

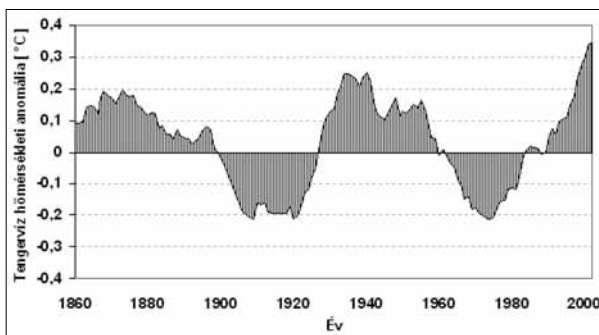
mezőkre, módosítja azt. Ez a módosulás azonban megváltoztatja a légáramlási viszonyokat, amelyek kihatnak a tengeri jég mozgására és a sókoncentráció viszonyokra a Grönlandi-tenger térségben. Ezek pedig visszahatnak az Atlanti-óceán termohalin cirkulációjára.

Cikkünk célja az volt, hogy bemutassuk az egyik használatos AMO-indexet, illetve megvizsgáljuk, hogy az elmúlt évtizedekben kimutatható-e valamilyen kapcsolat az atlanti-európai térség nyári éghajlata és az Atlanti-óceán víz hőmérsékletének több évtizedes oszcillációjára, az AMO között.

Az AMO-index meghatározása

Az AMO jelenség leírására szolgáló AMO-index definíció szerint az Atlanti-óceán Egyenlítőtől északra eső részének víz hőmérsékletéből számított területi átlag trendnélküli időszora. Mivel elsősorban évtizedes időskálán vizsgálják a folyamatot, ezért simítják az így kapott adatsort. A simítás típusa szakirodalomtól függően változó: például lehet Chebyshev-szűrő (Knight et al., 2005), 37 pontos Henderson-szűrő (Sutton és Hodson, 2005), 10 éves (Enfield et al., 2001) vagy éppen 25 éves mozgó átlagolás (Dima és Lohmann, 2007).

Az AMO-index meghatározásához az $5^\circ \times 5^\circ$ -os horizontális rácsfelbontású Kaplan-féle (Kaplan et al., 1998) tengervíz hőmérsékleti reanalízist (Kaplan SST V2) alkalmaztuk 1856-tól 2007-ig. Az AMO-index kiszámítását Enfield et al. (2001) indexszámításához hasonlóan végeztük el. A számítás során az Atlanti-óceán Egyenlítőtől északra fekvő területére (a Ny. h. $77,5^\circ$ -tól K. h. $7,5^\circ$ -ig) eső rácsponthoz tengervíz hőmérsékleti értékeiből területi átlagot számítottunk minden egyes év júniustól szeptemberig (JJAS) terjedő időszakára. Ezt követően a kapott víz hőmérsékleti időszorból kivontuk a lineáris trendet (a lineáris trend szerinti hőmérséklet növekedése az észak-atlanti medencében mintegy $0,4^\circ\text{C}$ volt). Az így kapott trendnélküli időszoron alkalmaztuk még egy 10 éves mozgó átlagolást (1. ábra). A bemutatott AMO-index tehát az Atlanti-óceán északi medencéjének több évtizedes víz hőmérsékleti anomáliáját írja le. A kapott adatsorban az AMO két jellegzetes fázisa különül el, az úgynevezett meleg és hideg fázis. A fázisok közötti hőmérséklet különbség hozzávetőlegesen $0,4^\circ\text{C}$. A megfigyelések szerint az elmúlt másfél évszázad során



1. ábra: Az AMO-index: az Atlanti-óceán északi medencéjének nyári (júniustól szeptemberig tartó), lineáris trend nélküli, tengervíz hőmérsékleti anomáliájának 10 éves mozgó átlaga.

az AMO két teljes, 65-80 éves periódusidejű ciklust írt le. Az 1. ábrán látható, hogy a két meleg fázis az 1860–1880 és az 1930–1960 közötti időszakokra, míg a két hideg fázis az 1905–1925 és 1970–1990 közötti időszakokra tehető. A '90-es évektől egy újabb meleg fázis kezdődött.

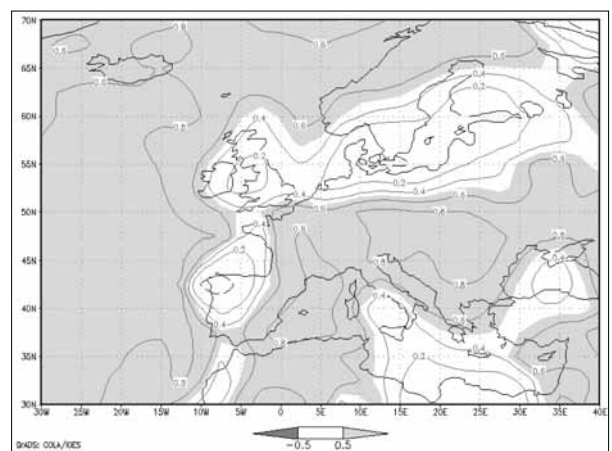
Felhasznált adatok, módszertan

Kapcsolatkereső vizsgálatunkban az AMO indexet a korábban említett Kaplan-féle (Kaplan et al., 1998) tengervíz hőmérsékleti reanalízis adatokból számítottuk ki, az előző fejezetben bemutatottak megfelelően, 1948-tól 2007-ig a kibővített nyári (JJAS) időszakokra.

Felhasználtuk még a NCEP/NCAR $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ -os horizontális rácsfelbontású reanalízis adatait (Kalnay et al., 1996) közül a felszíni léghőmérsékleti (T_f) és a 850 hPa-os hőmérsékleti mezőt (T_{850}), a tengerszinti légnyomási (SLP) és az 500 hPa-os geopotenciális szint magassági mezőjét (AT_{500}), valamint a relatív nedvességi mezőket az 1000 (RH_{1000}) és 700 hPa-os (RH_{700}) szintekre. Az elemzéseket az 1948 és 2007 közötti JJAS időszakokra végeztük el az atlanti-európai térség felett. Mindenekes, a térségre eső rácsponthoz az idősorokból kivontuk a trendet és 10 éves mozgó átlagolást alkalmaztunk. Ezt követően a rácsponthoz ilyen módon kapott meteorológiai paramétereinek idősorai és az AMO-index között meghatároztuk a lineáris korrelációs együttható értékét. A továbbiakban mindegyik meteorológiai paraméter esetében a trendnélküli, 10 éves mozgó átlagolást használjuk.

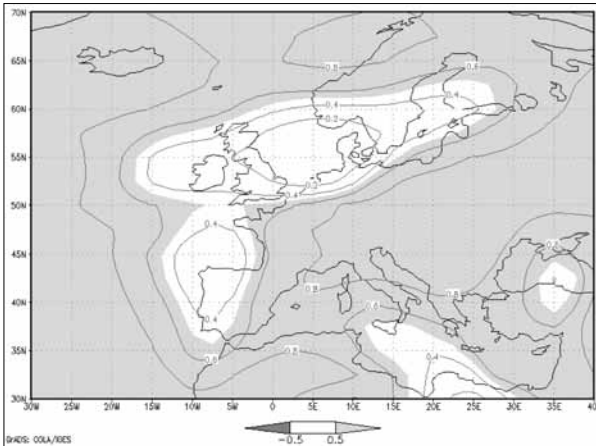
Eredmények

Az AMO-index és a T_f között számolt korrelációs mezőt a 2. ábra mutatja be. Az ábrán jól látható, hogy az óceán felett erős ($r > 0,8$) korrelációs értékek mutatkoznak. Hasonlóan magas értékek találhatók a Földközi-tenger nyugati medencéjében, Franciaország középső és déli részénél, Alpok térségében, Közép- és Kelet-Európa déli



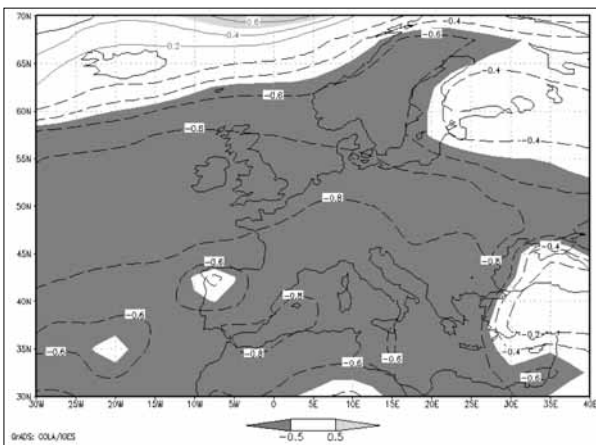
2. ábra: Az AMO-index korrelációja a felszíni középhőmérséklettel (T_f) a nyári időszakban (JJAS). Mindegyik adatsor trendnélküli, 10 éves mozgó átlagolást. A folytonos (szaggatott) vonal a pozitív (negatív) korrelációs együtthatókat határoló izovonalakat jelöli. Az abszolút értékben 0,5-nél nagyobb korrelációs értékeket szűrőkéséssel jelöltük.

részén - beleértve a Kárpát-medencét - illetve a Skandináv-félsziget északnyugati részei felett. Ha az AMO és a T_{850} -es mező kapcsolatát vizsgáljuk, hasonló térbeli szerkezetet tapasztalhatunk a korrelációs együtthatót ábrázoló térképen (3. ábra). Ez utóbbi esetben azonban már egész Közép- és Kelet-Európa felett erős ($r > 0,8$, a Kárpát-medence délkeleti részénél $r > 0,9$) korrelációs együtthatók figyelhetők meg. Ezen eredmények alapján elmondható, hogy az AMO pozitív fázisának időszakában melegebb Közép- és Kelet-Európa nyári éghajlata, mint az AMO negatív fázisa idején.



3. ábra: Az AMO-index korrelációja a 850 hPa-os szinti közéghőmérséklettel (T_{850}) a nyári időszakban (JJAS). Mindegyik adatsor trendnélküli, 10 éves mozgó átlagolású. A folytonos (szaggatott) vonal a pozitív (negatív) korrelációs együtthatókat határoló izovonalakat jelöli. Az abszolút értékek 0,5-nél nagyobb korrelációs értékeket szürkítéssel jelöltük.

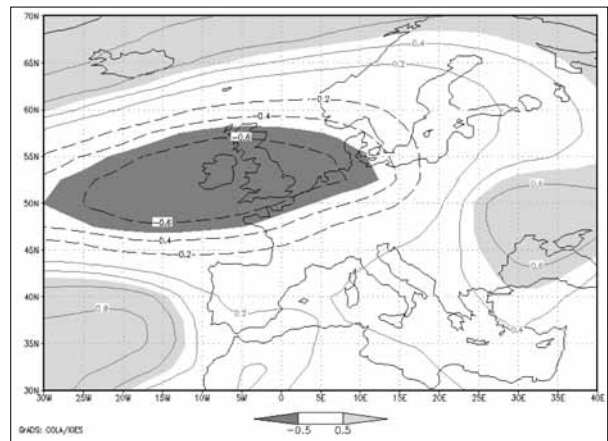
A 4. ábrán bemutatott, az AMO-index és az SLP között számolt korrelációs mező alapján arra következtethetünk, hogy az AMO pozitív fázisa idején az egész kontinensen alacsonyabb a nyári tengerszinti légnyomás, mint az AMO negatív fázisa során. Ugyanis erős ($r < -0,8$) negatív kor-



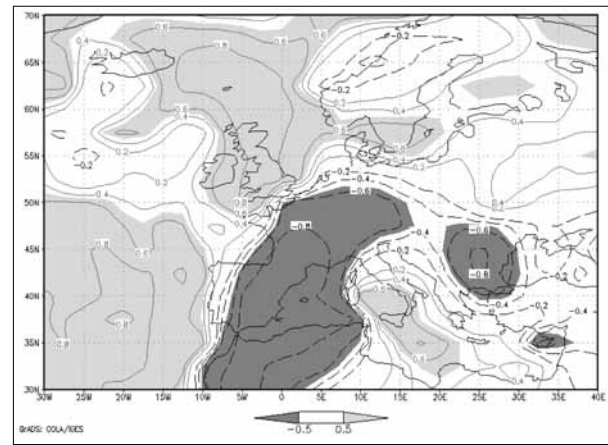
4. ábra: Az AMO-index korrelációja a tengerszinti légnyomással (SLP) a nyári időszakban (JJAS). Mindegyik adatsor trendnélküli, 10 éves mozgó átlagolású. A folytonos (szaggatott) vonal a pozitív (negatív) korrelációs együtthatókat határoló izovonalakat jelöli. Az abszolút értékben 0,5-nél nagyobb korrelációs értékeket szürkítéssel jelöltük.

relációs együttható látható az óceán és a kontinens jelentős része felett.

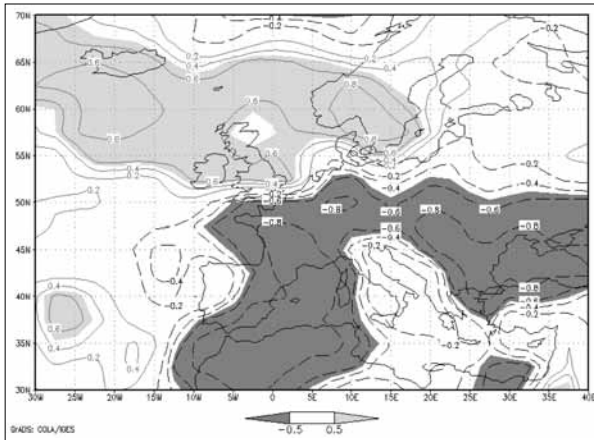
Az AT_{500} és AMO között végzett korrelációs számítás alapján (5. ábra) elmondható, hogy az AMO-index emelkedésekor csökken a Brit-szigetek térségében a nyári geopotenciális érték, amely a gyakoribb, vagy a szokásosnál mélyebb teknő kialakulására enged következtetni. Ugyanakkor Kelet-Európa déli része felett mutatkozó pozitív korrelációs értékek találhatók. Ez utóbbi szerint az AMO pozitív fázisa során gyakoribb, vagy erősebb a magassági gerinc kiépülése az érintett – pozitív korrelációs együtthatójú – területek felett, mint ahogy az az AMO negatív fázisának időszakában alakulna. Ebben a helyzetben Közép-Európa a Brit-szigetek térségében gyakori teknő előoldalán és az említett magassági gerinc hátoldalán helyezkedik el az AMO pozitív fázisának időszakában. Megállapíthatjuk, hogy a közép-troposzférában dominánsabbá



5. ábra: Az AMO-index korrelációja az 500 hPa-os geopotenciállal (AT_{500}) a nyári időszakban (JJAS). Mindegyik adatsor trendnélküli, 10 éves mozgó átlagolású. A folytonos (szaggatott) vonal a pozitív (negatív) korrelációs együtthatókat határoló izovonalakat jelöli. Az abszolút értékben 0,5-nél nagyobb korrelációs értékeket szürkítéssel jelöltük.



6. ábra: Az AMO-index korrelációja az 1000 hPa-os szinti relatív nedvességgel (RH_{1000}) a nyári időszakban (JJAS). Mindegyik adatsor trendnélküli, 10 éves mozgó átlagolású. A folytonos (szaggatott) vonal a pozitív (negatív) korrelációs együtthatókat határoló izovonalakat jelöli. Az abszolút értékben 0,5-nél nagyobb korrelációs értékeket szürkítéssel jelöltük.



7. ábra: Az AMO-index korrelációja a 700 hPa-os szintű relatív nedvességgel (RH700) a nyári időszakban (JJAS). Mindegyik adatsor trendnélküli, 10 éves mozgó átlagolású. A folytonos (szaggatott) vonal a pozitív (negatív) korrelációs együtthatókat határoló izovonalakat jelöli. Az abszolút értékben 0,5-nél nagyobb korrelációs értékeket szürkítéssel jelöltük.

válak a délnyugati, déli áramlás Közép-Európa felett, mint ahogy az az AMO negatív fázisának időszakában lenne.

Az 1000 és a 700 hPa-os légnyomási szint RH mezeje és AMO-index között számolt korrelációs értékeket a 6. és 7. ábra mutatja be. Erős ($r < -0,8$) korrelációra utaló együtthatók találhatóak a Földközi-tenger nyugati medencéje és a Balkán-félsziget területeinél, illetve Észak-Afrika északnyugati részei felett. Ezek az értékek arra utalnak, hogy az AMO pozitív fázisa során szárazabb a nyári éghajlat a Földközi-tenger nyugati medencéjében, Franciaország és az Alpok vidékén, a Balkán-félsziget térségében, valamint Észak-Afrika északnyugati részén mind a felszín közeli (1000 hPa-os szint), mind pedig magasabb szinten (700 hPa-on), mint az AMO negatív fázisának időszakában.

Összefoglalás

Tanulmányunkban bemutattuk az észak-atlanti térség vízhőmérsékleti értékeiben jelentkező, évtizedes skálájú oszcillációs jelenséget, az AMO-t, és az oszcilláció szám-szerű leírására szolgáló AMO-indexet. Betekintést adtunk a jelenség kapcsán végzett kutatási eredményekbe is.

Írásunkban kapcsolatot kerestünk az atlanti-európai térség nyári (júniustól szeptemberig terjedő időszakának) éghajlata és az Atlanti-óceán vízhőmérsékletének több évtizedes oszcillációja, az AMO között. A kapcsolat elemzéséhez lineáris korrelációs számításokat alkalmaztunk. Az eredményekből kiderült, hogy az AMO pozitív fázisa idején melegebb és szárazabb a nyári éghajlat a Balkán-félszigeten, a Kárpát-medencében és a mediterrán térség nyugati részében, mint az AMO negatív fázisa idején. Ezen kívül arra is rámutattunk, hogy az AMO-index növekedésével csökken a légnyomás Európa nagy részén, illetve növekszik a teknők megjelenési esélye a Brit-szigetek térségében, és a magassági gerinc kialakulása Kelet-Európa déli részénél. Az eredményekből az is kitűnik, hogy ezen változások természetesen érintik, sőt befolyá-

solják hazánk nyári időszakának időjárását is. Ennek alaposabb elemzéséhez azonban a jelenleginél finomabb felbontású rácsra lenne szükség, mivel vizsgálatunk során mindössze két rácspontra esett hazánk területére.

Köszönetnyilvánítás:

Az NCEP reanalízis adatokat a NOAA/OAR/ESRL PSD (Boulder, Colorado, USA) biztosította, amelyek honlapjukról is elérhetők a következő címen: <http://www.cdc.noaa.gov/>

Kaplan SST V2 adatokat a NOAA/OAR/ESRL PSD (Boulder, Colorado, USA) szolgáltatotta, amelyek honlapjukon hozzáférhetők az alábbi címen: <http://www.cdc.noaa.gov/>

Fodor Zoltán OMSZ,
Seres András Tamás MH Geoinf. Szolg.

Felhasznált irodalom:

- Andronova N. G., Schlesinger M. E., 2000: Causes of global temperature changes during the 19th and 20th centuries, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 2137-2140.
- Benson L., Petersen K., Stein J., 2007: Anasazi (pre-columbian native-american) migrations during the middle-12th and late-13th centuries - were they drought induced? *Climatic Change*, 83, 187-213.
- Curtis S., 2008: The Atlantic multidecadal oscillation and extreme daily precipitation over the US and Mexico during the hurricane season. *Climate Dynamics*, 30, 343-351.
- Delworth L. T., Manabe S., Stouffer R. J., 1997: Multidecadal climate variability in the Greenland Sea and surrounding regions: a coupled model simulation. *Geophys. Res. Lett.*, 24, 257-260.
- Delworth T. L., Mann M. E., 2000: Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere. *Climate Dynamics*, 16, 661-676.
- Dima M., Lohmann G., 2007: A hemispheric mechanism for the Atlantic Multidecadal Oscillation. *Journal of Climate*, 20, 2706-2719.
- Enfield D. B., Mestas-Nunez A. M., Trimble P. J., 2001: The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 2077-2080.
- Feng S., Hu Q., 2008: How the North Atlantic Multidecadal Oscillation may have influenced the Indian summer monsoon during the past two millennia. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L01707, doi: 10.1029/2007GL032484.
- Fischer H., Mieding B., 2005: A 1,000-year ice core record of interannual of multidecadal variations in atmospheric circulation over the North Atlantic. *Climate Dynamics*, 25, 65-74.
- Goldenberg S. B., Landsea C. W., Mestas-Nunez A. M., Gray W. M., 2001: The recent increase in Atlantic hurricane activity: causes and implications. *Science*, 293, 474-479.
- Goswami B. N., Madhusoodanan M. S., Neema C. P., Sengupta D., 2006: A physical mechanism for North Atlantic SST influence on the Indian summer monsoon. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L02706, doi:10.1029/2005GLO24803.
- Gray S.T., Graumlich L. J., Betancourt J. L., Pederson G. T., 2004: A tree-ring based reconstruction of the Atlantic Multidecadal Oscillation since 1567 A.D. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L12205, doi:10.1029/2004GLO19932.
- Grosfeld K., Lohmann G., Rindu N., Fraedrich K., Lunkeit F., 2007: Atmospheric multidecadal variations in the North Atlantic realm: proxy data, observations, and atmospheric circulation model studies. *Climate of the Past*, 3, 39-50.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowak J., Mo K. C., Ropelewski C., Wang

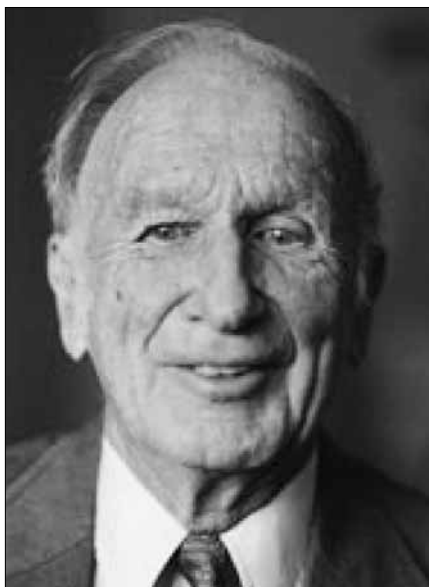
- J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437-471.
- Kaplan A., Cane M., Kushnir Y., Clement A., Blumenthal M., Rajagopalan B., 1998: Analyses of global sea surface temperature 1856-1991. *Journal of Geophysical Research*, 103, 18 567-18 589.
- Kerr R. A., 2000: A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, 288, 1984-1986.
- Kerr R. A., 2005: Atlantic Climate Pacemaker for Millennia Past, Decades Hence? *Science*, 309, 41-43.
- Knight J. R., Allan R. J., Folland C. K., Vellinga M., Mann M. E., 2005: A signature of persistent natural thermohalin circulation cycles in observed climate. *Geophy. Res. Lett.*, 32, L20708, doi: 10.1029/2005GL024233.
- Li S., Bates G. T., 2007: Influence of the Atlantic Multidecadal Oscillation on the Winter Climate of East China. *Advances in Atmospheric Science*, 24, 126-135.
- Mendoza B., García-Acosta V., Velasco V., Jáuregui E., Díaz-Sandoval R., 2007: Frequency and duration of historical droughts from the 16th to the 19th centuries in the Mexican Maya lands, Yucatan Peninsula. *Climatic Change*, 83, 151-168.
- Minobe S., 1997: A 50-70 year climate oscillation over the North Pacific and over North America. *Geophy. Res. Lett.*, 24, 683-686.
- Schlesinger M. E., Ramankutty N., 1994: An oscillation in the global climate system of period 65-70 years. *Nature*, 367, 723-726.
- Schubert S. D., Suarez M. J., Pegion P. J., Koster R. D., Bacmeister J. T., 2004: On the cause of the 1930s dust bowl. *Science*, 303, 1855-1859.
- Sutton R. T., Hodson D. L. R., 2005: Atlantic Ocean forcing of North American and European summer climate. *Science*, 309, 115-118.
- Venegas S. A., Mysak L. A., 2000: Is there a dominant timescale of natural climate variability in the Arctic? *Journal of Climate*, 13, 3412-3434.
- Zhang R., Delworth T. L., 2006: Impact of Atlantic multidecadal oscillations on India/Sahel rainfall and Atlantic hurricanes. *Geophy. Res. Lett.*, 33, L17712, doi:10.1029/2006GL026267.

EDWARD N. LORENZ (1917–2008)

2008. április 16-án szomorú hír járta be a világot: a bostoni agglomerációhoz tartozó cambridge-i otthonában, 90 éves korában elhunyt Edward Norton Lorenz, a neves amerikai matematikus és meteorológus. Kutatásai jelentősen hozzájárultak a légkördinamikai folyamatok alaposabb megismeréséhez. Életművének legfontosabb eredményét a pillangóhatás felfedezése és az ahhoz kötődő kaoszelmélet alapjainak megteremtése alkotja. Sokan vallják, hogy munkássága a 20. századnak a relativitáselméletet és a kvantumfizikát követő harmadik tudományos forradalmához vezetett el.

Lorenz 1917. május 23-án született a Connecticut állambeli West Hartfordban. Fiatal korában olykor nagy bánatot okozott neki, hogy termete miatt nem mindig fogadták szívesen iskolája baseball csapatában. Viszont megtanult kiválóan sakkozni: végül tanítómesterét, az édesanyját is sikerült legyőznie, pedig ő korábban egyszer még a cambridge-i Massachusetts Institute of Technology (MIT) bajnoka fölött is diadalmaskodott. Felsőfokú tanulmányait a New Hampshire-i Dartmouth College-ban, majd a Harvard Egyetemen végezte el. Elméleti matematikusnak készült, de a világháború közbeszólt. Az MIT-ben 1942 tavaszán nyolc hónapos

meteorológiai kurzust indítottak, hogy a hadsereg részére időjárás előrejelzőket képezzenek ki. Lorenz ide iratkozott be, majd két évig ott is maradt, hogy a további tanfolyamokon repülősként a hallgatók laboratóriumi gyakorlatait vezesse. 1944 nyarán az utolsó kurzus is befejeződött, és Lorenz tengerentúli szolgálatra kapott parancsot. Hawaiiiban



kéthónapos trópusi meteorológiai oktatásban részesült, majd először a Saipanról, 1945 tavaszától pedig az Okinaváról felszáll, japán célpontok támadására bevetett repülőgépek időjárásit eligazítását irányította.

Leszerelését követően, 1946 tavaszán Lorenz válaszúthoz érkezett: matematikus legyen, vagy továbbra is a meteorológusi pályát kövesse. Az MIT meteorológiai tanszékének vezetője, Henry Houghton professzor tanácsára az utóbbi mellett döntött; hozzálátott numerikus prognosztikával foglalkozó doktori disszertációjának a megírásához, amelyet 1948-ban sikeresen megvédett. Az MIT-hez fűződő elkötelezettsége mindvégig töretlen maradt. 1962-ben professzori kinevezést kapott, 1977 és 1981 között ő vezette a tanszéket, majd 1987-ben, nyugállományba vonulása-kor, elnyerte a Professor Emeritus címet.

A kezdeti évek, Victor Starr társaságában, az általános cirkuláció mechanizmusának tanulmányozásával teltek. Ennek során dolgozta ki Lorenz a hozzáférhető potenciális energia* fogalmát, és alkalmazta azt a légkörzésre – segítségével 1955-ben sikerült először világos magyarázatot nyerni az általános cirkuláció fennmaradásának alapvető kérdésére. E téren elért eredményei nyomán később, 1967-ben, a Meteorológiai Világszervezet V. Kongresszusán az IMO Lecture megtartására kapott felkérést; előadásának impozáns monografikus változata, amelynek megírására egy évet szánt, hosszú