

A szaharai porviharok növekvő gyakorisága és változó jellege a Kárpát-medencében összefüggésben a globális felmelegedéssel

Rostási Ágnes

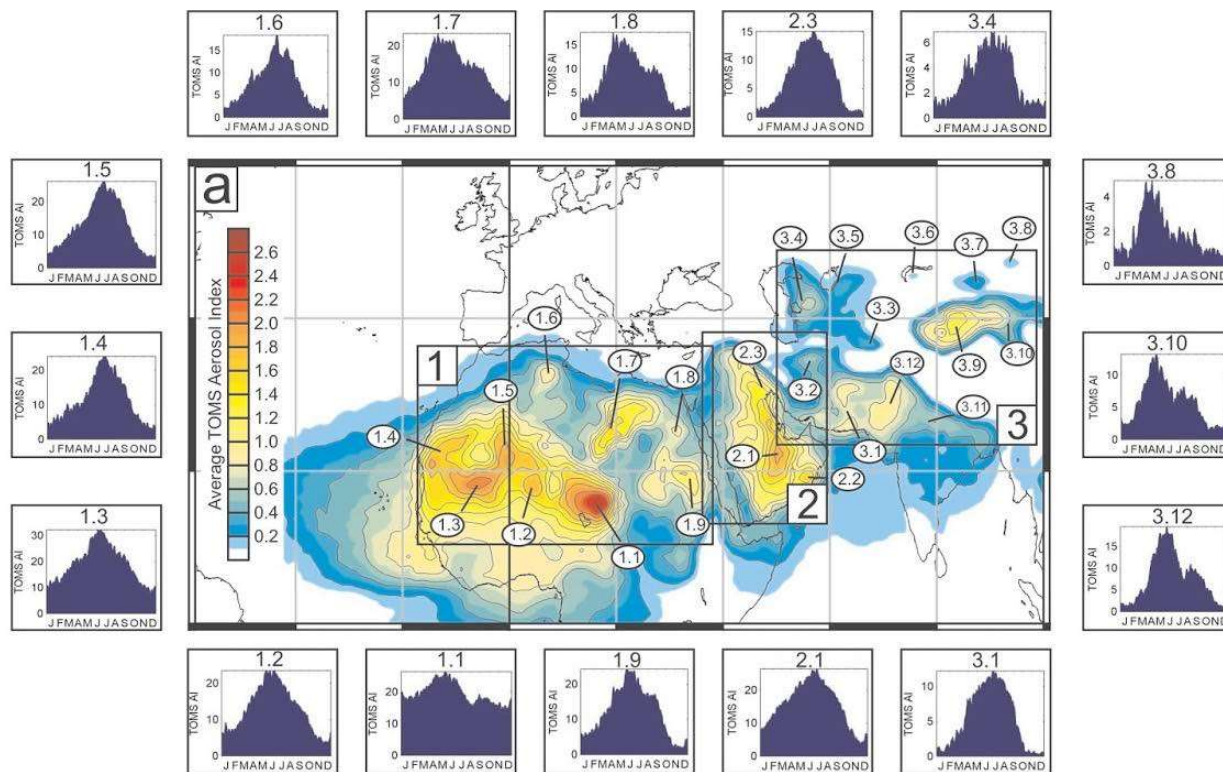
Föld napi konferencia a Balaton régióban
2024. április 23.



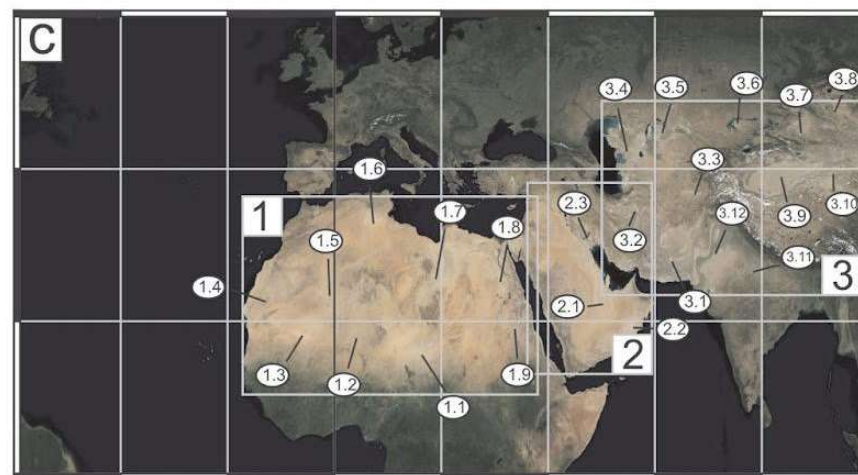
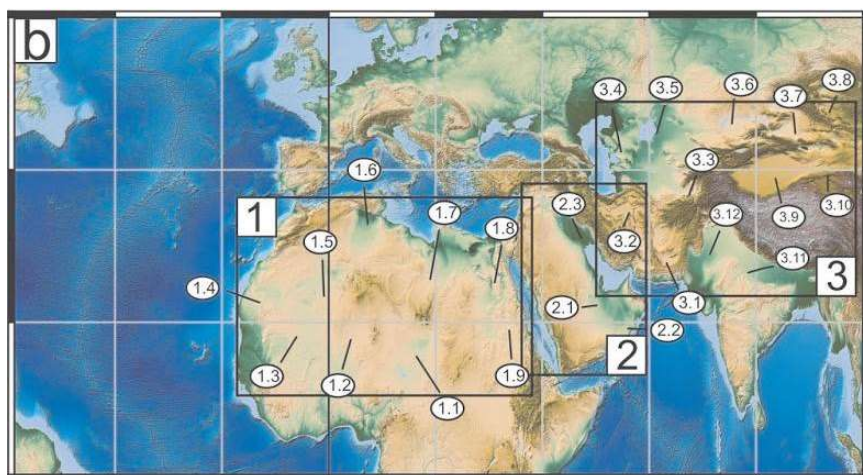
Miért érdekes a por?

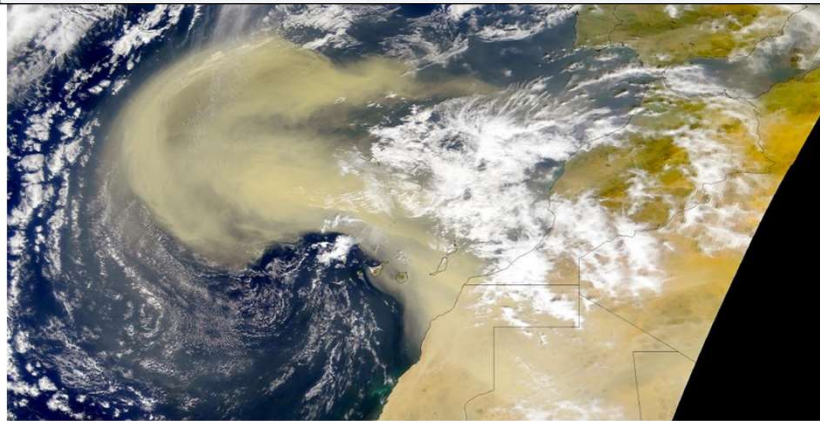
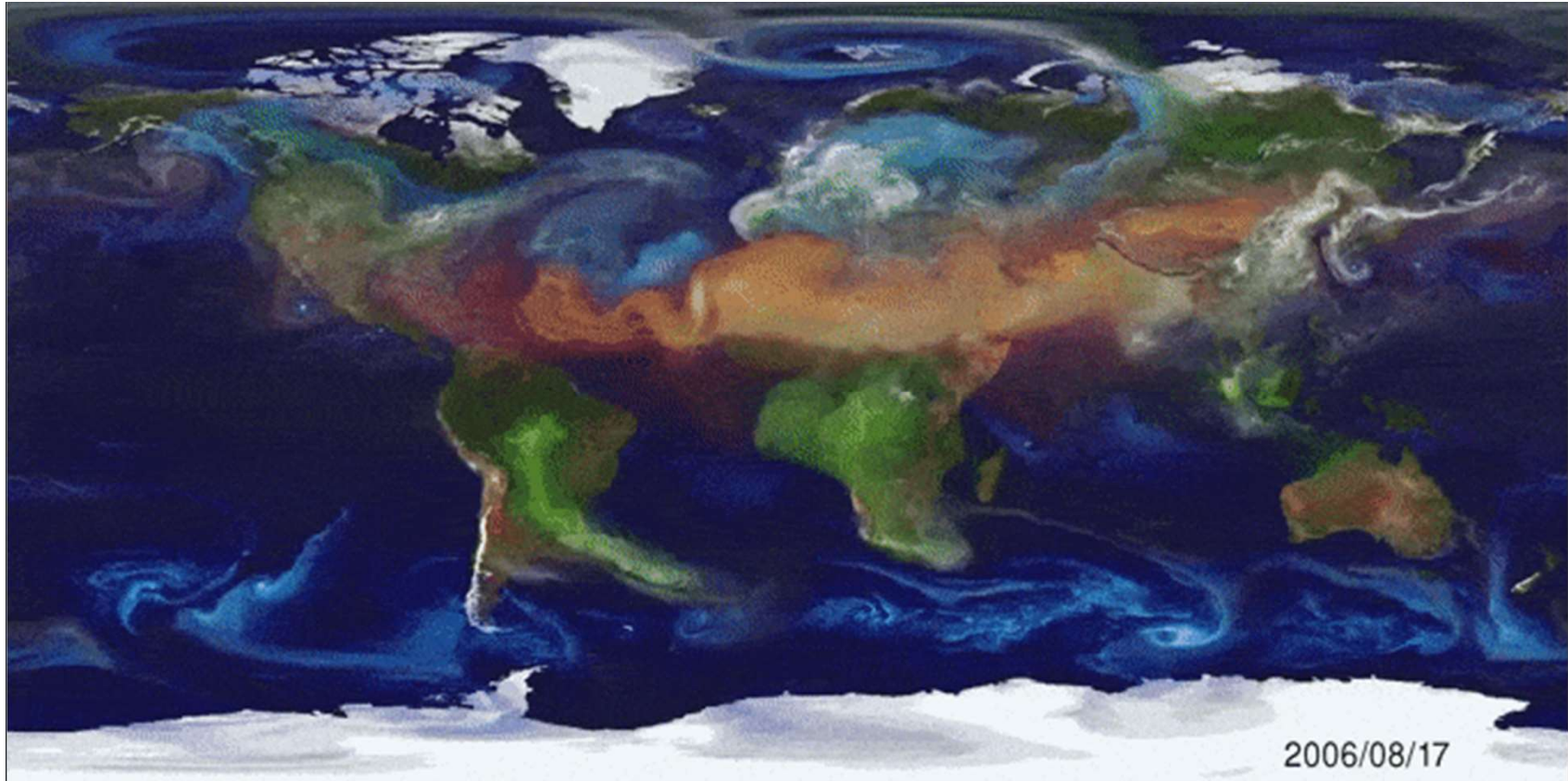
- szél által légkörbe jutatott ásványi por mennyisége: **1-3 milliárd tonna évente (50-70% a Szaharából)**
- közvetlen és közvetett **klimatikus hatások** (besugárzás, CO_2 , felhőképződés)
- módosítja a **Napból érkező sugárzás** közvetlen szórását, elnyelését, visszaverését
- egyéb **környezeti hatások** (pH; talajképződés; egészségügyi hatások stb.)
- a **felszín fényvisszaverő képességét**, albedóját módosítja a jéggel, hóval fedett területeken





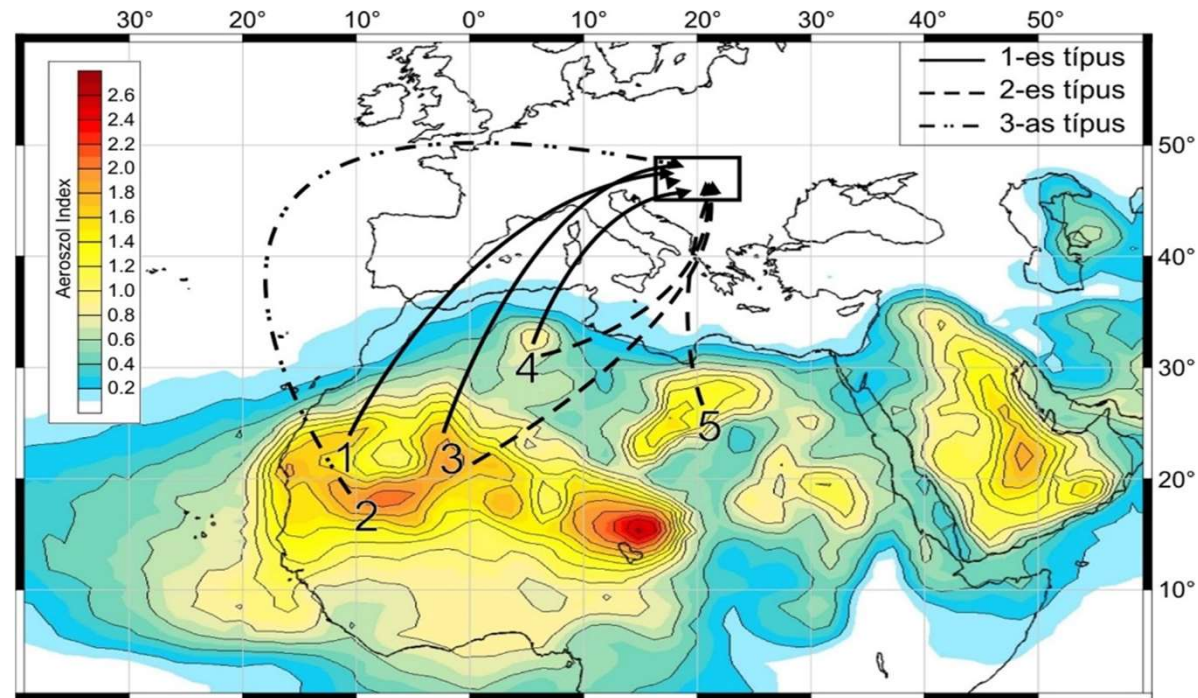
A porviharos epizódok tavaszi–nyári szezonális eloszlással jellemezhetők.





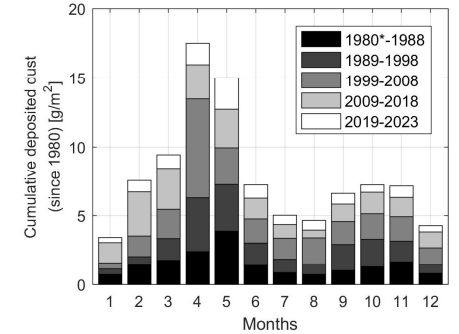
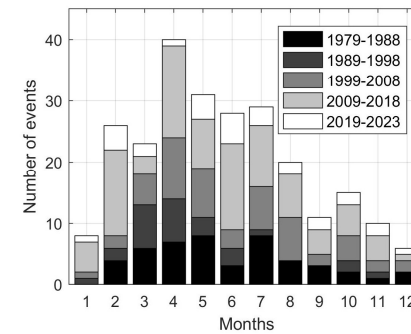
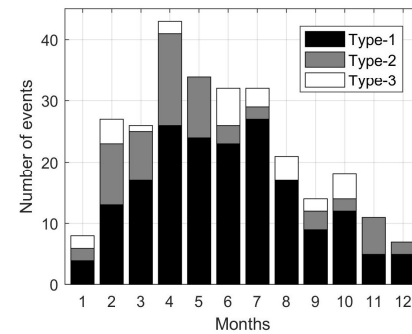
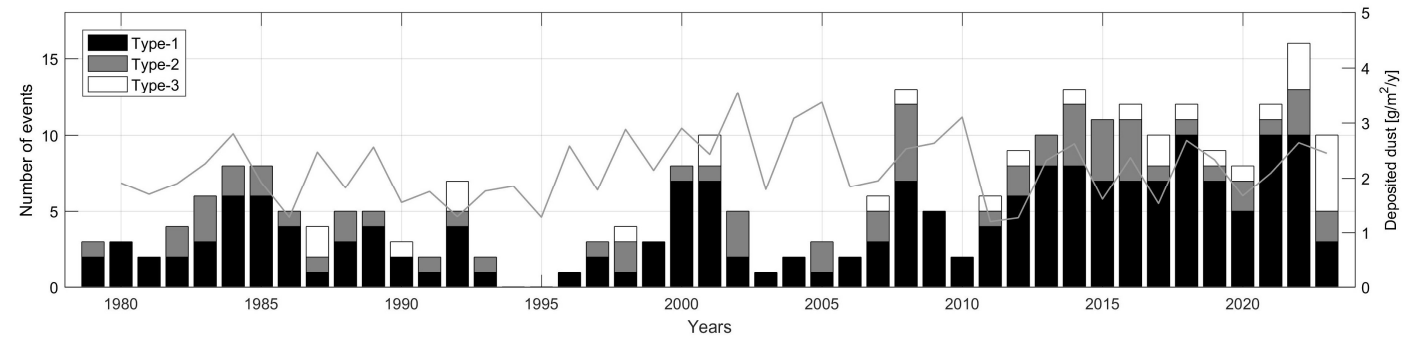
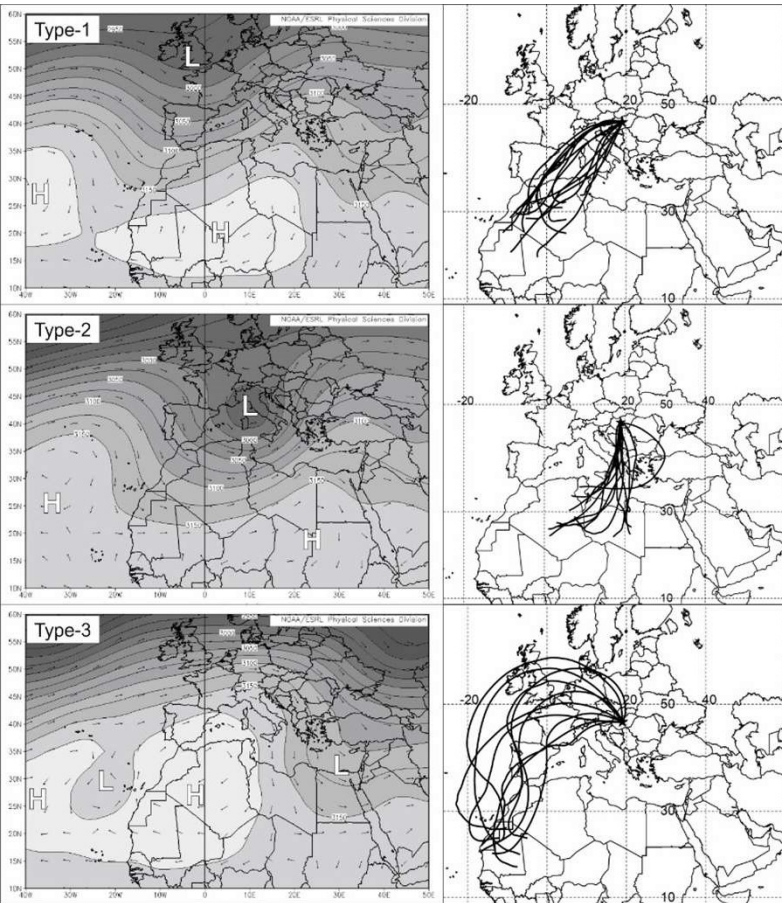
Szaharai por a Kárpát-medencében

- **276 szaharai porviharos eseményt** azonosítottunk a Kárpát-medencében az 1979-2024 időszakban (**NASA TOMS and OMI Aeroszol Index**) műholdas adatok alapján (**BSC DREAM8b v1.0 és v2.0** numerikus szimulációk hasonló eredményeket mutatnak a gyakoriságra vonatkozóan)
- **HYSPLIT trajektóriákat** használtunk a szaharai eredet megerősítése céljából
- 700 hPa geopotenciál szint, zonális és meridionális szélkomponensek és szélvektorok kerültek felhasználásra a **szinoptikus meteorológiai helyzetek** megállapításához
- száraz és nedves kiülepedés meghatározására a NASA Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2 (**MERRA-2**) modelleredményeit használtuk



Szaharai eredetű poranyag kiülepedése a Kárpát-medencében **3–5 gramm/négyzetméter** közé tehető évente.

Szaharai por a Kárpát-medencében

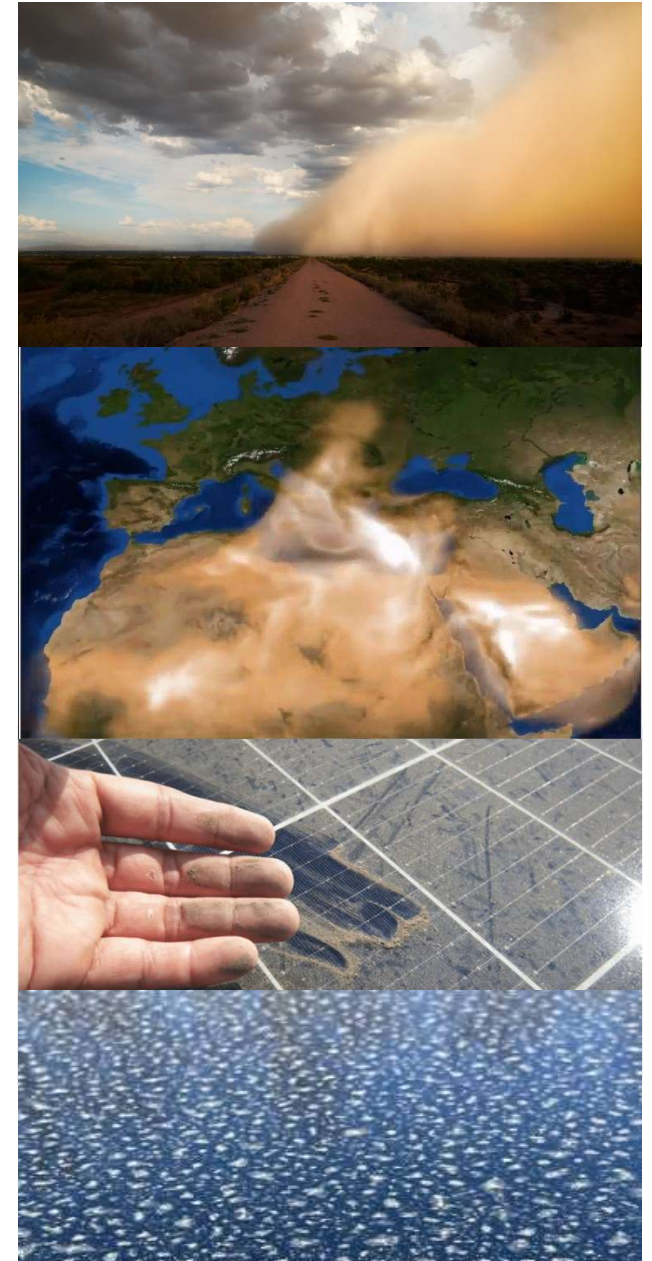


Decade	SDEs			Deposition [g/m^2]									
	Events	Type-1	Type-2	Type-3	DJF	MAM	JJA	SON	Annual	DJF	MAM	JJA	SON
1979–1988	48	32(66.7%)	14(29.2%)	2(4.2%)	6(12.5%)	21(43.8%)	15(31.3%)	15(12.5%)	2.1	0.3(15.8%)	1.0(47.1%)	0.3(16.6%)	0.4(20.6%)
1989–1998	27	16(59.3%)	7(25.9%)	4(14.8%)	3(11.1%)	17(63.0%)	4(14.8%)	3(11.1%)	1.9	0.2(8.3%)	0.8(43.8%)	0.4(18.5%)	0.6(29.4%)
1999–2008	53	35(66.0%)	14(26.4%)	4(7.6%)	4(8.2%)	20(40.8%)	17(34.7%)	8(16.3%)	2.6	0.4(15.9%)	1.2(44.9%)	0.5(18.7%)	0.5(20.5%)
2009–2018	90	64(71.1%)	19(21.1%)	7(7.8%)	16(18.8%)	26(30.6%)	30(35.3%)	13(15.3%)	2.1	0.5(24.9%)	0.8(40.0%)	0.3(15.0%)	0.4(20.0%)
Full period	218	147(67.4%)	54(24.8%)	17(7.8%)	29(13.9%)	84(40.2%)	66(31.6%)	30(14.4%)	2.2	0.3(16.2%)	1.0(44.1%)	0.4(17.3%)	0.5(22.4%)

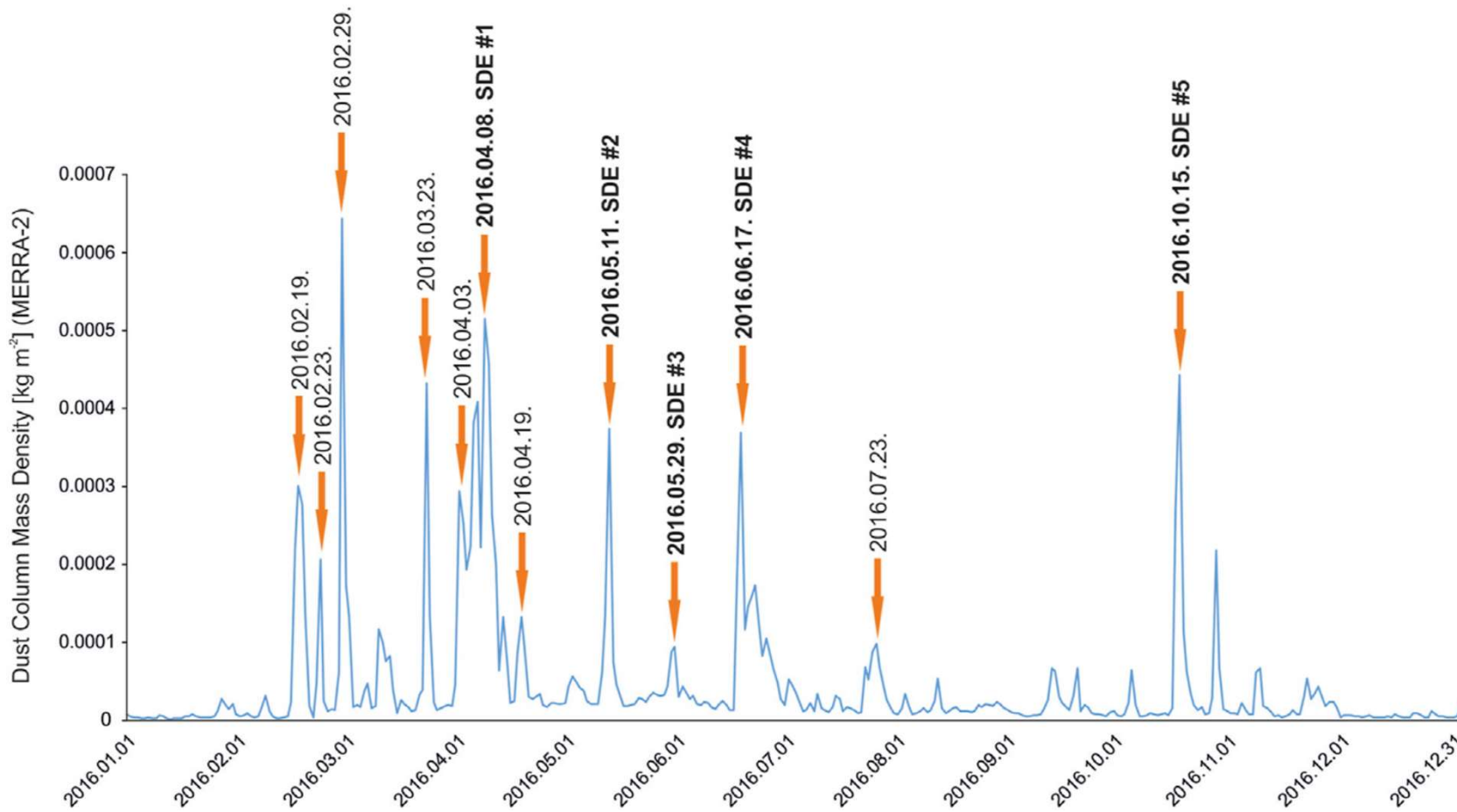


Saharan Dust Deposition in Central Europe in 2016—A Representative Year of the Increased North African Dust Removal Over the Last Decade

Ágnes Rostási^{1,2}, Boglárka Anna Topa^{3,4}, Fruzsina Gresina^{5,6}, Tamás G. Weiszbürg^{3,7},
András Gelencsér^{1,2} and György Varga^{5*}



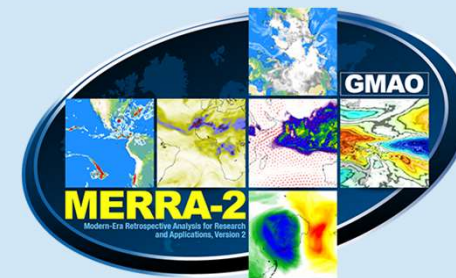
MERRA-2 Poroszlop tömegsűrűség szimulációk

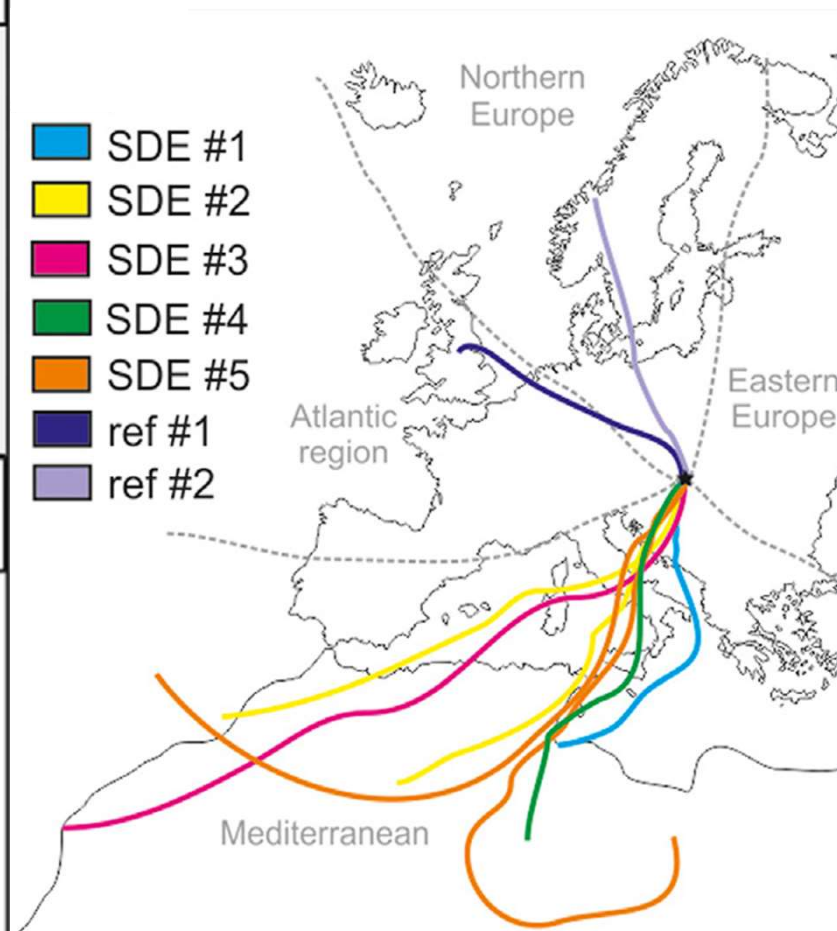
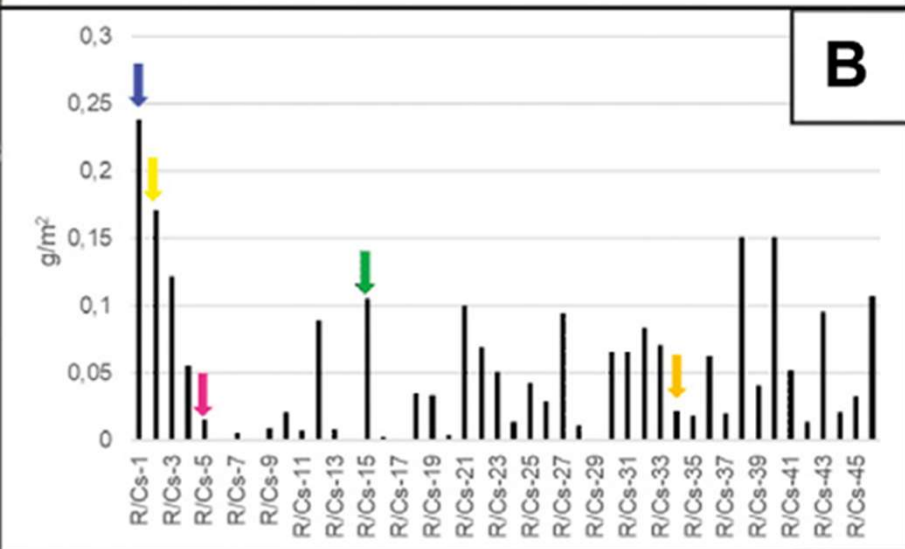
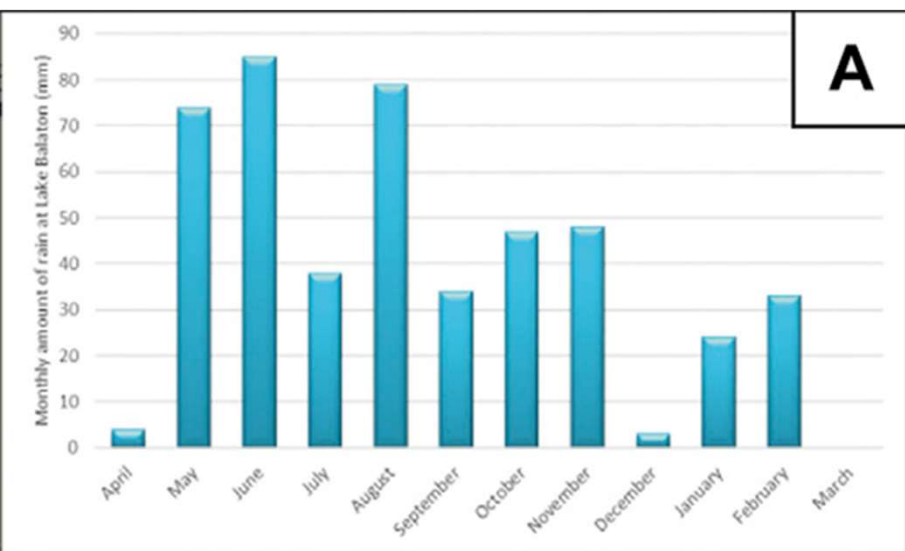


2006. 12 SDE

száraz és nedves
kiülepedés
meghatározása:

NASA Modern-Era
Retrospective
analysis for Research
and Applications,
Version 2 (MERRA-2)
modelleredményeit
használtuk





MERRA-2 szimuláció
nedves ülepedésre
1979–2018 időszakban:
2,2 g/m²/év

Mért kumulatív ülepedési
ráta 2016:
2,4 g/m²/év

SAD ülepedés
Σ: 0,5533 g/m²/év

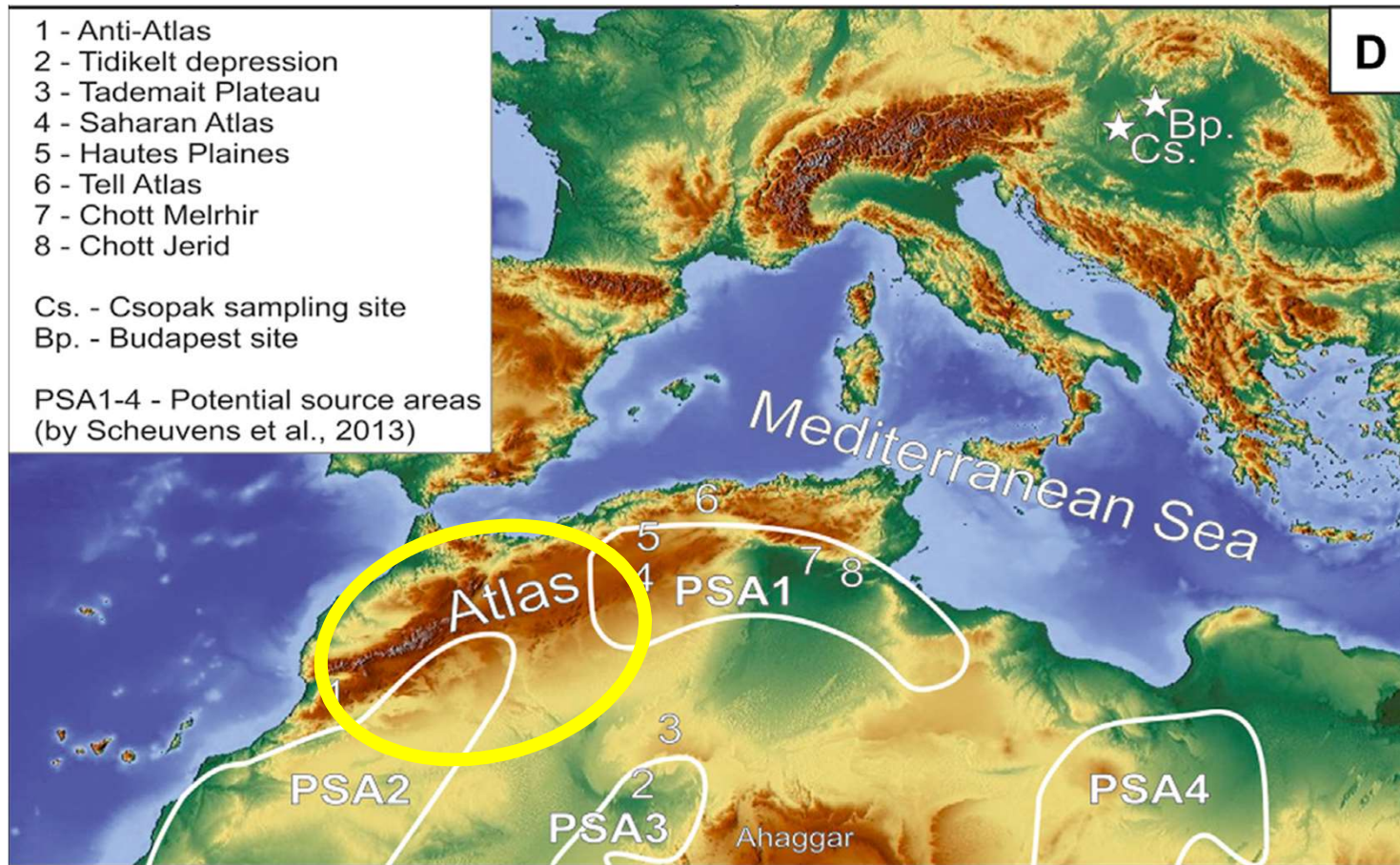
Átlagos SAD esemény
0,1107 g/m²/év

Balaton 596 km²
SAD 300 t/év

Σ_{befolyók} 24 000 t/év

Lehetséges forrásterületek SDE #1

Anti-Atlasz-hg., Mauritánia, Ny-Szahara, Tidikelt mélyedés, D-Tunézia



Lehetséges forrásterületek SDE #2

Atlasz déli előtere, Tademait-fennsík, Atlasz intramontán medencéi

- 1 - Anti-Atlas
- 2 - Tidikelt depression
- 3 - Tademait Plateau
- 4 - Saharan Atlas
- 5 - Hautes Plaines
- 6 - Tell Atlas
- 7 - Chott Melrhir
- 8 - Chott Jerid

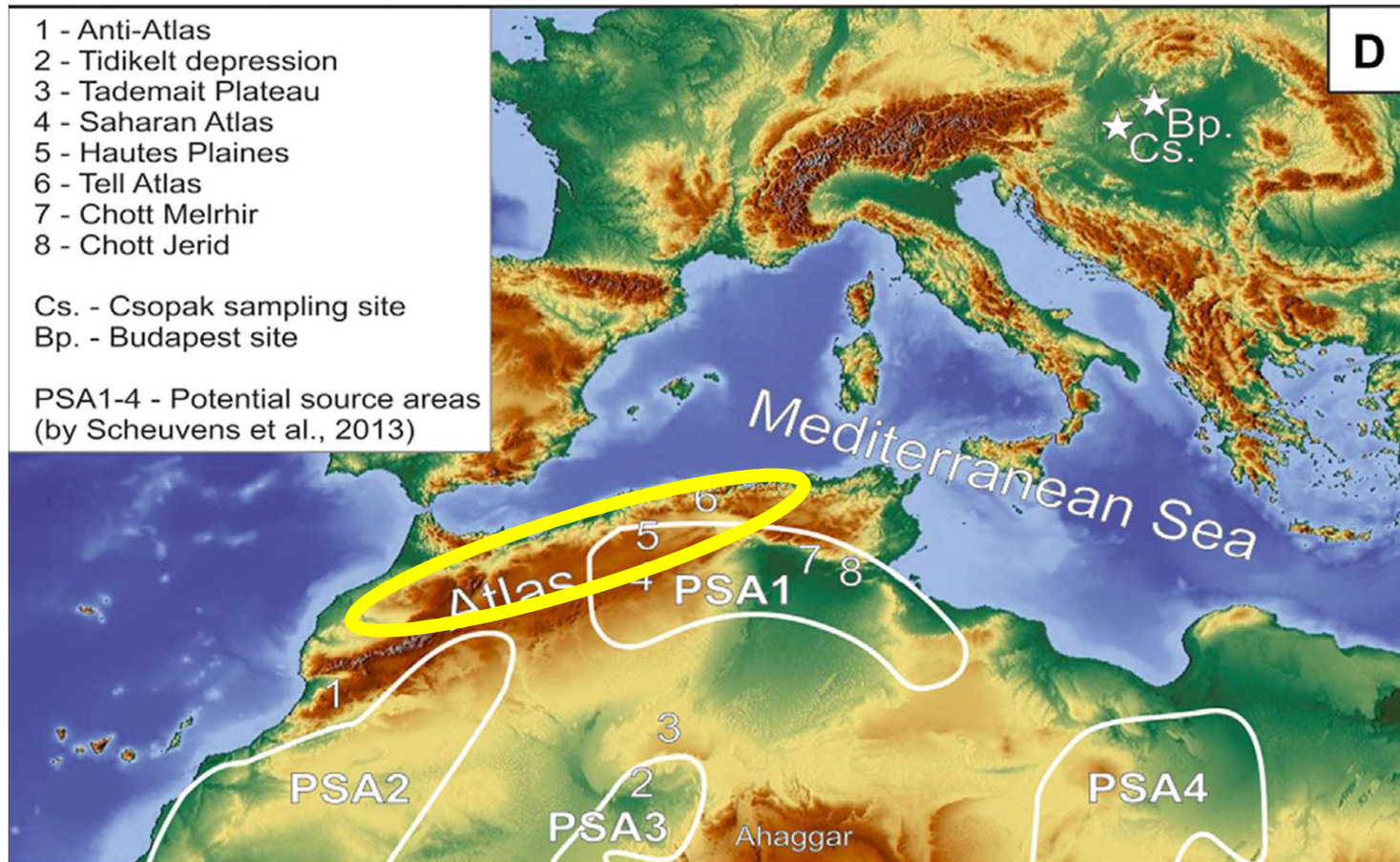
Cs. - Csopak sampling site
Bp. - Budapest site

PSA1-4 - Potential source areas
(by Scheuven et al., 2013)



Lehetséges forrásterületek SDE #3

Hautes Plaines (endorheikus medencerendszer)



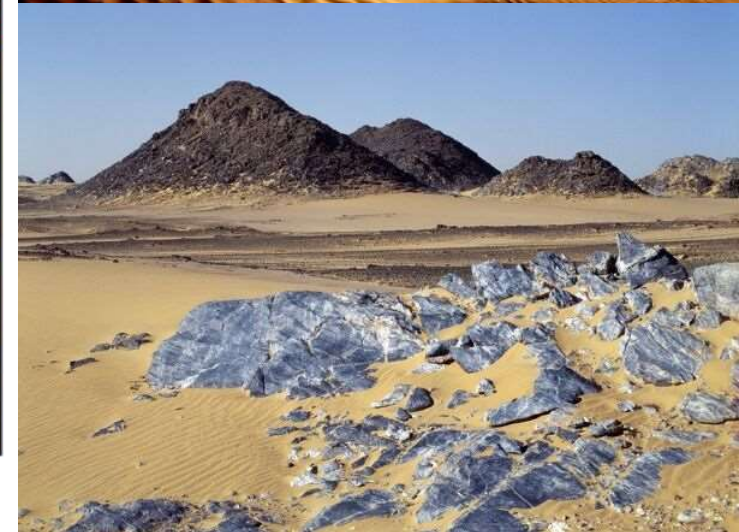
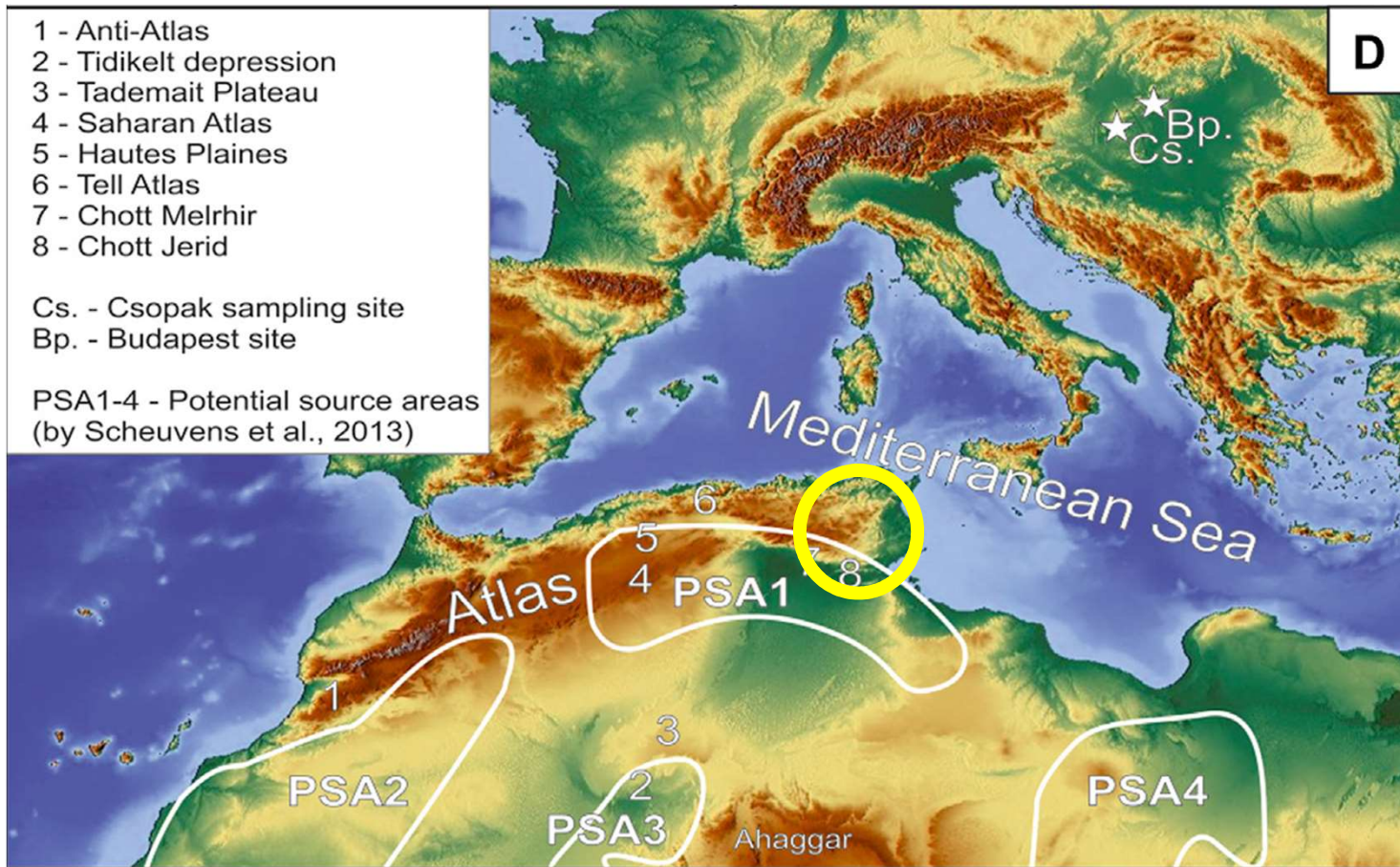
Lehetséges forrásterületek SDE #4

D-Tunézia, Ény-Líbia

- 1 - Anti-Atlas
- 2 - Tidikelt depression
- 3 - Tademaït Plateau
- 4 - Saharan Atlas
- 5 - Hautes Plaines
- 6 - Tell Atlas
- 7 - Chott Melrhir
- 8 - Chott Jerid

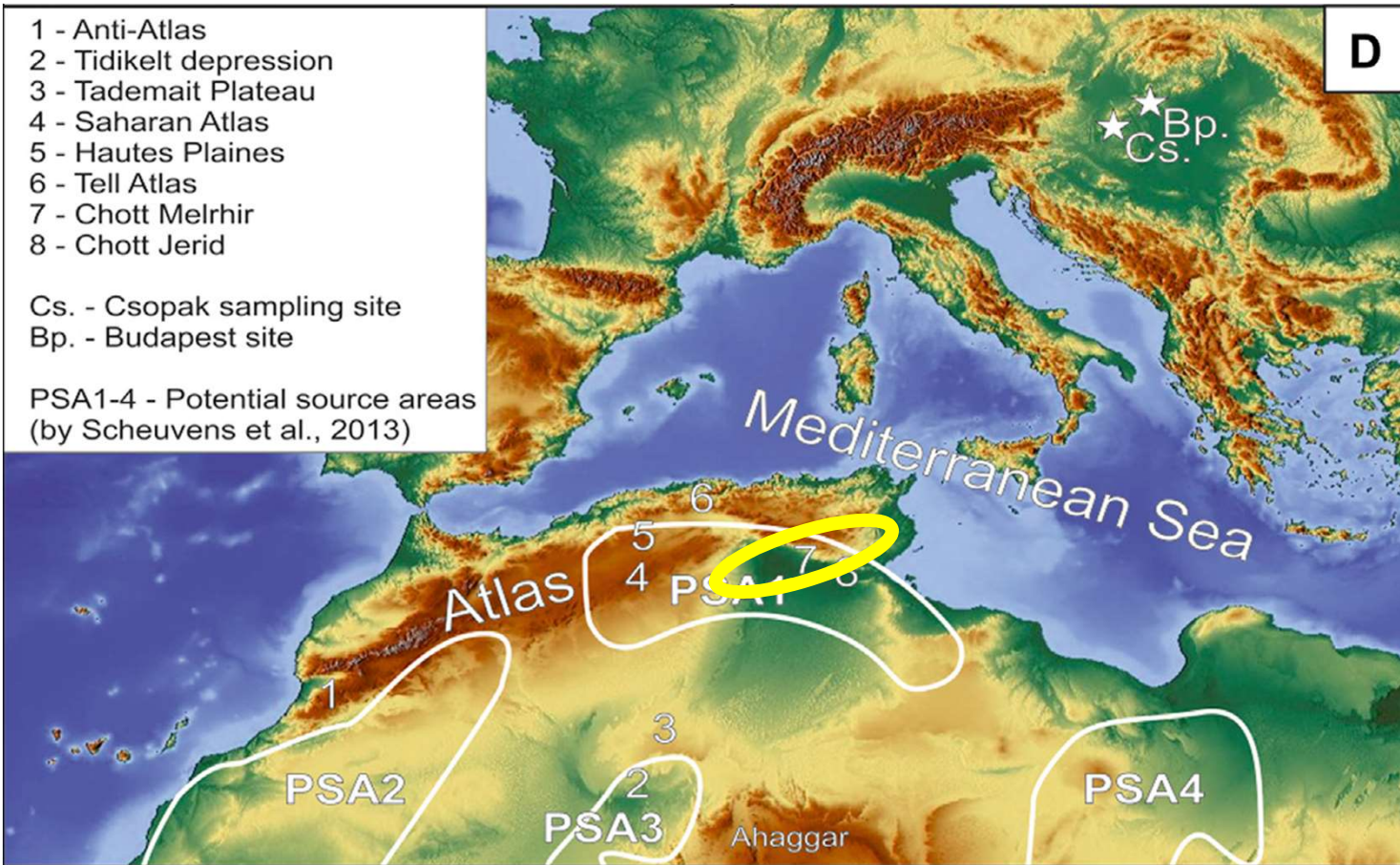
Cs. - Csupak sampling site
Bp. - Budapest site

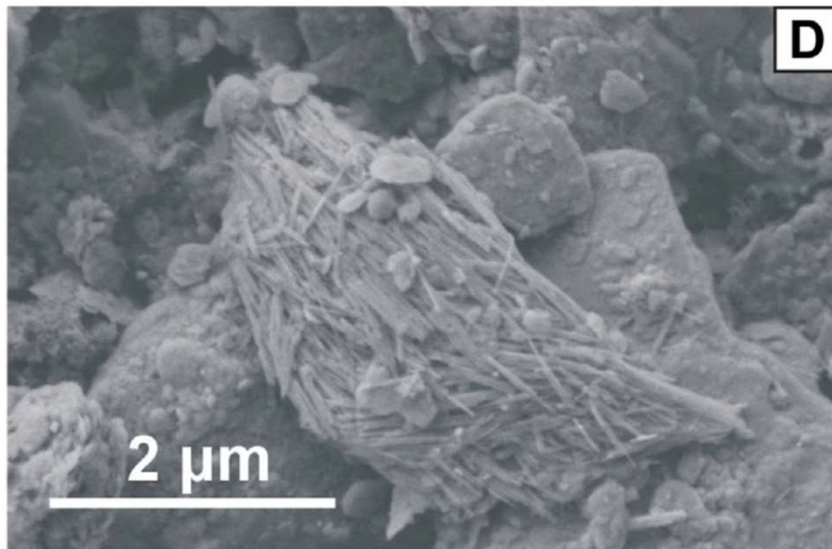
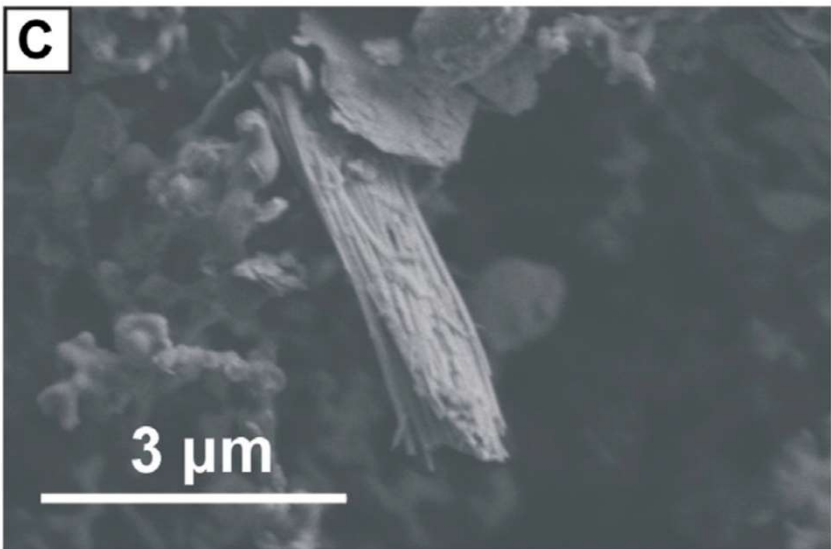
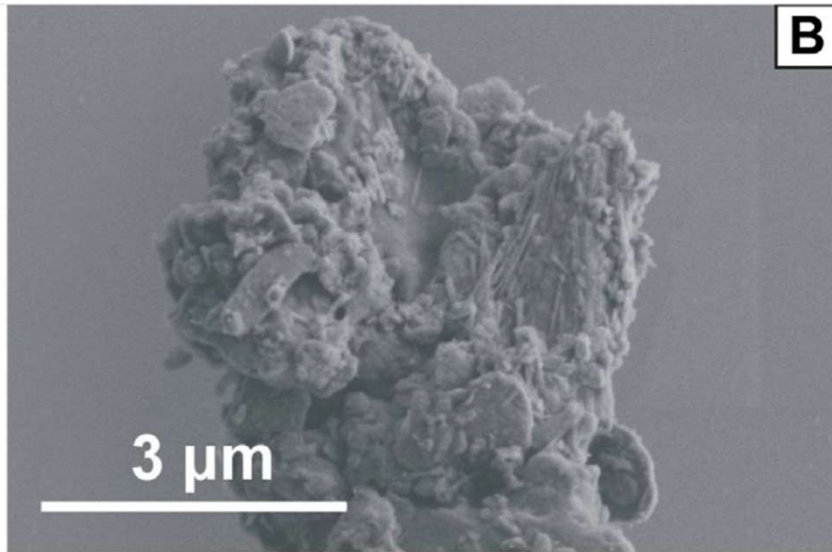
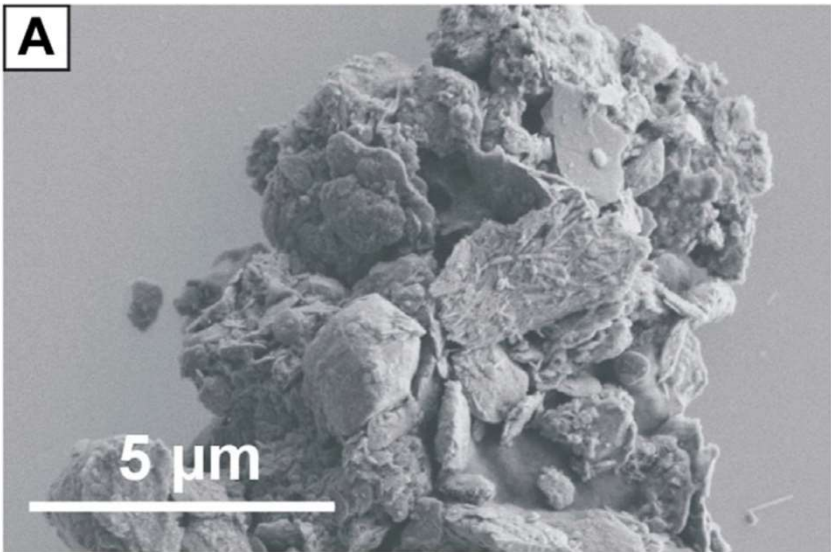
PSA1-4 - Potential source areas
(by Scheuven et al., 2013)



Lehetséges forrásterületek SDE #5

Chott Melrhir, Chott Jerid efemer sós tavak





Ásványtani jellemzők

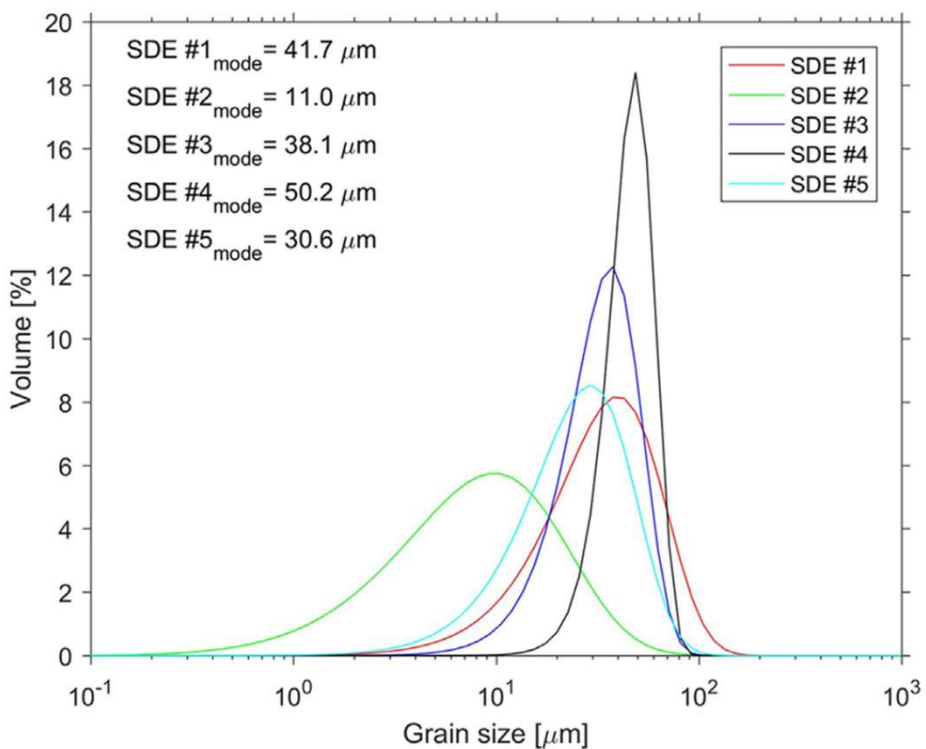
Por aggregátumok

Dolomit hiányzik

Különleges bizonyíték:
paligorszkit

Eredet:
mediterrán/szaharai
forrásterület

Szemcseméret



Forrásterületől 1500–2500 km távolságra a porszemcsék átlagos átmérője 20 – 80 μm .

„giant dust”

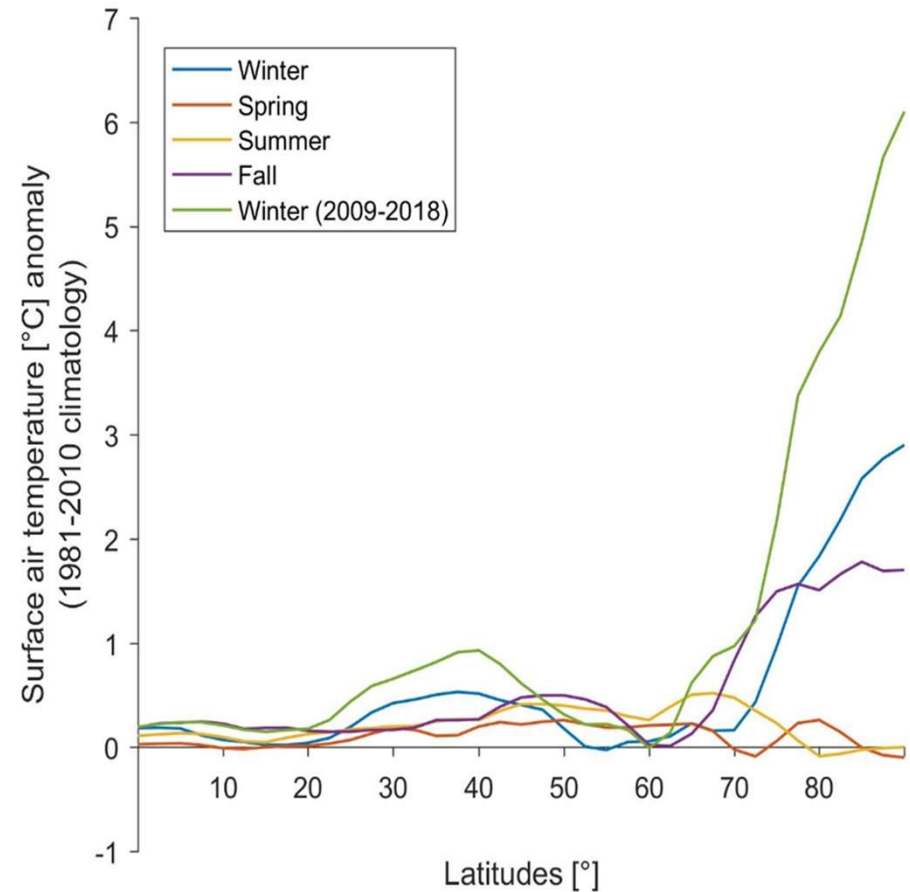
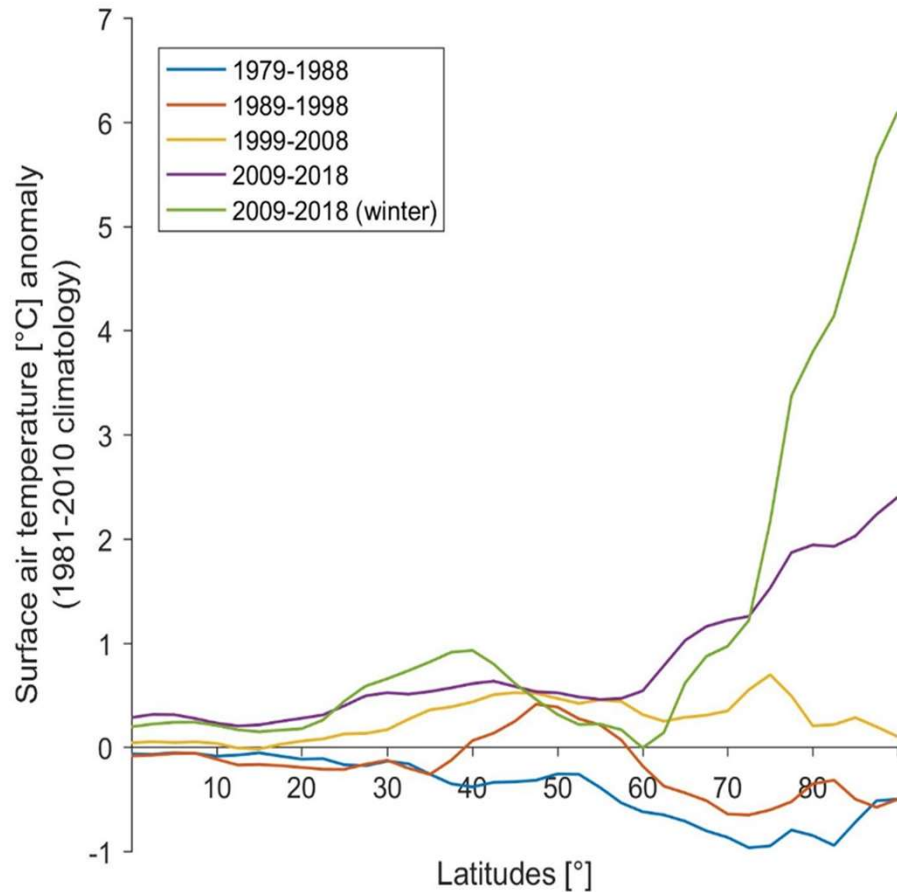
A modellek nem parametrizálják!!



Szaharai porviharos események jelentősége az éghajlati folyamatokban

- A meridionális porszállítás **gyakorisága és intenzitása megnőtt**
 - A magasabb szélességek és a hegységek hóval-jéggel fedett térségeiben jelentékeny **albedó-módosító** hatása van a kiülepedő pornak
- A poranyag **granulometriai** viszonyai továbbra sem ismertek kellő mértékben
 - **Nagyméretű szemcsék** azonosítása
 - Felhőfizikai folyamatokban a **szemcsék alakja** is releváns kérdéskör
- Numerikus **szimulációk** problémái
 - **Szemcseméret** és ebből is fakadóan a **kiülepedés** mértékének az alábecslése
 - A légköri por **felhőfizikai folyamatokban** betöltött szerepének hiányzó vagy hiányos parametrizálása

Meridionális keresztmetszeti felszíni hőmérséklet anomáliák a porviharos események ideje alatt (dekádonként és évszakonként)



Az azonosított szokatlan intenzitású **szaharai porviharos események** megnövekedő száma az **arktikus területek fokozott felmelegedésével** és az ennek következtében időszakosan egyre **meanderezőbbé váló jet stream** mintázatokkal hozhatók kapcsolatba.

communications
earth & environment

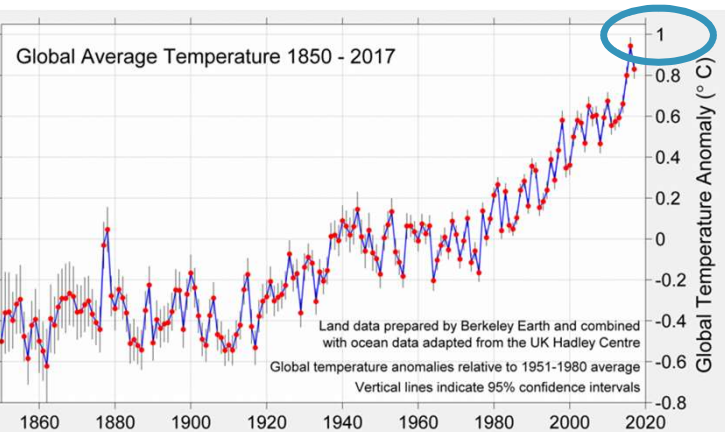
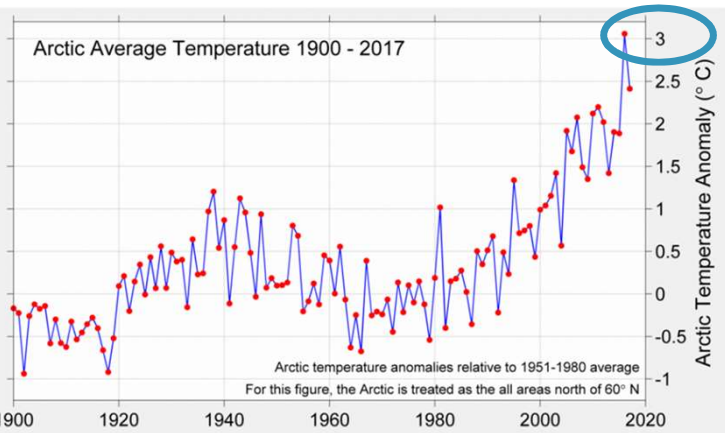
ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3> OPEN



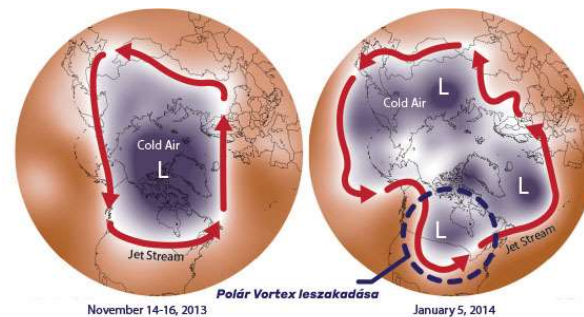
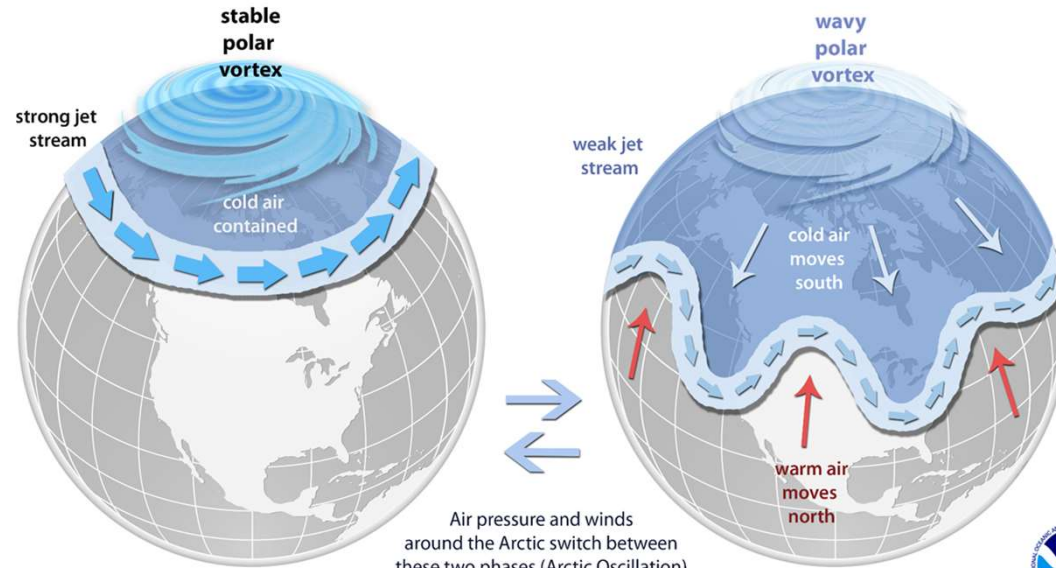
The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979

Mika Rantanen¹, Alexey Yu. Karpechko¹, Antti Lipponen², Kalle Nordling^{1,3}, Otto Hyvärinen¹, Kimmo Ruosteenoja¹, Timo Vihma¹ & Ari Laaksonen^{1,4}



The Science Behind the Polar Vortex

The polar vortex is a large area of low pressure and cold air surrounding the Earth's North and South poles. The term vortex refers to the counterclockwise flow of air that helps keep the colder air close to the poles (left globe). Often during winter in the Northern Hemisphere, the polar vortex will become less stable and expand, sending cold Arctic air southward over the United States with the jet stream (right globe). The polar vortex is nothing new — in fact, it's thought that the term first appeared in an 1853 issue of E. Littell's *Living Age*.





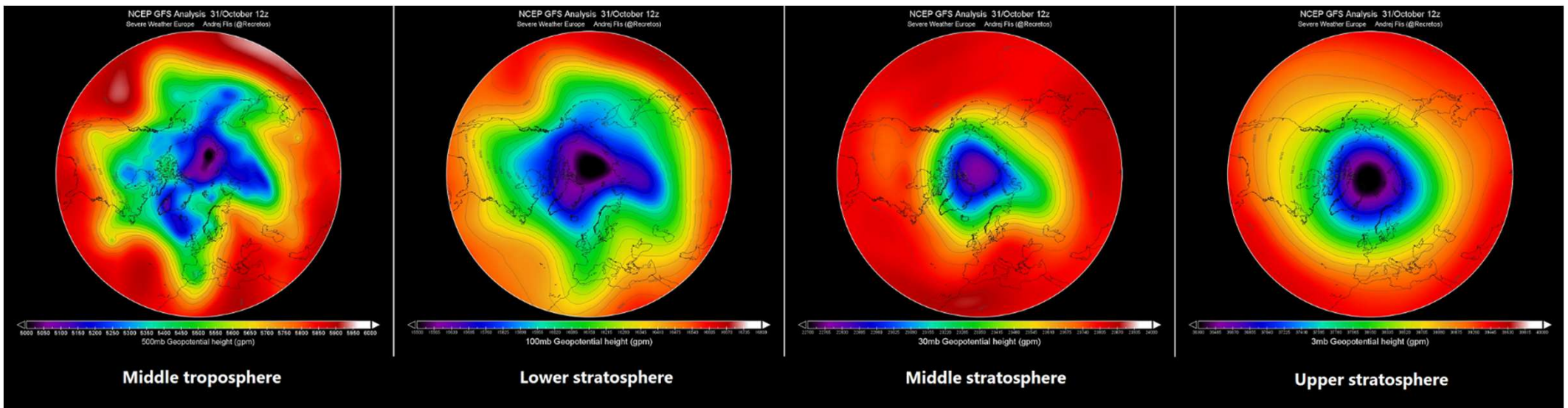
Futóáramlások hatása: globális klíma, időjárási mintázatok

- **Frontok és időjárási rendszerek mozgása:**

A futóáramlások szállítják és irányítják a magas- és alacsony nyomású rendszereket, befolyásolva az időjárás változásait világszerte.

- **Szezonális:**

A futóáramlások elmozdulása és erőssége az évszakokkal változik, befolyásolva a hőmérsékletet, a csapadékmennyiséget és az időjárási mintázatokat az adott területeken.



Futóáramlások hatása: társadalmi következmények

- **Mezőgazdaság:** Az időjárási mintázatok változásai, amelyeket a futóáramlások irányítanak, hatással lehetnek a termesztési időszakokra, a csapadéokra és a termés minőségére.
- **Vízkészletek:** irányítják a csapadékmintázatokat, befolyásolva a folyók vízszintjét, a víztározókat és az öntözési rendszereket.
- **Természeti katasztrófák:** A futóáramlások változékonysága növelheti a szélsőséges időjárási események, például hőhullámok, aszályok, áradások és hóviharak kockázatát.
- **Gazdaság:** A futóáramlások által befolyásolt időjárási változások közvetlen hatással lehetnek a gazdaságra, különösen azokban az országokban, ahol a mezőgazdaság jelentős részét képezi a GDP-nek.

**És mit nem tudnak még
a modellek?**



A szaharai por és a fotovoltaikus energiatermelés

A **2022-es év** adatai alapján kerestünk kapcsolatot a szaharai porviharos események és a napelemes energiatermelés közt

2022-ben **16 (!)** alkalommal érte el Magyarországot szaharai poros légtömeg

Renewable and Sustainable Energy Reviews 193 (2024) 114289

Contents lists available at ScienceDirect

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser



Effect of Saharan dust episodes on the accuracy of photovoltaic energy production forecast in Hungary (Central Europe)

György Varga^{a,b,c,d,e}, Fruzsina Gresina^{a,c,d}, József Szeberényi^{a,d}, András Gelencsér^{c,e}, Ágnes Rostási^{c,e}

^a HUN-REN Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Budapest, Hungary

^b Research Institute of Biomolecular and Chemical Engineering, University of Pannonia, Veszprém, Hungary

^c ELTE Eötvös Loránd University, Institute of Geography and Earth Sciences, Department of Meteorology, Budapest, Hungary

^d GRK, MTA Centre of Excellence, Budapest, Hungary

^e MTA-PE Air Chemistry Research Group, Research Institute of Biomolecular and Chemical Engineering, University of Pannonia, Veszprém, Hungary

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:
Solar panels
Photovoltaic energy
Saharan dust episodes
Accuracy
Energy production forecast

In order to meet global sustainability goals, in particular, the rapid decarbonisation of the energy sector in combination with geopolitical energy security issues, as well as further improvement in regional air quality the so-called renewable energy sources are becoming increasingly critical and important. Photovoltaic power (PV) generation is clearly the most widely deployed (non-hydro) renewable energy source globally, which still has a significant growth potential in many countries, including Hungary.

However, due to the intermittent nature and the strong dependency of photovoltaic power production on meteorological factors, continuous adjustment of electric power in the electric grid is needed. This, in turn, requires the most accurate forecast of the photovoltaic energy to be produced in the ultra-short term (15 min) and short term (1 day) in order to minimise last-minute and high-price energy acquisition or unplanned kick-in of gas-fired auxiliary power plants.

In this paper, we evaluate the impacts of large-scale dust transport episodes on the accuracy of forecasts of PV power generation. The numbers and intensities of Saharan dust storm events reaching Central Europe have increased over the last decade, hitting a new record in 2022 with 16 (!) African dust episodes observed over Hungary. We have shown that the semi-direct effect of atmospheric dust particles on high-level cloud formation rather than their direct irradiance-reducing effect is responsible for the reduced accuracies of short-term (24-h) PV energy production forecasts during these events.

1. Introduction

The energy crisis, fuelled by mitigation-focused climate policy, sustainability concerns and global geopolitics, has fundamentally increased the importance of renewable energy production [1,2]. This is particularly true for countries with a high share of imported fossil fuels in their energy mix exposed to geopolitical risks [3,4].

Beyond the geopolitical energy crisis, renewable energy investments are of particular importance for the long-term prospects of zero-carbon policies. Because of the unresolved storage of electricity at a large scale, there must be a continuous balance between production and consumption of electric energy [5]. This means that it is vital to have the best possible estimate for electric energy production for the

short-to-mid-term, which poses a great challenge for strongly weather-dependent renewables. Solar power forecasting is the process of predicting the expected solar power output from a photovoltaic (PV) system over a given time period. This process is important for energy system operators and utility companies who need to ensure that they can meet their consumers' demand for electricity by balancing the supply and demand of energy on the grid. Accurate forecasting is important not only for maintaining grid stability, reducing greenhouse gas emissions, and optimising operational costs. The latter includes heavy penalties imposed upon the difference between the forecast and the energy actually produced.

Proper forecasts can help utilities to reduce the need for kicking-in expensive gas-fired backup power plants and improve grid stability.

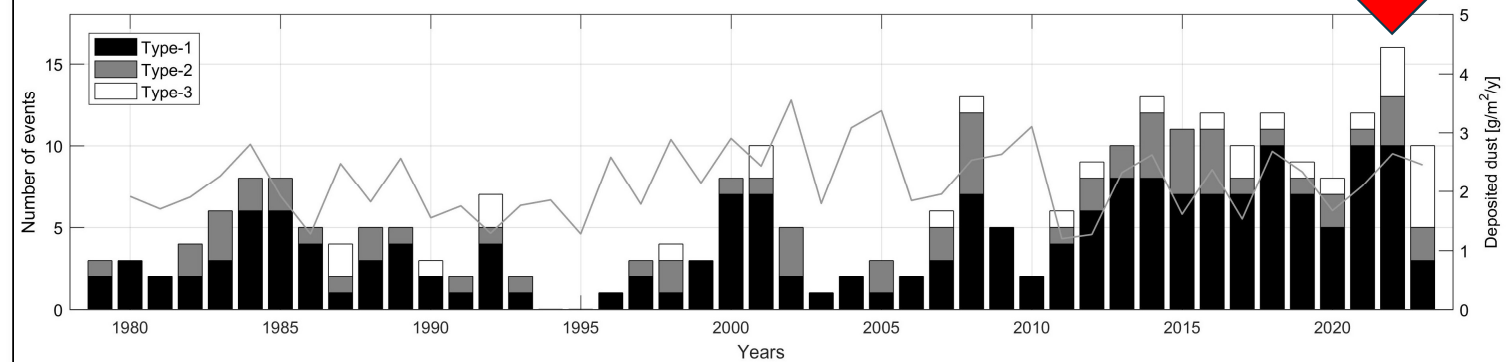
* Corresponding author. HUN-REN Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Budapest, Hungary.
E-mail address: varga.gyorgy@csk.elte.hu (G. Varga).

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114289>

Received 27 October 2023; Received in revised form 5 January 2024; Accepted 10 January 2024

Available online 13 January 2024

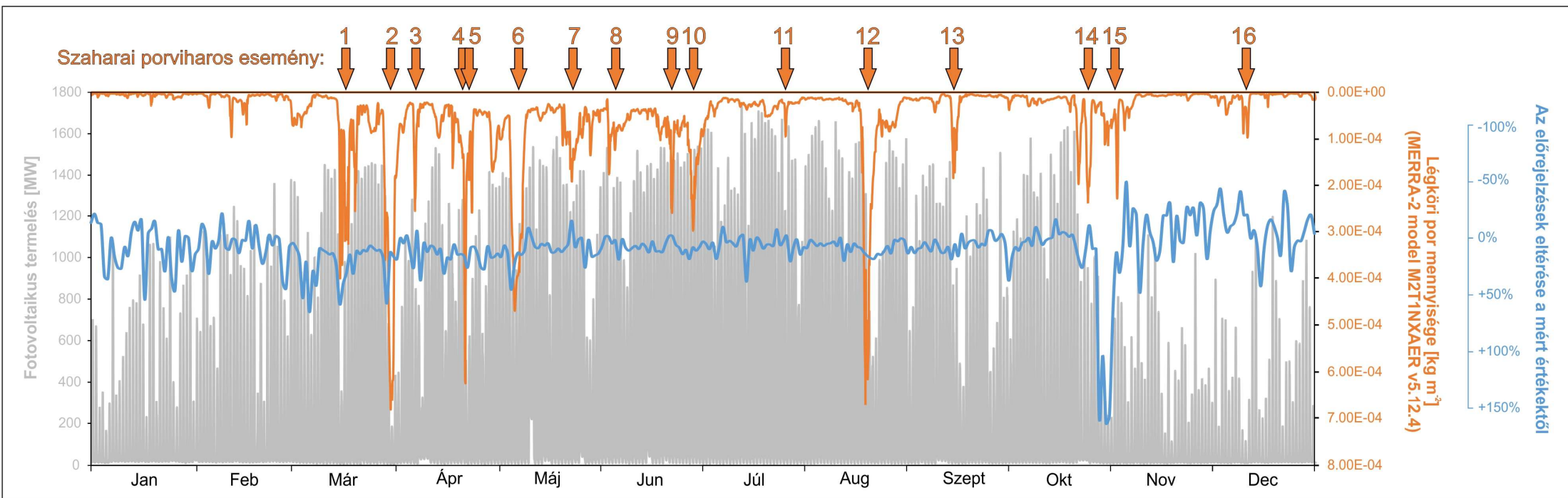
1364-0321/© 2024 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



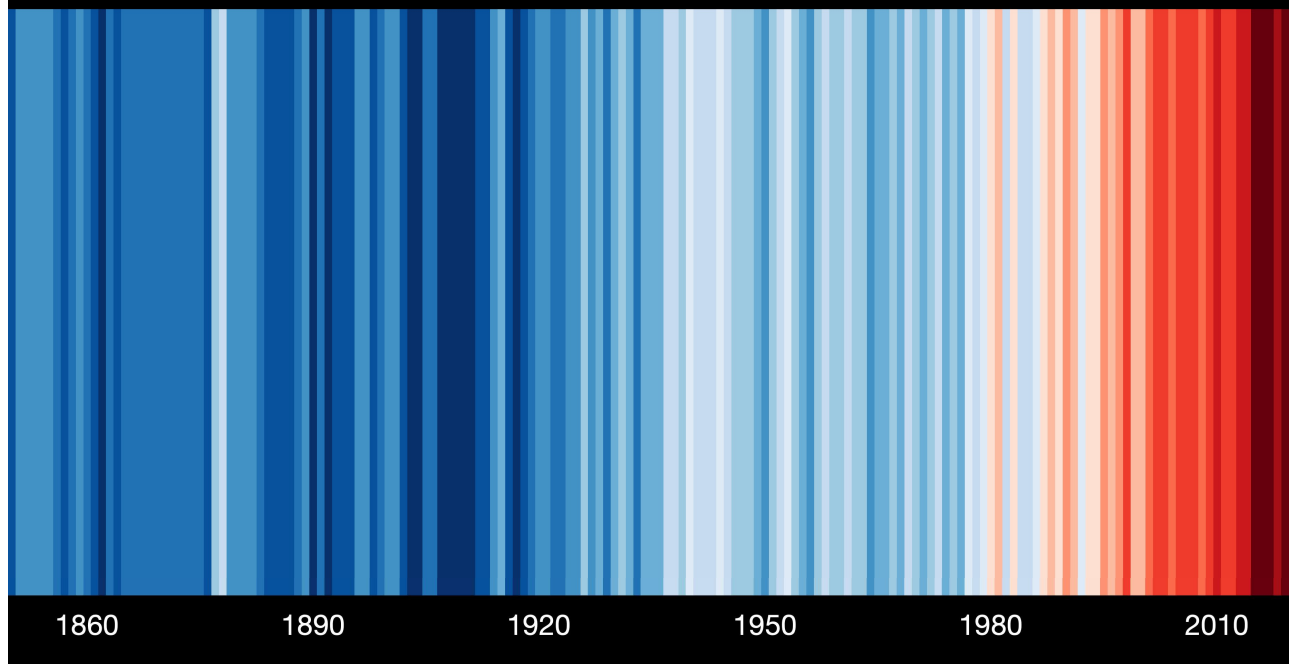
Varga, Gy., Gresina, F., Szeberényi, J., Gelencsér, A., Rostási, Á. (2024). Effect of Saharan dust episodes on the accuracy of photovoltaic energy production forecast in Hungary (Central Europe). **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 193. 114289

A szaharai por és a fotovoltaikus energiatermelés

A rendszerirányító (MAVIR) adatai alapján egyes események idején **500 MW-ot meghaladó eltérés** volt tapasztalható a **24 órás (day-ahead) menetrend** és a **tényleges fotovoltaikus termelés között**.
Ez milliárdos károkat okoz.



Global temperature change (1850-2022)



„A fejlődés ellen nincs gyógymód... az egyetlen biztos pont, hogy a nehézségeket okozó fejlődés hasznos és konstruktív, ugyanakkor veszélyes is. Kérdés, hogy elég gyorsan tudunk-e alkalmazkodni a változásokhoz. A legoptimistább válasz szerint az ember már korábban is keresztülment hasonló megpróbáltatásokon, és kiállta a próbát, ha nem is minden probléma nélkül. Nem lenne ésszerű már előre megpróbálni valamilyen receptet adni a követendő magatartáshoz? Csak annyit tehetünk, hogy felsoroljuk a szükséges emberi kvalitásokat: türelem, rugalmasság, értelem.”

Neumann János

A bemutatott kutatások a PD 121088 az Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium (NKFIH-471-3/2021) és a MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) projektek támogatásával valósultak meg.

rostasi.agnes@mk.uni-pannon.hu