

# VÁLTOZÓ SZELEK – A KÁRPÁT-MEDENCE MAGASLÉGKÖRI ÁRAMLÁSI VISZONYAI

Zsilinszki Anna, Dezső Zsuzsanna, Bartholy Judit, Pongrácz Rita

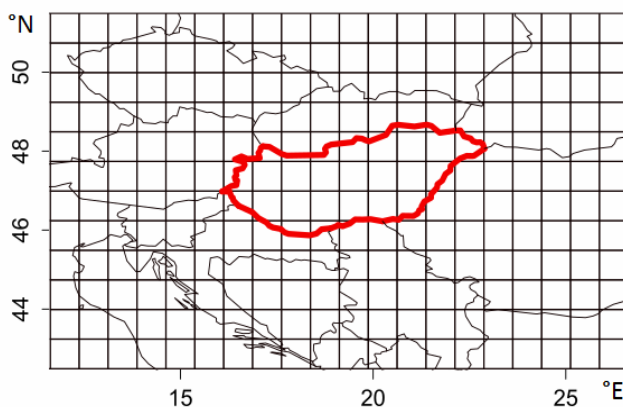
ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/A  
e-mail: zsilinszki@caesar.elte.hu, dezsozsuzsi@caesar.elte.hu,  
bartholy@caesar.elte.hu, prita@nimbus.elte.hu

## Bevezetés

A globális éghajlatváltozás egyik lehetséges következménye a cirkulációs rendszerek megváltozása (Hwang et al., 2011; Overland et al., 2012; Francis & Vavrus, 2015). Ennek fő oka a sarkvidéki területeknek a Föld többi részéhez képesti nagyobb ütemű melegedése (Serreze & Barry, 2011), aminek hatására – a mérsékelt égövi cirkulációs rendszerek fő mozgató rugója – az észak-dél irányú hőmérsékleti kontraszt csökken. E változások mértéke és következményei nem határozhatók meg egyértelműen, a témával kapcsolatban a szakirodalomban sincs teljes egyetértés (Barnes, 2013; Screen & Simmonds, 2013; Francis & Skific, 2015).

Kutatásunk célkitűzése a globális cirkulációs viszonyok megváltozásának regionálisan is megfigyelhető összetevőinek feltárása (Zsilinszki et al., 2015). A globális rendszerek kismértékű átrendeződése regionális skálán jóval nagyobb mértékben érzékelhető lehet bizonyos területek esetében. A cirkulációs viszonyok egyik fő indikátora a magaslégköri áramlások karakterisztikája – elsősorban a jet-stream elhelyezkedése és erőssége – így ezek megváltozásának vizsgálata közelebb vihet a folyamatok megértéséhez.

Elsőként részletesen feltártuk a Kárpát-medence magaslégköri szélviszonyainak általános jellemzőit, majd az elmúlt 37 éves időszak (1979–2015) ERA-Interim reanalízis adatainak (Dee et al., 2011) segítségével változási trendeket, tendenciákat kerestünk az idősorokban. Az adatok a Kárpát-medence térségét 240 rácspontban fedik le 0,75°-os rácsebontásban (1. ábra). Az elemzés során az 500 hPa nyomási szinttől felfelé vizsgáltunk 18 szinten, 1 hPa magasságig.

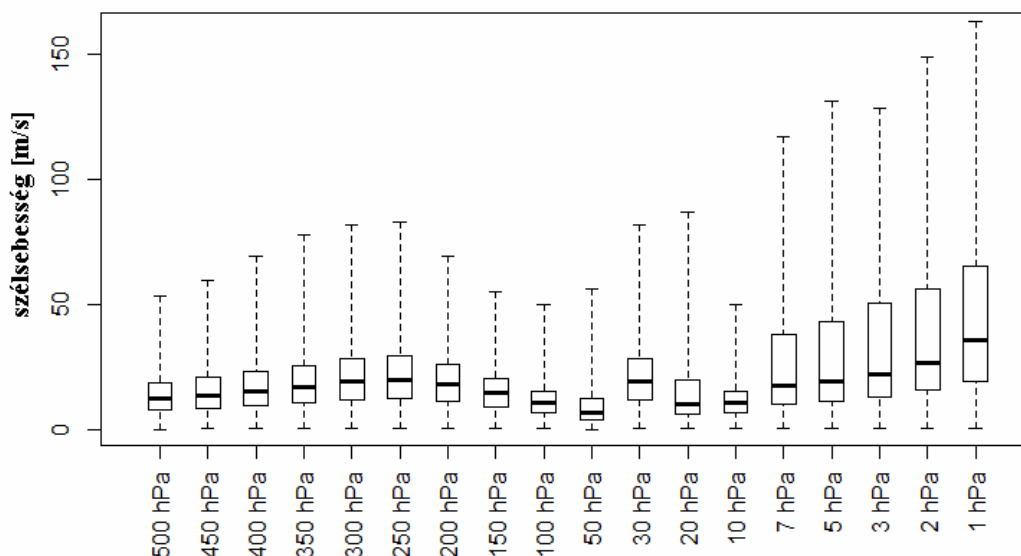


1. ábra: Az elemzés során vizsgált terület.

## A Kárpát-medence általános magaslégköri szélklimatológiája

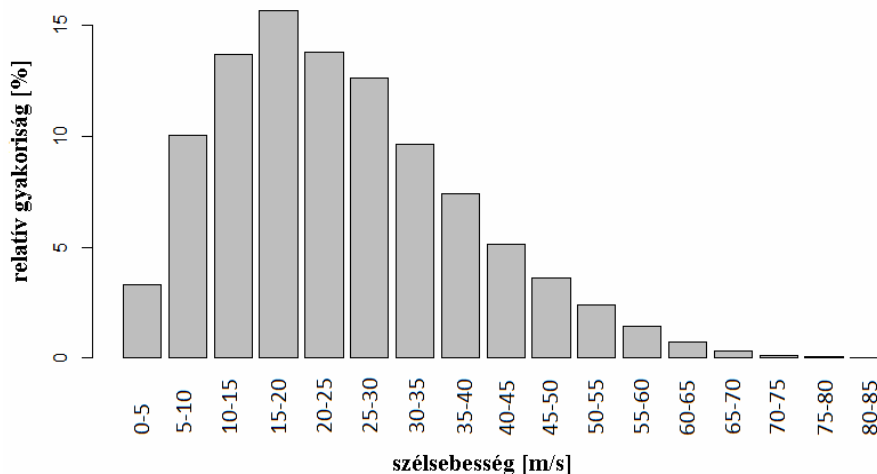
A szélességek eloszlása az egyes nyomási szinteken (2. ábra) kirajzolja, hogy a troposféra területén a maximális szélességek a 250 hPa-os nyomásszint magasságban

találhatók a vizsgált régióban, valamint az átlagos szélesség is itt a legerősebb, így feltekezhethetjük, hogy ez a jet-mag jellemző elhelyezkedési szintje. Felfelé haladva a sztratoszféra területén 50 hPa magasságban található a szélesség minimuma, innen 10 hPa nyomási szintig egyenetlenül, majd pedig egyenletesen emelkedő sebességek figyelhetők meg.



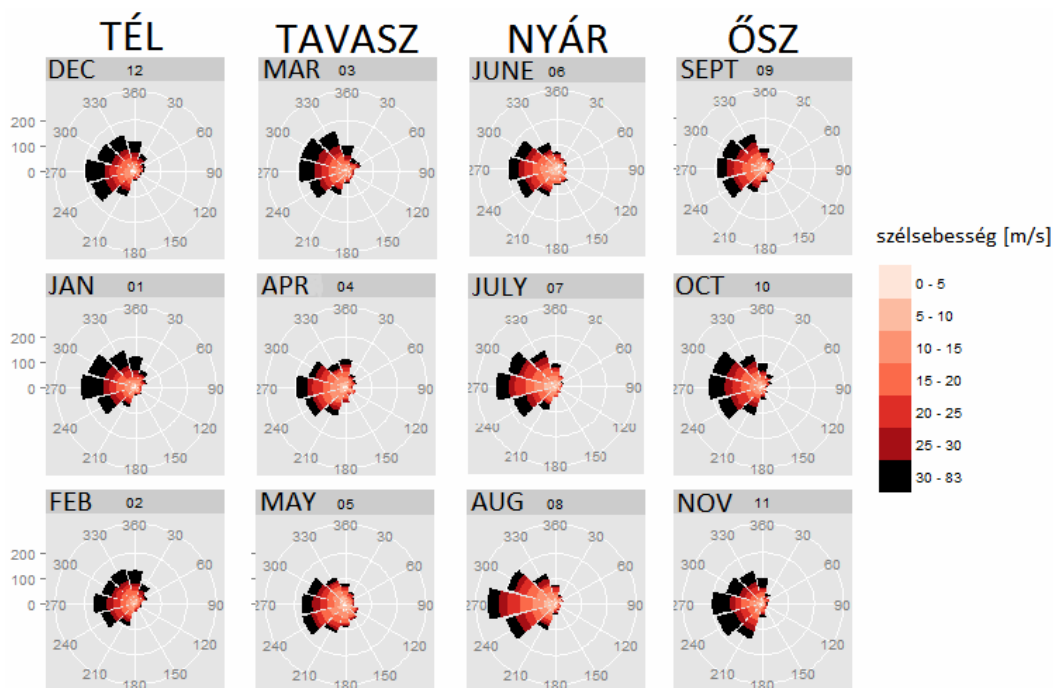
2. ábra: A szélességek eloszlása a vizsgált szinteken 500 hPa – 1 hPa szintig az 1979–2015 időszak adatai alapján. A dobozok alsó és felső lapja jelöli az alsó és felső kvartilis értékeket, a dobozokban lévő vastagabb vízszintes vonal az adott nyomási szint szélességeinek medián értékeit, míg a szaggatott függőleges vonal alsó és felső vége a legkisebb és legnagyobb szélesség értékeit.

Minden vizsgált nyomási szintre meghatároztuk az előforduló szélességek empirikus gyakoriság- és eloszlásfüggvényeit. Ezek közül a jetekhez kapcsolható 250 hPa nyomási szint szélességének eloszlását mutatjuk be a 3. ábrán. Jól látható az aszimmetrikus eloszlás, és leolvasható, hogy az előforduló szélességek leggyakrabban a 15–20 m/s-os tartományba esnek.

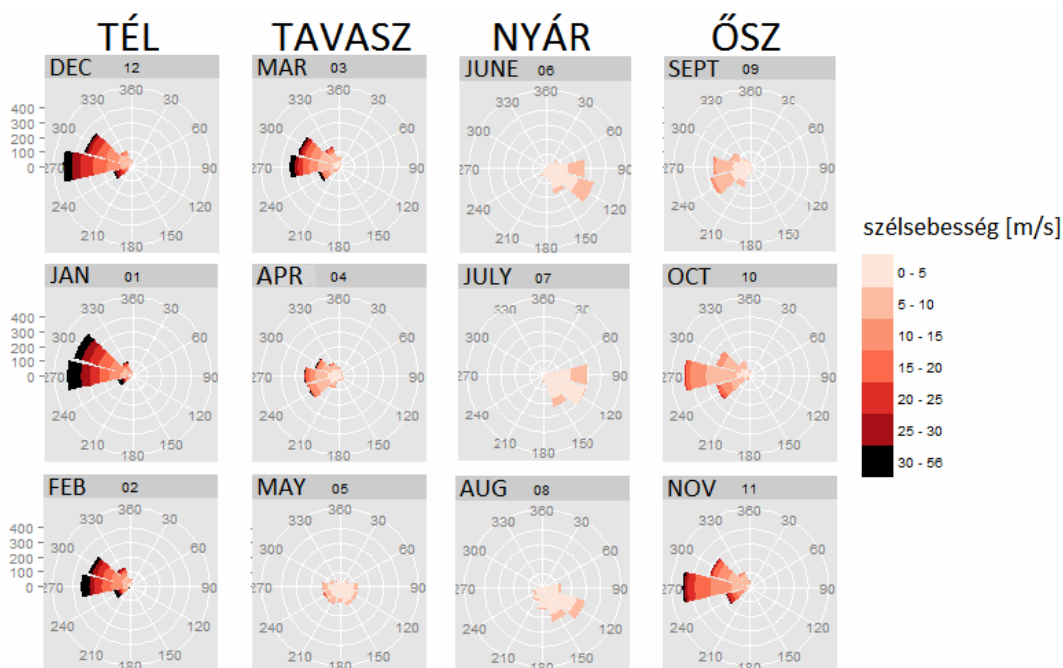


3. ábra: A szélességek eloszlása a 250 hPa nyomási szinten az 1979–2015 időszakban.

A szélességek eloszlása mellett a szélirányok előfordulását is elemeztük havi bontásban. Vizsgálatainkból egyértelműen kitűnik, hogy minden szinten a nyugatias szélirány az uralkodó. Az elkészített grafikonok közül csak két példát mutatunk be: a 250 hPa, illetve az 50 hPa nyomási szintre (4. ábra, illetve 5. ábra).

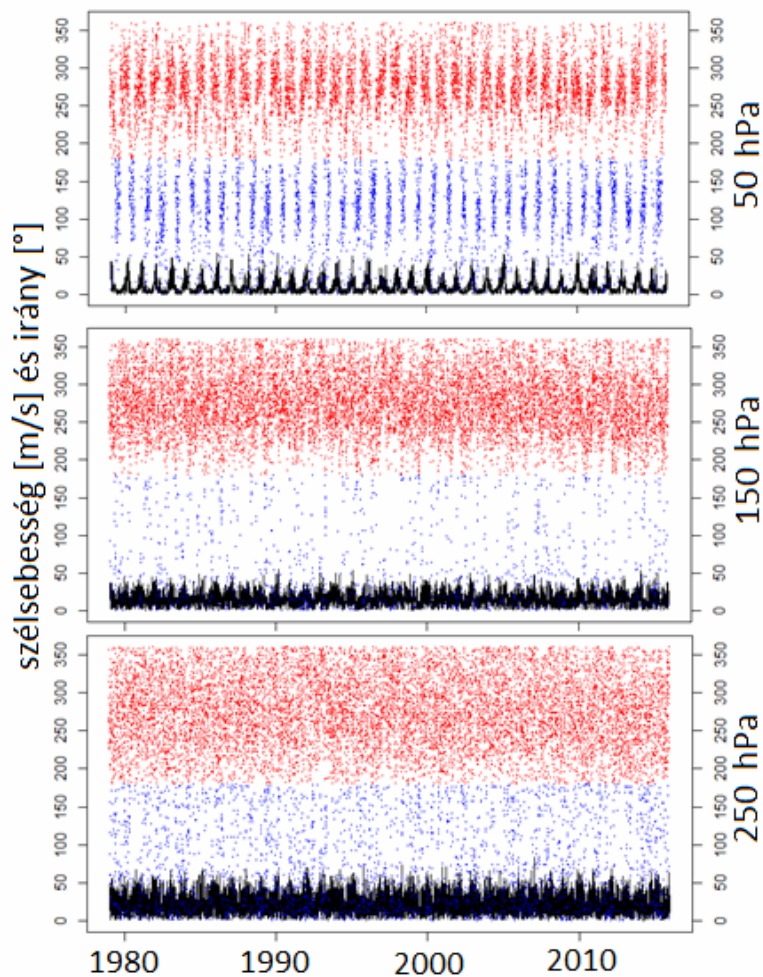


4. ábra: A 250 hPa nyomási szint szélirányai (irányokra eső esetszám) havi bontásban az 1979–2015 időszak reanalízis adatai alapján. A színek a szélességek arányát jelzik az egy-egy irányba eső adatokra nézve.



5. ábra: Az 50 hPa nyomási szint szélirányai (irányokra eső esetszám) havi bontásban az 1979–2015 időszak reanalízis adatai alapján. A színek a szélességek arányát jelzik az egy-egy irányba eső adatokra nézve.

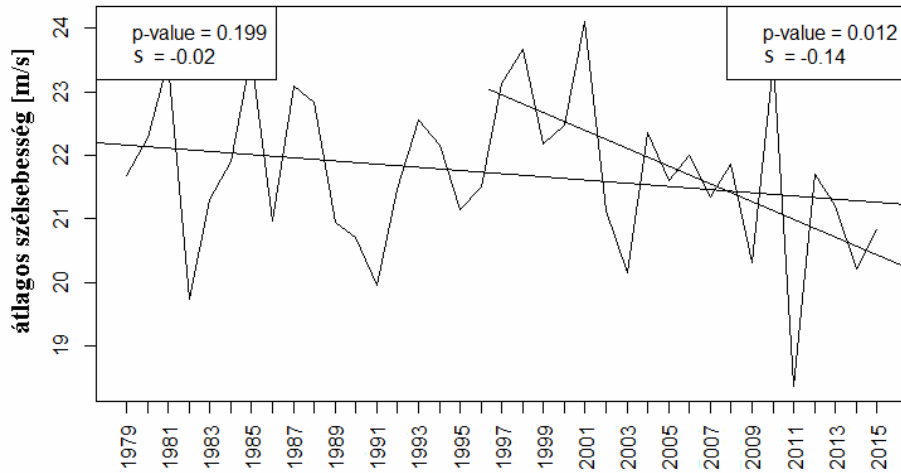
A felső légköri szintek közül az alacsonyabbakon (pl. a 250 hPa szinten is) egész évben a nyugatias szélirányok dominálnak, viszont felfelé haladva először az 50 hPa-os szinten megjelennek gyenge szélességgel keleties irányok is a nyári időszakban (5. ábra). A szélességeknek és irányoknak ezen a szinten jellegzetes éves menete figyelhető meg (6. ábra), mely során jellemzően április-május hónapban fordul a szélirány keletiesre, majd augusztus végén, szeptember elején a nyugatias irány válik ismét dominánssá. Ez a szabályos időszakos szélfordulás a lejjebb található szinteken már nem jellemző. A keleties szélirányok előfordulási gyakorisága 50 hPa szinten 32%, lefelé haladva ez az arány csökken, a 150 hPa szinten már csak 10%, majd ismét gyenge növekedés figyelhető meg, ugyanis a 250 hPa nyomási szinten már 22%-os arányban fordulnak elő.



6. ábra: A szélességek (fekete vonal) és irányok (keleties - kék, nyugatias - piros) időszora a Budapesthez legközelebb eső rácspontban (É.sz. 47,25°, K.h. 18,75°) az 1979–2015 időszakra.

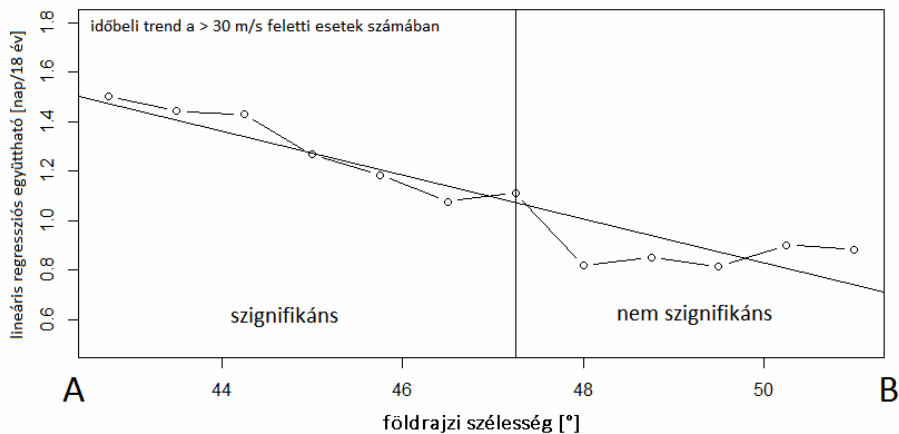
### Trendek a magaslégköri szélességekben

A teljes vizsgálati időszakban esetlegesen már megfigyelhető változásokat lineáris trend illesztéssel vizsgáltuk mind a 18 szintre vonatkozóan. E tanulmányban példaként a jetekekhez kapcsolható 250 hPa nyomási szintre kapott eredményeket foglaljuk össze. Az éves átlagos szélességek idősorát tekintve csökkenő trend figyelhető meg (7. ábra), mely azonban nem szignifikáns a teljes időszakra (1979–2015) vonatkozóan. Ha viszont csak az elmúlt két évtizedet (1997–2015) tekintjük, akkor már statisztikailag szignifikáns a csökkenés.



7. ábra: Az éves átlagos szélesebességek trendje a 250 hPa nyomási szinten a kivágat összes rácspontját számításba véve (1979–2015).

Megvizsgáltuk az illesztett lineáris regressziók trendegyütthatóinak térbeli változását, melyhez egy-egy hosszúsági kör mentén elhelyezkedő rácspontok idősorait elemeztük az éves átlagos szélesebességeket, illetve a 30 m/s-ot meghaladó szélesebességek éves előfordulását tekintve. Szignifikáns trendek csak az 1997–2015 időszakra adódtak, melyek közül a 8. ábrán a 30 m/s-ot meghaladó szélesebességekre kapott eredményeket mutatjuk be. Jól látható, hogy a negatív trend mértéke dél felé haladva növekszik.



8. ábra: A lineáris regressziós együttható értékek a 30 m/s feletti szélesebességek éves esetszám idősorára a k.h. 18.75° hosszúsági kör mentén (1997–2015).

## Összefoglalás

Az éghajlatváltozás egyik lehetséges hatása a cirkulációs rendszerek módosulása. A mérsékelt övi területen a cirkulációs viszonyok egyik fő jellemzője a magaslégköri szelek, illetve azon belül is a jet-stream karakterisztikája. A nagytérségű cirkuláció kisebb mértékű megváltozása regionális szinten akár szélsőséges változásokat is eredményezhet, ezért megvizsgáltuk a Kárpát-medence területén a magaslégköri szelek általános viselkedését az ERA-Interim adatbázis alapján az időbeli változásuk tekintetében is. Összességében el-

mondható, hogy csökkenő szélsőségek trend figyelhető meg, főként az 1997–2015 időszakban, mely trend mértéke északról dél felé haladva erősödik.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat támogatta az AGÁRKLIMA2 (VKSZ\_12-1-2013-0034) projekt, valamint az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja.

### Hivatkozások

- Barnes, E.A., 2013: Revisiting the evidence linking Arctic amplification to extreme weather in midlatitudes. *Geophys Res Lett.*, 40: 4734–4739. doi:10.1002/Grl.50880
- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Hólm, E. V., Isaksen, I., Kallberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.J., Park, B.K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.N., and Vitart, F., 2011: The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Q J Roy Meteor Soc.*, 137: 553–597. doi:10.1002/qj.828
- Francis, J., Vavrus, S.J., 2015: Evidence for a wavier jet stream in response to rapid Arctic warming. *Environ Res Lett.*, 10: 14005. doi:10.1088/1748-9326/10/1/014005
- Francis, J., 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>
- Hwang, Y.T., Frierson, D.M.W., Kay, J.E., 2011: Coupling between Arctic feedbacks and changes in poleward energy transport. *Geophys Res Lett.*, 38: 1–5. doi:10.1029/2011GL048546
- Overland, J.E., Francis, J.A., Hanna, E., and Wang, M., 2012: The recent shift in early summer Arctic atmospheric circulation. *Geophys Res Lett.*, 39: 1–6. doi:10.1029/2012GL053268
- Screen, J.A., and Simmonds, I., 2013: Exploring links between Arctic amplification and mid-latitude weather. *Geophys Res Lett.*, 40: 959–964. doi:10.1002/grl.50174
- Serreze, M.C., Barry, R.G., 2011: Processes and impacts of Arctic amplification: A research synthesis. *Global Planet Change*, 77: 85–96. doi:10.1016/j.gloplacha.2011.03.004
- Zsilinszki, A., Dezső, Zs., Bartholy, J., Pongrácz, R., 2015: A futóáramlás (jet-stream) szinoptikus klimatológiai vizsgálata a Kárpát-medencében. In: Aktuális kutatások az ELTE Meteorológiai Tanszékén. Jubileumi kötet - 70 éves az ELTE Meteorológiai Tanszéke. (Pongrácz R., Mészáros R., Kis A. szerk.) *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 26.: 92–96. <http://nimbus.elte.hu/oktatás/metfuzet/EMF026/PDF/02-Dian-et-al.pdf>