

ÉGHAJLATI INDIKÁTOROK MEGFIGYELT ÉS VÁRHATÓ VÁLTOZÁSÁNAK ATTRIBÚCIÓJA



Szabó Péter, Bartholy Judit, Pongrácz Rita

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest



Bevezetés

Az antropogén éghajlatváltozáshoz sok időjárási esemény köthető, azonban néhány továbbra is éghajlatunk természetes változékonyságának része. Nagy érdeklődésre számot tartó, évszakfüggő indikátorok elemzésével arra keressük a választ: 1) hogy milyen változásokat detektálhatunk az elmúlt fél évszázadban, 2) a megfigyelt változások köthetők-e egyértelműen az emberi tevékenységhez, 3) illetve mire számíthatunk a jövőben, ha az eddigi kibocsátási trendek folytatódnak. Ehhez többféle éghajlati adatbázist is felhasználunk: a legjobb hazai, rácsponthoz tartozó megfigyelések mellett többféle globális és regionális modellszimulációt, továbbá kétféle társadalmi-gazdasági forgatókönyvet a jövőre vonatkozóan. Projektünk az eredmények széleskörű közlésével segíti az oktatást és a klímatudatosság növelését is, a rész tanulmányok a Másfél.hu internetes portálon jelennek meg rendszeresen. A jelenlegi poszteren 9 indikátort mutatunk be a három kérdéskör körüljárásával.

Módszertan, felhasznált adatok

Kiválasztott indikátorok

Fagyos nap	T _{min} < 0 °C
Extrém hideg	éves min(T _{min})
Havas nap	hóesés > 1 mm
Nagy-havas nap	hóesés > 10 mm
Hidegtűrő vegetáció kezdete	T _{közép} > 5 °C 5 napon át először
Melegigényes vegetáció kezdete	T _{közép} > 10 °C 5 napon át először
Késői fagy	T _{min} < 0 °C utolsó tavaszi napja
Tartós hóhullámos nap	T _{közép} > 27 °C legalább 3 napig
Extrém meleg	éves max(T _{max})

1. Megfigyelt trend

A mérések alapján detektáltuk a trendet és a változást, majd ehhez viszonyítottuk a klímamodellek múltbeli és jövőbeli eredményeit is. Az eredményeken szignifikanciavizsgálatot végeztünk (Welch-teszt, t-próba).

HUCLIM adatbázis (<https://odp.met.hu>):

napi minimum-, maximum- és középhőmérséklet (1971–2020)

ERA5 reanalízis: napi hóesés (1981–2020)

2. Éghajlati attribúció:

az emberi tevékenység miatt változott?

A **CMIP6** keretében futtatott globális klímamodellek az iparosodástól napjainkig tartó kétféle szimulációinak elemzése 1900/1960–2014 időszakra:

- 1) csak természetes kényszerekkel (pl. naptevékenység, vulkánok) meghajtott szimulációk,
- 2) historikus szimulációk, azaz az antropogén hatást is figyelembe veszik.

Ha ezen kétféle trend egymástól szignifikánsan különbözik (Mann-Kendall vagy Student's t-próbával vizsgálva), és a historikus trend megegyezik a megfigyelt trenddel, akkor a változás az emberi tevékenység miatt következett be, és nem a természetes változékonyság része.

3. Jövőbeli szimulációk

Hat **Euro-CORDEX** és két, az **ELTE** Meteorológiai Tanszékén futtatott finomfelbontású regionális modellszimuláció elemzése a megfigyelt antropogén tevékenységet követve a múlt (1971–2005), és két hipotetikus globális forgatókönyvet, a mérsékelt optimista **RCP4.5**-öt és a pesszimista **RCP8.5**-öt követve a jövőre (2006–2100).

A modellszimulációkat a delta vagy a standardizálás módszerével a megfigyelések szerint hibakorrigáltuk, illetve szignifikanciavizsgálatot is végeztünk.

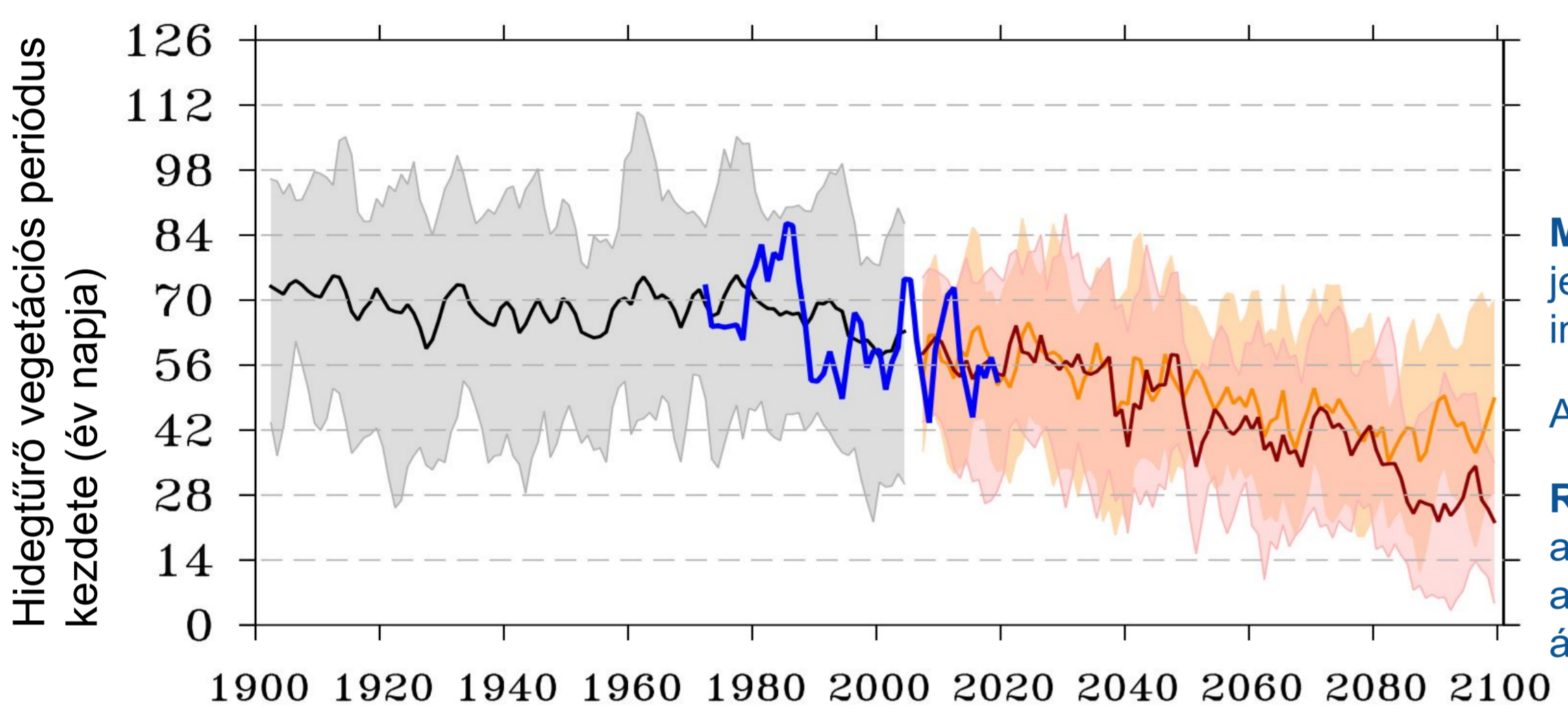
Globális modellek listája

ACCESS-ESM1-5
BCC-CSM2-MR
CanESM5
CNRM-CM6-1
FGOALS-g3
GFDL-ESM4
HadGEM3-GC31-LL
IPSL-CM6A-LR
MIROC6
MRI-ESM2-0
NorESM2-LM

Regionális modell

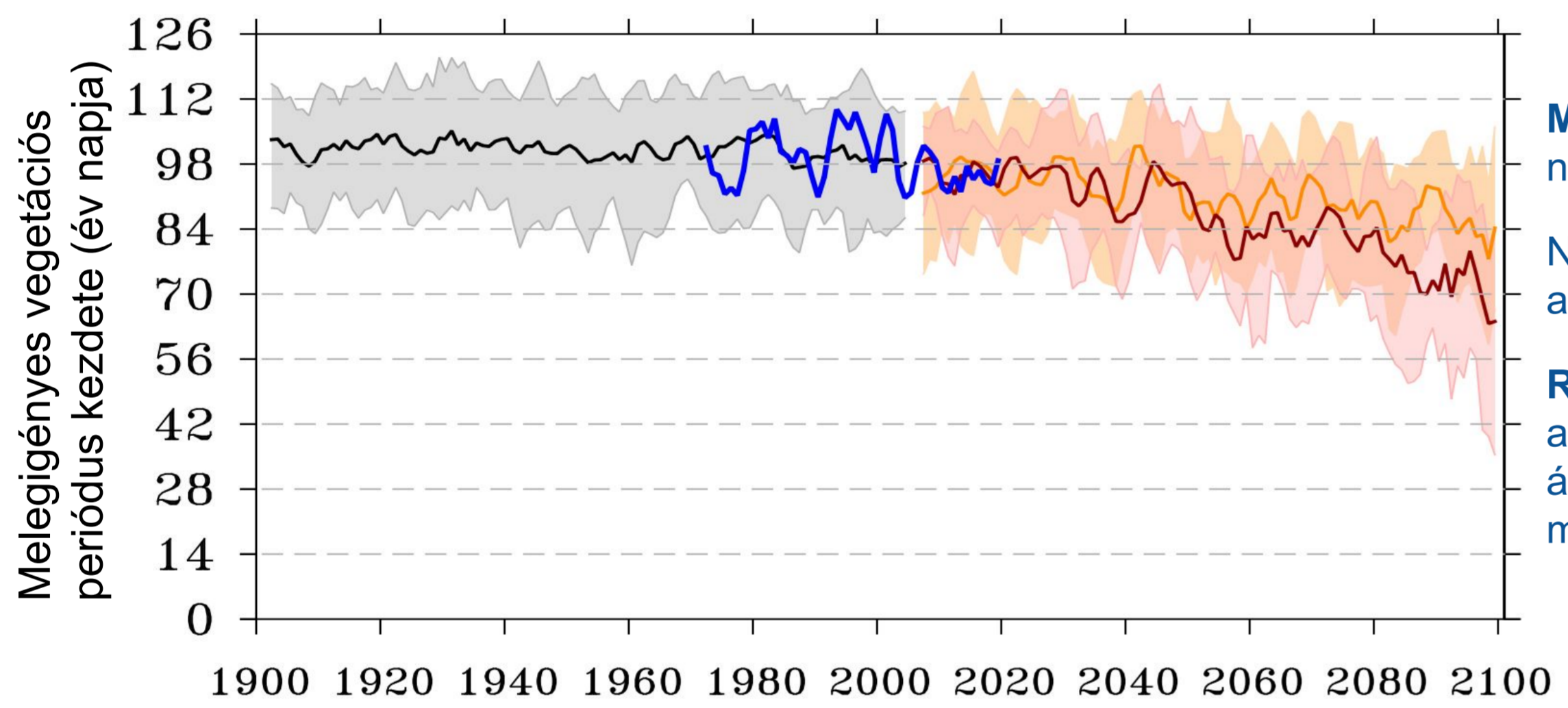
Regionális modell	Meghajtó modell
RCA4	CNRM-CM5
	EC-EARTH
	IPSL-CM5A-MR
RACMO22	NorESM1-M
	CNRM-CM5
RegCM4-3	EC-EARTH
	HadGEM2-ES
	MPI-ESM-MR

Eredmények: országos átlag

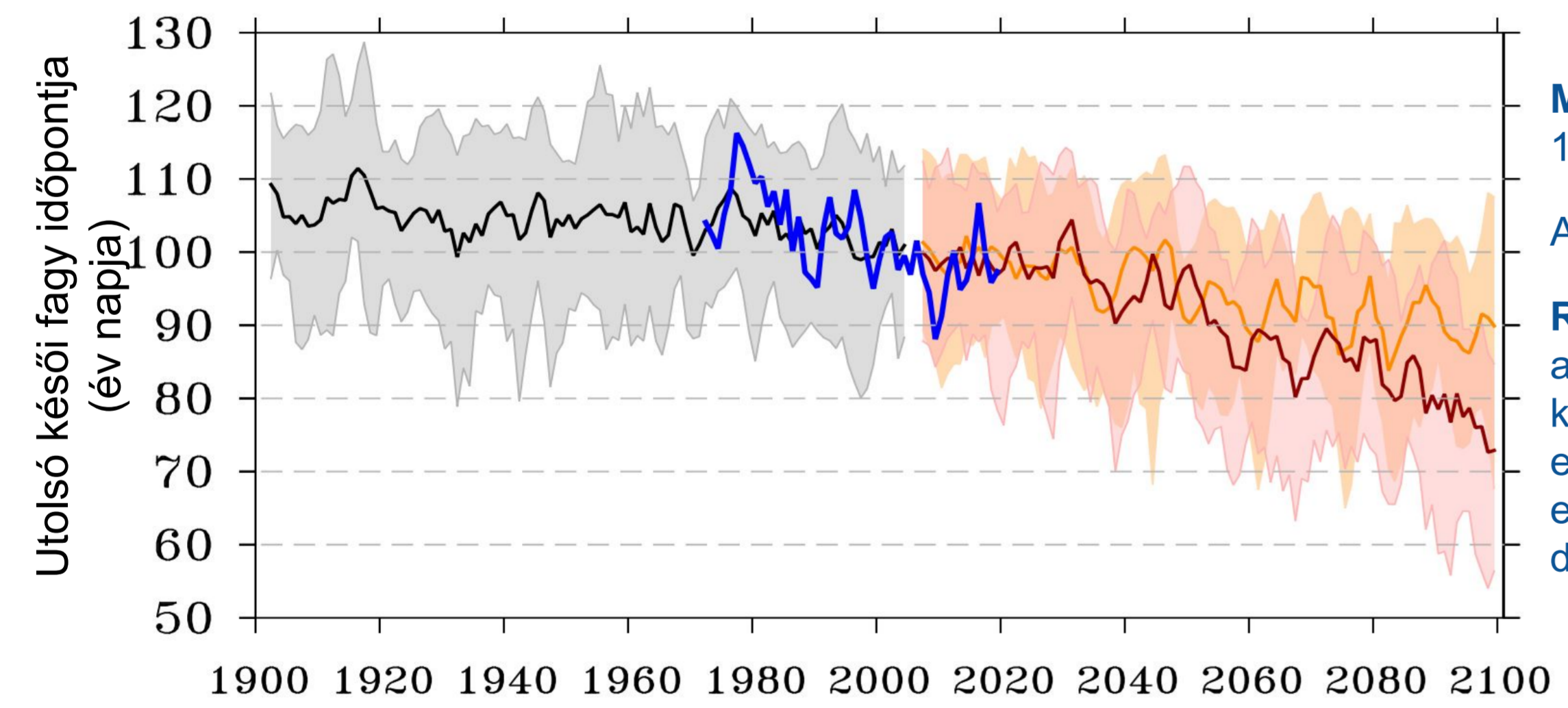


historikus szimulációk
megfigyelések
RCP4.5 ensemble
RCP8.5 ensemble

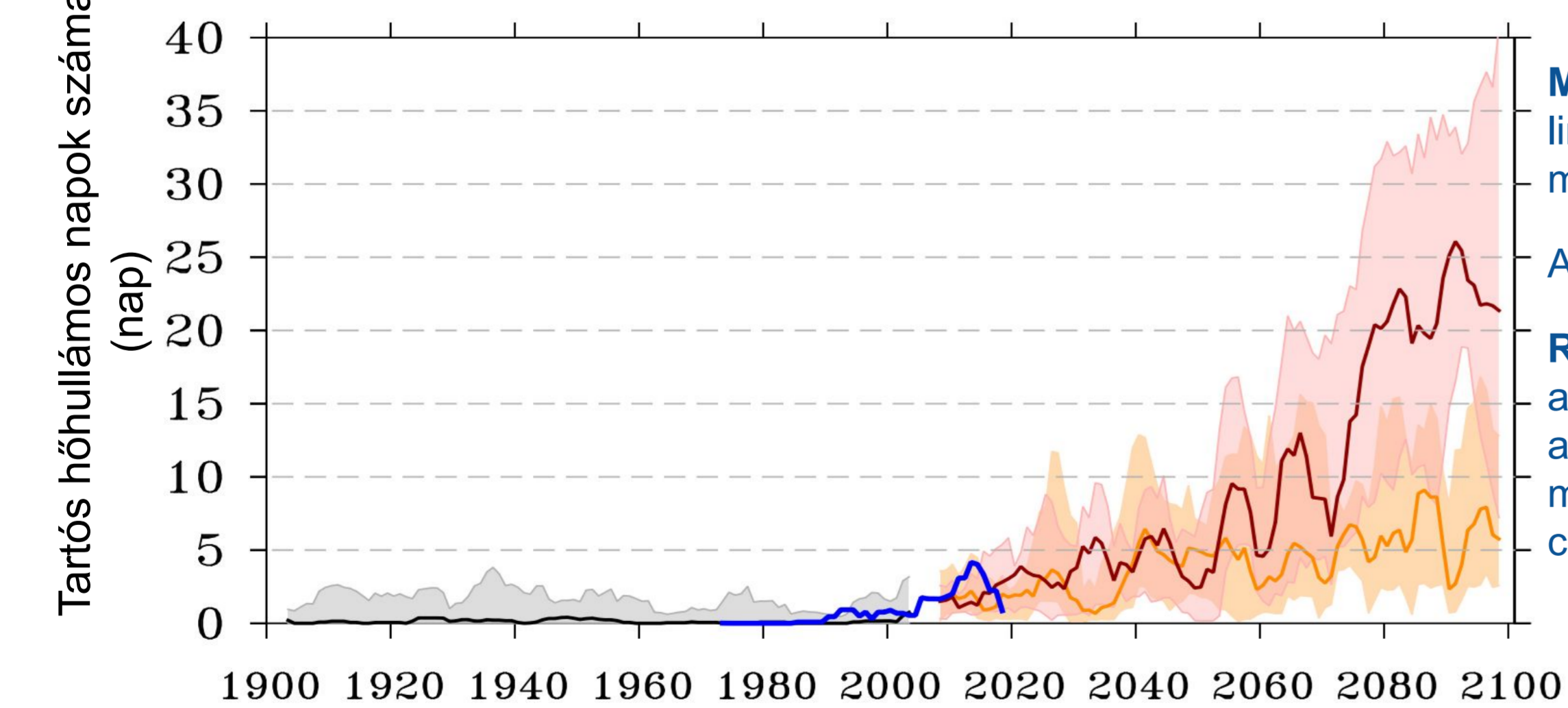
Megfigyelés: jelentős csökkenésnek indult
Antropogén hatásra történt
RCP8.5 esetén a XXI. század végére már akár januárban is lehet az átlagos napja



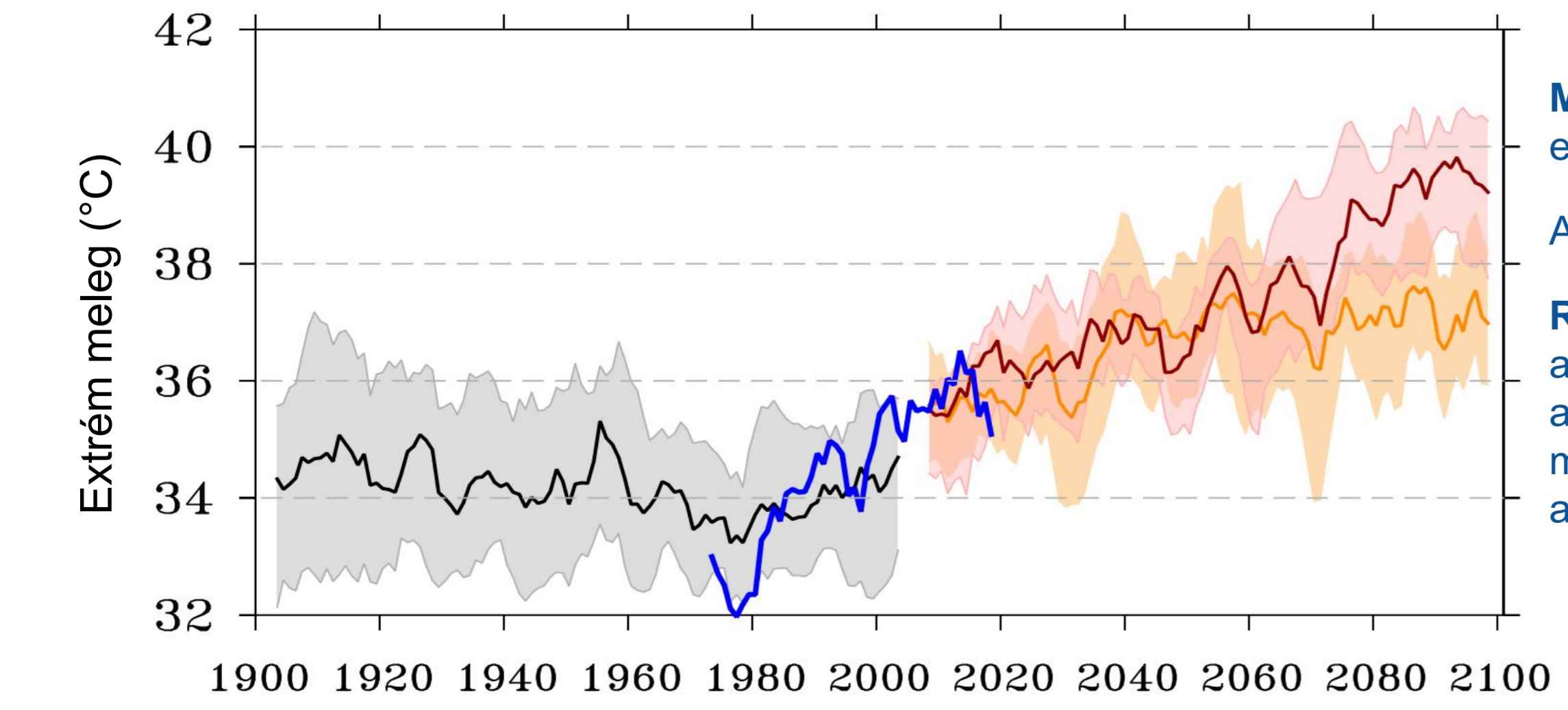
Megfigyelés: nincs változás
Nem tekinthetjük antropogén hatásnak
RCP8.5 esetén a XXI. század végére április közepéről március közepére tolódhat



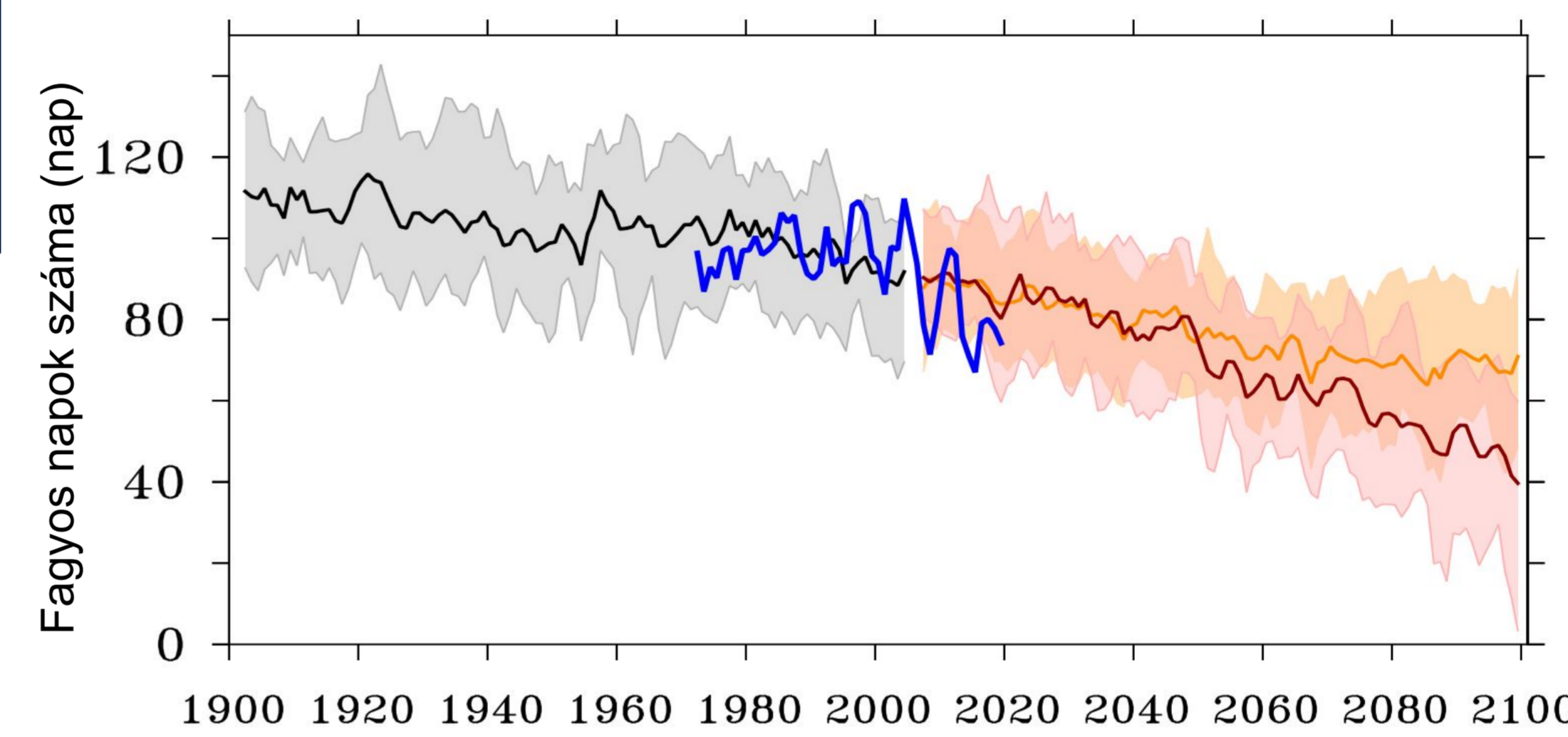
Megfigyelés: 1-2 hetes korábbra tolódás
Antropogén hatásra történt
RCP8.5 esetén a vegetációs periódus kezdete sokkal erőteljesebben tolódik előbbre, mint a késői fagy dátuma



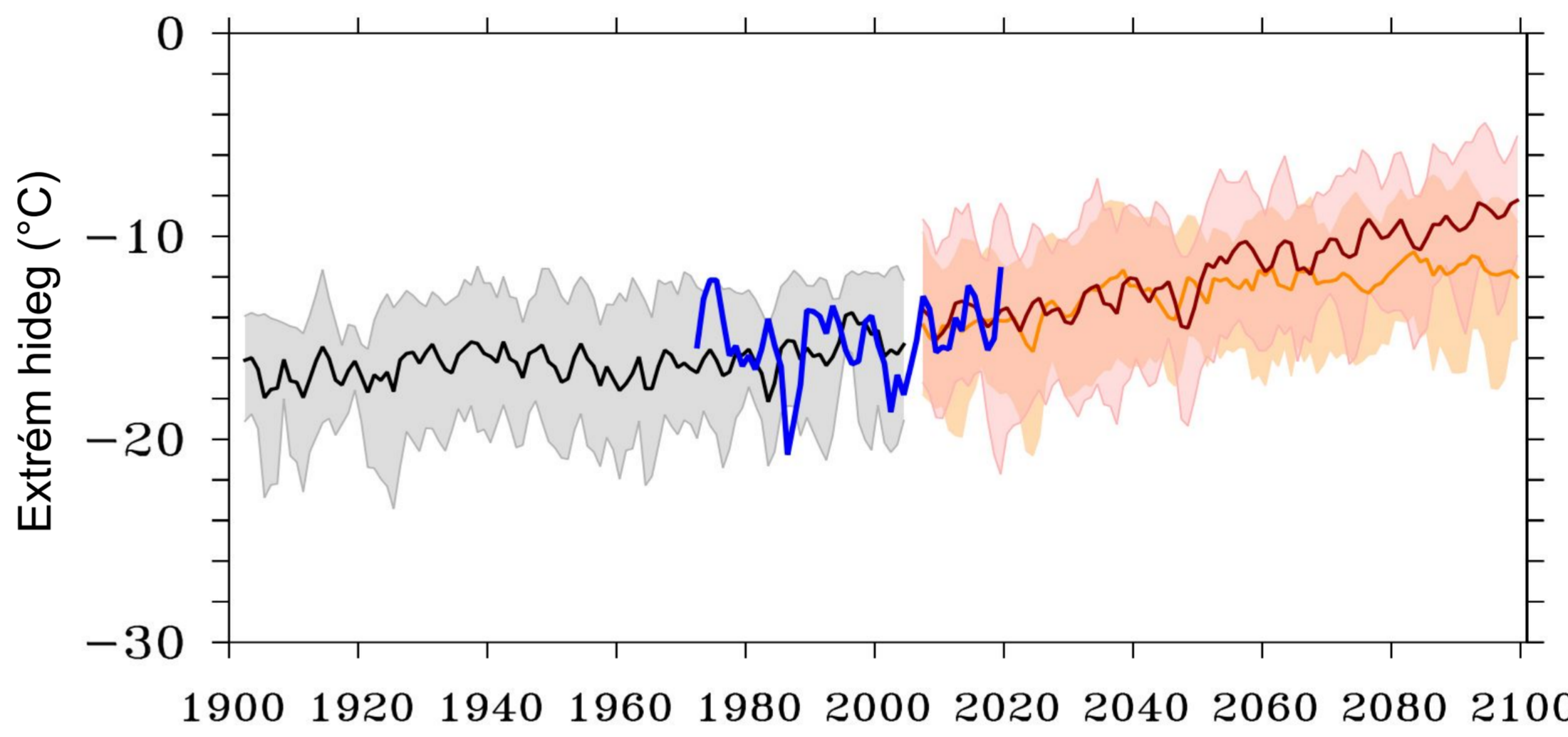
Megfigyelés: lineáris meghaladó mértékű növekedés
Antropogén hatásra történt
RCP8.5 esetén a jelenlegi 12x-ese várható a XXI. század végére, míg **RCP4.5** esetén csak a 3x-osa



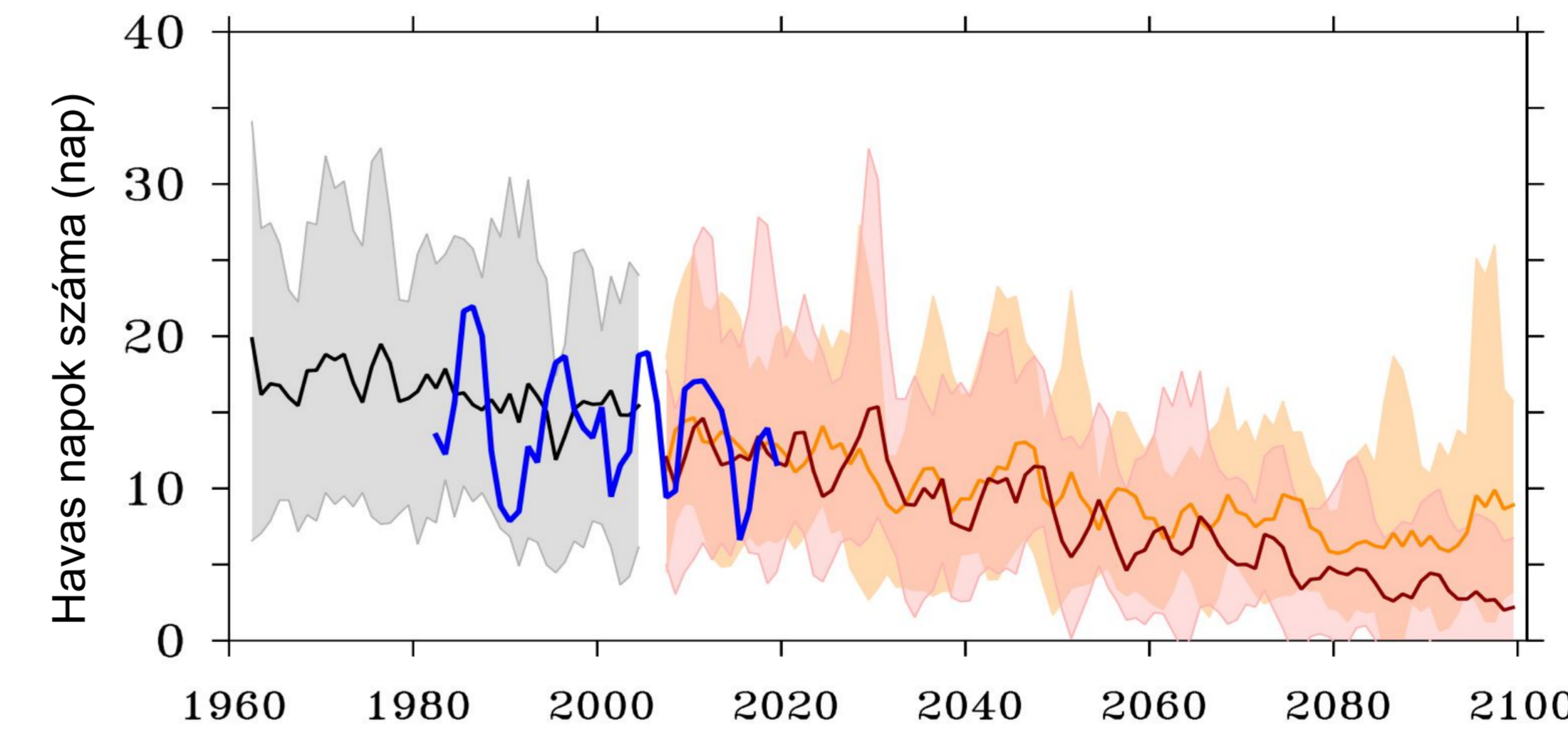
Megfigyelés: erőteljes növekedés
Antropogén hatásra történt
RCP8.5 esetén a jelenlegi trend folytatódik, az országos átlag megközelíti a 40 °C-ot a XXI. század végére



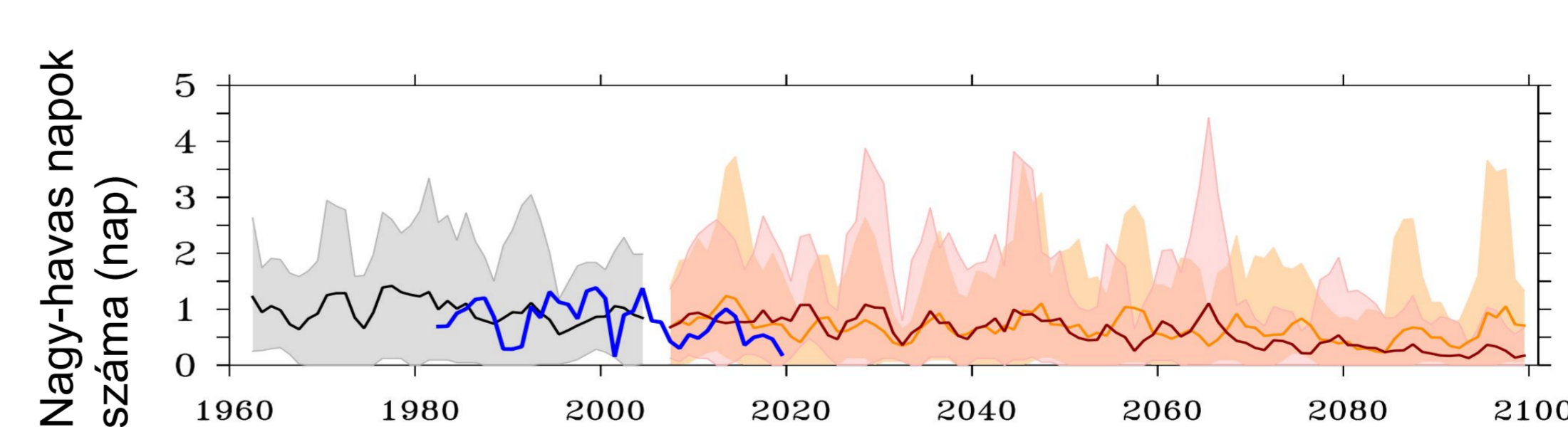
Megfigyelés: jelentős csökkenésnek indult
Antropogén hatásra történt
RCP8.5 esetén a XXI. század végére a jelenlegi felére csökkenhet



Megfigyelés: nagy belső változékonyság jellemzi továbbra is
Nem tekinthetjük antropogén hatásnak
RCP8.5 esetén a XXI. század végére akár -8 °C-ra is nőhet



Megfigyelés: gyenge, nem szignifikáns csökkenés
Nem tekinthetjük antropogén hatásnak
RCP4.5 esetén van esély, hogy legyenek havazások a XXI. század végén is



Megfigyelés: gyenge, nem szignifikáns csökkenés
Nem tekinthetjük antropogén hatásnak
RCP8.5 esetén eltűnhetnek

Összefoglalás

	Megfigyelt trend 1971-től	Antropogén hatásra változott?	Jövő: RCP4.5	Jövő: RCP8.5
Fagyos nap	---	Igen, 80%	-	---
Extrém hideg	nincs	Nem	-	--
Havas nap	-0	Nem	-	--
Nagy-havas nap	-0	Nem	0	-
Hidegtűrő vegetáció kezdete	--	Igen, 70%	-	--
Melegigényes vegetáció kezdete	nincs	Nem	-	--
Késői fagy	-	Igen, 70%	-	--
Tartós hóhullámos nap	+++	Igen, 90%	+	+++
Extrém meleg	+++	Igen, 60%	+	+++

– Nem minden eseményben detektálható változás.

– Nem minden indikátorban mutatható ki az antropogén hatás, néhol jelentős a belső változékonyság is.

– A jövőben a legtöbb extrém indikátorban a jelenlegi trendek folytatását várhatjuk a pesszimista forgatókönyv szerint, ugyanakkor általában csak jóval kisebb mértékű változást, ha az emberi tevékenység intenzitása csökken a XXI. század közepétől.