

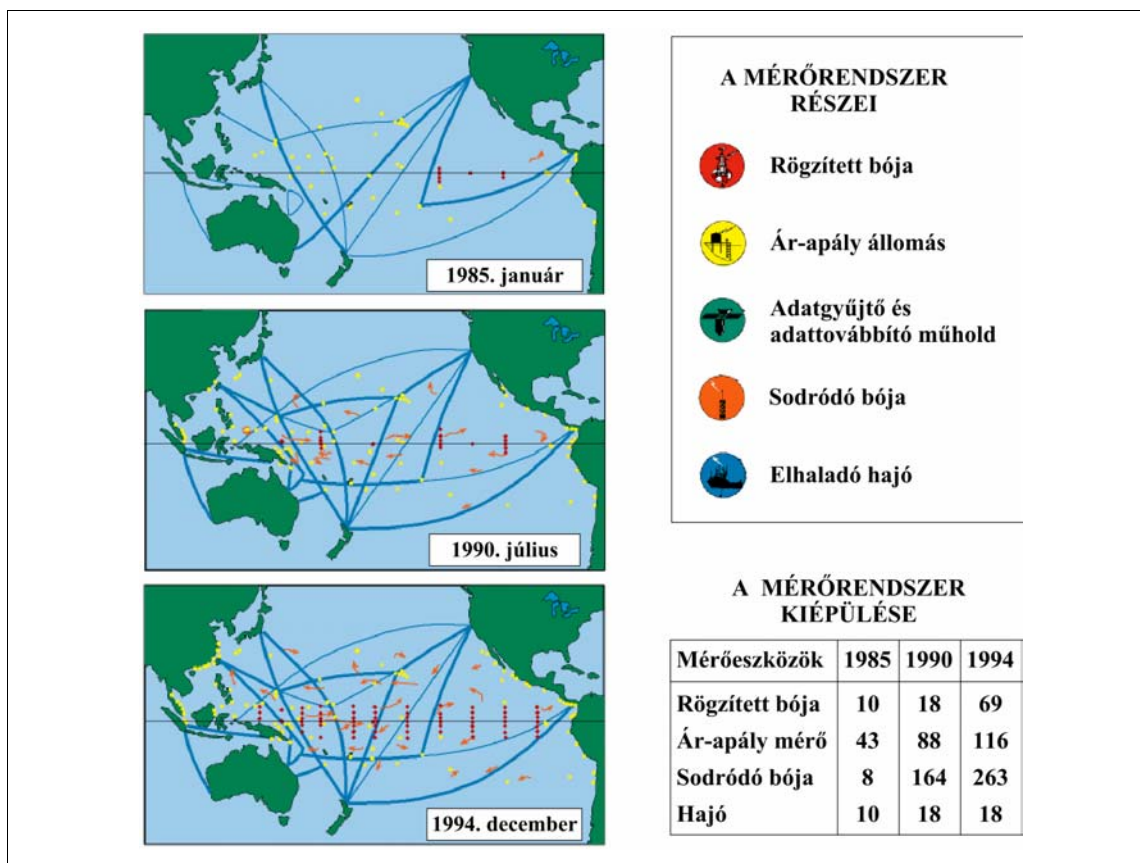
## 1. BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az éghajlati rendszeren belül kiemelt szerepe van az óceáni és légköri cirkulációs folyamatoknak, valamint azok kölcsönhatásainak. Az egyik legnagyobb térséget érintő, s legkomplexebb jelenség a bizonyos szabályossággal bekövetkező ENSO (El Niño / Déli Oszcilláció) eseményegyüttes, melynek hatása nem csupán lokálisan illetve regionálisan, a trópusi Csendes-óceán térségében jelentkezik (*Philander*, 1990), de távolabbi vidékek klímáját is jelentősen befolyásolhatja. A kutatók figyelmét az 1982/83 során bekövetkezett El Niño jelenség keltette fel, melyet kísérő időjárási szélsőségeknek rendkívül komoly gazdasági és ökológiai következményei voltak (*Glantz et al.*, 1987). Azóta folyamatosan vizsgálják az átlagosan 2-7 évenként visszatérő El Niño tulajdonságait, lefolyását, okait, következményeit és távkapcsolatait (*Wallace et al.*, 1998; *Trenberth & Caron*, 2000). E kutatások megerősítették *Bjerknes* (1969) felvetését, miszerint az elsősorban Dél-Amerika trópusi partvidékén jelentkező El Niño és a korábban *Walker* és *Bliss* (1932) által felismert Csendes-óceán centrumú légköri oszcilláció (az ún. Déli Oszcilláció) szoros kapcsolatban áll egymással.

El Niño-nak eredetileg a Dél-Amerika (Peru, Ecuador) nyugati partjai mentén karácsony táján elmaradó hideg tengeri feláramlást nevezték, ám ma már a fokozatosan kibővült jelentés szerint a Csendes-óceán tropikus vizeiben megjelenő és több hónapig fennmaradó nyugat-kelet irányú meleg óceáni áramlást értjük alatta (*Diaz & Markgraf*, 1992). Az ellentétes La Niña fázis a szokatlanul hideg tengeri feláramlást jelöli. Az óceánok vizeiben megnyilvánuló jelenséghez kapcsolódik a Csendes-óceán keleti és nyugati trópusi területeinek tengerszinti légnyomáadataiban felfedezhető kváziperiodikus szabályosság (*Horel & Wallace*, 1981): amikor az egyik régióban alacsony légnyomásokat észlelünk, a másik helyen magasakat, majd megcserélődik a két nyomási központ helye. További kísérőjelenség a csapadék ellentétes változása: az alacsony légnyomású vidéken csapadékot tapasztalunk, a magas légnyomásún viszont száraz időjárás uralkodik (*Julian & Chervin*, 1978).

Az 1982/83-as El Niño után 1985-ben indult be az Éghajlati Kutatások Világprogramja keretében (*WCRP*, 1985; *Anderson et al.*, 1998) az ún. TOGA program (a trópusi óceán és a légkör kapcsolatát vizsgáló kutatási projekt), mely a Csendes-óceán trópusi szektorában folyamatos méréseket (*Hayes et al.*, 1991) biztosít. Az ennek során készült adatsorok (*McPhaden*, 1995) és az elméleti megközelítések folytonos korrekciójának köszönhetően jobban megismertük az El Niño és az ezzel ellentétes La Niña fázis időbeli

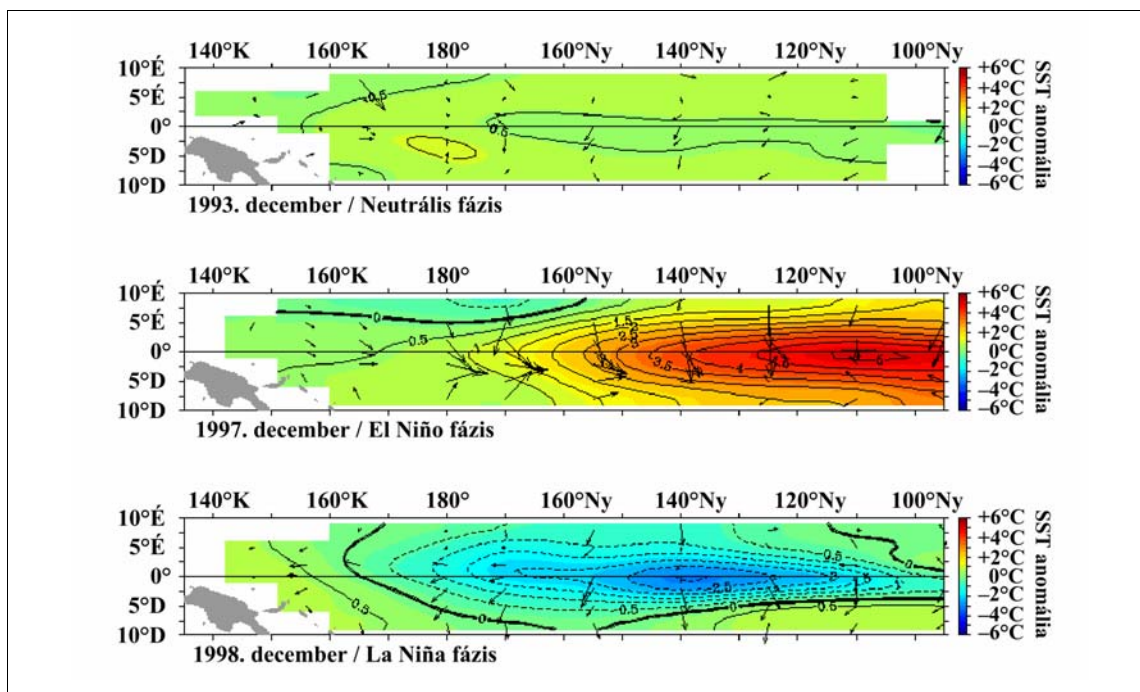
menetét (Clarke & Li, 1995; Neelin et al., 1998; Larkin & Harrison, 2002). A TOGA program alatt felállított mérőrendszer (1-1. ábra) által szolgáltatott adatok alapján a tengerfelszín hőmérsékletének (SST) anomáliáit és a szélvektormezőt hasonlíthatjuk össze a kifejlett szakaszban a különböző ENSO fázisok idején az 1-2. ábrán.



**1-1. ábra:** A TOGA program keretében felállított óceáni mérőrendszer fejlődése (NOAA, 2002).

Az egyes fázisok előrejelzése is mind jobb beválással működik (Barnston et al., 1994; Ji et al., 1996; Chang & Battisti, 1998; Collins et al., 2002). Az első sikeres előrejelzés az 1986/87-es El Niño fázishoz fűződik (Cane & Zebiak, 1985; Cane et al., 1986; Zebiak & Cane, 1987). Egy évtizeddel később, az 1997/98-as El Niño jelenséget (McPhaden, 1999a) már a modellek jelentős hányada mintegy 6-12 hónappal az esemény kezdete előtt sikeresen előrejelezte (Latif et al., 1998; Barnston et al., 1999). Ez az esemény annyira erőteljesen indult, hogy eleinte úgy tűnt, az 1982/83-as, az "évszázad El Niño"-jának tartott időszakot is felülmúlja intenzitásában (Trenberth, 1998; McPhaden, 1999b), de a kifejlett fázisban már

kissé elmaradtak a jellemzésre használt index-értékek az 1982/83-ban mértektől (*Kininmonth, 1999; Wolter & Timlin, 1998*).

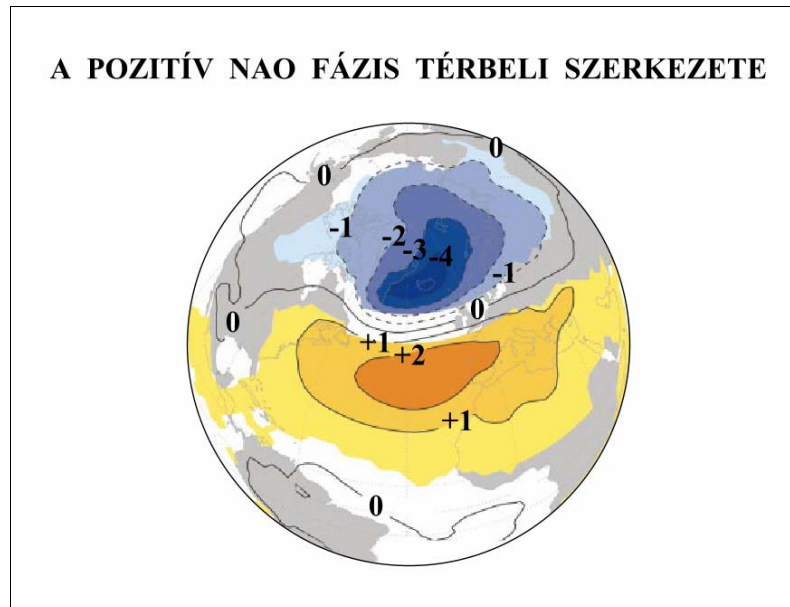


**1-2. ábra:** A havi átlagos SST anomáliamezők és a szélvektorok összehasonlítása a Csendes-óceán trópusi vidékén az ENSO három fázisában (*NOAA, 2002*).

Az erőteljes helyi hatásokon túl sokféle távkapcsolatot tártak fel az ENSO jelenségkörrel kapcsolatosan, melyek a Föld egész területére kiterjednek (*Kiladis & Diaz, 1989; Glantz et al., 1991*). Ezek közül csupán néhány példát említünk meg. Jelentős mértékű ENSO-hoz kötődő távkapcsolatot mutattak ki többek között az ázsiai monszonnal (*Yasunari, 1990; Webster et al., 1998*), a Nílus vízhozam-változásaival (*Eltahir, 1996*), az USA területén jelentkező súlyos aszályokkal (*Piechota & Dracup, 1996*), az Atlanti-óceán hurrikánjainak intenzitásában (*DeMaria & Kaplan, 1994*), vagy az USA délnyugati részének napi csapadékmennyiségében (*Woolhiser & Keefer, 1993; Cayan et al., 1999*). Az Európa területén jelentkező éghajlati távkapcsolatok általában gyengébbek (*Fraedrich & Müller, 1992; Wilby, 1993; Fraedrich, 1994*), de a legújabb kutatási eredmények alapján nem elhanyagolhatóak. Az 1997/98-as és 1998/99-es ENSO események kapcsán a megelőző vizsgálatokhoz viszonyítva jóval erősebb kapcsolatot tárt fel *Dong et al. (2000)* az Atlanti-Európai szektorban. Eredményeik azt mutatják, hogy a téli évszak cirkulációs anomáliáinak egyik fő meghatározó tényezője a Csendes-óceánban jelentkező SST anomália mező, melyet az

Atlanti-óceán éghajlati anomáliái módosítanak (*Mathieu et al., 2002*). *Merkel és Latif (2002)* szintén globális klímamodellek, azaz GCM-futtatások segítségével végeztek vizsgálatokat az Atlanti-Európai térségre vonatkozóan. Ezek eredményei is elsősorban a téli hónapokra mutatnak jelentős távhatást, nevezetesen El Niño fázis idején a ciklontevékenység centrumai délebbre húzódnak. Ebben a dolgozatban fokozott figyelmet fordítottunk az Atlanti-Európai térségben illetve az USA középső részén megfigyelhető ENSO-távkapcsolatokra.

Hazánkhoz, s Európához viszonyítva földrajzilag közelebb található meg az Észak-Atlanti Oszcillációt (NAO), mely egyike a mérsékelt övben jelentkező nagyskalájú légköri oszcillációs jelenségeknek (*Wallace & Gutzler, 1981*). Nevét elsőként *Walker (1924)* használta, s azt jelzi, hogy az Atlanti-óceán északi medencéjében jelentkezik. A megfigyelések alapján az izlandi szubpoláris alacsony-nyomású és az azori szubtrópusi magasnyomású légköri akciócentrum intenzitása egyidejű változásokat mutat. Különösen a téli időszakban alakulnak ki szokatlanul alacsony nyomású ciklonok Izland közelében, míg az Azori-szigetek környékén viszont a szokásosnál is magasabb nyomású anticiklonok születnek (*Barnston & Livezey, 1987*). A tengerszinti légnyomásban megjelenő térbeli dipólus szerkezet intenzívebbé válása, vagyis a meridionális irányú légnyomási gradiens megnövekedése a NAO pozitív fázisú állapota (**1-3. ábra**), mely az átlagoshoz képest erősebb nyugatias áramlással jár együtt a közepes földrajzi szélességeken. A NAO pozitív szakaszát a szubtrópusi vidéken a keleties passzátszél megerősödése jellemzi (*Hurrell et al., 2003*). Míg Grönland déli részén, valamint Észak-Európában – főként a téli évszakban – növekszik a viharok száma és aktivitása (*Rogers, 1997*), addig az Ibériai-félszigeten és a Mediterrán térségben jelentősen csökken.



**1-3. ábra:** A NAO pozitív fázisát jellemző téli (DJFM) légnyomási anomáliamező (hPa) az 1948-99. időszakot alapul véve (*Hilmer & Jung, 2000*).

A NAO negatív fázisában a szokásosnál gyengébb Izland-környéki alacsony légnyomású centrum alakul ki, s az átlagoshoz képest ugyancsak gyengébb anticiklonok keletkeznek az Azori-szigetek vidékén. Ennek következtében a meridionális irányú nyomási gradiens értéke lecsökken. Nagyon ritkán, szélsőséges esetben előfordulhat az is, hogy Északon, Izland környékén magasabb tengerszinti légnyomás alakul ki, mint a délebbi területeken, az Azori-szigetek közelében (*Wanner et al., 2001*). A nyári hónapokban a NAO akciócentrumai valamelyest nyugati irányba tolódnak el (*Portis et al., 2001*).

Összességében a NAO jelenség az Atlanti-óceán északi részén a teljes változékonyságnak mintegy harmadáért felelős, mely minden más hatást meghaladó mértéket jelent (*Marshall et al., 2001*). Azt is kimutatták (*Barnston & Livezey, 1987*), hogy a többi cirkulációs szerkezettel ellentétben a NAO minden hónapban (eltérő súllyal) jelen van a légnyomási mező kialakításában.

A NAO jelenség időbeli viselkedését az ENSO-éhoz viszonyítva jóval szerényebb periodicitás jellemzi. Az évközi illetve az egyes évek közötti nagy változékonyság a légköri cirkuláció belső tulajdonságaként magyarázható (*Wanner et al., 2001*), az évtizedes időskálán megjelenő változékonyságot viszont külső tényezők is befolyásolják: az óceáni illetve a tengeri jéghez kapcsolódó folyamatok, kölcsönhatások (*Hurrell & van Loon, 1997*). *Stephenson et al. (2000)* sztochasztikus modellekkel végzett vizsgálatai rámutattak, hogy a

NAO-ban tapasztalt nagyobb évközi változékonyság és a hosszabb időszakra vonatkozó megmaradási hajlam nincs ellentmondásban egymással.

A NAO jelenség elméleti magyarázatáról egyelőre nem született szakmai konszenzus (*Greatbach, 2000*). Legújabbban az ún. Arktikus Oszcilláció (AO) vagy másképpen az északi félteke éves skálájú változékonysági módusaként (NHAM) ismert megközelítés (*Thompson & Wallace, 1998; Wallace, 2000*) az egyik legelfogadottabb elmélet. Az északi félgömb havi légnyomási anomáliáiból számított változékonyság fő tényezőjét (1. EOF-módusát) nevezzük AO-nak. Ennek térbeli szerkezete nagymértékben hasonlít a NAO-hoz tartozó légnyomási mezőkhöz, de zonálisan szimmetrikusabb, s egyik központi akciócentruma az Arktisz fölött helyezkedik el. Az AO jellemzéséhez alkalmazott indexek szoros korrelációs kapcsolatot mutatnak a NAO indexek időszoraival (*Wanner et al., 2001*). *Delworth és Dixon (2000)* vizsgálatai alapján a NAO jelenség az AO-hoz kapcsolódóan a közepes földrajzi szélességeken megjelenő legnagyobb regionális változékonyság az Atlanti-óceán térségében.

Az Éghajlati Kutatások Világprogramja (WCRP) keretében működő Éghajlati Változékonyság és Előrejelezhetőség (CLIVAR) alprogram egyik fő kutatási témaköre az évtizedes skálájú időbeli változékonyság az Észak-Atlanti térségben, melynek egyik fókuszában a NAO jelenség áll (*WCRP, 1995; 1997*). A 15 évre tervezett részletes vizsgálat feladatai között többek között szerepel a NAO különböző fázisainak pontos leírása, a NAO-t kiváltó okok és folyamatok feltárása.

Ebben a dolgozatban a nagytérségű cirkuláció és a fent bemutatott éghajlati oszcillációs jelenségek (ENSO, NAO) együttes hatásait vizsgáljuk az északi félteke közepes földrajzi szélességein található két kiválasztott régióra: (1) az Atlanti-Európai térségben a Kárpát-medence területére, (2) Észak-Amerikában a középnyugati préri vidékére. Célunk, hogy meghatározzuk a statisztikus távkapcsolatok rendszerét, majd ezt figyelembe véve a regionális klímáparaméterekre becslési eljárást dolgozzunk ki.

A vizsgálatok során többféle módszert alkalmaztunk: távkapcsolat-analízist, EOF-analízist, többváltozós lineáris regressziót, valamint a hazai meteorológiai irodalomban elsőként a fuzzy-szabályokból felépülő modelleket. A távkapcsolat-analízis során a földrajzilag egymástól távol lévő régiók közötti statisztikai összefüggéseket tárjuk fel. Ennek érdekében a különböző geopotenciálszintek magassági és hőmérsékleti anomália-térképeit, továbbá a nagytérségű cirkulációs típusok és a regionális klímáparaméterek gyakorisági eloszlásait hasonlítjuk össze a légköri oszcillációs jelenségek különböző fázisai idején. Az

EOF-analízis során az empirikus ortogonális függvények segítségével a mezősorok legnagyobb változékonyságú állapotai jeleníthetők meg, melyek az egyes ENSO fázisokhoz kapcsolódnak. A többváltozós lineáris regresszió és a fuzzy-szabályokból felépülő modellek a megadott prediktorok segítségével állítják elő a regionális klímparaméterek értékeit.

A 2. fejezetben kerül sor a vizsgálataink során felhasznált adatok bemutatására, majd a 3. fejezet a statisztikai távkapcsolatok rendszerét tárgyalja. A 4. fejezetben a fuzzy-szabályokból felépülő modellek érzékenységét vizsgáljuk, továbbá ezeknek a modelleknek az eredményeit összevetjük az azonos feltételek mellett alkalmazott többváltozós lineáris regresszióból adódó eredményekkel. Végül a dolgozat főbb következtetéseit az 5. fejezetben foglaljuk össze.