

A KÁRPÁT-MEDENCE MAGASLÉGKÖRI SZELEINEK VIZSGÁLATA ANALYSIS OF HIGH LEVEL WINDS IN THE CARPATHIAN BASIN

Zsilinszki Anna, Dezső Zsuzsanna, Bartholy Judit, Pongrácz Rita

ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/a.,

zsilinszkia@caesar.elte.hu, dezsozsuzsi@nimbus.elte.hu, bartholy@caesar.elte.hu, prita@nimbus.elte.hu

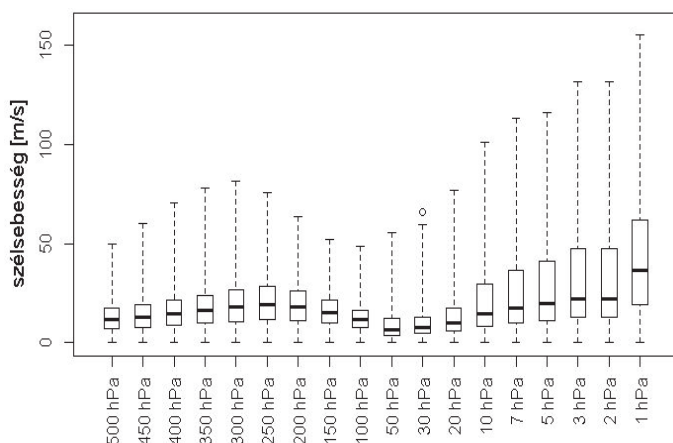
Összefoglaló. Cikkünkben ERA-Interim adatok alapján elemezzük az 500 hPa nyomási szint feletti magaslégköri szélviszonyok alakulását a térségben az elmúlt 37 évre vonatkozóan. Az átfogó statisztikai vizsgálat során meghatároztuk az átlagos évszakos szélemezőket, az egyes szintek szélebségeinek és szélirányainak előfordulási gyakoriságait, valamint az ezekben felfedezhető trendeket. Vizsgáltuk továbbá a szélviszonyok és a jellemző Péczeley-féle makroszinoptikus típusok közötti összefüggéseket.

Abstract. High level wind conditions above the 500 hPa pressure level are analyzed in this paper for the past 37 years on the basis of ERA-Interim data for the region. The comprehensive analysis includes the evaluation of the seasonal mean wind fields, the distribution of wind speed and wind direction at the different levels, and the possible trends. Moreover, the relationship between the wind conditions and the characteristic Péczeley macrosynoptic types are also analysed.

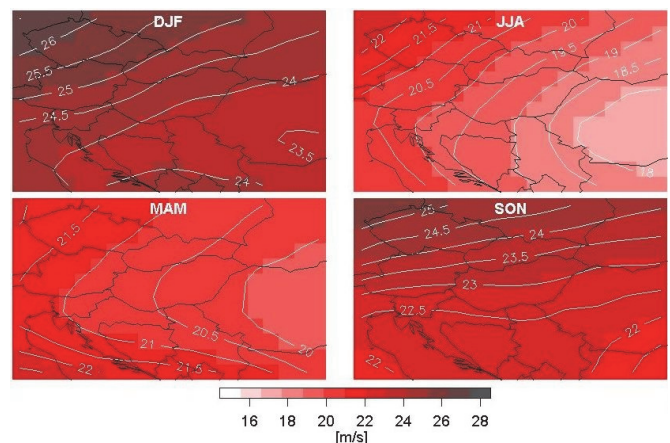
Bevezetés. A globális cirkulációs rendszerek elmúlt évtizedekben bekövetkezett módosulása valószínűsíthetően kapcsolatba hozható az éghajlatváltozási folyamatokkal. Ez magyarázza a nagy nemzetközi érdeklődést e téma iránt (Francis és Vavrus, 2012, Overland et al., 2012, Francis and Scifit, 2015). Ezeknek a változásoknak egyik legérzékenyebb indikátora a magaslégköri szelek karakterisztikáiban történő változás. A változás irányával és jellegével kapcsolatban sok a bizonytalanság (Barnes, 2013), de abban nagy az egyetértés, hogy a globális rendszerben bekövetkező kisebb változások hatása regionális skálán is igen jelentős lehet. Ezért fontosnak láttuk megvizsgálni e tendenciák Kárpát-medencei vonatkozásait. Ahhoz, hogy a változásokat felismerhessük, elsőként általános, átfogó képet szükséges alkotni a magaslégköri áramlási viszonyokról, majd ezek ismeretében kereshetünk változási tendenciákat. E vizsgálatok kiegészítéseképpen a Péczeley-féle makroszinoptikus típusok (Péczeley, 1961) előfordulási gyakoriságait, illetve ezeknek a magaslégköri szélviszonyokkal való összefüggéseit is elemeztük.

A magaslégköri szélviszonyok statisztikai elemzése. Az ERA-Interim reanalízis adatok (Berrisford et al., 2009) alkalmazásával 22 vertikális szint 12 UTC-re vonatkozó napi szélebség és szélirány adatait elemeztük, az 500 hPa légnyomási szinttől felfelé haladva az 1979 és 2015 közötti időszakra vonatkozóan. Az elemzés 0,75°-os térbeli rácsfelbontás mellett a Kárpát-medence térségét lefedő 240

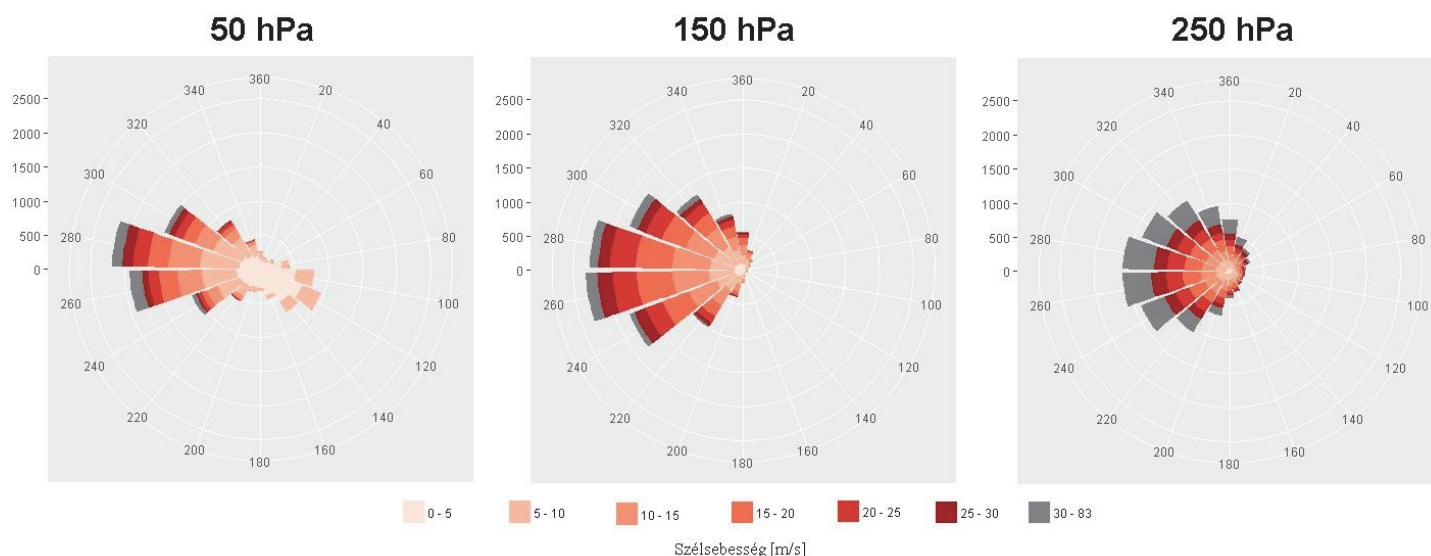
rácspont figyelembevételével készült. A szélebségek szintenkénti gyakorisági eloszlását vizsgálva (1. ábra) egyértelműen megállapítható, hogy a legnagyobb troposzférikus szélebségek a 250 hPa magassági szint környékén fordulnak elő, így ezt tekinthetjük a *jetmag* átlagos elhelyezkedésének térségünkben. E fölött a szint fölött átmeneti szélebség csökkenés után, a sztratoszférában egy jelentős emelkedés kezdődik, mely a vizsgálatban szereplő legmagasabban található 1 hPa nyomási szintig tart (1. ábra). A szélebség átlagos értékeiben területi és időbeli változékonyság egyaránt megfigyelhető. Az éven belül télen fordulnak elő a legnagyobb szélebségek, nyáron a leggyengébbek. A területi eloszlást tekintve (2. ábra) télen és ősszel északról délre haladva, illetve tavasszal és nyáron nyugatról kelet felé gyenge csökkenés észlelhető. A legerősebb átlagos szélebség a 250 hPa magassági szinten a téli időszakban 27 ms⁻¹ körüli értékkel jelentkezik a vizsgált terület északnyugati részén. A szélebség irányának és nagyságának együttes gyakorisági eloszlásait szélrózsán jelenítettük meg (3. ábra), melyen 20 fokos beosztással láthatjuk a teljes vizsgált időszakra nézve a jellemző szélirány gyakoriságokat, valamint az egyes irányokhoz tartozó szélebségek arányát a Budapesthez legközelebb eső rácspont esetében. Vizsgálataink azt jelzik, hogy az összes magaslégköri nyomási szintet figyelembe véve a nyugatias szélirány dominál. Felfelé haladva először az 50 hPa magassági szinten jelennek meg jellegzetes éves menettel a keleties irányú szelek (4. ábra). Ugyan a keleties irányú



1. ábra: A vizsgált nyomási szintek szélebségeinek gyakorisági eloszlásait reprezentáló Box-Whisker diagram az 1979–2015 időszakra a Budapesthez legközelebb eső rácspont esetében (é. sz. 47,25°, k. h. 18,75°)



2. ábra: Az évszakos átlagos szélebség területi eloszlása a vizsgált régióban, az 1979–2015 időszakban a 250 hPa nyomási szinten

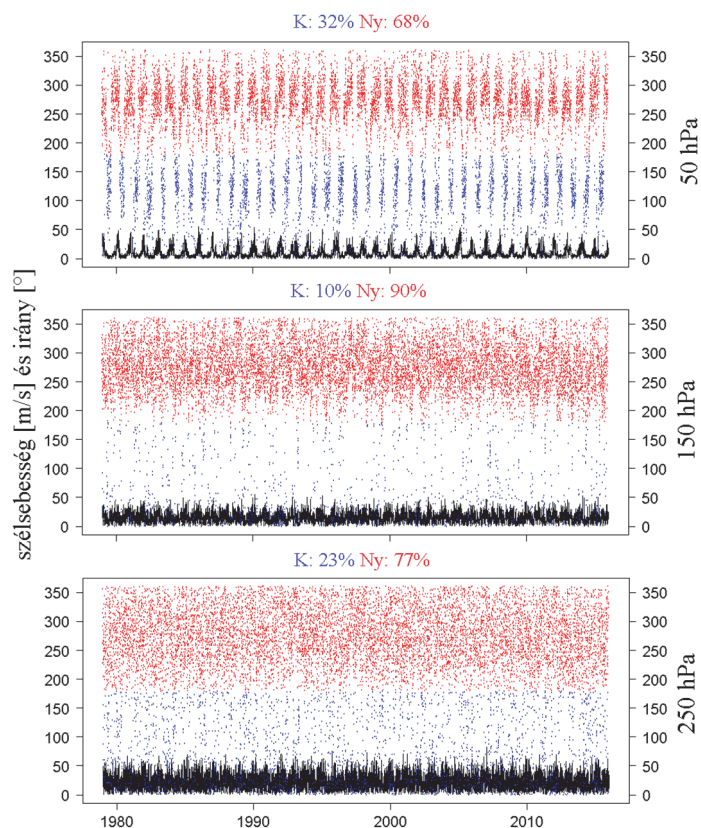


3. ábra: A szélirányok és a hozzájuk tartozó sebességek (színekkel jelölve) eloszlása a Budapesthez legközelebb eső rácspont esetében 3 nyomási szinten, 1979–2015

szelek változó gyakorisággal alacsonyabb szinteken is előfordulnak, de határozott éves menet csak 50 hPa felett figyelhető meg. A 4. ábrán látható az 50 hPa magassági szinttől felfelé már jól kimutatható éves periódus, melynek jellegzetessége a május hónap elején történő szélirányváltás (nyugatisról keletiesre). A nyári időszakban gyenge szélességek mellett a keleties irányok dominálnak, majd augusztus végén, szeptember elején ismét visszatér a nyugatis szél dominanciája. Lefelé haladva csökken a keleties irány jelenléte 10% alatti minimális előfordulási értékkel egészen a 100 hPa szintig. Ezután ismét növekedni kezd, majd a 250 hPa szinttől lefelé minden szinten közel azonos, 20–25% közötti előfordulási gyakoriság jellemzi, egészen az 500 hPa legalsó vizsgált szintig. A teljes időszakra nézve lineáris időbeli trendelemzés készült ($y = a \cdot x + b$ regressziós függvény alkalmazásával) a szélesség idősorokra. Elsőként az éves átlagos szélességek alakulását tekintettük, majd a 30 ms^{-1} feletti szélességek éves esetszámának változását elemeztük. A vizsgálat során legtöbb esetben csökkenő trendet találtunk a teljes időszakra, de a csökkenés az időszak második felében növekvő tendenciát mutat, és az illesztett trendegyüttható csak ez utóbbi esetben (1997–2015) adódott statisztikailag szignifikánsnak. A szélesség trendek irányonkénti lebontásban is elemzésre kerültek a 250 hPa nyomási szint magasságában az átlagos éves sebességek és a 30 ms^{-1} feletti éves esetszámok esetében egyaránt. Mindenütt negatív trend figyelhető meg, de nem minden esetben mutatható ki statisztikailag szignifikáns sebességcsökkenés, a legnagyobb negatív együttható értékek a déli és nyugati szelek esetében adódtak. A keleties szélirányok ritka és szabálytalan jelenléte miatt ezekre nem illeszthető trend. Megvizsgáltuk azt is, hogy a szélesség változása függ-e a földrajzi helytől. Ennek érdekében egy adott hosszúsági kör mentén (k. h. $18,75^\circ$) az összes rácspontban meghatároztuk a 250 hPa szinten a 30 ms^{-1} -t meghaladó szélességek előfordulási gyakoriságának változását. Az így illesztett lineáris regresszió trendegyütthatójára vonatkozó hipotézisvizsgálattal értékeltük, hogy a kapott trend nullától szignifikánsan különböznek tekinthető-e. Ahogyan azt az 5. ábra is mutatja, északról dél felé haladva egyre erősödő

negatív trend figyelhető meg, mely a $47,25^\circ$ szélességtől délre szignifikánsan csökkenő lineáris trendet jelez.

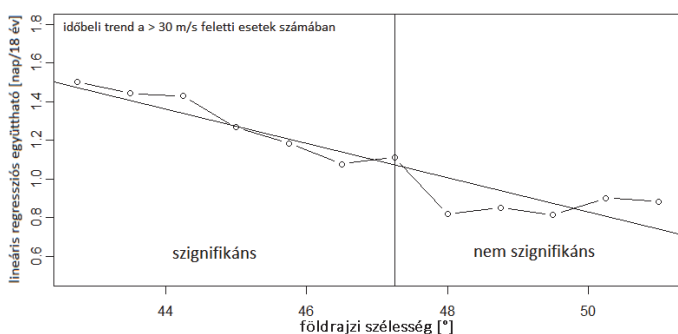
A magaslégköri szél és a cirkulációs viszonyok kapcsolata. A Péczely (1961) féle makroszinoptikus típusok és a 250 hPa nyomási szint szélkarakterisztikáinak kapcsolatát is elemeztük, azzal a céllal, hogy a szélkarakterisztikák változásainak időjárási helyzetekre való hatásáról információt kaphassunk. A Péczely-kódokat Károssy Csaba, a Szom-



4. ábra: Szélességek (fekete vonal) és irányok (piros pontok: nyugatis (180–360°); kék pontok: keleties (0–180°)) idősora a Budapesthez legközelebb eső rácspontban (é. sz. $47,25^\circ$, k. h. $18,75^\circ$) az 1979–2015 időszakban az 50 hPa, a 150 hPa és a 250 hPa nyomási szinten

1. táblázat: A Péczy (1961) féle makroszinoptikus típusok csoportosítása a ciklonális, illetve anticiklonális jelleg alapján

Kód	Péczy-féle makroszinoptikus típus
ciklonális típusok	
mCc	Ciklon hátoldali áramlási rendszere
Cmc	Mediterrán ciklon
mCw	Ciklon előoldali áramlási rendszere
Cmw	Mediterrán ciklon előoldali áramlási rendszere
zC	Zonális ciklonális helyzet
C	Cikloncentrum a Kárpát-medence felett
anticiklonális típusok	
AB	Anticiklon a Brit-szigetek térségében
Ae	Anticiklon Magyarországtól keletre
Aw	Nyugatról benyúló anticiklon
As	Anticiklon Magyarországtól délre
An	Anticiklon Magyarországtól északra
AF	Fennoskandináv anticiklon
A	Anticikloncentrum a Kárpát-medence felett



5. ábra: A 250 hPa nyomási szinten előforduló 30 ms^{-1} feletti szélsőségek gyakoriságának csökkenését jelző lineáris regressziós együtthatók (meredekség) abszolút értéke (negatív értékek) a k. h. $18,75^\circ$ hosszúsági kör mentén

bathelyi Egyetem professzora bocsátotta rendelkezésünkre. A típusok listáját az 1. táblázat tartalmazza. Az eredményeket elemezve azt láthatjuk, hogy a típusok eloszlásában eltérő magaslégköri szélviszonyok esetében számottevő különbségek jelennek meg. Ha csak azokat az eseteket nézzük, amikor a 250 hPa nyomási szinten 30 ms^{-1} feletti sebességek fordulnak elő (a Budapesthez legközelebb eső rácspont esetében: é. sz. $47,25^\circ$, k. h. $18,75^\circ$), akkor megfigyelhetjük, hogy a várakozásnak megfelelően a ciklonális típusok száma megnövekszik (6. ábra). A szélirányok szerinti felbontást vizsgálva, valamint elkülönítve a 250 hPa

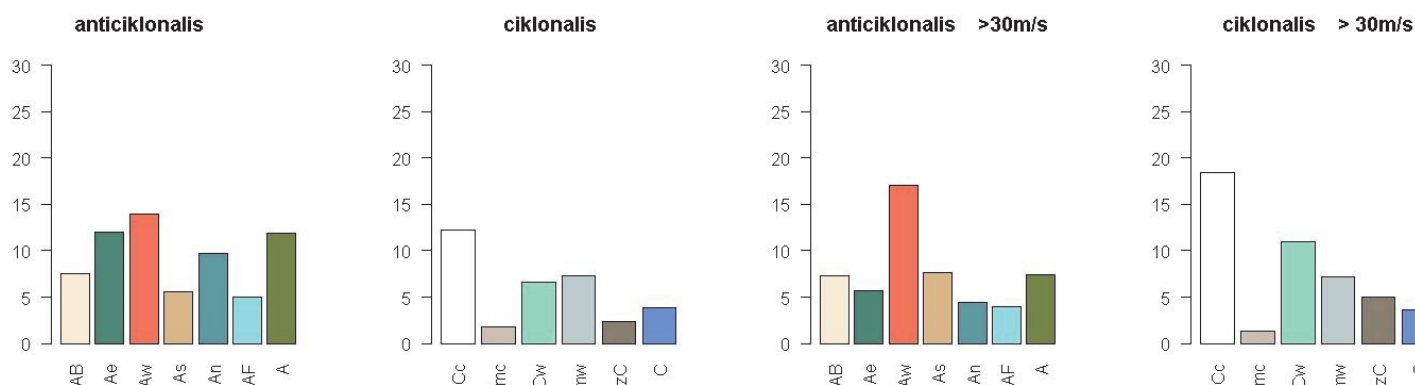
nyomási szinten 30 ms^{-1} feletti szélsőségek időpontokat, azt láthatjuk, hogy amikor a jet stream nyugati vagy déli irányú, akkor gyakoribbak a ciklonális típusok, míg a keleti és északi irányú magaslégköri szél esetében az anticiklonális típusok dominálnak.

Összefoglalás. A cirkulációs rendszerekben végbemenő változások a regionális skálájú meteorológiai viszonyokra is kimutatható hatással vannak. E változások egyik jó indikátoraként a magaslégköri szélmezőket elemeztük a Kárpát-medence térségére. Eddigi eredményeinkből kitűnik, hogy a futóáramlás szintjén az elmúlt 35 évben csökkenő trend detektálható a szélsőségek idősorokban. Megállapítható továbbá, hogy csökkent a 30 ms^{-1} feletti szélsőségek előfordulási gyakorisága a térségben, északról déli irányba haladva egyre erősödő mértékben. Kutatásaink során megvizsgáltuk a 250 hPa nyomási szint szélkarakterisztikáinak függvényében a Péczy-típusok előfordulásaiban jelentkező változásokat is. Elemzéseink azt jelzik, hogy főként nyugatias és délies magaslégköri áramlások esetén dominálnak a ciklonális típusok.

Köszönetnyilvánítás. A kutatásokat támogatta az OTKA K-120605 pályázat, az AGÁRKLIMA2 (VKSZ_12-1-2013-0034) projekt, valamint az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja.

Irodalom

- Barnes, E. A., 2013: Revisiting the evidence linking Arctic amplification to extreme weather in midlatitudes. *Geophysical Research Letters*, 40, 4734–4739.
- Berrisford, P., Dee, D., Fielding, K., Fuentes, M., Kallberg, P., Kobayashi, S. and Uppala, S., 2009: The ERA-Interim Archive. *ERA report series* 1, 1–16.
- Francis, J. A. and Skific, N., 2015: Evidence linking rapid Arctic warming to mid-latitude weather patterns. *Phil. Trans. R. Soc. A* 373, <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0170>.
- Francis, J. A. and Vavrus, S. J., 2012: Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes. *Geophysical Research Letters* 39, L06801.
- Overland, J. E., Francis, J. A., Hanna, E. and Wang, M., 2012: The recent shift in early summer Arctic atmospheric circulation. *Geophysical Research Letters* 39, 1–6.
- Péczy, Gy. 1961: Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek éghajlati jellemzése. *OMSz Kiseb Kiadványai* 32. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest



6. ábra: A Péczy-féle makroszinoptikus típusok relatív gyakorisága (%) a teljes 1979–2015 időszakra nézve (bal oldal), illetve azokban az esetekben, amikor a 250 hPa szinten 30 ms^{-1} feletti szélsőség figyelhető meg (jobb oldal). Az elemzés a Budapesthez legközelebb eső rácspontra (é. sz. $47,25^\circ$, k. h. $18,75^\circ$) készült.