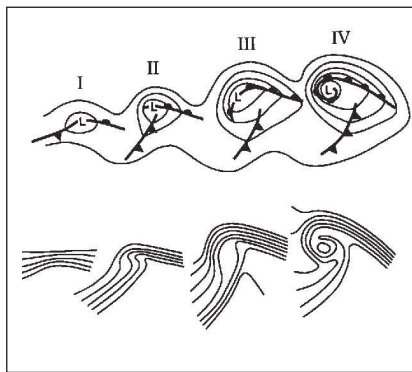


HORVÁTH ÁKOS–NAGY ATTILA– KISS GYŐZŐ

# Atlanti viharciklonok

**K**ontinensünk nyugati partjaira az elmúlt télen folyamatosan csaptak le az óceán felől érkező szélviharok. Az óceán fölött nagyon gyorsan kimélyülő ún. viharciklonokhoz kapcsolódó legerősebb szellőkések a trópusokon kialakuló hurrikánok szelerősségéhez voltak foghatóak. Így például 2013. december 5-én a Xavér nevű ciklon átvonulása során Skóciában, Glasgowntól északra (Anoch Mor nevű település mellett) 229 km/h legerősebb szellőkést mértek. A ciklon centrumában a legalacsonyabb légnyomás ugyancsak a trópusi viharokat idézi, 2013. december 24-én a Dirk névre keresztelt ciklonban 926 hPa-ra csökkent a tengerszinti légnyomás. A ciklonok átvonulását az orkán erejű szél mellett rendkívül nagy mennyiségű és nagyon intenzív csapadék hullás kísérte, árvizeket, gyakran hóviharokat és hófúvásokat is okozva. Angliában, a viharszezonban eddig példátlan mennyiségű csapadék hullott,



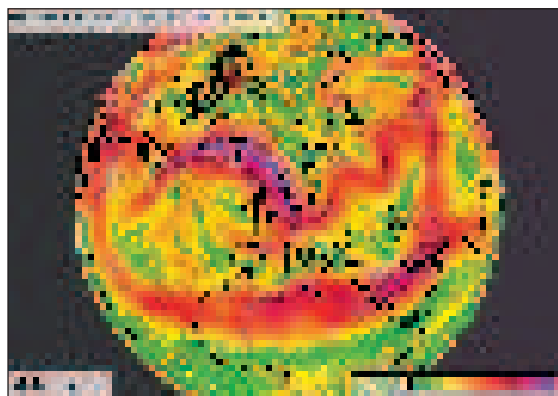
**1. ábra.** Az *A* típusú ciklonfejlődés mechanizmusa a polárfronton (Shapiro és munkatársai szerint). A felső ábrarész vonalai a légnyomást, az alsó ábrarész vonalai az izotermákat szemléltetik. A római számok a fejlődés egyes lépéseit mutatják: I. Hullám ciklon kialakulása, II. Hidegfront leszakadása, III. Hidegfront leszakadása és behatolása a meleg szektorba, IV. Meleg okklúziós front felszavardása és a meleg ciklonmag kialakulása

komoly károkat okozva az épületekben, infrastruktúrában egyaránt. Írásunk célja, hogy áttekintést adjon a szélsőséges időjárást okozó jelenségekről, a viharciklonokról.

## A viharciklonok és a kialakulásukért felelős légköri instabilitások

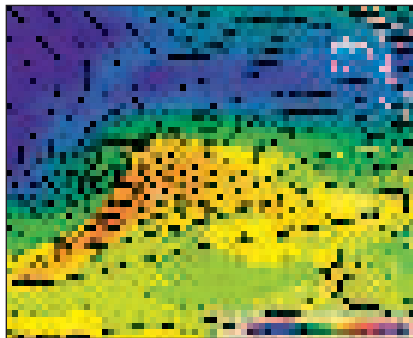
A viharciklon elnevezés a mérsékelt égövben, a nyugati szelek övében gyorsan kialakuló légörvényekre utal, azon ciklonokra, melyekben a légnyomáscsökkenés 24 óra alatt meghaladja a 24 hPa értéket. (Egy pontosabb definíció értelmében a 60. szélességi körrel délebbre fejlődő ciklonoknál kisebb mértékű nyomáscsökkenés is elegendő, míg az északabbra levőknel nagyobb nyomássüllyedés szükséges a viharciklon kategóriába kerüléshez.) Az ilyen típusú ciklonok kialakulása legtöbbször 3 különböző légköri instabilitás együttes hatásának eredményeként jön létre.

Az első ciklonkeltő instabilitás az észak-déli hőmérsékleti különbségen alapuló és a „klasszikus ciklonok” kialakulásánál meghatározó ún. baroklin instabilitás. Erősen leegyszerűsítve, ennél a jelenlégnél az északi hideg és a déli melegebb légtömegeket elválasztó ún. polárfronton jön létre egy légköri hullám, amely előoldalán meleg levegőt szállít északra, míg a hátoldalán hideg légtömeg zúdul déli irányba. Minél nagyobb az észak-déli hőmérsékleti különbség és minél élesebb a polárfront, annál nagyobb az esély a ciklon kialakulására és az észak-déli hőcsere megindulására. A ciklon kialakulásának klasszikus elméletét még a múlt század elején kidolgozták (Bjerknes és Solberg 1921) és többszörösen finomítva és korszerűsítve ma is megállja a helyét (Shapiro és Keyser 1990). A ciklon ezen elmélet szerinti fejlődését az 1. ábra mutatja. A baroklin instabilitáson alakuló ciklonfejlődést „A” típusú ciklogenezisnek nevezik. Az *A* típusú ciklonfejlődés egyik jellemzője, hogy a hullám alulról fölfelé fejlődik, a magasban a ciklon magja hátrébb van, így a ciklon tengelye hátrafelé dől.



**2. ábra.** Az északi féltekét körbefutó jet stream (futóáramlás) északi és déli ága jól elkülönül az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) analízise szerint. A színezett területek a szél erősségét mutatják a 300 hPa nyomásszinten (kb. 9000 m magasságban) a szélzászlók pedig ugyan ezen a szinten a szélirányt és szélsébséget. A futóáramlások a felső légkör irányából gerjesztik a ciklonokat a *B* típusú ciklogenezis során

A második ciklonkeltő instabilitásnál a magasban fújó, a pólust körbeölelő futóáramlásnak, a jet streamnek van meghatározó szerepe. A jet stream a polárfrontok mentén alakul ki és viszonylag keskeny, néhány száz kilométeres szalagokban, mint egy hatalmas légköri folyam kanyarogja körül a hemiszfért. Jellemzően két fő ága van, egy északi a polárfront mentén és egy délebbi az Egyenlítőhöz közelebbi (2. ábra). A futóáramlás legerősebb szele 9000 m körüli magasságokban van, ahol akár 300–360 km/h erősségű szél is előfordulhat. Bár a futóáramlás a frontok mentén alakul ki, azonban a nagy magasságokban sokszor messzire el sodródik a frontoktól, önálló életet él. A magassági futóáramlás mentén, főként annak kanyarjaiban erőteljes függőleges mozgások jönnek létre. Ha a jet stream olyan terület fölé ér, ahol egyébként is instabil az áramlás és könnyen kialakulhat légköri hullám, akkor a futóáramlás keltette feláramlás erőteljesen hozzájárulhat a ciklon kialakulásához (Thorncroft és Hoskins, 1990). Ez az ún. „B” típusú ciklogenezis, amely hozzáadódva az *A* típusú hatásokhoz rendkívül gyorsan mélyíti a ciklon magját. A viharciklon kialakulása során szinte mindig megfigyelhető a magassági futóáramlat közelsége és a ma-



**3. ábra.** Az óceán fölött gyorsan mélyülő viharciklon légnyomási mezeje (vastag fekete vonalak) és a hőmérsékletet és nedvességet egyaránt leíró ún. ekvivalens potenciális hőmérsékleti mezeje (színezett területek). A melegebb színek a meleg nedves légtömegeket, a kékes színek a hideg és száraz légtömegeket jelentik. A narancs, illetve pirosba hajló vonalak a ciklon középpontjának irányába irányuló meleg nedves szállítószalagokat jelzik. A nedves levegőben történő kicsapódás és az azzal járó hőfelszabadulás hozzájárul a ciklon erősödéséhez a *C* típusú ciklogenezis során

gassági kényszer miatt a ciklonok tengelye kevésbé, vagy egyáltalán nem dől meg.

A harmadik ciklonkeltő hatás a légköri vizgőzhöz kapcsolódik. A kialakuló ciklonok áramlása során a kinematikából ismert deformáció miatt a nedvesség rendszerint sávokba, szalagokba rendeződik, hasonlóan ahhoz, mint amikor a centrifugába helyezett törülközőt kötél formában találjuk a pörgetés után. Ezek az ún. nedves szállítószalagok több ezer kilométer hosszúak és időnként nagy távolságról, a trópusok vidékéről képesek nedvességet hozni az északi ciklonok centrumába. A ciklonban a középső troposzférában kicsapódó nedvesség nagyon jelentős látens hőfelszabadulást jelent, amely feláramlást és intenzív csapadékot eredményez, végső soron a ciklon mélyüléséhez és erősödéséhez járul hozzá (3. ábra). Ezt a ciklongerjesztő hatást *C* típusú ciklogenezisnek nevezik (Plant, 2004).

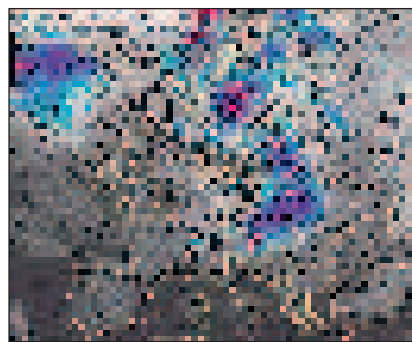
A ciklonok kialakulásánál az *A* típus mindig megfigyelhető, a viharciklonok esetén viszont a *B* típus hozzájárulása is meghatározó. A *C* típus szerepe elsősorban a 60. szélességi körtől délre keletkező viharciklonoknál jelentős.

### Viharciklonok 2013–14 telén

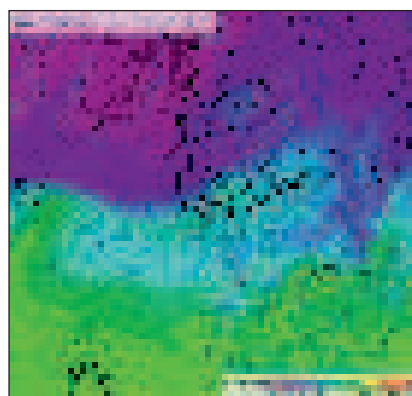
Bár az elmúlt évtizedekben sem számított rendkívüli jelenségnek a viharciklon, a 2013–14-es tél viharciklonjainak száma és

erőssége valóban rendkívüli. Ha egy ilyen típusú légörvény az óceán fölött marad, akkor általában nem okoz nagyobb problémát, ha azonban eléri a kontinenst, akkor óriási károkat okozhat. Ilyen volt a leghírhedtebbek közül az 1999 karácsonyán Nyugat-Európára lecsapó *Lothar* névre keresztelt ciklon, vagy az a vihar, amely mélyen benyúlva a kontinens belsejébe 2004. november 19-én a Magas Tátra déli lejtőjén kialakult ún. lejtővihar kiváltója volt, ami mintegy 300 hektár erdőséget tarolt le. A 2013–14-es tél viharai az atlanti partoknál mind erősségükben, mind előfordulási gyakoriságukban messze túltették az előző évek viharain.

A tél első pusztító viharciklonja, amely a Xavér nevet kapta, december 5-én csa-

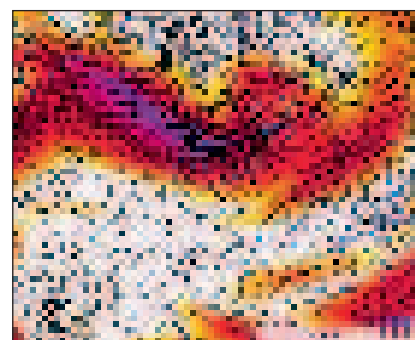


**4. ábra.** A Xavér viharciklon műholdképe (infravörös tartományban), tengerszintre számított légnyomási mezeje (folytonos fekete vonalak) és a felszín közeli szélmezeje (szélzászlók) 2013. december 5. 21 UTC-kor. A ciklon centruma Svédország fölött volt és a ciklon szélmezeje a sűrűn lakott Északi-tenger partján okozott nagy pusztítást Angliától a Baltikumig



**5a. ábra.** A gyorsan mélyülő Xavér ciklon hátoldalán hideg levegő zúdul Európára. A tengerszintre átszámított légnyomás izobárai (folytonos fekete vonalak) és az alsó légkör (850 hPa nyomásszint) hőmérsékleti mezejét (színezett területek) mutatja az ECMWF analízis 2013.12.05. 06 UTC-kor

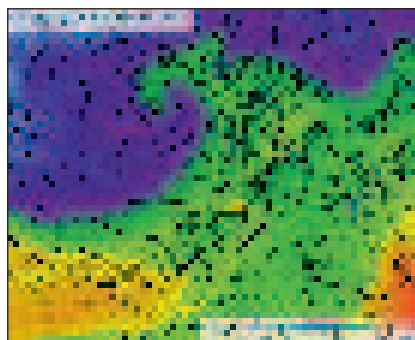
pott le a Brit-szigetekre. A Grönland partjaitól délre kialakult légörvény centrumában a légnyomás a kezdeti 1000 hPa-ról 24 óra alatt mintegy 30 hPa-t süllyedt és a 60. szélességi fok mentén haladva a Balti-tenger fölött érte el a legfejlettebb stádiumát, amikor a centrumban a légnyomás kevéssel 960 hPa alá csökkent (4. ábra). Bár ez a nyomásérték még nem számít rendkívülinek, a szél mégis pusztító erősségű volt. A bevezetőben már említett széllökések a skóciai 229 km/h maximumon kívül az északi tengeri fűtőtornyokon ugyancsak többfelé meghaladták a 160 km/h-t, míg Németországban a tengerparti területeken 140 km/h körüli legerősebb szelet mértek. A vihar elsősorban Skóciában, az Északi-tengeren, valamint Skandináviában, Németországban és Lengyelországban okozott rendkívüli időjárást. Mindenekelőtt a szélvihar okozta károk voltak tetemesek. A vihar kialakulásában (5.a. ábra) a jelentős hőmérsékleti különbségek – azaz az *A* típusú ciklogenezis hatás mellett – meghatározó volt a magassági futóáramlás szerepe is, vagyis a *B* típusú ciklogenetikus hatás, mivel a jet stream tengelye a nagy magasságokban végig a ciklon centrumától kissé délnyugatra húzódva folyamatosan „pörgette fel” a légörvényt (5.b. ábra). A pusztító szélviharhoz hozzájárult a ciklon gyors áthelyeződése, mivel ez a déli oldalán hozzáadódott a ciklon forgási sebességéhez. A másik ok a légörvény centruma és környezete közötti óriási légnyomáskülönbség volt, amely kialakulásához hozzájárult a ciklon hátoldalán lezúduló hideg levegő. A pusztítás legfőbb oka azonban a viharciklon pályája volt, amely benyúlt a kontinens sűrűn lakott északnyugati partvidékei fölé, ahol a vihar megbénította a közlekedést,



**5b. ábra.** A magas szintű futóáramlás magja a ciklon délnyugati részén a magasból segítette a Xavér ciklon fejlődését. A folytonos vonalak a 300 hPa nyomásszint magasságát mutatják, a színezett területek a 300 hPa szint szélerősségét, a szélzászlók pedig ugyanezen szint irányát és erősségét az ECMWF analízis szerint

az áramszolgáltatást, megrongálta a lakó-épületeket és halálos baleseteket is okozott. Hazánkat szerencsére csak a vihar széle érte el, néhány látványosabb hózivattal és viharos, de nem orkánerejű széllel.

*Az Európára sújtó második erős viharciklon kevesebb, mint három hét eltelté-*

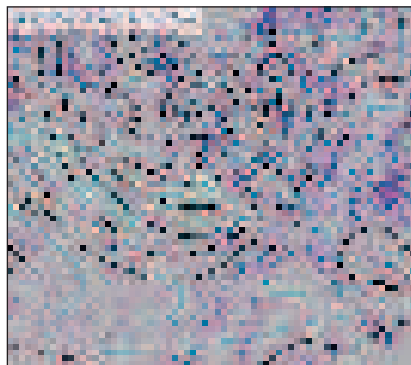


**6. ábra.** A Brit-szigetekre lecsapó hatalmas kiterjedésű viharciklon magjában a légnyomás 925 hPa szintig csökkent. A ciklon centruma körül megfigyelhető a bezáródó meleg mag, amely a viharciklonok egyik sajátossága. A folytonos vonalak a tengerszintű légnyomást, a színezett területek az alsó légkör (850 hPa magasságának) hőmérsékletét jelzik az ECMWF analízis alapján 2013. december 24. 06 UTC-kor

vel érkezett az atlanti partokhoz. A ciklon első jelei 2013. december 23-án a hajnali órákban mutatkoztak, amikor a brit partoktól nyugatra az egyébként is nagyon erős alapáramlásban egy gyorsan mélyülő instabil hullám jelent meg 986 hPa-os zárt izobárokkal. A ciklon gyors fejlődésénél itt is mindkét (A és B) ciklogenetikus hatás szerepet kapott, a nagy hőmérsékletkülönbség illetve a rendkívül erős jet stream valószínűleg berobbantotta a ciklont. A légörvény centrumában a légnyomás 24-én a délelőtti órákban érte el a 926 hPa-os minimumát (6. ábra). Ehhez hasonló alacsony légnyomás értékek csak az erősebb hurrikánok centrumában fordulnak elő. A 6. ábrán az is látható, hogy a legfejlettebb fázisban nem csak a ciklon mélysége, hanem annak horizontális kiterjedése is óriási méretű volt. Az egységnyi távolságra eső legnagyobb nyomáskülönbség (nyomás gradiens) a Csatorna és Északnyugat-Európa térségében okozta a leg-erősebb, sokfelé 120–140 km/h lökésekkel kísért szelet. A hőmérsékleti mezőben ugyancsak megfigyelhető a viharciklonokra jellemző melegebb ciklonmag, amelyet a bezáruló hidegebb légyűrű vesz körül. A jet stream felülről történő ciklogenetikus hatásának köszönhetően a ciklon tengelye megközelítően függőleges volt, vagyis pl.

8000–9000 m magasságban ugyanazon terület fölött volt a depresszió középpontja, mint a felszínen (7. ábra). A ciklon fejlődéséhez jelentősen hozzájárult a C típusú ciklogenetikus tag, vagyis a vízgőz kicsapódása és az ezzel járó csapadékképződés. A felcsavarodó nedves szállítószalag nagy távolságból gyűjtötte össze azt a nedvességet, amely a ciklon déli oldalán igen jelentős (40–60 mm/24 óra) csapadékot okozott, illetve a kondenzációval járó hőfelszabadulás révén tovább erősítette a légörvényt. Az intenzív csapadékhöz még hozzáadódott az orkán erejű szél, amely mint egy magasnyomású vízágyú, oldalirányból csapódott az épületek falához, illetve a kültéri elektromos berendezésekhez. Hasonló jelenség történt 2010 tavaszán, Magyarországon is, amikor a Zsófia névre keresztelt ciklonban a 40–50 mm csapadék az orkán erejű széllel együtt oldalról feláztatta az épületek falát, partszakadásokat okozott, illetve valószínűleg hozzájárulhatott a kolontári vörösiszap tároló északi falának a fellazulásához és a hónapokkal későbbi leomlásához is.

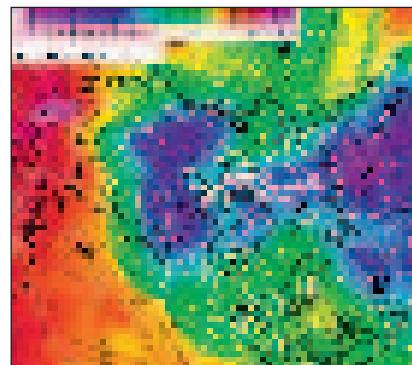
A harmadik jelentősebb viharciklon mindössze 2 napot váratott magára és ismét lecsapott az angol partokra. Ezúttal a ciklon legintenzívebb fejlődése az óceán fölött ment végbe, így amikor a centruma



**7. ábra.** A viharciklonok tengelye nem, vagy csak alig dől a magassággal. A kék vonalak a 300 hPa nyomásszint magasságát, a fekete vonalak a tengerszintű légnyomást mutatják. A centrum minden szinten ugyanazon terület fölött esik

az ír partokhoz ért, valamelyest gyengébb volt az elődjénél, de Nyugat-Angliában még így is 175 km/h szellőkések és ismét rendkívül nagy mennyiségű, 60–80 mm csapadék kísérte az átvonulását.

Január elején (január 5–6.) újabb hatalmas kiterjedésű ciklon alakult ki az Atlanti-óceán fölött amelynek hosszú áramlási rendszerében óriási hullámok alakultak ki, a 15–16 méter magas hullámok súlyosan megrongálták a partvédő műveket.

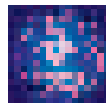


**8. ábra.** A felszíni kisugárzás miatt Szibériában lehült és felhalmozódott hideg légtömegek az északi pólus felett kialakult áramlási viszonyok miatt a tél folyamán folyamatosan áthelyeződtek a póluson keresztül Kanada fölé. A poláris vetületen (középen az Északi-sark) a 850 hPa hőmérsékleti viszonyai (színezett területek) és a szint magassága (vékony fehér vonalak) látható. Az A az alacsony, az M a magas nyomású központokat jelzi. A vastag fehér nyíl a légtömeg áthelyeződésének irányát mutatja

Február közepéig több, a fentieknél gyengébb légörvény követte egymást, amelyek nem feltétlenül érték el a viharciklon kategóriát, illetve a viharciklonok az Atlanti-óceán északi területein vonultak el. A rendszeres nagy csapadék azonban elsősorban Dél-Angliában kritikus árvízhelyzetet okozott, illetve a francia és angol partoknál az állandó heves hullámszó meggyengítette a partvédelmi műveket. A sokat szenvedett atlanti partvidékre február 12-én csapott le az újabb viharciklon, ismét jelentős csapadékot és Nyugat-Angliában 166 km/h-s orkánerejű szelet okozva. Két nappal később, február 14-én jött a következő viharciklon, amely hasonlóan a decemberi ciklonpáros második tagjához valamivel gyengébb volt, „csak” 144 km/h szelet mérték, ezúttal Dél-Angliában, azonban az intenzív és nagy csapadék most sem maradt el, végleg megroppantva Dél-Anglia árvízvédelmét. A februári ciklonok központjában kevésbé volt alacsony a légnyomás, mint a decemberi viharok esetén, de mindhárom ciklogenetikus hatás szerepet kapott a légörvények kialakulásában.

### A globális háttér

2013–14 telén a szokatlanul gyakori és intenzív ciklonkeletkezés háttérében a globális cirkulációs rendszer sajátosságai állnak. A téli helyzetekben általában megfigyelhető egy szibériai és a kanadai kettős hideg centrum jelenléte. Mindkét rendszer a



kontinensek belsejében télen jellemző, erős hosszuhullámú kisugárzás miatt alakul ki. Ezen a télen gyakran előfordult, hogy a szibériai pólus nem hűlt le a szokásos mértékben, ugyanis a felhalmozódó hideg levegő átáramlott az északi sarkvidéken keresztül Kanadába (8. ábra). A szibériai hideg Kanadába történő átáramlásában jelentős szerep jutott a Csendes-óceán keleti partjainál, illetve Japán térségében kialakult hatalmas ciklonoknak. A ciklonok Ázsia keleti partvidékén vonultak északnyugati irányba és az áramlási rendszerük messze északra benyúlt Szibéria keleti területei fölé. A kanadai hideg mag így nemcsak a saját területeken történő kisugárzás, hanem a Szibériából jövő „hideg import” által is erősebb lett. Mindezt az Egyesült Államok és főként Kanada lakossága ugyancsak megtapasztalta a gyakori rendkívül zord, téli időjárás következtében. A kanadai hideg mag délkeleti oldalán, sarkvidéki és a meleg déli levegő közötti frontrendszeren gyorsan kialakultak a ciklonok, a hosszú frontrendszer mentén létrejövő összeáramlás pedig a délebbi óceáni területek meleg és nedves levegőjét is északra mozdítja. A kanadai hideget körülvevő frontrendszer fölött szinte egész télen folyamatosan fennmaradt a hidegmagot körüláramló jet stream. A fentiekből következően a szokatlanul megerősödő kanadai hidegmag és a melegebb Atlanti-óceán határán mindhárom ciklogenetikus hatás jele volt, így indulhatott be a több hónapra keresztül működő „ciklongyár”.

Hazánk időjárására közvetett hatással voltak az atlanti viharok: a ciklonok déli oldalán rendszerint enyhébb légtömegek áramlottak a térségünk fölé és hozzájárultak az egész Európában megfigyelhető szokatlanul enyhe télhez. A viharciklonok a viszonylag stabil mozgású és hosszan fennmaradó nagytérségű légköri hullámokhoz – planetáris hullámokhoz – képest kisebb objektumok. A gyors mozgású viharciklonok ráakadva a planetáris hullámokra tovább növelik a globális cirkuláció turbulenciáját, egyszersmint növelik a középható (5–10 napos) előrejelzések bizonytalanságát. ☞

## Irodalom

- J. Bjerknes and H. Solberg, 1921: Ont the life of cyclones and the polar front theory of Atmospheric Circulation. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 50, 468–473.
- Shapiro, M.A., Keyser, D., 1990: Fronts, jets streams and tropopause. In: *Extratropical Cyclones*. American Meteorological Society.
- Thorncroft, C.D. and Hoskins, B.J. 1990: Frontal cyclogenesis. *Journal of Atmos. Sci.*, Vol. 47
- R. S. Plant, 2004: The dynamics of a midlatitude cyclone with very strong latent-heat release. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* Vol. 130.

# SIPOS ORSOLYA

## Együttélő egysejtűek

### Baktériumközösségek a természetben és mikrocseppekben

#### A Doktorandusz cikkpályázatunk 2014 évi nyertesei

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat és a Doktoranduszok Országos Szövetsége által közösen meghirdetett Doktorandusz cikkpályázat Természet Világa kategóriájának nyertesei:

**I. díj.** Sipos Orsolya: Együttélő egysejtűek: Baktériumközösségek a természetben és mikrocseppekben című pályamunkája (Szegedi Tudományegyetem, Multidiszciplináris Orvostudományok Doktori Iskola, témavezető: Galajda Péter)

**II. díj.** Ungvári Zsuzsanna: A térképi generalizálás automatizálása című dolgozata. Hogyan készítsünk jó térképet? (ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola, témavezető: Márton Máttyás)

**III. díj.** Cserkés-Nagy Ágnes: Ösvízrajztól a paleoklimáig. Pleisztocén folyóvízi üledékek a Tisza alatt (ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola, témavezető: Sztanó Orsolya)

Az első három helyezett írást e számunkban olvashatják, a megjelenésre érdemes írásokat folyamatosan közreadjuk.

Földünk ökoszisztémájában igen fontos szerepet játszanak a baktériumok. Fotoszintetizáló egyedek részt vesznek legalapvetőbb energiaforrásunk, a napenergia hasznosításában, míg mások az elhullott élőlények lebontásában és újrahasznosításában játszanak fontos szerepet, folyamatosan segítve ezzel a földi bioszféra megújulását. Sőt azt is elmondhatjuk, hogy mikrobiális közösségek nélkül Földünk csodálatos biodiverzitása sem jöhetett volna létre.

Körülbelül 3,8 milliárd évvel ezelőtt jelentek meg az első egysejtű élőlények a Földön, melyek a prokarióták, a baktériumok és az archeák, illetve az eukarióta (sejtmaggal rendelkező) szervezetek közös őseinek tekinthetők. Bolygónk 4,6 milliárd éves történetének túlnyomó részében, csupán mikroorganizmusok népesítették be a Földet. A cianobaktériumok körülbelül 3 milliárd éve jelentek meg a baktériumfajok színes palettáján. Egyik anyagcsere-melléktermékük a molekuláris oxigén volt, melynek kibocsátásával lehetővé tették az oxigén feldúsulását a Föld légkörében az évmilliárdok során. Ez feltétlenül szükséges volt ahhoz, hogy a ma is megfigyelhető, bonyolult életformák kialakulhassanak, melyek oxigént használnak fel anyagcserefolyamataik során. Földünk légkörének ma mérhető oxigénszintjét természetesen csak lassan voltak képesek a

cianobaktériumok kialakítani, körülbelül 500–800 millió évvel ezelőtt érthette el a ma is megfigyelhető kb. 21%-os szintet a légkör oxigéntartalma. A molekuláris oxigén megjelenésének másik mellékhatása az ózonréteg kialakulása volt a Föld légkörében, mely védelmet biztosított az UV-sugárzás DNS-t károsító hatásai ellen, és ezáltal lehetővé tette, hogy a bioszféra a szárazföldön is virágozni kezdhesen.

#### 1. ábra. Az egyes „fruiting body”-nak nevezett multicelluláris képződményeket több százezer *Myxococcus xanthus* sejt alkotja

(Forrás: Gross (2005) *Antisocial Behavior in Cooperative Bacteria (or, Why Can't Bacteria Just Get Along?)*. *PLoS Biol* 3(11): e398

