

Dr. Wantuch Ferenc

REPÜLÉSMETEOROLÓGIAI ELŐREJELZÉSEK BEVÁLÁSÁNAK AUTOMATIKUS KIÉRTÉKELÉSE KATONAI REPÜLŐTEREKEN

A repülésmeteorológiai részleg az egyik legfőbb, a nagygépes repülés számára készített előrejelzése az ún. **TAF** (Terminal Area Forecast) távirat.[1] A cikkben a 9 órás időtartamra szóló táviratról lesz szó. A WMO és az ICAO szabvány szerint kódolt előrejelzés beválásának automatikus kiértékelése megoldatlan a Magyar Honvédségnél.

Mivel az ICAO Annex 3 dokumentum 2.2.2 pontja ajánlásként fogalmazza meg a tagállamok felé a repülésmeteorológiai információk minőségmenedzseléséhez szükséges eljárások kialakítását, emiatt a külföldi meteorológiai szolgálatok részéről nagy az érdeklődés egy ilyen program iránt. Amennyiben a repülésmeteorológiai előrejelzéseket rendszeres utólagos ellenőrzésnek vetjük alá, megtudhatjuk, melyek azok az elemek, melyeket nagy biztonsággal jelezhetünk előre, és beválásukat számszerűsíthetjük.[2] Ily módon feltárhatók a rendszeresen visszatérő ún. szisztematikus hibák, folyamatosan előforduló alá vagy fölé becslések. Üzemeltetési szempontból fontos, hogy a szelet, hőmérsékletet és más meteorológiai elemet milyen pontossággal vagyunk képesek előrejelezni. Kimutatható, hogy egy új technikai eszköz vagy egy korszerűbb tudományos eljárás alkalmazása milyen mértékben javítja a repülésmeteorológiai előrejelzéseket.[3] Néhány helyen a világban automatikusan is készül TAF távirat, az alábbi verifikációs eljárás a jövőben lehetőséget teremthet az automatikus és az „emberi” előrejelzés számszerű összehasonlítására.

Néhány országban folynak olyan projectek, amelyek a repülőtéri előrejelzések gépi úton történő automatikus kiértékelésére vonatkoznak [4,5], általánosságban elmondható hogy a fejlett országok nagy része sem rendelkezik ilyen operatív futó programmal. A szerző témavezetésével szakdolgozat készült az ELTE TTK-n a témában, illetve az Országos Meteorológiai Szolgálat valamint a Máltai Meteorológiai Szolgálat (MIA) alkalmazza operatíván a bemutatásra kerülő eljárást. Az alábbiakban a 2007 nyarán magyarországi katonai repülőterek előrejelzésein végzett tesztelés eredményeit mutatjuk be.

Amennyiben egy TAF előrejelzés az ICAO meghatározása szerint teljesen sikertelen, akkor a repülésmeteorológus újabb előrejelzést ad ki. Korábban arról nem volt információnk, hogy a különböző időjárási elemekre történő előrejelzések milyen beválásúak. Félóránként rendelkezésre áll a repülőtéri kódolt időjárási észlelés, a METAR távirat. A kiértékelés során nyilván a METAR és a TAF távirat gépi összevetésére van szükség. A TAF és a METAR táviratok kódolásának rendjét ICAO Annex 3 nemzetközi szabályozás írja elő, amelyet a katonai repülésben résztvevők részéről ismertnek feltételezzük. A szóban forgó programnak fel kell dolgoznia a táviratban szereplő repülésmeteorológiai információkat. Értelmeznie kell, mely időszakra vonatkozik az előrejelzés, milyen időjárási elemek fordulnak elő benne. Az algoritmus elvét az alábbiakban ismertetjük.

AZ ELJÁRÁS FŐBB LÉPÉSEI

Adatok összeállítása

Első lépésben az adott napon írt TAF-okat tartalmazó fájlból az előrejelzést beolvassuk. Ügyelni kell arra, hogy a távirat előrejelzési ideje a kiadást követő napra is áttolódhat. Kigyűjtődnek a szóban forgó és a rákövetkező napra vonatkozó észlelések. A program ellenőrzést végez, hogy valamennyi adatot megtalálta-e.

METAR táviratok ellenőrzése, értelmezése

Amennyiben a METAR táviratban tartalmi illetve formai hibát talál az algoritmus, akkor hibajelzést generál. A hibajegyzéket eljuttathatjuk az illetékeshez. A rendszeres hibafeltárás a tapasztalatok szerint a hibás repülőtéri észlelések csökkenését eredményezi. A hibavizsgálat után következik a távirat értelmezése.

TAF táviratok ellenőrzése majd értelmezése

Az algoritmus az alábbi főbb alapelvekre épül: vannak olyan időjárási elemek, melyekről az előrejelző mindig számszerűen nyilatkozik (pl. szélesség), de vannak olyanok, melyekről csak akkor, ha az előfordul (pl. kód). Ez utóbbinál a csoport hiányát úgy értelmezzük, hogy nem várható az előfordulása. A BECMG-el jellemzett változást leíró csoport időtartama alatt a BECMG előtti és utáni állapot egyaránt előfordulhat. Az FM időpontja után már csak a jelzett állapot fordulhat elő. Ugyanarra az időjárási elemre a TEMPO és BECMG időtartamában valamint az FM időpontjában nem lehet átfedési időintervallum, hiszen ezek a változást leíró csoportok - ismétlen ugyanarra az időjárási elemre - definíció szerint kizárják egymást. Ezek a kikötések teszik matematikailag értelmezhetővé a feladatot.

Az előrejelzés kiértékelésének elve

Azt a célt tűztük ki magunk elé, hogy minden egyes TAF minőségét egyetlen szám, esetünkben egy százalékos érték jelezze. Ez a százalék a félóránkénti METAR-okban szereplő értékek és a nekik megfelelő TAF értékek összehasonlításával áll elő. A módszer valamennyi elemre félóránként számszerűen is előállítja a beválásokat. Több nap illetve hosszabb időszak vizsgálata során egyes fájlokban automatikusan eltárolódnak a kapott eredmények. Egyes kitüntetett, repülésre veszélyes időjárási elemek előrejelzésének elmulasztása az egész TAF összesített beválását lenullázza, azaz sikertelennek minősíti az előrejelzést.

A továbbiakban bemutatásra kerül, hogyan kerültek meghatározásra az algoritmusban az egyes időjárási elemekhez tartozó százalékok:

A szélirányra az alábbi döntési táblázatot alkalmaztuk:

- Ha a METAR-ban szereplő szélirányhoz tartozó sebesség 5 KT (csomó) vagy kisebb, akkor
- ha +/- 60 fok vagy annál kisebb eltérés esetén 100 százalék,

- ha +/- 60 foknál nagyobb, de 80 foknál kisebb eltérés esetén 50 százalék,
 - ha +/- 80 foknál nagyobb eltérés esetén 0 százalék lesz az adott félóra beválása.
-
- Ha a METAR-ban szereplő szélirányhoz tartozó sebesség legalább 6KT-vagy
 - de 10 KT vagy kisebb akkor
 - +/- 40 fok vagy annál kisebb eltérés esetén 100 százalék,
 - +/- 40 foknál nagyobb, de 60 foknál kisebb eltérés esetén 50 százalék,
 - +/- 60 foknál nagyobb eltérés esetén 0 százalék lesz az adott félóra beválása.
-
- Ha a METAR szélirányhoz tartozó sebesség 10 KT-nál nagyobb, akkor
 - +/- 20 fok vagy annál kisebb eltérés esetén 100 százalék,
 - +/- 20 foknál nagyobb, de 40 foknál kisebb eltérés esetén 50 százalék,
 - +/- 40 foknál nagyobb eltérés esetén 0 százalék lesz a beválás.
-
- Ha a METAR szélirányhoz tartozó sebesség 5 KT-nál kisebb és akár a METAR-ban
 - Akár a TAF-ban szerepel VRB irány (változó irányú szél), akkor, ha a nem VRB-hez tartozó szélesebesség
 - 5 KT vagy annál kisebb 100 százalék a beválás,
 - 6-7 KT esetén 50 százalék,
 - 8-9 KT esetén 30 százalék,
 - 10 KT vagy több esetén 0 százalék lesz a beválás.

A szélesebesség beválásához tényleges és az előrejelzett szélesebességeket hasonlítjuk össze. A beválás megadása százalékosan történik. (szélcsend 1 KT-val kerül számításra.) Ha az előrejelzett és tényleges szélesebesség megegyezik, akkor a beválás nyilván 100 százalék.

- Folyamatos változást jelző csoport alkalmazása (BECMG) esetén, - ha a szélesebesség a BECMG kezdeti és végpontjában közölt sebesség érték közé esik, akkor a beválás 100 százalék.
- Folyamatos változást jelző csoport alkalmazása (BECMG) esetén, - ha a szélesebesség nem a BECMG kezdeti és végpontjában közölt sebesség értékek közé esik, akkor a beválás kiszámítása úgy történik hogy a tényleges szélesebességi értéket avval a kezdeti vagy végponttal hasonlítjuk össze amelyikhez számszerűleg közelebb esik.
- Ha az előrejelzett és a tényleges szélesebesség egyaránt 5 KT vagy kisebb, akkor a beválás 100 %.
- Ha a TAF-ban VRB irány szerepel és mind a METAR-ban mind a TAF-ban 9 KT-nál nagyobb a szél, akkor a beválás 100% az adott csoportra (zivatáros VRB lökés)

A tényleges és az előrejelzett széllokések összevetése hasonló. A beválás megadása itt is százalékosan történik.

- Ha nem történt széllokés és nem volt előre jelezve, akkor a széllokés beválása 100 százalék.

- Ha előre volt jelezve széllokés, de valójában nem történt vagy nem volt széllokés de előre volt jelezve akkor az adott félórára vagy időszakra a széllokés beválása 0 százalék.
- Ha széllokés előre volt jelezve és a METAR-ban nem szerepel, akkor a METAR-ban lévő átlagszél+8KT-val vesszük figyelembe a széllokést – ha az alapszél egyébként eléri a 8KT-t.
- Ha széllokés a METAR-ban szerepel, akkor a TAF-ban lévő átlagszél+8KT-val vesszük figyelembe a széllokést – ha az alapszél egyébként eléri a 8KT-t.
- Ha 10 KT-t eléri a különbség a TAF és a METAR között átlagszélnél és lókésnél, egyaránt akkor az egész TAF 0 %-os beválása lesz.
- Folyamatos változást jelző csoport alkalmazása (BECMG) esetén, - ha a széllokés a BECMG kezdeti és végpontjában közölt lókés érték közé esik, akkor a beválás 100 százalék.
- Folyamatos változást jelző csoport alkalmazása azaz (BECMG) esetén, - ha a széllokés nem a BECMG kezdeti és végpontjában közölt sebesség értékek közé esik, akkor a beválás kiszámítása úgy történik, hogy a tényleges széllokés értéket avval a kezdeti vagy végponttal hasonlítjuk össze amelyekhez számszerűleg közelebb esik.

Mivel a széllokés, repülésre igen veszélyes elem ezért az 50 százaléknál alacsonyabb beválásokat mindenütt 0 százalékosnak tekintjük.

Ami a látástávolság kiértékelését illeti itt is a tényleges és az előrejelzett látástávolságokat vetjük össze.

Bizonytalanabb megadású (TEMPO, PROB TEMPO) TAF beválása nyilván itt is alacsonyabb lesz a fenti általános elvek szerint.

CAVOK, 9999 megadása esetén 10 km-es látástávolsággal történik az összehasonlítás.

Folyamatos változást jelző csoport alkalmazása (BECMG) esetén, - ha a látástávolság a BECMG kezdeti és végpontjában közölt látás érték közé esik, akkor a beválás 100 százalék.

Folyamatos változást jelző csoport alkalmazása azaz (BECMG) esetén, - ha a látástávolság nem a BECMG kezdeti és végpontjában közölt látás értékek közé esik, akkor a beválás kiszámítása úgy történik, hogy a tényleges látás értéket avval a kezdeti vagy végponttal hasonlítjuk össze amelyekhez számszerűleg közelebb esik.

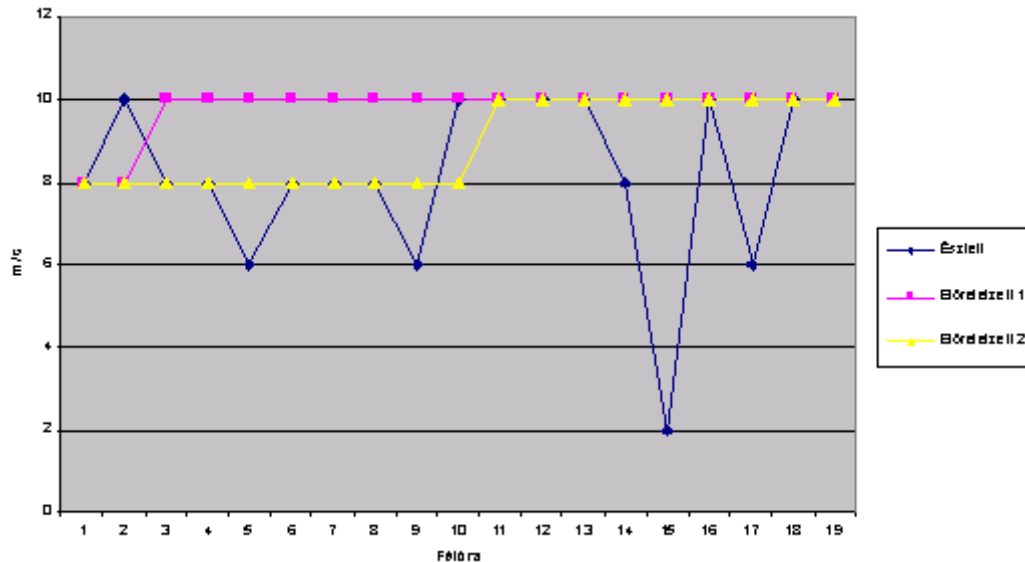
Mivel az alacsony látástávolság repülésre igen veszélyes elem ezért 3000 méternél kisebb látástávolság (akár tényleges akár előrejelzett) és az 55 százaléknál alacsonyabb beválásokat mindenütt 0 százalékosnak tekintjük. Ez utóbbi kikötéssel figyelembe vesszük az ICAO Annex 3 AMD TAF-ra vonatkozó előírásait.

A felhőzet és a felhőalapok teljes körű verifikációjára még nem sikerült megfelelő algoritmust találni, de az igazán veszélyes jelenségek kiszűrésre kerülnek.

- Ha a METAR táviratban CB felhőzet fordul elő egy adott félórában úgy, hogy ez nem lett előrejelezve, akkor a TAF összesített beválása 0 százalékos lesz.
- Ha a METAR táviratban zivatar, ónos jellegű csapadék vagy közepes, erős havazás fordul elő egy adott félórában úgy, hogy ez nem lett előrejelezve, akkor a TAF összesített beválása 0 százalékos lesz
- Lehetőség van arra is, hogy zivatarra feleslegesen kiadott előrejelzések csökkentsék a TAF teljes beválási mutatóját.

A KIÉRTÉKELÉS TAPASZTALATAI

2007 augusztusában a Kecskeméti katonai repülőtéren készült előrejelzések bevalását vizsgáltuk. A következő ábrák az ismertetett módszer szerint készített különböző összehasonlítási lehetőségeket illusztrálják. Az 1. ábra az előrejelzett és a mért szélesebesség összehasonlítását mutatja.

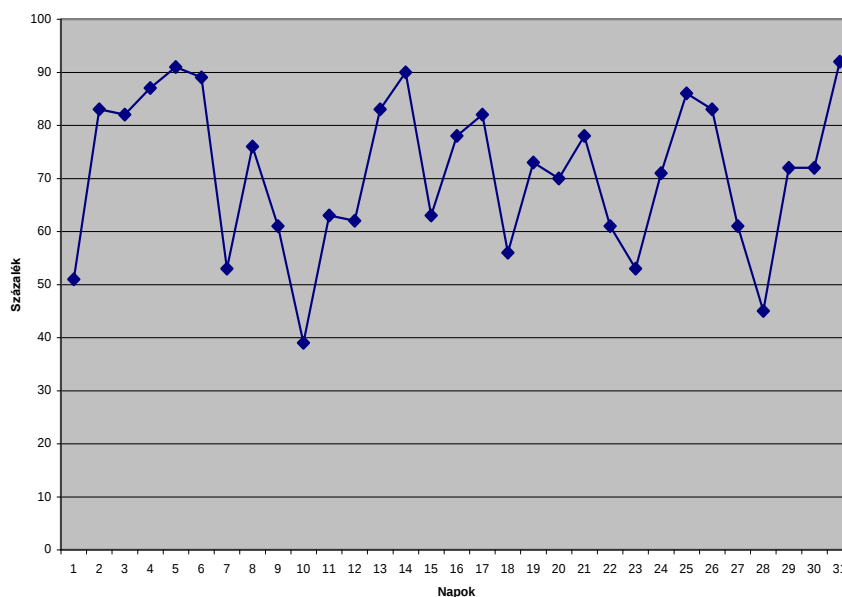


1. ábra. 2007.08.04-én 04-13 TAF és a mért szélesebességek

Lehetőség van bármely TAF előrejelzés különböző elemeinek részletes vizsgálatára. A 2007.08.04-én 04-13 szóló TAF esetén a zivatart nem jelezték előre, emiatt az eredmény fájlba az alábbi szöveget generálta a gépi feldolgozás:

- A látástávolság bevalása: 90 %
- A szélirány bevalása: 75 %
- A szélesebesség bevalása: 87 %
- A szellökés bevalása: 82 %
- Előfordult CB a METAR-ban és nem lett előrejelezve.
- Előfordult TS a METAR-ban és nem lett előrejelezve.

Másik példa a hajnalban kiadott (04-13) előrejelzések százalékos bevalása, például szélesebességre.

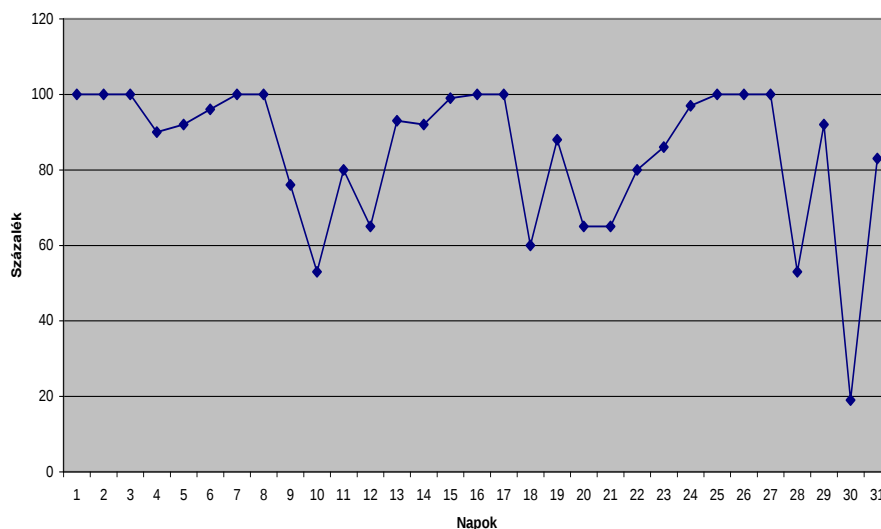


2. ábra. Szélesebesség beválások 2007 Augusztusában Kecskeméten. TAF 04-13 UTC között

A 2. ábrából látható hogy a hajnali órákban készített szélelőrejelzések beválása 70 % és 80 % között alakult, néhány előrejelzés beválása meghaladta a 90 % -ot. 2007. augusztus 10-én és 28-án azonban 50 % alatt volt a beválás.

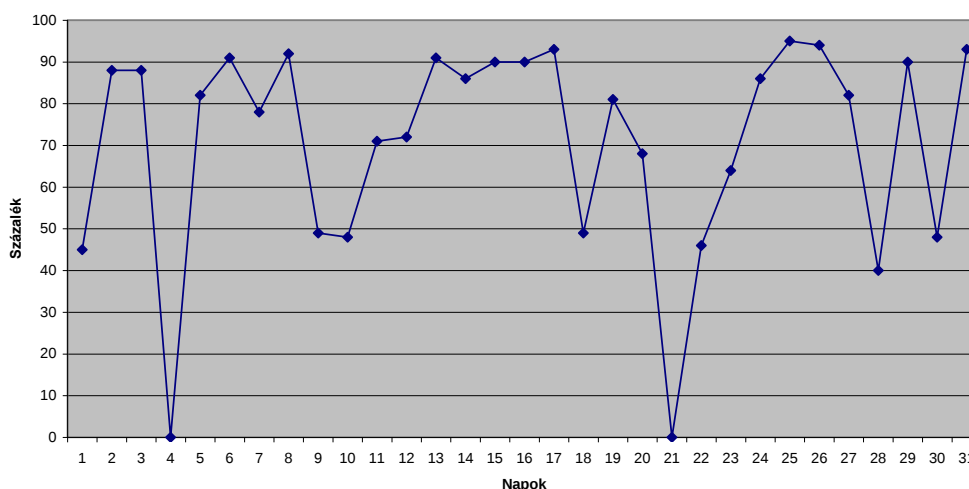
A továbbiakban vizsgáljuk meg, hogy a látástávolságokra vonatkozó hajnali (04-13) szóló előrejelzések hogyan váltak be.(3.ábra)

Mivel az Augusztusi hónapban ritkán fordul elő köd vagy párásság ezért ennek a hónapnak a látástávolságra vonatkozó előrejelzései általában sikeresebbek, mint az őszi vagy a téli hónapoké. Több 100% beválású előrejelzés is történt. Érdekes azonban hogy Augusztus 30-án reggel csak 19%-ra sikeredett az előrejelzés. Az előrejelző 3 kilométert illetve csapadékban 1500 métert jelzett előre. A valóságban azonban nem volt a látástávolság 4 km alatt, sőt az időszak jelentős részében 10 kilométer feletti értékeket jelentettek.



3.ábra. Látástávolságok beválása 2007 Augusztusában 04-13 szóló TAF táviratok esetében.

Abban az esetben, amikor valamennyi 04-13 közötti időjárási előrejelzés összes elemét együttesen, egy számmal jellemezve vizsgáltuk a következő ábrát kaptuk.(4. ábra)



4. ábra. Egyesített beválások 2007 Augusztusában Kecskeméten. TAF 04-13 UTC között

2007. augusztus 4-én és 21-én a 0 %-os beválás oka, hogy az előrejelző nem jelezte előre a CB felhőzetet és zivartart, annak ellenére, hogy az előfordult az előrejelzési időszak folyamán. Ez volt a két legsikertelenebb előrejelzés. Látható azonban hogy az előrejelzések zöme a 70 és a 80 százalékos értékeket éri el.

Ha részletesen vizsgáljuk a beválásokat a 04-13 szülő TAF-ok esetén, akkor a következő eredményt adja a program:

A legsikeresebb előrejelzés 2007. augusztus 25-i volt ekkor az egyesített beválás 95% volt. Átlagosan az előrejelzések beválása 72%-os volt. Ami a szélirány előrejelzést illeti több olyan nap is volt amikor tökéletes volt az előrejelzés. Augusztus 1 viszont kirívóan nem volt sikeres előrejelzés a szél szempontjából mivel ekkor a szélirány előrejelzése csak 29%, a széllökésé 0% a szélsébség előrejelzése a hónapban a legrosszabb, 51% beválású volt. A legjobb szélsébség előrejelzés augusztus 31-én volt, amikor 92% sikerült elérni.

Eddig a 04 UTC-től 13 UTC-ig terjedő TAF előrejelzéseket vizsgáltuk. A program természetesen hasonló módon kiértékelte az összes többi előrejelzést is Kecskeméten. Tételesem nem ismertettjük most az eredményeket, de néhány tapasztalatot megosztunk az olvasóval.

A legsikertelenebb előrejelzések a 10 UTC –tól 19 UTC-ig szülő előrejelzések voltak, ennek valószínűleg az lehet az oka, hogy a délelőtti órákban nehézséget okoz a késő délutáni, illetve az esti zivatarok pontos előrejelzése, ekkor az egyesített beválási mutató csupán 60 százalékos. 2007. augusztus 04,06,07,09,11,20 és 21-én nem sikerült a délutáni zivatarokat előrejelezni.

A 22 UTC- 07 UTC közötti időintervallumra kiadott, azaz éjszakai és a hajnali órákra szülő előrejelzések ugyanakkor a legsikeresebbek. Ekkor 79 százalékos az általános beválás.

Érdekes jelenség, hogy a szélsébségek esetén a legrosszabb 27 %-os előrejelzés azonban szintén erre az időszakra esett. A legsikeresebben előrejelzett időjárási elem valamennyi előrejelzést tekintve a látástávolság volt, hiszen itt jellemző volt a 90 % feletti átlagos eredmény csaknem valamennyi előrejelzésnél.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] SÁNDOR VALÉRIA, WANTUCH FERENC 2005: Repülésmeteorológia. Tankönyv pilóták és leendő pilóták számára. Folium Nyomda. ISBN 963 7702 91 1 Második javított kiadás.
- [2] HOMOKINÉ UJVÁRI KATALIN, WANTUCH FERENC 1998: Az időjárási előrejelzések bevalásáról. A Természet Világa. - Különszám I. 1998 129. évf. 57-59 old
- [3] MARTA SALLAI AND FERENC WANTUCH 1997: First experiences with the subjective evaluation system of ALADIN at HMS. *PROCEEDINGS* third RC LACE/ALADIN workshop on the use of ALADIN products in forecasting practise and verification matter Budapest, Hungary 16-18 june,
- [4] MET OFFICE UK: TAF verification http://www.metoffice.gov.uk/aviation/taf_verification.html
- [5] H.G. WAI: Verification of Aerodrome Forecast 2002. The Twelfth Session of WMO Comission for Aeronautical Meteorology. Montreal Canada Reprint 470.