



# A KLIMATIKUS VÍZMÉRLEG VÁLTOZÁSAI 1961-TŐL NAPJAINKIG TRENDEK, KÖVETKEZMÉNYEK, LEHETŐSÉGEK

Báder László  
doktorandusz

**A 2023-AS ÉV METEOROLÓGIAI ÉS HIDROLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE**  
Magyar Meteorológiai Társaság – Magyar Hidrológiai Társaság  
2024. március 13. Budapest II., Kitaibel P. u. 1.



**BUDAPESTI MŰSZAKI  
ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**  
Építőmérnöki Kar - építőmérnöki képzés 1782 óta  
Vízépítési és Vizgazdálkodási Tanszék



# TÉMA:

## HOGYAN ILLIK A SORBA A 2023-AS ÉV IDŐJÁRÁSA?

A nettó besugárzás és párolgás adatait összehasonlítva az 1961-1990-es és 1991-2020-as normálidőszakban azok jelentős növekedést mutatnak. A potenciális párolgás és területi párolgás közötti olló is növekszik.

A csapadék növekedése (*vagy a vízmegtartás képessége*) nem tud lépést tartani a változásokkal, ezért a párolgáshányad is nő. A **2023.** év kiegyensúlyozottabb.

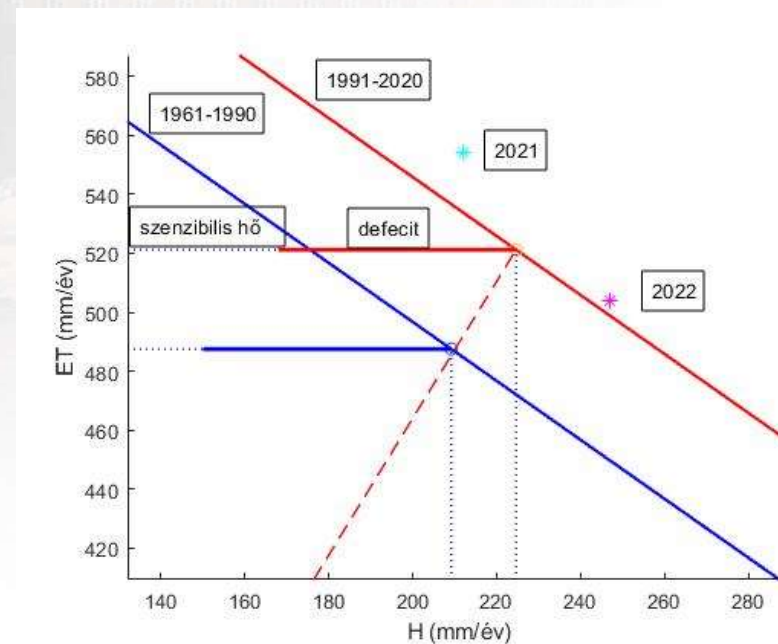
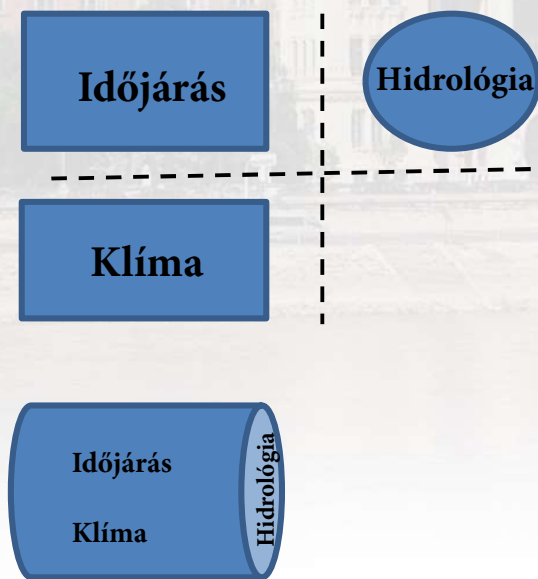
A víz- és légkörcsét egységes energia-elosztó rendszernek tekintve, egy klímadiagramon grafikusán is kimutatható a munkapont eltolódása. Értelmezhetővé válnak a trendek és az is, hogyan mérsékelhető vagy állítható meg a változás üteme.



# ALTERNATÍV CÍM: HOGYAN MŰKÖDÖTT AZ ÉGHAJLATI-ENERGIA ELOSZTÁSÁT VÉGZŐ RENDSZER 2023-BAN?

Hogyan viszonyul a 2023-as év a korábbi évek „teljesítményéhez”?

NÉZŐPONT: RENDSZERSZEMLÉLET      EREDMÉNY: NEM ELÉRHETŐ MÉG 2023 ☹️



$$R_n = ET + H^*$$

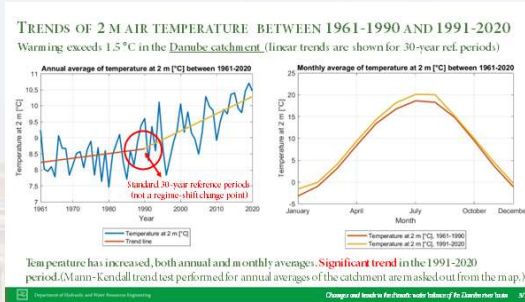
Felszíni nettó energia = Párolgáshő + Érezhető hő

# UGRÁS A TÉMÁBA - A PÁROLGÁST MEGHATÁROZÓ PARAMÉTEREK ALAKULÁSA:

$$E_{CR} = f(ta, td, Rn, sp, u), \text{ pirossal: szignifikáns növekedés!}$$

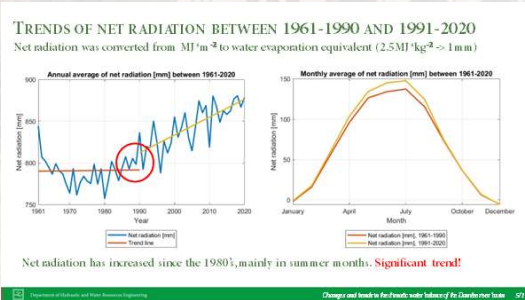
$E_{CR}$ : epárolgás, sp: légnyoomás, u: szélsébség.

Hőmérséklet:  
(°C)



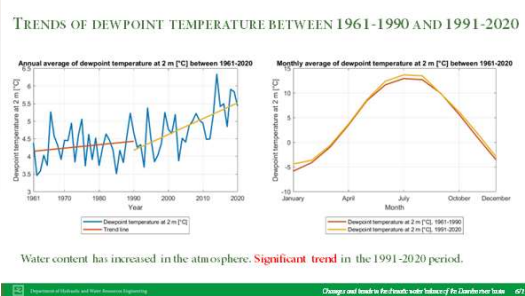
ta

Nettó  
besugárzás:  
(mm/év)



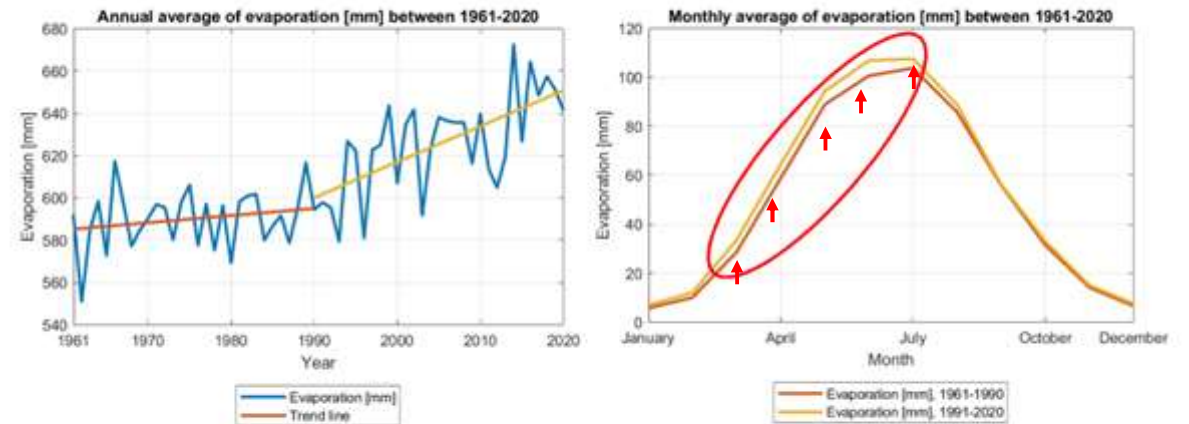
Rn

Harmatpont  
hőm.: (°C) ↑  
- de RH ↓



td

## TRENDS OF EVAPORATION BETWEEN 1961-1990 AND 1991-2020



A bemutatott adatok az ECMWF ERA5-Land reanalízis adatbázisából származnak. Felbontás: 0.1' x 0.1', kb. 9 x 12 km, (Muñoz, 2019)





# MILYEN A CSAPADÉKELLÁTÁS A PÁROLGÁSHOZ?

A csapadék 30 éves átlaga 1991 és 2020 között Magyarországon:

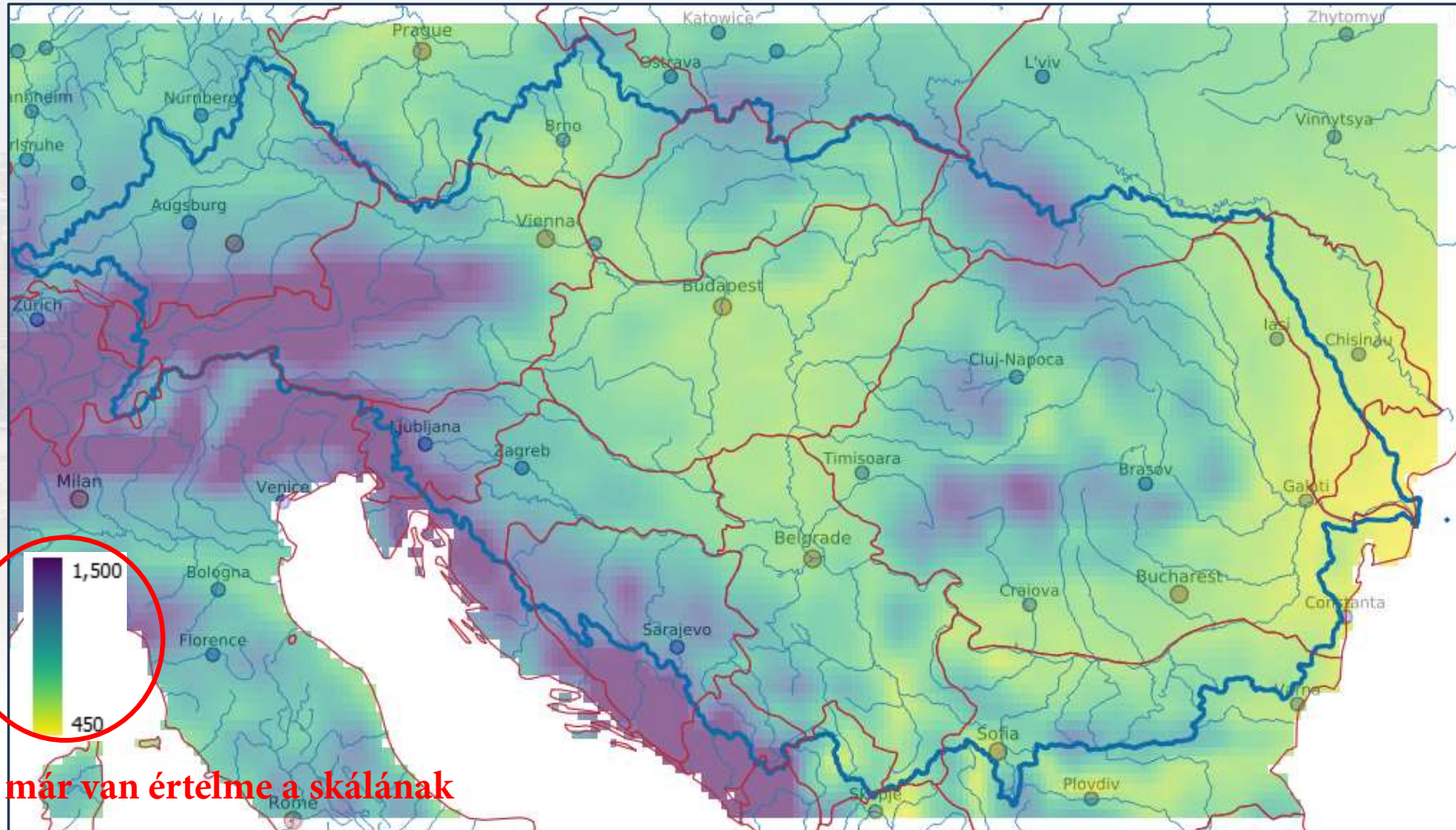


Miért szerepel  
itt egy  
ilyen rossz  
skála?

Van ennek  
értelme?

Mi lehet a  
„kerítésen” túl?

## A CSAPADÉK ÉVES ÁTLAGA 1991 ÉS 2020 KÖZÖTT A DUNA VÍZGYŰJTŐJÉN:



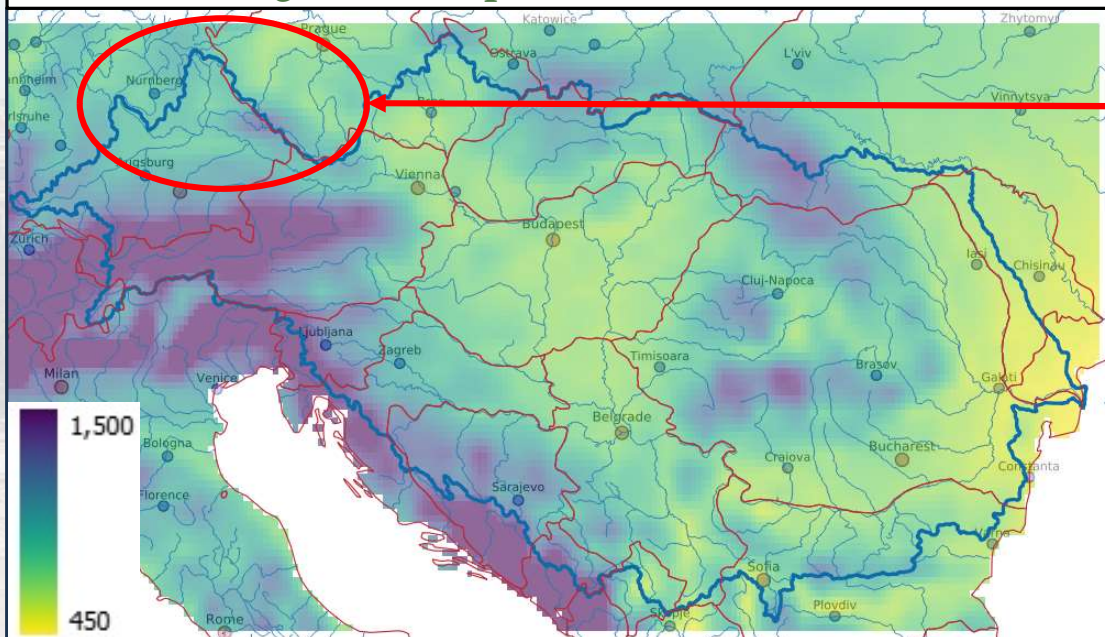
Így már van értelme a skálának



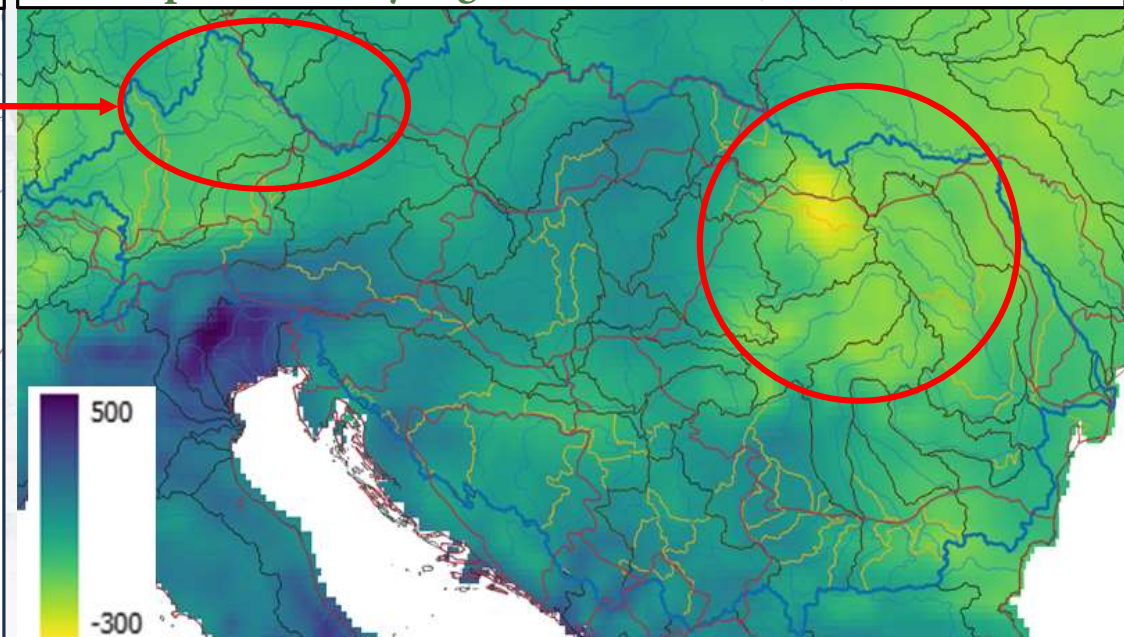


# A CSAPADÉK MENNYISÉGE ÉS VÁLTOZÁSA 1991 – 2020 KÖZÖTT

Átlagos éves csapadék (mm), 1991-2020.



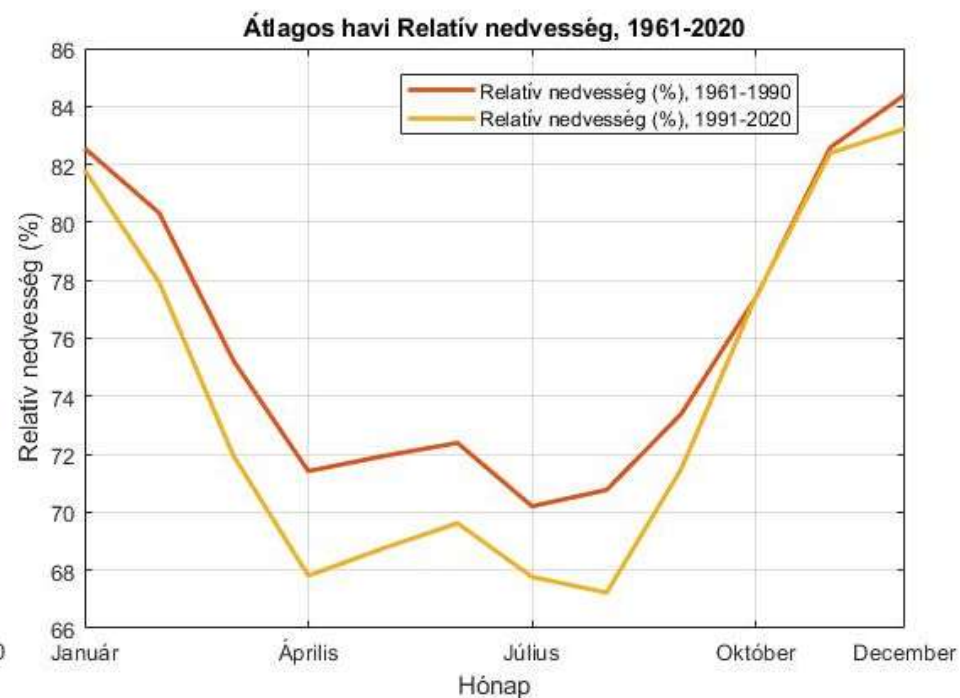
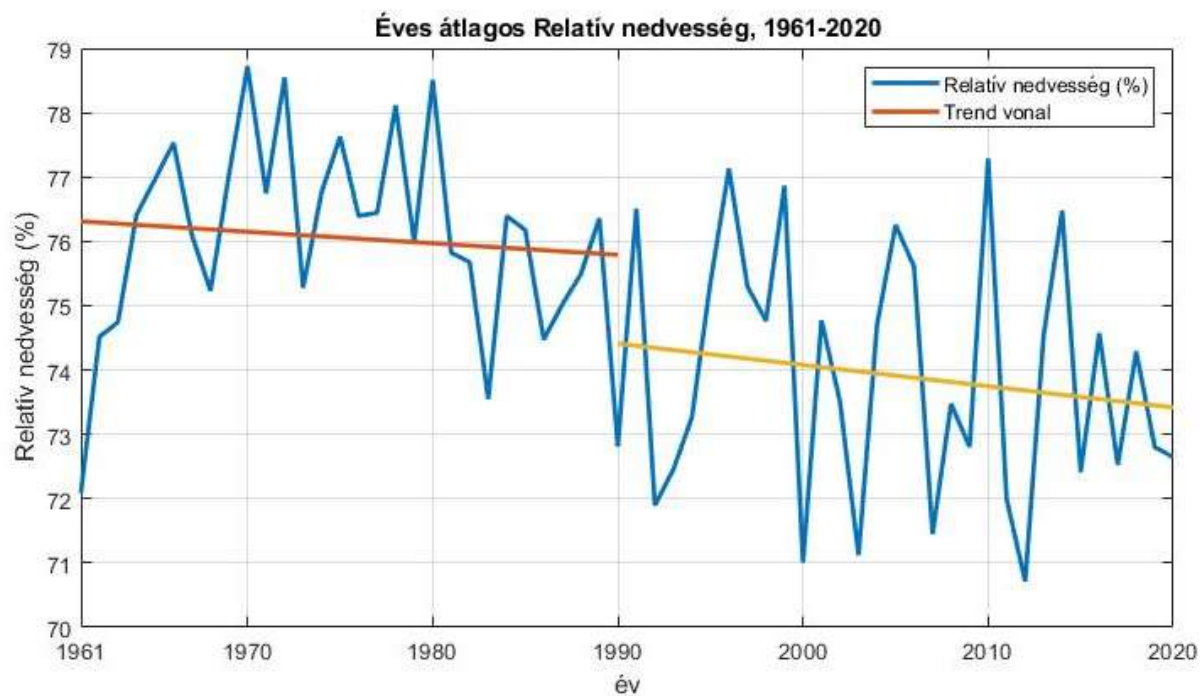
A csapadék mennyiségének **változása** (mm), 1991-2020.



**A már kezdetben is száraz területek még kevesebb csapadékot kapnak** (Putnam & Broecker 2017).

A rendszer működési módja is változhat, ez nem lehet csak külső tényezők okozta véletlen eloszlás.

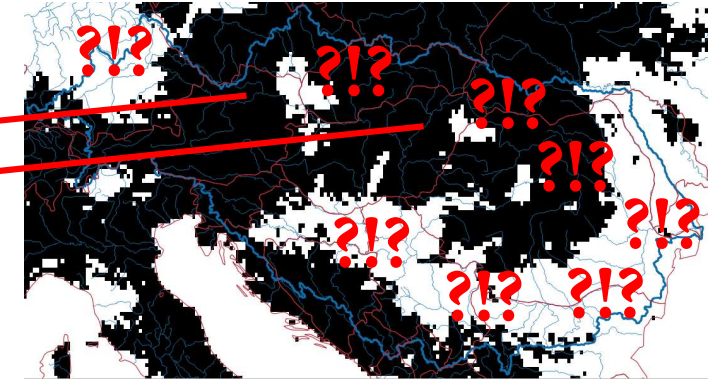
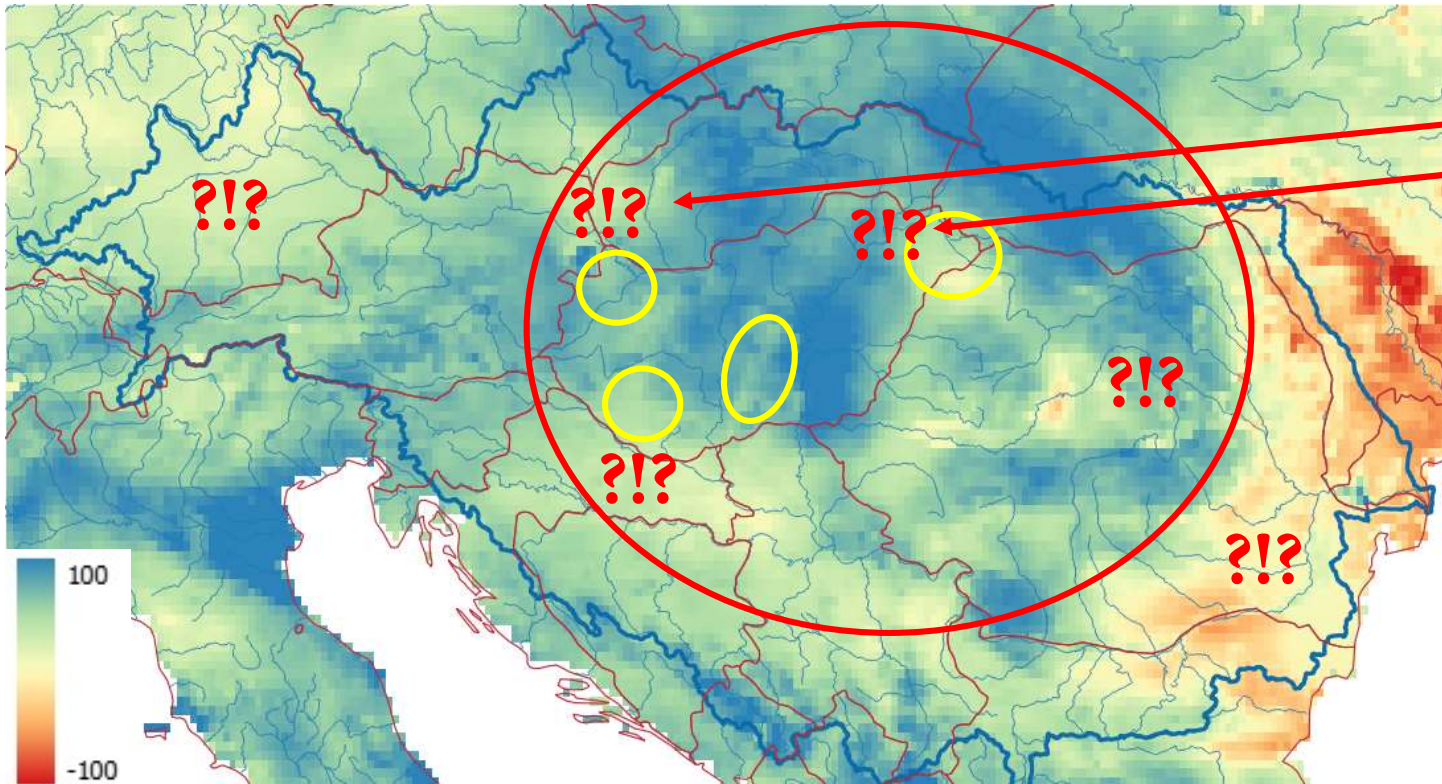
# A RELATÍV NEDVESSÉG ALAKULÁSA 1961-1990 ÉS 1991-2020 IDŐSZAKOKBAN



**Csökkenett a relatív nedvesség, annak ellenére, hogy a párolgás közben nőtt.  
Legnagyobb a csökkenés áprilistól augusztusig.**



# A PÁROLGÁS TRENDJÉNEK TERÜLETI ELOSZLÁS 1991-2020 KÖZÖTT (mm yr<sup>-1</sup>)



^ Szignifikáns növekvő trend (MK  $p < 0.05$ ) feketével jelölve

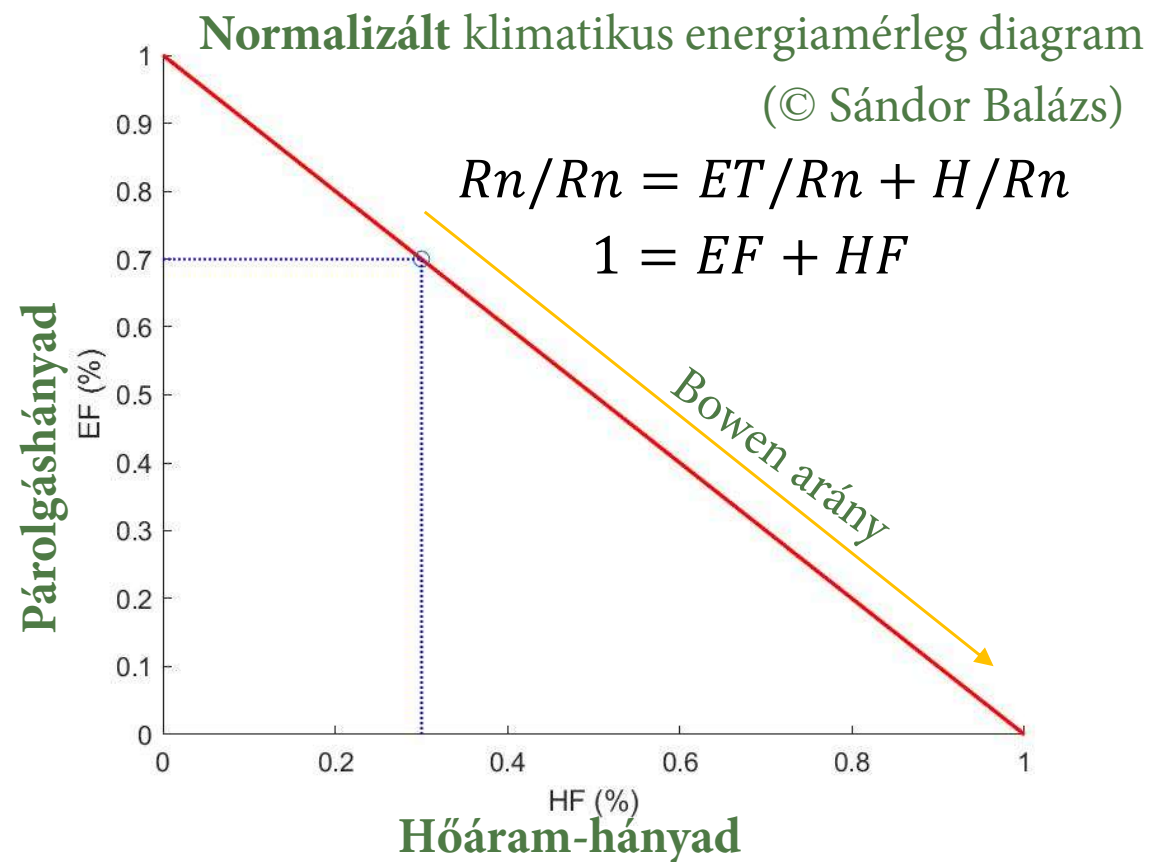
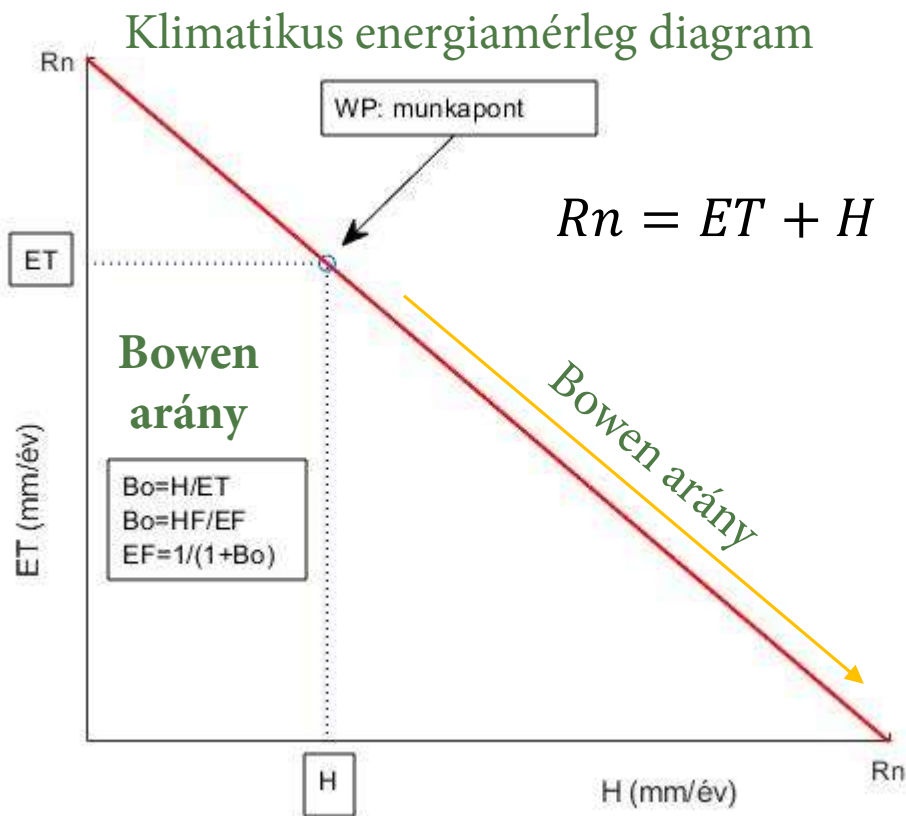
◀ A párolgás mértékének változása 1991-2020 között (mm).

A párolgás növekedése szignifikáns trendet mutat a vízgyűjtő nagy részén, Ény és DK kivételével.

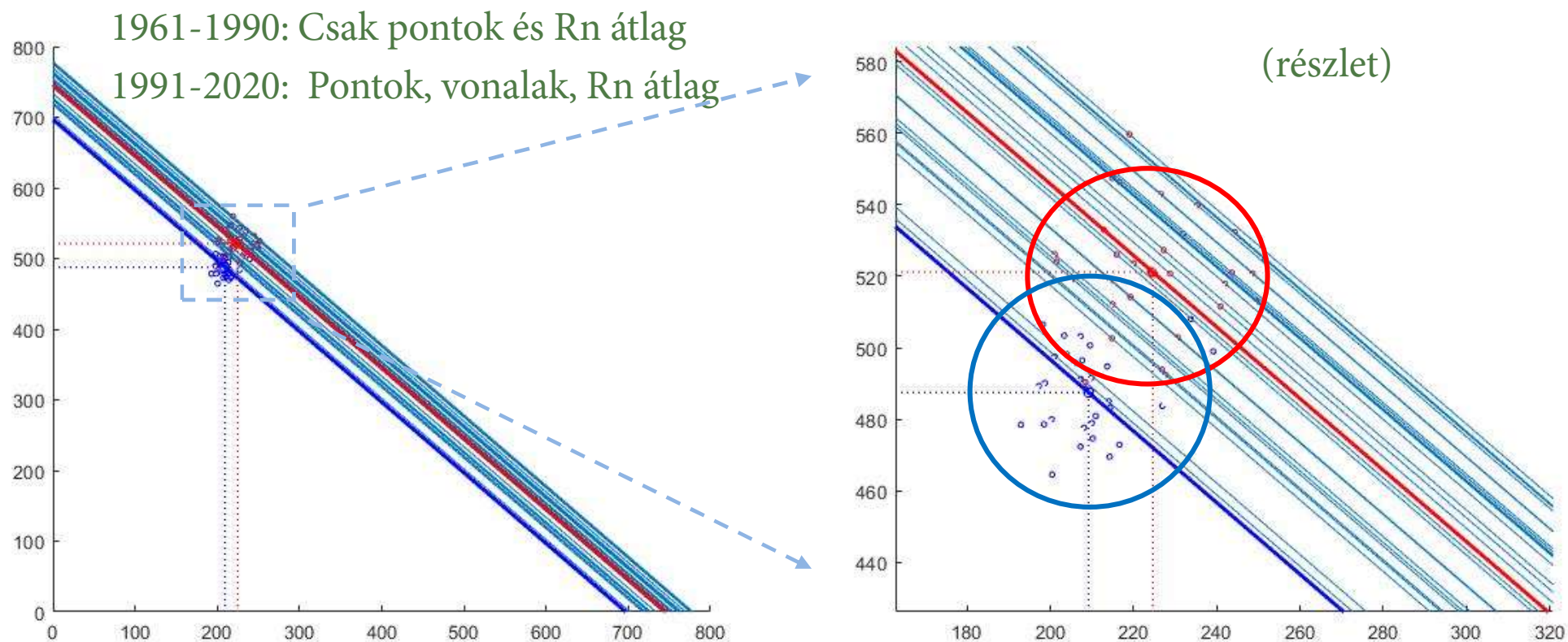
Ha nem szignifikáns a növekedés (?!?) ez jót jelent? **NEM !!!** kifogyóban van a táj „hűtővize”

A térképen: Homokhátság, Nyírség, Hanság, Ormánság!)

# VALAMI RENDSZER-SZINTEN VÁLTOZIK. ÁBRÁZOLJUK AZ ENERGIAMÉRLEG FŐBB TAGJAIT:

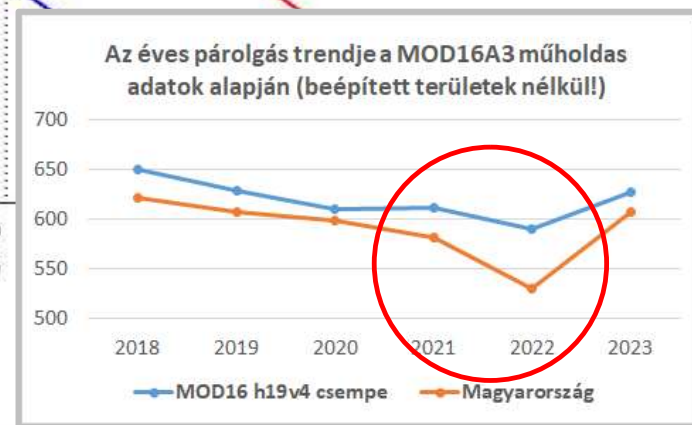
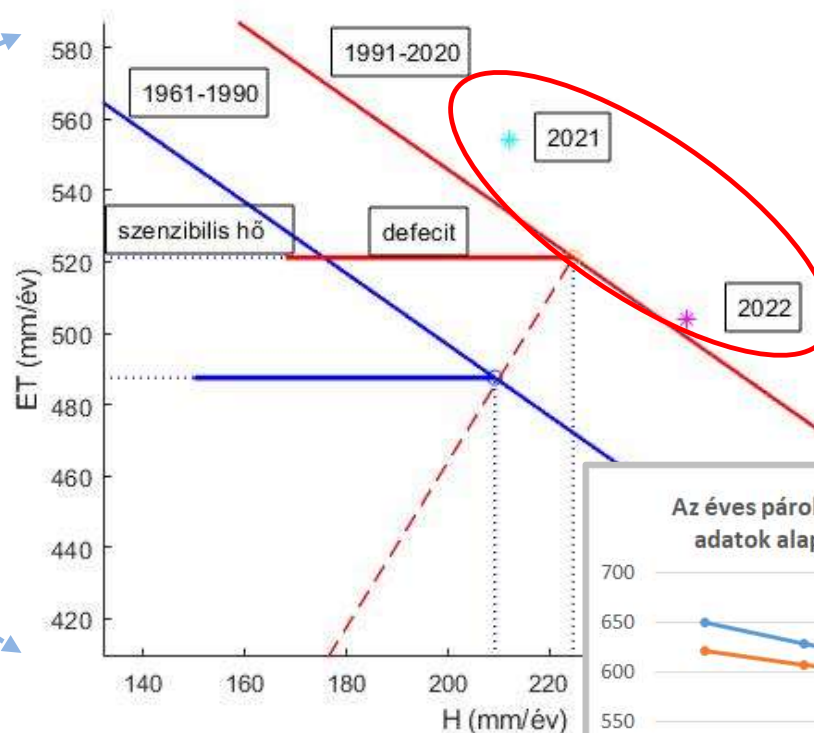
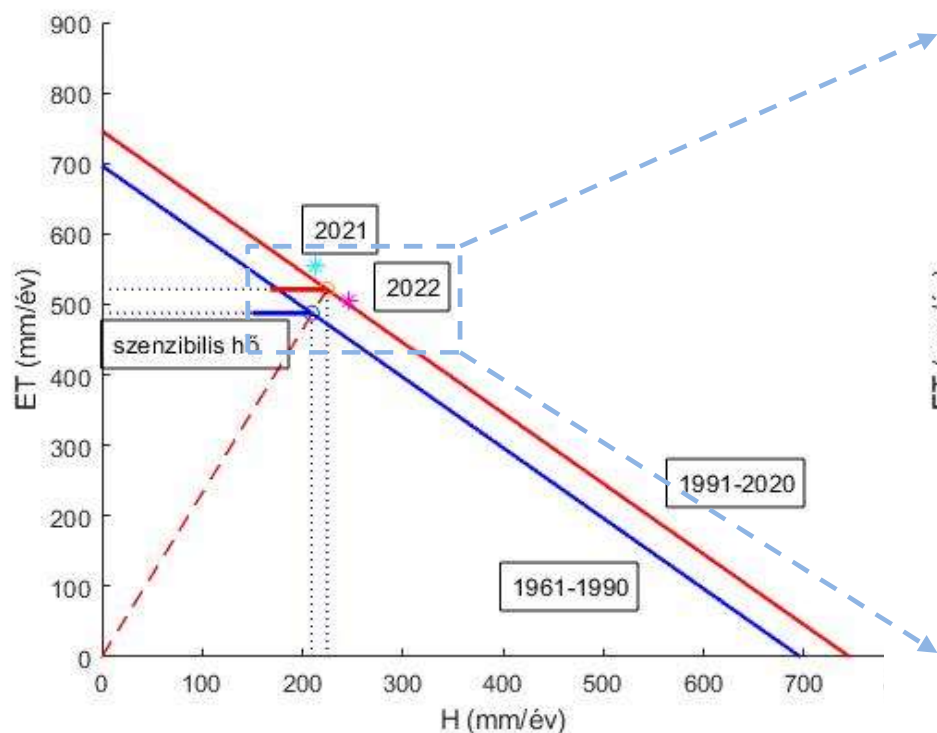


# AZ 1961-1990 ÉS 1991-2020 NORMÁLIDŐSZAKOK ÉVEINEK ÉS ÁTLAGAINAK ÁBRÁZOLÁSA KLÍMADIAGRAMMON

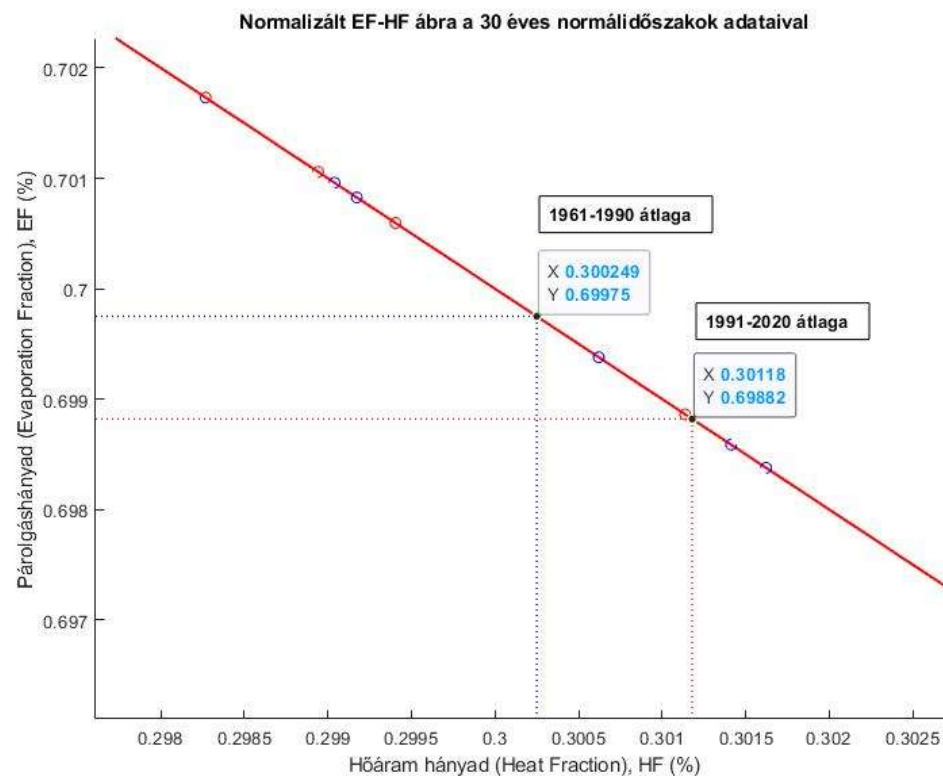
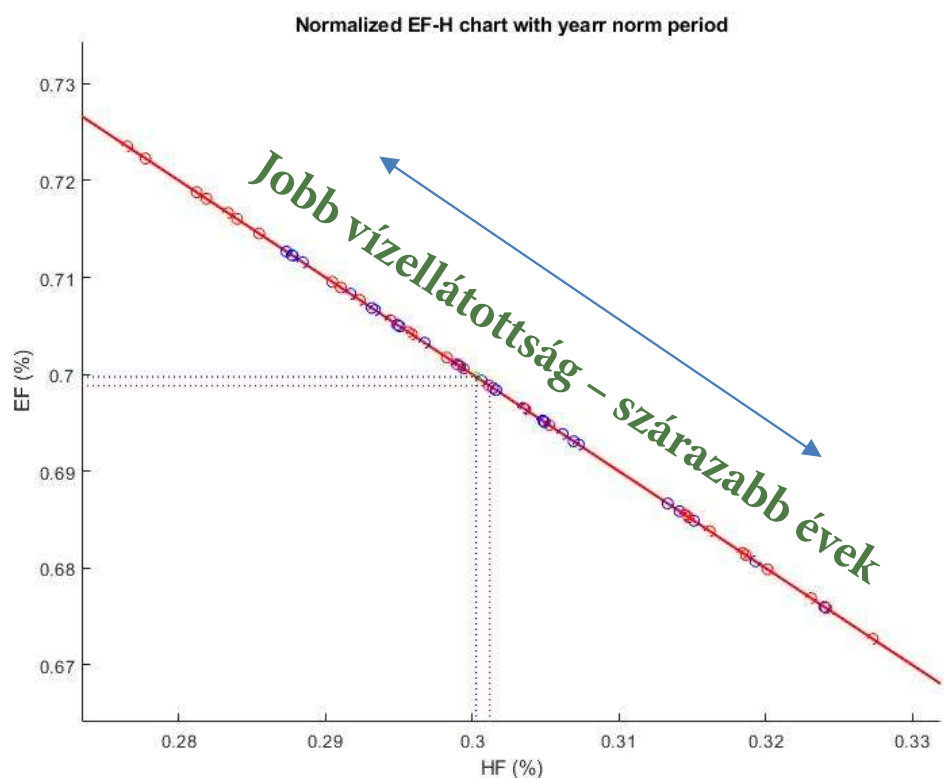




# AZ 1961-1990 ÉS 1991-2020 NORMÁLIDŐSZAKOK ÁTLAGÁNAK ÉS A 2021, 2022 ÉVEK ÁBRÁZOLÁSA



# AZ 1961-1990 ÉS 1991-2020 NORMÁLIDŐSZAKOK ÁBRÁZOLÁSA **NORMALIZÁLT** KLÍMADIAGRAMMON



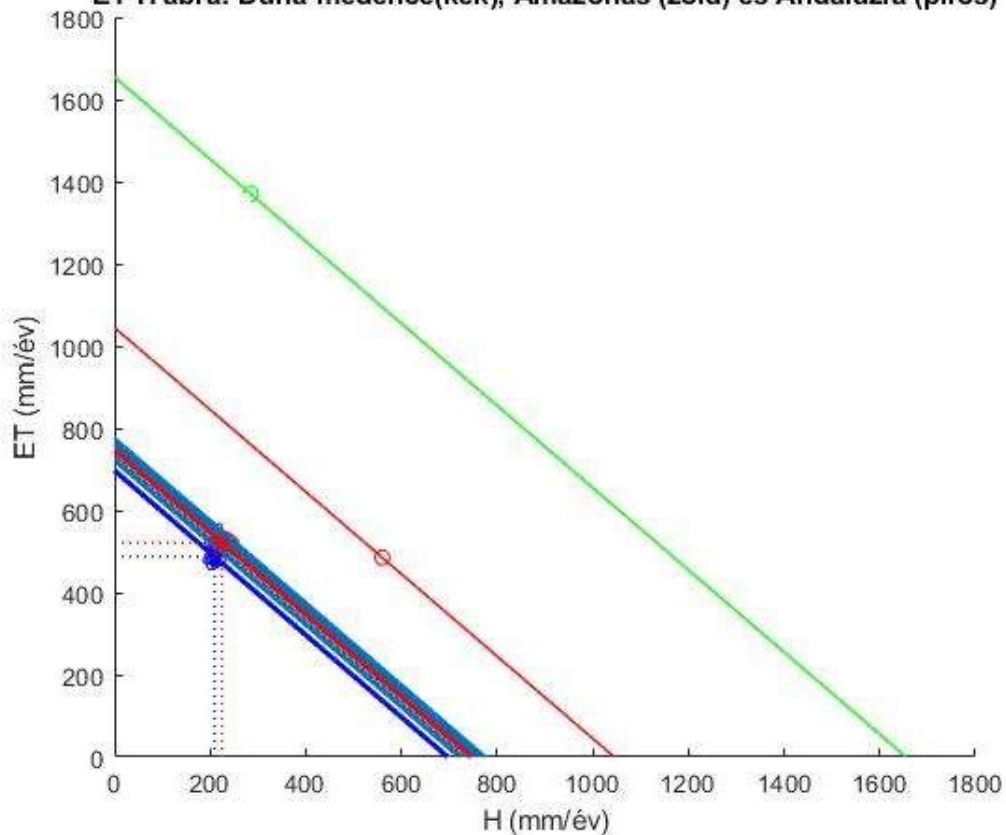
Összegzés: a jobb vízellátású években kevesebb a „felszabaduló” hő.

A vízbiztonsági paradox igazolható: víztakarékossággal nem, csak vízbőséggel javítható a biztonság.

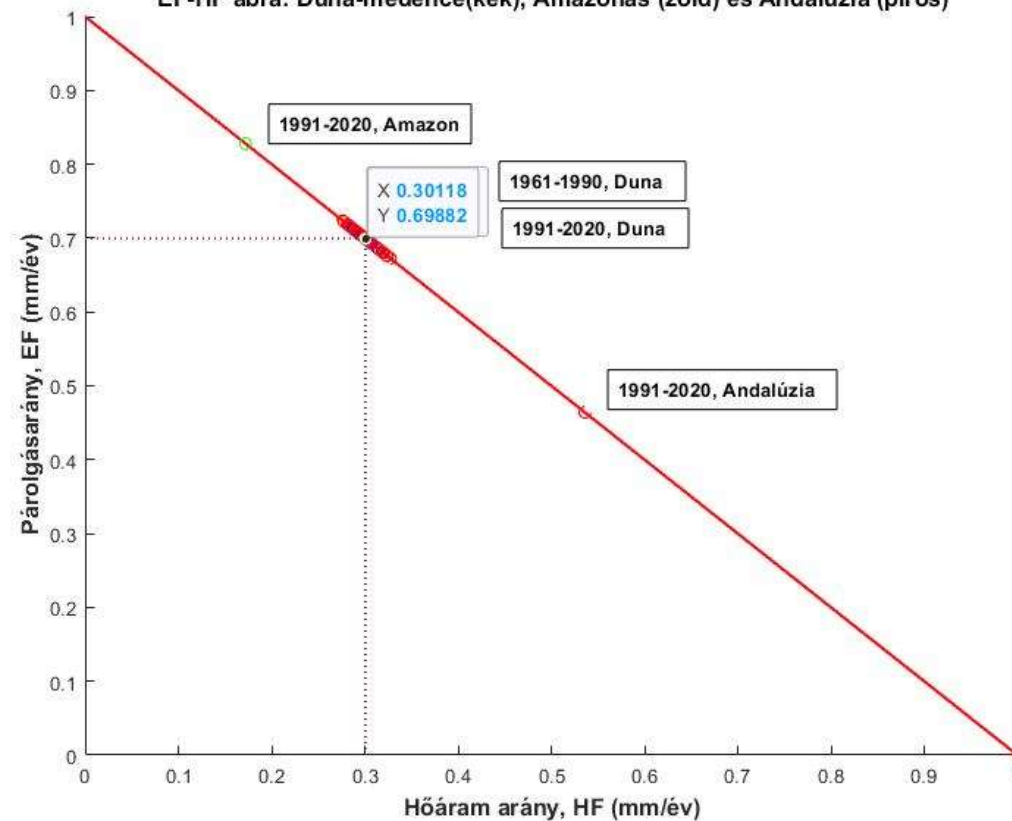


# KITEKINTÉS A NAGYVILÁGBA: BRAZÍLIA, SPANYOLORSZÁG

ET-H ábra: Duna-medence(kék), Amazonas (zöld) és Andalúzia (piros)

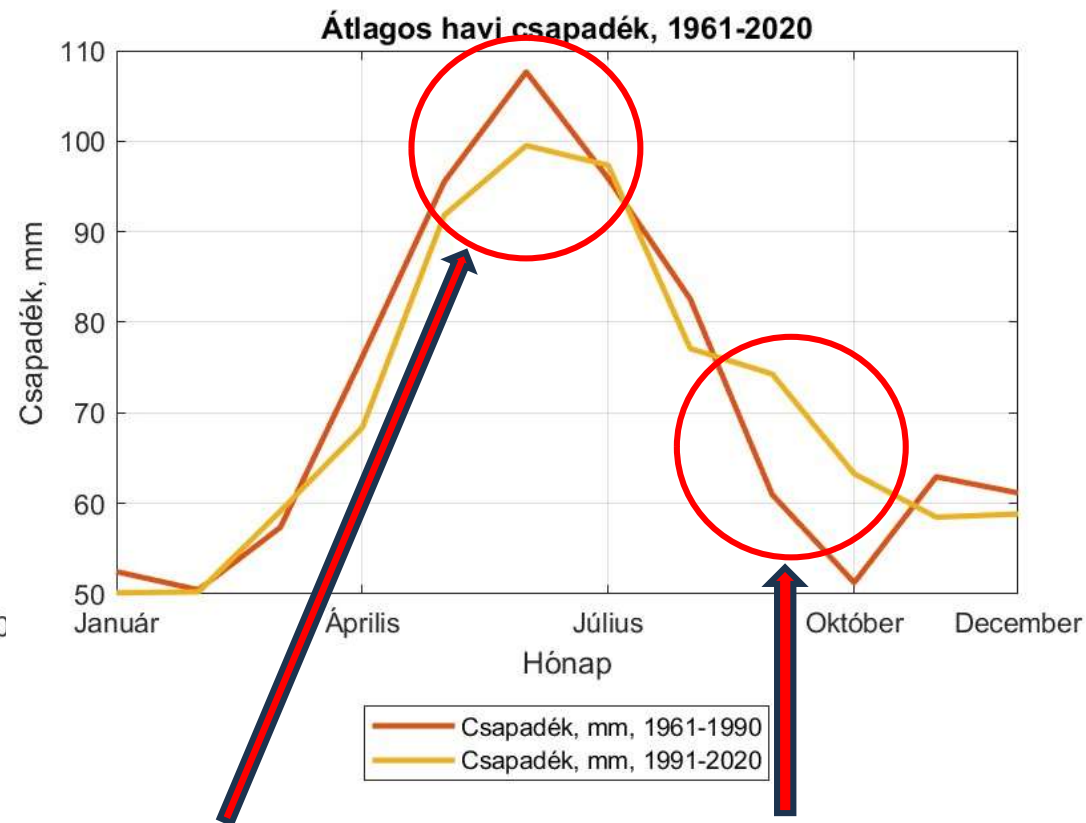
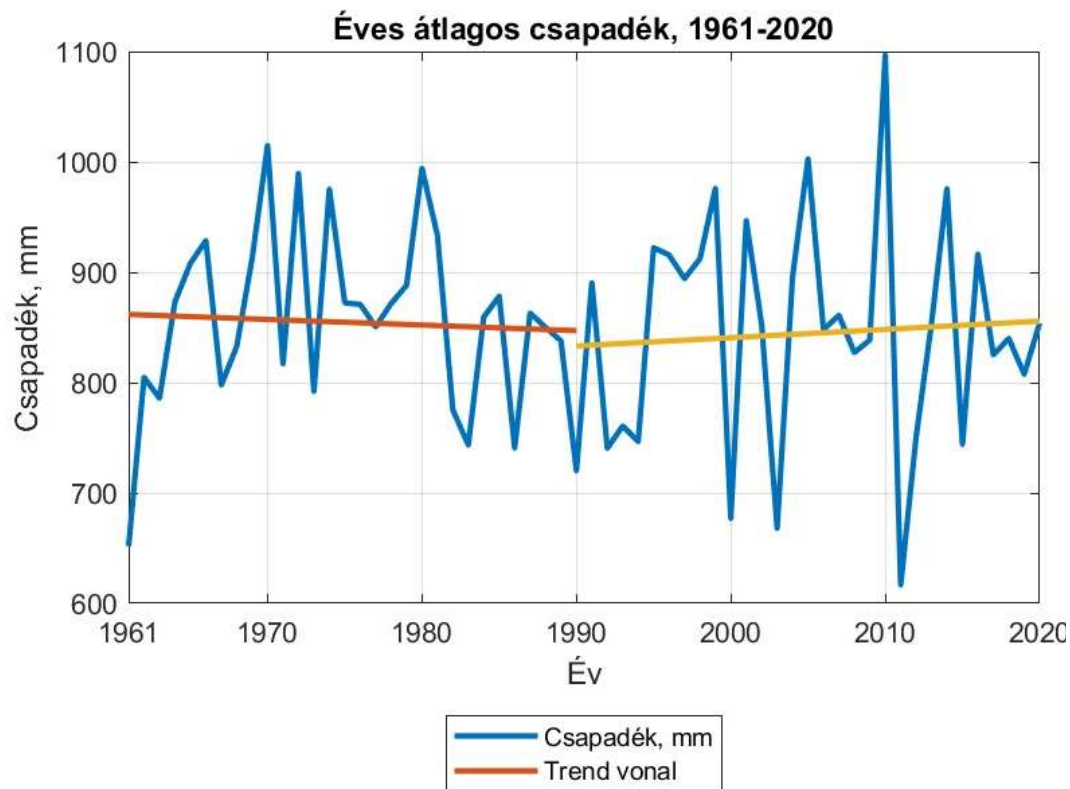


EF-HF ábra: Duna-medence(kék), Amazonas (zöld) és Andalúzia (piros)





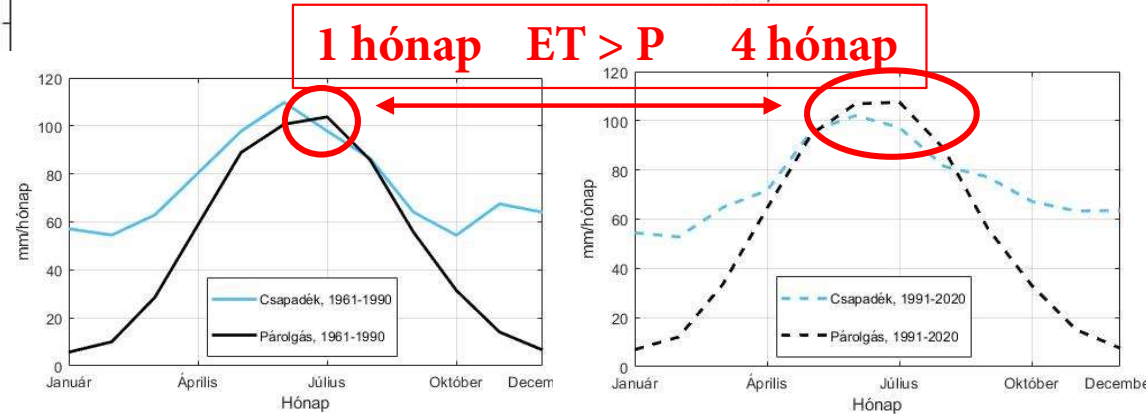
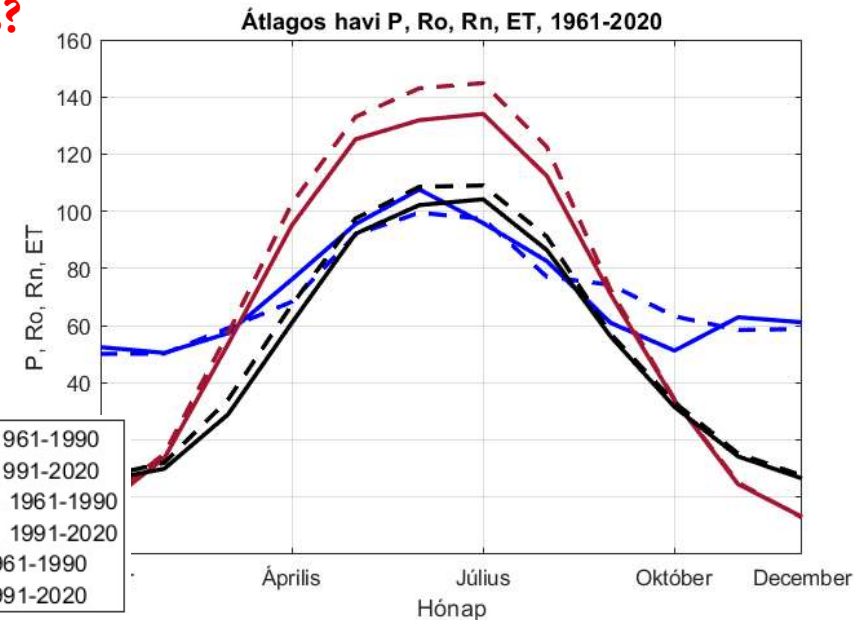
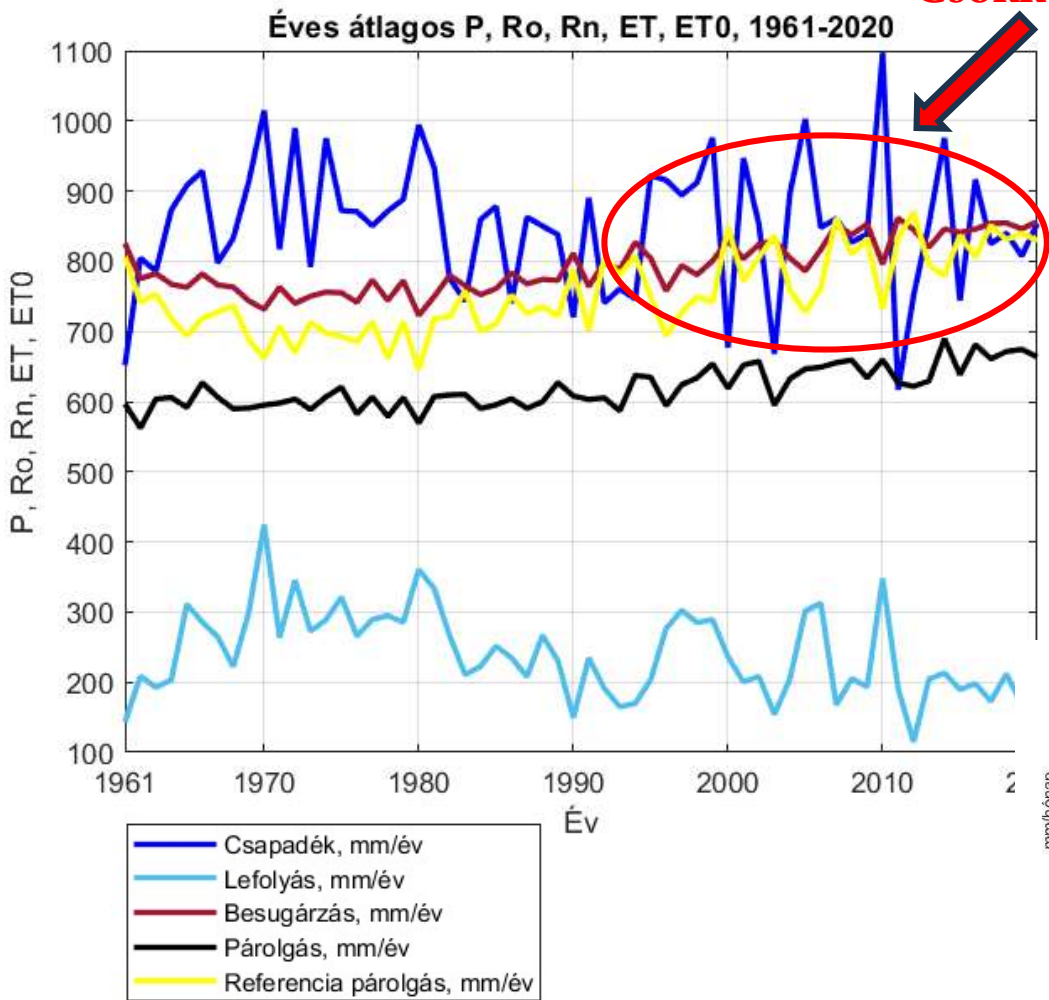
# A CSAPADÉK ALAKULÁSA 1961-1990 ÉS 1991-2020 IDŐSZAKOKBAN



Nem változott jelentősen a csapadék átlaga, de nyáron kevesebb, ősszel több lett.

# AZ ENERGIAMÉRLEG FŐBB TAGJAINAK ALAKULÁSA (DUNA VÍZGY.)

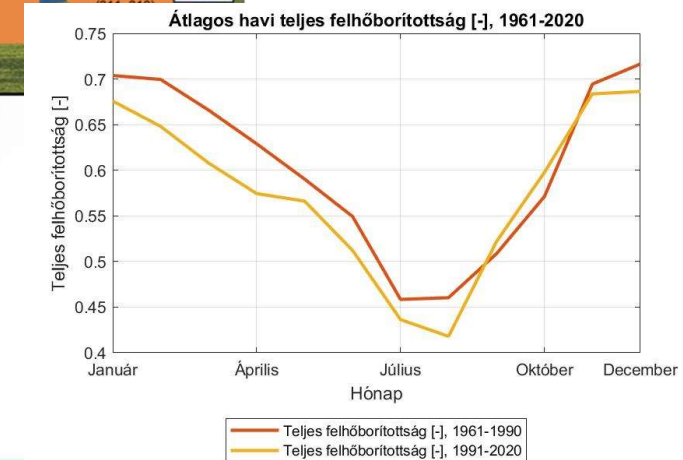
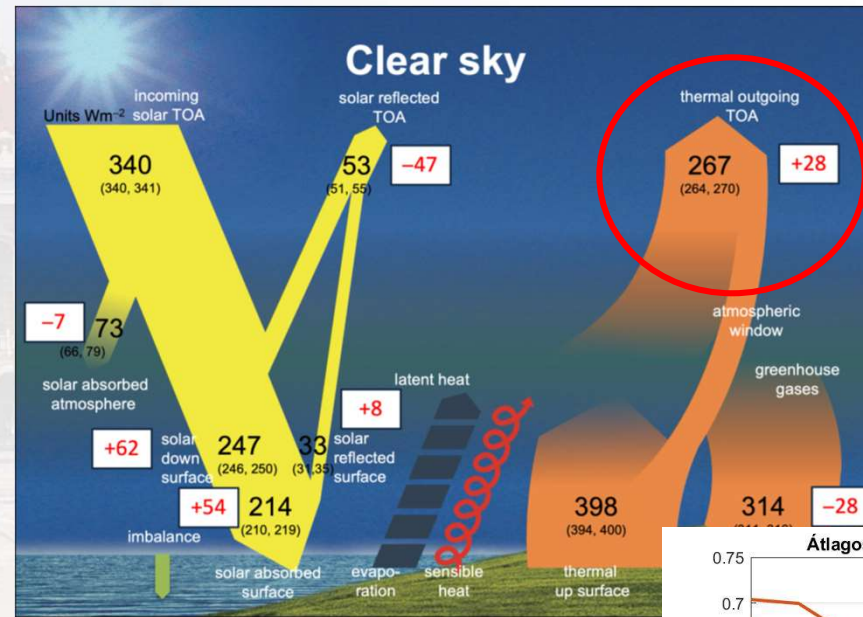
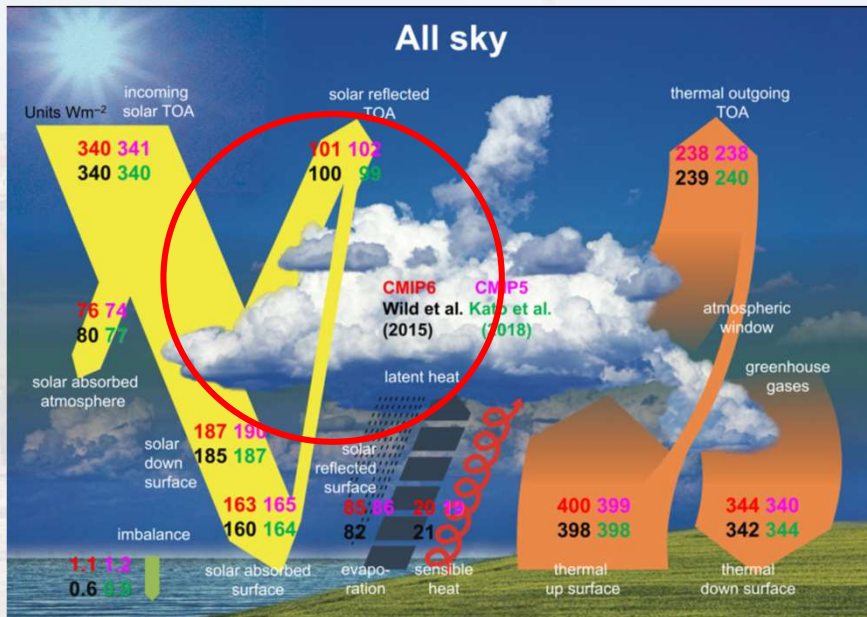
**Csökkenő stabilitás?**



# A FÖLD ENERGIA MÉRLEGE (GLOBÁLIS ÁTLAGÉRTÉKEK, W/M<sup>2</sup>)

Globális átlagértékek (W/m<sup>2</sup>)

„jó időben” - tényleg ez a jó idő ???



Ellison, D., Pokorný, J., & Wild, M. (2024).





# References

- Báder, L. & Szilágyi, J.** (2023). „Widening Gap of Land Evaporation to Reference Evapotranspiration Implies Increasing Vulnerability to Droughts in Hungary”, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. DOI: [10.3311/PPci.21836](https://doi.org/10.3311/PPci.21836)
- Báder, L., Szilágyi, J., Négyesi, K., Nagy, E., Földváry, L.** (2023) *Changes and trends in the climatic water balance of the danube river basin based on meteorological, hydrological, and gravimetric data for the period 1961-2020* HydroCarpath Conference, 9 November 2023.
- Ellison, D., Pokorný, J., & Wild, M.** (2024). *Even cooler insights: On the power of forests to (water the Earth and) cool the planet*. *Global Change Biology*, 30, e17195. <https://doi.org/10.1111/gcb.17195>
- IPCC2019** (2019). *Technical Summary, SPM\_Updated-Jan20*. Ed: Shukla et al. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.
- Lakatos, M., Weidinger, T., Hoffmann, L., Bihari, Z., Horváth, Á.** (2020) "Computation of daily Penman–Monteith reference evapotranspiration in the Carpathian Region and comparison with Thornthwaite estimates", *Advances in Science and Research*, 16, pp. 251–259, DOI: [10.5194/asr-16-251-2020](https://doi.org/10.5194/asr-16-251-2020)
- Muñoz Sabater, J.** (2019) *ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: [10.24381/cds.68d2bb30](https://doi.org/10.24381/cds.68d2bb30) (letöltés 2024 március 9)
- Pekarova, P., MeszarDanubeos, J., Miklanek, P., Pekar, J., Prohaska, S. Ilic, A.** (2021) *Long-term runoff variability analysis of rivers in the basin*. *Acta Horticulturae et Regiotecturae – Special Issue* pp. 37–44. DOI: [10.2478/ahr-2021-0008](https://doi.org/10.2478/ahr-2021-0008)
- Putnam, A. & Broecker, W.** (2017) „Human-induced changes in the distribution of rainfall” *Science Advances*. 3. [10.1126/sciadv.1600871](https://doi.org/10.1126/sciadv.1600871).

# ÖSSZEFOGLALÁS:

1. A **víz körforgása** (párolgással együtt) létfontosságú természeti szolgáltatás. A vízigény klímadiagrammal ábrázolható.
2. Növekvő energiaforgalom mellett a **rendszerben** minden összetevőnek növekednie kell (nem szabad a vízzel „spórolni”).
3. A **szabályzó (negatív) visszacsatolások** szerepe megnőtt a klímaváltozással, kutatásuk, megvalósításuk, működtetésük az emberiség egyik legnagyobb kihívása.

## Köszönöm a figyelmet!

*A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) támogatta.*

*Kutatócsoport: Szilágyi József, Báder László, Négyesi Klaudia, Nagy Eszter, Sándor Balázs, Füssi-Nagy Regő*

*Mottó:  
Kék-zöld infrastruktúra,  
Kék-zöld tájhasználat  
(ténylegesen,  
nem csak címszavakban,  
gyakorlatban megvalósítva)*

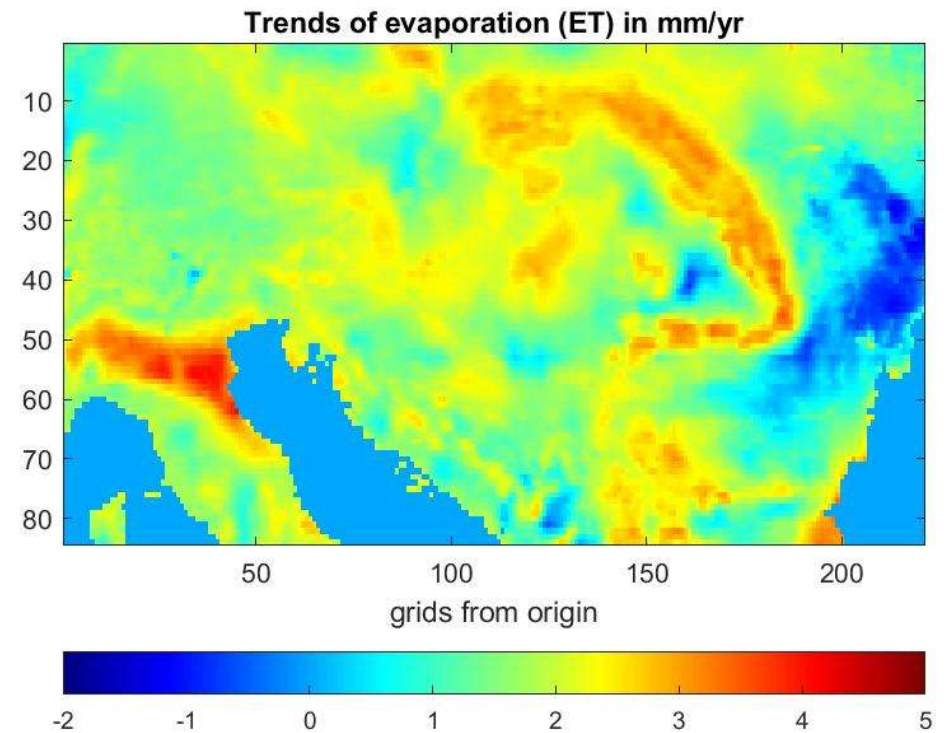
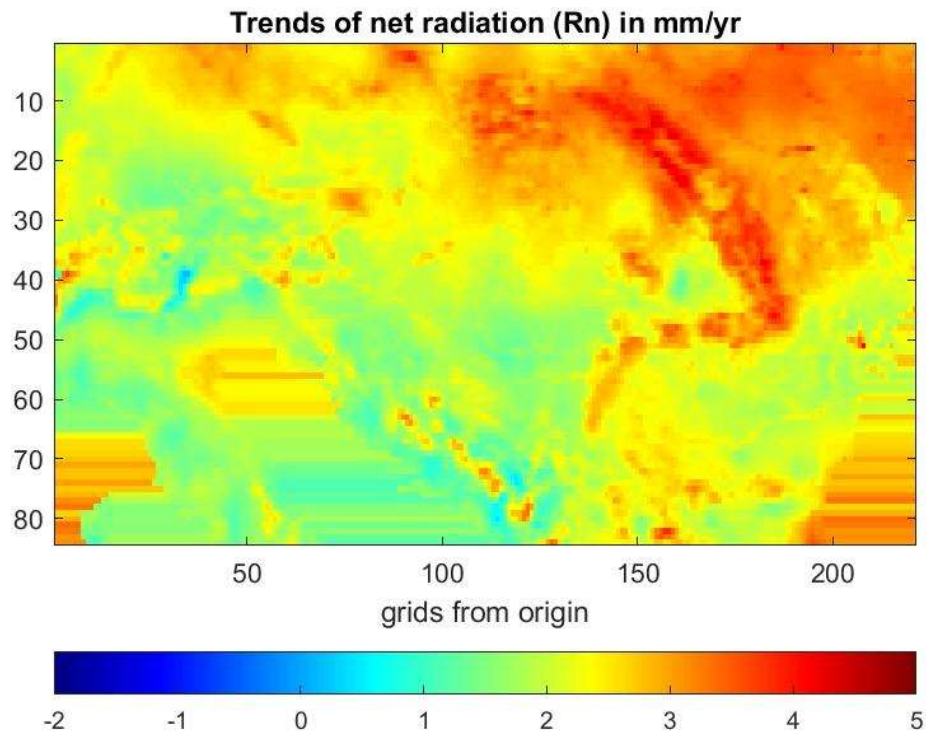


# TARTALÉK DIÁK





# A NETTÓ BESUGÁRZÁS ÉS A PÁROLGÁS VÁLTOZÁSA 1991 ÉS 2020 KÖZÖTT (MM/ÉV) A DUNA VÍZGYŰJTŐJÉN

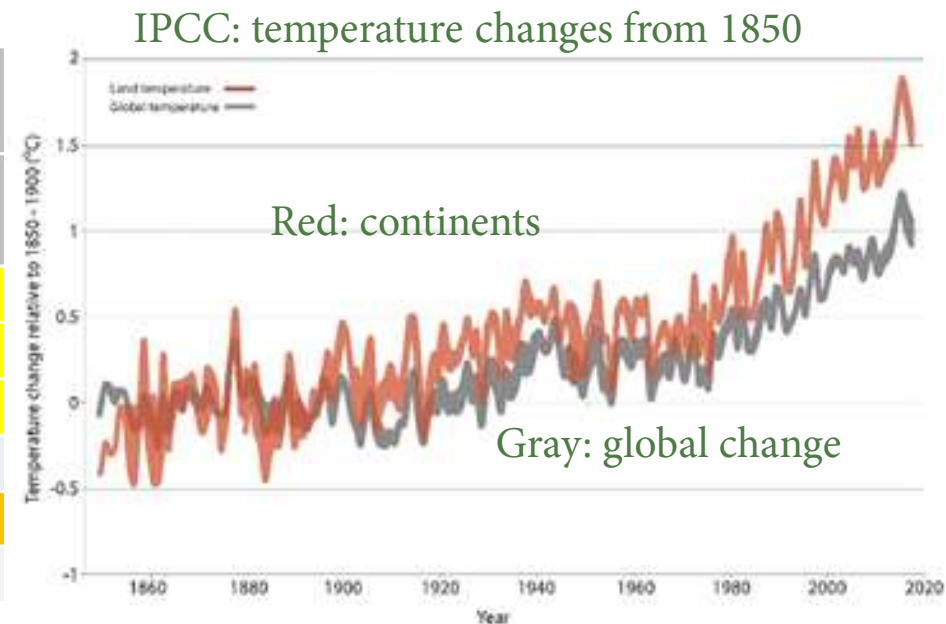


# SUMMARY OF TRENDS IN DANUBE RIVER BASIN– QUESTIONS RAISED

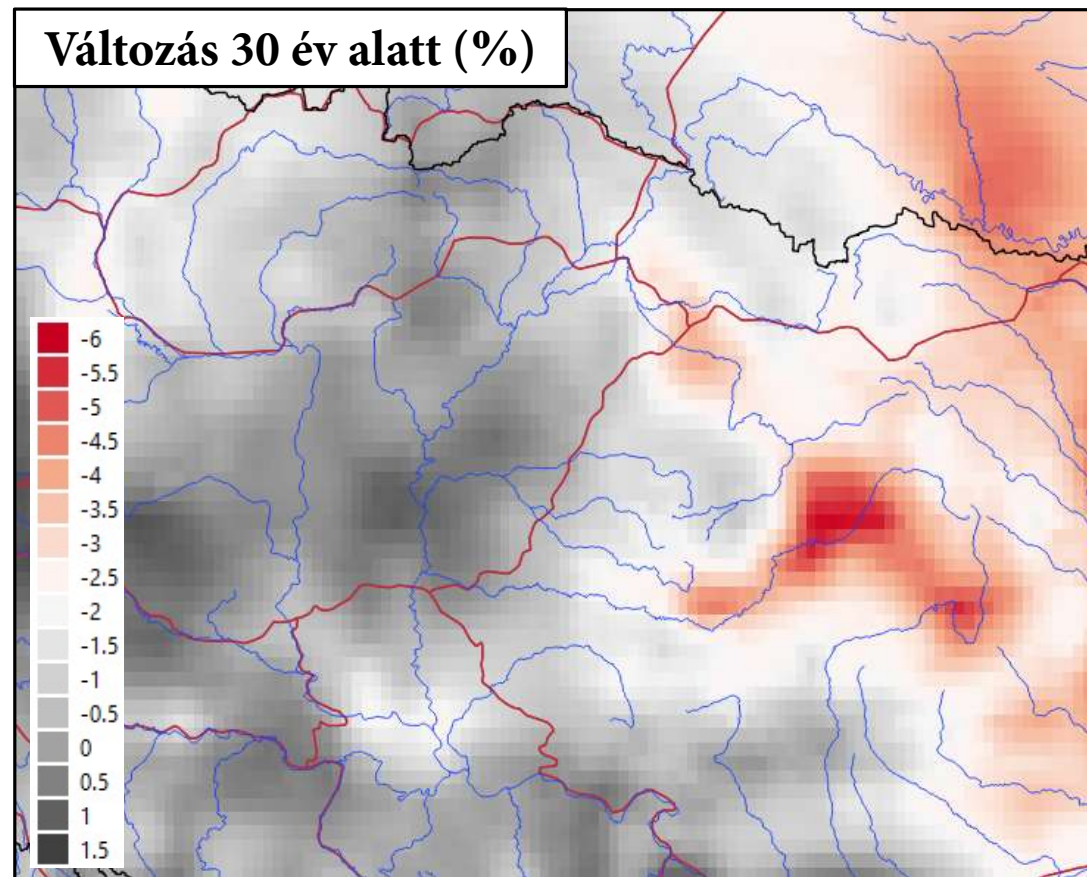
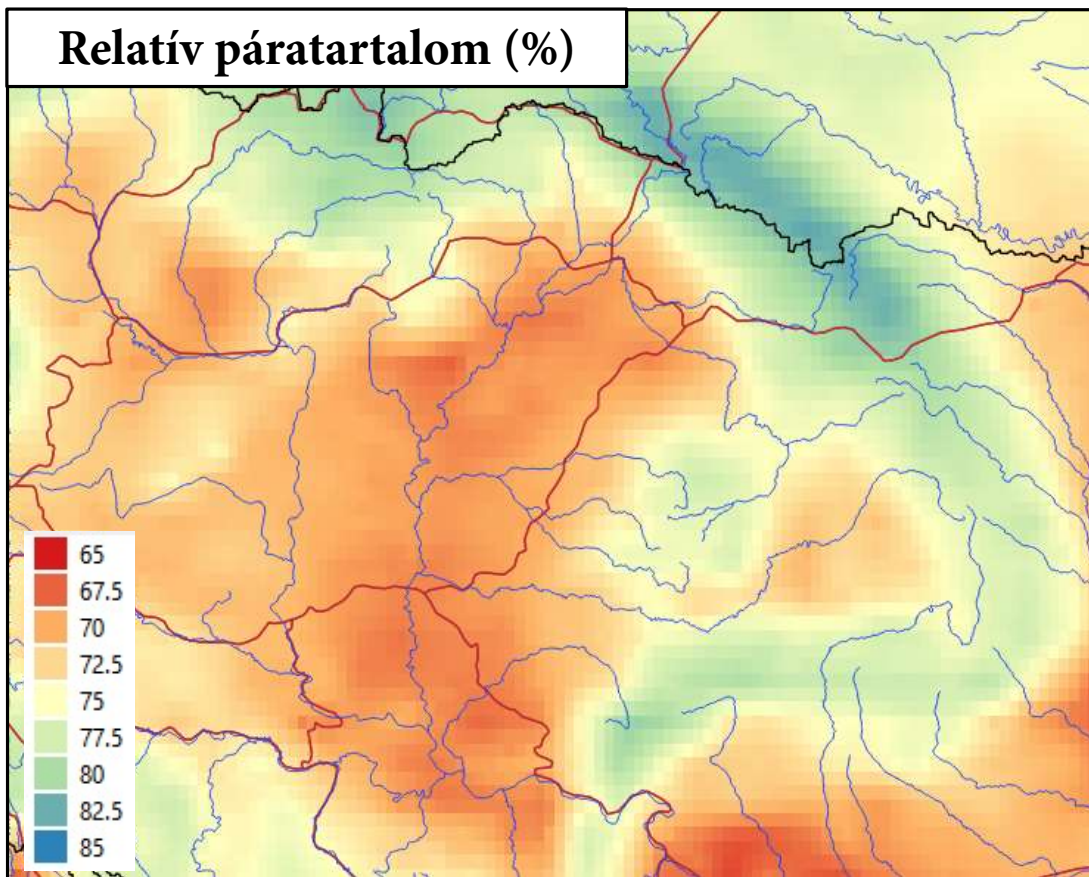
1. Annual average values of key forcing parameters show a significantly increasing trend between 1991-2020 by the Mann-Kendall test (with  $\alpha=0.05$ ) for net radiation, air temperature, dewpoint temperature).
2. Evaporation is also increasing with a significant trend as a response to the increased forcing. Precipitation and run-off do not show significant trends.
3. Continents are warming faster (IPCC 2019). Could this be a symptom of the decreasing performance of evaporative cooling?

Significancy of trends in the Danube watershed during 1991-2020 calculated with Mann-Kendall trend test

ERA5 parameter	Name of the parameter	p	H trend?	probability of existing trend %
ssrstr	Net radiation	0.0001	1	99.99
t2m	Air temperature (2m)	0.0001	1	99.99
d2m	Dew point temp (2m)	0.0001	1	99.99
tp	Total Precipitation	0.7753	0	22.47
e	Evaporation	0.0013	1	99.87
ro	Run-off	0.4978	0	50.22

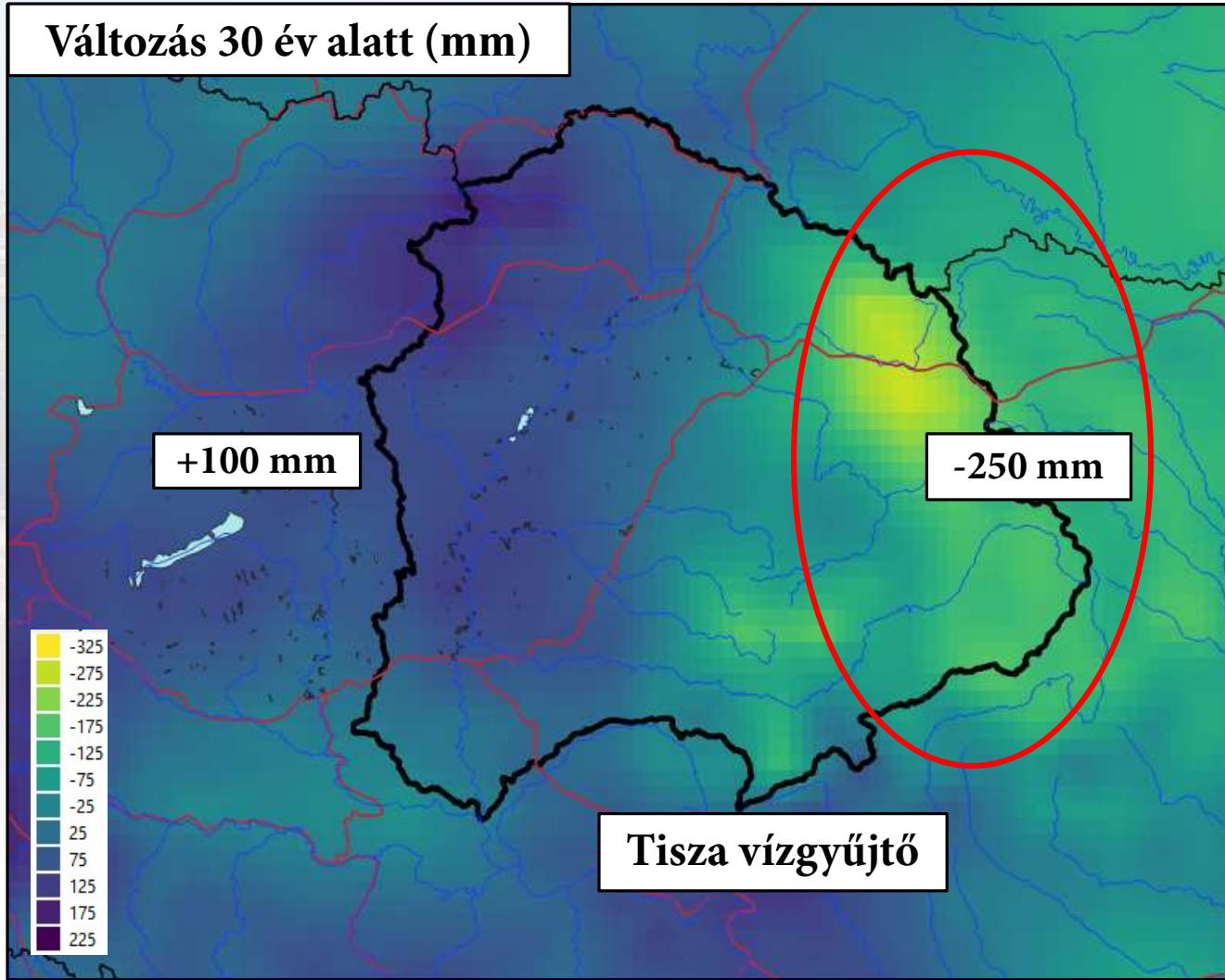


# A RELATÍV PÁRATARTALOM (%) ÉS VÁLTOZÁSA 1991-2020 KÖZÖTT

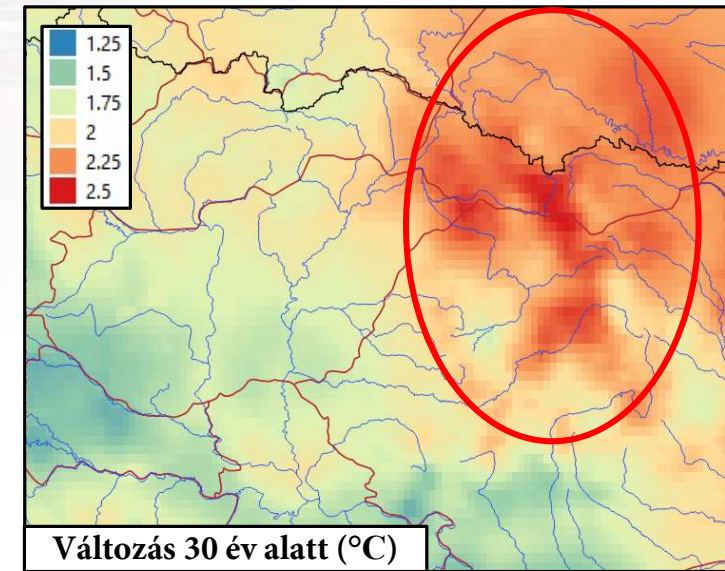




# A CSAPADÉK VÁLTOZÁSÁNAK ELOSZLÁSA 1991-2020 KÖZÖTT



## A HŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSÁNAK TÉRBELI ELOSZLÁSA (°C)



## A REFERENCIAPÁROLGÁS ÉS PÁROLGÁS KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉG

Magyarországon évente átlagosan 150 millió m<sup>3</sup> vízzel több párolog el, mint az előző évben! Szemléletesen: 2020-ban 4.5 km<sup>3</sup> vízzel több párolgott el (2+ Balaton vízmennyisége), mint 1991-ben ( $\Delta ET$ , 30 év átlagával számolva) !!!

Mégis a referencia párolgás is tovább nőtt, ott a különbség már 6.2 km<sup>3</sup> 30 év alatt ( $\Delta ET_0$ )!!!

Paraméter	mm/év	millió m <sup>3</sup> / év	km <sup>3</sup> változás adott évek alatt	
			30 év	40 év
ET (párolgás)	1.64	153.176	4.60	6.13
ET <sub>0</sub> (ref. párolgás)	2.23	208.282	6.25	8.33
P (csapadék)	2.64	246.576	7.40	9.86
Mo. Területe, km <sup>2</sup>	93 400			

Az éghajlatváltozás fékezésére, ellensúlyozására a többlet párolgáshoz szükséges vizet biztosítani kell (alkalmazkodni kevés)! Megnőtt a táji szintű vízvisszatartás jelentősége.

Technológiai megoldások, hagyományos tározási módszerek, öntözés nem elegendőek. Új módszerek, megoldások és szemléletváltás szükséges, ki kell lépni az eddigi gyakorlatból!

# WILL WE HAVE „SUFFICIENT” AMOUNT OF WATER FOR EVAPORATIVE COOLING?

The hydrological cycle and atmospheric circulation are parts of the energy distribution system (note: L. von Bertalanffy, General Systems Theory).

Evaporation (incl. transpiration!) is a process in the system, a vital environmental service.

Rains are providing most of the coolant to the process. Is the system reliable?

Water, and the phase change of water is the key to the „smooth” operation of the process



Material	Specific heat	Latent heat of evaporation
	kJ/kg° C	kJ/kg
Air	0.72	210
Hydrogen	14.20	460
Nitrogen	1.04	199
Vapour	1.72	-
Water	4.19	2256 (at 100°C) 2501 (at 0°C)
Ice	2.10	-
Glass, sand	0.80	-
Concrete	0.85	-

Annotations: A yellow box with '~500 x' is placed over the water specific heat value (4.19). A red circle highlights the water specific heat value (4.19). A red circle highlights the concrete specific heat value (0.85). A red arrow points from the concrete value to the water value. A green circle highlights the latent heat of evaporation values for water (2256 and 2501 kJ/kg).