}} = 14.39 \text{ km}$

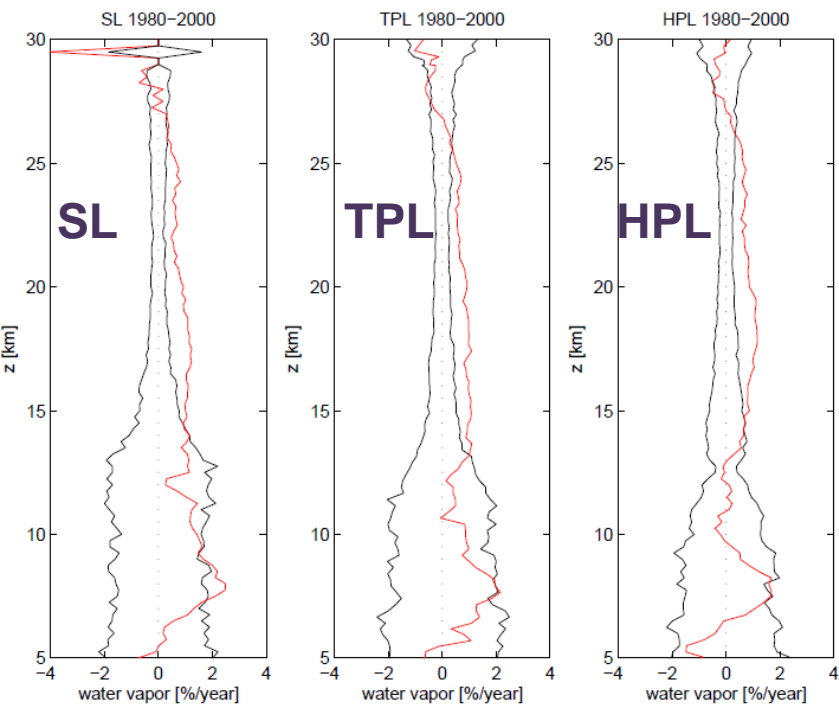


WINTER, 80 samples, $TPL_{\text{mean}} = 11.11 \text{ km}$



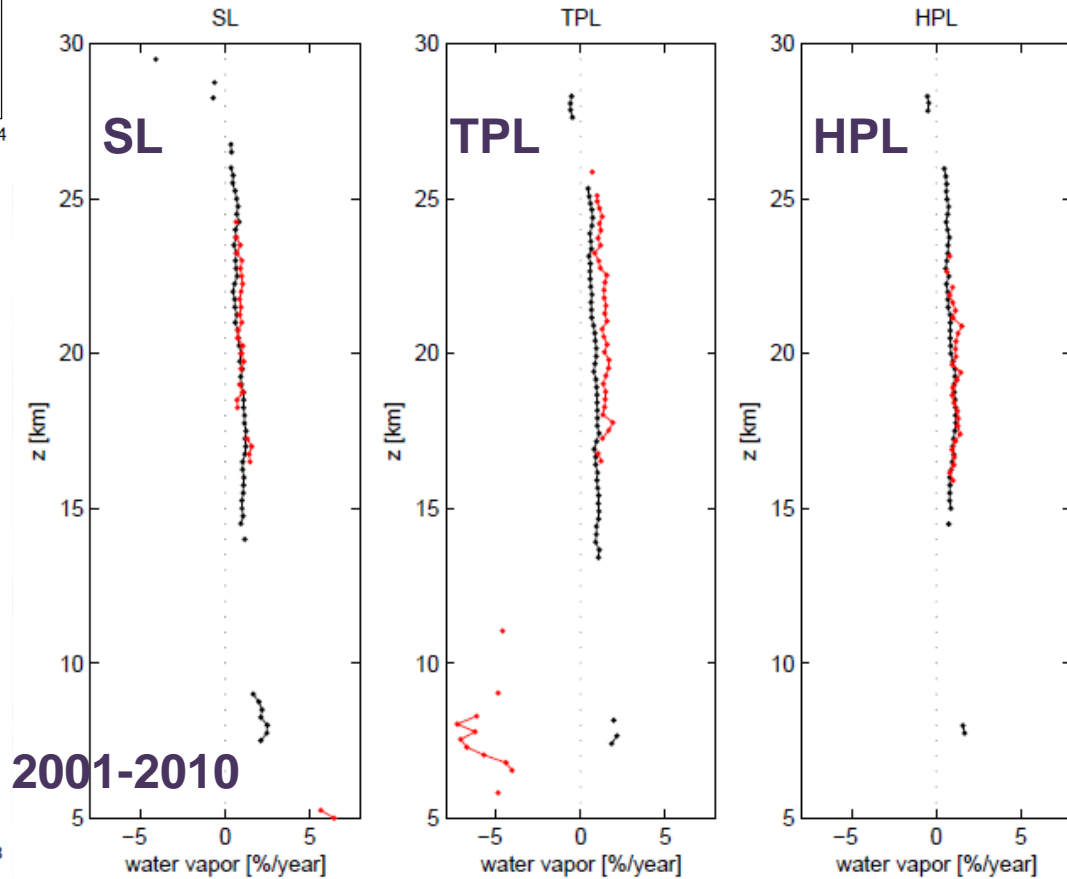
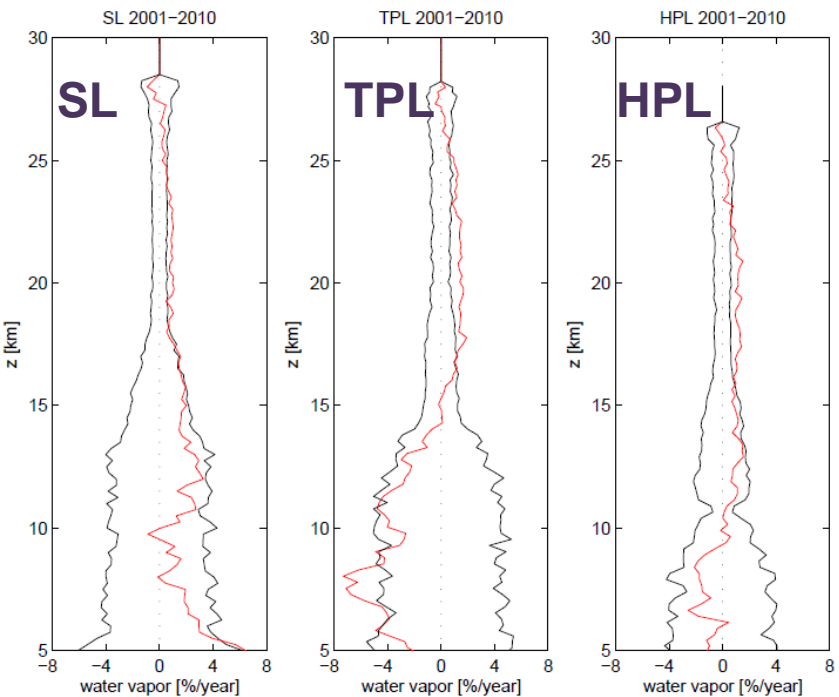
1981-2000

VÍZGŐZ



— trendek vertikális profilja
— $2\sigma_{\text{shuffle}}$ vertikális profilja
→ 95%-os szinten szignifikáns

— 1980-2000
— 2001-2010



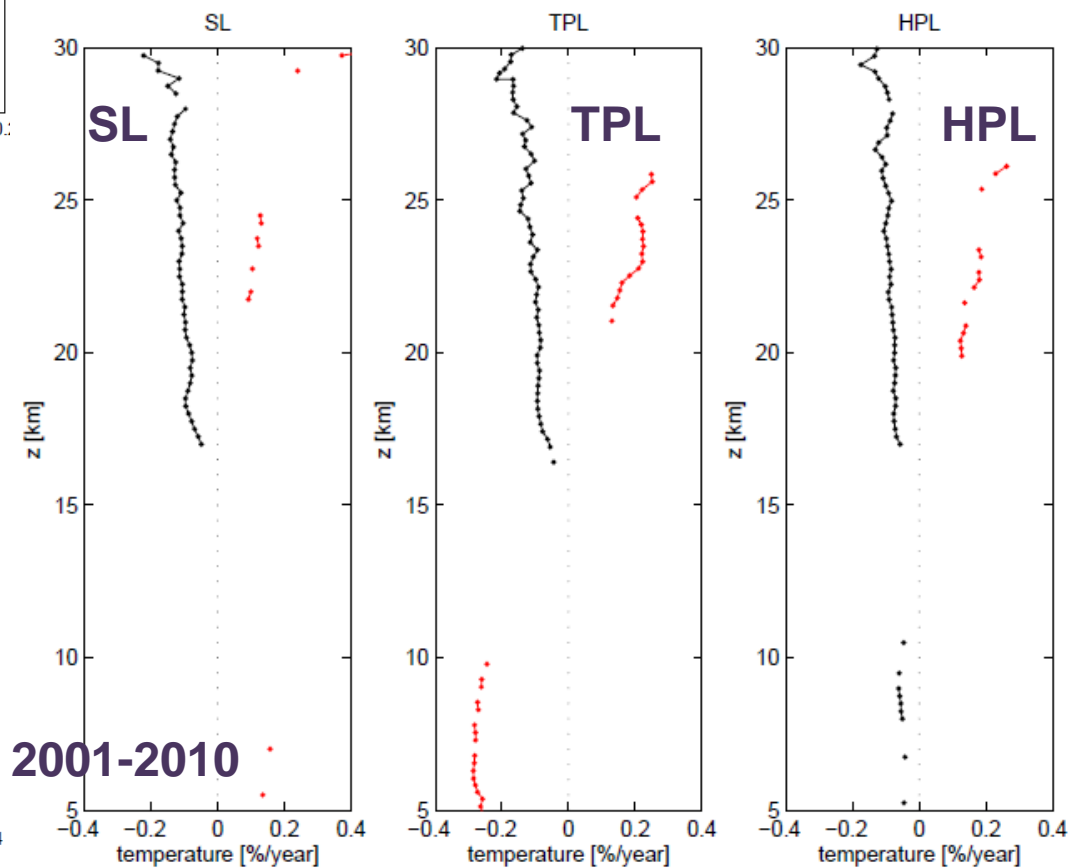
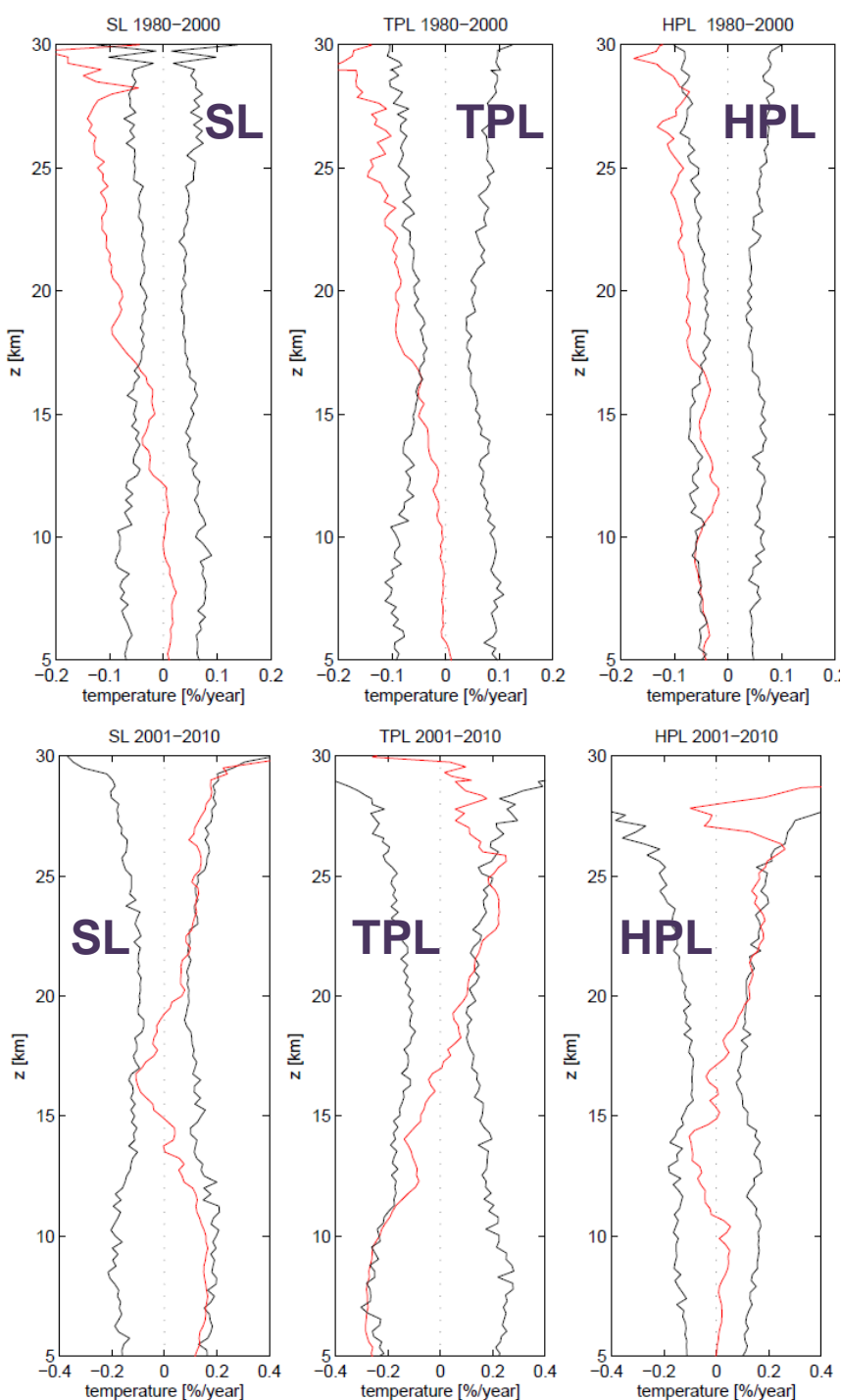
2001-2010

1981-2000

HŐMÉRSÉKLET

- trendek vertikális profilja
- $2\sigma_{\text{shuffle}}$ vertikális profilja
- 95%-os szinten szignifikáns

— 1980-2000
— 2001-2010



Összefoglalás

- vízgőz és hőmérséklet idősorok trendjeinek szignifikancia-vizsgálata adatkeveréses módszerrel
- 3 referencia szint definiálása: tengerszint, tropopauzaszint, higropauzaszint
- 15 és 25 km között szignifikáns (95%-os szinten) emelkedő vízgőz trend mindkét időszakban; a növekedés mértéke azonos
- szignifikáns (95%-os szinten) csökkenő hőmérsékleti trend 1981-2000-ig, szignifikáns (95%) növekedő hőmérsékleti trend 2001-2010-ig a sztratoszférában

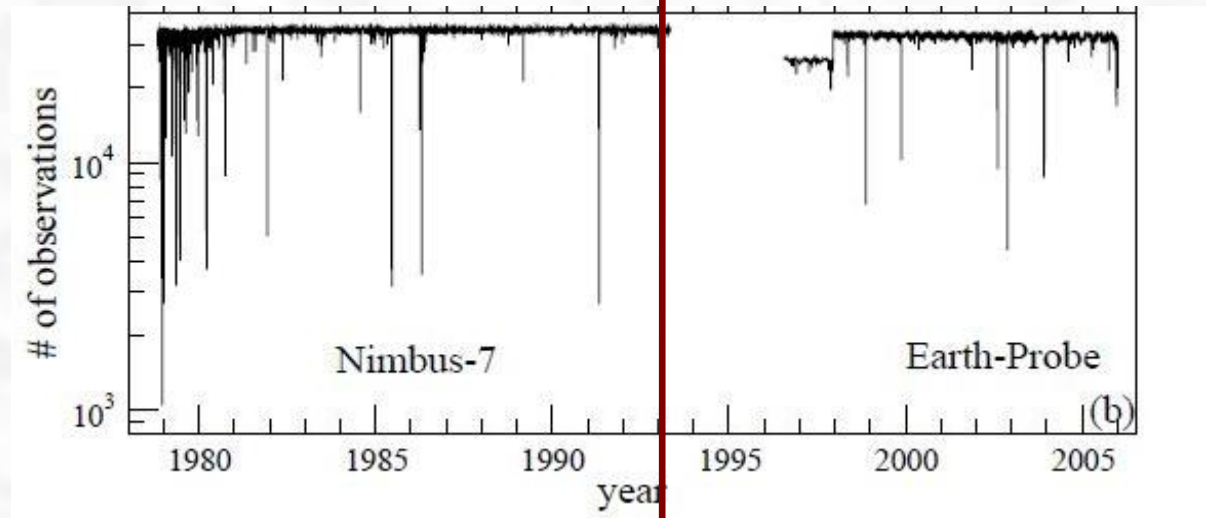


Műholdas és modell által szimulált globális ózon idősorok korrelációs tulajdonságai

Bevezetés

Korábbi vizsgálat:

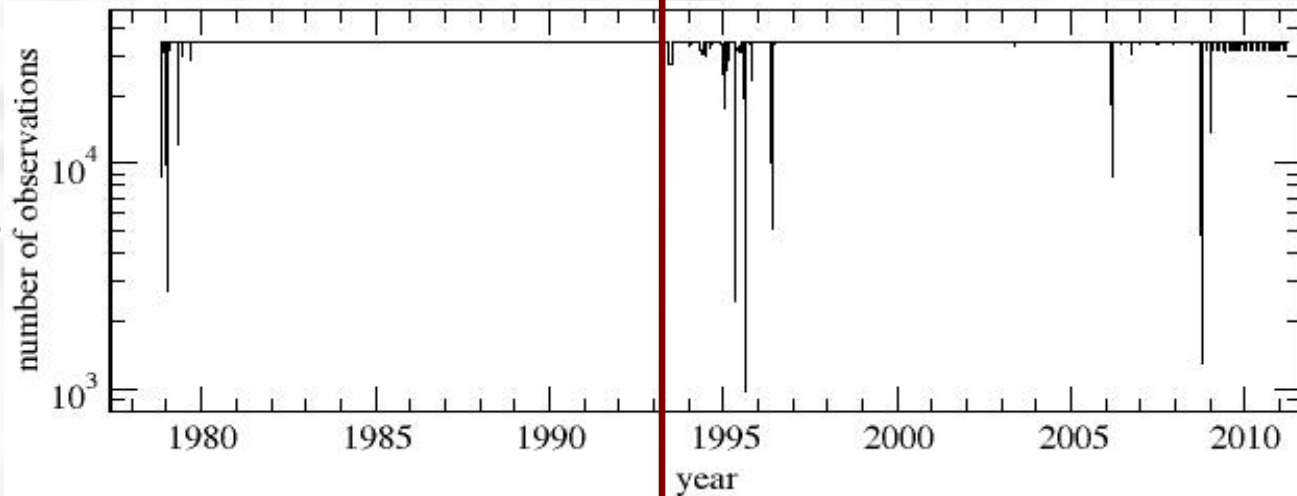
spektrálanalízis és DFA 1978-1993 között mért TOMS teljes ózonmennyiség (TO) adatokon (Nimbus-7 műhold)



Jelenlegi vizsgálat:

spektrálanalízis és DFA a NIWA TO adatbázis hosszabb (1978-2011) idősorán

NIWA: globális, napi, műholdas adatok térbeli és időbeli interpolációval (vs. TOMS); eltolódások földfelszíni mérésekkel korrigálva



Bevezetés

- **Kezdetben**: műholdas és LMDz modell ózon idősorok összehasonlítása (Fourier-analízis, DFA)
 - Probléma: adatok havi bontásban, kvázi-kétéves oszcilláció (QBO) hiányzik az LMDz modellből
- **Később**:
 - napi adatok
 - két modell (LMDz, MRI)
 - Teljes ózonmennyiség (TO) egyenesen a modellekből
 - Nemlineáris korrelációk vizsgálata
 - Az LMDz modell új szimulációi



Adatok

- **Empirikus adatok:**
 - **NIWA**: globális, napi műholdas teljes ózonszlop (TO) adatok $1^\circ \times 1.25^\circ$ térbeli felbontásban térbeli és időbeli interpolációval (1978-2011)
eltolódások földfelszíni mérésekkel korrigálva
- **CCMVal projekt modellfuttatásai:**
 - **LMDz** (francia modell): napi TO adatok $2.5^\circ \times 3.75^\circ$ térbeli felbontásban (1960-2006)
 - **MRI** (japán): napi TO adatok $2.8^\circ \times 2.8^\circ$ térbeli felbontásban (1960-2006)
a modell előnye: kvázi-kétéves oszcillációk (QBO) megjelennek az Egyenlítő körül



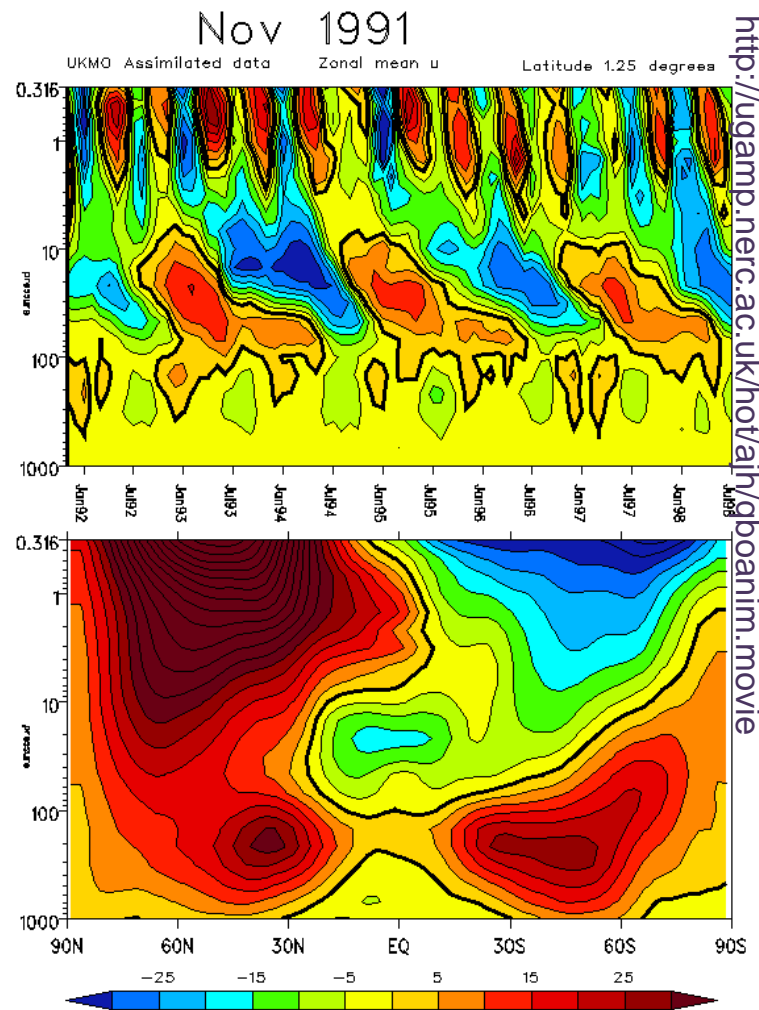
Kvázi-kétéves oszcilláció (QBO: quasi-biennial oscillation)

kváziperiodikus oszcilláció a
sztratoszférikus zonális szélben az
Egyenlítő fölött

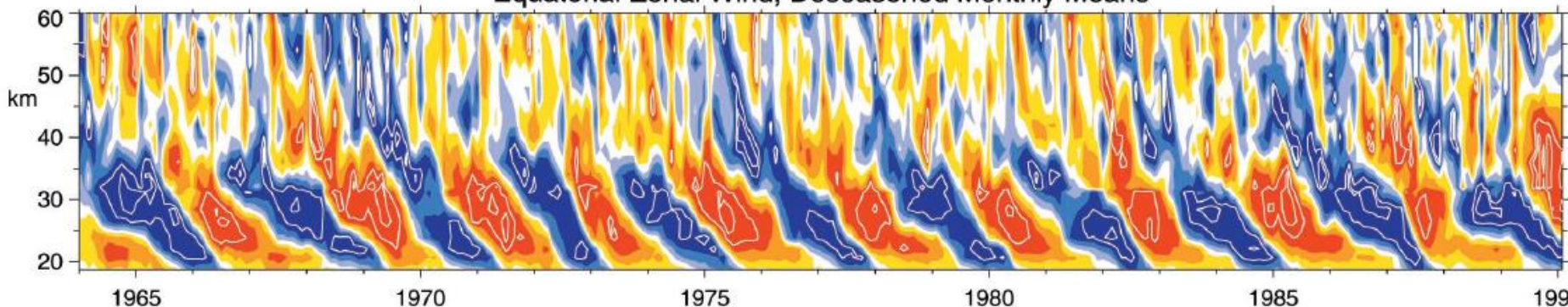
átlagos periódus: 28-29 hónap

vörös: nyugati szelek
kék: keleti szelek

Baldwin, M. P., et al. (2001), The quasi-biennial oscillation, *Rev. Geophys.*, 39(2), 179–229



Equatorial Zonal Wind, Deseasoned Monthly Means



QBO a kémiai klímamodellekben

Nagy kihívás → szükségesek: nagy térbeli felbontás, trópusi konvekció, gravitációs hullámok hatása

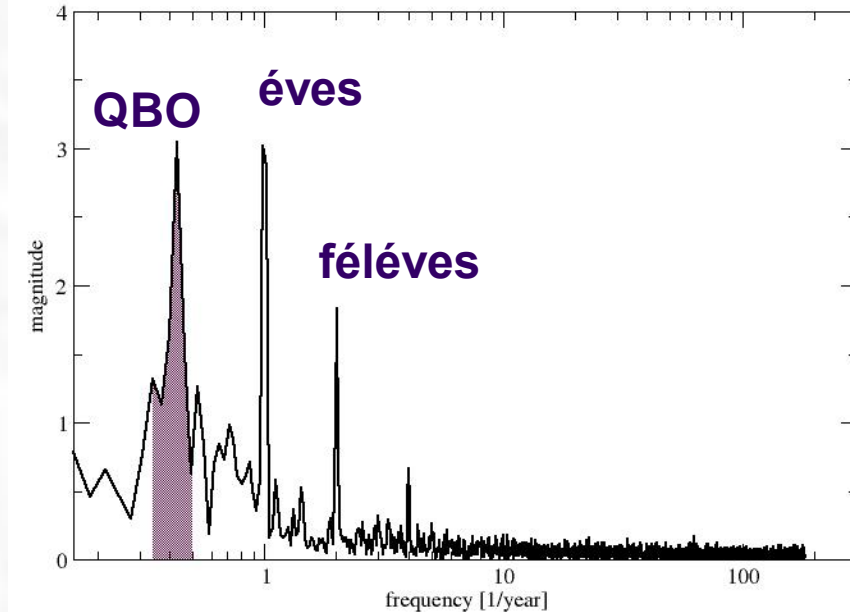
		Group and Location
0	Coordination CCMVal-2	DLR, Germany; JHU, USA; Univ. of Toronto, Canada
1	AMTRAC3	GFDL, USA
2	CAM3.5	NCAR, USA
3	CCSRNIES	NIES, Tokyo, Japan
4	CMAM	MSC, University of Toronto, York Univ., Canada
5	CNRM-ACM	Meteo-France; France
6	E39CA	DLR, Germany
7	EMAC	MPI Mainz, Germany
8	GEOSCCM	NASA/GSFC, USA
9	LMDZrepro	IPSL, France
10	MRI	MRI, Japan
11	NIWA-SOCOL	NIWA, NZ
12	SOCOL	PMOD/WRC and ETHZ, Switzerland
13	ULAQ	University of L'Aquila, Italy
14	UMETRAC	NIWA, NZ
15	UMSLIMCAT	University of Leeds, UK
16	UMUKCA-METO	MetOffice, UK
17	UMUKCA-UCAM	University of Cambridge, UK
18	WACCM (v.3)	NCAR, USA

QBO nudging (purple box) points to rows 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18.

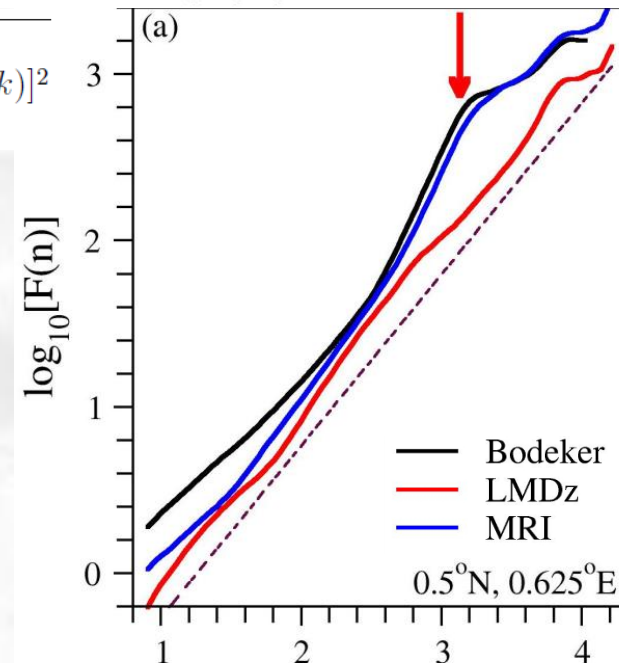
Spontán generált QBO (green box) points to rows 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18.

Módszerek

- **Fourier-analízis:**
3 fő spektrális csúcs:
 - féléves
 - éves
 - kvázi-kétéves (QBO)
- **Detrendált fluktuáció analízis (DFA):**
 - hatványfüggvény
 - Lineáris illesztés
meredeksége log-log skálán
→ skálaexponens: α
 - $\alpha > 0.5 \rightarrow$ hosszútávú
korreláció

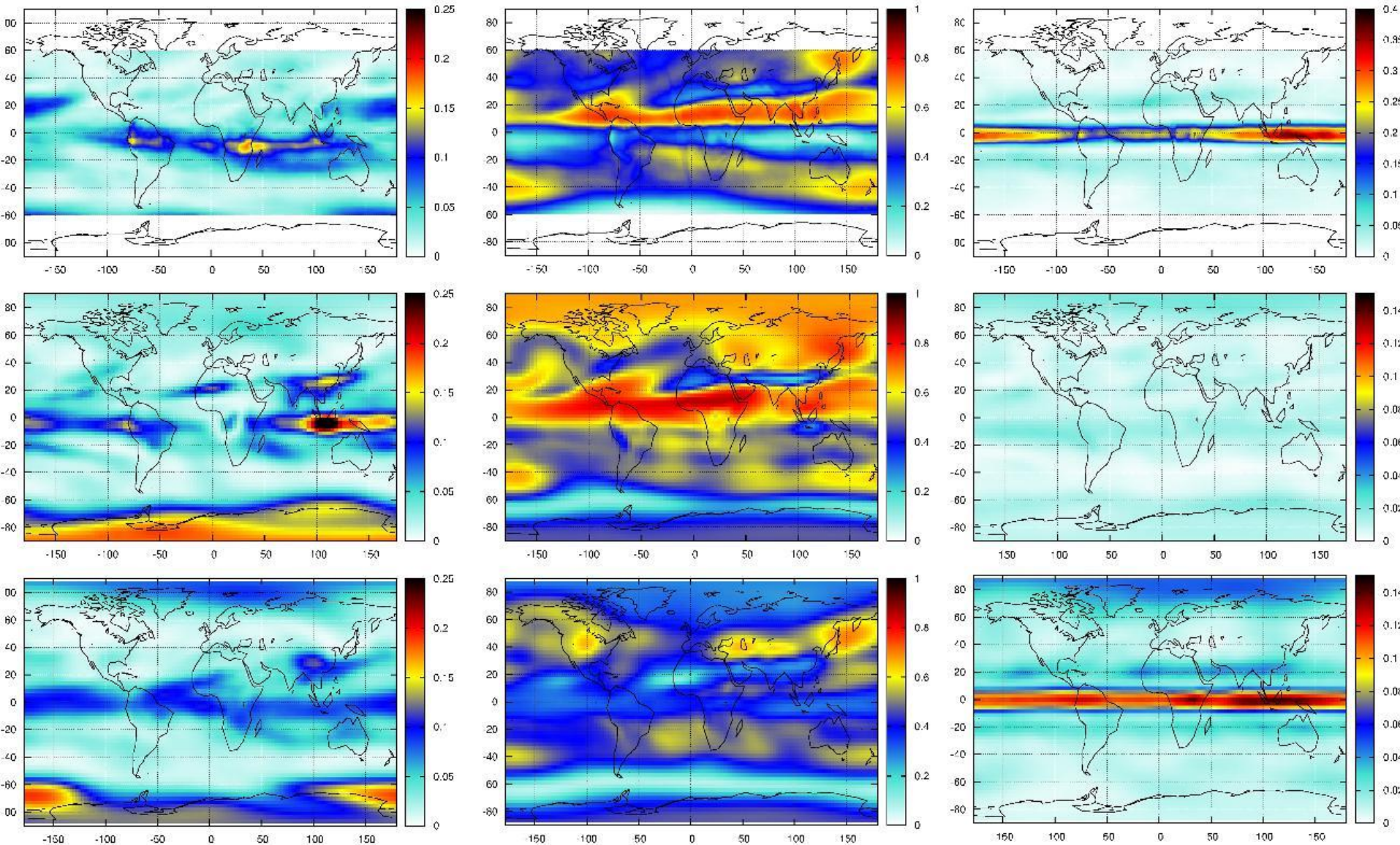


$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2}$$



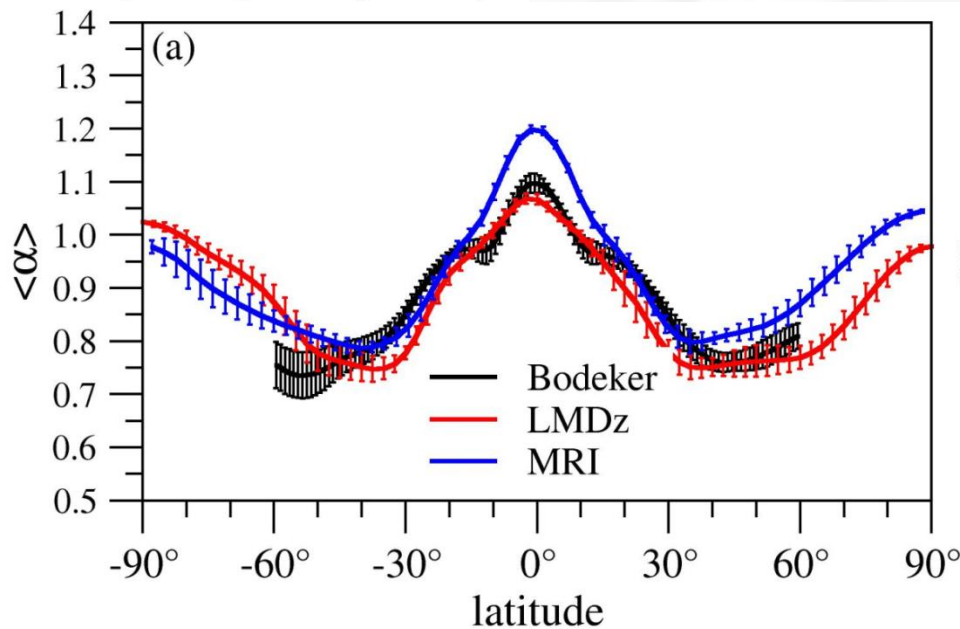
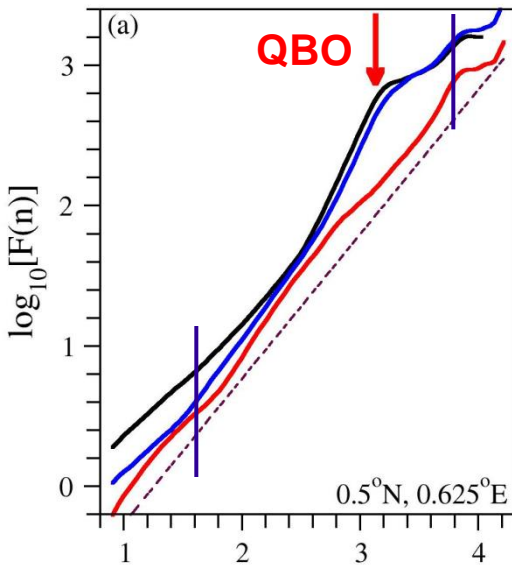
Fourier-analízis

NIWA – féléves	NIWA – éves	NIWA – QBO
LMDz – féléves	LMDz – éves	LMDz – QBO
MRI – féléves	MRI – éves	MRI – QBO

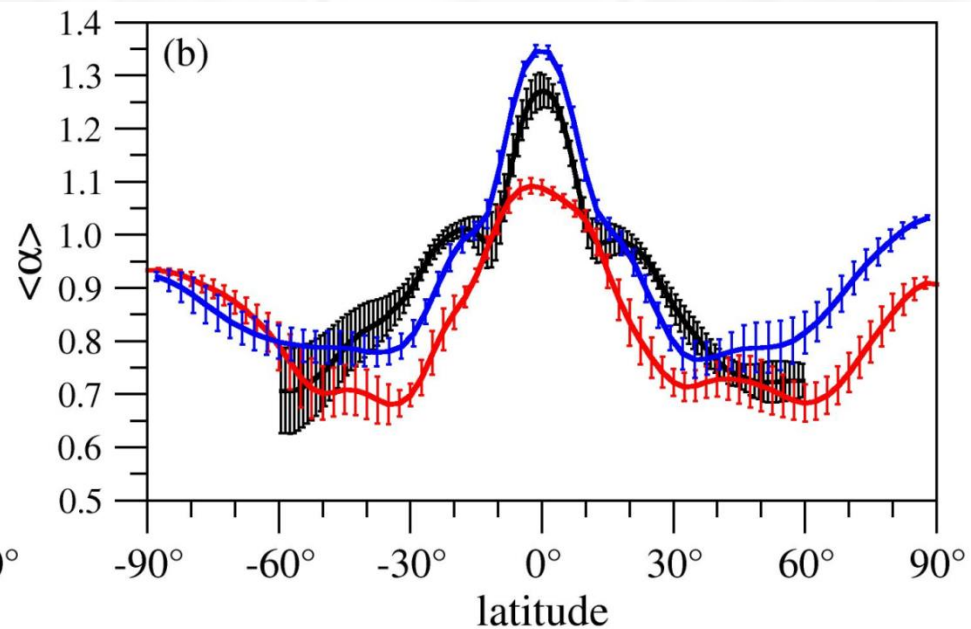


DFA zonális átlaga

- a szélén problémás a lineáris illesztés → lineáris illesztés 60 naptól 15 évig →
- LMDz gyengébb a trópusi területen
- MRI továbbra is erős az Egyenlítő környékén



teljes szakasz



60 naptól 15 évig

Nemlinearitás – magasabb rendű korrelációk

- **Surrogate data módszer:** mesterséges idősorok előállítása, amelyek csak az eredeti idősor két-pont korrelációs tulajdonságát őrzik meg
- Tesztstatisztika: pl. **időtükrozési aszimmetria** (time reversal asymmetry; timerev)

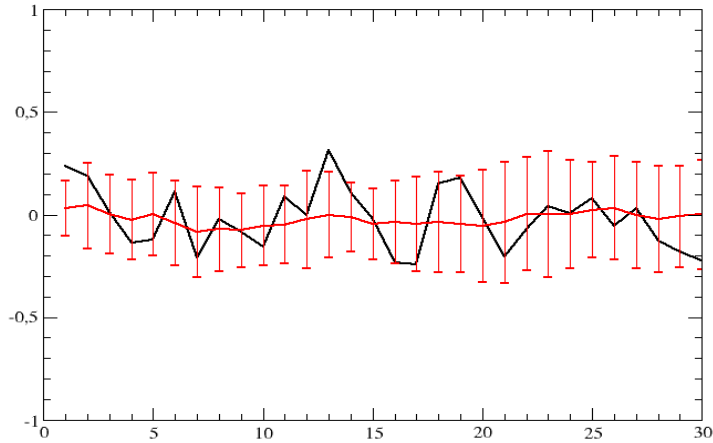
$$\frac{\langle (y_n - y_{n-d})^3 \rangle}{\langle (y_n - y_{n-d})^2 \rangle}$$

- Időkülönbség: 1 nap - 30 nap
- szignifikancia szint: 2σ

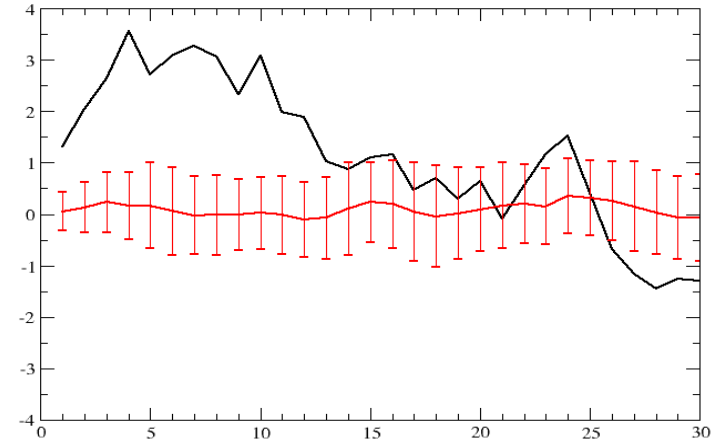


Időtükrozési aszimmetria

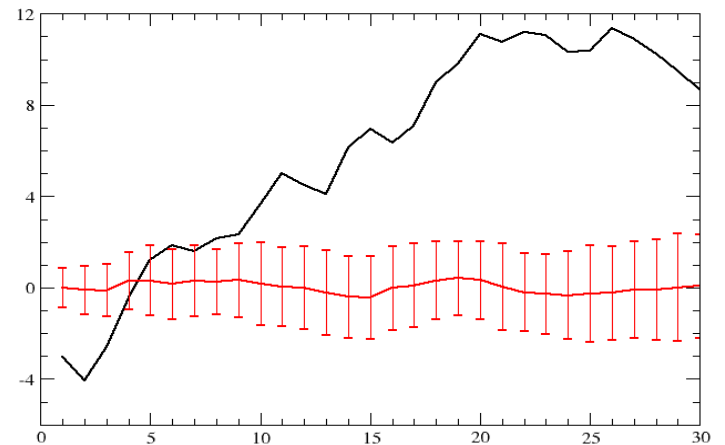
10.5S 5.625W



36.5N 76.875E



59.5S 149.375W

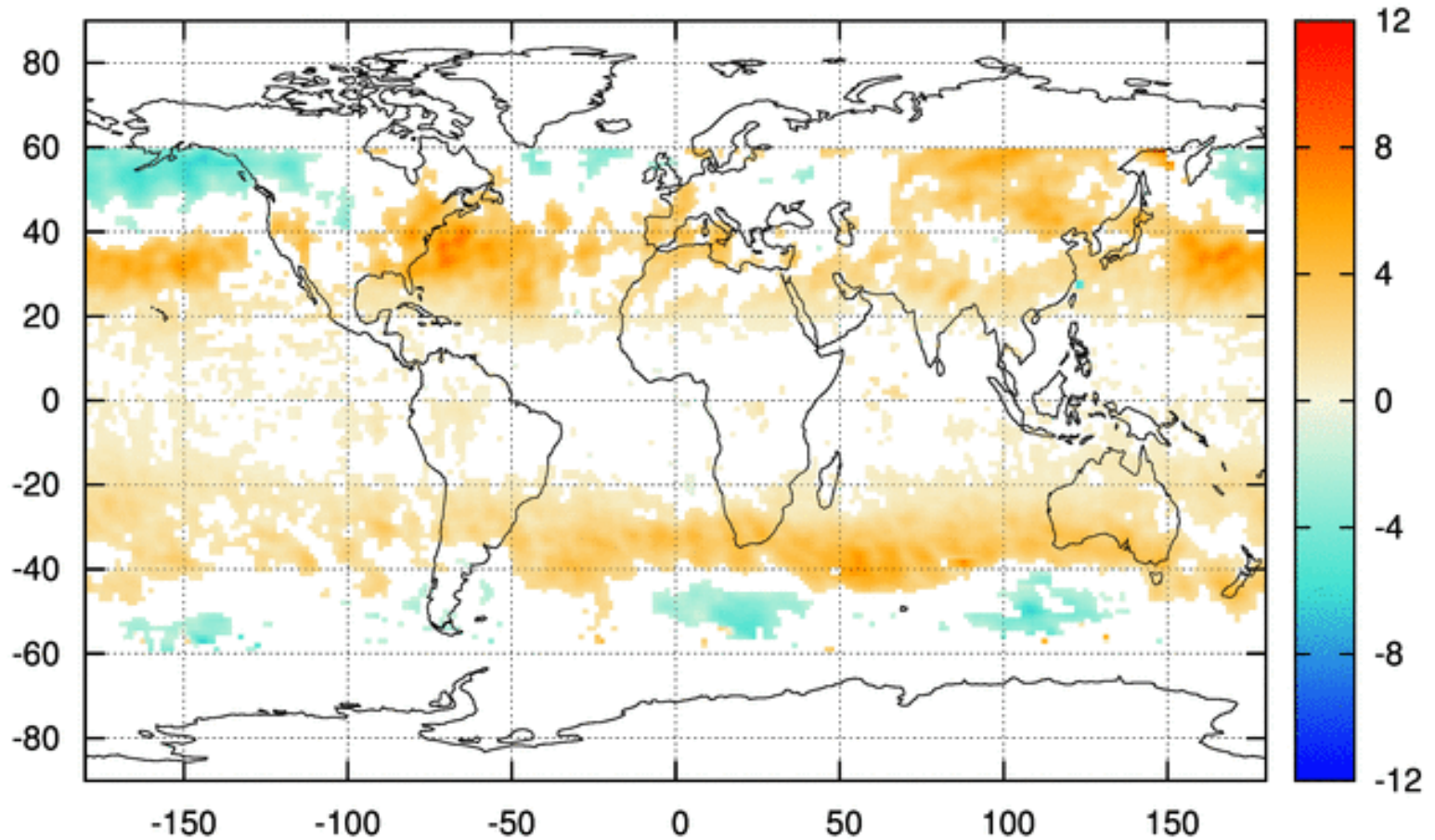


- eredeti idősor
- surrogate átlag és 2σ

Időtükrözési aszimmetria

NIWA

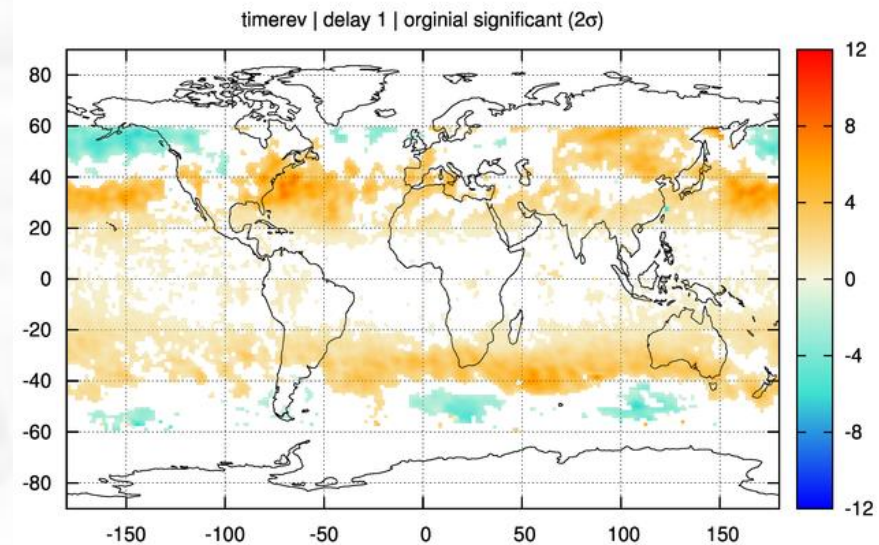
timerev | delay 1 | orginial significant (2σ)



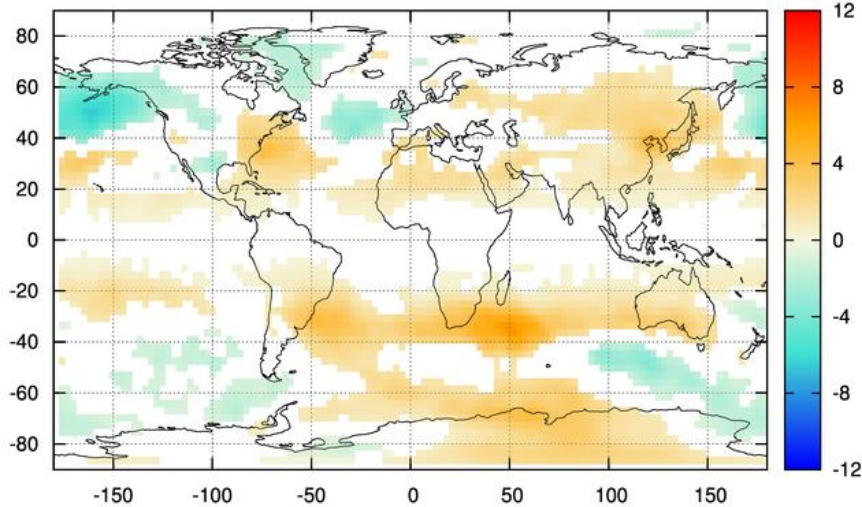
Időtükrozési aszimmetria

- időkülönbség: 1 nap
- nagy szignifikáns területek → nemlinearitás
- jó egyezés

NIWA

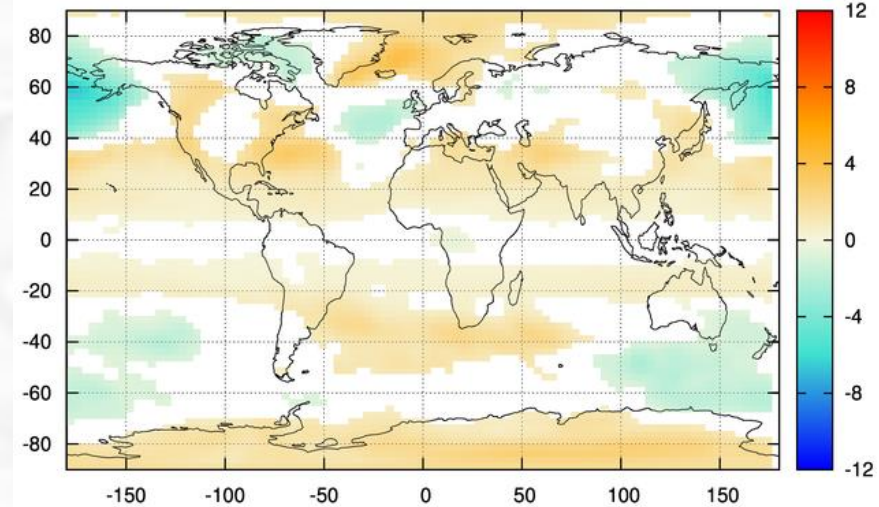


timerev | delay 1 | orginial significant (2σ)



MRI

timerev | delay 1 | orginial significant (2σ)



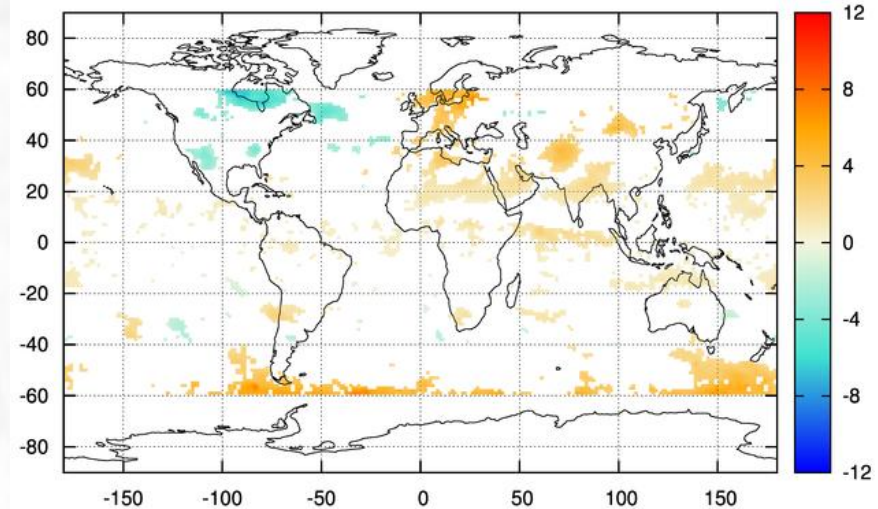
LMDz

Időtükrozési aszimmetria

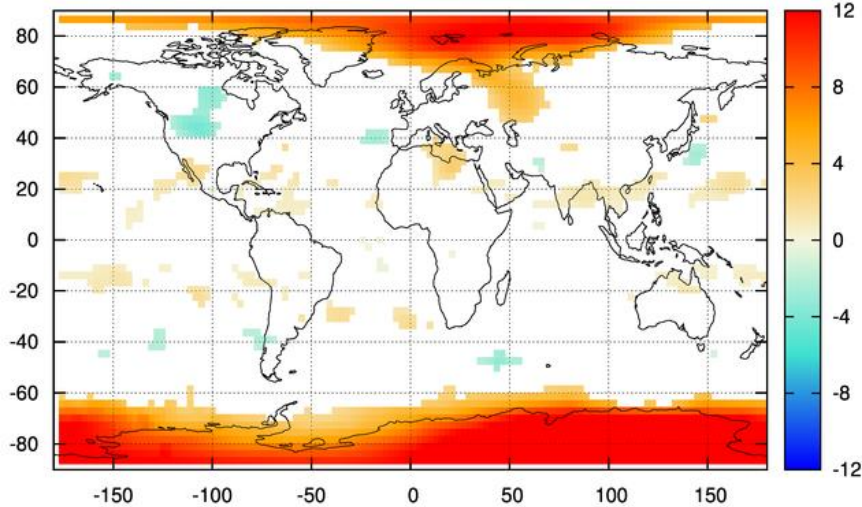
- időkülönbség: 7 nap
- a modellekben nagy értékek a poláris területek felett

NIWA

timerev | delay 7 | orginial significant (2σ)

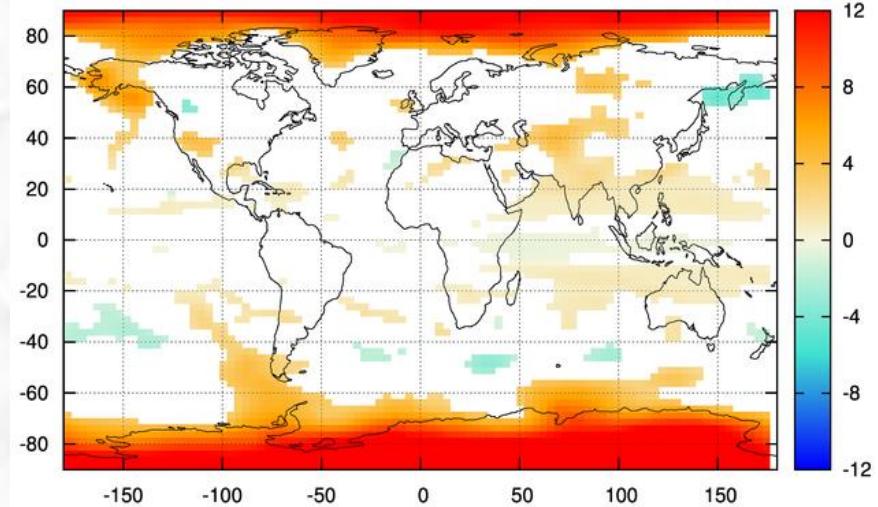


timerev | delay 7 | orginial significant (2σ)



MRI

timerev | delay 7 | orginial significant (2σ)

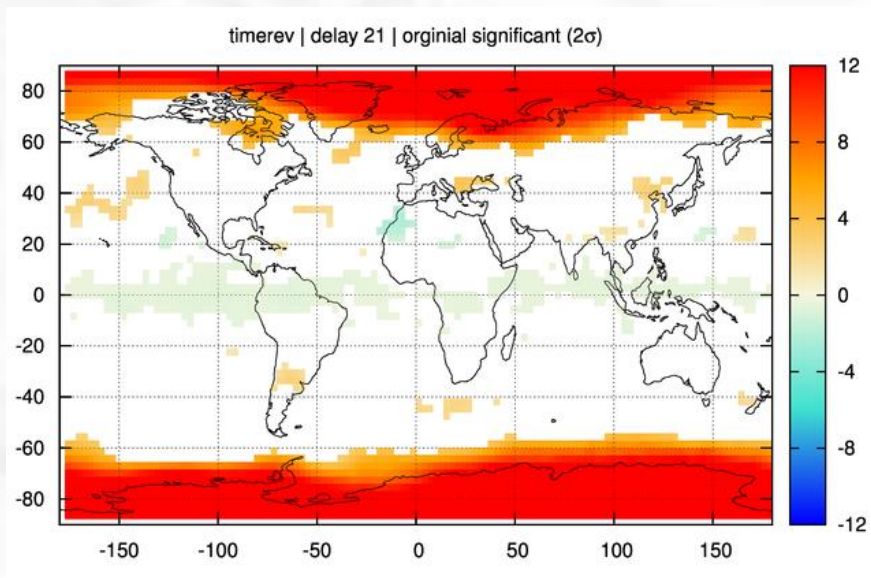
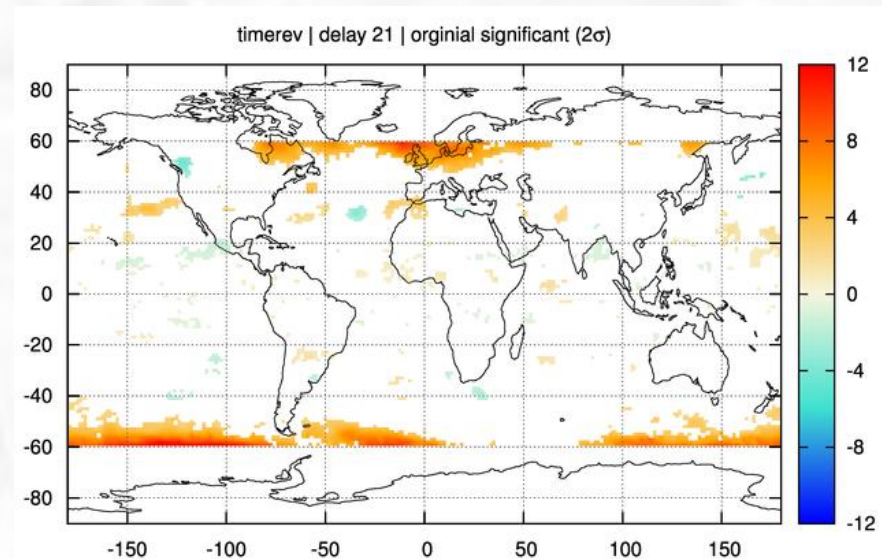


LMDz

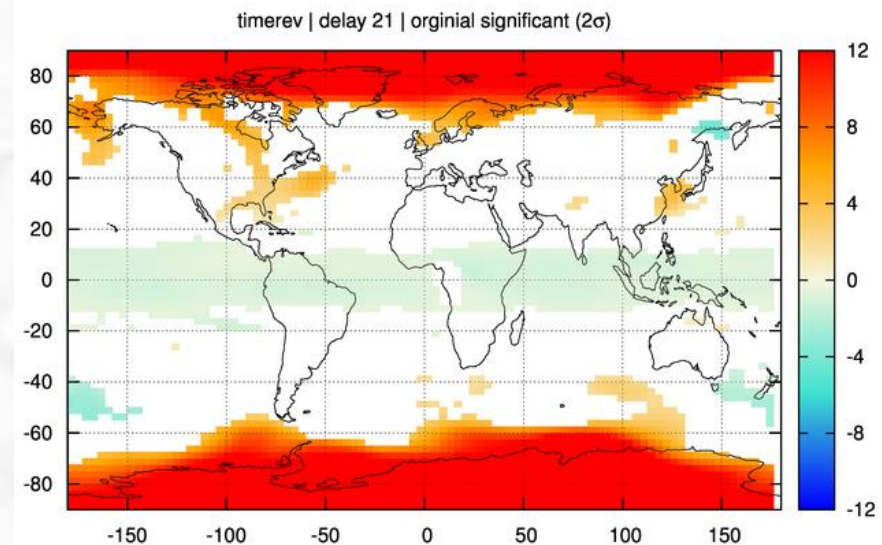
Időtükrozési aszimmetria

- időkülönbség: 21 nap
- a modellekben nagy értékek a poláris területek felett

NIWA



MRI



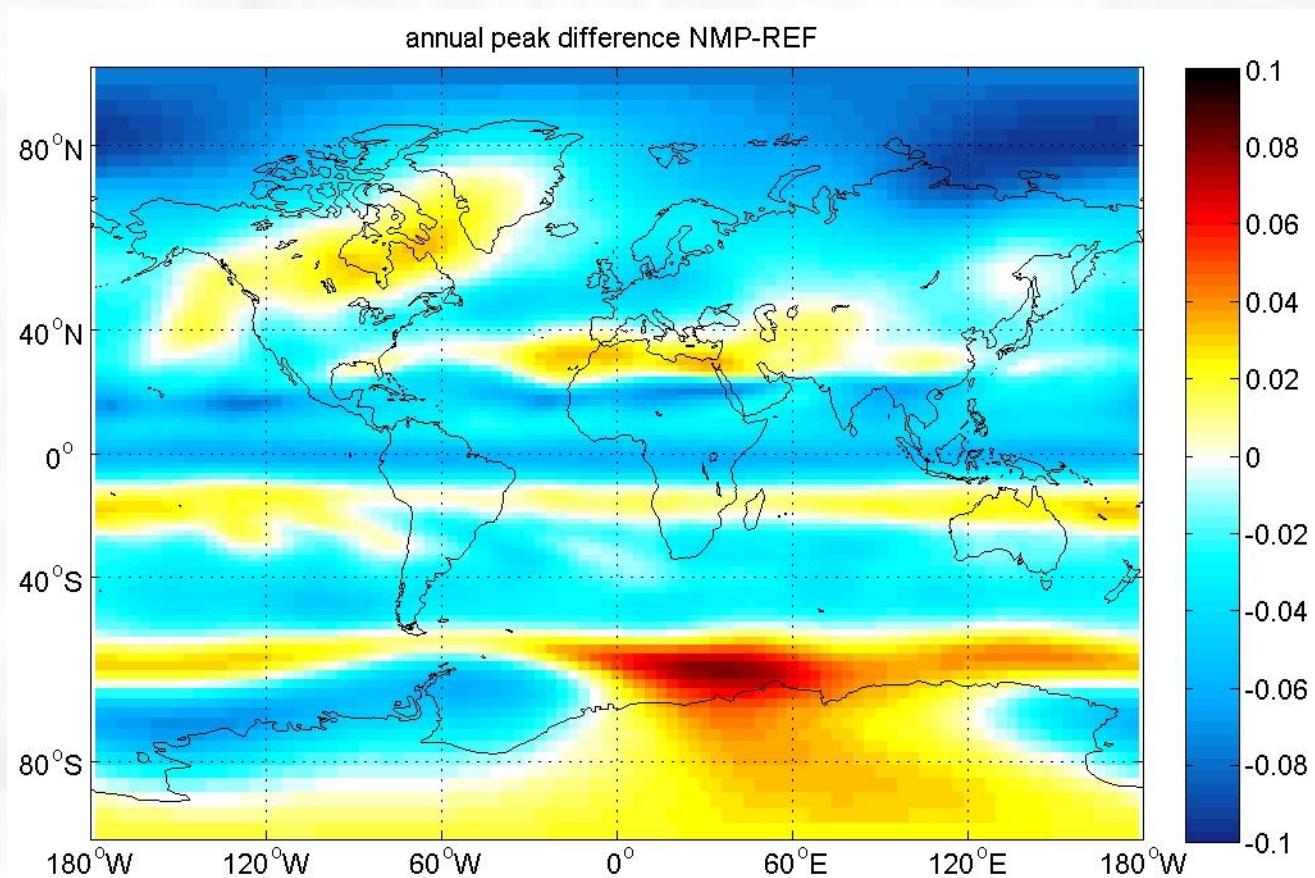
LMDz

LMDz modell újabb futtatásai (RECONCILE projekt részeként)

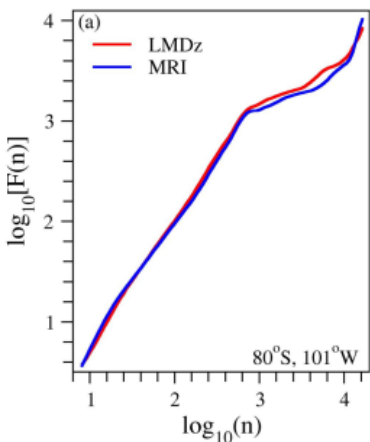
- napi TO adatok múltira (1970-2006) és jövőre (2006-2050) vonatkozólag $1.875^\circ \times 3.75^\circ$ térbeli felbontásban
 - **REF**: finomabb felbontású a CCMVal-hoz képest, egyszerű PSC fizika
 - **TBIAS**: hőmérsékletkorrekció a modell kémiai részében a pontosabb PSC-t érintő mikrofizika miatt
 - **NMP**: a RECONCILE projekt eredményein alapuló új mikrofizikai parametrizáció alkalmazása a hőmérsékletkorrekció mellett



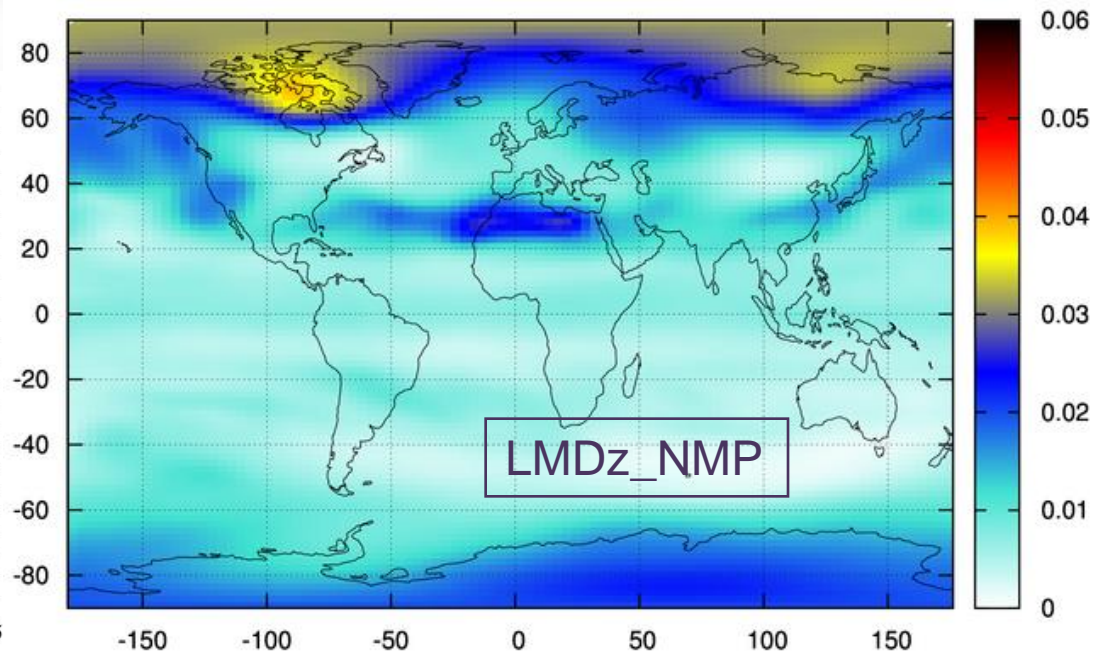
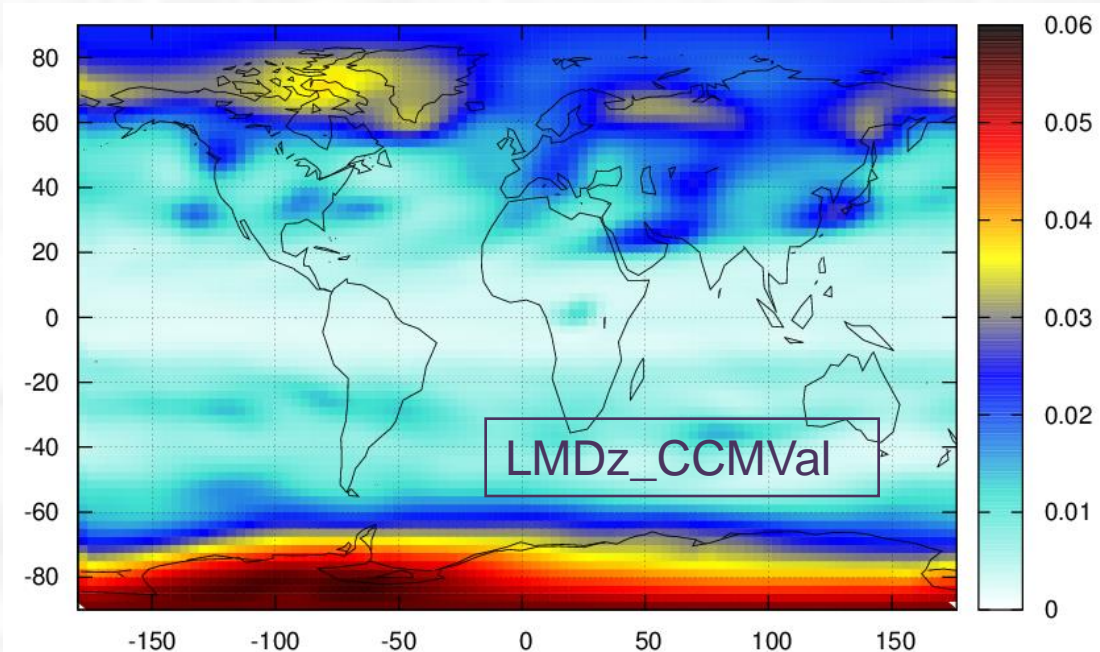
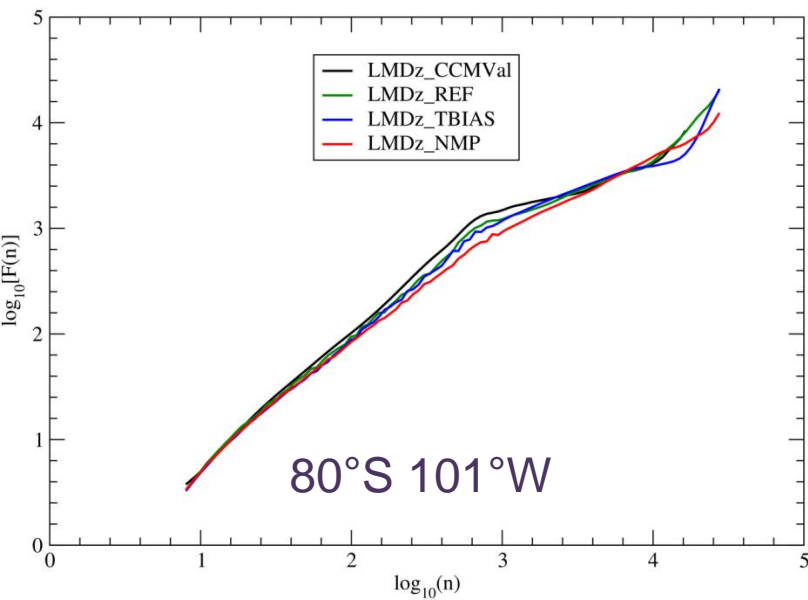
Éves spektrális súlyok különbsége NMP-REF



Detrendált fluktuáció analízis (DFA)



DFA görbe a
sarkkörön túl



Szakmai tevékenység

Szakmai folyóiratban megjelent referált cikkek:

- V. Homonnai, I. M. Jánosi, F. Lefevre, M. Marchand: Comparative Spectral Analysis and Correlation Properties of Observed and Simulated Total Column Ozone Records. *Atmosphere*, 4, 198-213, **2013**.
- M. von Hobe, et al. (+85 coauthors: ...V. Homonnai,..., I. M. Jánosi,...): Reconciliation of essential process parameters for an enhanced predictability of Arctic stratospheric ozone loss and its climate interactions (RECONCILE): activities and results, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 9233-9268, doi:10.5194/acp-13-9233-2013, **2013**.
- Kunz, A., R. Müller, V. Homonnai, I. M. Jánosi, D. Hurst, A. Rap, P. M. Forster, F. Rohrer, N. Spelten, and M. Riese: Extending water vapor trend observations over Boulder into the tropopause region: Trend uncertainties and resulting radiative forcing, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 11,269–11,284, doi:10.1002/jgrd.50831, **2013**.
- I. M. Jánosi, P. Kiss, V. Homonnai, M. Pattantyús-Ábrahám, B. Gyüre, and T. Tél: Dynamics of passive tracers in the atmosphere: laboratory experiments and numerical tests with reanalysis wind fields. *Physical Review E*, 82, 046308 , **2010**.

Ismeretterjesztő cikk:

- Homonnai V.: A légköri hosszútávú kapcsolatok titka, *Természet Világa*: Káosz, környezet, komplexitás, **2013** II. különszám.

