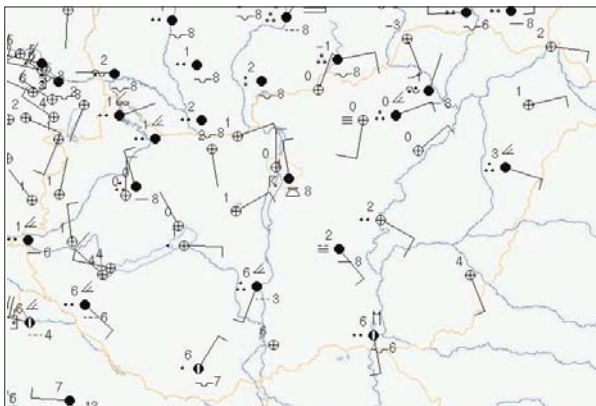


## Egy szokatlan időjárási jelenség Budapesten

A 2005–2006-os tél bővelkedett nem túl gyakran előforduló időjárási eseményekben. A tél folyamán többször és viszonylag nagy területen fordult elő ónos eső. Gyakori volt az intenzív (bár többnyire rövid ideig tartó) havazás. Januárban a hosszú, hideg periódus alatt befagyott a Tisza, sőt időnként a Duna 60%-át is jég borította, többször volt hófúvás (bár viszonylag kevés települést vágott el rövid időre a külvilágtól), és zivatar, sőt hózivatar is több esetben előfordult az országban és Budapesten is. 2006. február 17-én délelőtt egy rendkívül szokatlan – a szinoptikus tankönyvek szerint nem is létező – időjárási eseménynek lehettünk szemtanúi Budapest egyes részein. Ennek a jelenségnek nincs jele és kódszáma a szinoptikai kódtáblázatokban, hiszen szinte soha nem fordul elő. Hogy mi volt ez a jelenség??? Zivatar ónos esővel. A következőkben vizsgáljuk meg, hogy mi vezetett ehhez a rendkívül ritka eseményhez!

Először nézzük meg, milyen volt az időjárási helyzetkép Magyarországon és környékén! Az 1. ábrán láthatjuk a szinoptikus állomásokon 10 UTC-kor (valójában 09.45 UTC-kor) mért szél és hőmérsékleti viszonyokat, valamint az észlelők által észlelt felhőzeti képet és időjárási jelenségeket a szinoptikában használt szimbólumokkal. A térkép alapján az adott időpontban többnyire borult volt az ég a Kárpát-medencében, sokfelé hullott különféle csapadék. Szlovákia nagy részén havazott, Magyarországon és Ausztriában sokfelé esett az eső. Hazánk északkeleti részén vegyesen esett hó, ónos eső és eső, míg Budapesten zivatart észleltek 0 °C körüli hőmérséklet mellett. A pontos értékek az 1. táblázatban láthatók.



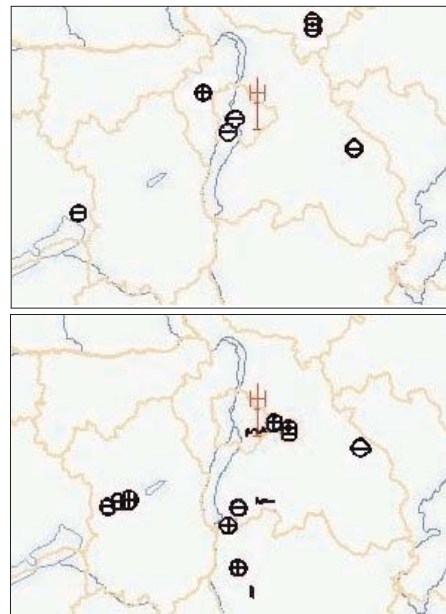
1. ábra Hőmérséklet, szél, felhőzet és jelenlegi időjárás észlelések 2006. 02. 17-én 10 UTC-kor

Az éjszakai legalacsonyabb hőmérséklet a Belvárosban (az OMSz-ban)  $-0,6$  °C volt, míg Pestszentlőrincen  $-1,1$  °C-t mértek, vagyis éjszaka a talaj átfagyott, néhol még ónos eső is hullott napkelte előtt.

1. táblázat

UTC	Budapest-Belváros		Budapest-Pestszentlőrinc	
	1 órás csapadék összeg (mm)	Hőmérséklet (°C)	1 órás csapadék összeg (mm)	Hőmérséklet (°C)
09	0,2	-0,2	1,5	+0,4
10	2,1	+0,4	1,7	+0,6

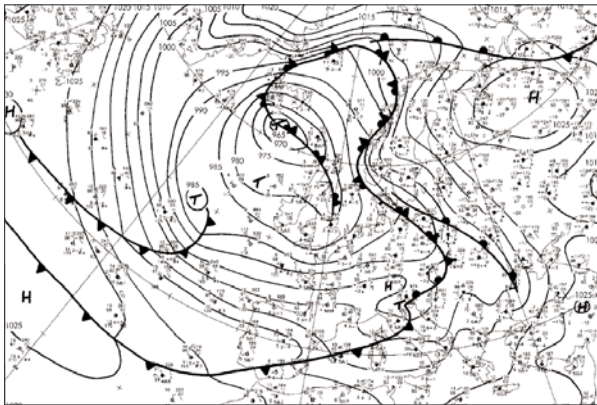
A reggeli órákban átmenetileg gyengült a csapadék, majd a beagyazódott zivatarfelhőkből 08.30 és 09.30 UTC között (2. ábra) a város több pontján is előfordult zivatar, esővel, néhol hódarával, jégdarával, míg a budai oldalon ezen felül ónos eső is előfordult. A ferihegyi reptéren a zivatart 09.32 UTC-kor észlelték. Ez az ónos eső természetesen nem a klasszikus túlhűlt vízből\* álló csapadék volt, mivel csak az alsó néhány száz méteres réteg hőmérséklete volt negatív, de a hideg talajfelszínre, illetve a fákra így is ráfagyott az eső, miközben dörgött, villámlott.



2. ábra A SAFIR rendszer által 2006. 02. 17-én 08.30 és 09.00 illetve 09.00 és 09.30 UTC között észlelt villámok

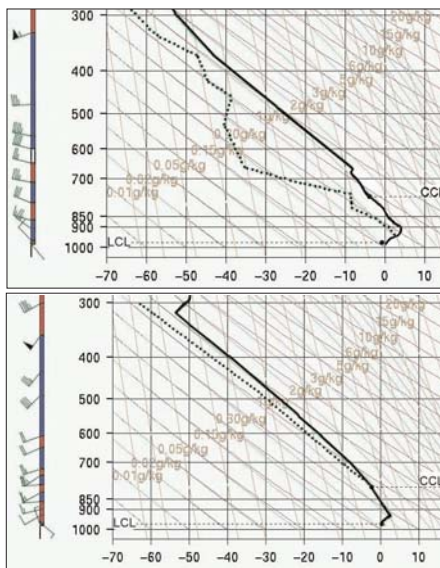
Vajon előre jelezhető volt-e ez a különleges természeti jelenség?

Először nézzük át az adott órákban uralkodó légköri viszonyokat! Reggel az Izland közeli középpontú, hatalmas ciklonon egy peremhullám képződött Szlovénia térségében. Ehhez a peremhullámhoz kapcsolódóan, az adott reggelen, Magyarország fölött egy hosszan elnyúló, hullámzó frontzóna helyezkedett el (3. ábra). A front közelében erősen felhős volt az ég, sokfelé hullott csapadék. Bár az ország nagy részén a hőmérséklet a talaj közelében már pozitív volt, de északkeleten és Budapest térségében néhol továbbra is 0 °C alatt maradt.



3. ábra A Német Meteorológiai Szolgálat (Deutscher Wetterdienst) talajanalízise 2006. 02. 17. 06 UTC

A budapesti rádiószondás mérések alapján (4. ábra) 00 és 12 UTC között az alsó 1500–1800 méteres rétegben kissé hűlt a levegő, de az alsó 500–700 méteres rétegben végig inverzió uralkodott, ami nem kedvez a zivatarnak. Az efölött elhelyezkedő levegő viszont labilizálódott. A legnagyobb labilitás a kora délelőtti órákban uralkodott a főváros térségében, de ebben az időben nem volt rádiószondás mérés.



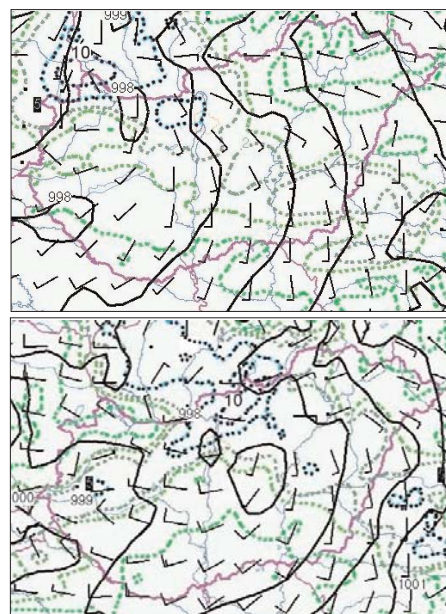
4. ábra A budapesti rádiószondás mérés hőmérsékleti görbéi: 2006. 02. 17. 00 és 12 UTC

A zivatarfelhők tehát nem a talajról felszálló meleg levegő miatt alakultak ki, mint a nyári hőzivatarok, sem a felhőtető kisugárzása miatt, mint nyáron az éjszakai órákban szokott. Akkor mi lehetett az oka a zivatarfelhő kifejlődésének? A téli zivatarok többségénél a kezdeti lökést általában egy gyors mozgású hidegfront adja meg, amely eléggé megemeli a levegőt ahhoz, hogy az emelkedő levegőben beinduljon a kondenzáció és a kifagyás, amely felgyorsítja a feláramlást, és így a levegő a nedves adiabata mentén tovább tud emelkedni fölfelé. Ebben az esetben ez az indító hatás nem állt rendelkezésre, mivel a front nagyon lassan mozgott, vi-

szont egy érdekes szituáció mégis megadta ezt a kezdeti emelést a légtömegnek. A front mentén a talaj közelében egy nagyon gyenge konvergencia alakult ki, ami egy nagyon gyenge feláramlást generálhatott. Ezen felül a rádiószondás felszállásokon látható, hogy az inverzió alatti légrétegben a szélirány csaknem ellentétes a magasabban lévő légrétegek szélirányával. Vagyis a talajközeli légréteg ellentétes irányban mozgott a magasabban található levegővel, így ék alakban megemelte azt. A magasban lévő melegebb, nedves levegő így elkezdett hűlni, túltelítetté\* vált, és kondenzálódott, illetve nagyobb magasságban kifagyott a benne található nedvesség. Ehhez nagyon kevés emelés is elég volt, hiszen 12 UTC-kor az alsó 3000 méterben a relatív nedvesség közel 100% volt, tehát néhányszor tíz méteres emelés is beindíthatta a halmazállapot váltást.

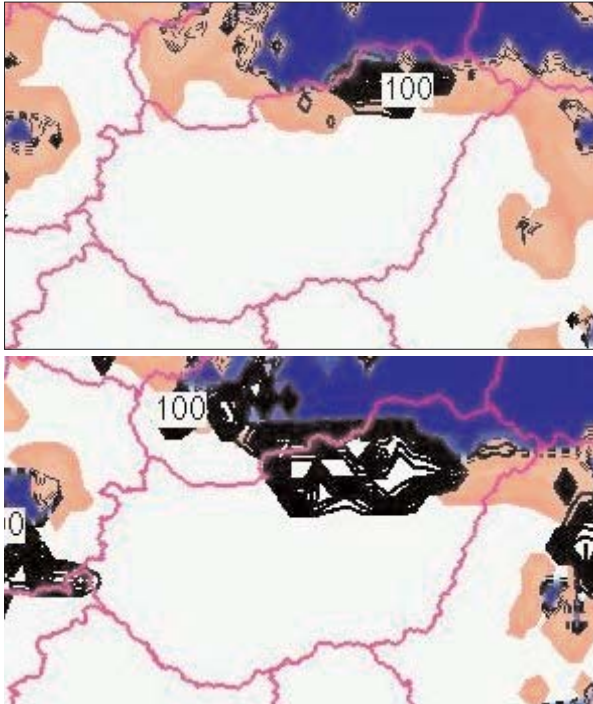
Röviden összefoglalva ez vezetett az ónos esővel kísért zivatar kialakulásához Budán. A következőkben vizsgáljuk meg, hogy előre jelezhető volt-e ez a jelenség?

A február 16-án készült előrejelzésben szerepelt, hogy északkeleten hó, ónos eső, majd eső, míg másutt inkább eső várható, 17-ére pedig zivatart is előre jeleztek a kollégák, igaz, hogy inkább a déli országrészre. Az éjszakára vonatkozó előrejelzés szinte tökéletes volt, bár Budapesten a várt 0 °C-nál 1 fokkal hidegebbet mértek, vagyis gyengén fagyott, és a korábban lehullott hóréteg miatt a talaj erősen áthűlt. Az ALADIN.HU modell előrejelzésén látható (5. ábra), hogy 09 UTC-re a frontzóna Budapest fölé kerül, és jelentős, 4–10 mm csapadék várható a város környékén, illetve tőle északra.



5. ábra Az ALADIN.HU modell által előrejelzett légnyomás és szél adatok 2006.02.17-én 09 és 12 UTC-kor, valamint csapadékmennyiség adatok 06 és 09, valamint 09 és 12 UTC között  
Folytonos vonal: nyomás – Szélzászlók – Szaggatott vonal: csapadék (vastag: 5 mm felett)

A modell csapadékfajta előrejelzése (6. ábra) a kora reggeli órákban még Budapest közelébe helyezte az ónos eső határát, de 09 UTC-re már csak Borsod-Abaúj-Zemplén megyébe adott ónos esőt (Miskolcon az is esett), Budapestre már esőt várt. A valóságban Budapest egyes részein még fagyott az alsó néhány száz méteres rétegben, így adva volt az esély az ónos esőhöz.

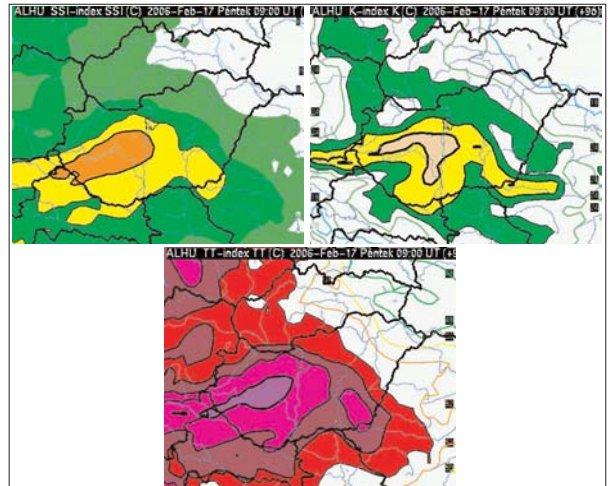


6. ábra Az ALADIN.HU modell által előre jelzett csapadék fajták 2006. 02. 17-én 06 és 09 UTC-kor  
Sötét: havazás – Szürke: hó, havas eső, eső – Fehér: eső – Fekete vonalak: ónos eső

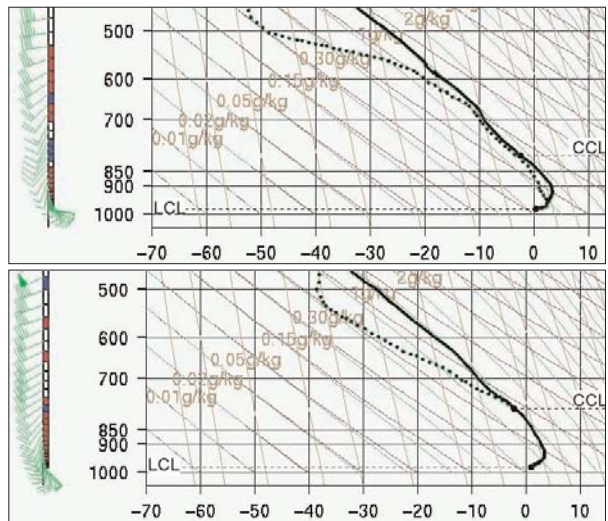
Az ALADIN.HU modell a délelőtti órákra nagyon erős labilizálódást jelzett előre a 850 hPa és 500 hPa közötti légrétegre (7. ábra). A Showalter-index (SSI) előre jelzett értéke 0C és -1C között volt Budapesten (télen 4C alatt már lehet zivatar), de a Dunántúlon néhol -1C alatti értékek is előfordultak. A K-index értéke 28C körül volt (télen 24 C elég a zivatarhoz), de a Dunántúl keleti részén és a Bakonyban 30C fölötti értékeket is prognosztizált a modell. A Totals Total-index (TT) értéke 59 C körül volt (télen 54 C elég a zivatarhoz), de a Balaton környékén 60C feletti érték lett előre jelezve. Mindezek alapján a légkör magasabb rétegei rendkívül labilisak voltak, így a zivatarok esélye megvolt, bár a talaj közeli inverzió csökkentette ezek létrejöttének valószínűségét.

A modell gyakorlatilag pontosan megadta azt, hogy az alsó légrétegekben inverzió lesz, és a szél szembe fúj a magasabban lévő széllel (8. ábra), bár a pozitív hőmérsékletű réteg vastagságát kicsit túlbecsülte, és a talaj közelében a ténylegesnél kb. 1–1,5 fokkal melegebbt jelzett előre.

A fentiek alapján a zivatar és az ónos eső is előre jelezhető volt, habár a modell sokkal keletebbre adta az



7. ábra Az ALADIN.HU modell által 2006.02.17-én 09 UTC-re előrejelzett labilitási indexek SSI: színezett terület: 4 C alatt, vastag fekete vonalon belül: -1 C alatt K: színezett terület: 26 C felett, vastag fekete vonalon belül: 30 C felett TT: színezett terület: 54 C felett, vastag fekete vonalon belül 60 C felett



8. ábra Az ALADIN.HU modell által előre jelzett hőmérsékleti görbék: 2006. 02.17. 06 és 09 UTC

ónos eső lehetőségét, de szinoptikus tapasztalat az, hogy ilyen helyzetekben az ALADIN.HU modell gyorsabban melegíti az alsó légréteget, mint az a valóságban bekövetkezik. Az ónos esőre a riasztó szolgálat idejében (még hajnalban) kiadta a figyelmeztetést. A zivatar is előre jelezhető lett volna (előző nap szerepelt is az előrejelzésben), de a reggeli szolgálat nem várta ilyen korán a bekövetkeztét, ezért a riasztás már csak annak bekövetkezése után (09.02 UTC-kor) ment ki, bár a pesti zivatarokat még 15-40 perccel megelőzte a figyelmeztetés.

Összefoglalva a korábban leírtakat, elmondható, hogy külön-külön mind a két esemény (a zivatar és az ónos eső is) előre lett jelezve, de együttesen ez nem szokott előfordulni, ezért a szinoptikusokat is váratlanul érte.