

PUSZTÍTÓ ZIVATARLÁNCOK

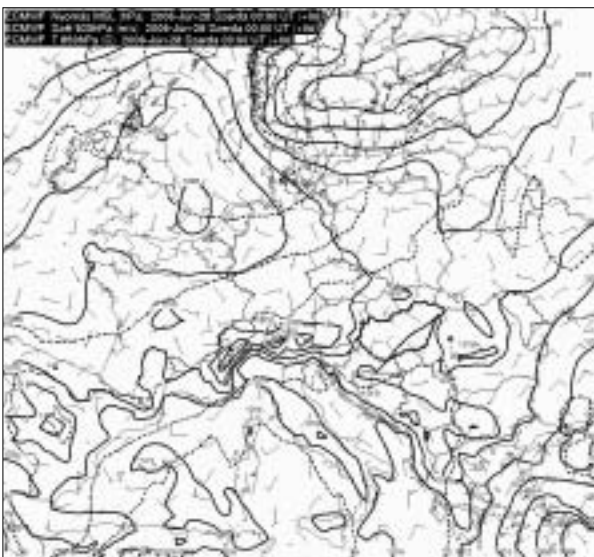
2006. június 29-én

Bevezetés

2006. június 29-én északnyugat felől hatalmas vihar söpört végig az országon. A délelőtti órákban a Dunántúlon, majd délutántól az ország többi részén is orkán erejű szél, felhőszakadás, sokfelé pusztító jégeső kísérte a zivatarvonal átvonulását. Alig hagyta el az országot a vihar, délnyugatról újabb hatalmas zivatarfelhők keletkeztek és az esti órákban egy második zivatar rendszer tört rá a Dunántúlra, elsősorban a Balatonnál okozva ismét 100 km/ó-t meghaladó szelet. A zivatar sorozatnak azonban ezzel még mindig nem volt vége: másnap hajnalban újabb rendszer alakult ki és bár az előző kettőnél jóval gyengébb volt, de átvonulását így is sokfelé kísérték felhőszakadások és viharos szelek. A károk mindenfelé tetemesek voltak: utakra és vasutakra dőlt fák, leszakadt felső vezetékek, hirtelen megáradt és kiöntött patakok illetve a jég által szétvert kertek és földek kísérték a rendszer útját. Becslések szerint a károk milliárdosok voltak. Ebben az írásban a vihar kialakulásának és áthaladásának meteorológiai hátterét mutatjuk be.

A meteorológiai előzmények

Meglehetősen ritka az, hogy 24 órán belül két heves zivatarlanc is áthaladjon a Kárpát-medencén. Az ilyen jelenségek általában az ún. prefrontális instabilitási vonalokhoz kötődnek, amikor a front előtt heves zivatarok alakulnak ki, majd később a front átvonulásával

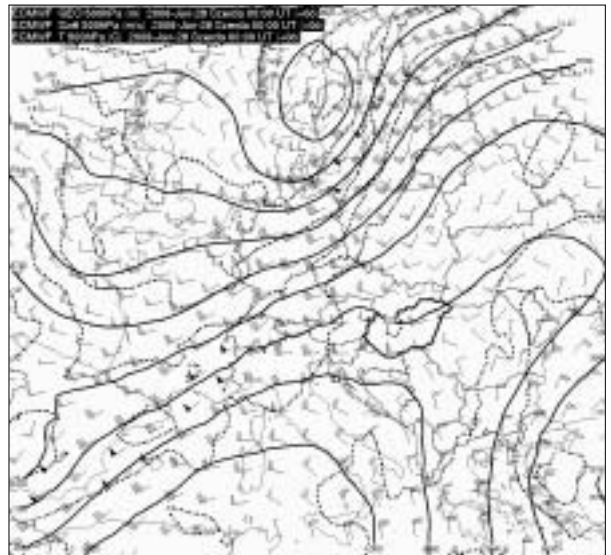


1. ábra. Időjárási helyzet 2006. június 28-án 00 UTC-kor az ECMWF analízise alapján a tengerszintű légnyomás (2 hPa sűrűséggel), a 850 hPa szintű hőmérséklet és a 925 hPa szintű szélmező segítségével ábrázolva.

a front mentén ismét kialakulhatnak zivatarok. A 2006. június 29-i esemény azonban nem ilyen klasszikus eset volt.

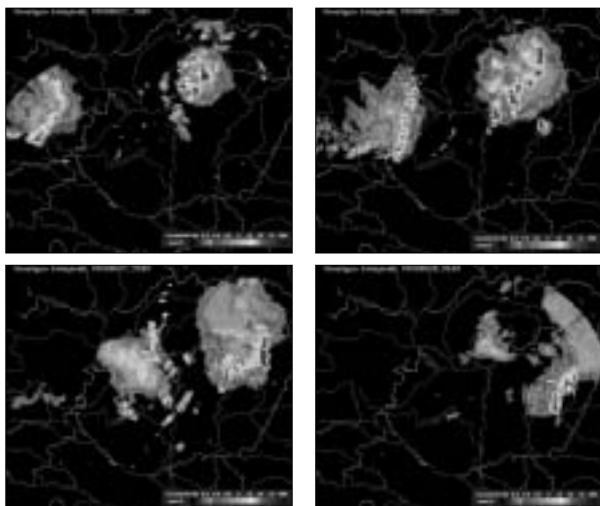
A nagytérségű folyamatok szempontjából tekintve tőlünk nyugati irányban egy több napja veszteglő hidegfront helyezkedett el. A front két oldalán a 850 hPa-os nyomás felületen mintegy 10 fok hőmérséklet különbség alakult ki 24 órával a vihar kitörése előtt (1. ábra).

A középső troposzférában ugyanebben az időben az 500 hPa-os szinten (2. ábra) ugyancsak jelentős volt a hőmérséklet különbség, és a hazánk fölött mérsékelt hideg beáramlás is kialakult, növelve a Kárpát-medencében lévő légtömegek labilitását.



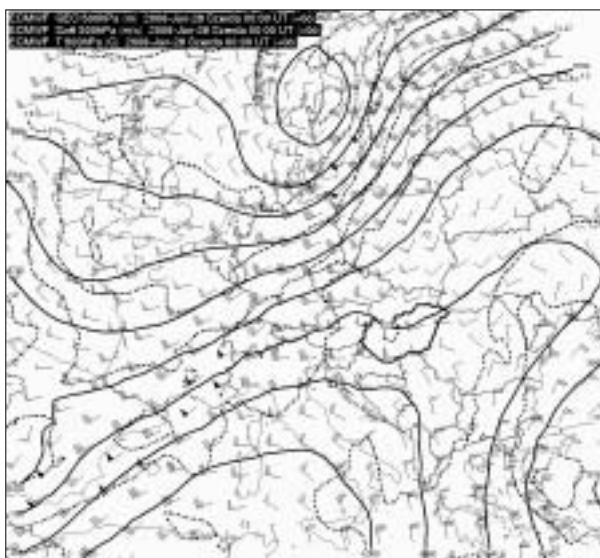
2. ábra. Időjárási helyzet 2006. június 28-án 00 UTC-kor az ECMWF analízise alapján az 500 hPa magasság (40 m sűrűséggel), az 500 hPa szintű hőmérséklet és a 500 hPa szintű szélmező segítségével ábrázolva.

Érdeemes észrevenni, hogy bár a front termikusan minden szinten éles volt, azonban mind a felszínen, mind nagyobb magasságokban dinamikusan meglehetősen inaktívnak tűnt, azaz nem alakultak ki nagy nyomás különbségek, illetve térségünkben a szélmezőben sem található szignifikáns erősödés vagy jet stream. A rendkívül nagy labilitás, illetve a dinamikai rendezettség hiánya miatt a vizsgált esetet megelőzően már több napja kialakultak rendkívül heves zivatarok, amelyek főleg a front mentén jöttek létre és messze betörték a meleg szektorba. Ilyen „figyelmeztetés” volt a június 27–28 éjszakáján betörő zivatarlanc is (3. ábra). A rendkívül száraz és forró Dunántúlra besodródó zivatarok gyorsan kiszáradtak, míg a nagyobb nedvességű északi és északkeleti országrészekben az erős zivatarok tovább fennmaradtak.



3. ábra. Radarral mért csapadék intenzitás
(a) 2006.06.27, 18:30 (b) 2006.06.27, 20:15 (c) 2006.06.27, 22:30
(d) 2006.06.28.01:00 UTC-kor.

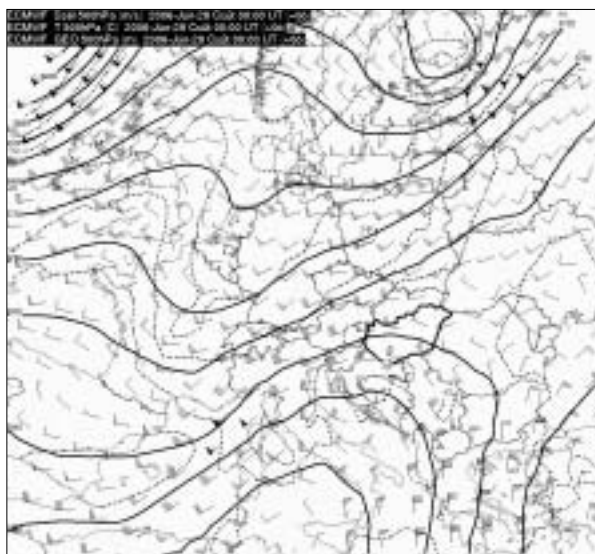
Még labilisabbá vált a helyzet a vihart megelőző hajnalra, amikor a talajközeli front még jobban megközelítette az országot és dinamikusan továbbra is meglehetősen inaktív maradt (4. ábra).



4. ábra. Időjárási helyzet 2006. június 29-én 00 UTC-kor az ECMWF analízise alapján a tengerszinti légnyomás (2 hPa sűrűséggel), a 850 hPa szintű hőmérséklet és a 925 hPa szintű szélmező segítségével ábrázolva.

Ugyanakkor az 500 hPa-os szinten egyértelmű hidegadvекció figyelhető meg, fokozatosan erősödő széllel növelve a konvektív instabilitás valamennyi formáját (5. ábra).

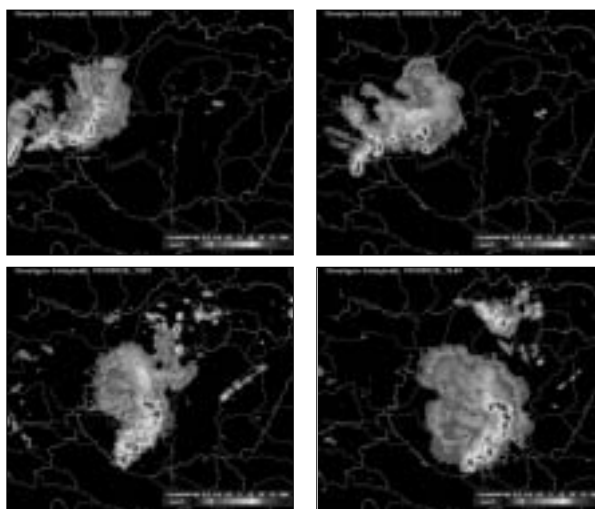
A nagy vihar előestéjén még egy „utolsó figyelmeztetést” adott a légkör. 28-án az esti órákban ismét nyugati irányból megjelent egy zivatargócc, azonban a Dunántúl fölé érve rövidesen szétesett. Feltűnő volt, hogy ezt követően a vihart megelőző éjszaka – több nap óta először – nem voltak zivatark az országban.



5. ábra. Időjárási helyzet 2006. június 29-án 00 UTC-kor az ECMWF analízise alapján az 500 hPa magasság (40 m sűrűséggel), az 500 hPa szintű hőmérséklet és a 500 hPa szintű szélmező segítségével ábrázolva.

Az északnyugati zivatarlánc

2006. június 29-én a kora reggeli órákban a radarméréseken már megjelentek az északnyugatról jövő zivatarlánc cellái. Maga a zivatarrendszer már előző nap kialakult a közeledő hidegfront mentén és az időjárási térképek alapján úgy tűnt, hogy maga a front közeledik az országhatárhoz. A zivatark azonban jóval gyorsabban mozogtak mint a front, így rövidesen láthatóvá vált, hogy egy újabb, de a korábbiaknál jóval erősebb instabilitási vonalról van szó (6. ábra). A rendszert rendkívül erős villámlás is kísérte, óránként több tízezer felhőfelhő villámot számolt a villám detektor. A rendszer 06 UTC-kor érte el a nyugati országhatárt. Az első hullám a Balatontól északra vonult el és kissé legyengült, azon-

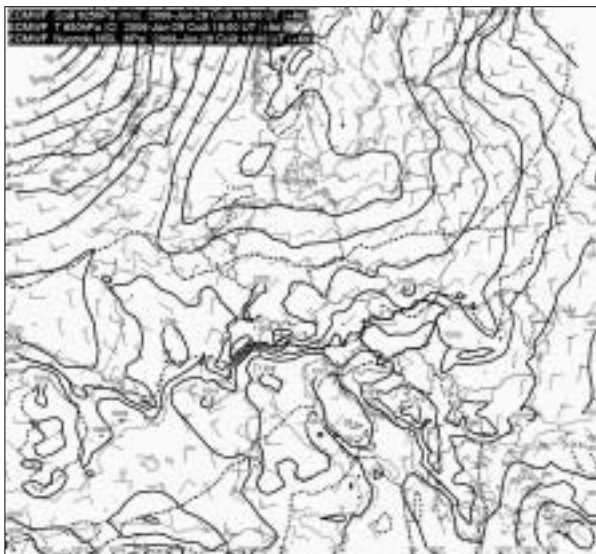


6. ábra. Radarral mért csapadék intenzitás (a) 2006.06.29, 06:30
(b) 2006.06.29, 07:45 (c) 2006.06.29, 10:30
(d) 2006.06.29, 11:45 UTC-kor.

ban a második hullám annál jobban felerősödve csapott le a Balatonra. A legerősebb szellőkést Balatonaligán mérték, 32 m/s-t. A vízre lecsapó orkánerejű szél létrehozta a vízfüggőnyt, azaz a tó felett kialakuló 10-20 m magas vízcseppekkel teli szinte átlátszatlan réteget. Bár a viharjelzés egy órával a vihar előtt kiadásra került, mégis maradtak a vízén vitorlás hajók amelyek jelentős sérüléseket szenvedtek, illetve a partra vetette őket a víz. A Balaton keleti medencéjében különösen erős cellák jöttek létre amelyek zivataros kifutósél frontja látványos arcus felhőket hozott létre. A zivatarvonal áthaladását esti sötétség kísérte. A Siófoktól kissé délre átvonuló legerősebb cellából 12:30 UTC körül dió nagyságú jég hullott letarolva a kerteket, termőföldeket. A rendszer a Kiskunságon is nagyon erős volt, majd a Tisza vonalát átlépve kezdett gyengülni.

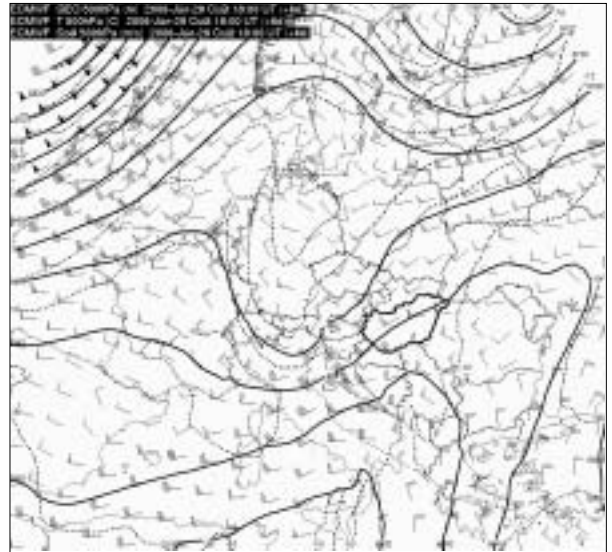
A délnyugati zivatarlánc

Az első zivatarlánc gyors mozgásánál fogva elszakadt a hidegfronttól, illetve a mögötte felépülő mező skálájú zivataros magasnyomás még kissé vissza is vethette a frontot és az alsó szintekben még átmenetileg vissza tudott melegedni a levegő, illetve az eddig rendkívül száraz planetáris határreteg benedvesedett. Az alacsony szinteken tőlünk délnyugatra ismét felmelegedett a levegő (7. ábra), míg az 500 hPa-os szinten kimélyülő teknő ezúttal délnyugatról biztosította a hidegadvékcíót illetve az erősödő magassági szelet (8. ábra) ismét megnövelve az instabilitást, illetve biztosítva a feltételt egy klasszikus délnyugati instabilitási vonal kialakulásához.



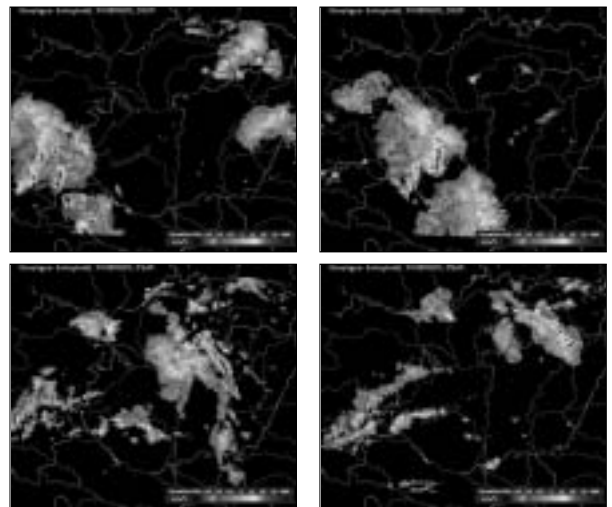
7. ábra. Időjárási helyzet 2006. június 29-én 18 UTC-kor az ECMWF analízise alapján a tengerszinti légnyomás (2.5 hPa sűrűséggel), a 850 hPa szintű hőmérséklet és a 925 hPa szintű szélmező alapján.

A délnyugati zivatarlánc késő délutánra már megközelítette az országhatárt és nagy sebességgel vonult dél-



8. ábra. Időjárási helyzet 2006. június 29-én 18 UTC-kor az ECMWF analízise alapján az 500 hPa magasság (40 m sűrűséggel), az 500 hPa szintű hőmérséklet és a 500 hPa szintű szélmező alapján.

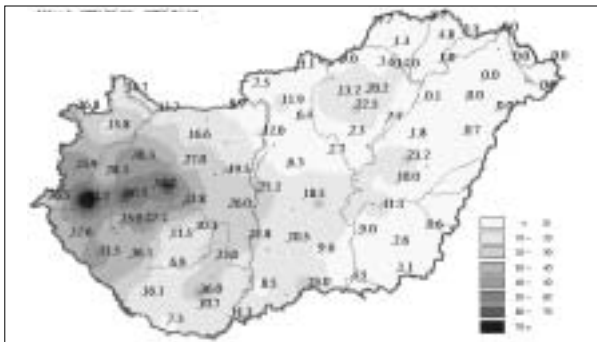
nyugatról északkeleti irányba (9. ábra). A Balatont már sötétedéskor érte el, ismételen 100 km/ó körüli szellőkéseket okozva. A Balatontól keletre a zivatarcellák reflektivitása valamelyest csökkent azonban így is több fele okoztak jelentős mennyiségű csapadékot. Az északkeleti országrészhez közeledve még egyszer éles vonalas szerkezet alakult ki, majd valamivel gyengébb intenzitással elhagyta az országot.



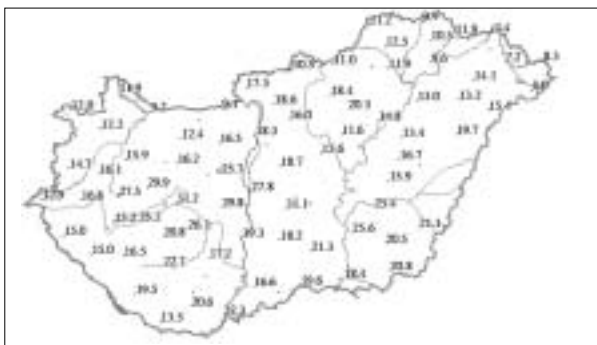
9. ábra. Radarral mért csapadék intenzitás (a) 2006.06.29, 16:00 (b) 2006.06.29, 18:30 (c) 2006.06.29, 21:45 (d) 2006.06.29, 23:45 UTC-kor.

A rendkívül aktív zivataros periódus záró akkordjaként a lassan mozgó hidegfront is elérte az országot. A front mentén az előzőknél jóval gyengébb de még így is jelentős csapadékot adó zivatarok alakultak ki amelyek mögött végül stabilizálódott a levegő.

A 2006. június 29-i zivatarok mérlege: helyenként hatalmas mennyiségű csapadék (10. ábra) és a velük járó lokális árvizek, az országsszerte pusztító orkánerejű szél (11. ábra) és egy-egy körzetet letaroló jégeső.



10. ábra. 2006.06.30. 06 UTC-ig lehullott 24 órás csapadékösszeg



11. ábra. 2006.06.29-én mért legerősebb széltekercsek

Összefoglalás

A fentiekben leírt viharok több tanulsága is van. Szinoptikai szempontból érdemes megfigyelni, hogy a zivatarok valamilyen módon a közelben levő hidegfrontokhoz kötődtek, legtöbbször azok mentén alakultak ki. Mivel a front termikusan fejlett volt, dinamikus azonban inaktív, így a zivatarláncok, zivatargócok mozgását a nagytérségű folyamatok nem befolyásolták jelentősebben, azok a saját csapadék hűtötte magasságú rendszereik által tolva behatoltak a melegszektorba, messze a front elé. A numerikus modellek nyilvánvalóan nehezen tudták kezelni az ilyen, alapvetően lokális skálájú folyamatokat. Az első (északnyugati) zivatarláncot nem is jelezték előre. A második (délnyugati) rendszer illetve a hidegfront előrejelzése már sikeresebb volt, azt bizonyítva, hogy az utóbbi kettő inkább a nagytérségű folyamatok által meghatározott jelenség volt.

Végül ki kell emelni a meteorológiai riasztások főként a Balatoni Viharjelzés jelentőségét. Azzal hogy a viharjelző szinoptikus jó előre felismerte a jelenség veszélyességét és minden érintett szervezetnek, hatóságnak nyomatékosan elküldte a riasztásokat, életet mentett meg. Ez a legtöbb, amit a meteorológia az emberekért tehet.

Horváth Ákos

KISLEXIKON

[Cikkeinkben csillag jelzi azokat a kifejezéseket, amelyek a kislexikonban szerepelnek]

Sztóma vezetőképesség

Hidy Dóra et al.: Gyepek szén-dioxid forgalmának modellezése

A sztóma két zárósejttel körülvett nyílás a levélen, melyen keresztül a vízgőz, illetve a szén-dioxid diffúziója végbemegy. A levélen való elhelyezkedésük és számuk nagyon változó.

A növényi levelek többféleképpen respirálnak (respiráció = légzés – CO₂ és vízgőz áramlása a növényi test és környezete között). A gázcsere nagy része a sztómákon keresztül bonyolódik (a maradék csekély hányad (csupán 1–5%) a növényi levelek viaszos rétegén, az ún. kutikulán keresztül, a gázok átrézelődésével történik). A sztómák, azaz a gázcsere nyílások a leveleken szétszórva találhatóak, feladatuk a növényen kívül és belül lévő víz szabályozása – kinyitják vagy elzárják a nyílást a növény vízigényétől és a megváltozó környezeti hatásoktól függően.

A sztóma vezetőképessége azt jelenti, hogy egységnyi idő alatt a nyílás keresztmetszetén mekkora mennyiségű gáz tud átáramlani. Azaz a növényi levelek gázvezető

képessége egyenesen arányos a respirációjuk intenzitásával, így a sztóma vezetőképessége erősen befolyásolja a növényi produktivitást, és ezen keresztül az ökológiai rendszerek szénháztartását.

GPS (Global Positioning System)

Unger J. és társai: A városi felszín és a hősziget kapcsolata Szegeden

Olyan földi helymeghatározó rendszer, amely 24 mesterséges hold órajelei alapján, háromszögelési eljárással adja meg a földrajzi szélesség, hosszúság, valamint a tengerszint feletti magasság értékét.

adatasszimiláció

Balogh M.: Repülőgépes mérések felhasználása...

A különböző meteorológiai megfigyelőrendszerek eltérő módszerrel, térben és időben szórványosan végzett méréseinek átdolgozása olyan egységes, konzisztens rendszerbe, amelyből mint kiinduló adatbázisból a legjobb előrejelzés készíthető.

Folytatás a 36. oldalon