

**Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék**

**Numerikus modellszámításokra épülő automatikus repülőtéri
TAF generáló rendszer kialakítása**

DIPLOMAMUNKA



Készítette:

Szobonya Nikoletta
Meteorológus mesterszak
Előrejelző szakirány

Témavezető:

Dr. Wantuch Ferenc
Nemzeti Közlekedési Hatóság

Tanszéki konzulens:

Dr. Weidinger Tamás
ELTE Meteorológiai Tanszék

**ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék
Budapest, 2015**

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	3
2. Szakirodalmi háttér	4
2.1. Repülésmeteorológiai információk, kódok.....	4
2.1.1. METAR.....	5
2.1.2. SPECI	12
2.1.3. TAF	13
2.1.3.1. Időjárás-változást jelző csoportok	18
2.1.3.2. Amended TAF	20
2.1.4. Landing forecast	20
3. Anyag és módszer	21
3.1. Felhasznált adatok.....	21
3.2. Az automatizálás módszertana	23
3.3. A program leírása, logikai felépítése.....	25
3.4. A módszer bemutatása, szabályok, definíciók	26
4. Verifikáció	39
4.1. 2014 augusztusában készített előrejelzések kiértékelése.....	40
4.2. Esettanulmány - 2014. október 22–ei rendkívüli időjárás	42
5. Összefoglalás	49
Köszönetnyilvánítás	50
Irodalomjegyzék	51
Függelék	53

1. Bevezetés

Napjainkban, a légi közlekedés számára elengedhetetlen a repülésmeteorológiai tájékoztatás, ami már múlt század elejétől kezdődően szoros nemzetközi együttműködésben fejlődött. A repülésekhez készített előrejelzésekhez pontos információkra van szükség az egyes meteorológiai paraméterekről, valamint a várható veszélyes időjárási jelenségekről pl.: jegesedés, zivatar, turbulencia. Az előrejelzésekben mindig is előfordultak problémák, amit a hibás modell adatok valamint az észlelések, megfigyelések hiánya okozhat. Természetesen ezek csökkenthetők megfelelő kommunikációval valamint a rendszeres megbízható észlelésekkel (*Sándor és Wantuch, 2005*).

A repülésmeteorológiai előrejelzések egyik új módszertana az automatizálás. Ezt képviseli többek között az automata TAF generáló rendszer, amelyet a világ számos országában fejlesztenek és alkalmaznak.

Hazánkban eddig még nem tettek kísérletet az automata TAF táviratok elkészítésére. Diplomamunkámban erre teszek kísérletet. Ismertetem a módszerfejlesztés főbb lépéseit, valamint az automatikusan előállított TAF táviratok beválását, eredményességét. Az eljárásnak köszönhetően a közlejövőben az automatikus TAF táviratok hazánkban is hozzájárulhatnak a repülőtéri előrejelzések megbízhatóságának növekedéséhez.

Dolgozatom első részében az eljárás megvalósításához szükséges repülésmeteorológiai információkat, a repülési időjárás-jelentő (METAR), a különleges időjárás-jelentő táviratot (SPECI), a repülőtéri előrejelzéseket (TAF) tartalmazó táviratot, valamint a tendencia jellegű (landing forecast) leszállási előrejelzést ismertetem.

Ezt követi a szélirány, szélesebesség, szélleőkés, látástávolság valamint a jelenidőre kidolgozott automatikus TAF generáló rendszer elveit, módszerét és alkalmazásának lehetőségeit bemutató rész. A módszer kidolgozásához és az általunk írt algoritmusok teszteléséhez a HungaroControl-nál futtatott WRF¹ modell alapadatit, valamint az alapadatokra épülő utófeldolgozás adatait használtuk fel.

Az eredményeket a METAR táviraton alapuló és a magyar honvédségnél is operatíván futó verifikációs program segítségével értékeltem ki (*Wantuch, 2008*). Így az automatikus TAF és METAR valamint a szinoptikusok által készített TAF előrejelzések és

¹ WRF (Weather Research and Forecasting): Időjárás kutató és előrejelző modell.

METAR táviratok beválását hasonlítottam össze. A kiértékelésnél 24 órára szóló előrejelzésekkel dolgoztunk a Budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan. (*Wantuch és Szobonya, 2015*).

Végezetül az automata TAF táviratok továbbfejlesztési lehetőségeit elemzem. A dolgozatot az összefoglalás, részletes irodalomjegyzék és a függelékben közölt feldolgozó program zárja.

2. Szakirodalmi háttér

2.1. Repülésmeteorológiai információk, kódok

A repülésmeteorológiai információknak, rövidnek és lényegretörőnek kell lenni, hiszen a táviratok kódolt alakban, angol nyelvű jelölésekkel kerülnek kiadásra (*Horváth, 1978*).

A METAR és TAF táviratok kódolását az ICAO² Annex 3 nemzetközi szabályozás határozza meg, amely szerint a légi közlekedés részére biztosított meteorológiai szolgáltatás célkitűzése, az, hogy elősegítse a légi közlekedés hatékonyságát, biztonságát és rendszerességét. (*ICAO, 2013*). Az észleléseket a METAR táviratba foglalják és továbbítják a távközlési hálózatba. (*WMO³, 2001*). A TAF táviratoknak, vagyis a repülőtéri előrejelzéseknek tartalmazniuk kell az adott állomáson egy adott időszakban várható meteorológiai viszonyokat. E táviratokon felül egy rövidebb időszakra szóló landing forecast-ot vagyis egy tendencia jellegű leszállási előrejelzést is kell készíteni (*Sándor és Wantuch, 2005*).

A repülésmeteorológiai táviratokat a következő fejezetekben (2.1.1. – 2.1.4.) kerülnek részletezésre.

² ICAO (International Civil Organization): Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet.

³ WMO (World Meteorological Organization): Meteorológiai Világszervezet.

2.1.1. METAR

A repülési rendszeres időjárás-jelentő távirat félóránként vagy óránként kerül kiadásra. Az egyes országok nemzeti hatóságai szerint meghatározott információkat tartalmazza a távirat végéhez csatolt RMK⁴-val kezdődő függelék.

A repülési időjárás-jelentés a következőket tartalmazza (**1. ábra**):

- az állomás azonosítóját,
- a kiadás napját, idejét,
- a talajmenti szél irányát és erősségét,
- a talajmenti látástávolságot,
- a kifutópályamenti látástávolságot,
- az aktuális időképet,
- a felhőzeti adatokat,
- a hőmérsékletet és harmatpontot,
- QNH⁵ értékét,
- kiegészítő információkat (TREND, pályaállapot, megjegyzések).

METAR CCCC YYGGggZ (AUTO)	dddfGf _m f _m	KMH vagy KT vagy MPS	d _n d _n d _n Vd _x d _x d _x
VVVVD _v V _x V _x V _x V _x D _v	RD _R RD _R /V _R V _R V _R I vagy RD _R RD _R /V _R V _R V _R VV _R V _R V _R I	w'w'	N _s N _s N _s h _s h _s h _s vagy VVh _s h _s h _s vagy SKC
T'T'/T' _d T' _d QP _H PP _H PP _H	REw'w'	WS RWYD _R D _R és/vagy WS ALL RWY	N _s N _s N _s h _s h _s
sh _s			
(TTTT vagy NOSIG	TTGGgg dddfGf _m f _m	KMH vagy KT vagy MPS	VVVV vagy CAVOK w'w' vagy vagy VVh _s h _s h _s NSW vagy SKC vagy NSC)

1. ábra: A METAR távirat felépítése.
(Forrás: Sándor és Wantuch, 2005)

⁴ RMK (Remark): Megjegyzés.

⁵ QNH (Atmospheric pressure at sea level): Tengerszintre átszámított légnyomás.

Kódolási szabályok

METAR CCCC

A repülésmeteorológiai távirat a METAR kód nevével kezdődik, amelyet az adott repülőtér négy betűből álló ICAO azonosítója követ (*Location Indicators Doc. 7910, 2012*). Például Szolnok ICAO azonosítója: LHSN.

A jelentés kiadását tartalmazó azonosító csoport

Kódforma: YYGGggZ

A hónap napja valamint az óra és perc jelenik meg UTC-ben. Ha a jelentés műszeres észlelés alapján készült, akkor az AUTO kódszó kerül a kiadás időpontja után.

Talajmenti szél

Kódforma: dddffGf_mf_m **KMH** vagy
 KT vagy d_nd_nd_nVd_xd_xd_x
 MPS

A talajszél 10 perces átlagát ötjegyű csoportban adják meg, amelynél az első három a szél irányát, míg az utolsó kettő jegy a szél erősségét jelöli. A szélesebbesség három mértékegységben is megadható: csomóban [KT], m/s-ban [MPS] és km/h-ban [KMH].

Példa: **34012KT** (jelentése: 340 fokos irányból 12 csomós szél fúj).

Ha a széllökés 10 KT-val (20 km/h, 5 MPS) meghaladja az alapszelet az észlelést megelőző 10 percben, akkor az átlagszél után egy G betű közbeiktatásával jelenteni kell a csoport részeként.

Példa: **19015G27KT** (jelentése: 190 fokos irányból 15 csomós átlagszél mellett 27 csomós lökést észleltek).

Ha a szél iránya legalább 60 fokot változott és a szélesebbesség 3 KT-nál nagyobb (6 km/h, 2 MPS) az észlelést megelőző 10 percben, akkor a két szélső irányt kell feltüntetni az óramutató járása szerinti sorrendben, V betűvel elválasztva.

Példa: **32012G25KT 270V350** (jelentése: 320 fokos irányból 12 csomós átlagszél mellett 25 csomós lökést észleltek, a szél iránya 270 és 350 fok között változott).

A szél irányát változóként is kódolhatjuk (VRB), ha szélesebbesség kisebb, mint 3 KT (6 km/h, 2 MPS) valamint nagyobb, mint az előbb említett érték és a szél irányának változása 180 foknál nagyobb, illetve a szélirány valamilyen okból nem meghatározható (pl.: zivatar esetén).

Példa: VRB02KT

Ha szélcsend van, akkor 00000 jelölést alkalmazzák, mértékegységgel együtt

Példa: **00000KT**

Horizontális látástávolság

Kódforma: VVVVD_v (vagy CAVOK) V_xV_xV_xV_xD_v

A repülésmeteorológiai táviratban az értéket 50 m-es lépcsőkben adják meg, ha a látástávolság 800 m-nél kisebb. 800 m-nél nagyobb és 5000 m-nél kisebb látástávolságok esetén 100 m-es, míg az 5000 m-nél nagyobb, de 10 km-nél kisebb értékek esetén 1000 m-es lépésekben kell megadni a látástávolságot.

Példa: **9999** (jelentése: a látástávolság 10 km vagy fölötti).

CAVOK⁶ szabályt kell alkalmazni, ha a látástávolság 10 km vagy nagyobb, nincs felhőzet 1500 m (5000 feet) alatt, nincs Cumulonimbus felhőzet és nincs a jelenidő táblázatban feltüntetett időjárási jelenség.

A legkisebb látástávolság értéket kell megadni a táviratban, ha az eltérő irányok látástávolsága esetében nincs lényeges változás.

Példa: **4000** (jelentése: a látástávolság 4000 m).

Ha a látástávolság kisebb, mint 5000 m és egy irány mentén a látástávolság a legkisebb érték 50%-ával nagyobb, akkor a látástávolság értéke mellett az állomáshoz viszonyított helyzetét kell megadni a táviratban.

Példa: **4000NE** (jelentése: 4000 m a látástávolság északkeleti irányban).

Ha a minimális látástávolság kisebb, mint 1500 m és egy eltérő irányban a látástávolság nagyobb, mint 5000 m, akkor a minimális valamint a maximális értékeket illetve ezek irányát is fel kell tüntetni.

Példa: **1200SW 7000N** (jelentése: délnyugatra 1200 m, északra 7000 m a látástávolság).

Futópályamenti látástávolság (RVR⁷)

Kódforma: RD_RDR/V_RV_RV_RI

vagy

RD_RDR/V_RV_RV_RVV_RV_RV_RI

⁶ CAVOK (Visibility, cloud and present weather better than prescribed values of conditions): Látástávolság, felhőzet, jelenlegi időjárás jobb, mint a meghatározott feltételek.

⁷ RVR (Runway Visual Range): Futópályamenti látástávolság.

Ha a futópályamenti látástávolság meghatározható, akkor a csoport R betűvel kezdődik, amelyet egy / jel valamint az RVR érték követ.

Példa: R24/1000 (jelentése: a 24-es pályán a pályamenti látástávolság 1000 m).

Ha a horizontális látástávolság vagy a futópálya menti látástávolság, esetleg mindkettő értéke 1500 m alatti, akkor a táviratban fel kell tüntetni. A futópályamenti látástávolság értékek alsó határa 50 m, a felső határa 1500 m lehet a táviratban.

Ha a futópályamenti látástávolság 1500 m feletti, akkor a repülésmeteorológiai táviratban ezt P1500-ként kell megadni.

Példa: **R24/P1500** (jelentése: a 24-es pályán a pályamenti látástávolság nagyobb, mint 1500 m). Ha a pályamenti látástávolság a műszer által mérhető érték alá csökken, akkor egy M betűt kell feltüntetni a táviratban az adott csoport elé.

Példa: **R24/M0150** (jelentése: a 24-es pályán az RVR értéke kisebb, mint 150 m).

Ha az észlelés előtti 10 perces időszakban az 1 perces RVR átlagok 10 perces átlagtól való eltérése 50 m-nél vagy a 10 perces átlag 20%-nál nagyobb, akkor a minimum illetve a maximum értékeket megadó $V_R V_R V_R V V_R V_R V_R I$ csoportot is meg kell jeleníteni a táviratban.

Aktuális időjárás:

Kódforma: w'w'

Az aktuális időjárási jelenségeket fajta és jelleg szerint kell megadni, valamint fel kell tüntetni annak intenzitását is és távolságát az adott repülőtértől. A jelenidő meghatározása a 4678-as WMO kódtábla alapján történik (**1. táblázat**).

1. táblázat: 4678-as WMO jelenidő-kódtábla.
(Forrás: Sándor és Wantuch, 2005)

ELŐJELZŐ		IDŐJÁRÁSI JELENSÉG		
Intenzitás, vagy közelségjelző	Jelleg	Csapadék	Homályosság	Egyéb
- Gyenge	MI Sekély (2 m alatt)	DZ Szitálás	BR Páráság	PO Homok-, vagy portölcsérek
Mérsékelt (nincs jelző)	BC Foltokban	RA Eső	FG Köd	SQ Szélroham
+ Erős, heves jól fejlett	PR Részben	SN Hó	FU Füst	FC Felhőtölcsér
VC a közelben	DR Alacsony	SG Szemcsés hó	VA Vulkáni hamu	SS Homokvihar
	BL Magas	IC Jégkristályok	DU Por	DS Porvihar
	SH Zápor	PE Fagyott eső	SA Homok	
	TS Zivatar	GR Jég (átmérő nagyobb, mint 5 mm)	HZ Homály	
	FZ Fagyott (túlhűlt)	GS Gyenge jég és/vagy hódara, jégdara (átmérő kisebb, mint 5mm)		

Abban, az esetben, amikor több időjárási jelenséget is észleltek egy időben az adott állomáson, akkor azokat különálló csoportonként kell megadni, kivéve, több csapadékfajta észlelése és jelentése esetén. Az ilyen esetekben, elsősorban a jellemzőbb csapadékfajta kell feltüntetni.

Példa: **-DZFG** (jelentése: gyenge szitálás és köd van).

Jelenidő esetében a következő paramétereket kell figyelembe venni:

- A METAR táviratban maximum három aktuális időjárás csoportot lehet feltüntetni.
- Intenzitást csak csapadék, por-, homok-és hófúvás, porvihar és homokvihar kell megadni a táviratban.
- Jégkristály, füst, homály, por, homok jelentése, csak akkor adható, ha a látástávolság 5000 m, vagy az alá csökken.
- Páráságot 1000 m és 5000 m között látástávolság esetén kell jelenteni.
- Ködöt abban az esetben kell jelenteni, ha a látástávolság 1000 m alá csökken.
- A VC közelségjelzőt akkor használják, ha az időjárási jelenséget nem a repülőtér területén észlelték, de annak határától számított 8 km-es körzeten belül fordult elő.

Felhőzet vagy függőleges látástávolság

Kódforma: N_sN_sN_sh_sh_sh_s
vagy
V_Vh_sh_sh_s
vagy
SKC

A 6 karakterből álló felhőcsoport első 3 karaktere a felhőzet mennyiségét jelöli az alábbiak szerint:

1/8 – 2/8	FEW⁸
3/8 – 4/8	SCT⁹
5/8 – 7/8	BKN¹⁰
8/8	OVC¹¹

Az utolsó 3 karakter a felhőalap magasságát adja meg 30 m-es (100 feet) egységekben 3000 m-ig. 3000 m felett 300 m-es (1000 feet) egységekben adják meg a felhőalap magasságát.

Példa: **SCT018** (jelentése: 3-4 okta felhőzet van 1800 láb magasságban).

A szignifikáns konvektív felhőtípusokon kívül, más típus nincs megkülönböztetve. A szignifikáns konvektív felhőtípusokat az alábbiak:

- Cumulonimbus: CB,
- Cumulus congestus: TCU.

Az alábbi szabály szerint lettek kialakítva a felhőcsoportok:

- Maximum 3 felhőcsoport adható meg.
- Az első csoportban a legalacsonyabb réteg szerepel, függetlenül a mennyiségtől.
- A következő réteg mennyisége nagyobb 2 oktánál.
- A harmadik réteg, akkor tüntethető fel a táviratban, ha 4 oktánál nagyobb a felhőzet mennyisége.
- CB vagy TCU felhőzetet észleltek, akkor fel kell venni a felhőcsoportokhoz.

⁸ FEW (Few): Kevés.

⁹ SCT (Scattered): Szakadozott.

¹⁰ BKN (Broken): Szakadozott, törött.

¹¹ OVC (Overcast): Borult.

A felhőcsoportok feltüntetésénél a következő szabályokat szükséges figyelembe venni:

- Növekvő magasság szerint kell jelteni.
- Ha a CAVOK szabály nem alkalmazható és nincs felhőzet, akkor a SKC¹² jelölést kell feltüntetni.
- Ha a CB és más felhőzet típusok alapja ugyanazon magasságon helyezkedik el, akkor CB felhőzetet kell feltüntetni a táviratban, mennyiségként az azon a felhőalapon elhelyezkedő összes felhőzet mennyiségét kell megadni.
- Ha a CAVOK szabály és az SKC rövidítés nem alkalmazható, akkor az NSC¹³ jelentést kell megadni.

Függőleges látástávolság

Ha az égbolt elhomályosult és a felhőzet részletei nem követhetőek, de a vertikális látástávolságról rendelkezésre állnak információk, akkor a függőleges látástávolságot kell feltüntetni a táviratban. A függőleges látástávolságot a következő szabály szerint adjuk meg: az 5 karakter hosszúságú csoportban, az első kettő karakter helyén VV áll, míg az utolsó három karakter a vertikális látástávolság értéke 30 m-es (100 feet) egységekben.

Példa: **VV003** (jelentése: a vertikális látástávolság 300 láb).

Hőmérséklet és harmatpont

Kódforma: T'T'/T'dT'd

A hőmérsékletet és a harmatpontot egész fokban kell megadni, úgy, hogy 0,5 °C-ra végződő értékeket felfelé kerekítik és a negatív értékek elé M betű kerül.

Példa: **M09** (jelentése: -9,5 °C a hőmérséklet)

10/03 (jelentése: 9,5 °C a hőmérséklet, 3 °C a harmatpont)

Légnyomás – QNH

Kódforma: QP_HP_HP_HP_H

A QNH légnyomás értékét egészre kerekítve adjuk meg. A Q betűvel kezdődő csoport esetében a légnyomást 4 karakter hosszúságban szükséges megadni.

Példa: **Q0995** (jelentése: a QNH értéke 995,6 hPa)

¹² SKC (Sky clear): Felhőtlen égbolt.

¹³ NSC (Nil significant cloud): Szignifikáns felhőzet nincs.

A kiegészítő információk tartalmazzák az elmúlt időjárásra, szélnyírásra valamint a futópályák állapotára vonatkozó információkat.

2.1.2. SPECI

A SPECI távirat kiadására csak akkor kerül sor, amikor a repülőtér üzemeltetését befolyásoló időjárási jelenségek lépnek fel. Az alábbiakban meghatározták az ICAO Annex3/WMO Technical Regulations ajánlásai alapján a SPECI távirat kiadásának kritériumait (ICAO, 2013):

1. Ha a levegő hőmérséklete a legutóbbi észlelés óta 2 °C-ot vagy annál többet emelkedett.
2. Ha a szélirány változása legalább 60 fok és a szél erőssége a változás előtt vagy után eléri vagy meghaladja a szélsébség a 10 csomót.
3. Ha az átlagos szélereősség változása eléri vagy meghaladja a 10 csomót.
4. Ha az utoljára észlelt értékehez képest a lökések legalább 10 csomóval eltérnek, illetve az átlagos szélereősség a változás előtt vagy után eléri vagy meghaladja a 15 csomót.
5. Ha a látástávolság változása esetén átlépi a 800, 1500, 3000, 5000 m-es határt. (Az 5000 m-es határ azokra a repülőterekre vonatkozik, ahol a látvarepülés szerinti repülési szabályok is érvényben vannak.)
6. Ha a pályamenti látástávolság eléri vagy átlépi a 150, 350, 600 vagy 800 m-es határt.
7. Ha a szignifikáns időjárási csoportnál felsorolt jelenségek bekövetkeznek, vagy megszűnnek, vagy intenzitásuk változik:
8. Ha a felhőzet 450 m (1500 láb) alatti van és (SKC), FEW vagy SCT mennyiségről BKN vagy OVC mennyiségre változik.
9. Ha a felhőzet 450 m (1500 láb) alatti van és BKN vagy OVC mennyiségről SKC, FEW vagy SCT mennyiségre változik.
10. Ha BKN vagy OVC mennyiségű felhőzet alapja átlépi a 30, 60, 150, 300 vagy 450 m-es határokat (100,200,500,1000 vagy 1500 láb).
11. Ha függőleges látástávolság átlépi a 30, 60, 150 vagy 300 m-t (100, 200, 500 vagy 1000 láb).

2.1.3. TAF

A repülésmeteorológia TAF táviratokat meghatározott időben valamint időszakra kell kiadni, amely tartalmazza a talajszel, látástávolságot, aktuális időjárást, felhőzet jellemzőit, illetve e paraméterek egy- vagy több elemének szignifikáns változásait az időszak alatt. Az előrejelzések érvényességi ideje 9 és 24 óra között változik, így a 24 órára szóló előrejelzést 6 óra elteltével lépnek érvénybe a kiadástól számítva. A 9 órára szóló előrejelzéseket 3 óránként, míg a 12 és 24 óra időtartamra szóló előrejelzéseket 6 óránként kerülnek kiadásra (Sándor és Wantuch, 2005).

A TAF az alábbi információkat tartalmazza (2. ábra):

- kiadás helyének azonosítása,
- előrejelzés kiadásának időpontja,
- az előrejelzés érvényességi időszaka,
- talajszel,
- talajmenti látástávolság,
- jellemző időkép,
- felhőzet,
- várható szignifikáns változások.

TAF	CCCC	YYGGggZ	Y ₁ Y ₁ G ₁ G ₁ G ₂ G ₂	dddfGfmfm	KMH vagy KT vagy MPS
	VVVV vagy CAVOK	w'w' vagy NSW	N _s N _s N _s h _s h _s h _s vagy VVh _s h _s h _s vagy SKC (vagy NSC)		
	(6I _{ch} h _i h _i t _L)		(5B _h B _h B _h B _{tL})	PROBC ₂ C ₂	GGG _e G _e
	TTTT vagy TTGGgg	GGG _e G _e		TT _F T _F /G _F G _F Z	

2. ábra: A TAF távirat felépítése
(Forrás: Sándor és Wantuch, 2005)

Kódolási szabályok

TAF CCCC

A repülésmeteorológia távirat a TAF kódnévvel kezdődik, amelyet annak a repülőtéren a négy betűs ICAO azonosítója követ, amelyre az előrejelzés vonatkozik (*Location Indicators Doc. 7910, 2012*).

Az előrejelzés kiadásának időpontját jelző csoport

Kódforma: YYGGggZ

Az előrejelzés kiadásának napját és időpontját jeleníti meg UTC-ben, amelyet Z betű követ.

Az előrejelzés érvényességének időtartamát jelző csoport

Kódforma: Y₁Y₁G₁G₁G₂G₂

Az előrejelzés érvénybe lépésének napját, idejét, valamint az érvényesség befejező napját, idejét tüntetik fel UTC-ben, a távirat elején.

Példa: **TAF LHBP 140600Z 140716** (jelentése: Budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre a hónap 14. napján 06 UTC-kor kiadott, 14-én 07 UTC-16 UTC-ig érvényes). Természetesen a kiadási időpontok és az érvényességi idő változhat az egyes repülőtereken, amelyeket a következő táblázatokban tüntettem fel (**2-3-4. táblázat**):

2. táblázat: A TAF-ok kiadási időpontjai a budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren.
(Forrás: www.ogimet.com)

Kiadás időpontja (UTC)	Érvényesség kezdete (UTC)	Érvényesség vége (UTC)
05	06	06
11	12	12
17	18	18
23	00	24

Példa: **19015G27KT** (jelentése: 190 fokos irányból 15 csomós átlagszél mellett 27 csomós lökést észleltek).

Ha a szélirányt nem lehet pontosan előrejelezni, akkor a szél irányát változóként kódolhatjuk (VRB).

Példa: **VRB02KT**

Ha szélesség kisebb 1 KT-nál (2 km/h), akkor, **0000KT** jelölést alkalmazzák, mértékegységgel együtt.

Horizontális látástávolság

Kódforma: VVVV
vagy
CAVOK

A repülésmeteorológiai táviratban az értéket 50 m-es lépcsőkben adják meg, ha a látástávolság 800 m-nél kisebb. 800 m-nél nagyobb és 5000 m-nél kisebb látástávolságok esetén 100 m-es, míg az 5000 m-nél nagyobb, de 10 km-nél kisebb értékek esetén 1000 m-es lépésekben kell megadni a látástávolságot. A legkisebb látástávolság értéket kell megadni a táviratban, ha a látástávolság nem ugyanaz az eltérő irányokban.

Példa: **6000** (jelentése: az előrejelzett látástávolság 6 km).

Abban az esetben, ha 1500 m alatti felhőalappal vagy bármilyen más alappal Cb felhő várható, illetve az előrejelzett látástávolság 10 km és valamilyen időjárási jelenség is várható, akkor a látástávolság csoportban a 9999 kell feltüntetni.

Példa: **9999** (jelentése: a látástávolság 10 km, vagy fölötti).

A **CAVOK** kulcsszót kell alkalmazni, ha a látástávolság 10 km vagy nagyobb, nem várható felhőzet 1500 m (5000 feet) alatt, nincs Cumulonimbus felhőzet és nincs a jelenidő táblázatban feltüntetett időjárási jelenség.

Szignifikáns időjárás

Kódforma: w'w'
vagy
NSW

A várható szignifikáns időjárást a 4678-as WMO kódtábla alapján vannak meghatározva (WMO, 1988), és az alábbi jelenségek előfordulásának jelzésére kell korlátozódnia:

- ónos csapadék,
- túlhűlt köd,
- mérsékelt vagy erős intenzitású csapadék,
- alacsony szintű por-, homok- vagy hófúvás,
- por-, homok- vagy hófúvás,
- porvihar,
- homokvihar,
- szélroham,
- zivatar (csapadékkal vagy csapadék nélkül),
- felhőtölcsér,
- minden más olyan, ami a 4678-as WMO kódtáblázatban szereplő időjárási jelenség akkor, ha szignifikáns változást eredményezett a látástávolságban.

Abban az esetben, amikor a korábbi szignifikáns időjárási jelenség megszűnik, akkor az NSW¹⁴ (Nil Significant Weather) időkép csoportot kell feltüntetni.

Felhőzet vagy függőleges látástávolság

Kódforma: N_sN_sN_sh_sh_sh_s
vagy
VVh_sh_sh_s
vagy
SKC (vagy NSC)

A 6 karakterből álló felhőcsoport első 3 karaktere a felhőzet mennyiségét jelöli az alábbiak szerint:

1/8 – 2/8	-	FEW
3/8 – 4/8	-	SCT
5/8 – 7/8	-	BKN
8/8	-	OVC

¹⁴ NSW: Nil significant weather, Nincs szignifikáns időjárási jelenség.

Az utolsó 3 karakter a felhőalap magasságot adja meg 30 m-es (100 feet) egységekben 3000 m-ig. 3000 m felett 300 m-es (1000 feet) egységekben adják meg a felhőalap magasságát.

Ha a szinoptikus egynél több felhőrétegre vagy tömegre számít, akkor az alábbi szabályokat kell alkalmazni:

- A legalacsonyabb réteg, függetlenül a mennyiségtől (FEW, SCT, BKN vagy OVC).
- A második réteg, melynek mennyisége nagyobb, mint 2 okta felhőzet (SCT, BKN vagy OVC).
- A következő réteg, melynek a mennyisége nagyobb, mint 4 okta (BKN vagy OVC).
- Ha várható Cb felhő, de nem lett megjelölve a korábbi felhőcsoportoknál.

Függőleges látástávolság

Ha az égbolt elhomályosult és a felhőzet nem jelezhető előre, de a vertikális látástávolságról rendelkezésre állnak információk, akkor a függőleges látástávolságot kell feltüntetni a táviratban. A függőleges látástávolságot a következő szabály szerint adjuk meg: az 5 karakter hosszúságú csoportban, az első kettő karakter helyén VV áll, míg az utolsó három karakter a vertikális látástávolság értéke 30 m-es (100 feet) egységekben.

Példa: **VV003** (jelentése: a vertikális látástávolság 300 láb).

2.1.3.1. Időjárás-változást jelző csoportok

Ha az előrejelzendő időszak alatt szignifikáns változások várhatók a meteorológiai feltételekben, akkor ezt változásjelző csoportokkal szükséges jelezni.

Kódforma: **TTTT GGG_eG_e**
vagy
TTGG_gg

FMGGgg

Ha az előrejelző szignifikáns változást vár a meteorológiai viszonyokat leíró időjárási elemek mindegyikénél, azaz ha a változás előtti időpontra előrejelzett időjárástól eltérő feltételeket várnak a változás bekövetkezés után, akkor a TTGGgg csoportot alkalmazzuk **FMGGgg** formában, ahol az **FM** a "from" szó rövidítése, a GGgg pedig a változás időpontját adja meg UTC-ben, órában és percben kifejezve. Ha az FMGGgg csoportot alkalmazzuk, abban az esetben az adott csoport előtt megadott prognosztizált körülményt a csoport után jelzett állapotok hatálytalanítják és felváltják.

BECMG GGG_eG_e

Ha a meteorológiai elemek közül egy vagy több folyamatos változása várható, a **TTTT GGG_eG_e** csoportot használjuk **BECMG¹⁵ GGG_eG_e** formában, ahol a BECMG a „becoming” szó rövidítése, a GG és G_eG_e a változás kezdetének és végének idejét jelöli. Az előbbieken leírt periódus általában 2 óra, de nem haladhatja meg a 4 órát. A **BECMG GGG_eG_e** csoport után leírt állapotok a G_eG_e időponttól G₂G₂ időpontig uralkodnak, hacsak későbbi időponttal újabb változás nem várható. Ekkor a **BECMG GGG_eG_e** vagy az **FMGGgg** változási csoportok további készletét kell megjeleníteni. Abban az esetben, ha egy meteorológiai elemet nem jelenítettek meg a változást jelentő csoport után, akkor az továbbra is érvényes az adott elemnek a változási csoport előtt megadott állapota.

TEMPO GGG_eG_e

A **TEMPO¹⁶ GGG_eG_e** formájában az átmeneti ingadozásokat jelöli, ahol a TEMPO a „temporary” szó rövidítése, a GG és a G_eG_e az adott időszak kezdetét és végét jelöli. Olyan átmeneti meteorológiai állapotok előrejelzésére alkalmazható, amelyek minden esetben várhatóan egy óránál rövidebb ideig tartanak, és az együttes fellépések a GGG_eG_e-vel jelölt időhossz felénél kisebb részt fednek le.

¹⁵ BECMG (Becoming): Valamivé alakuló.

¹⁶ TEMPO (Temporary): Időnként.

PROBC₂C₂

A PROB¹⁷ rövidítés alkalmazásával kell jelezni a táviratban, az adott időjárási elem vagy elemek alternatív értékének előfordulási valószínűségét. A PROB rövidítés után áll a valószínűség 10%-os egysége, valamint ezt annak a periódusnak a jelölése követ, amely alatt az alternatív érték előfordulhat.

A PROB C₂C₂ változásjelző csoportot az előrejelzések során nem lehet együtt használni a BECMG vagy az FM csoportokkal.

2.1.3.2. Amended TAF

Ha az előrejelzés sikertelen lett, tehát a SPECI táviratok kiadására vonatkozó szignifikáns változások közül valamelyik bekövetkezett, úgy, hogy a TAF-ban ezt nem jelezték előre, akkor egy módosított táviratot kell kiadni. A módosított repülőtéri előrejelzés azonosítójaként a TAF helyén a TAF AMD¹⁸ rövidítést szükséges alkalmazni, valamint az eredeti TAF hátralévő időszakát le kell fednie.

2.1.4. Landing forecast

A METAR és SPECI távirathoz csatolni kell egy tendencia jellegű leszállási előrejelzést az adott repülőtérre. Az előrejelzésnek tartalmaznia kell az adott repülőtér időjárásában várható változásokat, amelynek az érvényességi ideje 2 óra. Az előrejelzések során a talajszél, látástávolság, jellemző időjárás és a felhőzeti viszonyok közül csak azt a paramétert vagy paramétereket kell feltüntetni, amelyeknek lényeges változása várható. Ha nem várható szignifikáns változás, akkor a NOSIG¹⁹ kifejezést kell feltüntetni a táviratban (*Sándor és Wantuch, 2005*).

¹⁷ PROB (Probability): Valószínűség.

¹⁸ AMD (Amended): Módosított.

¹⁹ NOSIG (No significant change): Lényeges változás nem várható.

3. Anyag és módszer

3.1. Felhasznált adatok

Az eljárás kidolgozásához és az általunk írt algoritmusok teszteléséhez a HungaroControl-nál futtatott WRF modell alapadatit, valamint az alapadatokra épülő utófeldolgozás adatait használtuk fel.

A WRF, egy nem hidrosztatikus, numerikus időjárás előrejelző modell (**3. ábra**), amelyet a NOAA²⁰, több kutatóintézettel együtt fejleszt, és operatív előrejelzésre alkalmaz [1–met.hu]. A modell légkörfizikai és parametrizációs valamint adatasszimilációs kutatásokra, illetve valós-idejű numerikus időjárás előrejelzési rendszerek vizsgálatára használható [2–elte.prompt.hu]. A modell legmeghatározóbb tulajdonsága, az, hogy az adatasszimilációs rendszer és a szoftver struktúra megkönnyíti az egész számítási rendszert, valamint, a meteorológiai alkalmazások széles körét, beleértve a mezoskálájú kutatásokat és előrejelzéseket, a szennyezőanyag terjedési modelleket, hurrikán prognosztizálást és a regionális klíma modellezést. A WRF-nek köszönhetően lehetővé válik, a légköri szimulációkon alapuló rendszer generálása, valós adatok (megfigyelés, analízis) vagy idealizált feltételek mellett. A modell az operatív előrejelzés és számításigény szempontjából hatékony felületet kínál, illetve hozzájárul a numerikus és adat asszimilációs fejlesztésekhez a kutatók által. (WMO, 1999). A WRF modellt operatíván alkalmazzák jelenleg a NCEP²¹ központban és az AFWA²² hatóságnál [3-wrf-model.org]. Hazánkban, a WRF modellt az Országos Meteorológiai Szolgálat, az ELTE Meteorológia Tanszéke az Időkép, a Metnet valamint a HungaroControl futtatja rendszeresen. Az automata TAF generáló rendszer megvalósításához és teszteléséhez a HungaroControl biztosította számunkra WRF modell alapadatit és az alapadatokra épülő utófeldolgozás adatait.

²⁰ NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration): Nemzeti Oceanográfiai és Légköri Hivatal.

²¹ NCEP (National Centers for Environmental Prediction): Nemzetközi Környezetvédelmi előrejelzési Központ.

²² AFWA (Air Force Weather Agency): Légierő Időjárási Hatósága.



3. ábra: A WRF3 felépítése és adatáramlási rendszere. Az ARW (Advanced Research WRF) kutatási célú WRF modell. Az NMM (Nonhydrostatic Mesoscale Model) nem hidrosztatikus mezoskálájú modell, amely a WRF operatív célokra fejlesztett változata. (Forrás: elte.pompt.hu)

A szélirány, a szélesség, szellőkés, látástávolság, jelenidő, felhőzet mennyisége, felhőalap magasság, Cb felhőzet, csapadékmennyiség és hőmérsékletre vonatkozó adatok a Budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan 2014.08.01. 00 UTC-től állnak rendelkezésünkre, amelyeknél minden nap 00 UTC és 12 UTC futások szerepelnek (4. ábra).

Az automata prognózis megvalósításához és az algoritmusok teszteléséhez C programot használtunk (Benkő et al., 1995), amelynek az előnye az, hogy UNIX és LINUX rendszer alatt is le lehet fordítani és futtatni [4-tutorialspoint.com].

orak:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
szeli:	200	200	200	170	150	150	160	180	190	190	190
szelseb:	01	01	01	01	02	02	01	02	03	04	05
szellok:	01	01	01	01	02	02	01	02	03	04	05
latas:	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
jelenido:	NSW	DZ	DZ	NSW	NSW	NSW	NSW	NSW	NSW	NSW	NSW
almenny:	OVC	OVC	NSC	NSC	NSC	NSC	NSC	NSC	NSC	BKN	OVC
alalap:	060	045	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	057	028
2retmenny:	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
3retmenny:	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
3retalap:	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
cb felho:	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
csapmenny:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hom:	4.8	4.2	3.4	3	2.2	2.4	3.6	5.5	7.2	8.5	9.4

4. ábra: A programba beolvasott alapadatok.

3.2. Az automatizálás módszertana

Az automatikus TAF generáló rendszer kidolgozására eddig még nem tettek kísérletet hazánkban, de több országban már évek óta, egy jól kidolgozott eljárások alapján eredményesen tudnak készíteni előrejelzéseket az automata TAF táviratok használatával. Azokon az állomásokon, ahol az automata TAF táviratokat tudják alkalmazni az előrejelzések során, ott a prognózis úgy készül, hogy az előrejelző az aktuális szinoptikus helyzet, a numerikus modellek, felszállási adatok valamint saját tapasztalata szerint megírja a TAF-ot és a rendszer is felkínálja a szinoptikus számára az automata TAF táviratot. Ezek alapján a meteorológus szakembernek döntést kell hoznia, hogy a következő 9 vagy 24 órára melyik táviratot fogja kiadni a repülőtérre. (*Jacobs és Maat 2004*). Lynn (*Lynn, 1997, Jacobs, 1998*) volt az, aki egy átfogó képet adott a TAF táviratok automatizálásának fejlődéséről. Számos TAF automatizáló rendszer működik a világon, amelyek fejlesztésében élen jár Németország, USA, Svédország és Finnország.

Az Austrocontrol-nál, az Osztrák légi forgalmi szolgálatnál az előrejelzők is egyaránt alkalmazzák az automata TAF generáló rendszert, többnyire iránymutatásként a szinoptikus szakember számára. Az alkalmazott rendszer alapján ellenőrizhető, hogy valóban eredményesen működik-e az automata TAF, így ez által megállapítható, hogy az előrejelzőkkel képesek-e felvenni a versenyt (*Mahringer, 2012*).

A DWD²³ a GMOS²⁴-t és az automata TAF táviratot (az ICAO szabályok szerint kódolt) adják ki. Egyértelműen kimutatható az eredményekből, hogy a GMOS és az automata TAF jobb előrejelzést mutatnak, mint az előrejelzésen alapuló perzisztencia. Azonban, ritkán előfordulnak olyan időjárási jelenségek (pl.: sűrű köd), amelyeket ezekkel a módszerekkel, kis valószínűséggel lehet ködként prognosztizálni, de a köd és a felhőalap előrejelzés eléri azt az értéket, amely meghaladja az ICAO követelményeket (80 %) (*Jacobs és Nietosvaara, 2005*).

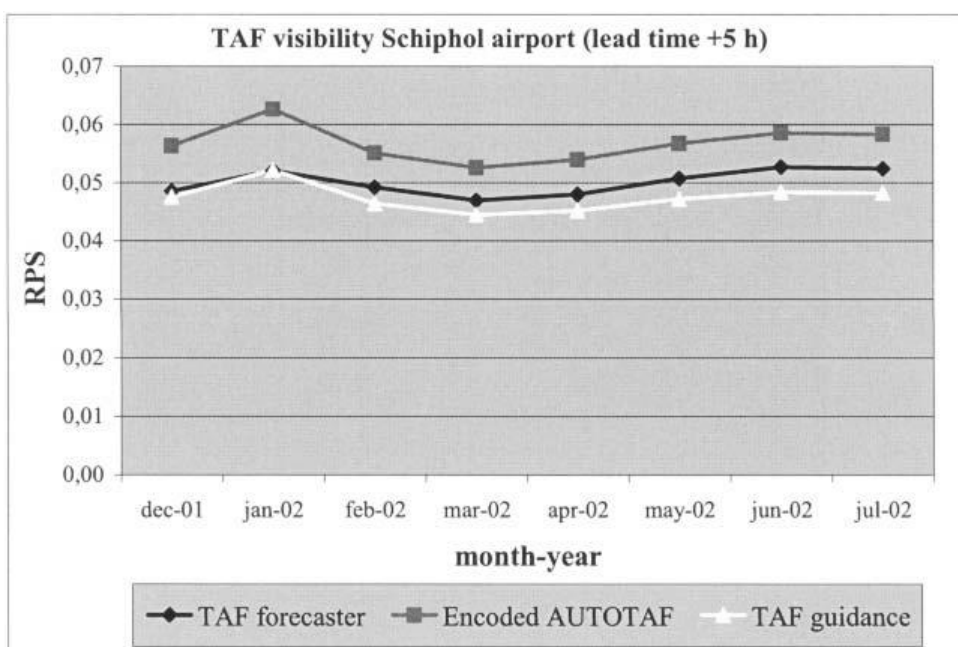
Az újabb tanulmányok szerint a numerikus módszerek előállításának támogatása a repülésmeteorológiai előrejelzések, az NWP²⁵ adatainak és megfigyeléseinek statisztikai és fizikai utófeldolgozásán alapul. (*Jacobs és Maat, 2004*). A táviratok az összes helyi specifikus előrejelzéshez szükséges információkat tartalmazzák a TAF-ok előállításához, annak érdekében, hogy a szinoptikust elősegítsék az előrejelzésben.

²³ DWD (Deutsche Wetterdienst): Német Meteorológiai Szolgálat.

²⁴ GMOS (Global Model Output Statistic): Model output statisztikán alapuló globális előrejelzés.

²⁵ NWP (Numerical Weather Prediction): Numerikus időjárás-előrejelzés.

A módszert, a világ más helyein is folyamatosan fejlesztik annak érdekében, hogy a repülőtéri TAF táviratok automatizálása megvalósuljon. (Lynn 1997, Kilpinen, 1994). A módszer a DMO²⁶ kombinációja, vagyis az NWP modellből előállított DMO utófeldolgozás és az MOS²⁷ (Glahn. és Lowry, 1972). Az AUTO TAF kidolgozására egy olyan szoftvert fejlesztettek, amely a Német Meteorológia szolgálat és az időjárás kutató központ (Meteo Service Weather Research) segítségével valósult meg (Knüppfer, 1997). A kiértékelés során a 2001. január és 2002. július közötti periódusban a látástávolságra vonatkozóan összehasonlították az AUTOTAF-ot a TAF (guidance) távirattal valamint az előrejelzők által készített TAF távirattal (5. ábra). Az eredmények azt mutatják, hogy az adott időszakban a három távirat közül a legmagasabb RPS²⁸ értékeket az AUTOTAF távirat produkálta.



5. ábra: Látástávolság kiértékelés
(Forrás: Jacobs és Maat, 2004)

A fentebb megemlített országok példájának alapján, arra következtethetünk, hogy az automata TAF táviratok eredményesen alkalmazhatók a repülőtereken és megbízható beválási eredményeket produkálnak, így ez által megkönnyítve a szinoptikusok munkáját. (Mahringer, 2008).

²⁶ DMO (Direct Model Output): Közvetlen kimeneti modell eredmények.

²⁷ MOS (Model Output Statistic): Kimeneti modell statisztika.

²⁸ RPS (Ranked probability skill score): Beválási érték.

Az általunk kidolgozott automata TAF generáló rendszernek szintén az célja, hogy a jövőben eredményesen hozzájáruljon a repülőtéri előrejelzések megbízhatóságának növekedéséhez, mivel egy automatikusan előállított előrejelzés nagy segítséget nyújthat a szinoptikus munkájához (*Wantuch és Szobonya, 2015*).

3.3. A program leírása, logikai felépítése

Az első részprogram a WRF modell alapadatait olvassa be, majd a már kidolgozott paraméterekre (szélirány, szélesség, széllokkés, látástávolság és jelenidő) vonatkozó algoritmusokat futtatja le. A beolvasás és futtatás után ha, nem jelez hibát a program, akkor a következő lépésként TAF táviratot generál külön file-ba. A kidolgozott módszerben a TAF táviratok jelenleg 24 órára szólnak, de ez módosítható. Az eljárás jelentősége, hogy bármikor elindítható és futtatható. Az automata TAF generáló rendszer úgy lett kialakítva, hogy a számítógép órájának megfelelően kiválasztja, hogy az adott időponttól következő órától, egy 24 órás érvényességi idejű TAF táviratokat generáljon le.

Példa: **AUTO TAF LHBP 222300Z 2300/2400 32004KT 9999 NSW TEMPO 2316/2318 02025G35KT=**

Természetesen, olyan beállításokat is kivitelezünk, amely megvizsgálja a futtatás során, hogy az év melyik napján vagyunk (**függelék, 2. táblázat**). Így ennek megfelelően a hónap átlépések (28, 30, 31 napos hónapok), valamint a szökőévek esetén (29 napos hónapok) a letesztelt naptárfunkciónak köszönhetően, az előírásoknak megfelelő távirat kerül legenerálásra.

A meteorológiai szakemberek által kiadott (módosított repülőtéri előrejelzés) Amended TAF-ok, az automata TAF generáló rendszerrel egyaránt kivitelezhetők.

A modell alapadatai 2014. 08. 01. 00 UTC-től kezdődően, a 00 UTC és 12 UTC futtatásai elérhetőek, amelyekből a program legenerálja a TAF táviratot a Budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre. Természetesen más repülőterekre is lehet alkalmazni a kidolgozott módszert, a megfelelő φ (földrajzi szélesség) és λ (földrajzi hosszúság) földrajzi koordináták beállításával.

3.4. A módszer bemutatása, szabályok, definíciók

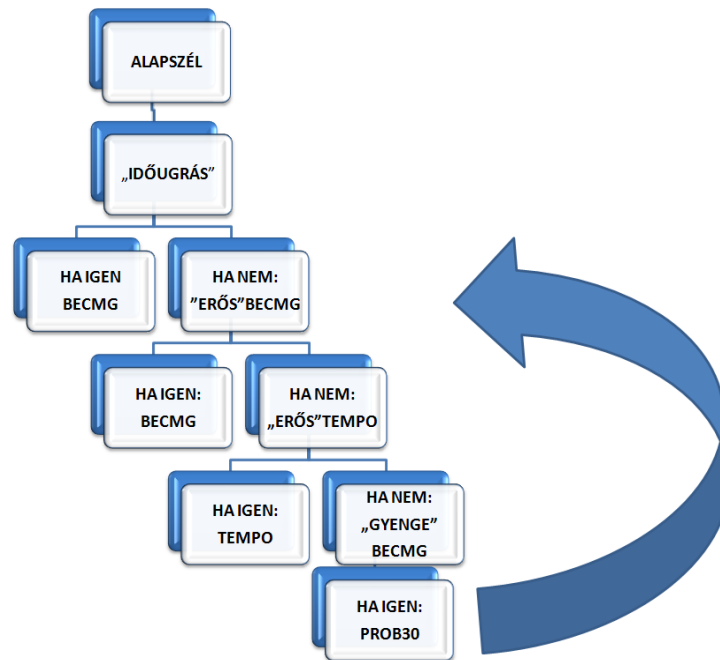
Az automata TAF táviratok generálásánál a kiindulási alapadatot, úgy határoztuk meg, hogy ha nincs szignifikáns eltérés és változást jelentő csoport a szélirány, szélesebesség, széllökés és látástávolságra vonatkozóan, akkor az általunk meghatározott szabályok szerint az első négy értéket átlagolja, és ez kerül bele a táviratba. A jelenidő esetében, ha nincs szignifikáns időjárési jelenség, akkor NSW lesz az automata TAF táviratban. (*Wantuch és Szobonya, 2015*).

A szélkiértékelés során az algoritmusokat a következő szabályok szerint kerültek kialakításra:

Szélirány, szélesebesség

- Alapszél kiírása: a kiinduló értéket írja ki vagy az első 4 óra szélesebesség átlagát (ez utóbbit akkor, ha a kezdő széladatok szórása nagy, vagy ha nagyon hasonló az első három széladat).
- 0 KT kerül kiírásra, ha a szélesebesség 24 órás időtartam alatt 0 csomós.
- VRB03KT kerül kiírásra, ha a szélirány a 24 órás időtartam alatt kisebb, mint 3 csomó.
- Ha a szélesebesség 4 KT és 10 KT közé esik, valamint a szélirány eltérés 60 foknál nagyobb, akkor az általunk kialakított szabály és módszer szerint a 360 fokot 8 részre osztottuk fel, és amelyikbe a legtöbb esik, azoknak az átlagos értéket fogja megadni.

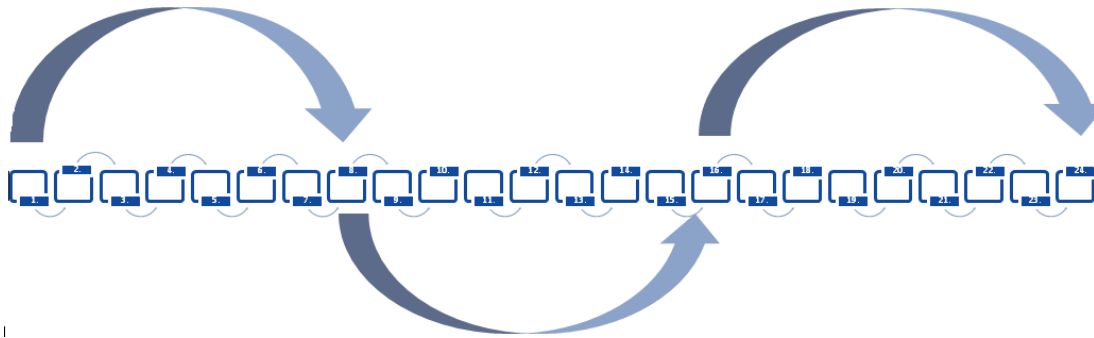
A szélkiértékelés során az algoritmusok úgy lettek kialakítva, hogy a változásjelző csoportok (BECMG, TEMPO) között és az egyéb, általunk meghatározott szabályok és definíciók között ne legyen időbeli átfedés (**6. ábra**).



6 ábra: Döntési fa a változásjelző csoportok meghatározására.

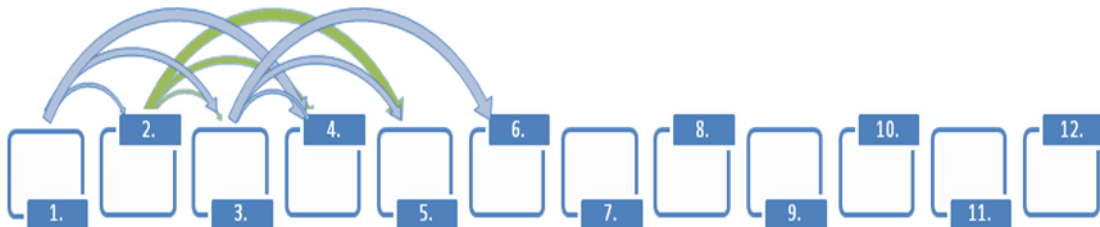
A BECMG és TEMPO változásjelző csoportok esetében először megvizsgáltuk, hogy folyamatos változás van-e. Így, ennek megfelelően a program futtatása során a „durvább” elemzéstől a finomabb vizsgálatig haladunk:

- „*Időugrásos*” BECMG: a kiinduló értéktől számítva minden, pl.: minden 8. értéket megvizsgálja a program. Ha az óránkénti adatok között szignifikáns eltérés van (szélirány 60 foknál nagyobb és szélesség 10 KT vagy nagyobb), akkor megvizsgálja az eggyel előtte illetve utána található értéket. A táviratban az aktuális 8-as csoportból a 3. (i + 3) időponttól fog kezdődni a változásjelző csoport és a (i + 8) 8. értéket fogja a TAF táviratba kiírni (**7. ábra**). Ez a vizsgálat azért jelentős, mert a 24 órás TAF kezdőidőpontjától a végéig egész nagy, de ugyanakkor fokozatos, lassú változások is bekövetkezhetnek a szélirány és szélesség értékekben. A kialakított algoritmus szerint, meghatározott időintervallumban tudjuk lefedni és meg tudjuk vizsgálni a fellépő szignifikáns változásokat.

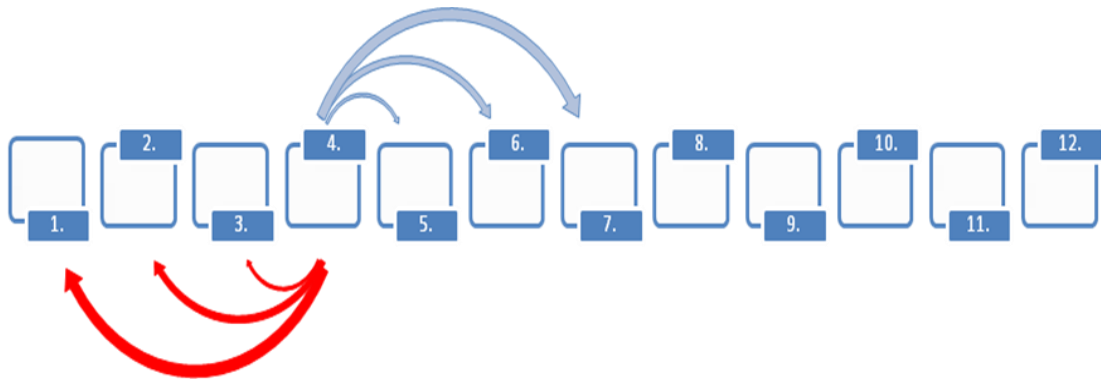


7. ábra: „Időugrásos” BECMG

- „Erős” BECMG: ha szignifikáns változás a kezdő időponttól kezdve fennáll, akkor csak óránként, tehát időben előre három érték között nézi meg, hogy van-e szignifikáns változás (szélirány eltérés 60 foknál nagyobb és szélesség 10 KT vagy nagyobb). Ekkor a TAF táviratba a 3. (i + 3) értéket fogja kiírni (8. ábra).



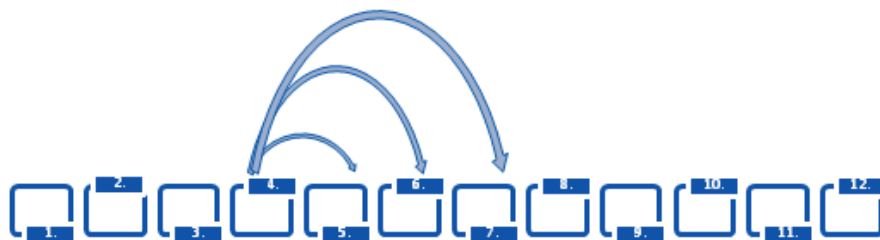
8. ábra: „Erős” BECMG a távirat kezdőpontjától kiindulva.



9. ábra: „Erős” BECMG a 4. órától fennálló változás

Ha a szignifikáns változás nem áll fenn a kezdődőponttól, hanem csak a 4. órától, akkor a program az aktuális vagy kezdődőponttól visszafelé és előre is megnézi a három érték között, hogy van-e szignifikáns változás (szélirány eltérés 60 foknál nagyobb és szélesség 10 KT vagy nagyobb). Ekkor úgy határoztuk meg a szabályokat, hogy a TAF táviratba a 3. $(i + 3)$ értéket fogja kiírni. Ebben az esetben az algoritmust úgy alakítottuk ki, hogy visszafelé nem, de előre teljesüljön a szignifikáns eltérés a vizsgált 3 érték között (**9. ábra**).

- „Erős” TEMPO: a program megvizsgálja, hogy három egymást követő érték között szignifikáns eltérés van-e (szélirány eltérés 60 foknál nagyobb és szélesség 10 KT vagy nagyobb). Ha fennáll a változás, akkor a 24 órás adatsort átlagoljuk és megnézi, hogy mennyire tér el a három szignifikáns értéktől. Amelyiknél a legnagyobb az eltérés a 24 órás adatsorhoz képest, annak azt az értékét fogja a táviratba kiírni. Ebben az esetben visszafelé nem, csak időben előre vizsgálja a program a változásokat (**10. ábra**).



10. ábra: „Erős” Tempo

- „Erős Ugrás” függvény definíciója: ha az egyik vagy másik szélesség érték 10 KT vagy nagyobb, a szélirány 60 foknál nagyobb, akkor ezt a függvényt alkalmazza a program. Nyilván erre csak az erős BECMG és erős TEMPO változást jelző csoportok esetében kerül sor.
- „Gyenge” BECMG: ha szignifikáns változás a kezdő időponttól kezdve fennáll, akkor csak óránként, időben előre három érték között nézi meg, hogy van-e szignifikáns változás (szélirány eltérés 60 foknál nagyobb, vagy a szélesség 10 KT-nál nagyobb). Ekkor a TAF táviratba a 3.(i + 3) értéket fogja kiírni. Ha a szignifikáns változás nem áll fenn a kezdőidőponttól, hanem csak a 3. órától, akkor a program az aktuális vagy kezdőidőponttól visszafelé és előre is megnézi a három érték között, hogy van-e szignifikáns változás (szélirány eltérés 60 foknál nagyobb vagy a szélesség 10 KT nagyobb). Ekkor a TAF táviratba a 3.(i + 3) szignifikánsan eltérő értéket fogja kiírni. Ebben az esetben az algoritmust úgy határoztuk meg, hogy visszafelé nem, de előre teljesüljön a szignifikáns eltérés a 3 érték között.
- „Gyenge” TEMPO: a program megvizsgálja, hogy három egymást követő érték közül egy vagy kettő szignifikáns eltérés van-e a „gyenge ugrás” függvény alapján. Ha fennáll a változás, akkor a 24 órás adatsort átlagoljuk és megnézi, hogy mennyire tér el a három értéktől. Amelyiknél a legnagyobb az eltérés a 24 órás adatsorhoz képest, annak az értékét fogja a táviratba kiírni. Ebben az esetben visszafelé nem, csak időben előre vizsgálja a program a változásokat.
- „Gyenge Ugrás” függvény definíciója: Ha a szélesség érték 10 KT vagy nagyobb, vagy a szélirány esetében az eltérés 60 fok vagy nagyobb, akkor ezt a függvényt alkalmazza a program, de csak a gyenge BECMG és gyenge TEMPO változást jelző csoportok esetében kerül sor erre a függvényhasználatra.
- „Ugraserős” elnevezésű függvény definíciója: ha az egyik vagy másik szélesség érték 10 KT vagy nagyobb és a szélirány esetében az eltérés 60 fok vagy több, akkor ezt a függvényt alkalmazza a program, de csak az erős BECMG és erős TEMPO változást jelző csoportok esetében. Ebben az esetben, ahol a szignifikáns eltérés van, ott az eggyel előtte illetve az eggyel utána lévő értékeket is összehasonlítja a program.

Például a programban Gyenge TEMPO a PROB30 valószínűségi csoporttal egyenértékűnek határoztuk meg úgy, hogy 60 fok vagy nagyobb eltérés legyen a szélirány esetében vagy legalább 10 KT eltérés álljon fenn a szélesebségnél. Ez az eljárás csak akkor valósul meg, ha az egymást követő három órában valamelyik feltétel teljesül.

Széllokés: A táviratban akkor lesz a lökésesség kiírva, ha az átlagszelet 10 KT-val meghaladja a széllokés, vagy ha a szél erőssége eléri vagy átlépi azt az értéket, amikor már biztosan tartozik hozzá széllokés.

Látástávolság: A WRF modell alapadataiban található látástávolság értékekre határoztuk meg következő kategóriákat, az ICAO szabályozás szerint:

1. Ha végig 10 km feletti a látástávolság, akkor a táviratba CAVOK kerül,
2. ha a 4999 m < és < 9999 m közé esik, a legtöbb érték akkor ezeket átlagoljuk,
3. ha a 2999 m < és < 4999 m közé esik, a legtöbb érték akkor ezeket átlagoljuk,
4. ha a 1499 m < és < 2999 m közé esik, a legtöbb érték akkor ezeket átlagoljuk,
5. ha a 799 m < és < 1499 m közé esik, a legtöbb érték akkor ezeket átlagoljuk,
6. ha az 599 m < és < 799 m közé esik, a legtöbb érték akkor ezeket átlagoljuk,
7. ha a 349 m < és < 599 m közé esik, a legtöbb érték akkor ezeket átlagoljuk,
8. ha a 149 m < és < 349 m közé esik, a legtöbb érték akkor ezeket átlagoljuk,
9. ha 149 m > akkor átlagoljuk.

A fentebb leírt módszer alapján, a kapott átlagokat további kategóriába soroljuk a következő eljárás alapján:

- Ha a kapott átlag $999 \text{ m} < \text{és} < 9999 \text{ m}$, akkor a program módosításainak megfelelően osztjuk, majd szorozzuk 1000-rel,
- ha a kapott átlag $99 < \text{és} < 1000$, akkor a program módosításainak megfelelően hozzáadunk, 50-et és osztjuk, majd szorozzuk 10-zel,
- ha az átlag $2500 <$, akkor az átlaghoz 500-at hozzáadunk,
- ha a kapott átlag $1999 < \text{és} < 4999$, akkor a táviratban 3000 m kerül kiírásra,
- ha a kapott átlag $1299 < \text{és} < 2000$, akkor a táviratban 1500 m kerül kiírásra,
- ha a kapott átlag $699 < \text{és} < 1300$, akkor a táviratban 800 m kerül kiírásra,
- ha a kapott átlag $499 < \text{és} < 700$, akkor a táviratban 600 m kerül kiírásra,
- ha a kapott átlag $249 < \text{és} < 500$, akkor a táviratban 300 m kerül kiírásra,
- ha a kapott átlag $250 >$, akkor a táviratban 150 m kerül kiírásra.

A látástávolság kiértékelés során is az algoritmusok a korábbi meteorológiai paraméterekhez hasonlóan úgy lettek kialakítva, hogy a változásjelző csoportok (BECMG, TEMPO) között és az egyéb, általunk meghatározott szabályok és definíciók között szintén ne legyen időbeli átfedés:

- „Erős” látás BECMG: ha szignifikáns változás a kezdő időponttól kezdve fennáll, akkor óránként, csak időben előre három érték között nézi meg, hogy van-e szignifikáns változás (ha az egymást követő értékek fentebb meghatározott kategóriák alapján nem ugyanabba esnek). Ekkor a TAF táviratba a $3.(i + 3)$ értéket fogja kiírni.

Ha a szignifikáns változás nem áll fenn a kezdőidőponttól, hanem csak a 3. órától, akkor a program az aktuális vagy kezdőidőponttól visszafelé és előre is megnézi a három érték között, hogy van-e szignifikáns változás (ha az egymást követő értékek fentebb meghatározott kategóriák alapján nem ugyanabba esnek). Ekkor a TAF táviratba a $3.(i + 3)$ szignifikánsan eltérő értéket fogja kiírni. Ebben az esetben az algoritmust úgy határoztuk meg, hogy visszafelé nem, de előre teljesüljön a szignifikáns eltérés a 3 érték között.

- *„Erős” látás TEMPO:* a program a 24 órás adatsorban megnézi, hogy a vizsgált három egymást követő érték közül kettő vagy három szignifikáns eltérés van-e (ha az egymást követő értékek fentebb meghatározott látástávolság kategóriák alapján nem ugyanabba esnek a vizsgált értékek). Ha fennáll a változás, akkor a 24 órás adatsort átlagolja és megnézi, hogy a három érték közül melyik tér el a legjobban az átlagtól. Amelyiknél a legnagyobb az eltérés a 24 órás adatsorhoz képest, annak az értékét fogja a táviratba kiírni. Ebben az esetben visszafelé nem csak időben előre vizsgálja a program a változásokat. A vizsgálat során arra is készült algoritmus, ha kettő változásjelző csoport összeér. Ez esetben, ha a TEMPO több mint 5 órára van kiadva, akkor a kettő csoport közül a két szignifikánsan eltérő érték átlagát írja ki a TAF táviratba.
- *„Gyenge” látás TEMPO:* a program megvizsgálja, hogy három egymást követő érték közül egy szignifikáns eltérés van-e (ha az egymást követő értékek fentebb meghatározott látástávolság kategóriák alapján nem ugyanabba esnek). Ha fennáll a változás, akkor a 24 órás adatsort átlagoljuk és megnézi, hogy mennyire tér el a három értéktől. Amelyiknél a legnagyobb az eltérés a 24 órás adatsorhoz képest, annak az értékét fogja a táviratba kiírni. Ebben az esetben visszafelé nem, csak időben előre vizsgálja a program a változásokat.
- *„Ugraslateros” függvény:* ha az egyik vagy másik vizsgált látástávolság érték fentebb meghatározott látástávolság kategóriák alapján nem ugyanabba a kategóriába esik, akkor ezt a függvényt alkalmazza a program, de csak az erős BECMG és erős TEMPO változást jelző csoportok esetében. Ebben az esetben, ahol a szignifikáns eltérés van, ott az eggyel előtte, illetve az eggyel utána lévő értékeket is összehasonlítja annak érdekében, hogy meg tudja állapítani, hogy valóban az adott változási csoport használata indokolt-e.

Jelenidő

A jelenidőnél a WRF modell alapadatai, valamint az alapadatokra épülő utófeldolgozás adataiban az FG, -DZ, DZ, -RA, RA, SHRA, TSRA, RASN, -SN, SN, FZRA, FZDZ és NSW jelenidőket különböztet meg (**függelék, 1. táblázat**). Az általunk írt programunkban a felsorolt jelenidő csoportokon kívül újabb jelenidőket tudunk bevezetni, amit a program is sikeresen le tud generálni a következő szabályok szerint:

- Ha a látástávolság 5000 m-nél kisebb a 24 órás adatsorban és a WRF modell nem ad semmilyen jelenidőt, akkor BR kerül kiíratásra.
- Ha a látástávolság 900 m és 1200 m közé esik, a 24 órás adatsorban végig, és a WRF modell nem ad semmilyen jelenidőt, akkor BCFG kerül kiíratásra.
- Ha a látástávolság 1000 m-nél kisebb, valamint a hőmérséklet 0°C alatt van a 24 órás adatsorban és a WRF modell nem ad semmilyen jelenidőt, akkor FZFG kerül kiíratásra.

További döntéseket határoztunk meg annak érdekében, hogy a program által vizsgált 24 órás adatsorban, minden jelenidő csoportot sikeresen legeneráljon a program. Ha a program által vizsgált 24 órás adatsorban bármelyik vizsgált 3 adat közül egy NSW van, akkor a következő utasításokat keresztül vizsgálja meg az adatokat:

- Ha a 2. és 3. ugyanaz a jelenidő valamint a 2. és az 1. nem egyezik meg és a 2. adat nem NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba a 2. adatot írja ki.
- Ha az 1. és 3. ugyanaz a jelenidő valamint a 2. és az 1. nem egyezik meg és a 2. adat NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba az 1. adatot írja ki.
- Ha az 1. és a 2. ugyanaz a jelenidő valamint a 3. és az 1. nem egyezik meg és a 2. adat nem NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba az 1. adatot írja ki.
- Ha az 1. és a 2. ugyanaz a jelenidő valamint a 2. és a 3. nem egyezik meg és a 3. adat nem NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba a 3. adatot írja ki.
- Ha az 1. és 3. ugyanaz a jelenidő valamint a 2. és a 3. nem egyezik meg és a 2. adat nem NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba a 2. adatot írja ki.
- Ha a 2. és a 3. ugyanaz a jelenidő valamint az 1. és 2. nem egyezik meg és az 1. nem NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba a 1. adatot írja ki.

- Ha az 1. és 2, a 2. és a 3, valamint az 1. és 3. jelenidő sem egyezik meg egymással és a 3. adat NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba a 2. adatot írja ki.
- Ha az 1. és 2, a 2. és a 3, valamint az 1. és 3. jelenidő sem egyezik meg egymással és a 2. adat NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba a 3. adatot írja ki.
- Ha az 1. és 2, a 2. és a 3, valamint az 1. és 3. jelenidő sem egyezik meg egymással és az 1. adat NSW, akkor az alapjelenidőnek a TAF-ba a 3. adatot írja ki.

A TAF kezdő/alap jelenidő értékét a következők szerint definiáltuk:

- Ha az 1. és 2, a 2. és a 3, valamint az 1. és 3. jelenidő sem egyezik meg egymással, és az 1. a 2. illetve a 3. adat sem NSW, akkor a táviratba bármelyik jelenidő kiíratásra kerülhet.
- Ha az 1. jelenidő TSRA, –TSRA, +TSRA vagy TS, akkor a TAF táviratba az 1. adat kerül kiíratásra.
- Ha az 2. jelenidő TSRA, –TSRA, +TSRA vagy TS, akkor a TAF táviratba az 2. adat kerül kiíratásra.
- Ha az 3. jelenidő TSRA, –TSRA, +TSRA vagy TS, akkor a TAF táviratba az 3. adat kerül kiíratásra.

A következőkben a CAVOK szabályát határoztuk meg:

- Ha a 24 órás adatsorban bármelyik három értéket megvizsgálja és mindhárom NSW és,
- egyik sem Cb felhőzet és,
- a látástávolság értékek 9000 m-nél nagyobbak és,
- a felhőalap 1500 m felett van (ez a kritérium csak a további kidolgozás során fog teljesülni), akkor a táviratba a CAVOK kerüljön kiíratásra.

A változásjelző csoportok a következő szabályok szerint lettek kialakítva:

- „Ugrjel” függvény: 5 jelenidő csoportot különítünk el az általunk kialakított szabályok szerint, amelyek a változásjelző csoportokban („Időugrásos” BECMG, „Erős” BECMG, TEMPO) kerülnek alkalmazásra (**függelék, 3. táblázat**):

1. Ha a 24 órás adatsorban az egyik TSRA, -TSRA, +TSRA, TS, -TS, +TS, TSSN, -TSSN, vagy +TSSN és az utána lévő jelenidő bármelyike szintén TSRA, -TSRA, +TSRA, TS, -TS, +TS, TSSN, -TSSN, vagy +TSSN, akkor ezek közül a jelenidők közül bármelyik kiíratásra kerülhet az automata TAF táviratba.
 2. Ha a 24 órás adatsorban az egyik BR vagy HZ és az utána lévő jelenidő bármelyike szintén BR vagy HZ, akkor ezek közül a jelenidők közül bármelyik kiíratásra kerülhet az automata TAF táviratba.
 3. Ha a 24 órás adatsorban intenzitásbeli különbségek állnak fenn és az egyik jelenidő -RA, -SN, -DZ, -RASN, -SNRA, -SHRA, vagy -SHSN és az utána lévő jelenidő bármelyike RA, SN, DZ, RASN, SNRA, SHRA, SHSN, +RA, +SN, +DZ, +RASN, +SNRA, +SHRA, vagy +SHSN, akkor a felsorolt jelenidők közül bármelyik kiíratásra kerülhet az automata TAF táviratba.
 4. Ha a 24 órás adatsorban az egyik RA, -RA, +RA, SHRA, -SHRA, +SHRA, DZ vagy -DZ és az utána lévő jelenidő bármelyike SNRA, +SNRA, SN, +SN, RASN, +RASN, FZRA, +FZRA, FZDZ, vagy +FZDZ, akkor a felsorolt jelenidők közül bármelyik kiíratásra kerülhet az automata TAF táviratba.
 5. Ha a 24 órás adatsorban a vertikális látástávolságok közül egyik VV001, VV002, VV003 vagy VV/// és az utána lévő jelenidő bármelyike szintén VV001, VV002, VV003 vagy VV, akkor a felsorolt függőleges látástávolságok közül bármelyik kiíratásra kerülhet az automata TAF táviratba.
- „*Időugrásos*” *BECMG*: Az előző „ugrjel” függvényt alkalmazza a program ennél a változásjelző csoportnál. Ebben az esetben, időben előre, a kiinduló értéktől számítva például minden 8. értéket vizsgálja a program. (Ezt az értéket tetszőlegesen növelhetjük, vagy csökkenthetjük). Ha ezek között szignifikáns eltérés van (az egymást követő jelenidők nem esnek ugyanabba a kategóriába, vagyis az előzőekben felsorolt csoportok (5 csoport) nem egyeznek az „ugrjel” függvény esetében), akkor megvizsgálja az eggyel előtte illetve utána lévő értéket. A táviratban az aktuális 8-as csoportból a 3. (i + 3) időponttól fog kezdődni a változásjelző csoport és a (i + 5) 8. szignifikánsan eltérő értéket fogja a TAF táviratba kiírni. Ez a vizsgálat azért jelentős, mert a 24 órás TAF kezdőidőpontjától a végéig egész nagy, de ugyanakkor fokozatos, lassú változások is

bekövetkezhetnek. Az így kialakított algoritmus szerint, meghatározott időintervallumban tudjuk lefedni és megvizsgálni a fellépő szignifikáns változásokat.

- „Erős” *BECMG*: ha szignifikáns változás a kezdő időponttól kezdve fennáll, akkor óránként, csak időben előre három érték között nézi meg, hogy van-e szignifikáns változás (az egymást követő jelenidők nem esnek ugyanabba a kategóriába, vagyis az előzőekben felsorolt csoportok (5 csoport) nem egyeznek az „ugrjel” függvény esetében). Ekkor a TAF táviratba a $3.(i + 3)$ értéket fogja kiírni. Kivéve, ha az $i + 1.$, $i + 2.$, $i + 4.$ vagy $i + 5$ adat RA, +RA, SHSN, +SHSN, SN, +SN, SHRA, +SHRA, RASN, +RASN, SNRA vagy +SNRA, akkor az $i + 1.$, $i + 2.$, $i + 4.$ vagy $i + 5.$ értéket fogja kiírni a táviratba. Abban az esetben, ha az $i + 1.$, $i + 2.$, $i + 4.$ vagy $i + 5$ adat TSRA, +TSRA, -TSRA TS, -TS vagy TSSN, akkor az $i + 1.$, $i + 2.$, $i + 4.$ vagy $i + 5$ értéket fogja kiírni a táviratba.

Ha a szignifikáns változás nem áll fenn a kezdőidőponttól, hanem csak a 3. órától, akkor a program a kezdőidőponttól visszafelé és előre is megnézi a három érték között, hogy van-e szignifikáns változás (az egymást követő jelenidők nem esnek ugyanabba a kategóriába, vagyis az előzőekben felsorolt csoportok (5 csoport) nem egyeznek az „ugrjel” függvény esetében). Ekkor a TAF táviratba a $3.(i + 3)$ értéket fogja kiírni. Kivéve, ha az $i + 1.$, $i + 2.$, $i + 4.$ vagy $i + 5$ adat RA, +RA, SHSN, +SHSN, SN, +SN, SHRA, +SHRA, RASN, +RASN, SNRA vagy +SNRA, akkor az $i + 1.$ vagy az $i + 2.$, helyen lévő értéket fogja kiírni a táviratba. Abban az esetben, ha az $i + 1.$, vagy $i + 2.$, adat TSRA, +TSRA, -TSRA TS, -TS vagy TSSN, akkor az $i + 1.$, vagy $i + 2.$, értéket fogja kiírni a táviratba. Az algoritmus úgy lett kialakítva, hogy visszafelé nem, de időben előre teljesüljön a szignifikáns eltérés a vizsgált 3 érték között.

- „Erős” *TEMPO*”: a program óránként, időben előre megvizsgálja, hogy három egymást követő érték között szignifikáns eltérés van-e (az egymást követő jelenidők nem esnek ugyanabba a kategóriába, vagyis az előzőekben felsorolt csoportok (5 csoport) nem egyeznek az „ugrjel” függvény esetében). Ebben az esetben visszafelé nem, csak időben előre vizsgálja a program a szignifikáns változásokat

Időbeli átfedés elkerülése végett hozott döntések, konklúzió

A definíciók kialakításakor, majd a program futtatásakor több olyan hiba merült fel, amelyeknél a, szignifikáns változásokra írt szabályok átfedték egymást. Ezeket a hibákat az eltérő időpontoktól indított TAF táviratok legenerálása során, tehát a tesztelések alkalmával tapasztaltuk. Így a fentebb ismertetett definíciók úgy lettek kialakítva a szélirány, szélesebesség, szélleőkés, látástávolság és a jelenidőre vonatkozóan, hogy a változásjelző csoportok között ne legyen időbeli átfedés, így ezek kiküszöbölésére a következő feladatokat hajtja végre a program:

1. Ha a 24 órás adatsorban előfordulna, olyan eset, amelynél az „időugrásos” és az „erős” BECMG is teljesülne, akkor először a nagyobb ugrásokkal vizsgálja végig az adatsort és az „erős” BECMG-ot nem veszi figyelembe, így az automata TAF táviratba a BECMG kerül kiíratásra.
2. Ha a 24 órás adatsorban előfordulna, olyan eset, amelynél „erős” és a „gyenge” BECMG is teljesülne, akkor csak az „erős” BECMG szabályát veszi figyelembe és a táviratba a BECMG kerül kiíratásra.
3. Ha a 24 órás adatsorban előfordulna, olyan eset, amelynél „erős” és a „gyenge” TEMPO is teljesülne, akkor csak az „erős” TEMPO szabályát veszi figyelembe és a táviratba a TEMPO kerül kiíratásra.

A változásjelző csoportok közül először a BECMG kerül kiértékelésre. A program egy vektorban tartja nyilván a lefedett időszakot, így megelőzhetjük azt, hogy ugyanarra az időszakra és elemre egyidejűleg BECMG és TEMPO is fennálljon.

Az eddig megvalósított meteorológiai paraméterekre írt algoritmusok és a definíciók felhasználásával, valamint az átfedések elkerülésére alkalmazott szabályoknak köszönhetően és a további tesztelések során tapasztaltak alapján a megfelelő TAF távirat kerül kiíratásra a file-ba.

Európa több országában már hosszabb ideje alkalmaznak hasonló eljárásokat, de a szakirodalomban a témához szorosan kapcsolódó módszereket nemigen publikálnak, csak néhány eredményről tesznek említést [5-lcrs.geographie.uni-marburg.de].

A fentebb ismertetett, és az általunk kialakított módszerek és algoritmusok alapján legenerált automata TAF táviratok beválásának eredményeit szeretném a következő fejezetekben ismertetni.

4. Verifikáció

A következőkben az automata TAF generáló program verifikációs eredményeit mutatom be. A szélirány, szélesség, szélsebesség, látástávolság valamint a jelenidő kódolását vizsgálom a Magyar Honvédségnél is operatíván működő verifikációs programmal.

Az táviratok kiértékelésére alkalmazott program képes az egyedi előrejelzések számszerű értékelésére. A dolgozatban a meteorológus szakemberek által készített TAF és a METAR valamint az automata TAF és METAR táviratok összehasonlítására használtam a programot. A verifikációhoz kidolgozott eljárás először archiválja a METAR és a TAF táviratokat (*Potor, 2009*). A program a meteorológiai paramétereket különválogatja, majd az adott időszakra kiválasztott TAF távirathoz hozzárendeli a METAR távirat értékeit. A verifikáció során a program ellenőrzi a változásjelző csoportok érvényességi idejét, illetve az esetleges hibákat, elírásokat. Az időjárás-jelentő és az előrejelző táviratok esetében karakterenként olvassa be a sorokat, majd elkülöníti őket és összegyűjti a meteorológiai elemeket. A kiértékelt adatokat úgy kapjuk, meg hogy a program félóránként összeveti a TAF táviratban található értékeket a METAR táviratokéval, így az eljárásnak köszönhetően előállíthatjuk a beválási mutatókat (*Wantuch és Potor, 2009*).

A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren naponta 4 hosszabb, 24 órás érvényességi idejű TAF táviratot adnak ki. (*Farkas, 2004*). A repülőtérre vonatkozóan 2014. 08. 01. 00 UTC-től állnak rendelkezésünkre adatok, így az általunk legenerált TAF táviratok összehasonlításra kerülnek repülőtéri előrejelzésekkel, így ettől az időszaktól kezdődően vizsgáltuk és értékeltük ki az egyes meteorológiai paramétereket.

Elsőként egy hosszabb időszakot, a 2014-es év augusztusában készült és minden nap 06 UTC-kor kiadott előrejelzések eredményeit mutatom be. Ezt követően a 2014. 10. 22. - én kiadott 4 hosszú, 24 órás érvényességi idejű TAF-okat értékeltem ki. A vizsgálat célja, hogy összehasonlítsam a meteorológus szakemberek valamint az automata TAF táviratok előrejelzéseinek beválását. Olyan esetet választottam, amikor az egyes meteorológiai paraméterek esetében határozott szignifikáns változások álltak fenn.

4.1. 2014 augusztusában készített előrejelzések kiértékelése

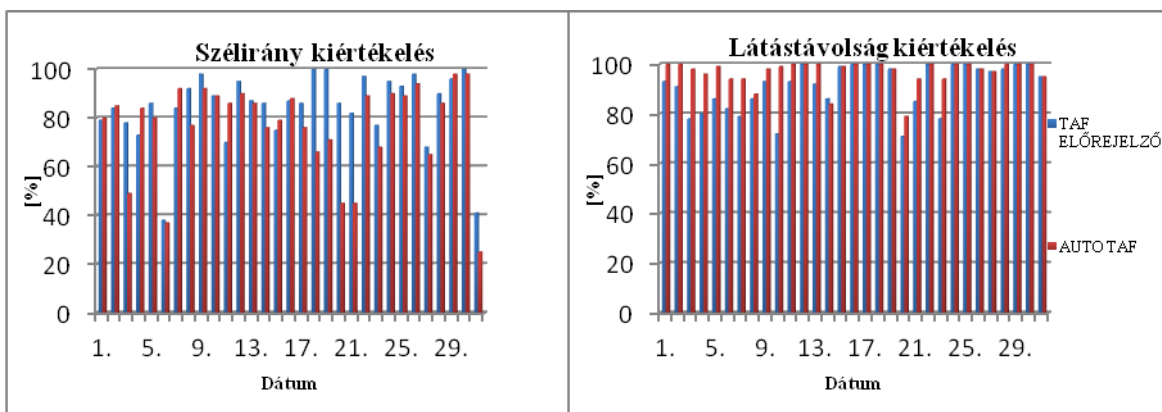
Egy hosszabb időszak vizsgálata során, a szélsébség, szélirány, szélleőkés valamint a látástávolságra vonatkozó paramétereket hasonlítottam össze a két előrejelzés tekintetében (5. táblázat). A 2014. 08. 01. – 08. 31-ig tartó időszakot vizsgáltam, amelynél minden egyes nap a 06 UTC-s előrejelzéseket választottam ki, majd a verifikációs program segítségével a kapott eredményeket kiértékeltem.

5. táblázat: A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren kiadott TAF és automata TAF táviratok beválása. 2014. 08. 01. -08. 31.-ig minden nap 06 UTC-től érvényes előrejelzések.

LHBP 2014. 08. 01- 08. 31.	szélirány (TAF-AUTOMATA TAF)		látástávolság (TAF-AUTOMATA TAF)		szélleőkés (TAF-AUTOMATA TAF)		szélsébség (TAF-AUTOMATA TAF)	
1.	79	80	93	100	100	100	81	86
2.	84	85	91	100	92	100	73	88
3.	78	49	78	98	60	100	65	63
4.	73	84	80	96	86	100	50	89
5.	86	80	86	99	84	100	64	64
6.	38	37	82	94	74	100	58	59
7.	84	92	79	94	62	100	64	88
8.	92	77	86	88	93	100	84	87
9.	98	92	93	98	100	100	92	70
10.	89	89	72	99	69	100	71	75
11.	70	86	93	100	82	100	73	53
12.	95	90	100	100	100	100	80	68
13.	87	86	92	100	90	100	80	64
14.	86	76	86	84	100	100	65	46
15.	75	79	99	99	100	100	77	65
16.	87	88	100	100	100	100	89	59
17.	86	76	100	100	100	100	95	68
18.	100	66	100	100	100	100	82	65
19.	100	71	98	98	100	100	92	73
20.	86	45	71	79	71	100	56	74
21.	82	45	85	94	92	100	84	59
22.	97	89	100	100	100	100	94	83
23.	77	68	78	94	77	100	67	64
24.	95	90	100	100	83	100	75	56
25.	93	89	100	100	100	100	82	84
26.	98	94	98	98	100	100	85	77
27.	68	65	97	97	100	100	65	50
28.	90	86	98	100	100	100	85	80
29.	96	98	100	100	100	100	92	96
30.	100	98	100	100	100	100	90	97
31.	41	25	95	95	100	100	76	31

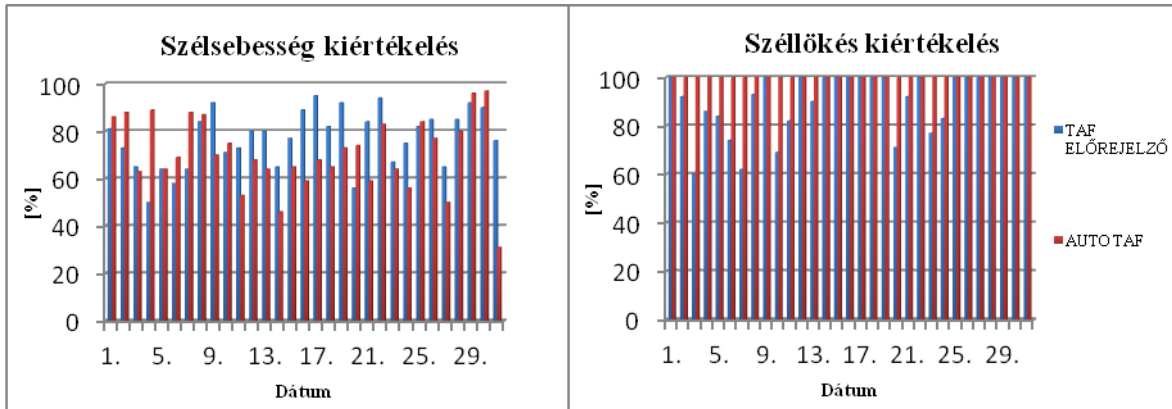
A következő ábrák jól szemléltetik a 2014-es év augusztusában készített előrejelzések valamint az automata TAF-ok kiértékelésének eredményeit.

A 11. ábrán szélirány és a látástávolság kiértékeléseket láthatjuk, melyek esetében, jelentős eltéréseket nem tapasztalhatunk az előrejelzők által készített és az automata TAF táviratok között. Az adott időszak nagy részében 80 % feletti beválási értékeket láthatunk a látástávolságra vonatkozóan, amelyek igen jó eredmények egy hosszabb időszak előrejelzéseinek beválásának tekintetében. Ha megnézzük a szélesség és a szélsebességre kapott eredményeket (**12. ábra**), akkor megfigyelhetjük, hogy a szélesség esetében egyes napokon a szinoptikusok által írt előrejelzések voltak jobbak, illetve előfordultak olyan esetek is, amikor az automata TAF táviratok produkáltak jobb beválási eredményeket. A szélsebesség esetében látható, hogy az általunk legenerált automata TAF előrejelzések 100 %-os beválási értékeket mutatnak az adott időszakban. Ennek az az oka, hogy az észlelések során sem mértek olyan értékeket, melyre lökésességet adtak volna a METAR táviratokban és az automata TAF táviratokban sem került prognosztizálásra lökésesség.



11. ábra: 2014. 08. 01. – 08. 31. közötti időszakra vonatkozó 06 UTC-kor kiadott TAF-ok kiértékelése a szélirány és látástávolság esetében. (Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan)

Összességében elmondható és a verifikáció alapján is jól látható, hogy az automatikusan készített táviratnak van létjogosultsága, hiszen sok esetben hasonló, vagy jobb beválást adott, mint az előrejelzők által készített előrejelzés.

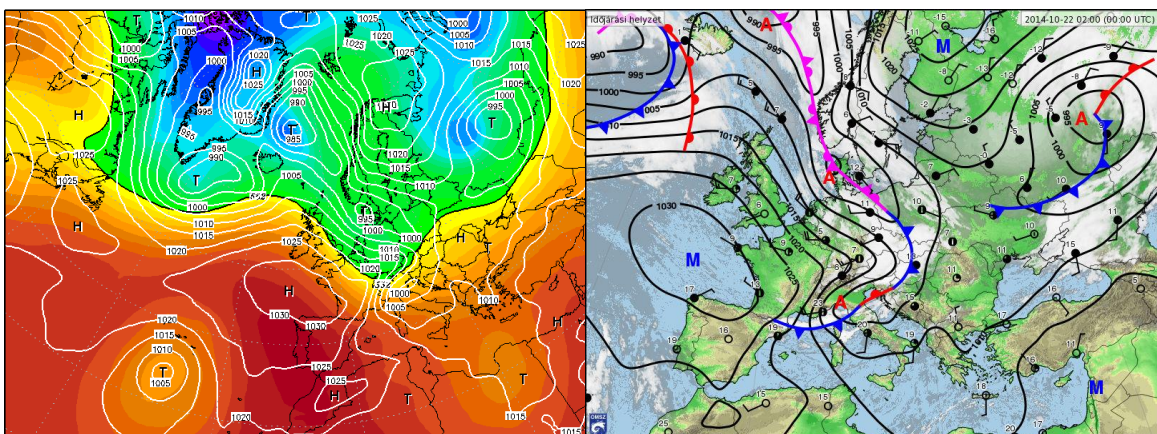


12. ábra: 2014. 08. 01. – 08. 31. közötti időszakra vonatkozó 06 UTC-kor kiadott TAF-ok kiértékelése a szélsebesség és szélőkés esetében.
(Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan)

4.2. Esettanulmány – 2014. október 22-ei rendkívüli időjárás

Szinoptikus helyzet

Október 22-én a hajnali órákban egy gyors mozgású hidegfront érte el hazánk térségét, amely viharos szelet és csapadékos időjárást eredményezett (**13. ábra**). A front 6 óra alatt haladt át az ország felett, ami mögött „beződülő” hideg levegő (**14. ábra**) egy mélyülő ciklont alakított ki. A szokatlan időjárás kialakulásában az Európa térségébe sodródó, átalakult „Gonzalo” trópusi vihar is jelentős szerepet játszott.

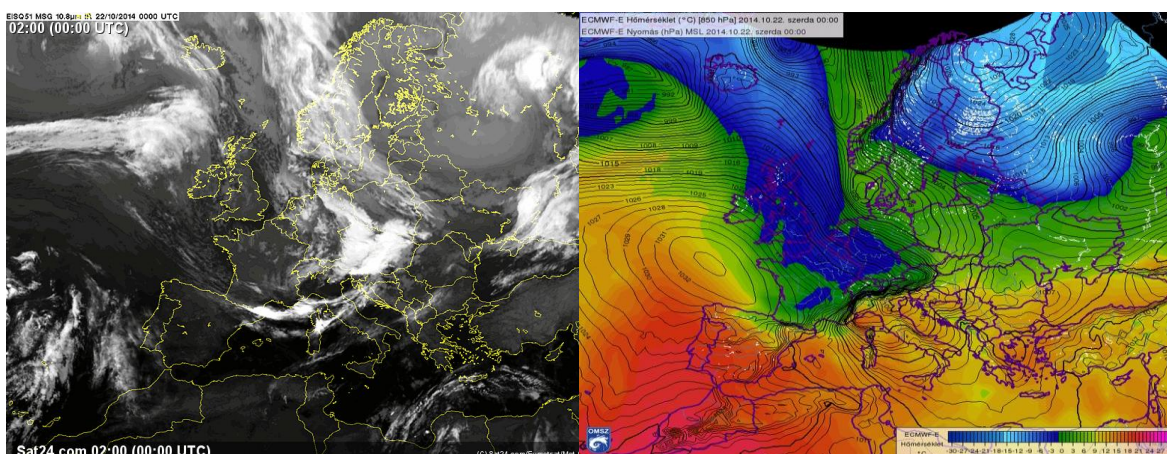


13. ábra: 2014. 10.22-én 00 UTC-kor Közép-Európa felett elhelyezkedő ciklon a szinoptikus talajtérképen (baloldali ábra) és az 500 hPa-os nyomási szinten (jobboldali ábra).

(Forrás: http://met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/napijelentes/
<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fscfsreaur.html>)

Hazánk térségét meleg nedves levegő töltötte ki, amelyben egy korábban feloszlott hidegfront konvergencia-vonala húzódott. Október 21-én az esti óráktól kezdődően megindult a csapadékképződés. 22-én a front mögött érkező hideg levegő egyre inkább megvastagodott, majd a délutáni órákban stabilizálta a légállapotot. Az intenzív zivatarokból nagy mennyiségű csapadék hullott hazánkban, elsősorban a Balaton és a Rába vízgyűjtőjének területén. Az ország középső valamint a Dunántúl déli területein voltak a legerősebb szellőkések

A vihar Európa, valamint hazánk térségét is megközelítve erőteljes áramlásban nyilvánult meg. Az októberi viharciklon kialakulását és fennmaradását egy észak-atlanti ciklonnak köszönhette, amely egy trópusi vihar átalakulásából keletkezett az Atlanti óceán felett [6-met.hu].



14. ábra: 2014.10. 22-én éjszakai órákban érkező hidegfront felhőzete (bal oldali ábra) és a tengerszinti légnyomás és a 850 hPa-os szint hőmérséklete 2014. 10. 22. 00 UTC-kor.

(Forrás: <http://sat24.com/history.aspx>

http://www.met.hu/ismeret-tar/erdekesssegek_tanulmanyok/index.php?id=1228)

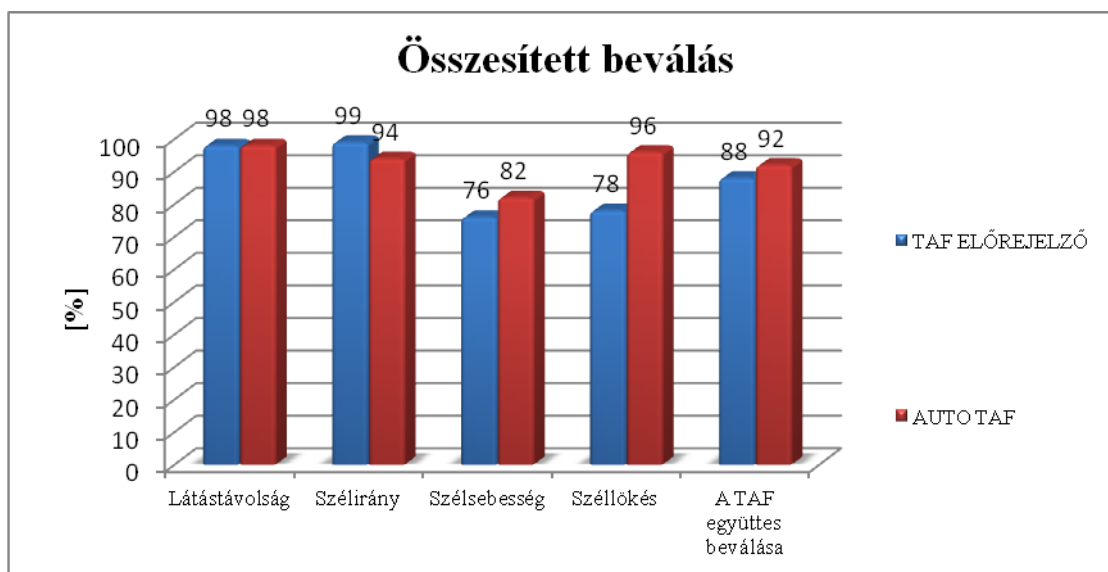
A következőkben, a 2014. 10. 22-én 06, 12, 18 illetve 00 UTC-től érvényes 24 órás érvényességi idejű – repülőtéren kiadott – TAF táviratot hasonlítottuk össze az általunk legenerált TAF távirattal. A kiértékelés a verifikációs program alkalmazásával történt. A beválási mutatókat a látástávolság, szélirány, szélsébség és a szellőkés előrejelzésekre adjuk meg. A jelenidők összehasonlítására az alábbi táblázatban tüntettem fel a 4 hosszú, előrejelzők által írt valamint az automata TAF táviratokat. (**6. táblázat**). Látható, hogy az automata TAF-ok rövidebbek az előrejelzők által készített előrejelzésekhez képest, mivel a felhőzetre vonatkozó paraméterekre a hibás modell adatok végett, nem lett kidolgozva algoritmus.

Ha megnézzük a jelenidőket a két TAF esetében, akkor megfigyelhető, hogy a 12 UTC-től érvényben lévő táviratnál hasonló paraméterek lettek prognosztizálva. Nyilván előfordulhatnak eltérések is, de az eddigi tapasztalatok alapján elmondható, hogy a kiértékelések eredményei alapján van létjogosultsága az automata TAF-oknak is.

6. táblázat: Az előrejelzők által írt TAF és az AUTO TAF táviratok. 2014. 10. 22-én 06, 12, 18 illetve 00 UTC-től érvényes 24 órás érvényességi idejű előrejelzések.

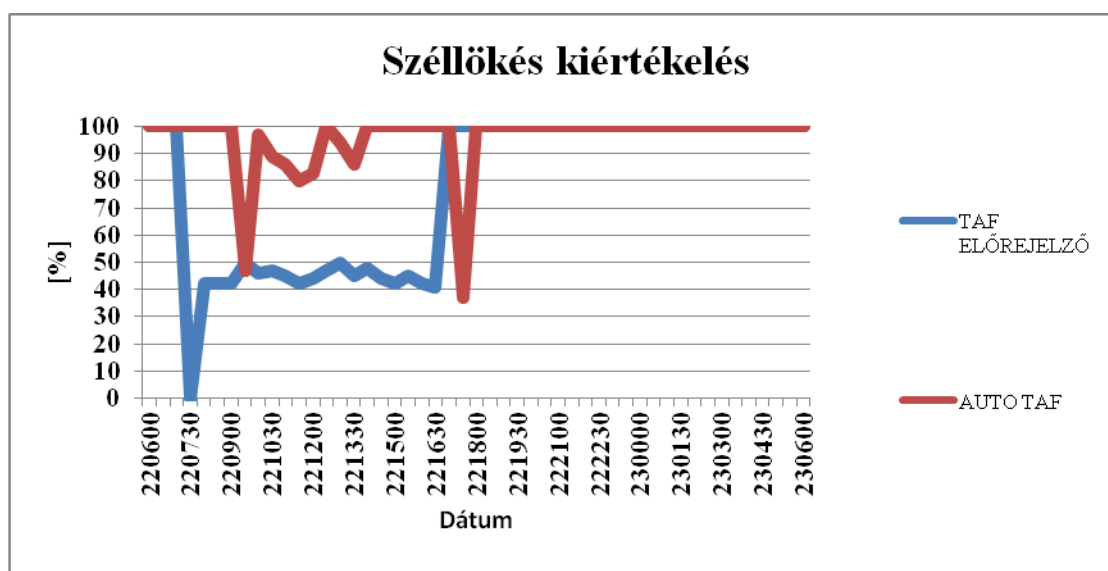
LHBP 220500Z 2206/2306 30014KT 8000 -RA SCT010 BKN025 OVC060 TEMPO 2206/2208 4000 RA BR BKN006 OVC030 TEMPO 2208/2216 30020G33KT BECMG 2208/2211 9999 NSW BKN030 BKN070 TEMPO 2211/2306 -SHRA BKN020 BECMG 2219/2222 30008KT=
AUTO TAF LHBP 220500Z 2206/2306 33009KT 8000 NSC BECMG 2206/2209 33025G35KT BECMG 2209/2212 9999 BECMG 2214/2217 31009KT=
LHBP 221100Z 2212/2312 30018KT 9999 SCT026 SCT045 BKN060 TEMPO 2212/2218 31024G34KT BKN023 BKN060 BECMG 2218/2221 30012KT BECMG 2222/2301 31006KT BECMG 2306/2309 01008KT TEMPO 2308/2312 -RA -SHRA BKN020 OVC045=
AUTOTAF LHBP 221100Z 2212/2312 33025G35KT 9999 -RA BECMG 2212/2215 32008KT BECMG 2215/2218 DZ BECMG 2307/2310 -RA=
LHBP 221700Z 2218/2318 30018KT 9999 SCT025 SCT045 BKN060 BECMG 2219/2222 29012KT BECMG 2223/2302 31006KT BECMG 2306/2309 01008KT TEMPO 2307/2318 -RA -SHRA BKN020 OVC045 TEMPO 2313/2318 36014KT=
AUTO TAF LHBP 221700Z 2218/2318 32006KT 9999 TEMPO 2314/2318 02025G35KT NSW=
LHBP 222300Z 2300/2324 30013KT 9999 SCT020 BKN045 BECMG 2300/2303 31007KT BECMG 2306/2309 01009KT TEMPO 2307/2316 -RA -SHRA BKN015 OVC030 BECMG 2317/2320 01015KT CAVOK=
AUTO TAF LHBP 222300Z 2300/2400 32004KT 9999 NSW TEMPO 2316/2318 02025G35KT=

2014. 10. 22-én 06 UTC-től érvényes, az előrejelzők által készített valamint az automata TAF-ok bevalási értékeinek eredményeit **15. ábrán** közöljük. Látható az automatikus TAF táviratok és az előrejelzők által készített prognózisok, a látástávolság és a szélirány esetében közel egyforma bevalási értékeket értek el. A szélesség és a szélirány előrejelzésénél (**16. ábra**) a bevalási értékek már eltérnek egymástól: az általunk legenerált TAF táviratok jobb eredményeket mutatnak. Az összesített együttes bevalásnál az automatikus TAF 92%, míg az előrejelzők által írt táviratok 88%-os eredményt értek el.



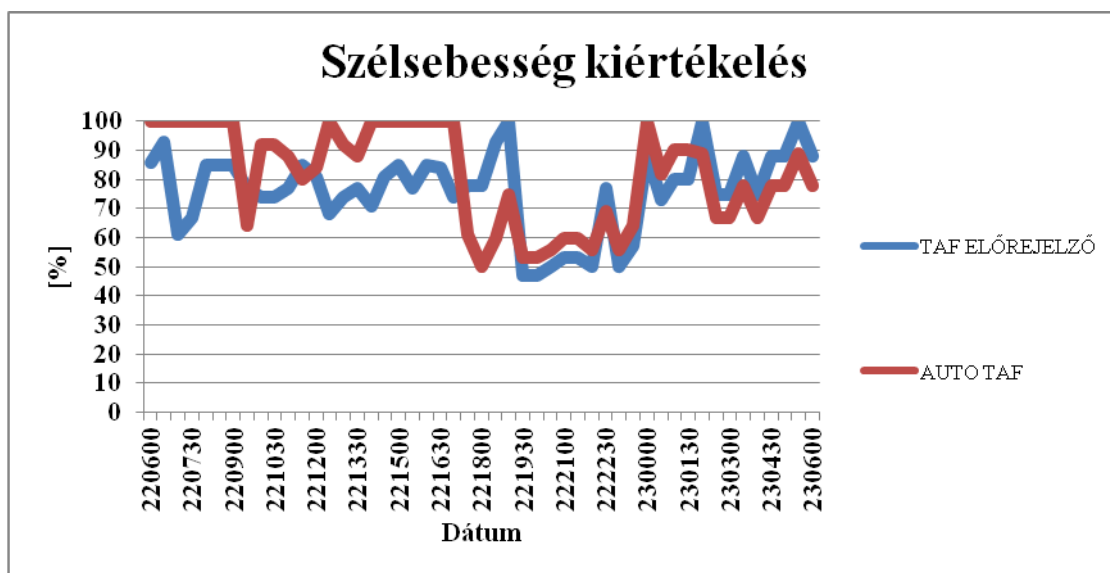
15. ábra: 2014. 10. 22. 06. UTC – 2014. 10. 23. 06 UTC TAF és AUTO TAF táviratok összesített beválása (Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan).

A szélesebesség kiértékelésnél az időszak első felében nagyobb az eltérés, előrejelzett szélesebesség értékek között, mint az időszak második részében. Az időszak második felében, amikor a szél erőssége csökkent, a meteorológus szakemberek által írt TAF és az általunk legenerált TAF közel egyforma eredményt produkált.

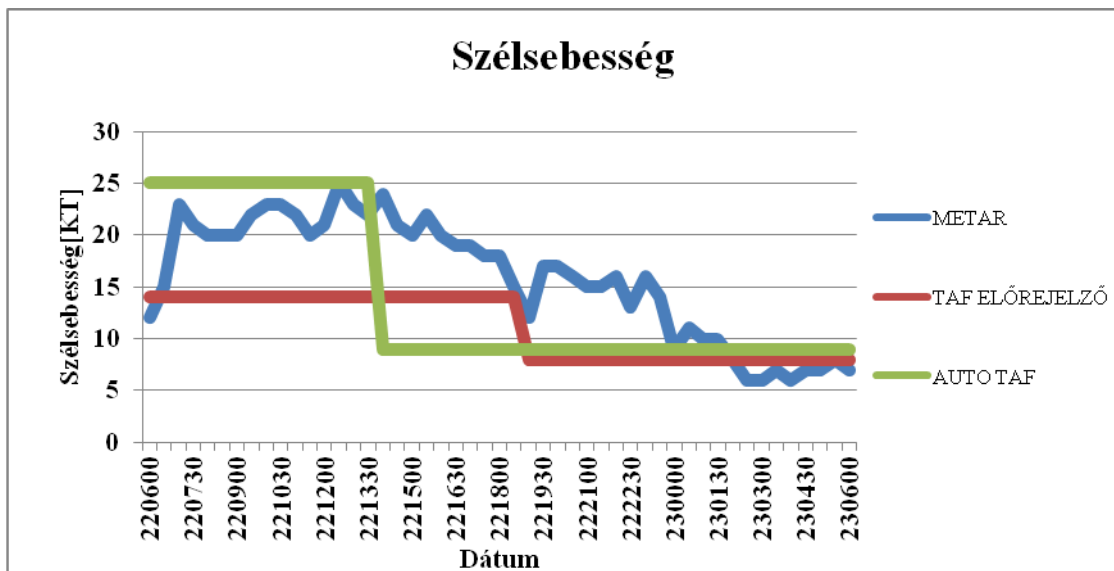


16. ábra: 2014. 10. 22. 06 UTC – 10. 23. 06 UTC közötti időszakra vonatkozó széllökés kiértékelés (Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan)

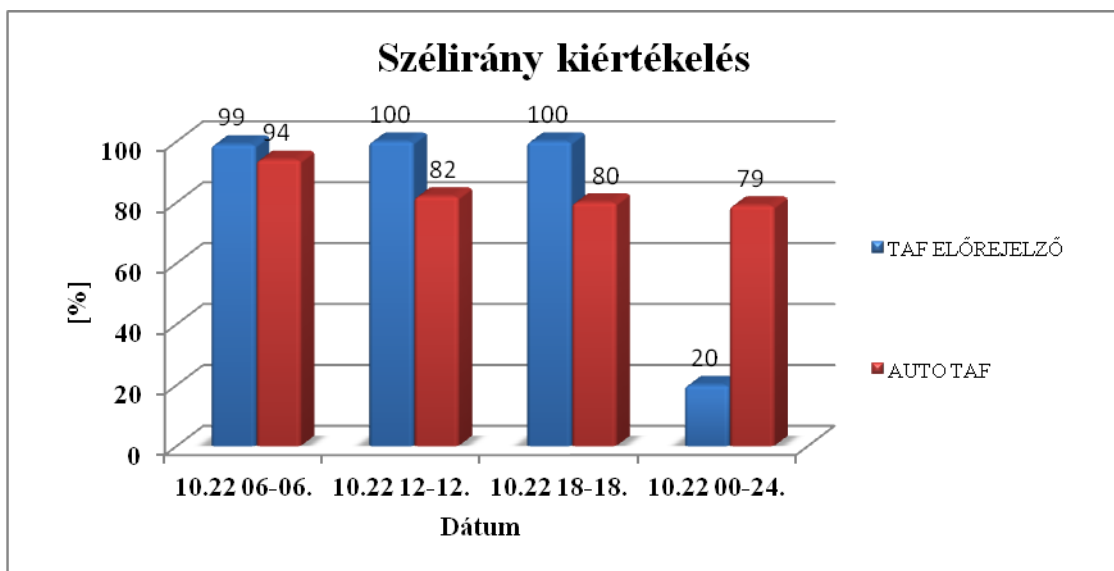
Ha megnézzük a 10.22-én 06 UTC-től 10. 23-án 06 UTC-ig érvényes táviratok szélsébség kiértékelését, akkor láthatjuk, hogy az időszak alatt nincs jelentős eltérés két előrejelzés között (**17. ábra**). Ugyanerre az időszakra összehasonlítottam a METAR táviratokat az előrejelzők által készített valamint az automata TAF táviratokkal. A diagramon látható (**18. ábra**), hogy a nap első felében az automata TAF előrejelzések esetében nagyobb szélsébség értékek várhatók és az észlelések alkalmával is hasonló, 20 KT feletti értékeket mértek. Az időszak második felében közel egyforma értékeket prognosztizáltak, így a beválási értékek mind a kettő távirat esetében meglehetősen magas volt.



17. ábra: 2014. 10. 22. 06 UTC – 10. 23. 06 UTC közötti időszakra vonatkozó szélsébség kiértékelés (Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan)



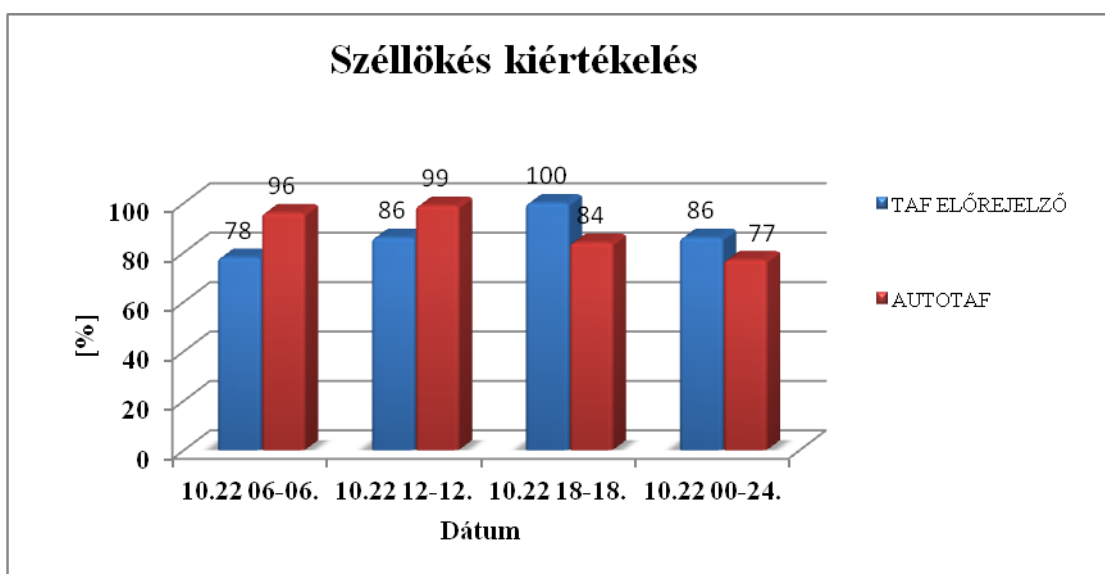
18. ábra: 2014. 10. 22. 06 UTC – 10. 23. 06 UTC közötti időszakra vonatkozó szélsebesség értékek (Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan)



19. ábra: A négy hosszú TAF távirat kiértékelése szélirány esetében. 2014. 10. 22. 06 UTC , 12 UTC , 18 UTC és 00 UTC –től kiadott TAF táviratok. (Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan)

A korábban feltüntetett (6. táblázat), 4 hosszú, 24 órás táviratok verifikációs programmal kapott eredményeit is kiértékeltem. A szélirány esetében (19. ábra) közel egyforma beválási értékeket kaptunk a 2014. 10. 22. 06, 12 és 18 UTC-től érvényes előrejelzések esetében, míg a 2014. 10. 23. 00 UTC-s prognózisoknál jelentős eltérés tapasztalható. A mért értékekhez képest az előrejelzők által készített előrejelzések rosszabb beválási értékeket mutatnak, mint az automata TAF táviratok.

Az október 22-ei rendkívüli időjárás alkalmával szellőkés értékek meglehetősen magasak voltak, amelyeket a szinoptikusok és az automata TAF táviratok is jól jeleztek előre (**6. táblázat**). Az adott időszak jelentős részében 30 KT feletti szellőkés volt a meghatározó, és az előrejelzés bevételeinek eredményei is azt mutatják (**20. ábra**), hogy a 4 hosszú távirat esetében 75% feletti bevételeket produkálnak a különböző előrejelzések.



20. ábra: A négy hosszú távirat kiértékelése a szellőkés esetében. 2014. 10. 22. 06 UTC , 12 UTC , 18 UTC és 00 UTC –től kiadott TAF táviratok. (Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozóan)

6. Összefoglalás

Az automata TAF előrejelzések a szélsébség, szélirány, széllökés, látástávolság és jelenidőre kerültek kidolgozásra a WRF modell alapadatai, valamint az alapadatokra épülő utófeldolgozás adatainak segítségével.

A verifikációs programmal kiértékelt előrejelzések bevéalsai és az esettanulmányokon keresztül bemutatott eredmények azt mutatják, hogy az automata TAF generáló rendszer hasonló, egyes esetekben jobb bevéalsi értékeket mutatnak az előrejelzők által készített TAF táviratokhoz képest. Természetesen a dolgozatomban bemutatott eredményeken kívül, több elemzést is elvégeztem amelyeknél, szintén hasonló eredményeket kaptam. Mindezek alapján megállapítható, hogy a jövőben az eljárás eredményesen alkalmazható lenne a repülőtéri előrejelzések során és a teljes távirat előállításához nagy segítséget jelentene a jövőben. Nyilván, az eljárás alkalmazása nem helyettesítené az előrejelzőket, hanem elősegítené a szinoptikus munkáját a prognózis készítés során. Ha a közeljövőben teljes mértékben kidolgozásra kerülne a módszer, és a magyarországi repülőtereken is alkalmaznák az automata TAF-okat, akkor az előrejelzőnek kellene dönteni abban, hogy az aktuális szinoptikus helyzet, a numerikus modellek, felszállási adatok valamint saját tapasztalata szerint megírt TAF táviratot vagy a rendszer által legenerált AUTOTAF táviratok kerülnének kiadásra.

Jelenleg a WRF modelleredményekre alapozott TAF generáló rendszerben nem áll rendelkezésre minden időlépcsőben megfelelő felhőzeti adat a számítások automatizálására. Így például, ha van is Cb felhőzet az adatsorban, nincs minden esetben hozzárendelve felhőalap. Terveink között szerepel a WRF modell felhőzeti előrejelzésének javítása, illetve más modelleredmények beépítése programunk bemenő adatbázisába. A fejlesztés következő állomása a felhőzet mennyiség, a felhőalap magasság illetve a Cb felhőzet kiértékelése és beépítése az automata TAF táviratot készítő rendszerünkbe.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőmnek Dr. Wantuch Ferencnek, hogy szaktudásával és lelkiismeretes munkájával segítette a dolgozatomat. Köszönettel tartozom azért is, mert kérdéseimmel mindig fordulhattam hozzá és szakmailag megalapozta a munkámat.

Köszönetemet fejezem ki tanszéki konzulensemnek, Dr. Weidiniger Tamásnak a hasznos és értékes tanácsaiért és a dolgozathoz nyújtott segítségéért.

Köszönettel tartozom Kardos Péternek, az adatok biztosításáért.

Végül szeretném megköszönni családomnak és barátaimnak támogatásukat és kitartásra való ösztönzésüket.

IRODALOMJEGYZÉK

- Benkő T., Benkő L., Tóth B., 1995:* Programozzunk C nyelven. Computer Books. Budapest.
- Glahn, H. R., Lowry, D. A., 1972:* The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting. *J. Appl. Meteor.*, 11, 1203–1211. URL.:<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450%281972%29011%3C1203%3ATUOMOS%3E2.0.CO%3B2>
- Farkas, E., 2004:* Objektív módszer kidolgozása a TAF repülésmeteorológiai táviratok automatikus verifikációjára. Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest.
- Horváth, L., 1978:* Repülési meteorológia. 285. oldal, Tankönyvkiadó, Budapest.
- ICAO, Annex3, 2007:* Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation: Meteorological Service for International Air Navigation, Sixteenth Edition, July 2007.
- ICAO, Annex 3, 2013:* International Civil Aviation Organization (ICAO). Meteorological Service for International Air Navigation, Eighteenth Edition, July 2013.
- Jacobs, A., 1998:* First Guess TAF- FGTAf. Semi-automation in TAF production. Applications and Modelling Division KNMI (WM-AM), 2–12. URL. <http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubTR/TR212.pdf>
- Jacobs, A. J. M., Maat, N., 2004:* Numerical Guidance Methods for Decision Support in Aviation Meteorological Forecasting. Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, Netherlands, 83–97. URL.: <http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/waf827.pdf>
- Jacobs, W., Nietosvaara, V., 2005:* Short range forecasting methods of fog, visibility and low clouds. Chairman of COST Action 722 and– Vice-Chairman of COST Action 722, 76–100.
- Kilpinen, J., 1994:* Computer-aided weather forecasting system set to enter operation in Scandinavia. *ICAO Journal* 49 (8), 17–18.
- Knüppfer, K., 1997:* Automation of aviation forecasts. The projects AUTOTAF and AUTOGAFOR. Preprints, *Seventh Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology*, Long Beach, CA, Amer. Meteor. Soc., 444–449.
- Location Indicators Doc. 7910, 2012:* Location Indicators. International Civil Organization (ICAO), URL.:www.icao.int/Search/pages/Results.aspx?k=7910.
- Lynn, K. J., 1997:* International survey of TAF automation systems. *Forecasting Systems* 9, Meteorological Office London RD, Bracknell, Berkshire, UK, June 1997.
- Mahringer, G., 2008:* Terminal aerodrome forecast verification in Austro Control using time windows and ranges of forecast conditions. Austro Control, MET Office Linz, 115–122.
- Mahringer, G., 2012:* The role of meteorological forecast verification in aviation. ÚRL: <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2331.pdf>
- Michalakes, J. Dudgia, J., Gill, D., Henderson, T., Kelemp, J., Skamarock, W. Wang, W., 2004:* The Weather Research and Forecast model: Software architecture and performance. *Mesoscale and Microscale Meteorology* Division, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado.
- Potor. A., 2009:* Magyarországi repülőterek TAF előrejelzéseinek összehasonlító verifikációja. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest.
- Sándor, V., Wantuch, F. 2005:* Repülésmeteorológia. Tankönyv pilóták és leendő pilóták számára. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest Második javított kiadás. 208–233.
- Wantuch, F., 2008:* Repülésmeteorológiai előrejelzések bevalásának automatikus kiértékelése katonai repülőtereken. *Repüléstudományi Közlemények*, 2008. XX. évfolyam, Különszám.
- Wantuch, F., Potor, A., 2009:* A magyarországi repülőterek TAF előrejelzéseinek összehasonlító verifikációja. *Repüléstudományi Közlemények*, 2009. XXI. évfolyam, Különszám.

Wantuch, F., Szobonya, N., 2015: NWP outputokra épülő automatikus repülőtéri TAF generáló rendszer hazai alkalmazása. Repüléstudományi Közlemények, XXVII. évfolyam 2. szám, 90–99.

WMO, 1988: FM 12-X SYNOP. Manual on Codes. WMO No. 306.

WMO, 1999: Methods of interpreting numerical weather prediction output for aeronautical meteorology. WMO Technical Note No. 195, 10–15.

WMO, 2001: Aerodrome Reports and Forecasts – A users' handbook to the codes. WMO-No. 782, Third Edition, WMO, 2001.

Internetes hivatkozások

[1–met.hu] <http://www.met.hu/idojaras/elorejelzes/modellek/>

[2–elte.prompt.hu]

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/AlkalmazottNumerikusPrognosztika/book.pdf>

[3–wrf-model.org] (<http://www.wrf-model.org/index.php>)

[4-tutorialspoint.com] <http://www.tutorialspoint.com/cprogramming/index.htm>

[5-lcrs.geographie.uni-marburg.de] http://lcrs.geographie.uni-marburg.de/fileadmin/COST_media/Previous_cost_actions/phase1_wg1/Nat_Rep_Germany.pdf

[6-met.hu] http://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1228

[7] http://www.met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/napijelentes/

[8] <http://sat24.com/history.aspx>

[9] <http://www.ogimet.com/metars.phtml.en>

[10] <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsreaeur.html>

[11] <http://www1.wetter3.de/Archiv/>

Függelék

1. táblázat

Rövidítés	Angolul	Magyarul
BCFG	Fog patches	Ködfoltok
BR	Mist	Páráság
DZ	Drizzle	Szítálás
FG	Fog	Köd
FZDZ	Freezing drizzle	Ónos szítálás
FZFG	Freezing fog	Zúzmarás köd
FZRA	Freezing rain	Ónos eső
HZ	Haze, dust haze	Száraz légköri homály
RA	Rain	Eső
RASN	Rain and snow	Havaseső
SH	Showers	Zápor
SHRA	Shower rain	Záporosó
SHSN	Shower snow	Hózápor
SN	Snow	Hó
TS	Thunderstorm	Zivatar
TSRA	Thunderstorm rain	Zivatar
TSSN	Thunderstrom snow	Hózivatar
VV	Vertical visiblity	Függőleges látástávolság

2. táblázat

```
*===== év,honap, nap,szökőév=====*/
time(&elapstime);

adjtime=localtime(&elapstime);

printf("date!: %02d%02d%02d%02d\n",adjtime->tm_year,adjtime-
>tm_mon+1,adjtime->tm_mday,adjtime->tm_hour,adjtime->tm_min);
szam= adjtime->tm_year;

if (szam>99 ) szam=szam+1900; ezevsz=szam;
itoa(szam,ezev,10);

printf("ezev=%s",ezev);

if(szam < 10){strncpy(bufi,"0",10); strcat(bufi,ezev);
strncpy(ezev,bufi,10); } else strncpy(bufi,ezev,10);

szam= adjtime->tm_mon;
szam=szam+1; hh=szam;
itoa(szam,ho,10);

if(szam < 10){ strncpy(bufi,"0",10); strcat(bufi,ho);
strncpy(ho,bufi,10); }

szam= adjtime->tm_mday;
itoa(szam,nap,10);
if(szam < 10){ strncpy(bufi,"0",10); strcat(bufi,nap);
strncpy(nap,bufi,10); }

szam=szam+1; szamk=szam+1;

if(szam==32) szam=1;

if(szam==30 && hh==2 && ezevsz==2016) {szam=1;}
if(szam==30 && hh==2 && ezevsz==2020) {szam=1;}
if(szam==30 && hh==2 && ezevsz==2024) {szam=1;}
if(szam==30 && hh==2 && ezevsz==2028) {szam=1;}
```

```

if(szam==30 && hh==2 && ezevsz==2032) {szam=1;}

if(ezevsz==2016 || ezevsz==2020 || ezevsz==2024 || ezevsz==2028 ||
ezevsz==2032) szokjel=1; else szokjel=0;

if( szokjel== 0 && szam==29 && hh==2) {szam=1;}

if(szam==31 && hh==4) {szam=1;}
if(szam==31 && hh==6) {szam=1;}
if(szam==31 && hh==9) {szam=1;}
if(szam==31 && hh==11) {szam=1;}

itoa(szam,kovnap,10);
if(szam < 10){ strncpy(bufi,"0",10); strcat(bufi,kovnap);
strncpy(kovnap,bufi,10); }

if(szamk==33) szamk=2;

if(szamk==29 && hh==2) {szamk=1;}
if(szamk==30 && hh==2) {szamk=2;}

if(szamk==31 && hh==2 && ezevsz==2016) {szamk=2;}
if(szamk==31 && hh==2 && ezevsz==2020) {szamk=2;}
if(szamk==31 && hh==2 && ezevsz==2024) {szamk=2;}
if(szamk==31 && hh==2 && ezevsz==2028) {szamk=2;}
if(szamk==31 && hh==2 && ezevsz==2032) {szamk=2;}

if(ezevsz==2016 || ezevsz==2020 || ezevsz==2024 || ezevsz==2028 ||
ezevsz==2032) szokjel=1; else szokjel=0;

if( szokjel== 0 && szamk==29 && hh==2) {szamk=1;}
if( szokjel== 1 && szamk==30 && hh==2) {szamk=1;}

if(szamk==31 && hh==4) {szamk=1;}
if(szamk==31 && hh==6) {szamk=1;}
if(szamk==31 && hh==9) {szamk=1;}

```

```

if(szamk==31 && hh==11) {szamk=1;}

if(szamk==32 && hh==1) {szamk=1;}
if(szamk==32 && hh==3) {szamk=1;}
if(szamk==32 && hh==5) {szamk=1;}
if(szamk==32 && hh==7) {szamk=1;}
if(szamk==32 && hh==8) {szamk=1;}
if(szamk==32 && hh==10) {szamk=1;}
if(szamk==32 && hh==12) {szamk=1;}

if(szamk==32 && hh==4) {szamk=2;}
if(szamk==32 && hh==6) {szamk=2;}
if(szamk==32 && hh==9) {szamk=2;}
if(szamk==32 && hh==11) {szamk=2;}

itoa(szamk, kkovnap, 10);
if(szamk < 10){ strncpy(bufi, "0", 10); strcat(bufi, kkovnap);
strncpy(kkovnap, bufi, 10); }

szam= adjtime->tm_hour;
itoa(szam, ora, 10); orasz=szam;
if(szam>23) szam=szam-24;

if(szam < 10){ strncpy(bufi, "0", 10); strcat(bufi, ora);
strncpy(ora, bufi, 10); }

szam=szam+1; if(szam==23) szam=0;
if(szam>23) szam=szam-24;

itoa(szam, kovora, 10);
if(szam < 10){ strncpy(bufi, "0", 10); strcat(bufi, kovora);
strncpy(kovora, bufi, 10); }

kezdoora=orasz+1; vegora=orasz+tartam;

```



```

printf("\nA TAF kezdoidopontja:%d vege: %d tartama: %d
\n",kezdoora,vegora,tartam);

strcat(bufik,ezev); strcat(bufik,ho); strcat(bufik,nap);
strcat(bufik,"00");
strcat(bufik,".txt");

strcat(filenev,bufik);
printf("\nEbbol a filebol olvasok: %s\n",filenev);

/*=====év, hónap,nap,szökőév=====*/

```

3. táblázat

```

/*-----ZIVATAR KEZDETE-----*/

if(strcmp(jelenido[i],"TSRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"-TSRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"+TSRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"TS")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"-TS")==0 || strcmp(jelenido[i],"+TS")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"TSSN")==0 || strcmp(jelenido[i],"-TSSN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"+TSSN")==0 )
{
if(strcmp(jelenido[i+f],"TSRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-TSRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"+TSRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"TS")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"-TS")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+TS")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"TSSN")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-TSSN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"+TSSN")==0 )
htvfw=0; else htvfw=1;
}

if(strcmp(jelenido[i+f],"TSRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-TSRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"+TSRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"TS")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"-TS")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+TS")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"TSSN")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-TSSN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"+TSSN")==0 )
{
if(strcmp(jelenido[i],"TSRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"-TSRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"+TSRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"TS")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"-TS")==0 || strcmp(jelenido[i],"+TS")==0 ||

```

```

strcmp(jelenido[i],"TSSN")==0 || strcmp(jelenido[i],"-TSSN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"+TSSN")==0 )
htvfw=0; else htvfw=1;
    }

/*-----ZIVATAR VÉGE -----*/

/*-----PÁRÁSSÁG+SZ.LÉGKÖRI HOMÁLY KEZDETE-----*/

if(strcmp(jelenido[i],"BR")==0 || strcmp(jelenido[i],"HZ")==0 )
    {
if(strcmp(jelenido[i+f],"BR")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"HZ")==0 )
htvfw=0; else htvfw=1;
        }

if(strcmp(jelenido[i+f],"BR")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"HZ")==0 )
    {
if(strcmp(jelenido[i],"BR")==0 || strcmp(jelenido[i],"HZ")==0 )
htvfw=0; else htvfw=1;
        }

/*-----PÁRÁSSÁG+SZ.LÉGKÖRI HOMÁLY VÉGE-----
*/

/*-----INTENZITÁS KEZDETE-----
*/

if(strcmp(jelenido[i],"-RA")==0 || strcmp(jelenido[i],"-SN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"-DZ")==0 || strcmp(jelenido[i],"-RASN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"-SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"-SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"-SHSN")==0)
    {
if(strcmp(jelenido[i+f],"RA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"SN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"DZ")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"RASN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"SHSN")==0)
htvfw=1;

if(strcmp(jelenido[i+f],"+RA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+SN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"+DZ")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+RASN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"+SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+SHRA")==0 ||

```

```

strcmp(jelenido[i+f],"+SHSN")==0)
    htvfw=1;

    }

if(strcmp(jelenido[i+f],"-RA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-SN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"-DZ")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-RASN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"-SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"-SHSN")==0)

    {

if(strcmp(jelenido[i],"RA")==0 || strcmp(jelenido[i],"SN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"DZ")==0 || strcmp(jelenido[i],"RASN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"SHSN")==0)

    htvfw=1;

    if(strcmp(jelenido[i],"+RA")==0 || strcmp(jelenido[i],"+SN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"+DZ")==0 || strcmp(jelenido[i],"+RASN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"+SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"+SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"+SHSN")==0)

    htvfw=1;

    }

/*-----INTENZITÁS VÉGE-----
*/

/*-----HALMAZATÁLLAPOVÁLTOZÁS KEZDETE-----
*/

if(strcmp(jelenido[i],"RA")==0 || strcmp(jelenido[i],"-RA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"+RA")==0 || strcmp(jelenido[i],"SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"-SHRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"+SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"DZ")==0 || strcmp(jelenido[i],"-DZ")==0)

    {

if(strcmp(jelenido[i+f],"SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+SNRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"SN")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+SN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+SNRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"RASN")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+RASN")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"FZRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+FZRA")==0)

    htvfw=1;

    if(strcmp(jelenido[i+f],"FZDZ")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+FZDZ")==0)

    htvfw=1;

    }

```

```

if(strcmp(jelenido[i+f],"RA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-RA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"+RA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"-SHRA")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"+SHRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i+f],"DZ")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"-DZ")==0)
{
if(strcmp(jelenido[i],"SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"+SNRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"SN")==0 || strcmp(jelenido[i],"+SN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"SNRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"+SNRA")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"RASN")==0 || strcmp(jelenido[i],"+RASN")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"FZRA")==0 || strcmp(jelenido[i],"+FZRA")==0)
htvfw=1;

if(strcmp(jelenido[i],"FZDZ")==0 || strcmp(jelenido[i],"+FZDZ")==0)
htvfw=1;

/*-----HALMAZÁLLAPOTVÁLTOZÁS VÉG-----*/

/*-----VERTIKÁLIS LÁTÁSTÁV. KEZDETE-----
*/

if(strcmp(jelenido[i],"VV001")==0 || strcmp(jelenido[i],"VV002")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"VV003")==0 || strcmp(jelenido[i],"VV///")==0)
{
if(strcmp(jelenido[i+f],"VV001")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"VV002")==0
|| strcmp(jelenido[i+f],"VV003")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"VV///")==0)
htvfw=0; else htvfw=1;
}

if(strcmp(jelenido[i+f],"VV001")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"VV002")==0
|| strcmp(jelenido[i+f],"VV003")==0 || strcmp(jelenido[i+f],"VV///")==0)
{
if(strcmp(jelenido[i],"VV001")==0 || strcmp(jelenido[i],"VV002")==0 ||
strcmp(jelenido[i],"VV003")==0 || strcmp(jelenido[i],"VV///")==0)
htvfw=0; else htvfw=1;
}

/*-----VERTIKÁLISLÁTÁSTÁV. VÉGE-----*/

```