

A MEDITERRÁN CIKLONOK KLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATA REANALÍZIS ADATOK ALAPJÁN

CLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE CYCLONES IN THE MEDITERRANEAN REGION BASED ON REANALYSIS DATA

Kelemen Fanni Dóra, Bartholy Judit, Pongrácz Rita

ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest, 1117, Pázmány Péter sétány. 1/A.
fannikelemen@hotmail.com, bartholy@elte.hu, prita@elte.hu

Összefoglalás: A dolgozat célja a mediterrán térség ciklonjainak klimatológiai elemzése valós mérési eredményeken alapuló reanalízis adatok felhasználásával. A mediterrán ciklonok jelentősége térségünkben nagy az átvonulásukhoz kapcsolódó heves esőzések, illetve havazások, és más veszélyes időjárási jelenségek miatt. A tanulmányban megvizsgáljuk a ciklonok gyakoriságának éves eloszlását, illetve területi mintázatát. A ciklonazonosításhoz felhasznált reanalízis adatok forrása az ERA Interim, illetve az NCEP-DOE R2 adatbázisok, melyeket az 1981–2010-es időszakra elemeztünk.

Abstract: The aim of the study is to give a climatological analysis of the cyclones in the Mediterranean region based on reanalysis data. The cyclones generated in the Mediterranean are important since they often result in heavy rain and snow events and other hazardous weather. In this study we analysed the annual cycle and the spatial patterns of cyclone frequency. The datasets used for the cyclone identification are from the ERA Interim and the NCEP-DOE R2 reanalysis data for the period between 1981 and 2010.

Bevezetés. A mediterrán térségben kialakuló ciklonok nagy hatással vannak hazánk időjárásának alakulására és ezen keresztül az éghajlati paraméterekre is.

A mérsékelt övi ciklonok jellemzőit sokan, számos módszerrel elemezték (*Serreze, 1995; Hoskins és Hodges, 2002; Pinto et al., 2005*) különböző területeket figyelembe véve. Kifejezetten a mediterrán térség ciklonjait vizsgáló munkák is ismeretesek (*Trigo et al., 1999; Lionello és Giorgi, 2007; Bartholy et al., 2009*). A ciklonok azonosításának módszerét két fő csoportra oszthatjuk. Az euleri módszer egy adott paraméter mezejéből kiválasztott jól azonosítható szinoptikus jel szórását vizsgálja (*Hoskins és Hodges, 2002; Lionello és Giorgi, 2007*). A lagrange-i megközelítés pedig a ciklonokat egy vagy több tulajdonságuk alapján azonosítja a vizsgált mezőben, majd végigköveti fejlődésüket. A dolgozatban az utóbbi módszertan egy változatát alkalmaztuk.

A vizsgálatban definíció szerint mediterrán ciklonnak tekintünk minden olyan mérsékelt övi ciklont, amely a Földközi-tenger térségében képződött. E ciklonok általában kisebbek és nem olyan mélyek, mint a mérsékelt övi ciklonok többsége, és dinamikájukban is kissé eltérnek ezektől. Fejlődésükben jelentős szerepet játszik a Földközi-tenger, mely nedvesség és látens hőforrás számukra.

A munka során első lépésként egy ciklon felismerő algoritmust fejlesztettünk ki, amely a tengerszinti légnyomás (mean sea level pressure, MSLP) mező és a 850 hPa-os izobár szinti örvényesség alapján azonosítja a ciklonközpontokat. A módszer az MSLP mezőben minimumokat, az örvényesség mezőben pedig maximumokat keres, mivel a ciklonok alacsony nyomású vertikális tengelyű örvényeknek tekinthetőek.

mokat keres, mivel a ciklonok alacsony nyomású vertikális tengelyű örvényeknek tekinthetőek.

A vizsgálatokat a közelmúlta, az 1981-től 2010-ig terjedő időszakra végeztük el. A ciklonazonosításhoz szükséges adatbázis a mediterrán térségre vonatkozóan két reanalízis idősorból: az ERA Interim 2,5°-os felbontású verziójából és az NCEP-DOE második számú reanalízisének 2,5°-os felbontású adataiból állt.

A tanulmány első felében a felhasznált adatok, illetve a módszertan kerül bemutatásra, majd az eddig elért eredmények ismertetése, s egy rövid összefoglaló következik.

Adatok és módszer. A reanalízis adatbázisok a légkör állapotának globális elemzése, melyeket múltbeli mérési adatok felhasználásával egy egységes korszerű adatasszimilációs rendszerrel állítanak elő a nagyobb meteorológiai központok, főként kutatási célokra. Munkánk során a ciklonok előfordulását két különböző felbontású és különböző adatasszimilációs rendszerrel készült reanalízis adatson vizsgáltuk.

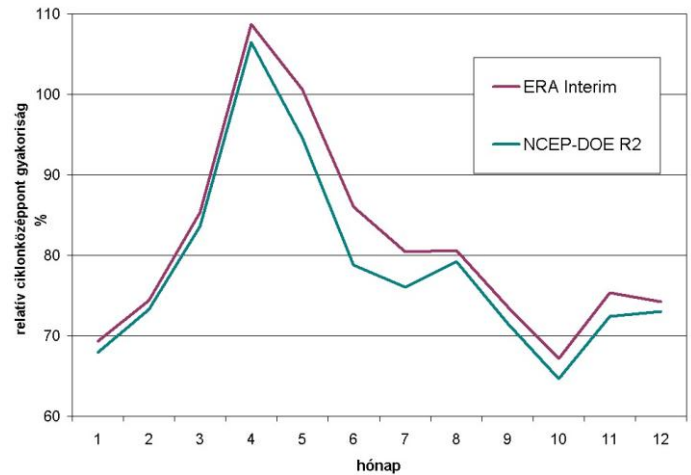
NCEP-DOE Reanalízis 2. Az NCEP-DOE Reanalízis 2 az amerikai Nemzeti Környezeti Előrejelző Központ (National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (*Kanamitsu et al., 2002*) által készített adatbázis, horizontális felbontása 2,5°. A vizsgált terület a ny.h.15°-tól a k.h.45°-ig, illetve az é.sz.27,5°-tól az é.sz.55°-ig terjed. A ciklonok azonosításához az MSLP-t és a 850 hPa-os izobár szint relatív örvényességét használtuk fel. Mivel az örvényesség adatok nem voltak közvetlenül elérhetőek, ezért a 850 hPa-os izobár szint szélkomponens (*u*, keleties és *v*, északias) értékek alapján mi számítottuk az örvényességet.

ERA Interim Reanalízis. Az ERA Interim reanalízis az Európai Középtávú Időjárás Előrejelző Központ (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) által készített reanalízis (Dee et al., 2011). Az adatbázis 1979-től indul, és napjainkig folyamatosan bővül. A reanalízis eredeti felbontása T255, mely körülbelül $0,75^\circ$ horizontális felbontású rácsnak feleltethető meg. A munka során az összehasonlíthatóság érdekében az NCEP-DOE reanalízissel megegyező, $2,5^\circ$ -os horizontális felbontáson használtuk fel az adatokat. A felhasznált változók ugyanazok, mint az előző esetben, és a vizsgált terület is megegyezik az előzővel.

Módszer. A ciklonokat a MSLP és a 850 hPa-os izobár szintű örvényesség mezejének szélsőértékei alapján határoztuk meg. Mérsékeltövi ciklonok azonosításához gyakran használt paraméter az MSLP mező (Hoskins és Hodges, 2002; Lionello és Giorgi, 2007; Bartholy et al., 2009) amelynek minimumai jelölik a ciklonközpontokat. Az MSLP mezőt viszont jelentős mértékben befolyásolja a nagy skálájú folyamatok háttermezeje, illetve az extrapoláció, amivel a földfelszíni légnyomás értékét átszámítjuk a tengerszintre. Az extrapoláció révén megjelenik a domborzat hatása az adatokban. A ciklonok azonosításához általánosan használt paraméter még a szabad légkör alsó szintjének örvényessége is, amelynek maximumai jelölik a ciklonközpontokat. Ez a mező jobban leírja a kisebb skálájú folyamatokat, így a mediterrán térség ciklonjai is jobban beazonosíthatóak (Hoskins és Hodges, 2002). Nagy felbontású adatok esetében viszont zajos lehet, ezért szükséges a simítása (Woollings et al., 2010) vagy kisebb felbontáson való alkalmazása (Hodges et al., 2011). Mindezek figyelembevételével mindkét adatbázis esetében a $2,5^\circ$ -os horizontális felbontást alkalmaztuk. Az örvényesség mezőt alkalmazva a kereső algoritmusok jellemzően több ciklont azonosítanak, mintha a nyomási mezőket használjuk (Hodges et al., 2011). Ezen tulajdonságokat figyelembe véve döntöttünk a két mező együttes használata mellett. Így az örvényességi mező segítségével azonosíthatjuk a kisebb skálán előforduló örvényeket, de a nyomási mező figyelembevételével kiszűrjük a nem ciklonális képződményekhez kapcsolódó örvényeket.

Az algoritmus tehát az MSLP mezőben a minimumokat keresi, míg az örvényesség mezőben a maximumokat. Abban az esetben, ha a két szélsőség egymás közelében található, akkor azt egy lehetséges ciklon-középpontként azonosítja. Ez után megvizsgálja a középpont környezetét, és azon rácsponthoz, ahol a légnyomás $1013,15$ hPa-nál kisebb, és egyben az örvényesség 10^{-6} 1/s-nál nagyobb, a ciklonhoz tartozó területnek tekinti. A küszöbértékeket a szakirodalom (Trigo et al., 1999; Bartholy et al., 2009) és a saját empirikus vizsgálataink alapján határoztuk meg.

Eredmények. Elemzéseink során az adatsorokban azonosított ciklon-középpontok időbeli gyakoriságát vizsgáltuk. Értékeljük az egész térségre a vizsgált 30 évre vo-



1. ábra: A mediterrán térségben beazonosított átlagos havi relatív ciklonközpont gyakoriság értékek az ERA Interim és az NCEP-DOE R2 reanalízis adatsorok alapján (1981-2010 időszak).

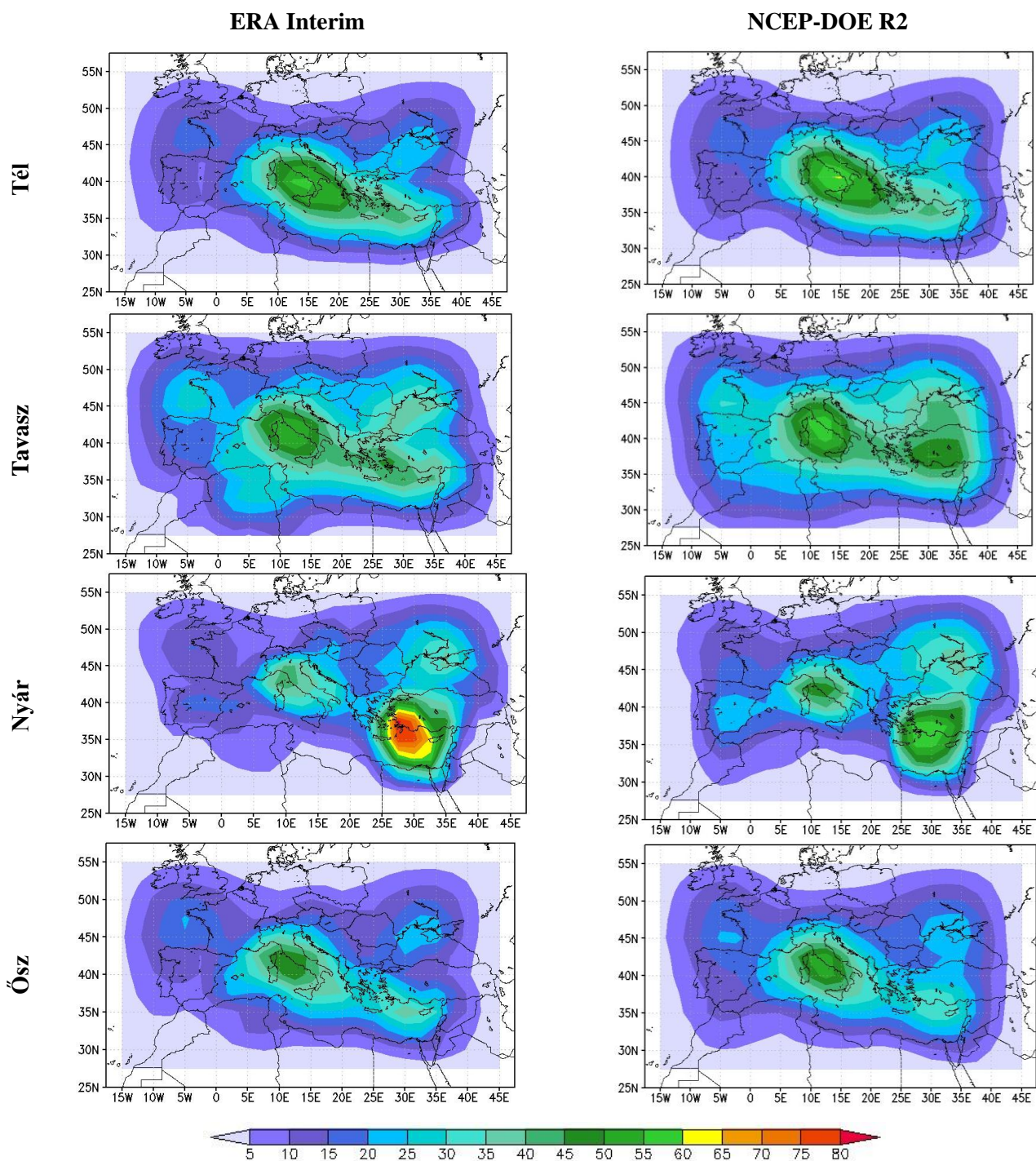
natkozó átlagos havi ciklon gyakoriság adatokat, és az évszakos ciklon gyakoriság értékek területi eloszlását.

Az 1. ábrán látható a havi relatív gyakoriság értékek évi menete, ahol a 100%-nak azt tekintettük, ha a vizsgált hónap minden időlépcsőjében jelen volt a térségben egy ciklon. Természetesen előfordulhat olyan eset is, hogy ezen elméleti maximumon felül bizonyos időlépcsőkben több ciklon is található a térségben, ezért nem ellentmondás, ha a gyakoriság értéke esetleg meghaladja a 100%-ot. A két reanalízis mezősoron végzett elemzésben a gyakoriságok évi menete jó egyezést mutat. Az ERA Interim adatokból valamelyest több ciklon azonosítható, ami összhangban van más, korábbi tanulmányok (pl. Hanson et al. 2004; Trigo, 2006) eredményeivel.

Mindkét reanalízis adatbázis alapján áprilisban fordul elő a térségben a legtöbb ciklon.

A ciklonok területi eloszlását évszakos gyakoriság térképeken mutatjuk be (2. ábra). A térképekről leolvasható, hogy a két különböző reanalízis alapján meghatározott ciklonközpontok gyakoriságának területi elhelyezkedése jó egyezést mutat, csak nyáron Ciprus térségében figyelhető meg eltérés. Tehát a ciklonok leggyakrabban az Appennini-félsziget, Ciprus és a Fekete-tenger területén fordulnak elő. Ezek a térségek jól átfednek a szakirodalomból (Trigo et al., 1999) ismert főbb mediterrán ciklogenezis központok területi elhelyezkedésével.

A téli ciklongyakoriság eloszlás térképeken a fő maximumok az Appennini-félsziget déli térségében jelennek meg. E mellett csökkenő jelentőséggel, az Égei-tenger és Ciprus környékén, illetve a Fekete-tenger nyugati felénél található magas gyakorisági értékek. Tavasszal a legnagyobb ciklongyakoriság értékek szintén az Appennini-félsziget környékén találhatóak, de most kicsit északabbra. Emellett megfigyelhető még egy maximum Ciprus térségében és a Fekete-tengernél.



2. ábra: A ciklonközpontok gyakorisági értékek területi eloszlása a két reanalízis adatbázis alapján (ciklon-középpont / 6h /évszak egységben kifejezve).

A Földközi-tenger térségében megjelenő nyári ciklonközpontok szerint három fő gócpont azonosítható, melyek jól elkülöníthetők egymástól. Ezek a Genovai-öböl, a Földközi-tenger keleti medencéje és a Fekete-tenger északi része, illetve negyedikként még megjelenik egy gyengébb maximum az Ibériai-félszigeten. A legnagyobb különbség a két reanalízis eredményei között ebben az évszakban látható. Az ERA Interim adatok alapján jóval nagyobb a Ciprus térségében képződő és átvonuló ciklonközpontok száma. Az őszi gyakoriság eloszlás térképeken a két adatsor mintázata nagyon hasonló. A legmarkánsabb ciklongyakoriság ebben az évszakban is az Appennini-félsziget környékén található, ami mellett még megjelenik a ciprusi és az észak

fekete-tengeri középpont. Az ERA Interim adatsorban talált több ciklon valószínűleg az adatok nagyobb eredeti felbontásának köszönhető. Tehát a nagyobb felbontáson előállított adat simított mezőjéből több ciklon volt azonosítható, mint az eleve kisebb felbontáson előállítottból. Ennek oka lehet többek között az orográfia eltérő felbontású figyelembevétele, a két adatasszimilációs rendszer eltérései valamint a bemenő megfigyelési adatok és egyéb technikai részletek.

Összegzés. A munka során két reanalízisből azonosított ciklonok átlagos megjelenési gyakoriságának éves menetét, illetve évszakos területi elrendeződését vizsgáltuk. Az elemzett tartomány a Kárpát-medence irányába kibő-

vített mediterrán térség volt, figyelembe véve, hogy a mediterrán ciklonok jelentős hatással vannak hazánk időjárására. A két adatsort egységesen az 1981 és 2010 közötti harminc éves időszakra vonatkozóan alkalmaztuk. A vizsgálatok igazolták, hogy a két különböző reanalízis adatsor alapján azonosított ciklonok gyakoriságának éves menete jó egyezést mutat, és hogy a térségben leggyakrabban áprilisban fordulnak elő ciklonok.

Köszönetnyilvánítás

A munka során felhasznált NCEP-DOE reanalízis adatokat a NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, biztosította, az ERA Interim adatokat, pedig az ECMWF biztosította. A kutatást az OTKA K-78125 számú pályázata támogatta, valamint a FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013, a KMR_12-1-2012-0206 és a GOP-1.1.1.-11-2012-0164 kutatási pályázatok.

Irodalom

Bartholy, J., Pongrácz, R., Pattantyús-Ábrahám, M., 2009: Analyzing the genesis, intensity, and tracks of western Mediterranean cyclones. *Theor Appl Climatol* 96:133–144.

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., Kållberg, 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. R. Meteorol. Soc.* 137: 656, 553–597.

Dickinson, R.E., R.M. Errico, F. Giorgi and G.T. Bates, 1989: A regional climate model for the western United States, *Climatic Change*, 15: 383–422.

Hanson, C. E., Palutikof, J. P., Davies, T. D., 2004: Objective cyclone climatologies of the North Atlantic - a comparison between the ECMWF and NCEP Reanalyses. *Climate Dynamics*, 22(6-7), 757–769. doi:10.1007/s00382-004-0415-z

Hodges, K. I., Lee, R. W., Bengtsson, L., 2011: A Comparison of Extratropical Cyclones in Recent Reanalyses ERA-Interim, NASA MERRA, NCEP CFSR, and JRA-25. *J. Clim.*, 24: 4888–4906.

Hoskins, B.J. and Hodges, K.I., 2002: New Perspectives on the Northern Hemisphere Winter Storm Tracks. *J. Atmos. Sci.* 59: 1041–1061.

Kanamitsu, M., Ebisuzaki, W., Woollen, J., Yang, S.-K., Hnilo, J.J., Fiorino, M. and Potter, G.L., 2002: NCEP DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 83 (11): 1631–1643

Lionello, P. and Giorgi, F., 2007: Winter precipitation and cyclones in the Mediterranean region: future climate scenarios in a regional simulation. *Adv. Geosci.* 12 : 153–158.

Pinto, J.G., Spanghel, T., Ulbrich, U. and Speth, P., 2005: Sensitivities of a cyclone detection and tracking algorithm: individual tracks and climatology. *Meteorol Zeitschrift* 14: 823–838.

Serreze, M. C., 1995: Climatological aspects of cyclone development and decay in the Arctic. *Atmosphere-Ocean*, 33(1), 1–23.

Trigo, I. F.: 2006. Climatology and interannual variability of storm-tracks in the Euro-Atlantic sector: a comparison between ERA-40 and NCEP/NCAR reanalyses. *Climate Dynamics*, 26(2-3), 127–143. doi:10.1007/s00382-005-0065-9

Trigo, I.F., Davies and T.D., Bigg, GR, 1999: Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region. *J Climate* 12: 1685–1696.

Woollings, T., Hoskins, B., Blackburn, M., Hassell, D. and Hodges, K., 2010: Storm track sensitivity to sea surface temperature resolution in a regional atmosphere model. *Climate Dynamics*, 35(2-3), 341–353. doi:10.1007/s00382-009-0554-3

KISLEXIKON POCKET ENCYCLOPAEDIA

Somfalvi-Tóth Katalin

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest Pf. 38, toth.k@met.hu

Bowen arány a szenzibilis és látens hőáram aránya. (Weidinger T.: *Mikrometeorológiai mérések az ELTE Meteorológiai Tanszékén*)

bulk Richardson szám <BRN, ang> *tényleges Richardson szám*, a meteorológiában használt stabilitási (labilitási) index, dimenzió nélküli, Lewis Fry Richardson (1881-1953) matematikus és meteorológusról elnevezett szám, ami a potenciális és a kinetikus energia, a felhajtó erőből származó sebesség és a vertikális szélnyírás hányadosa. Az elméleti Richardson-szám közelítése véges differenci hányadossal. A kritikus Richardson szám (0,25) alatt a konvekció szabad, a légréteg labilis. (Ács F., Breuer H.: *A talaj szerepe a meteorológiában és a klimatológiában*)

eddy-kovariancia módszer, *eddy korreláció*, *örvény-fluxus módszer* a meteorológiai mérési gyakorlatban a függőleges turbulens fluxus meghatározására és mérésére használt eljárás. A fluxus a pillanatnyi szélesség és valamilyen skaláris mennyiség értékeiből, szennyezőanyag koncentráció,

statisztikus módszerrel kiszámított érték. (Barcza Z., Haszpra L., Hidy D., Gelybó Gy., Dobor L.: *A légkör és a bioszféra közötti szén-dioxid csere vizsgálata*)

geoszinkron műhold, *geostacionárius műhold* a Földdel azonos szögsebességgel rendelkező mesterséges égitest. Mindig az Egyenlítő ugyanazon pontja fölött helyezkedik el. (Weidinger T.: *Mikrometeorológiai mérések az ELTE Meteorológiai Tanszékén*)

hervadásponthoz tartozó vízkészlet, *hervadásponthoz tartozó vízkészlet*, talaj hidrofizikai paraméter. Az a vízmennyiség a talajban, rendszerint a felső 1 méteres rétegre megadva, amelyenél a növényen akkor is a hervadás jelei mutatkoznak, ha a növényt telített térbe helyezzük. A növény által már nem hasznosítható vízmennyiség. Az agrometeorológiai gyakorlatban vízszlop mm-ben adják meg a mennyiségét. (Ács F., Breuer H.: *A talaj szerepe a meteorológiában és a klimatológiában*)

folytatás a173. oldalon