



# CSAPADÉKSZÉLSŐSÉGEK VÁRHATÓ ALAKULÁSA A KÁRPÁT-MEDENCE TÉRSÉGÉBEN



KIS Anna, PONGRÁCZ Rita, BARTHOLY Judit

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM, METEOROLÓGIAI TANSZÉK, 1117, BUDAPEST, Pázmány Péter sétány 1/a.  
E-mail: [kisanna@nimbus.elte.hu](mailto:kisanna@nimbus.elte.hu), [prita@nimbus.elte.hu](mailto:prita@nimbus.elte.hu), [bartholy@caesar.elte.hu](mailto:bartholy@caesar.elte.hu)

## ÖSSZEFOGLALÓ

Hasznában az elmúlt évtizedek egyre gyakoribbá és intenzívebbé váltak a szélsőséges csapadékesemények, amelyek árterek, illetve aszály időszakokat eredményeznek, a jelentős gazdasági és környezeti károkat okoztak. Annak érdekében, hogy a veszélyeket mértékkel lehessen kezelni, fontos, hogy ismerjük ezen extrém időjárási események jövőben valószínűsíthető tendenciáit. Ez ad lehetőséget megfigyelő adatszolgáltatás stratégiai kidolgozására. Vizsgálatainkban a Kárpát-medence területén várható csapadékszélsőségeket elemezzük, amelyek 11 az ENSEMBLES projekt (van der Linden és Mitchell, 2009) keretében előállított - regionális klímaszimulációk használatánál fel, amelyek az 1951-2100 időszakok szimulációját a napi csapadékszámok alapján végeztük. Az egynapos eseményekre miatt nehezen leltünk, ezért a modellek gyakran alul- illetve fölöslegesen a való értékeket (Pongrácz et al., 2011). Ezeket a szisztematikus eltéréseket hibakorrekció alkalmazásával minimalizáltuk. Ez az eljárás a referencia állapotban és a regionális klímaszimulációk között a rácspontra kirajolt csapadékszámok közötti különbségeket elemeli (Pongrácz et al., 2014). A korrigált regionális modellek outputból számos csapadékeseményt számítottunk ki a szárazságra (CDD, MDS), a kis- és nagy csapadék napok számára (RRI, RRS, RRD, RRD2), a napi csapadék mennyiségére (R99p, R95p, R90p, R80p, R50p, R20p) és a csapadék intenzitásaira (SDI, RX1, RX5) vonatkozóan. Eredményeink szerint hazánkban és a környező területeken a XXI. század végére szélsőséges csapadékesemények valószínűsíthetően: Nyáron a becsült érték szerint hosszabb száraz időszakok lesznek (Pongrácz et al., 2014), ugyanakkor nagy csapadékok (10 és 20 mm-t meghaladó napi csapadékmennyiség) ritkábban, viszont intenzívebben fognak előfordulni. A csapadék intenzitás változása minden évszakban növekedni fog. Télen és ősszel az extrém csapadéktevékenység gyakorlatsága és intenzitása is növekedni fog a klímaszimulációk alapján (Bartholy et al., 2015).

## RODALOMJELEZÉS

Bartholy, J., Pongrácz, R., Kis, A. (2015): Projected changes of extreme precipitation using a global variable resolution general circulation model. *Climate Dynamics*, 147:1773-1791.  
Deque, M., Marquet, P., Jones, R.G. (1998): Simulation of climate change over Europe using a multi-model approach. *International Journal of Numerical Modelling in Fluids*, 14:147-168.  
Gordon, C., Cooper, C., Senior, C.A., Banks, H., Gregory, J.M., Johns, T.C., Mitchell, J.P.B., Wood, R.A. (2006): The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transport in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics*, 16:147-168.  
Karl, T.R., Nicholls, N., Ghil, A. (1999): *Climate/GCM/NOV Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary*. - *Climate Change*, 42: 3-7.  
van der Linden, P., Mitchell, J.P.B., eds. (2009): ENSEMBLES: Climate Change and Its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, UK, 160p.  
Nakicenovic, N., Swart, S.K. eds. (2000): *Envisioning Scenarios*. A special report of IPCC Working Group III, Cambridge Univ. Press, UK, 570p.  
Roeckner, E., Brokopf, R., Esch, M., Giering, M., Hagemann, S., Kornblüth, L., Manzini, E., Schleuß, U., Schulzweid, U. (2006): Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model. *J. Climate*, 19: 3771-3791.  
Rowell, D.P. (2009): A scenario of European climate change for the late 21st century: seasonal means and interannual variability. *Climate Dynamics*, 25: 837-849.  
Pongrácz, R., Bartholy, J., Miklós, E. (2011): Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9: 387-398.  
Pongrácz, R., Bartholy, J., Kis, A. (2014): Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods. *Meteorol. Z.*, 118: 305-321.  
Sasaki, S., Auer, I., Hebl, J., Milovich, J., Radin, T., Stepanek, P., Zahradnick, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Sztrany, T., Lomanova, D., Kilar, P., Chevrel, S., Deak, G.Y., Mikós, E., Antócs, I., Mihajlovic, V., Nedeljk, F., Sauer, P., Mikolova, K., Nalvarova, I., Skvrc, O., Skalova, S., Vogt, J., Anand, T., Spinoni, J. (2013): *Climate of the Greater Carpathian Region*. Final Technical Report. [www.carpatclm.eu.org](http://www.carpatclm.eu.org)

## KÖSZÖNETNYILVÁNTÁS

A témakör kutatásaihoz az alábbi pályázatok támogatásukkal: az OTKA K 78123 számú pályázat, a Future-ICT-Net FAMP04-2.2.2-11/11 KOPM-2012-2013 kiemelt pályázat, az AGRIKÉLM2012 projekt (FK12-12-1-2013-0001), valamint a Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Hivatal támogatásával. A kutatásokhoz az ENSEMBLES projekt (van der Linden és Mitchell, 2009) keretében előállított - regionális klímaszimulációk használatánál fel, amelyek az 1951-2100 időszakok szimulációját a napi csapadékszámok alapján végeztük. Ez az eljárás a referencia állapotban és a regionális klímaszimulációk között a rácspontra kirajolt csapadékszámok közötti különbségeket elemeli (Pongrácz et al., 2014). A korrigált regionális modellek outputból számos csapadékeseményt számítottunk ki a szárazságra (CDD, MDS), a kis- és nagy csapadék napok számára (RRI, RRS, RRD, RRD2), a napi csapadék mennyiségére (R99p, R95p, R90p, R80p, R50p, R20p) és a csapadék intenzitásaira (SDI, RX1, RX5) vonatkozóan. Eredményeink szerint hazánkban és a környező területeken a XXI. század végére szélsőséges csapadékesemények valószínűsíthetően: Nyáron a becsült érték szerint hosszabb száraz időszakok lesznek (Pongrácz et al., 2014), ugyanakkor nagy csapadékok (10 és 20 mm-t meghaladó napi csapadékmennyiség) ritkábban, viszont intenzívebben fognak előfordulni. A csapadék intenzitás változása minden évszakban növekedni fog. Télen és ősszel az extrém csapadéktevékenység gyakorlatsága és intenzitása is növekedni fog a klímaszimulációk alapján (Bartholy et al., 2015).

## A CSAPADÉKSZÉLSŐSÉGEK ELEMZÉSÉNEK LÉPÉSEI

### Nyers napi csapadékszámok letöltése

Pattatást végző intézet	Meghajtó globális modell	Regionális modell
HC (Hadley Centre, United Kingdom Met Office)	HadCM3Q0	HadRM3Q0
ETHZ (Swiss Federal Institute of Technology Zurich)	HadCM3Q0	CLM
CIH (Community Climate Change Consortium)	HadCM3Q16	RCA3
SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute)	ECHAM-r1	RCA3
ICTP (International Centre of Theoretical Physics)	ECHAM-r3	RegCM
KNMI (Royal Netherlands Meteorological Institute)	ECHAM-r3	RACMO
MPI (Max-Planck-Institut für Meteorologie)	ECHAM-r3	REMO
DMI (Danish Meteorological Institute)	ECHAM-r3	HIRHAM5
CNRM (Centre National de la Recherche Scientifique)	ARPEGE_RM1	ALADIN

### Hibakorrekció

Példa: 47,625°N, 19,125°E középpontú koordinátákra jellemzőhöz rácsellásra  
járási napi csapadékokat  
RACMO2/ECHAM szimuláció

Az RCM-szimulációk által rácspontra és havonta meghatározott empirikus eloszlás-függvények a referencia állapotban (CarpatClim, 1961-2010; Szalai et al., 2013) által kirajolt eloszlásfüggvényhez igazítottuk (Pongrácz et al., 2014).

$$f_{a,b}(y) = F_{a,b}^{-1}(y) / F_{a,b}^{-1}(y) = x_a / x_b$$

$$x_a = x_a \cdot f_{a,b} = x_a \cdot x_a / x_b = x_a^2 / x_b$$

A multiplicitás korrekciós faktorok alkalmazása után a modellezés során korrigált csapadékokat már jól illeszkedő a megfigyeléshez.

### Csapadékindekek számítása

Jel	Definíció	Mértékegység
DD	A száraz napok száma ( $R_{max} < 1$ mm)	nap
CDD	Az egymást követő száraz napok maximális száma ( $\text{Max}(R_{max} < 1$ mm)	nap
MDS	Az egymást követő száraz napok átlagos száma ( $\text{Átlag}(R_{max} < 1$ mm)	nap
MWS	Az egymást követő csapadékos napok átlagos száma ( $\text{Átlag}(R_{max} \geq 1$ mm)	nap
RRI	A csapadékos napok száma ( $R_{max} \geq 1$ mm)	nap
RRS	Az 5 mm-nél nagyobb csapadékos napok száma ( $R_{max} \geq 5$ mm)	nap
RRD	A 10 mm-nél nagyobb csapadékos napok száma ( $R_{max} \geq 10$ mm)	nap
RRD2	A 20 mm-nél nagyobb csapadékos napok száma ( $R_{max} \geq 20$ mm)	nap
RKS	Az egymást követő RRS napok maximális száma ( $\text{Max}(R_{max} \geq 5$ mm)	nap
R99p	A napi csapadék idősor 99. percentilise	mm
R95p	A napi csapadék idősor 95. percentilise	mm
R90p	A napi csapadék idősor 90. percentilise	mm
R80p	A napi csapadék idősor 80. percentilise	mm
R50p	A napi csapadék idősor 50. percentilise	mm
R20p	A napi csapadék idősor 20. percentilise	mm
SDI	Csapadékindekek ( $R/RRI$ )	mm/nap

## EREDMÉNYEK: EGYMÁST KÖVETŐ SZÁRAZ NAPOK MAXIMÁLIS SZÁMA (CDD)

### Tavas

### Nyár

### Ősz

### Tél

Várható átlagos változás mértéke: 2071-2100 vs. 1961-1990

### A CDD átlagos becsült értékei Magyarországon területére

- Legnagyobb átlagos relatív változás: **nyár 15 nap**
- +44%
- 22 nap
- Legnagyobb bizonytalanság: **nyár**
- A déli területeken jelentősebb szárazodás

Szárazabb nyarak várhatók a jövőben

## EREDMÉNYEK: EGYMÁST KÖVETŐ 5 MM-NÉL NAGYOBB CSAPADÉKÚ NAPOK SZÁMA (CWD5)

### Tavas

### Nyár

### Ősz

### Tél

Várható átlagos változás mértéke: 2071-2100 vs. 1961-1990

### A CWD5 átlagos becsült értékei Magyarországon területére

- Legnagyobb átlagos relatív változás: **nyár 3,0 nap**
- 16%
- 2,5 nap
- Télen növekvő tendencia (elsősorban északon)

Szárazabb nyarak várhatók a jövőben

## EREDMÉNYEK: A NAPI CSAPADÉK-IDŐSOR 99. PERCENTILISE (R99p)

### Tavas

### Nyár

### Ősz

### Tél

Várható átlagos változás mértéke: 2071-2100 vs. 1961-1990

### Az R99p átlagos becsült értékei Magyarországon területére

- Legnagyobb átlagos relatív változás: **tél 15 mm**
- +21%
- 18 mm
- Minden évszakban növekvő trend, kivéve nyáron

Szélsőségebb csapadéktevékenység valószínűsíthető

## EREDMÉNYEK: AZ 5 NAP ALATT LEHULLOTT MAXIMÁLIS CSAPADÉKÖSSZEG (RX5)

### Tavas

### Nyár

### Ősz

### Tél

Várható átlagos változás mértéke: 2071-2100 vs. 1961-1990

### Az RX5 átlagos becsült értékei Magyarországon területére

- Legnagyobb átlagos relatív változás: **tél 30 mm**
- +23%
- 37 mm
- Minden évszakban növekvő trend, kivéve nyáron

Intenzívebb, szélsőségebb csapadéktevékenység valószínűsíthető