

Fövényi Attila

METEOROLÓGIAI ELŐREJELZÉSEK KÉSZÍTÉSE SPORTREPÜLŐK RÉSZÉRE NUMERIKUS MODELLADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL – RÉGI ÉS ÚJ MÓDSZEREK ADAPTÁLÁSA ÉS AUTOMATIZÁLÁSA

Absztrakt: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Repülésmeteorológiai és Veszélyjelző Osztályán rendszeresen készítünk időjárás előrejelzéseket a vitorlázó repülők, a hőlégballonosok és a hullámrepülők részére. Mivel az elmúlt 20 évben a numerikus előrejelző modellek és a számítástechnikai berendezések sokat fejlődtek, ezért lehetőségünk nyílt a korábban használt módszerek továbbfejlesztésére és bizonyos munkafolyamatok automatizálására. Ezeket a fejlesztéseket döntően az ALADIN.HU előrejelző modellre építettük, de lehetőségünk van az ECMWF modell alkalmazására is.

A vitorlázó repülők számára készített termik előrejelzésünk a Szalma János és társai által a 80-as években kidolgozott módszer továbbfejlesztésén alapul, és most már túlnyomórészt a modelladatok szolgáltatják a bemenő adatokat, de néhány változó értékét még mindig a szinoptikus határozza meg. A bemenő adatok alapján a program elkészít egy automatikus előrejelzést a szélre, a hőmérsékletre, a látástávolságra, a termik indulására, a termik végére, a termik erősségére, és a nulla fok magasságára vonatkozóan, amit azonban a repülésmeteorológusnak lehetősége van módosítani, illetve szöveges előrejelzéssel és veszélyjelzéssel kiegészíteni. Ezeket az előrejelzéseket 1995 óta folyamatosan verifikáljuk.

Kutatásaink alapján sikerült meghatározni azokat a paramétereket, amelyekkel viszonylag jól előre lehet jelezni a Börzsöny és a Mátra térségében kialakuló lee-hullámokat. Ezeket a paramétereket automatikusan állítjuk elő a modelladatokból, és egy szöveges előrejelzéssel egészíti ki a szinoptikus.

A hőlégballonosoknak készülő szél és nulla fok magassága előrejelzéseket szintén automatizáltuk, de azt az előrejelző egy időjárási tájékoztatóval és a hőlégballonosokra veszélyes elemekről szóló ismertetővel egészíti ki.

A sportrepülők számára készített előrejelzések előfizetés után az Internetről letölthetők.

TERMIK ELŐREJELZÉSEK KÉSZÍTÉSE AZ OMSZ REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI OSZTÁLYÁN

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Repülésmeteorológiai Osztályán a nyári időszakban (április-szeptember) rendszeresen készítünk termik előrejelzéseket. Ezeket az előrejelzéseket a vitorlázó repülők, a motor nélküli sárkányrepülők és a siklóernyősök használják fel. Természetesen ezeknek

különböző igényeik vannak, a siklóernyősöknek és a sárkányrepülőknek sokkal nagyobb szükségük van a pontos szélelőrejelzésekre, mint a vitorlázó repülőknek. A következőkben ennek az előrejelzésnek a készítését mutatjuk be, és illusztráljuk egy példával.

Napos időben a különböző tulajdonságú felszínnek különböző mértékben melegítik fel a talajközeli légréteget. Amennyiben ez a légréteg valahol eléggé felmelegszik ahhoz, hogy abszolút instabillá váljon, akkor a talaj közeléből száraz adiabatikus hűléssel felemelkedik. Amennyiben a hőtöbblet nem elég ahhoz, hogy az emelkedő levegő elérje az emelési kondenzációs szintet, akkor száraz termikről beszélünk, amennyiben elég, akkor az emelési kondenzációs szint magasságában gomolyfelhő (Cumulus) jelenik meg. Ezt nevezzük a repülésmeteorológiában termiknek, vagy gomolyos termiknek. A repülésmeteorológiában a termiket repülhető termiknek nevezzük, ha az emelkedő levegő képes elérni legalább az 1000-1200 méteres magasságot.

A sportrepülés szempontjából két típusú termik létezik, az egyik a buborék (bubble), a másik a kémény (chimney) termik. Az első jellemzője, hogy az emelkedő levegőben az emelés nem állandó, turbulens jellegű. Ez olyankor fordul elő, ha a talajközeli levegő hőmérséklete közel van a termik indulási hőmérsékletéhez, vagy 1500-2000 m magasan egy inverziós vagy stabil réteg gátolja az emelkedő levegő mozgását, vagy, ha az erős szél miatt oldalirányból hidegebb levegő áramlik be az emelkedő levegőbe. Az ilyen típusú termik élettartama általában csak 5-20 perc. A kémény típusú termikben az emelés egyenletes, a termik középpontja felé haladva egyre erősödik. Ez olyankor alakul ki, ha a talajközeli hőmérséklet jóval meghaladja a termik indulási hőmérsékletét, ha a talaj közelében oldalról beáramló hűvösebb levegő gyorsan átmelegszik a felszín felett, valamint, ha se szél, se inverzió nem akadályozza a feláramló levegő mozgását. Az ilyen termik élettartama általában 15-30 perc, de a hegyek déli lejtőin akár 30-50 perc is lehet, sőt az olasz Alpokban, a Dinári hegységben és a trópusi szigetek fölött, kisebb áthelyeződésekkel gyakorlatilag egész nap egy helyben maradhatnak a termikek. A fenti élettartam értékekhez hozzá kell tenni, hogy a sportrepülés szempontjából hasznosítható élettartam a fenti értékeknél 20-40 %-kal rövidebb. A fentiekén kívül még létezik az úgynevezett felhőút termik, amelyben megfelelő áramlási viszonyok esetén a kialakuló termikek vonalba rendeződnek.

A termik erősségét három fajta módon adják meg a különböző szolgálatok. Az egyik esetben csak azt adják meg, hogy a termikek gyengék, közepesek, vagy erősek lesznek-e. Ilyen tájékoztatást ad például a UKMO (Egyesült Királyság Meteorológiai Szolgálat). A másik esetben a meteorológiai lehetséges emelés értékét adják meg m/s-ban. Ilyen előrejelzést elsősorban jó minőségű mezoléptékű modellel rendelkező országokban (például Németországban) készítenek. Ennek az előrejelzésnek a hátránya annyi, hogy a gépek nem tudják kihasználni a teljes lehetséges emelést, hanem annak csak egy részét. Azonban abban az esetben, ha tudjuk, hogy hány százalékát tudja a gép ennek hasznosítani, akkor megkapjuk a tényleges emelés értékét. Bár nem mezoléptékű modellel, hanem gyakorlati tapasztalatok alapján, de mi ezt a tényleges emelést próbáljuk meg előre jelezni. Előrejelzéseink a Férihegyi Repülésmeteorológiai Központban az 1970-es, 1980-as években Pirate és Jantar típusú

vitordázó gépeken végzett kutatásokon alapulnak. Az előrejelzésekhez viszont jelentős mértékben felhasználjuk a meteorológiában azóta bekövetkezett fejlesztéseket (modell adatok), saját kutatásainkat (hőmérséklet és sugárzás előrejelzés), valamint a 70-es években még nem létező, de azóta elterjedt személyi számítógépet. Ennek köszönhető, hogy 30-60 perc alatt (szinoptikustól és időjárási helyzettől függően), az egész országra kiterjedő termik előrejelzést készíthetünk.

Az előrejelzések készítéséhez 10 db rádiószondás állomás (Bécs, Graz, Prostějov, Poprád, Záhgráb, Belgrád, Budapest, Szeged, Ungvár, Kolozsvár) éjféltor észlelt adatait, 6 SYNOP állomás (Baja, Békéscsaba, Budapest, Győr, Nagykanizsa, Nyíregyháza) 4 UTC-s hőmérsékleti és harmatpont értékeit, az összes észlelővel ellátott magyar SYNOP állomás 5 és 6 UTC-s látás és felhőzeti észleléseit, valamint az ALADIN.HU mezoléptékű modell különböző előrejelzéseit használjuk fel.

Az éjféli felszállásokból töréspontok közötti, valamint az inverziós könyök és 2000 m közötti átlagos gradienst, a termik indulási hőmérsékletét, valamint a 4 UTC-s SYNOP adatokkal korrigált emelési kondenzációs szintet és a Cumulus kiváltó hőmérsékletet határozzuk meg. Az ezek kiszámításához használt képletek és állandók a következők:

A töréspontok közötti magasságkülönbség

$$H_2 - H_1 \cong \frac{R \cdot (T_2 + T_1)}{2 \cdot g} \cdot \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

$$g = 9.78529472 \frac{m}{s^2}$$

$$R = 286.8 \frac{J}{kg \cdot K}$$
(1)

Az izogrammm gradiense

$$\Gamma_i = -0.16541 \frac{K}{100m}$$
(2)

A száraz adiabatikus gradiens

$$\Gamma_a = -0.974 \frac{K}{100m}$$
(3)

Mint látható a magasság számításánál nem vettük figyelembe a nedvesség adatokat. Ezt azért csináltuk így, mert egyrészt Ungvárról nem érkeznek ilyen adatok, másrészt a nyomás értékeket 0.5 hPa pontossággal kapjuk meg, amely eleve $\pm 4-6$ méteres hibát hordoz magában töréspontonként az alsó 3000 méteres rétegben. 0.05 hPa pontosságú adatokkal tesztelve (a tényleges budapesti mérési adatokkal, nem a TEMP távirattal) az átlagos hiba +4 méter körül van a 700 hPa-os magasságig számolva, míg a repülésben használt legkisebb magasságkülönbség 100 láb (30.41 m). Az emelési

kondenzációs szint meghatározásához használt állandó izogrammm is -5, -10 méter körüli hibát eredményez, tehát ez is megfelelő pontosságú.

Az ALADIN.HU modell 10 magyar városra előre jelzett pszeudó tempekből meghatározzuk a 06 és 12 UTC-re vonatkozó 0 fokos szint magasságát, a talajra, 500, 1000, 1500 és 2000 m-re vonatkozó szél erősséget és szélirányokat, valamint a 800 és 4000 m közötti szintre előre jelzett stabil, vagy inverziós réteg alapját. Tapasztalataink szerint a szélirány és a 0 fokos szint magasságának az előrejelzése elég pontos, a szélerősséget általában alulbecsli a modell, míg az 1000-2000 m között fellépő inverziókat a vártnál kevésbé képes jól előre jelezni a modell, bár az utóbbi években jelentősen javultak az inverziós réteg előrejelzések. Ez utóbbi adatokat időnként a rádiószondás állomások adatai alapján korrigáljuk.

A modell adataiból a 850 hPa-on bekövetkező advekciót, a harmatpont és labilitási értékeket, a 300 km sugarú körre vonatkozó $\nabla^2 P$ (a nyomás Laplace-a) értékeket, valamint a talajra, 500, 1000, 1500, 2000 m-re vonatkozó szélirányt és erősséget is előre jelezzük.

A fenti számításokat hat magyar városra (Baja, Békéscsaba, Budapest, Győr, Nagykanizsa, Nyíregyháza) végezzük el. A termik erősségének meghatározásához a következő paramétereket használjuk fel.

Átlagos emelés (m/s)	0.2	0.3-1.3	1.3-1.8	1.8-2.3	2.3-2.8
Maximális emelés (m/s)	0.3	0.7-1.7	1.75-2.25	2.3-2.8	2.85-3.35
1. 15 UTC-ig beérkező globálsugárzás (J/cm^2)	<700	700-1300	1300-1600	1600-2000	>2000
2. Látástávolság (km)	<=5	5-10	10-15	15-20	>20
3. Talajállapot (párolgási hő)		1-4. kategória	5-8. kategória	9-10. kategória	11-13. kategória
4. Átlagos gradiens ($^{\circ}C/100m$)	>-0.4	-0.40,-0.45	-0.45,-0.55	-0.55,-0.65	<-0.65
5. Termik indulása (UTC)		>11	10-11	9-10	<9
6. Harmatpont ($^{\circ}C$)		>15	12.5-15	10-12.5	<10
7. $D_{850}+D_{700}$ ($^{\circ}C$)	<5	5-8	8-10	>14	10-14
8. A kondenzációs szint (m)	<700	700-1200	1200-1400	1400-1800	>1800
9. Advekcio 850 hPa-on ($^{\circ}C/12h$)	> +6	+6 - +3	+3 - +1	+1 - -1 < -3	-1 - -3
10. $\nabla^2(P)$ (10^{-5} hPa/km²)		<-10 >+10	-10--7 +6--10	-7--3 +2--6	-3--2
11. Szinoptikus helyzet		1-6. kategória	7-10. kategória	11-13. kategória	14-15. kategória

1. táblázat A termik program által használt döntési táblázat

A program által használt változók közül a talajállapotot (3.) és a szinoptikus helyzetet (11.) a szinoptikus határozza meg, a többi adat a modelltől származik.

Talajállapot kategóriák:

- | | | |
|------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1. Belvizes terület | 2. Vizes, sűrű erdő | 3. Vizes, ritka erdő |
| 4. Vizes puszta | 5. Nedves, sűrű erdő | 6. Nedves, ritka erdő |
| 7. Nedves puszta | 8. Nedves homok | 9. Száraz, sűrű erdő |
| 10. Száraz, ritka erdő | 11. Száraz puszta | 12. Száraz homok |
| 13. Aszályos terület | | |

A 13 talajállapot kategóriából a leggyengébb a belvizes terület, mivel ekkor a beérkező sugárzás zöme a párologtatásra fordítódik, míg a legerősebb az aszályos terület és a száraz homok, mivel ilyenkor a sugárzás nagy része a levegő melegítését szolgálja. A talajfelszín nedvességtartalmát általában az INDA rendszer 110 mérőállomásának elmúlt 72 órás csapadékmennyiségei alapján határozza meg a szinoptikus. Természetesen a 13 kategória nem fedi le a létező összes talajállapotot, de a szinoptikus a leggyengébb és a legerősebb kategória közül be tudja lőni, hogy az éppen aktuális helyzet mennyire kedvez a termikképződésnek (a program az 1-es és 13-as kategória között lineárisan interpolál).

Szinoptikus helyzetek:

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Lassan mozgó frontálzóna | 2. Cikloncentrum, vagy mediterrán hidegfront |
| 3. Erős melegszektor | 4. Ciklon előoldal délies széllel |
| 5. Magassági hidegcsepp | 6. Öreg anticiklon, vagy anticiklon hátoldal |
| 7. Anticiklon déli pereme | 8. Jellegtelen bárikus mező |
| 9. Középkorú anticiklon | 10. Frontmentes nyugatias áramlás |
| 11. Köztes anticiklon | 12. Anticiklon előoldal |
| 13. Fiatal anticiklon | 14. Gyors hidegfront, vagy nedves hátoldal |
| 15. Ciklon hátoldal (száraz) | |

A 15 szinoptikus helyzet kategória közül a leggyengébb a ciklon centrum, illetve hullámzó frontálzóna az ország felett, amelyet borult, csapadékos idő jellemez, míg a legerősebb a ciklon hátoldal, illetve anticiklon előoldal, amelyben mérsékelt széllel hűvös és nem túl nedves levegő érkezik az ország fölé. Természetesen a 15 kategória nem fedi le a létező összes szinoptikus helyzetet, de a szinoptikus a leggyengébb és a legerősebb kategória közül be tudja lőni, hogy az éppen aktuális helyzet mennyire kedvez a termikképződésnek (a program az 1-es és 15-ös kategória között lineárisan interpolál).

A harmatpontot, a depresszió összeget, az emelési kondenzációs szintet, az advekciónak az erősségét, a Laplace értéket, és az átlagos gradienst a program különböző algoritmusok segítségével automatikusan számolja a SYNOP, TEMP és az ALADIN.HU modell adataiból.

A program megadja a modelladatokból speciális algoritmussal számolt 12 UTC-re várható látástávolságot, de a szinoptikus módosíthat ezen.

A program több különböző algoritmus segítségével kiszámolja a lehetséges maximális, minimális, átlagos és az algoritmus által várt globál sugárzást a maximálisan lehetséges sugárzás százalékában, és a szinoptikusnak ez alapján kell megadnia, hogy a beérkező sugárzás hány százaléka lesz a

lehetségesnek. Magyarán az előrejelző dönthet arról, hogy módosít-e a program által várt sugárzás értéken, és ezt a megadott maximális és minimális érték között felfelé vagy lefelé változtathatja.

Ezt a sugárzási értéket, valamint a TEMP adatokból számolt 850/1000-es relatív topográfia értéket és a modelladatokról számolt 850 hPa-os advekciót felhasználva a program automatikusan kiszámolja a maximum hőmérsékletet és a termik indulásának időpontját a 6 városra. A fenti paraméterek alapján kiszámolt emelés értéke a Pirate és Jantar típusú vitorlázó gépekre vonatkozik. A Góbé típusú gépek ennél kevésbé képesek emelkedni, míg a Nimbus típusú gépek ennél jobban. Az eltérés meglehetősen erősen függ az adott géptípus siklószámától. A sárkányrepülők körülbelül ugyanilyen emeléseket, míg a siklóernyősök gyenge szélben ennél lényegesen erősebb, erős szélben ennél gyengébb emelést észlelnek. A siklóernyősöknél észlelt jelenség azzal magyarázható, hogy gyenge szélben gyakorlatilag a termik középpontjában tudnak emelkedni a kis fordulási sugaruk miatt, míg erre a sárkányrepülők és a vitorlázó gépek nem képesek. Erős szélben azonban nem tudnak a termik közepében maradni a navigálási nehézségek miatt a siklóernyősök.

A program a kiszámolt adatokat MS-DOS text fájl formátumban is lementi, amelyeket a WinWord szövegszerkesztő már le tud kezelni. A program által kiszámolt értékeket az előrejelző szakember természetesen felülbíráhatja. Erre szükség is van, mert gyakorlati tapasztalat, hogy a maximum hőmérsékletet a szinoptikus általában (de nem mindig) jobban jelzi előre, mint a modellek, illetve az arra épülő számítógépes algoritmusunk, és az emelést jelentősen gyengítheti az erős szél, vagy az 1500-2000 m magasan lévő inverzió, amelyet a program nem vesz figyelembe.

Ezek után a szinoptikus meghatározza a még hiányzó adatokat.

Ha a termik indulási hőmérséklete és a Cu kiváltó hőmérséklet közel van egymáshoz (vagyis a kondenzációs szint 1000 m körül van), akkor már a termik indulásakor is lesz gomolyfelhőzet. Különben induláskor csak száraz termik lesz. Amennyiben a hőmérséklet délután sem éri el a Cu kiváltó hőmérsékletet, akkor délután is száraz termik várhatók, amennyiben a hőmérséklet eléri ezt, akkor a levegő nedvességének függvényében meghatározható a gomolyfelhők mennyisége. A középmagas és magas szintű felhők mennyiségét szintén ennek alapján lehet meghatározni. A felhőzet mennyiségének előrejelzéséhez természetesen megnézzük a modellek által különböző szintekre előre jelzett felhőfedettségi értékeket, de ezek sok esetben hibásak, az alacsony szintű felhőzetet (Cu, Sc) alulbecslik, míg a magas szintű felhőzetet (Ci, Cs) felülbecslik.

A délutáni órákra várható gomolyfelhő alapokat az előre jelzett maximum hőmérséklet alapján gyakorlati tapasztalattal, illetve az ALADIN.HU modellből számolt kondenzációs szint figyelembe vételével lehet meghatározni. Jelenlegi tapasztalataink alapján a gyakorlati módszerrel előre jelzett Cu alapok valamivel pontosabbak, mint a modell adatok.

A különböző modellekből előre jelzett stabilitási indexek és egyéb paraméterek (örvényességi advekció, szélnyírás, konvergencia, stb.) alapján eldönthető, hogy az ország melyik részén lehet zivatarfelhő (Cb), illetve zápor, zivatar kialakulására számítani.

A modellek adatai alapján az is eldönthető, hogy milyen speciális, illetve a sportrepülés számára veszélyes jelenségek kialakulása lehetséges. A speciális jelenségek közé tartozik a hideg, illetve meleg advekción, a Cu, vagy Ac felhőzet összeállása és a stabil réteg megléte vagy kialakulása. A veszélyes jelenségek közé tartozik a Cb felhőzet, a zivatar, a jégeső és a 12 m/s feletti széllelőködés.

Az elkészített előrejelzést az OMSz számítógépes hálózatán keresztül az OMSz FTP szerverére jutadjuk, ahonnan előfizetés után letölthető (1. ábra.).

Termik előrejelzés Magyarország területére

Érvényes:2008.07.13.

Szintoptikus helyzet: Az esti, éjszakai órákban egy hidegfront éri el hazánkat. Előtte erős délnyugati áramlással forró, labilis, de egyelőre még száraz levegő áramlik fölénk. Keleten csak kevés gomolyfelhő jelenik meg az égen, de a Dunántúlon és az Északi-középhegység nyugati felén késő délután már zápor, zivatar, esetleg nyugaton jégeső, instabilitási vonal és viharos szél is lehet.

Figyelmeztetés: Cb, zivatar a Dunántúlon, a Mátrában és a Börzsenyben lehet. 12 mps feletti széllelőködés a Dunántúlon és Cb-k körül lehet.

Speciális jelenségek: Keleten zömében csak száraz termik várhatók.

Távolabbi kilátások: Sokfelé heves zápor, zivatar, jégeső, erős lehűlés, viharos északi szél.

Készítette: Fővenyi Attila

:::A hőmérsékleti gradiensek a 00 UTC-s mérések alapján

:::Magasság [m]; Gradiens [C/100m]

```
; Budapest; Pécs; Zágráb; Ungvár; Szeged
; 139- 218; 6.342; 209- 261; 0.773; 128- 181; 7.233; 118- 401; 0.495; 83- 258; 3.875
; 218- 590; 0.054; 261- 533; -0.515; 181- 497; 0.633; 401- 797; -0.202; 258- 643; -0.260
; 590-2029; -0.847; 533- 560; 3.735; 497-1683; -0.742; 797-1989; -0.654; 643-1707; -0.864
; 2029-2285; -0.626; 560- 713; -0.914; 1683-3712; -0.922; 1989-2991; -0.839; 1707-2327; -0.935
; 2285-3575; -0.852; 713- 786; 1.365; ; ; ; 2991-3999; -0.516; 2327-2590; -0.610
; ; ; 786-1056; -0.667; ; ; ; 2590-3640; -0.648
; ; ; 1056-1266; -0.760; ; ; ; ;
; ; ; 1266-1865; -0.768; ; ; ; ;
; ; ; 1865-2031; 0.000; ; ; ; ;
; ; ; 2031-2360; -0.972; ; ; ; ;
; ; ; 2360-2568; 0.000; ; ; ; ;
; ; ; 2568-3489; -0.868; ; ; ; ;
```

:::Termik aktivitás

:::A kihasználható termik időtartama [HLT]

;ÉNy-Mo. ;Budapest ;ÉK-Mo. ;DNy-Mo. ;DK-Mo.

;10.30-17.30;11.00-18.00;11.00-18.00;12.00-18.00;12.00-18.30

:::A termik kiváltó hőmérséklet/ a maximum hőmérséklet [C]

;ÉNy-Mo. ;Budapest ;ÉK-Mo. ;DNy-Mo. ;DK-Mo.

;25/31-34 ;30-31/35-37; 30/33-35;31-32/34-36; 32/35-38

:::Cu felhő teteje [m]

:::Cu felhő alapja [m]

:::Száras termik teteje [m]

:::Cu felhő mennyisége

:::A délutáni órákban:

;ÉNy-Mo. ;Budapest ;ÉK-Mo. ;DNy-Mo. ;DK-Mo.

;2500 felett;2500 felett; 2200-2500 ;2500 felett; 2300-2500

; 1900-2200 ; 2000-2300 ; 2000-2300 ; 2000-2300 ; 2200-2500

; kxxx-kxxx ; kxxx-kxxx ; kxxx-kxxx ; kxxx-kxxx ; kxxx-kxxx

; 1-4/8 ; 1-3/8 ; 1-2/8 ; 1-4/8 ; 0-2/8

:::Várható emelés a termik indulásakor [m/s]

:::A termik jellege

;ÉNy-Mo. ;Budapest ;ÉK-Mo. ;DNy-Mo. ;DK-Mo.

; 0.0-0.5; 1.0-1.5; 0.6-1.1; 0.9-1.3; 1.2-1.6

;buborék ;buborék ;buborék ;buborék ;buborék

:::Várható átlagos emelés a maximum idején [m/s]

:::A termik jellege

;ÉNy-Mo. ;Budapest ;ÉK-Mo. ;DNy-Mo. ;DK-Mo.

; 1.8-2.3; 2.0-2.5; 2.1-2.6; 2.0-2.4; 2.1-2.6

; kémény; kémény; kémény; kémény; kémény

:::Egyéb időjárási jellemzők

:::A 0 C izoterma magassága [m]

:::A lezáró inverzió vagy stabil réteg alapja [m]

:::08071309 UTC

;Győr ;Budapest;Miskolc ;Pécs ;Szeged

; 3790; 3750; 3920; 4030; 3970

; NIL; NIL; NIL; NIL; NIL

:::08071315 UTC

;Győr ;Budapest;Miskolc ;Pécs ;Szeged

; 3900; 3910; 3870; 4010; 4200

; NIL; NIL; NIL; NIL; NIL

:::Látástávolság [km]

:::05 UTC-s észlelés

;ÉNy-Mo. ;Budapest ;ÉK-Mo. ;DNy-Mo. ;DK-Mo.

;20.0-30.0;15.0-25.0;20.0-30.0;20.0-40.0;15.0-30.0

:::A 12 UTC-re előrejelzett látás [km]

;ÉNy-Mo. ;Budapest;ÉK-Mo. ;DNy-Mo. ;DK-Mo.

;32 ;33 ;36 ;35 ;34

:::Egyéb felhőzet

:::A délutáni órákra előrejelzett:

;ÉNy-Mo. ;Budapest ;ÉK-Mo.

;2-5/8 Ac, C1 ;0-2/8 C1 ;0-2/8 Ac, C1 ;3-6/8 Ac, C1 ;0-2/8 C1

;2-5/8 Cu, Cb ;1-3/8 Cu, Cb ;xxxx ;1-5/8 Cu, Cb ;xxxx

:::Széladatok

:::A várható szélirány és szélereősség [m/s]

:::2000 m

:::1500 m

:::1000 m

::: 500 m

::: Tala

:::08071309 UTC

;Győr ;Budapest;Miskolc ;Pécs ;Szeged

; 175/14; 180/ 9; 195/ 9; 195/ 9; 170/ 9

; 165/12; 170/ 9; 180/ 8; 195/ 7; 170/10

; 160/ 8; 160/ 8; 175/ 7; 190/ 6; 165/11

; 165/ 6; 145/ 6; 165/ 5; 160/ 4; 160/ 9

; 175/ 3; 140/ 4; 150/ 4; 155/ 3; 155/ 6

:::08071315 UTC

;Győr ;Budapest;Miskolc ;Pécs ;Szeged

; 195/12; 185/10; 195/11; 220/14; 205/10

; 190/11; 185/10; 175/ 9; 210/11; 180/10

; 190/11; 180/ 9; 170/ 8; 195/ 9; 170/10

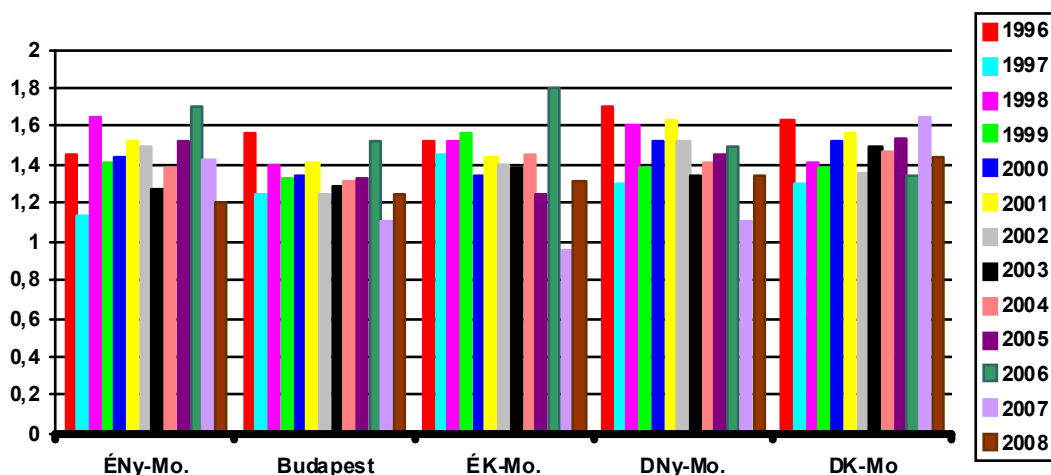
; 190/ 9; 170/ 8; 160/ 7; 190/ 7; 165/10

; 190/ 6; 160/ 4; 155/ 4; 175/ 4; 160/ 6

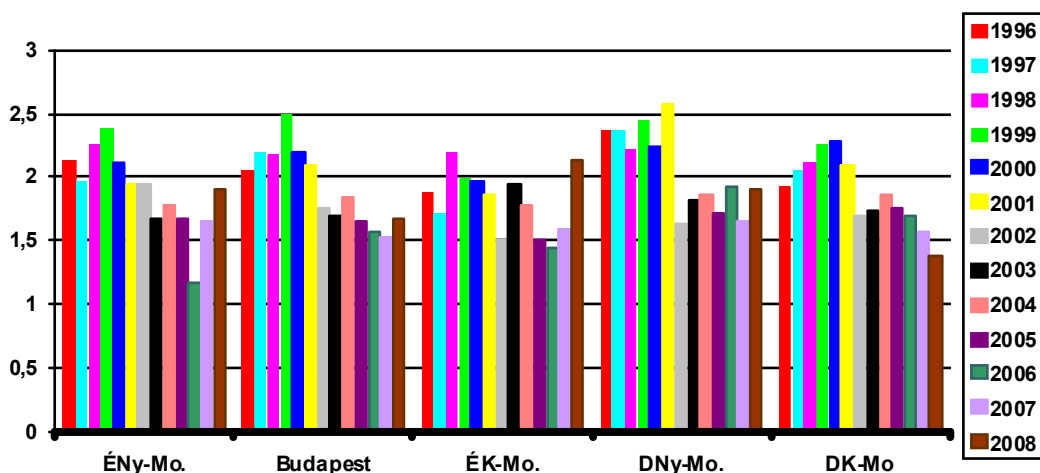
1. ábra. Az FTP szerverre felküldött termik előrejelzés

Természetesen minden előrejelzőt érdekel az, hogy milyen beválású prognózist készített, ezért 1995-ben még csak kézi módszerrel, majd 1996 és 2008 között már számítógéppel minden évben verifikáltuk termik előrejelzéseink meteorológiai elemeinek a beválását (2. ábra, 3. ábra, 4. ábra, 5. ábra, 6. ábra, 7. ábra, 8. ábra, 9. ábra, 10. ábra). A verifikálást kezdetben csak az észlelővel rendelkező állomások megfigyelései alapján végeztük, de mivel ezek száma az utóbbi tizenöt évben drasztikusan csökkent (kb. 30-ról 15-19 re), ezért a csapadék, a Cb felhőzet és a zivatar értékeléséhez a radar és a villám lokalizációs rendszerek adatait is felhasználtuk, míg a hőmérséklet verifikálásához az automata állomások méréseit is figyelembe vettük. A legnagyobb problémát a Cu mennyiségének ellenőrzése jelenti, hiszen ezt csak az észlelők által megfigyelt adatokból tudjuk ellenőrizni, az észlelések száma viszont jelentősen csökkent. A verifikáláshoz hozzá kell tenni, hogy 2007-ben és 2008-ban csak azon a 3 héten készítettünk előrejelzést, amikor olyan verseny volt, akik fizettek érte, ezért nagyobb ezeknek az éveknek a szórása, hiszen a többi évben 6 hónapon át verifikáltuk az előrejelzéseket (6. ábra, 7.

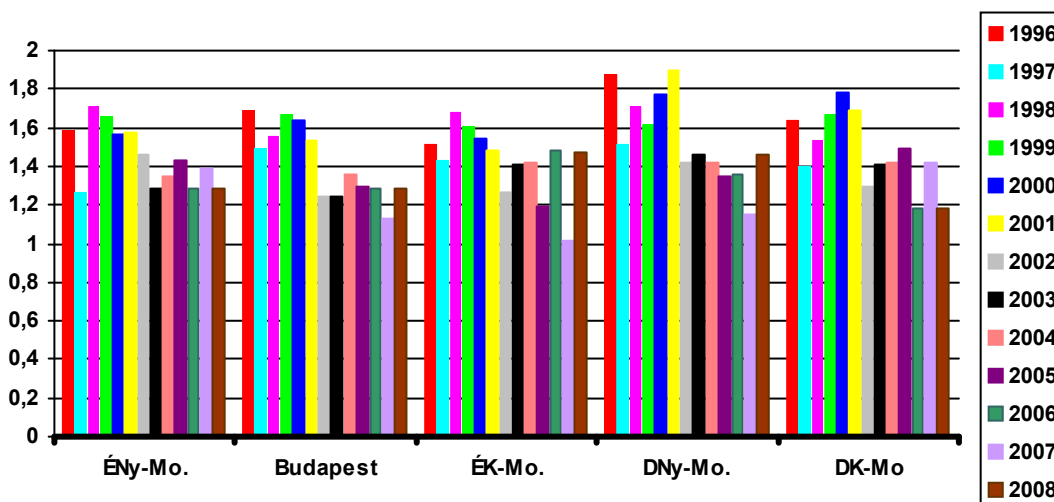
ábra, 8. ábra, 9. ábra, 10. ábra). 2009-ben, talán a gazdasági válság miatt, nem volt megrendelésünk, ezért nem készítettünk termik előrejelzést, de 2010-ben már ismét van megrendelőnk, a Szegeden megrendezésre kerülő vitorlázó repülő világbajnokságot fogjuk kiszolgálni.



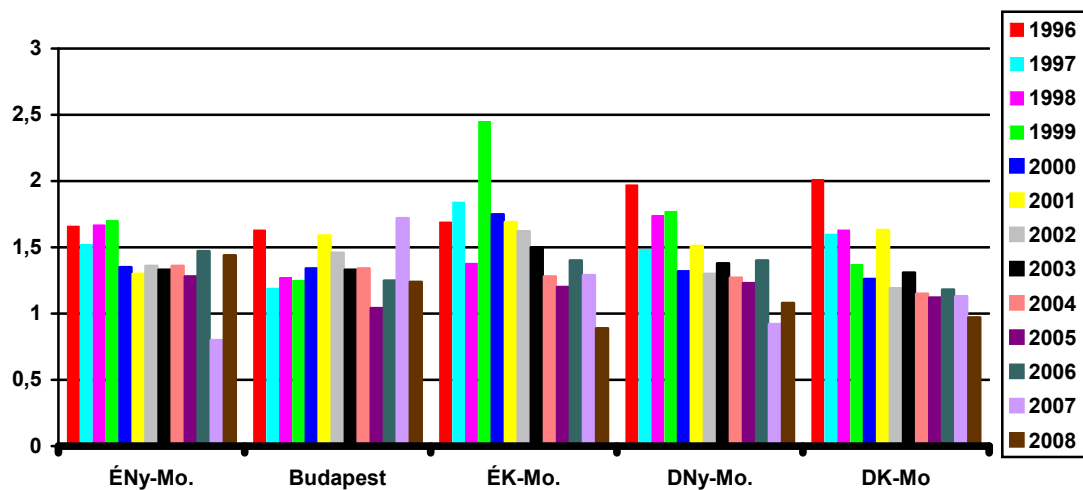
2. ábra. A Cu minimum előrejelzések RMS hibája 1996-2008 (okta)



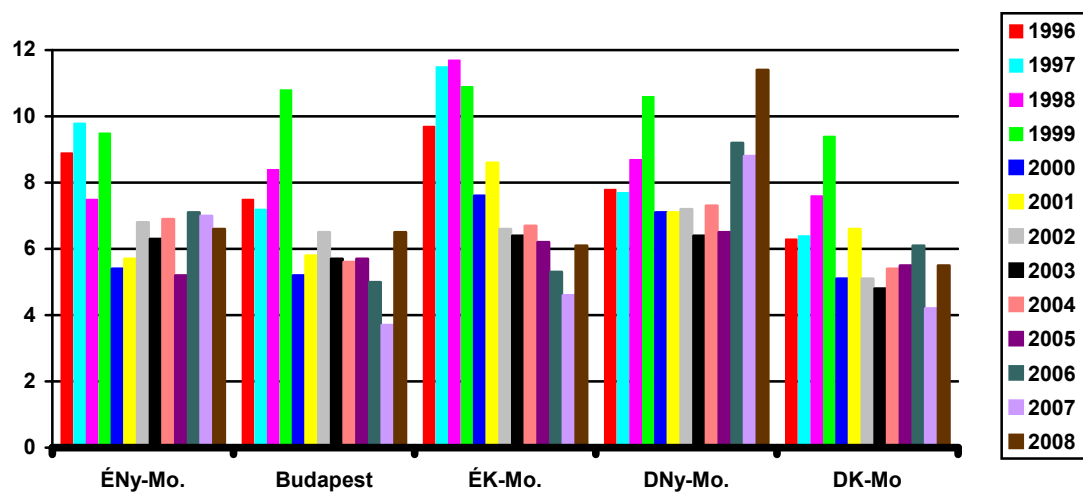
3. ábra. A Cu maximum előrejelzések RMS hibája 1996-2008 (okta)



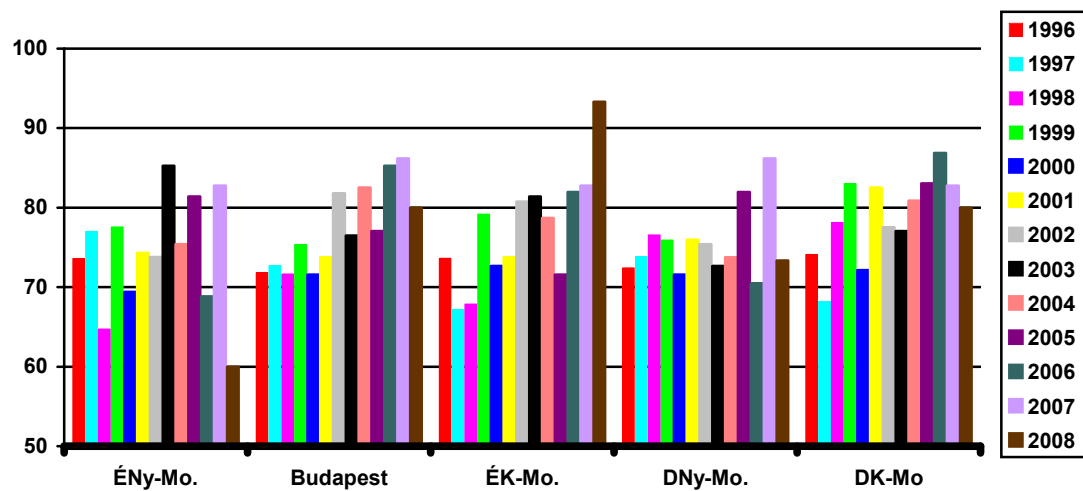
4. ábra. A Cu átlag előrejelzések RMS hibája 1996-2008 (okta)



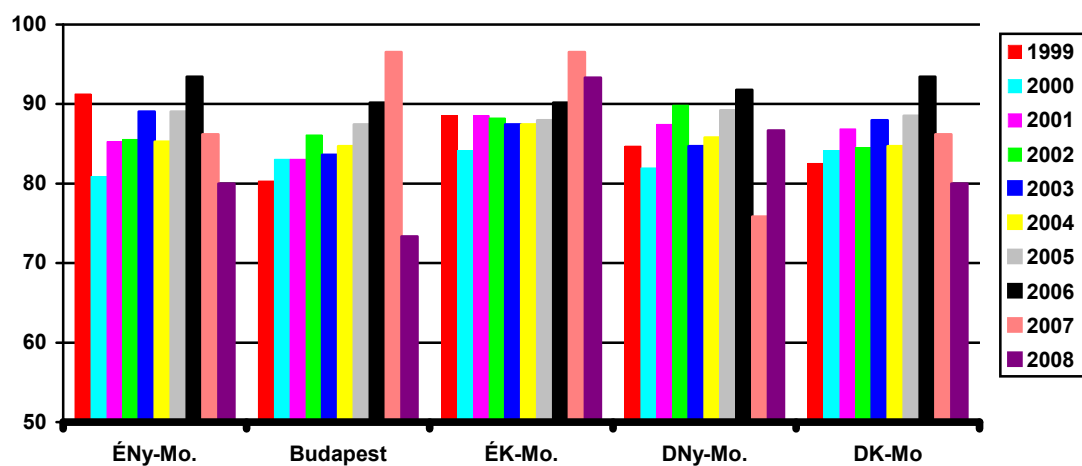
5. ábra. A maximum hőmérséklet előrejelzések RMS hibája 1996-2008 (°C)



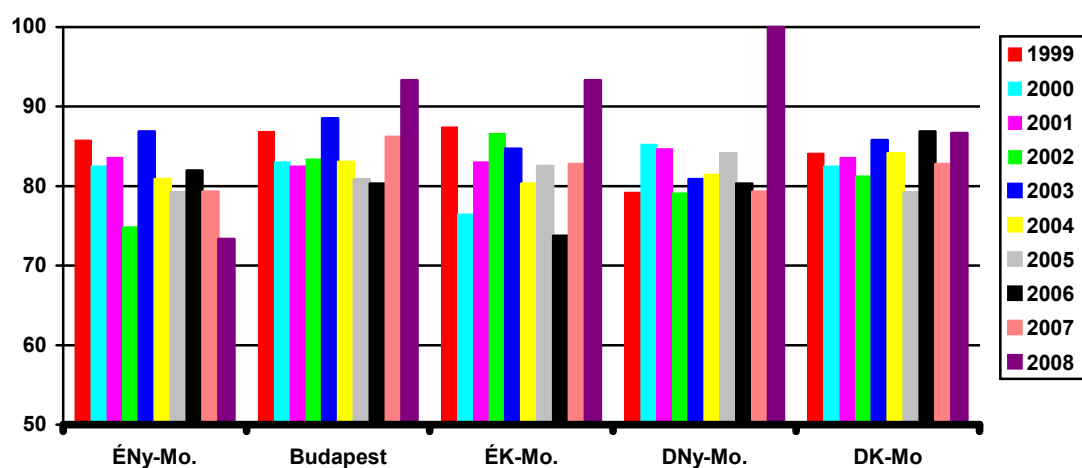
6. ábra. A látástávolság előrejelzések RMS hibája 1996-2008 (km)



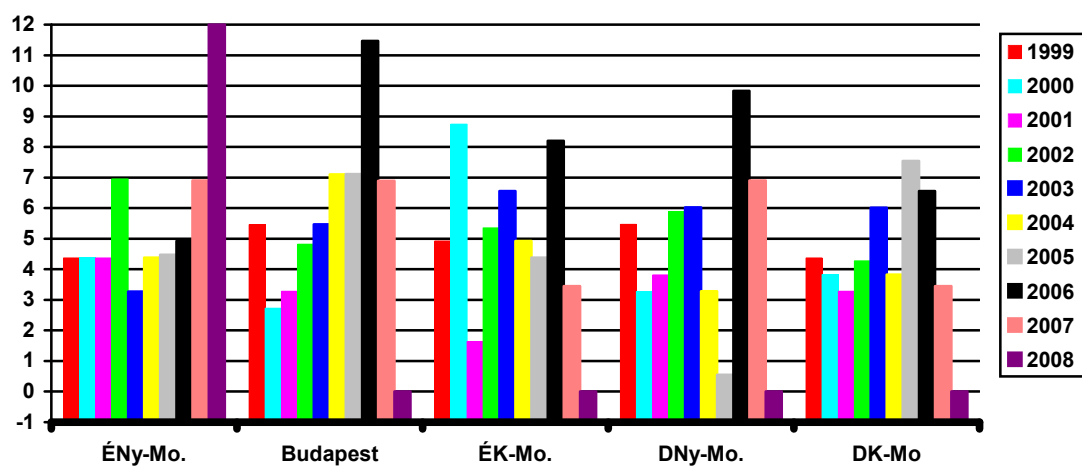
7. ábra. A Cb felhőzet előrejelzések beválása 1996-2008 (%)



8. ábra. A csapadék egzisztencia előrejelzések beválása 1999-2008 (%)



9. ábra. A zivatar előrejelzések beválása 1999-2008 (%)



10. ábra. Volt zivatar és nem jeleztük előre 1999-2008 (%)

ELŐREJELZÉS KÉSZÍTÉSE HŐLÉGBALLONOSOK RÉSZÉRE

Mióta az ALADIN.HU pszeudó-tempek a rendelkezésünkre állnak, egyre több módon használjuk fel őket. Ezek egyike az, hogy Magyarország nyolc városára a rendelkezésre álló adatokból kiszámoljuk a hőlégballonosok számára a 0 °C-os szintek magasságait, valamint 6 szintre (talaj, 300, 600, 900, 1500, 2000 m) a szél irányát és sebességét.

Az előrejelzés első oldalán a szinoptikus helyzet, valamint a várható időjárás leírása szerepel. Ezt követi a veszélyes időjárási elemekre vonatkozó figyelmeztetés, a következő napokra vonatkozó rövid prognózis, valamint a szinoptikus neve. Ezeket a repülésmeteorológus tölti ki. Utána hat időpontra (az adott nap 06, 12, 18 UTC-re és a következő nap 06, 12, 18 UTC-re) megadjuk a nyolc magyar városra (Budapest, Debrecen, Miskolc, Szeged, Siófok, Pécs, Győr, Szombathely) az ALADIN.HU modell által előre jelzett szélirány és szélsősebesség adatokat és a 0 °C-os szint(ek) magassági adatait.

Az előrejelzést WinWord formátumban (11. ábra.) és text fájlként is elkészítjük, a text fájlt pedig felküldjük az OMSz FTP szerverére. Amennyiben valaki igényli az előrejelzést, akkor előfizetés után kérésre e-mailben elküldjük neki a WinWord formátumú előrejelzést, vagy jogot biztosítunk az FTP szerverhez való hozzáférésre. Az elmúlt években többször is kérték ezeket az előrejelzéseinket különböző versenyek lebonyolításához.



Országos Meteorológiai Szolgálat
Előrejelzési és Éghajlati Főosztály
Repülésmeteorológiai és Veszélyjelző Osztály
Tel: 346-46-55
Fax: 346-46-85
Vezető: 346-46-54

Előrejelzés hőlégballonosok részére



Érvényes: 1997. október 3.

Szinoptikus helyzet: A hidegfront mögött egyre szárazabb levegő érkezik fölénk. Főleg délelőtt erős lesz a szél. A megnövekvő gomolyfelhőzetből legfeljebb északkeleten várható fűtő zápor.

Figyelmeztetés: 12 mps feletti széllokás az országban bárhol lehetséges.

Távolabbi kilátások: Melegedés, napos idő, gyengülő szél.

Készítette: Fővényi Attila

Szélelőrejelzés
(Az összes magasság a tengerszinthez viszonyítva !!!)

1997.10.03. 06 UTC												
Város	Budapest	Debrecen	Miskolc	Szeged	Siófok	Pécs	Győr	Szombathely				
	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s
2000 m	335	16	335	5	345	11	325	18	330	20	315	25
1500 m	335	17	330	5	345	8	330	17	330	20	325	24
900 m	325	19	320	10	315	9	335	18	330	20	340	23
600 m	320	18	305	11	300	12	330	16	330	17	345	20
300 m	310	11	295	8	285	8	320	12	325	11	350	16
Talaj	300	4	285	3	280	4	315	6	325	6	355	9
0 fok magassága	1502		1644		1577		1714		1516		2044	

1997.10.03. 12 UTC												
Város	Budapest	Debrecen	Miskolc	Szeged	Siófok	Pécs	Győr	Szombathely				
	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s
2000 m	325	11	340	9	350	10	335	9	345	13	340	14
1500 m	345	12	325	6	355	5	340	10	345	14	345	13
900 m	330	14	290	4	305	4	330	12	345	14	345	12
600 m	315	12	275	4	290	6	320	11	335	12	335	9
300 m	315	9	280	3	275	3	310	9	335	9	330	7
Talaj	310	4	290	2	275	2	305	4	330	5	325	4
0 fok magassága	1741		1600		1615		1609		1631		1657	

1997.10.03. 18 UTC												
Város	Budapest	Debrecen	Miskolc	Szeged	Siófok	Pécs	Győr	Szombathely				
	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s
2000 m	350	7	350	7	320	4	335	7	335	8	345	8
1500 m	350	8	350	5	290	2	345	7	340	10	350	9
900 m	335	11	345	3	205	2	340	9	340	12	350	10
600 m	325	12	360	1	190	2	325	10	335	11	340	8
300 m	320	9	10	1	190	1	315	8	335	7	330	5
Talaj	310	3	360	1	185	1	300	3	320	2	310	3
0 fok magassága	1852		1614		1720		1778		1801		1906	

1997.10.04. 06 UTC												
Város	Budapest	Debrecen	Miskolc	Szeged	Siófok	Pécs	Győr	Szombathely				
	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s
2000 m	320	8	275	7	295	5	305	7	325	10	335	8
1500 m	320	8	270	7	300	4	300	6	320	10	330	7
900 m	320	9	295	7	315	5	310	6	320	8	325	7
600 m	310	9	245	7	305	6	305	6	315	6	315	7
300 m	300	6	220	7	280	3	290	5	295	4	310	4
Talaj	290	2	205	3	280	2	270	2	275	1	315	1
0 fok magassága	1769		1695		1746		1711		1775		1891	

1997.10.04. 12 UTC												
Város	Budapest	Debrecen	Miskolc	Szeged	Siófok	Pécs	Győr	Szombathely				
	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s
2000 m	310	8	280	7	300	7	310	7	315	9	325	8
1500 m	310	8	270	7	295	6	305	6	300	8	315	6
900 m	300	6	265	7	270	5	295	5	275	6	295	3
600 m	290	6	240	7	260	4	275	4	265	4	275	1
300 m	285	5	230	6	250	2	260	3	255	3	250	1
Talaj	280	2	225	4	250	2	250	2	255	2	250	1
0 fok magassága	2149		1756		1947		1825		2306		2363	

1997.10.04. 18 UTC												
Város	Budapest	Debrecen	Miskolc	Szeged	Siófok	Pécs	Győr	Szombathely				
	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s	fok	m/s
2000 m	315	10	290	9	305	9	330	8	325	11	335	8
1500 m	305	10	275	8	300	9	320	8	315	9	320	6
900 m	285	9	280	9	285	11	300	5	280	5	250	3
600 m	275	7	250	9	275	12	275	4	250	5	210	4
300 m	255	5	235	8	250	6	245	4	230	5	180	4
Talaj	245	1	225	3	255	4	225	2	225	2	170	2
0 fok magassága	2326		2086		2267		2530		2671		2716	

11. ábra. A WinWord formátumú hőlégballon előrejelzés

LEE-HULLÁM ELŐREJELZÉSEK KÉSZÍTÉSE VITORLÁZÓ REPÜLŐK RÉSZÉRE

A vitorlázó repülők nem csak a sekély konvekcióból (termik) származó függőleges áramlásokat használják ki, hanem egyéb olyan légköri folyamatokat is, amelyek ilyen eredményeznek. Ezek a következők lehetnek.

Az egyik a fejlett konvekció, amikor a vitorlázók belemennek a fejlődőben lévő zivatarfelhőbe és az ebben uralkodó erős feláramlásokkal 5 km feletti magasságba emelkednek.

A másik lehetőség, amelyet kihasználnak, a hegyek szél felőli oldalán jelentkező luv-áramlás. Ilyenkor a hegy által okozott kényszer következtében a hegy előtt feláramlás alakul ki, amelyet emelkedésre lehet használni. Ennek a hátránya, hogy csak kis magasságokig terjed, így sem távrepülésre, sem magassági repülésre nem lehet jól kihasználni.

A harmadik eset, amikor a talaj közelében meglehetősen erős a szél, de a magasban erősen legyengül, vagy az iránya jelentősen megváltozik. Ilyenkor a hegy szélárnyékos oldalán vízszintes tengelyű örvény, rotor alakul ki. A rotor hegy felőli oldalán feláramlás jön létre, amely azonban nem terjed túl nagy magasságig. Stabil szélirány és a szélre merőleges hegyláncok esetén azonban a luv-áramlásra jellemző "lejtőzéssel" szemben hosszabb távú repülésre is alkalmas.

A negyedik eset az, amikor a kialakult rotor felett megfelelő szélviszonyok és hőmérsékleti rétegződés esetén álló hullám alakul ki. Ezt nevezzük lee-hullámnak. Ilyen hullám akkor tud kialakulni, ha a rotor teteje környékén, vagy valamivel az alatt egy relatíve stabil hőmérsékleti rétegződés található, és e felett a szél erősödik, vagy legalábbis nem csökken a magassággal, valamint a hőmérsékleti gradiens növekszik. A kialakuló hullám magassága nagymértékben függ a hegy relatív magasságától, meredekségétől és az uralkodó szél irányától, erősségétől.

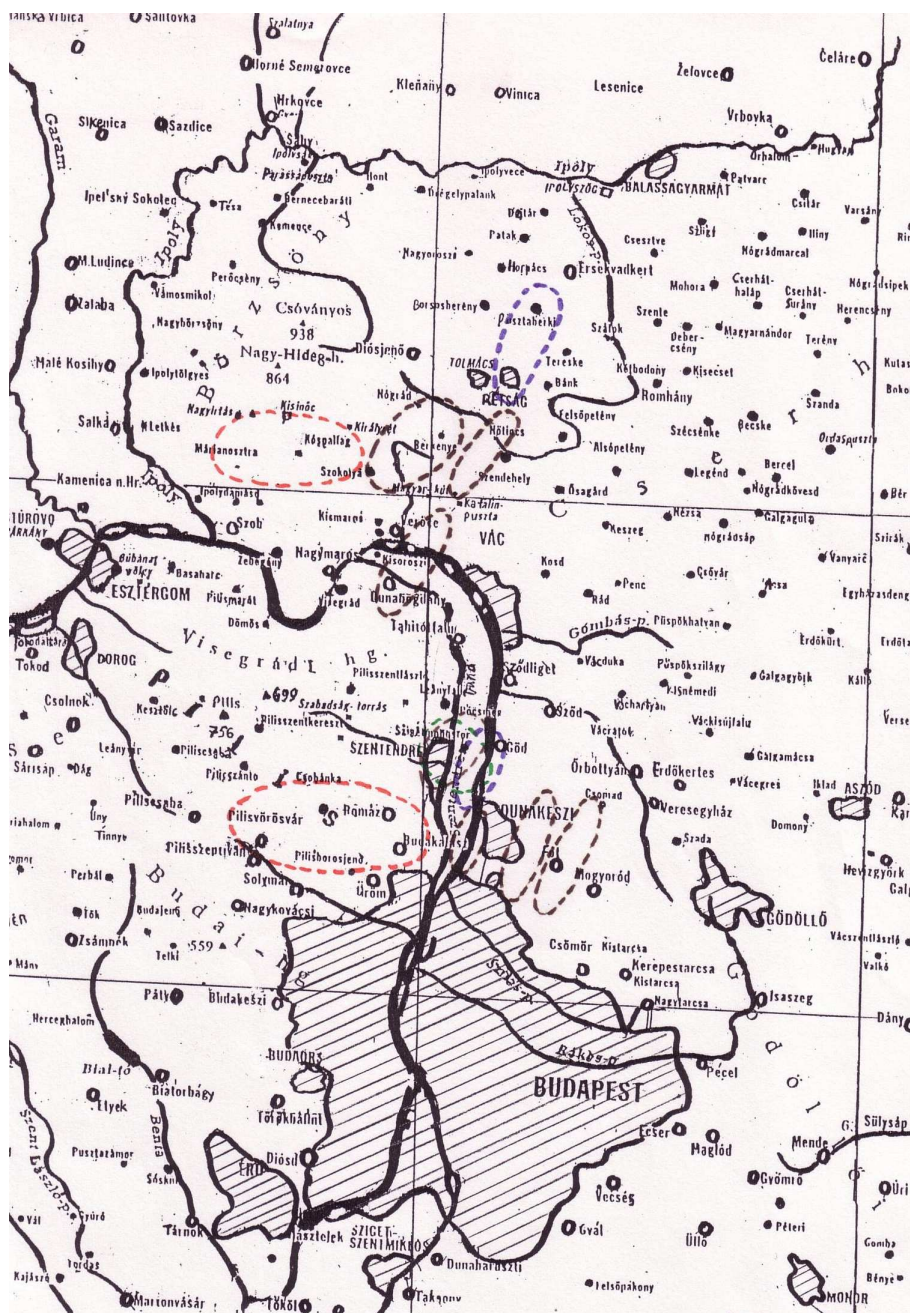
A kialakuló hullám előre jelezhető a Scorer-paraméter segítségével:

$$l^2 = \frac{(\bar{G} - G_a) * g}{\bar{T} * \bar{u}^2} - \frac{1}{\bar{u}} * \frac{d^2 u}{dz^2} \cong \frac{(\bar{G} - G_a) * g}{\bar{T} * \bar{u}^2}$$
$$g \cong 127137.6 \frac{\text{km}}{\text{h}^2}$$
$$G_a \cong -9.76 \frac{\text{K}}{\text{km}}$$
(4)

ahol „G” az átlagos hőmérsékleti gradiens, „T” az átlagos hőmérséklet és „u” az átlagos hegyre merőleges szélesség az adott légrétegben. A klasszikus esetben hullám kialakulása akkor várható, ha ez a paraméter egy maximális értéket vesz fel a rotor tetejének közelében, és utána a magassággal csökken az értéke.

A dunakeszi pilóták segítségével meghatároztuk a Börzsöny, a Visegrádi-hegység és a Pilis hullámtereit (12. ábra.). Bár délnyugati szél esetén is vannak hullámterek, de olyankor nem sikerült

4000 m fölé emelkedniük, 5000 m fölötti magasságba csak északnyugati és északi áramlásban sikerült emelkedni.



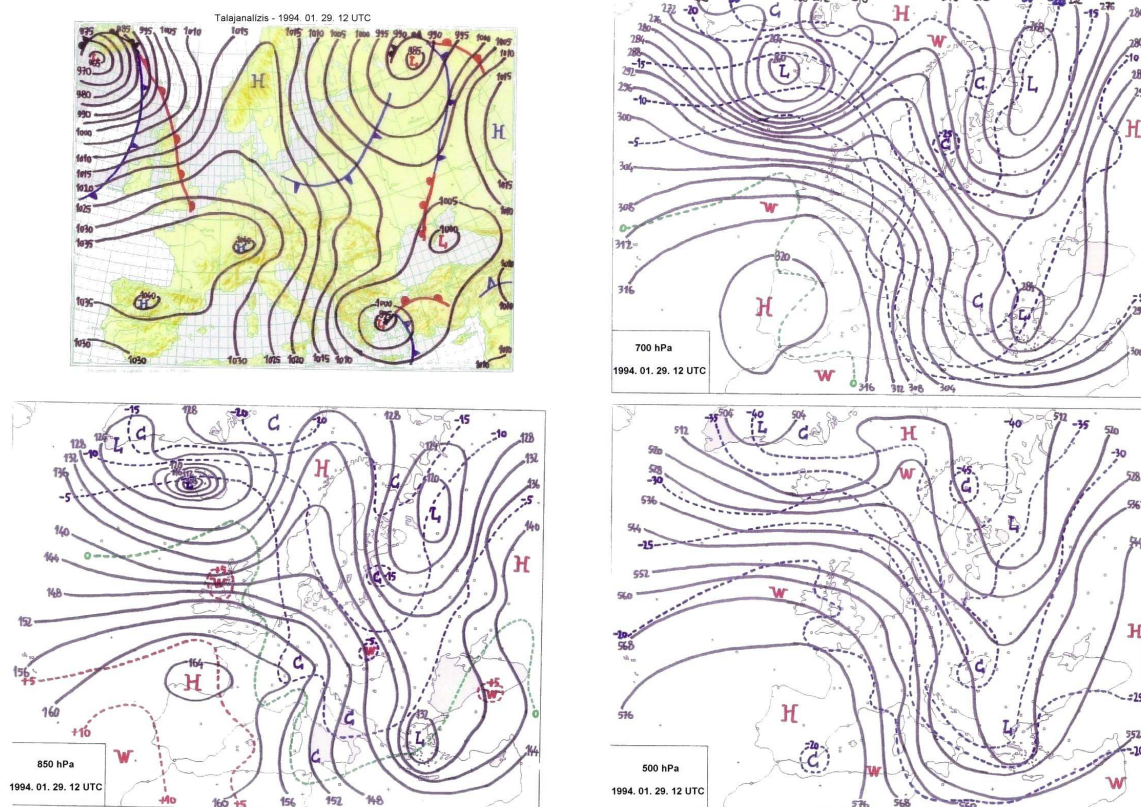
12. ábra. Hullámterek Dunakeszi térségében

Magyarországon vizsgálataink alapján nagy magasságig felnyúló hullámok három fajta makrocirkulációs situációban alakulhatnak ki (13. ábra, 14. ábra, 15. ábra).

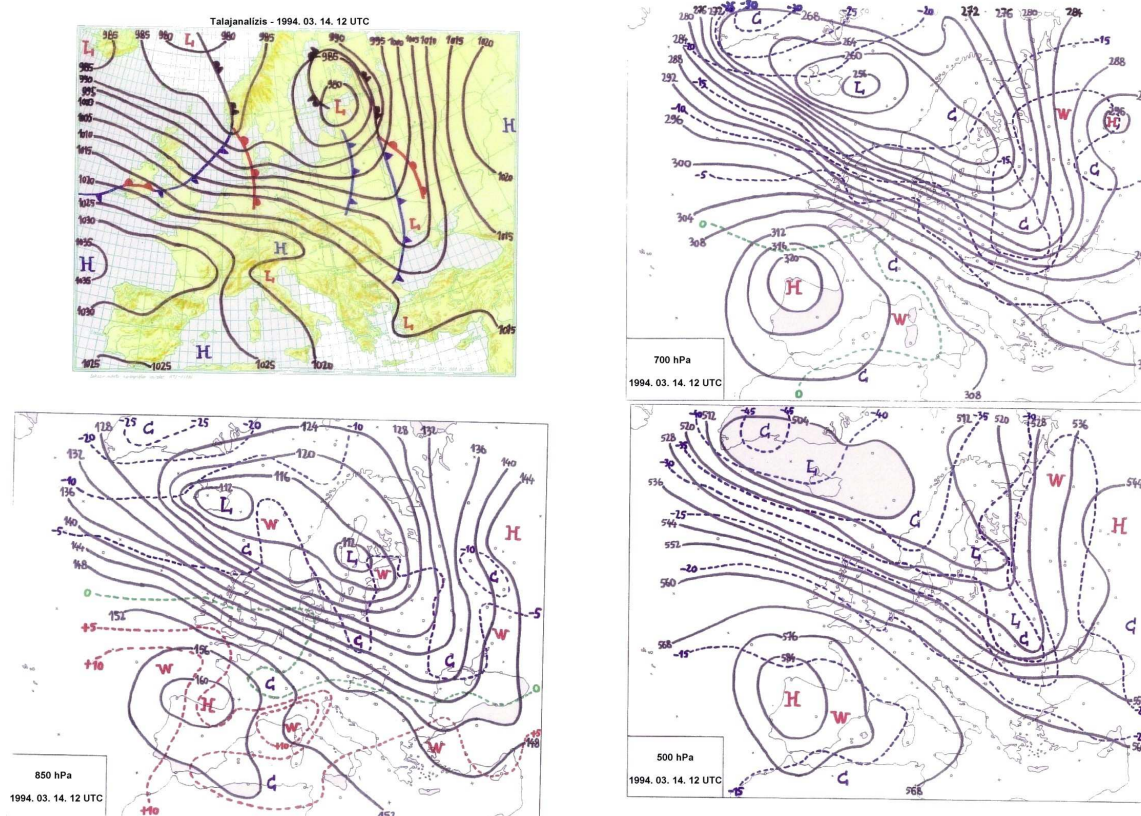
Anticiklonális északi áramlás (Hess-Brezowsky 11)

Anticiklonális északnyugati áramlás (Hess-Brezowsky 13)

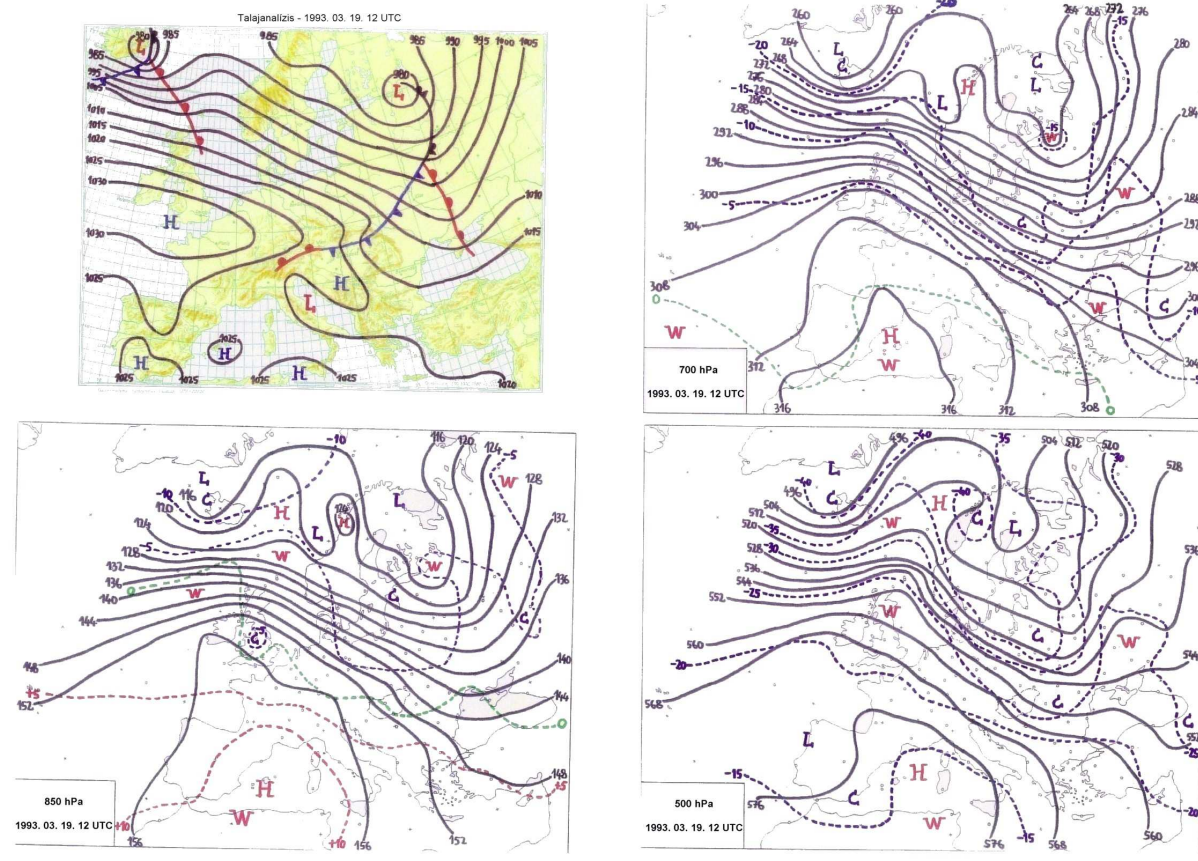
Ciklonális északnyugati áramlás (Hess-Brezowsky 14)



13. ábra. Anticiklonális északi áramlás



14. ábra. Anticiklonális északnyugati áramlás



15. ábra. Ciklonális északnyugati áramlás

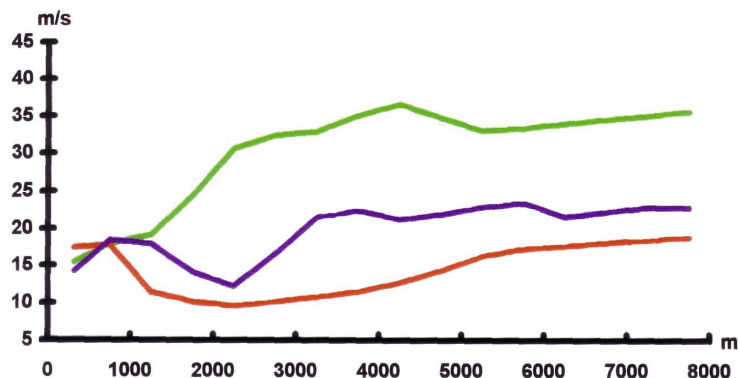
A Scorer-paraméternél a Mátra térségében egy, a Börzsöny térségében három alaptípust tudtunk megkülönböztetni (16. ábra.):

1. Gyenge szél, a Scorer-paraméternek egy nagy maximuma van 1000, egy másik nagy maximuma 3000 m körül, fölötté jelentősen csökken az értéke. (Csak a Börzsöny térsége).
2. Rendkívül erős szél, a talaj közelében überadiabatikus (szuperadiabatikus) légrétegződés, a Scorer-paraméternek egy kis maximuma van 1800-2200 m között, fölötté kissé csökken, de közel állandó az értéke. (Csak a Börzsöny térsége).
3. Közepes erősségű szél, a Scorer-paraméternek egy nagy maximuma van 1500-2000 m között, fölötté jelentősen csökken az értéke. Klasszikus lee-hullám. (Börzsöny és Mátra vidéke is).

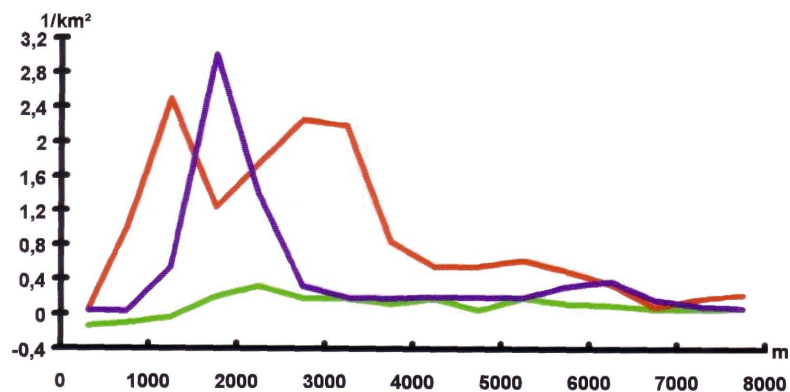
Lee hullámok Dunakeszi térségében

Dátum	Magasság
15. 01. 1992	6600 m
14. 03. 1994	7900 m
12. 12. 1994	8200 m

A hegyre merőleges szélesség profilja



A Scorer-paraméter profilja



16. ábra. – A szélesség és a Scorer-paraméter vertikális profil alaptípusai

Az ALADIN modell pszeudó-tempjeinek felhasználásával készül el négy magyar városra (Budapest, Miskolc, Szombathely, Pécs) a hullám előrejelzés WinWord és text fájl formátumban.

Az előrejelzés első oldalán (16. ábra.) a szinoptikus helyzet rövid leírása szerepel, és az, hogy hullám kialakulása lehetséges-e az adott napon. Utána egy rövid jellemzése a következő napok időjárásának, természetesen azt is belefoglalva, hogy lehetséges-e hullám kialakulása, valamint a következő két oldal táblázataiban szereplő meteorológiai elemek, paraméterek és a klasszikus hullám esetét jellemző Scorer-profil leírása. A második és harmadik oldalon három időlépcsőre előre jelezzük

Amit nem szabad elfelejteni, hogy a hullámban emelkedő vitorlázó repülőknél a hullámban maradáshoz a saját helyzeti energiájukat kell felhasználni. Azaz, ha erős a szél, akkor hiába van nagy meteorológiai emelés a hullámban, a gépeknek is erősebben kell süllyedniük, hogy a széllal szemben egy helyben tudjanak maradni. Megfigyeléseink alapján a 20-30 m/s közötti szélesség esetén a hullám emelése és a gép süllyedése közötti különbség még általában 1-2 m/s-os emelést biztosít, de 40 m/s fölötti szélesség esetén a gépeket a szél kisodorja a hullámtérből, vagy nem bírnak emelkedni. Amennyiben a szél átlagsebessége nem éri el a 10 m/s-ot, nem jön létre hullám, illetve a hullám abban a rétegben, ahol a szélesség ez alá csökken, feloszlik. A pilóták elbeszélései alapján az ideális szélesség az a 15-30 m/s közötti, mert ilyenkor még elég gyorsan tudnak emelkedni, vagyis nem „fagnak meg” a gépben, és nem fogy el az oxigénjük.

Az eddig Magyarországon legmagasabbra emelkedő Hegedűs Lászlónak 8200 m magasra sikerült emelkednie, és 1.5 m/s-os emelést hagyott ott, mert már veszélyeztette az átrepülő gépeket, így le kellett szállnia. Ezen tapasztalatok alapján feltételezhető, hogy a kis (800-1000 m körüli) magyar hegyek fölött 10 km körüli, vagy annál magasabbra felnyúló hullámok is létrejöhetnek.

Az elkészített előrejelzés előfizetés után lekérhető az OMSz FTP szerveréről, vagy kívánságra elküldjük WinWord formátumban a megrendelőnek. Régebben sok megrendelést kaptunk, de amióta Dunakeszin majdnem mindenkinek megvan az 5000 m-es repülése (köztük Hegedűs László 8200 m-es magyar csúcsa is), azóta nem igénylik ezt a fajta előrejelzésünket.

Felhasznált irodalom

- [1] FÖVÉNYI ATTILA, 1994: Alap előrejelzések készítése Grid és Temp adatok felhasználásával sportrepülők részére, Meteorológiai Tudományos Napok, Budapest, 1994.
- [2] FÖVÉNYI ATTILA, 1995: Labilitási paraméterek előrejelzése UKMO LAM adatok felhasználásával és ezen előrejelzések hibái, Légtér, 1995/4 pp. 15-19.
- [3] FÖVÉNYI ATTILA, 1996: Az 1995. évi termik előrejelzések objektív és szubjektív értékelése, Légtér, 1996/1 pp. 23-25.
- [4] FÖVÉNYI ATTILA, 1996: Alacsonyszintű szignifikáns térkép készítése az OMSz Repülésmeteorológiai Központjában, Légtér, 1996/2
- [5] FÖVÉNYI ATTILA, 1996: Termik előrejelzések készítése az OMSz Repülésmeteorológiai Központjában, Légtér XLI., 1996/3., pp. 25-30., OMSz, Budapest, 1996.
- [6] ATTILA FÖVÉNYI, 1997: Visibility range analysis and forecast using data of automatic SYNOP stations, radars and NWP models, Annalen der Meteorologie No. 35, pp. 311-312, Offenbach am Main, Germany, 1997.
- [7] ATTILA FÖVÉNYI, 1997: Making forecasts for sport aviation using ALADIN data, RC LACE Bulletin No. 3., 5 pages, Budapest, 1997.
- [8] FÖVÉNYI ATTILA, 1997: Az 1996. évi termik előrejelzések verifikálása, Légtér XLII., 1997/1., pp. 36-37., OMSz, Budapest, 1997.
- [9] FÖVÉNYI ATTILA, 1997: Az 1996. évi termik előrejelzések verifikálása, Az 1996. évi előrejelző tevékenység értékelése, OMSZ, IEÖO, Budapest, 1997.
- [10] FÖVÉNYI ATTILA, 1997: Új módszer a maximum hőmérséklet előrejelzésére, Egyetemi Meteorológiai füzetek No. 10. pp. 107-110, Budapest, 1997.
- [11] ATTILA FÖVÉNYI, 1998: New Method for Maximum Temperature Forecasting Using TEMP and NWP Model Data, RC LACE Bulletin No. 5, 5 pages, Prague, Czech Republic, 1998.
- [12] FÖVÉNYI ATTILA, 1998: A légköri nedvesség és a magaslégtér hőmérséklet hatása a globálsugárzásra és a maximumhőmérsékletre Magyarországon, Az éghajlatváltozás és következményei, pp. 269-274, OMSZ, Budapest, 1998.
- [13] FÖVÉNYI ATTILA, 1998: Az 1997. évi termik előrejelzések verifikálása, Légtér XLIII., 1998/1., pp. 35-36, OMSz, Budapest, 1998.
- [14] FÖVÉNYI ATTILA-SÁNDOR VALÉRIA, 1999: A termik előrejelzése régen és most, pp. 22-28, Légtér XLIV., 1999/2., OMSz, Budapest, 1999.
- [15] FÖVÉNYI ATTILA, 1999: Az 1999. évi termik előrejelzések verifikálása, pp. 32-33 Légtér XLIV évfolyam/4. szám, OMSz, Budapest, 1999.

- [16] FÖVÉNYI ATTILA, 2000: A 2000. évi termik előrejelzések verifikálása, pp. 36-37 Léggör XLV., 2000/4. szám, OMSz, Budapest, 2000.
- [17] ATTILA FÖVÉNYI, 2001: Decreasing of the error of maximum temperature forecast using NWP model and radiosonde data, Proceedings of Fifth European Conference on Applications of Meteorology, ECAM 2001, 24-28 September 2001, Budapest, Hungary, Theme 1 08/pp 1-7
- [18] ATTILA FÖVÉNYI, 2001: Visibility range forecast using NWP model data, Proceedings of Fifth European Conference on Applications of Meteorology, ECAM 2001, 24-28 September 2001, Budapest, Hungary, Theme 1 P-01A pp. 1-2
- [19] FÖVÉNYI ATTILA, 2001: A 2001. évi termik előrejelzések verifikálása, Léggör XLVI. 2001/4. pp. 31-32, Budapest
- [20] FÖVÉNYI ATTILA, 2002: A 2002. évi termik előrejelzések meteorológiai elemeinek verifikációja, Léggör XLVII. évfolyam - 2002/4., pp. 30-31, OMSz, Budapest, 2002
- [21] FÖVÉNYI ATTILA, 2004: A 2003. évi termik előrejelzések meteorológiai elemeinek verifikálása, visszatekintő 1996-2003, Léggör, XLIX. évf., pp. 33-35, OMSz, Budapest, 2004.
- [22] FÖVÉNYI ATTILA, 2004: A 2004. évi termik előrejelzések meteorológiai elemeinek verifikálása, Léggör, XLIX. évf. 2004.3. szám, pp. 22-23., OMSz, Budapest, 2004.
- [23] ATTILA FÖVÉNYI, 2005: Forecasting of visibility range. Proceedings of European Conference on Application of Meteorology 2005. Utrecht, Netherland, 12-16 September 2005.
- [24] FÖVÉNYI ATTILA, 2005: A 2005. évi termik előrejelzések meteorológiai elemeinek verifikálása, visszatekintő 1996-2005. Léggör, L. évf. (2005/4. szám), pp. 26-27, OMSz, Budapest, 2005.
- [25] FÖVÉNYI ATTILA, 2007: Egy, a repülésmeteorológia által használt maximum hőmérséklet előrejelző módszer, Léggör 52. évf., 2007.4. szám, 99. 10-16, OMSz, Budapest, 2007
- [26] SMITH, RONALD B., 1979: The Influence of Mountains on the Atmosphere, Advances in Geophysics 21 pp. 87-230, Academic Press
- [27] HMSO, 1994: Handbook of Aviation Meteorology, pp. 99-102., HMSO London
- [28] HOLTON J. R., 1992: An Introduction to Dynamic Meteorology Third Edition, pp. 287-297., Academic Press New York, 1992.
- [29] KONDRATYEV, K. YA., 1969: Радиационные характеристики атмосферы и земной поверхности pp. 222-224, pp. 318-321, pp. 383-395, Гидрометеорологическое издательство, Leningrad, 1969
- [30] KONDRATYEV, K. YA., 1972: Radiation Processes in the atmosphere, pp. 32-33, pp. 37-44, pp. 78-88, WMO No. 309, World Meteorological Organization, 1972
- [31] F. SÁNDOR VALÉRIA, SZALMA JÁNOS, 1982: Útmutató termik előrejelzéséhez, Kézirat
- [32] SZALMA J., 1979: A termik kialakulásának sajátosságai és előrejelzésének lehetősége a Kárpát-medencében, OMSz hivatalos kiadványai XLVIII., pp. 42-51.